



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

***“Desarrollo del Temario de la Materia de **INSTALACIONES  
ELECTRICAS INDUSTRIALES** de la carrera de **Ingeniero  
Mecánico Electricista del Módulo de Energía Eléctrica como  
Apuntes de Apoyo.***”**

**TESIS**

Que para obtener el título de  
***Ingeniero Mecánico Electricista***

Presenta: Andrés Tamias López

Asesor: Ing. Ángel Isaías Lima Gómez



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## DEDICATORIA

Tengo el gusto de dedicar esta tesis a mis padres que me enseñaron que lo único que me podían heredar y que nunca nadie me podría arrebatarse era la educación, que desde niño me guiaron en el camino para llegar a este momento, a ellos y aunque ya no estén conmigo un millón de gracias,

Se lo dedico también a esas personas que estuvieron a mi lado a lo largo de esta carrera apoyándome mis hermanos José, Alicia, Oscar, Javier, Armando, a toda mi familia, maestros y amigos.

Muy especialmente quiero dedicársela a mi mujer que estuvo conmigo en las buenas y en las malas, en todos los momentos difíciles y nunca me dejó solo, gracias chaparrita.

También es para ti Andresito que has llegado para iluminar nuestras vidas quiero que sepas que todo el esfuerzo que tu padre pone cada día es pensando en ti.

# INDICE

INDICE.....	1
Objetivos .....	9
Introducción .....	10
1.- PLANEACION DE LOS SISTEMAS .....	11
1.1.- Diagramas de flujo de procesos industriales .....	11
1.1.1 Diagrama del proceso de la operación.....	12
1.2.- Concepto de Ingeniería básica e Ingeniería de detalle .....	13
1.2.1 Ingeniería Básica.....	13
1.2.2 Ingeniería de Detalle .....	14
1.3.- Consideraciones Básicas del Diseño.....	14
1.3.1 Planeación de la instalación nueva o remodelada.....	15
1.3.2 Metodología .....	16
1.3.3 Fase de diseño esquemático .....	17
1.3.4 Análisis de las restricciones.....	19
1.3.5 Análisis de reglamentos .....	20
1.3.6 Análisis de las normas .....	20
1.3.7 Análisis de las necesidades futuras .....	20
1.3.8 Análisis del sitio .....	21
1.3.9 Análisis de impacto sobre la producción.....	21
1.3.10 Elaboración de los programas para diseño y construcción.....	21
1.3.11 Análisis de costos de inversión y anuales de operación .....	21
1.3.12 Contenido del informe de diseño esquemático .....	22
1.3.13 Fase de Desarrollo del diseño .....	23
1.3.14 Desarrollo de los planos preliminares.....	23
1.3.15 Elaboración de especificaciones.....	24
1.3.16 Elaboración de los programas para diseño e instalación.....	24
1.3.17 Análisis de los costos preliminares.....	24

1.3.18 Contenido del informe de desarrollo del diseño .....	24
1.3.19 Fase de documentos para la instalación .....	25
1.3.20 Preparación de los planos para instalación.....	26
1.3.21 Preparación de especificaciones para la instalación.....	26
1.3.22 Fase de propuestas o negociaciones.....	26
1.3.23 Examen y análisis de propuestas (licitaciones) .....	27
1.2.24 Fase de una instalación .....	27
1.3.25 Administración del contrato.....	28
1.3.26 Aseguramiento de la calidad .....	28
1.4.- Localización de los Equipos .....	28
1.5.- Análisis de cargas .....	29
1.6.- Niveles de Voltaje .....	31
1.7.- Tipos de Redes de Distribución Industrial.....	32
1.8.- Generación en Planta.....	33
1.9.- Datos de la Compañía suministradora .....	33
1.10.- Expansiones Futuras .....	34
1.11.- Diagrama unifilar preliminar .....	35
1.12 Normas y Códigos.....	35
2.- SISTEMAS DE TIERRA EN PLANTAS INDUSTRIALES.....	38
2.1.- Objetivo de un Sistema de Tierra.....	38
2.2.- Factores que Intervienen en el Diseño de un Sistema de Tierra .....	40
2.3.- Configuraciones Básicas de las Redes de Tierra .....	42
2.4.- Elementos de una Red de Tierra .....	46
2.5.- Cálculo Manual y por Computadora de Sistemas de Tierra.....	47
2.5.1 Cálculo por computadora.....	47
2.5.2 Cálculo manual .....	51
2.5.3 Fundamento teórico.....	54
2.5.4 Programa de cálculo.....	55

2.6.- Conexión a Tierra de los Equipos .....	55
2.6.1 Conexión a tierra en bajo voltaje .....	55
2.6.2 Sistema tipo TN-S .....	55
2.6.3 Sistema tipo TN-C-S.....	56
2.6.4 Sistema tipo PNB .....	56
2.6.5 Sistema tipo TT .....	57
2.6.6 Sistema tipo IT.....	57
2.6.7 Conexión equipotencial.....	58
3. SISTEMAS DE FUERZA.....	59
3.1.- Características de las cargas.....	59
3.2.- Lista de motores y equipos .....	61
3.3.- Redes de distribución primaria .....	62
3.3.1 Sistema Radial Simple .....	62
3.3.2 Sistema Radial con Recurso.....	63
3.3.3 Sistema primario de distribución Interna .....	63
3.3.4 Sistema Radial con Recurso.....	64
3.4.- Redes de distribución secundaria .....	65
3.4.1 Circuitos de Distribución .....	65
3.4.2 Recomendaciones generales sobre circuitos terminales y de distribución .....	66
3.5.- Simbología eléctrica .....	66
3.6.- Diagramas unifilares.....	68
3.7.- Diagramas trifilares .....	72
3.8.- Designación ANSI para dispositivos y equipos.....	73
3.8.1 Descripción de los números ANSI / IEEE .....	73
3.9.- Subestaciones Primarias y Secundarias .....	82
3.10.- Medición .....	83
3.11.- Selección y especificación de instrumentos de medición.....	84
3.12.- Tableros de tensión media.....	85

3.13.- Tableros de distribución y centros de carga .....	88
3.13.1 Tablero de Distribución general.....	89
3.14.- Centros de control de motores (CCM's) .....	89
3.15.- Comportamiento del sistema por arranque de motores.....	90
3.16.- Análisis del factor de potencia .....	91
3.16.1 Causas del bajo factor de potencia .....	93
3.16.2 Consideraciones básicas sobre la legislación del factor de potencia.....	95
3.16.3 Corrección del factor de potencia, métodos utilizados .....	96
3.17.- Generadores de emergencia.....	99
3.17.1 Cuestiones de seguridad .....	99
3.18.- Baterías y cargadores .....	100
3.19.- Especificaciones y hojas de datos de equipo eléctrico .....	101
3.20.- Pruebas a equipos.....	102
3.21.- Selección y cálculo de conductores .....	102
3.21.1 Criterio de la capacidad de conducción de corriente.....	103
3.21.2 Capacidad de conducción de corriente para las maneras de instalar A, B, C Y D de la tabla ...	104
3.21.3 Circuitos para iluminación y contactos .....	104
3.21.4 Circuitos terminales para la conexión de motores.....	105
3.21.5 Factor de corrección de corriente .....	106
3.21.6 Criterio de límite de caída de tensión .....	108
3.21.7 Dimensionamiento de la sección del conductor neutro .....	110
3.21.8 Dimensionamiento de la sección del conductor de protección.....	111
3.21.9 Barras.....	111
3.22.- Conectores, empalmes y terminales.....	113
3.23.- Ductos, registros y canalizaciones.....	113
3.23.1.- Zanjas .....	114
3.23.2.- Bandejas.....	115
3.23.3.- Canaletas.....	116

3.23.4.- Escalera para cables .....	117
3.23.5.- Electroductos Metálicos (Molduras).....	117
3.23.6.- Dimensionamiento de electroductos.....	118
3.23.7.- Electroductos .....	118
3.24.- Cédulas de conduit y cables.....	119
3.25.- Clasificación de áreas peligrosas.....	123
3.25.1.-Altitud .....	124
3.25.2.-Presencia de agua .....	124
3.25.3.-Presencia de cuerpos solidos.....	124
3.25.4.-Presencia de sustancias corrosivas o poluentes.....	125
3.25.5.-Vibraciones.....	125
3.25.6.-Radiación solar.....	125
3.25.7.-Rayos.....	125
3.25.8.-Grados de protección.....	126
3.26.- Equipos y materiales a prueba de explosión .....	127
4. PROTECCION DE LOS SISTEMAS ELECTRICOS INDUSTRIALES.....	128
4.1.- Esquemas de protección eléctrica en plantas industriales.....	128
4.1.1 Estructura de un sistema de protección .....	128
4.1.2 Protecciones primarias.....	128
4.1.3 Protecciones de respaldo .....	129
4.2.- Diagramas esquemáticos de protección trifilares .....	130
4.3.- Cálculo y selección de transformadores de instrumento .....	131
4.4.- Cálculo y selección de relevadores y dispositivos de protección .....	133
4.4.1 Intensidad nominal mínima admisible en un fusible aM .....	135
4.4.2 Interruptores Magnéticos .....	136
4.4.3 Interruptores Térmicos .....	137
4.4.4 Interruptores Magneto-térmicos.....	138
4.4.5 Reles térmicos bimetálicos.....	139



4.4.6 Interruptor automático de motor (guardamotor) .....	141
4.5.- Curvas tiempo-corriente de los dispositivos de protección.....	143
4.5.1 CURVA B .....	144
4.5.2 CURVA C .....	145
4.5.3 CURVA D.....	146
4.5.4 CURVA MA.....	147
4.5 CURVA Z.....	148
4.5.6 CURVA UNESA (ICP).....	149
4.6.- Estudio de coordinación de protecciones.....	150
4.7.- Especificaciones de relevadores y dispositivos.....	150
5. SISTEMAS DE CONTROL ELECTRICO .....	152
5.1.- Control de procesos en plantas industriales.....	152
5.2.- Diagramas de tuberías e instrumentación.....	154
5.2.1 Diagramas de ubicación .....	156
5.2.2 Diagramas de lazos.....	156
5.2.3 Diagramas de Instalación .....	157
5.2.4 Diagrama de Alambrado .....	157
5.3.-Dispositivos de control.....	159
5.3.1 Controladores Lógicos Programables.....	159
5.3.2 Variador de frecuencia .....	160
5.3.3 Sensores .....	162
5.3.4 Sensores de proximidad .....	163
5.3.5 Microinterruptores.....	163
5.3.6 Inductivos .....	163
5.3.7 Capacitivos .....	164
5.3.8 Sensores de reluctancia variable.....	165
5.3.9 Sensores fotoeléctricos .....	165
5.3.10 Neumáticos de Proximidad .....	167

5.3.11 Sensores Ultrasónicos .....	167
5.3.12 Sensores Magnéticos .....	167
5.3.13 Encoder .....	168
5.3.14 Encoders incrementales .....	168
5.3.15 Encoders absolutos .....	169
5.3.16 Sensores de Presión .....	170
5.3.17 Sensores de nivel.....	170
5.3.18 Sensores de temperatura.....	170
5.3.19 Termopares .....	170
5.3.20 RTD .....	171
5.3.21 Termistores .....	171
5.3.22 Sensores de flujo .....	172
5.3.23 Detectores de ultrasonidos .....	172
5.3.24 Interruptores básicos .....	172
5.3.25 Interruptores final de carrera.....	172
5.3.26 Interruptores manuales .....	173
5.3.27 Productos encapsulados .....	173
5.3.28 Productos para fibra óptica.....	173
5.3.29 Productos infrarrojos .....	173
5.3.30 Sensores para automoción.....	173
5.3.31 Sensores de caudal de aire.....	173
5.3.32 Sensores de corriente .....	174
5.3.33 Sensores de humedad .....	174
5.3.34 Sensores de posición de estado sólido .....	174
5.3.35 Sensores de presión y fuerza .....	174
5.3.36 Sensores de turbidez .....	174
5.3.37 Sensores de presión .....	175
5.4.-Simbología.....	175

5.4.1 Semiconductores.....	187
5.5.- Diagramas lógicos .....	189
5.5.1 Compuerta AND .....	190
5.5.2 Compuerta OR.....	190
5.5.3 Compuerta inversor o NOT .....	191
6. ADMINISTRACION DE PROYECTOS ELECTRICOS INDUSTRIALES.....	193
6.1.- Organigrama de un departamento de proyectos de ingeniería eléctrica .....	193
6.2.- Relación de documentos técnicos .....	194
6.3.- Estimación de duración de un proyecto eléctrico industrial .....	194
6.4.- Costos del proyecto.....	195
6.5.- Calendario del proyecto .....	195
6.6.- Reportes.....	197
6.7.- Control de planos y documentos .....	198
6.8.- Archivo de la documentación técnica.....	198
6.8.1 Archivo Activo .....	199
6.8.2 Archivo semi-activo .....	199
6.8.3 Archivo pasivo .....	199
6.8.4 Sistema de archivos.....	199
6.8.5 Organización de un sistema de archivo .....	200
Conclusiones .....	201
Apéndice.....	202
Bibliografía o Referencias.....	219

## Objetivos

1. Con el Desarrollo del temario completo de la materia de Instalaciones Eléctricas Industriales se busca crear un apoyo para futuros Ingenieros que cursen dicha materia.
2. Crear una bibliografía fácil de comprender que contenga temas de interés aun para los no Ingenieros que pueda servir como apoyo en la Industria.
3. Un objetivo personal es el buen entendimiento de esta materia ya que es fundamental en el ámbito laboral.
4. Se busca un enfoque global de los temas desarrollados, debido a que algunos de estos son extensos y difícilmente se logra definir lo que se busca transmitir en el tema.
5. Dar un enfoque más actual de este temario, ya que la industria avanza día a día y algunos temas dentro de este han quedado obsoletos.
6. Concentrar la información acerca de las instalaciones eléctricas en una sola bibliografía que cumpla con toda la estructura de un proyecto.

## **Introducción**

En la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán dentro de las asignaturas de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica y del módulo de energía eléctrica, se imparte la materia de Instalaciones Eléctricas Industriales. Esta es básica en el desarrollo de todo Ingeniero Electricista en el ambiente laboral ya que en esta se desarrolla la forma apropiada de llevar un proyecto de una instalación eléctrica.

El temario es bastante extenso, pero muy completo ya que parte desde la planeación del proyecto, instalación de sistemas de protección, fuerza y control pero desde un enfoque ingenieril sustentados matemáticamente buscando la calidad del proyecto.

Esta extensión hace difícil el desarrollo total dentro de un aula de clases, mas sin embargo cada punto es básico en la estructura de un proyecto y es importante que el futuro ingeniero cuente con todo lo necesario para su desarrollo profesional, de ahí nace la idea de desarrollar punto a punto el temario y ponerlo a disposición de la biblioteca de la facultad.

## **Materiales y Métodos o Metodología de Investigación**

Esta tesis es una recopilación de información transmitida desde un enfoque personal ya que las normas nacionales e internacionales rigen los parámetros a seguir en el desarrollo de las instalaciones eléctricas, y solo busco ayudar a interpretar la información para su mejor comprensión.

Los medios de investigación que se usaran serán: Libros, Manuales, Artículos y Web.

# **1.- PLANEACION DE LOS SISTEMAS**

## **1.1.- Diagramas de flujo de procesos industriales**

Un diagrama de flujo de un proceso es una representación grafica de los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades dentro de un proceso o procedimiento de una industria identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza, incluyendo además toda la información que se considera necesaria para el análisis tales como distancias, recorridos o rutas de distribución, cantidades de material y tiempo requerido en su construcción por dar algún ejemplo. Todo lo anterior con fines analíticos y como ayuda para descubrir y eliminar ineficiencias.

Es conveniente clasificar las acciones que tienen lugar bajo a un proceso que podemos definir en 5 clasificaciones. Estas se conocen bajo los términos de:

- Operaciones
- Transportes
- Inspecciones
- Retrasos o demoras
- Almacenaje o instalación

En el diagrama también se muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones de taller o en maquina, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en un proceso de fabricación, construcción, diseño y/o administrativo. Desde la cotización y llegada de material hasta los acabados finales en este caso de la instalación, señala la entrada de todos los componentes a instalar de igual manera el plano presenta detalles de diseño como ajustes, tolerancias y especificaciones.

Antes de poder mejorar un proceso se deben examinar primero los planos que indican el diseño o la distribución actual análogamente antes de mejorar un proceso de construcción, diseño o manufactura conviene elaborar un diagrama de operaciones que permita comprender perfectamente el problema y determinar en qué áreas existen más posibilidades de mejoramiento. El diagrama del flujo de proceso

permite exponer con claridad el problema o el proyecto para poder resolverlo más fácilmente.


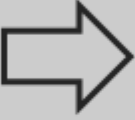



Símbolo	Actividad o definición
	<p>Operación: Ocurre cuando un objeto esta siendo modificado, se esta creando o agregando algo o se esta preparando para otra operación, transporte, inspección o instalación. También ocurre cuando se esta recibiendo información o se esta plantando algo; ejemplo: Tornear una pieza, tiempo de secado de una pintura, apretar una tuerca union, barrenar una placa, dibujar un plano, soldar una estructura o soporte para instalación eléctrica, etc.</p>
	<p>Transporte: Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son movidos de un lugar a otro excepto cuando tales movimientos forman parte de una inspeccion y operación; ejemplo: Mover material a mano en una plataforma o monorriel en banda transportadora, etc.</p>
	<p>Inspección: Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son examinados para su identificación o para comprobar la calidad o especificaciones; ejemplo: Revisar el aislante de un conductor o revisar que el cobre no este negro o recubierto, pesar los materiales examinar la tubería, analizar sus capacidades termicas, etc.</p>
	<p>Demora: Ocurre cuando se interfiere en el flujo de un objeto o grupo de ellos con este se retarda el siguiente paso planeado; ejemplo: Esperar un elevador cuando una serie de piezas esperan para ser pesados o codificados, etc.</p>
	<p>Actividad combinada: cuando se desea indicar actividades conjuntas por el mismo operario o en el mismo punto de trabajo los simbolos se cambian.</p>

Tabla 1.1 Simbología de Diagramas de Flujo

### 1.1.1 Diagrama del proceso de la operación

Un diagrama del proceso de la operación es una representación grafica de los puntos en los que se introducen materiales en el proceso y el orden de las inspecciones y las operaciones, además incluye cualquier otra información que se considere necesaria para el análisis.

El objetivo del diagrama de las operaciones es dar una imagen clara a toda la secuencia de los acontecimientos del proceso, estudiar las fases del proceso en forma sistemática, mejorar la disposición de los locales y el manejo de los materiales. Esto con el propósito de disminuir las demoras, eliminar tiempo productivo y estudiar las operaciones para hacerlas más eficientes.

## **1.2.- Concepto de Ingeniería básica e Ingeniería de detalle**

La ingeniería conceptual sirve para identificar la viabilidad técnica y económica del proyecto y marcará la pauta para el desarrollo de la ingeniería básica y de detalle. Se basa en un estudio previo y en la definición de los requerimientos del proyecto. Los principales conceptos a analizar en esta fase son:

- Productos y capacidades
- Normativa y regulación
- Descripción general de la instalación
- Plan, diagrama de bloques y de flujo
- Planos preliminares
- Estimación de requerimientos de servicios auxiliares
- Estimación económica de la inversión

### ***1.2.1 Ingeniería Básica***

En la ingeniería básica quedan reflejados definitivamente todos los requerimientos del usuario, las especificaciones básicas, el cronograma de realización y la valoración económica.

Durante esta fase se definen los siguientes trabajos:

- Revisión detallada de la ingeniería conceptual y requerimientos del usuario.
- Hojas de datos de toda la instalación
- Cálculo de las cargas y caídas de tensión
- Distribución de la instalación y de las cargas
- Revisión de las capacidades de cada circuito
- Listas de consumos
- Listas de maquinaria



La ingeniería básica se desarrolla en 2 etapas la primera consiste en la forma de datos y la elaboración de requerimientos del usuario y la segunda en el resto de trabajos descritos anteriormente.

### ***1.2.2 Ingeniería de Detalle***

El alcance de actividades de esta etapa es la siguiente:

- Revisión detallada de la ingeniería básica
- Especificaciones técnicas
- Especificaciones funcionales
- Dimensiones de conductos, tuberías o canalizaciones
- Planos de detalle de las instalaciones: Lay out de las tuberías y conductos, isométricos, detalles de arquitectura, unifilares eléctricos.

### **1.3.- Consideraciones Básicas del Diseño**

Una instalación eléctrica debe distribuir la energía eléctrica a los equipos conectados de una manera segura y eficiente en una palabra con calidad. Algunas características que deben poseer son:

- Seguras.- Ya que estas deben garantizar la seguridad e integridad primeramente de las personas y de los equipos durante su operación.
- Confiables.- Es decir que cumplan con el objetivo para lo que fueron diseñadas.
- Eficientes.- Que la energía se distribuya de igual forma en cada punto de la instalación.
- Económicas.- No con esto se dice que sean baratas sino que su costo sea adecuado a las necesidades a satisfacer.
- Flexibles.- Que se refiere a ser susceptibles de ampliaciones, reducciones o modificaciones.
- Simples.- Que faciliten la operación y el mantenimiento sin tener que recurrir a métodos o personas altamente capacitadas
- Estéticas.- Pues hay que recordar que una instalación bien hecha simplemente se ve bien.

### *1.3.1 Planeación de la instalación nueva o remodelada*

El tiempo y el esfuerzo destinados a cada fase se determinan por la naturaleza y complejidad del proyecto y también por el tiempo de recursos disponibles. Cuando el proyecto es de tal magnitud o complejidad que el esfuerzo de diseño podría ser demasiado para los empleados de la compañía propietaria, pueden contratar arquitectos, ingenieros y otros consultores para ayudar a su personal o aportar conocimientos que no se pueden obtener en otra forma.

El diseño de la instalación lo lleva a cabo un equipo que, según sea el alcance del proyecto, puede incluir personas con estudios y experiencia en:

- Planeación y diseño arquitectónico
- Detalles arquitectónicos
- Ingeniería Civil
- Ingeniería, especificaciones y estimación de costos de construcción
- Ecología
- Ingeniería eléctrica
- Conservación de la energía
- Protección ambiental
- Ingeniería industrial, en especial distribución física de plantas
- Arquitectura de paisajes
- Ingeniería de procesos
- Ingeniería mecánica
- Ingeniería estructural
- Análisis de tráfico y de manejo de materiales

La computadora se ha convertido en un poderoso auxiliar, y el diseño mediante computadora conocido también con sus siglas en inglés CAD (computer aided design), tiene un marcado efecto en muchos aspectos del diseño. Con el CAD es posible analizar un número mayor de soluciones potenciales disponibles, con un grado de profundidad y detalle cuyo costo resultaría prohibido si se hiciera a mano. Los adelantos en los sistemas gráficos de las computadoras permiten crear modelos tridimensionales en el examen y análisis de ellos, a la vez que se pueden variar muchos de los parámetros que intervienen. Estos sistemas se utilizan también para el diseño de edificios, distribución física de procesos y diseño de equipo y ya se utilizan también para producir planos terminados.

Además, las computadoras se utilizan también para preparar especificaciones, estimaciones de costos y los programas de tiempos para diseño y construcción y

suministran ayuda en la administración de los contratos. Al igual que en otros campos donde ya existe la influencia de la tecnología con computadoras, se puede esperar que aumente más el uso de computadoras en el proceso de diseño, conforme la tecnología se vuelva más adaptable y menos costosa.

Hay que evaluar los sistemas de CAD comerciales antes de intervenir en su compra. Para que estos sistemas resulten económicos se deben poder adaptar en su estructura a los aspectos específicos del proyecto y todo el personal participante debe tener por lo menos un conocimiento práctico del sistema CAD seleccionado.

### ***1.3.2 Metodología***

El diseño de instalación se segmenta por lo general en fases separadas y dependientes que, en conjunto forman una progresión lógica para el logro de la instalación terminada.

Debe empezar con las metas, conceptos funcionales y problemas analizados durante la etapa de programación, en el curso de la cual se establecen las necesidades. El proceso, inicialmente, propone soluciones esquemáticas de diseño y se vuelve más específico conforme avanza el trabajo. Después se sintetiza la solución preferida en planos y especificaciones detallados para edificios y equipo.

La división del esfuerzo de diseño en fases aporta el mecanismo para la evaluación continua de la factibilidad del proyecto y permite tener un proceso sistemático para la toma de decisiones.

Según sean el tamaño y tipo del proyecto (solo construcción o también compra de equipo), y de los métodos para la contratación se pueden combinar ciertas fases de diseño.

En los proyectos para nuevas instalaciones o remodelación que incluyan, las tareas de diseño a efectuar son:

- Fase esquemática o de estudios de factibilidad
- Fase de desarrollo de diseño, en la cual se preparan los diseños preliminares
- Fase de documentos para la instalación o de diseño final, durante la cual se preparan los documentos para la instalación.

- Fase de propuestas o negociación, en la cual se solicitan propuestas (licitaciones)
- Fase de instalación, durante la cual se llevan a cabo la instalación del equipo

Se debe destinar cierto tiempo para el examen y la revisión a concluir cada fase de diseño. Durante la revisión se puede tomar la decisión de seguir adelante con el diseño, volver a la fase anterior y repetir el diseño, demorar o cancelar el proyecto.

Muchas compañías tienen un sistema establecido para la toma de decisiones, y es importante utilizarlo para tomar decisiones rápidas en cada revisión y no alterar el programa del proyecto. No se debe omitir la toma atinada de decisiones por ahorrar tiempo, pues pueden surgir dificultades en el futuro.

### ***1.3.3 Fase de diseño esquemático***

Esta fase, llamada a veces de factibilidad o de diseño preliminar, empieza una vez concluida la programación y se aplican en ella todas las necesidades y conceptos funcionales establecidos durante la programación. Las necesidades pueden incluir una nueva ordenación de actividades, la adición de nuevas actividades o equipo. La fase de diseño esquemático debe consistir en la investigación de todos los métodos factibles para satisfacer las necesidades y, por ello, requiere a menudo la participación de grupos interdisciplinarios para llevar a cabo las tareas.

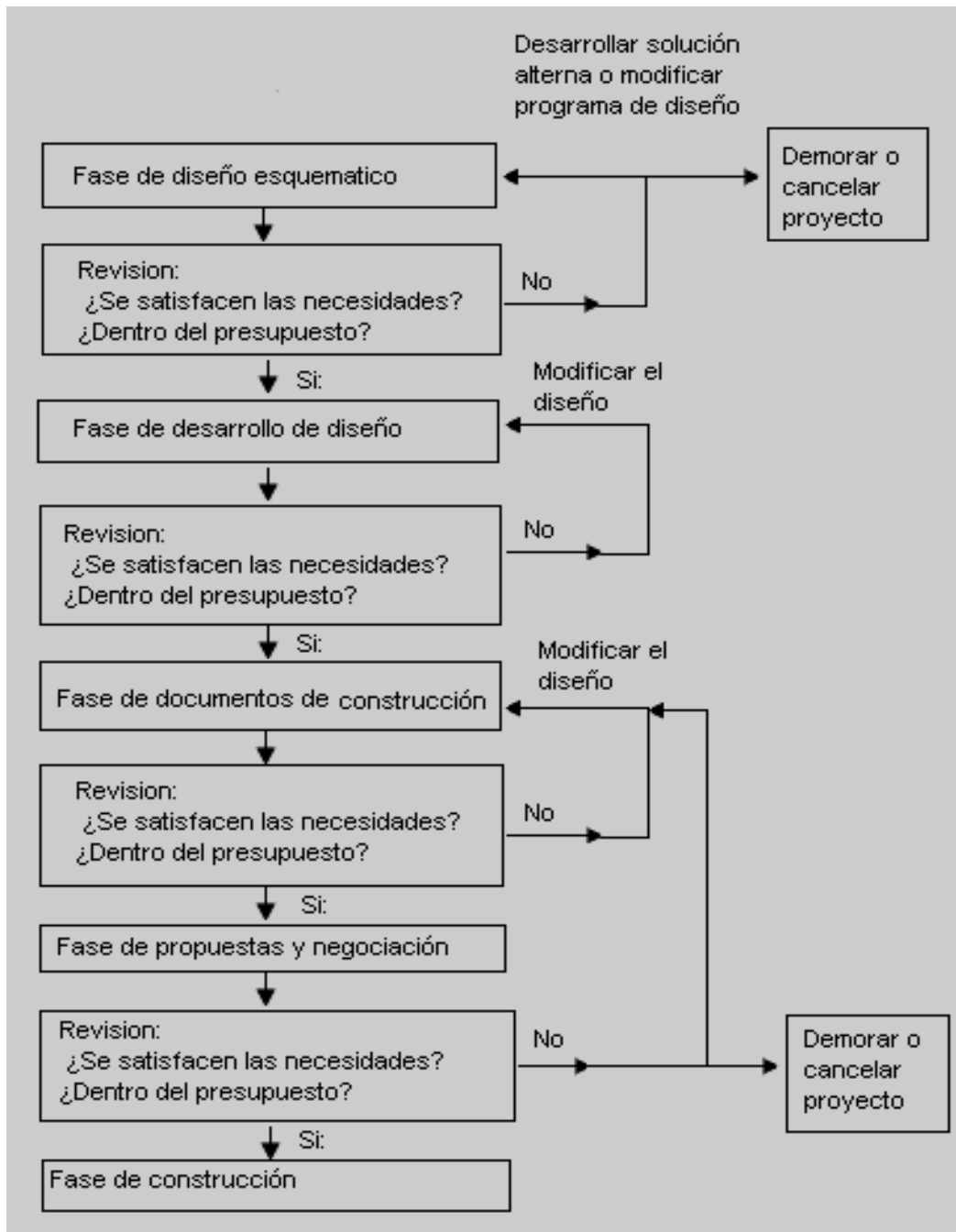


Figura 1.1 Diagrama de flujo de la planeación de un proyecto

La fase de diseño esquemático es el momento adecuado para investigar soluciones que incluyan nuevas técnicas y tecnologías, también es el momento para “devanarse los sesos” en busca de soluciones. Esto incluye intuición y experiencia en la esencia creativa de la arquitectura y la ingeniería: la formulación de soluciones diseño. Dado que hay muchas ideas y soluciones alternas, se deben plasmar en evaluar, aunque no es necesario desarrollar por completo todas las alternativas. Se pueden descartar algunas por los costos prohibidos y otras razones, pero se debe tener cuidado de no rechazarlas antes de tiempo.

Las alternativas de soluciones para el diseño pueden ser desde métodos tradicionales o actuales hasta técnicas totalmente nuevas o combinaciones de ellas, desde las de mínimo a las de máximo costo, de las totalmente manuales hasta las automatizadas en cualquier otra secuencia idónea para la tarea en cuestión.

En esta fase se debe estudiar la instalación total y la forma en que una solución particular resulta adecuada para la operación de departamentos o instalaciones continuas y para ver cómo encaja en las necesidades totales para el futuro, en el plan maestro. Se deben evitar las tendencias a optimizar un subsistema a expensas de las operaciones globales, en particular en las actividades de apoyo, como manejo de materiales, almacenamiento y similares.

En esta fase no se suelen preparar los planos definitivos. Suelen ser suficientes los bocetos con bastante detalle para distinguir los diseños alternos y los que se pueden utilizar para establecer costos comparativos. Los bocetos pueden ser en forma de diagramas de bloques y esquemas de distribución para definir las necesidades de expiación y la distribución del equipo para cada operación necesaria, así como diagramas de flujo y organigramas que establezcan las relaciones e interdependencias departamentales y funcionales. Para establecer y justificar las soluciones de diseño propuestas, se suelen efectuar las siguientes actividades durante la fase de diseño esquemático; algunas de ellas se repetirán con mayor detalle más adelante en el proceso de diseño.

- Análisis de restricciones
- Análisis de reglamentos
- Análisis de normas
- Análisis de necesidades futuras
- Análisis de sitio
- Análisis del impacto sobre la producción
- Elaboración de programas para diseño y construcción
- Análisis de la inversión y costos anuales de operación
- Contenido del informe del diseño esquemático

#### ***1.3.4 Análisis de las restricciones***

Aunque es necesario conocer las restricciones “reales”, no se les debe dar demasiada importancia en la fase de diseño esquemático. Una restricción real puede ser una de costo prohibido, técnicamente imposible, insuficiencia de tiempo, o las que imponen los reglamentos gubernamentales. Aunque son pocas las restricciones que no se pueden eliminar si se cuenta con tiempo y dinero, estos también suelen ser

restricciones. Se trata de que las restricciones limiten las opciones disponibles y, en esta etapa del diseño, solo se deben conservar las soluciones viables.

### ***1.3.5 Análisis de reglamentos***

Se necesita investigar los códigos y reglamentos locales, estatales y nacionales, pero solo hasta el grado en que puedan restringir el diseño o limitar las opciones disponibles. Esto abarcaría aspectos como limitaciones dimensionales, requisitos de instalaciones, etc.

### ***1.3.6 Análisis de las normas***

Se deben analizar las normas para el diseño en relación con su impacto sobre las soluciones disponibles. Muchas de las grandes empresas tienen sus propias normas para los materiales, niveles mínimos de control y aseguramiento de calidad, procedimientos para la instalación, requisitos de mantenimiento fácil y demás. Estas normas, en muchos casos, se han establecido con el tiempo y reflejan la experiencia y las preferencias de la compañía. También hay normas industriales. El American National Standards Institute (ANSI) publica los requisitos mínimos para la mayoría de los materiales de construcción y procedimientos para instalarlos; hay otras asociaciones e institutos, como el Joint Industrial Council (JIC), que publican normas mínimas para sistemas eléctricos, neumáticos, hidráulicos y otros; asociaciones de proveedores como Crane Manufacturers Association (CMA) que tienen normas para máquinas-herramientas y otro equipo industrial.

### ***1.3.7 Análisis de las necesidades futuras***

Se deben estudiar todas las soluciones de diseño para determinar su cumplimiento con la planeación de la instalación a largo plazo. Si existe un plan maestro, entonces hay que comprobar la inclusión de todas las opciones. Si no hay un plan maestro formal, habrá que proyectar las necesidades futuras. Además del uso futuro de la instalación o los procesos industriales, se deben investigar otras variaciones como los niveles futuros de automatización, proyecciones de mezcla de producción, nuevos productos etc. Las soluciones logradas durante la fase de diseño deben concordar con estos objetivos.

### ***1.3.8 Análisis del sitio***

Se necesita inspeccionar y valorar el sitio para poder ver limitaciones que quizá no aparezcan en los planos o en las fotografías. Los servicios públicos subterráneos, derechos de paso, las vías de ferrocarril, las forres de transmisión de energía y otras obstrucciones que puedan influir en el diseño de la instalación y el uso de la tierra deben ser materia de observación. Se deben obtener pruebas con perforación de suelos a fin de establecer la ubicación de la instalación.

### ***1.3.9 Análisis de impacto sobre la producción***

Conforme se van logrando los diseños alternos, hay que proyectar las interrupciones y alteraciones a las operaciones de producción existentes. Esto se aplica a oficinas, instalaciones para empleados, tareas de mano de obra indirecta y las actividades de manufactura y procesos. Cualesquiera alteraciones se deben expresar en términos prejuicios por pérdida de producción y demoras en el arranque inicial de incluirlos en el análisis económico. Los programas de construcción se pueden utilizar como ayuda para determinar la duración proyectada de esas alteraciones.

### ***1.3.10 Elaboración de los programas para diseño y construcción***

Se deben establecer programas de diseño y construcción para cada opción que se tiene en cuenta.

### ***1.3.11 Análisis de costos de inversión y anuales de operación***

Se deben calcular los costos de inversión y los anuales de operación a fin de facilitar la comparación de las diversas soluciones de diseño. Cualquier parámetro del plan que repercuta en los costos se debe presentar en esa forma.

Las proyecciones de costos en esta etapa del diseño tienen una doble finalidad; primero dar información de cada una de las opciones que se tienen a consideración, con lo cual se permite la evaluación de los costos de ellas; la segunda confirmar el presupuesto del programa para el proyecto.

Las opciones sobre costos producidas durante esta fase sirven a menudo como la base para las asignaciones y justificaciones del proyecto. Se debe tener cuidado de



que el análisis de rentabilidad del proyecto no dependa en ninguna forma de una exactitud imposible de lograr con el nivel de detalle de la opinión de costos.

Los conceptos que no se puedan expresar en términos monetarios se pueden presentar en una forma tabulada que los clasifique en términos que no sean su impacto sobre los costos. Un ejemplo sería una tabla para ponderación y clasificación” que permite determinar la mejor alternativa, aunque los costos no sean la única medida.

### ***1.3.12 Contenido del informe de diseño esquemático***

El informe final para esta fase del diseño debe ser técnico y tan breve como sea posible, sin dejar de abarcar todo el proyecto. Se puede incluir un resumen para los ejecutivos y el informe es largo.

Por lo general, el informe no debe incluir detalles de más de unas pocas soluciones de diseño. Se pueden describir las opciones eliminadas con un breve enunciado de las razones para ellos, a fin de evitar preguntas posteriores.

Se debe incluir una tabla que muestre los costos iniciales de inversión, costos de operación y costos en el ciclo de vida de cada solución de diseño, así como una exposición de las suposiciones utilizadas como base para la opinión sobre costos.

El método para el análisis económico utilizado en un estudio de factibilidad debe ir de acuerdo con los métodos ya determinados por el propietario. Cualquiera que sea la cantidad de detalles, el informe debe presentar en forma que permita la comprensión rápida del valor relativo de cada opción. Un estudio de factibilidad económica debe incluir también recomendaciones de la solución de diseño que ha de ser la base para la siguiente etapa de diseño.

Se debe mencionar que no todas las opciones o recomendaciones para diseño se deben juzgar sobre la base de su costo; en algunas, no se debe mencionar el costo. No es necesario citar los múltiples criterios posibles para evaluación.

Después de la presentación del informe de diseño esquemático, hay un periodo para revisión, durante el cual las personas que toman decisiones deben evaluar el material del informe, seleccionar una opción preferida y determinar si se debe continuar el proceso de diseño a la siguiente fase. Si no se aceptan las soluciones de diseño, habrá que repetir la fase esquemática y modificar los requisitos de programa de diseño de instalaciones para poder incluir otras opciones de diseño.

### **1.3.13 Fase de Desarrollo del diseño**

Durante esta fase se amplía el diseño esquemático para la solución seleccionada a fin de determinar el tamaño, forma y características de la totalidad del proyecto así como la relación y la proximidad entre sus subsistemas. Se selecciona el equipo y auxiliares para la producción y se hace una determinación de los sistemas arquitectónico, estructural eléctrico, mecánico y otros aspectos de la construcción.

En esta fase no se debe considerar más que una opción, pues suele ser suficiente para el esfuerzo de diseño sea más productivo y económico. El esfuerzo requerido para el desarrollo del diseño depende del tamaño, la complejidad y el tiempo disponible para el proyecto.

La solución de diseño esquemático se debe hacer con el detalle necesario a fin de describir todos los componentes básicos por tipo y dimensiones principales a fin de preparar los documentos subsecuentes para la construcción. Para ellos, la fase de desarrollo de diseño puede consistir en las siguientes actividades principales:

- ▶ Desarrollo de los planos preliminares
- ▶ Preparación de especificaciones generales
- ▶ Elaboración de programas para el diseño y la construcción
- ▶ Análisis de los costos preliminares
- ▶ Contenido del informe de desarrollo de diseño

### **1.3.14 Desarrollo de los planos preliminares**

Hay que ampliar los bocetos preparados en la fase esquemática. Los bocetos o diagramas de bloque de las configuraciones de los edificios se deben convertir en planos acotados que, además de mostrar las superficies asignadas a operaciones deben indicar pasillos, servicios sanitarios, comedores y cocinas, etc. Se debe reservar suficiente espacio para el mantenimiento, en torno a la maquinaria. Hay que tomar decisiones básicas como el tipo de sistemas de calefacción ventilación y acondicionamiento del aire, distribución primaria de corriente métodos para su transmisión, etc. Y los sistemas se deben mostrar como diagrama unifilar.

Si es posible, los planos se deben preparar para que se puedan utilizar en fases posteriores de diseño; sin embargo, los dibujos de detalle deben ser mínimos. En la figura se muestra un ejemplo de un plano para el diseño preliminar.

### **1.3.15 Elaboración de especificaciones**

Hay que determinar los materiales y sistemas y describirlos en las especificaciones generales, que deben incluir la descripción de los materiales y sistemas que serán la base para estudios posteriores del costo probable de instalación y servirán como criterios para la preparación, mas tarde, de los documentos para la instalación. Las especificaciones se suelen dividir en secciones de acuerdo con el “Masterformat”, o sea, la lista uniforme de títulos y números de secciones.

### **1.3.16 Elaboración de los programas para diseño e instalación**

Se necesitan actualizar y perfeccionar los programas establecidos en la fase de diseño esquemático. Se deben incorporar las decisiones tomadas durante la fase de desarrollo de diseño y cualesquiera detalles adicionales, y se debe estudiar si hay cambios en los planes del impacto sobre la producción.

### **1.3.17 Análisis de los costos preliminares**

Se le llama informe de costos probables de instalación y se deriva de datos y planos más definidos que los disponibles durante la etapa de diseño esquemático. Por ejemplo, dado que se deben seleccionar los materiales para la instalación, los costos se pueden calcular en términos de unidades de instalaciones terminadas en vez de utilizar una base de costo por superficie o volumen. Hay que incluir los imprevistos en los costos porque no se conocen todos los detalles; pero estas estimaciones más recientes suelen ser más exactas que las hechas durante la fase de diseño esquemático.

### **1.3.18 Contenido del informe de desarrollo del diseño**

Toda la información citada se debe presentar en un informe, el cual sirve para la exposición y como apoyo de las decisiones que influyen en el proyecto; también sirve como registro de las actividades de diseño.

La presentación del informe será seguida por un periodo de revisión, durante el cual se debe analizar la solución de diseño para determinar su conformidad con los requisitos del programa.

Si la opinión de costos en ese momento tiene diferencias apreciables como las anteriores, se deben determinar las causas. Las diferencias ocurren a menudo debido a cambios en los parámetros del programa, como al alcance del proyecto a la calidad de los materiales y sistemas.- Si no se pueden modificar las asignaciones al presupuesto, quizá se necesiten reducciones en la cantidad o calidad, posposición de ciertas partes del proyecto o el abandono del mismo. Si se proponen cambios extensos en el diseño puede ser necesario regresar a un punto previo en el proyecto y repetir algunas actividades.

### **1.3.19 Fase de documentos para la instalación**

Esta fase, llamada a veces de diseño final empieza con la aprobación de los documentos de desarrollo del diseño y tiene en cuenta cualesquiera cambios en alcance, tamaño o características resultantes del proceso de aprobación. Como el diseño esquemático seleccionado se estableció en la fase de desarrollo del diseño, ahora queda definido en detalle para que se convierta en los documentos para la instalación o en los planos y especificaciones de trabajo. A su vez, estos documentos son la base para solicitar y evaluar propuestas, concertar contratos de construcción o de adquisición y llevar a cabo el trabajo.

Durante esta fase se suelen efectuar las siguientes actividades:

- ▶ Preparación de los planos para la instalación
- ▶ Preparación de las especificaciones para la instalación
- ▶ Preparación del programa de instalación
- ▶ Estimación de costos
- ▶ Preparación de documentos para la presentación de propuestas

Los planos son la representación grafica del proyecto, en las especificaciones se describe el trabajo y ambos deben establecer con exactitud los objetivos totales del proyecto. Los planos y especificaciones aportan información con la cual los contratistas pueden determinar el alcance del proyecto, materiales y métodos que se utilizarían, condiciones especiales y toda la información necesaria para presentar una propuesta de competencia y llevar a cabo el trabajo.

### **1.3.20 Preparación de los planos para instalación**

En este momento los diseñadores deben presentar todos los detalles para la instalación. Los planos deben incluir plantas, secciones, elevaciones y muchos detalles especiales. Deben estar completos y exactos y dar una explicación del propósito del diseño. La base para este trabajo puede estar ya en los planos de desarrollo del diseño y en la lista de planos.

### **1.3.21 Preparación de especificaciones para la instalación**

Las especificaciones para la instalación son una descripción detallada de los materiales y componentes incluidos en las especificaciones generales según el informe aprobado del diseño. Los planos son la representación gráfica del proyecto y las especificaciones definen los materiales y requisitos para la instalación.

Las especificaciones se preparan en una de dos formas:

Listando todos los materiales, cantidades específicas o uso de cada uno, sus requisitos de calidad y el método para efectuar el trabajo y las condiciones deseadas. Este tipo se define como especificaciones de “procedimientos”.

Enumerando solo el rendimiento o comportamiento requerido de los componentes y dejando al contratista la elección de los materiales y métodos de instalación necesarios para obtener los resultados especificados. Este tipo se define como especificaciones de “rendimiento” o comportamiento.

Las especificaciones del proyecto pueden ser una combinación de las dos formas.

Es indispensable la congruencia entre los planos y las especificaciones que no se excluyan entre sí. Se debe mencionar que en las condiciones generales de los contratos para la instalación específica que, en casos de diferencias entre planos y especificaciones, estas tendrán preferencia.

### **1.3.22 Fase de propuestas o negociaciones**

Las actividades comentadas hasta ahora incluyen las que suelen ejecutar el personal de diseño. Dado que este capítulo abarca todas las tareas de diseño, se incluye la mención de las actividades relacionadas con la instalación.

### **1.3.23 Examen y análisis de propuestas (licitaciones)**

Si en los documentos para propuesta se incluyen especificaciones y planos de procedimientos, si se considera que todos los concursantes son igualmente aceptables y todos han cumplido con los requisitos de la documentaron, el contrato para la instalación se suele otorgar sobre la base de precio.

Si en los documentos para propuesta se utilizan especificaciones y planos del tipo de rendimiento y comportamiento, se requiere un análisis comparativo de las propuestas. Los concursantes quizás no propongan materiales, sistemas o grados de calidad iguales o equivalentes y el contrato se otorgan a la propuesta más eficaz en cuando a costos y no a la de precio más bajo. En este análisis se deben incluir todos los componentes del proyecto. Se deben examinar los sistemas y subsistemas importantes, cantidades y calidad de materiales, programa para ejecución del proyecto, contratistas propuestos y excepciones o desviaciones presentadas por el concursante. Si es posible, cada uno de estos conceptos se debe compara contra los requisitos de los documentos para la propuesta y contra los programas y estimaciones preparados en la etapa de documentos para la instalación. El propósito de esta evaluación es determinar si cualquier desviación de las especificaciones básicas está equilibrada con valores, tiempo o costos más altos o más bajos.

### **1.2.24 Fase de una instalación**

Una vez firmado el contrato para instalación o adquisición, no por ello termina el proceso de diseño. Las actividades después de la firma que efectúa el personal de diseño varían según la naturaleza del contrato y del proyecto; pero el esfuerzo puede ser importante y puede requerir entre el 25 % del presupuesto total para diseño. Esto, a veces, se llama trabajo de seguimiento y requiere personal de oficina para las consultas y personal, ambos participan durante todo el periodo de instalación.

Las actividades desempeñadas durante la fase de instalación se dividen en dos categorías:

- Administración del contrato
- Aseguramiento de calidad

### **1.3.25 Administración del contrato**

Aunque las especificaciones y los planos estén claros y explícitos, puede ocurrir una mala interpretación o presentarse dudas respecto a los documentos para la instalación. Esto ocurre cuando se otorgan contratos para rendimiento o comportamiento. Para evitar demoras en las aclaraciones, un grupo específico del personal de diseño se encargara de resolver los problemas. El grupo de enlace debe conocer a fondo los documentos de instalación, procedimientos para la instalación. Se pueden necesitar órdenes de cambio y ordenes de campo, debido a cambios ordenados por el propietario en la amplitud del trabajo y en las condiciones en el campo, las cuales ocurrieron después de la firma del contrato. Se debe tener un estrecho control en las modificaciones al diseño que alteren el contrato, pues desaparecerán las ventajas de las propuestas de competencia.

### **1.3.26 Aseguramiento de la calidad**

El aseguramiento de calidad durante la fase de la instalación. Consiste en determinar que los materiales y la mano de obra cumplen con los documentos de instalación. Para ellos, se inspeccionan los materiales y métodos de instalación durante el trabajo de instalación.

## **1.4.- Localización de los Equipos**

En el origen y lo más cerca posible del punto de alimentación de la instalación eléctrica o acometida debe instalarse un tablero general.

Los tableros deben ubicarse en lugares de rápido y fácil acceso alejados de otras instalaciones como: agua, gas, aire, etc. Y dispuestos de tal forma que no sean perjudicados por el paso de personas, vehículos o cosas. Aquellos que por alguna razón sean ubicados en lugares que eventualmente puedan estar expuestos a golpes por el tránsito de vehículos o similares deben protegerse con defensas adecuadas señalizadas en franjas negro-amarillas.

Debe evitarse la ubicación de tableros en zonas o ambientes afectados por humedad, polvo, vibraciones, existencia de sustancias combustibles, vapores, temperatura ambiente superior a 40°C u otros elementos que puedan afectar el funcionamiento del mismo.

En particular estos dispositivos no pueden ubicarse en: baños, vestidores, cocinas o dormitorios, debe dejarse una distancia libre desde la superficie frontal del tablero suficiente para facilitar la realización de trabajos y operaciones dicha distancia no debe ser menor a un metro, para el caso de aquellos que necesiten acceso posterior se debe dejar detrás del mismo un espacio libre de 0.7 metros y la distancia entre tableros que se encuentran enfrentados contada desde la parte más saliente con todas las partes de los paneles montadas y cerradas no debe ser inferior a 1.5 metros.

Cuando los tableros se instalan en un lugar específico para ellos este no debe ser usado para el almacenamiento de ningún tipo de material con acepción de herramientas y repuestos propios del tablero. Estos locales no deben tener desniveles en su piso y su altura mínima debe de ser de 2.4 metros.

Las dimensiones del local deben ser tales que la máxima distancia del camino de salida hasta la puerta más próxima sea de 6.5 metros, en locales donde se instalen tableros de más de 6 metros de largo deben proveerse como mínimo dos salidas una en cada extremo y el nivel de iluminación mínima del local debe ser de 200 luxes a un metro del nivel del piso sobre el frente del tablero además de proveer de un sistema de iluminación de emergencia autónomo. La puerta debe abrir siempre hacia afuera del mismo sin impedimento alguno desde el interior y poseer la identificación en caracteres de fácil lectura a la misma distancia desde donde se puede visualizar.

## **1.5.- Análisis de cargas**

El objetivo fundamental de una instalación eléctrica es suministrar energía eléctrica a una carga la cual realiza un trabajo específico o dicho de otra manera convierte la energía eléctrica en cualquier otro tipo de energía ya sea mecánica, calorífica, luminosa, etc.

Es importante dividir las cargas en una instalación eléctrica para facilitar su mantenimiento y minimizar en tiempo muerto resultado de una falla.

Como primera clasificación tomaremos en cuenta el tipo de alimentación propio del equipo. Existen equipos:

- Monofásicos

Estos equipos se alimentan a 2 hilos (2H); una fase (1F) de uno es línea viva (Ln) y el otro es el neutro del sistema.



- Bifásicos
- En este tipo de quipos la alimentación es a dos hilos (2H) y a dos fases (2F) en los cuales ambos cables son de líneas vivas desfasadas a  $120^\circ$  y ambas con el mismo voltaje de línea a neutro.
- Trifásicos
- En este caso podemos nombrar dos tipos diferentes de uso trifásico a (3F 3H) y trifásicos a 4 hilos (3F 4H) de los cuales las 3 líneas son vivas y en el caso especial del cuarto hilo es el neutro del sistema.

También es importante analizar las cargas por las cualidades propias y las características físicas del equipo a alimentador en este caso podemos señalar

- Puramente Resistivos
- Estos consumen la energía sin desfasarla y mantienen constante la corriente
- Capacitivos o Inductivos

Este tipo de cargas desfasan la señal a cierto grado  $\theta$ , lo cual cambia o altera el consumo de corriente debido a que lo defasan positivamente las cargas inductivas inversamente las cargas capacitivas de tienen a compensar ambas para equilibrar el sistema

$$P: \eta VI \cos \theta$$

- Resistivo - Inductivos o Resistivo - Capacitivo

Este tipo de cargas simplemente es una mezcla de las anteriores y son las más comunes ya que las cargas puras son difíciles de encontrar.

Es importante también separar las cargas por la utilización ya que en la industria se dividen así por diversos factores en ese caso se dividen en:

- Cargas de Iluminación

Son aquellas que sirven como su nombre lo dice para iluminar o proveer de energía luminosa a un espacio determinado

Es importante recalcar que este tipo de cargas conectan a un tablero específico llamado tablero de iluminación el cual pueden dividirse en tableros derivados ya sea su utilización

- Cargas de Fuerza

Dentro de estas se estudian aquellas que transforman la energía eléctrica en energías específicas para realizar un trabajo mecánico, como son cualquier electrodoméstico, motor o maquinaria esencial.

Estas cargas también cuentan con su tablero específico de cual se derivan otros derivados dentro de ellos se incluyen los receptáculos de uso general y las salidas especiales.

## **1.6.- Niveles de Voltaje**

Desde la generación de la electricidad y al paso por las subestaciones eléctricas el voltaje en el cual se mantiene la energía es variable dependiendo de la distancia de su transporte y la utilización que se dará al sistema. Es importante que en este caso solo nos interesen los niveles de voltaje que se usan en la industria y no así los niveles de generación, transmisión, subtransmisión y distribución que se manejan en el país. También es importante decir que en México existen diversos niveles en la industria ya que la maquinaria es regularmente de importación y cada maquinaria dependiendo de su país de origen maneja distintos niveles de voltaje.

En México la distribución primaria que es la base para las acometidas de una industria maneja voltajes de:

23 KV (3F 3H)

34.5 KV (3F 3H)

46.5 KV (3F 3 H)

En cuanto a la distribución secundaria que es la base para la alimentación comercial y residencial es de:

220 V (3F 3 H)

220 V (3F 4 H)

220 V (2F 2 H)

220 V (2F 3 H)

127 V (3F 4 H)

127 V (1F 2 H)

Dentro de la industria existen diversos niveles de voltaje y dependen del voltaje nominal del equipo a alimentar; aquí observaremos la siguiente tabla que nos dará los valores más comunes de voltaje en la industria Mexicana.

Tipo	Voltaje Nominal del Sistema (v)	Voltaje Nominal del Equipo (v)	Clasificación del Equipo* (KVA)	Capacidad del Sistema (KVA)
1F 2H	120/240	115/230	20	100
3F 4H	120/208	115/208	150	750
	220/240/380	220/240/365/380	500	3,000
	440/460/480	420/440/460/480	5,000	3,000
	2,400/4,160	2,300/4,000	10,000	15,000
	7,200/12,470	6,900/12,000		50,000
	23,000/34,500			
3F 3H	220/240	230	150	750
	440/480	460	500	3,000
	600	575	5,000	3,000
	4,160	4,000	10,000	15,000
	13,800	13,200		50,000
	34,500			

\*Se refiere a la carga inductiva como la de un motor que puede conectarse a este sistema sin causar una caída excesiva de voltaje.

Tabla 1.2 Niveles de Voltaje de la Industria

### 1.7.- Tipos de Redes de Distribución Industrial

Existen diversos tipo de redes de distribución Industrial, estos dependen de la calidad con la cual se quiere alimentar el sistema y varía mucho la dispersión hacia la instalación es importante tomar esto en cuenta.

- Radial

En este caso es el más común donde se energiza cada industria con un solo alimentador se usa en la mayoría de las industrias y si existe una falla de alimentación toda la industria se queda sin energía eléctrica.

- Anillo

En este caso son dos alimentadores los cuales alimentan el sistema garantizando que si uno falla o se le da mantenimiento de otro suministrara la energía del sistema.

Este sistema se utiliza en lugares donde es crítico una pérdida de la energía eléctrica y su costo se eleva en comparación con el radial.

- Red

En este caso se alimentan las cargas con más de 2 alimentadores garantizando que nunca fallara la energía; su costo es muy elevado y su utilización se restringe a lugares donde es primordial la energía eléctrica.

Es importante decir también que los alimentadores provienen de la compañía suministradora y no de sistemas de energía de generación autónoma.

## **1.8.- Generación en Planta**

Cuando hablamos de generación en la planta, hablamos primordialmente de sistemas generación de emergencia. Los códigos de construcción requieren de manera legal sistemas de alimentación de emergencia para asegurar la continuidad en la operación del edificio cuando existe la pérdida del suministro normal pudiera crear riesgos a la vida, incendios o perdida de propiedades.

## **1.9.- Datos de la Compañía suministradora**

En México la comisión Federal de electricidad es una empresa gubernamental encargada de generar y distribuir energía eléctrica a todo el país, solo ella puede vender energía eléctrica dentro del territorio nacional y no particulares.

Es importante que para realizar un contrato con este organismo se lleve a cabo lo siguiente cuando menos:

- Numero de contrato
- Nombre, Domicilio del suministrador así como su clave de Registro Federal de Contribuyentes (RFC)
- Nombre, denominación o razón social del usuario y cuando proceda su RFC
- Domicilio donde se proporcionara el suministro
- Uso del suministro
- Características del suministro (Tensión, Número de Fases, Frecuencia, así como márgenes de tolerancia)
- Carga Controlada y en su caso demanda controlada
- Tarifa aplicable
- Garantías que otorgue el usuario y en caso de depósito el importe del mismo
- Publicado por el diario oficial de Federación

En el recibo indica

- Datos Generales del recibo
- Nombre y domicilio del usuario, fecha, No. De Recibo, Cantidad a Pagar
- Consumo estimado
- Información del consumo
- Calculo del importe del consumo
- Detalle de cargos y créditos que integran la facturación
- Historial de consumos
- Avisos importantes
- Talón de caja

### **1.10.- Expansiones Futuras**

Dentro de toda instalación eléctrica debemos hacer una consideración pertinente de expansiones futuras. Es más común el diseñar este sistema desde la subestación dejando una o varias líneas adicionales sin uso para posibles modificaciones en la instalación; sin embargo en este caso nosotros no consideramos la subestación eléctrica y quedará abierto este tema para estudios independientes.

## 1.11.- Diagrama unifilar preliminar

Un diagrama unifilar es una representación gráfica de las etapas de una instalación eléctrica en este se incluye información básica de la misma en donde cada camino se representa con una sola línea representando con ella el número de conductores necesario en este.

Es importante incluir en este:

- Tableros
- Protecciones
- No. de Hilos
- No. de fases y designación
- Tipo de canalización o tubería
- Capacidad de la tubería
- Calibre del conducto
- Distancia de la tubería
- Caídas de tensión

## 1.12 Normas y Códigos

- **NOM-001-SEDE** - Instalaciones eléctricas. (Utilización).
- **NOM-002-SEDE** - Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución.
- **NOM-002-STPS** - Condiciones de seguridad prevención protección y combate de incendios en los centros de trabajo.
- **NOM-008-SCFI** - Sistema General de Unidades de Medida
- **NOM-025-STPS** - Condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo.
- **NOM-113-SEMARNAT** - Que establece las especificaciones de protección ambiental para la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de subestaciones eléctricas de potencia o de distribución que

se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano o de servicios y turísticas.

- **NOM-114-SEMARNAT** - Que establece las especificaciones de protección ambiental para la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de líneas de transmisión y de subtransmisión eléctrica que se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano o de servicios y turísticas.
- **NMX-J-098-ANCE** - Sistemas Eléctricos de Potencia – Suministro - Tensiones Eléctricas Normalizadas.
- **NMX-J-116-ANCE** - Productos eléctricos – Transformadores de distribución tipo poste y tipo subestación – Especificaciones.
- **NMX-J-118/1-ANCE** - Productos eléctricos – Tableros de alumbrado y distribución en baja tensión – especificaciones y métodos de prueba.
- **NMX-J-118/2-ANCE** - Productos eléctricos – Tableros de Distribución de Fuerza en baja tensión – especificaciones y métodos de prueba.
- **NMX-J-123-ANCE** - Transformadores, aceites minerales aislantes para transformador.
- **NMX-J-149/2-ANCE** - Productos eléctricos-fusibles, parte 2, cortacircuitos fusible de expulsión para alta tensión-Especificaciones.
- **NMX-J-203-ANCE** - Capacitores de potencia en conexión paralelo-especificaciones y métodos de prueba.
- **NMX-J-235/1-ANCE** - Envolventes – Envolventes (Gabinetes), Para uso en equipo eléctrico – parte 1. Requerimientos generales – especificaciones y métodos de prueba.
- **NMX-J-235/2-ANCE** - Envolventes – Envolventes (Gabinetes), Para uso en equipo eléctrico – parte 2. Requerimientos – específicos y métodos de prueba.
- **NMX-J-266-ANCE** - Productos Eléctricos – Interruptores – Interruptores automáticos en Caja Moldeada – Especificaciones y Métodos de prueba.
- **NMX-J-284-ANCE** - Productos eléctricos – Transformadores de potencia – Especificaciones.

- **NMX-J-285-ANCE** - Productos eléctricos – Transformadores de distribución tipo pedestal monofásico y trifásico para distribución subterránea – Especificaciones.
- **NMX-J-323-ANCE** - Cuchillas seccionadoras de operación con carga para media tensión especificaciones y métodos de prueba.
- **NMX-J-351-ANCE** - Transformadores de distribución y potencia tipo seco- Especificaciones.
- **NMX-J-353-ANCE** - Centro de control de motores.
- **NMX-J-511-ANCE** - Sistema de soportes metálicos tipo charola para conductores.
- **NMX-J-534-ANCE** - Tubos (conduit) de acero tipo pesado para la protección de conductores eléctricos y sus accesorios-especificaciones y métodos de prueba.
- **NMX-J-535-ANCE** - Tubos (conduit) de acero tipo semipesado para la protección de conductores eléctricos y sus accesorios-especificaciones y métodos de prueba.
- **NMX-E-012-SCFI** - Tubos y conexiones de policloruro de vinilo (PVC) sin plastificante para instalaciones eléctricas.
- **IEC- 60034-1** - Rotating electrical machines Part. 1 Rating and Performance. Maquinas eléctricas rotatorias Parte 1 Rangos y rendimientos.
- **IEC-60289** - Reactors, second edition, Reactores, segunda edición.
- **IEC-60 947-1** - Low voltage switchgear and controlgear - Part 1 - General rules. Tableros de distribución fuerza y control en baja tensión – Parte 1 – Reglas Generales.
- **IEC-60 947-2** - Low voltage switchgear and controlgear - Part 2 – Circuit Breakers Tableros de distribución fuerza y control en Baja Tensión – Parte 2 – Interruptores Automáticos.
- **IEC-61537** - Cable tray systems and cable ladder systems for cable management, Sistema de bandeja para cable y sistema de escalera para cable, para manejo de cables.



- **IEC-62271-100** - High-voltage switchgear and control gear part 100: High voltage alternating current circuit breakers (Interruptores de alto voltaje parte 100: Interruptores para circuito de corriente alterna en alto voltaje)

## **2.- SISTEMAS DE TIERRA EN PLANTAS INDUSTRIALES**

### **2.1.- Objetivo de un Sistema de Tierra**

Es sabido que la mayoría de los sistemas eléctricos necesitan ser aterrizados y que esta práctica se inició desde los primeros experimentos eléctricos, desde entonces como hasta ahora la estática se descargaba por una conexión a una placa que estaba en contacto con la masa general de la tierra, esta práctica se ha desarrollado progresivamente de modo que tales conexiones a tierra se encuentran casi en todos los puntos en el sistema eléctrico, desde la generación hasta la utilización.

Un Sistema de Tierra o Tierra Física es una conexión conductora, ya sea intencional o accidental por medio de la cual un circuito eléctrico o equipo se conecta a la tierra o a algún cuerpo conductor de dimensiones relativamente grande que cumple la función de la tierra, esta definición la da la IEEE y es importante notar que en Europa se usa el término “Earthing” y en el Norte de América es común el término “Grounding”.

**El objetivo fundamental de todo Sistema de Puesta a Tierra es salvaguardar primero la vida de los usuarios y de los equipos en fenómenos de fallas a tierra y descargas atmosféricas.**

La puesta a tierra de las instalaciones eléctricas, está relacionada en primer lugar con la seguridad, el sistema de puesta a tierra se diseña normalmente para cumplir dos funciones de seguridad:

La primera es: Establecer conexiones equipotenciales. Toda estructura metálica conductiva expuesta que puede ser tocada por una persona debe ser conectada a tierra, la mayoría de los equipos eléctricos se aloja en el interior de cubiertas metálicas y si un conductor energizado llegara a entrar en contacto con ellas, la cubierta también quedara temporalmente energizada, esto sucede tanto en gabinetes, tableros, motores, etc. La conexión eléctrica a tierra es para asegurar que si tal falla ocurriese entonces el potencial sobre todas las estructuras metálicas conductoras expuestas sea aterrizado, en otras palabras la conexión eléctrica iguala el potencial en el interior del local de modo que las diferencias de potenciales resultantes sean mínimas de este modo se crea una plataforma equipotencial. Por lo tanto si una

persona está en contacto simultáneamente con dos piezas diferentes de la estructura metálica expuesta el conductor de la conexión eléctrica a tierra deberá garantizar que dicha persona no reciba un choque eléctrico haciendo que la diferencia de potencial entre los equipos sea insuficiente para que esto ocurra, el mismo principio se aplica en el interior de grandes subestaciones eléctricas, industrias y casas.

La segunda función de un sistema de puesta a tierra es garantizar que, en el evento de una falla a tierra toda corriente de falla que se origine pueda retornar a la fuente de una forma controlada. Por una forma controlada se entiende que la trayectoria de retorno esta predeterminada de tal modo que no ocurra daño al equipo o lesiones a las personas. La conexión a tierra no es de capacidad infinita e impedancia nula realmente sin embargo la impedancia del sistema a tierra debería ser lo bastante baja de modo que pueda fluir suficiente corriente de falla a tierra para que operen correctamente los dispositivos de protección, los cuales a su vez provocaran en los fusibles la interrupción del flujo de corriente.

Las razones que más frecuentemente se citan para tener un sistema aterrizado son:

- Asegurar que los seres vivos presentes en los alrededores de las subestaciones no queden expuestos a potenciales inseguros en régimen permanente o en condiciones de falla.
- Proporcionar una impedancia suficientemente baja para facilitar la operación satisfactoria de las protecciones en condiciones de falla.
- Mantener los voltajes del sistema dentro de los límites razonables bajo condiciones de falla, tales como una descarga atmosférica, ondas de maniobra o contacto inadvertido con sistemas de voltaje mayor y asegurar que no se excedan los voltajes de ruptura dieléctrica de las instalaciones.
- Limitar el voltaje a tierra sobre materiales conductivos que circulan conductores o equipos eléctricos.
- Estabilizar los voltajes fase a tierra en líneas eléctricas bajo condiciones de régimen permanente, por ejemplo: disipando cargas electroestáticas que se han generado debido a nubes, polvo, etc.
- Una forma de monitorear el aislamiento del sistema de suministro de potencia para eliminar fallas a tierra con arco eléctrico persistente.
- Para asegurar que una falla que se desarrolla en los devanados de alto y bajo voltaje de un transformador pueda ser manejada por la protección primaria.

- Proporcionar una trayectoria alternativa para las corrientes inducidas y de tal modo minimizar el ruido eléctrico en cables.
- Proporcionar una plataforma equipotencial sobre la cual pueda operar un equipo electrónico.

Para desempeñar adecuadamente cualquiera de las funciones anteriores, un sistema de tierras debe generalmente tener una baja impedancia, de modo que ya sea dispersado o recogiendo corriente desde el terreno no se produzca un aumento de voltaje excesivo. Por supuesto en el interior de las instalaciones es también necesaria una conexión a tierra para asegurar la correcta operación del equipo, es esencial la puesta a tierra en una instalación global como un sistema completo y por lo tanto diseñarla e instalarla correspondientemente.

Como regla general las normas proporcionan los límites de diseño que deben satisfacerse y explican cómo pueden diseñarse los sistemas de puesta a tierra para ajustarse a ellos, las normas generalmente incluyen formulaciones para realizar los cálculos necesarios o una guía detallada sobre aspectos prácticos, por ejemplo como conectar partes de los equipos o donde ubicar los electrodos.

## 2.2.- Factores que Intervienen en el Diseño de un Sistema de Tierra

Principalmente los factores que intervienen en el diseño de los sistemas de tierra son las características del suelo en donde se instalara la tierra física dichos factores son:

- Naturaleza del suelo.-la resistividad que presente un terreno está en función directa de la naturaleza de los materiales que lo componen la siguiente tabla muestra los valores de resistividad característicos de algunos tipos de suelos y de aguas.

Tipo de suelo o agua	Valor de la resistividad típico ( $\rho$ ) [ $\Omega\text{m}$ ]
Agua de mar	0.1 - 2
Tierra vegetal, Arcilla húmeda	5 - 50
Creta (tiza) porosa	30 - 100
Arcilla, arena y grava	40 - 250
Aguas subterráneas	50 - 100
Piedra caliza cristalina	300
Roca	1,000 - 10,000
Arena	2,000
Concreto	2,000 - 10,000
Granito	25,000
Hielo	100,000

Tabla 2.1 Resistividad típica en diferentes suelos

- Humedad.- la resistividad que presenta el terreno está en relación inversamente proporcional directa con los porcentajes de humedad contenida en él.
- Temperatura.- la resistividad de los suelos también depende de la temperatura en proporción inversa.
- Concentración de sales disueltas.- al presentarse una mayor concentración de sales disueltas en el terreno se mejorará notablemente la conductividad del mismo.

Existen factores físicos que intervienen en el diseño de un sistema de puesta a tierra que pueden propiciar que una persona sea expuesta a diferencias de potencial que pueden perjudicar su salud a continuación se describen estos fenómenos.

Cuando ocurre una falla a tierra y la corriente fluye al terreno por medio del electrodo a tierra el potencial del electrodo y de cualquier equipo conectado a él se eleva sobre el potencial real de tierra, el potencial alcanzado bajo condiciones de falla severa puede ser de varios miles de Volts. Como la corriente de falla a tierra fluye en el terreno que rodea al electrodo, el potencial en el suelo y en su superficie se eleva, desplazándose lejos del sistema de electrodos hacia un punto remoto, el potencial se reducirá progresivamente hasta eventualmente llegar al potencial real de la tierra (0 Volts). Esta situación se muestra en la figura 2.1, donde se ha ilustrado en 3 dimensiones la elevación del potencial en la superficie del suelo en torno a una barra de tierra única y vertical. La figura intenta explicar los potenciales involucrados en una forma semi estructural. La figura 2.1 muestra que la tasa de reducción del potencial es la superficie del suelo o gradiente de potencial es mayor cerca de la barra y se reduce al alejarse a un punto remoto, digamos que una persona está caminando alejándose de la barra en línea recta hacia un lugar remoto, es decir bajando la pendiente de potencial, tomando pasos igualmente espaciados, la diferencia de potencial entre los pies debería ser mayor cerca de la barra (A1 y A2) y se reduciría rápidamente con cada paso sucesivo (entre los puntos B1 y B2) hasta anularse a una distancia mayor, este efecto es reconocido en las normas y es la base del concepto de “Voltaje de Paso” o “Potencial de Paso” que es la diferencia de potencial entre dos puntos sobre la superficie del suelo separados 1 metro.

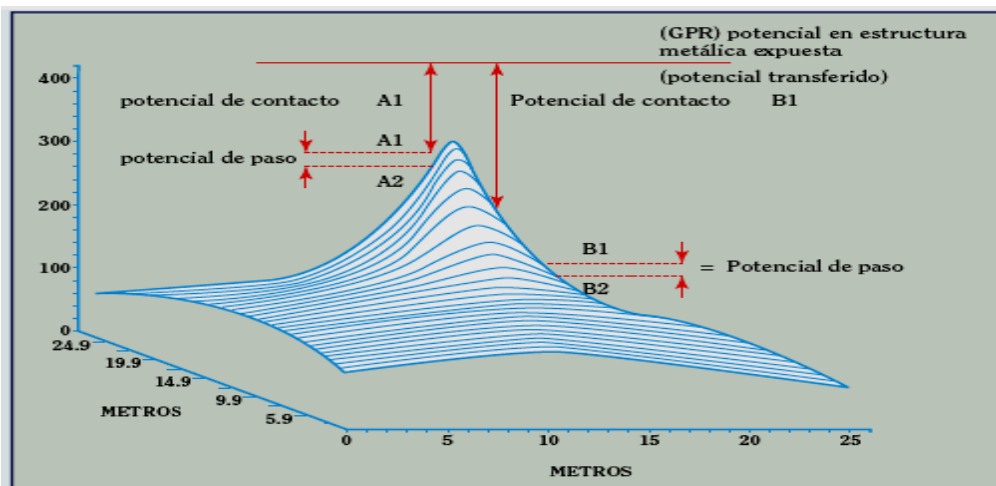


Figura 2.1 Potenciales de Contacto, de Paso y Transferidos en torno a una barra de tierra

La situación descrita para una barra única es similar a aquella definida para todo un sistema de electrodos y el potencial de paso es más alto en el área inmediatamente próxima a los electrodos enterrados en condiciones de suelo uniforme; sin embargo en lugares donde los voltajes de operación son superiores a 6 KV (Como en subestaciones eléctricas) la diferencia de potencial puede ser muy alta por lo cual se recomienda el uso de mallas en toda la base de la construcción que garantizan una superficie equipotencial evitando cualquier choque eléctrico.

Hemos reconocido que el potencial en la superficie del suelo difiere según la posición con respecto al sistema de electrodos. Esto se implica para el segundo tipo de diferencia de potencial “El potencial de Contacto” o “Voltaje de Contacto”; mientras la corriente de falla fluye a través de la impedancia del sistema de puesta a tierra, todos los metales expuestos conectados a este experimentan un alza de voltaje. Para sistemas pequeños se supone un mismo valor en todo el armazón metálico y se refiere a él como la “Elevación de Potencial de Malla” o “Elevación de Voltaje de Malla” (Grid Potential Rise).

El potencial en un punto sobre la superficie del suelo será inferior a este valor en una cantidad que depende de la profundidad de enterramiento del electrodo y de su separación horizontal. Si una persona está en contacto con el armazón metálico expuesto y está parado sobre el suelo, entonces sus manos estarán al mismo potencial que el electrodo, mientras que sus pies estarán a potencial menor, esta diferencia de potencial será menor si sus pies están directamente sobre la barra enterrada y aumenta si se mueve alejándose, el potencial de contacto es normalmente el que dicta el diseño del sistema de electrodos de tierra en el interior de una subestación abierta a la intemperie y será mayor en áreas más alejadas de los electrodos enterrados.

### 2.3.- Configuraciones Básicas de las Redes de Tierra

Existen diversas configuraciones de los sistemas de puesta a tierra mencionaremos a continuación los más típicos.

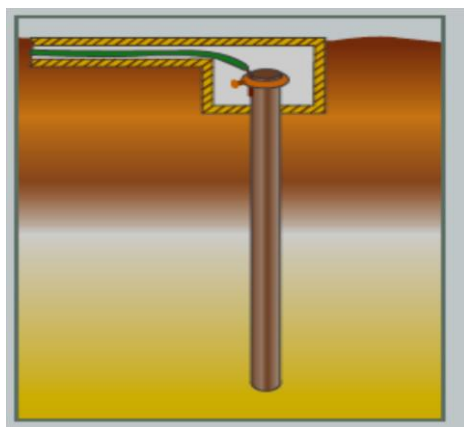


Figura 2.2 Electrodo Vertical

Las barras generalmente ofrecen la forma más conveniente y económica de instalar un electrodo de puesta a tierra, ya que se requiere modificar poca superficie (tal como romper superficies de concreto), pero por supuesto es necesario inspeccionar para asegurarse que no haya equipo o instalaciones enterradas como tuberías de agua o gas que puedan ser dañadas al enterrar la barra. Las barras cortas (3.15m según NOM) se instalan a menudo empleando un martillo pesado operado manualmente, los golpes relativamente cortos y frecuentes son más efectivos normalmente ya que estas barras están acondicionadas con una cabeza endurecida y una punta de acero para asegura que la barra misma no se dañe durante el proceso, comúnmente se llama a este tipo de barras Copperweld.

Las barras más largas se manejan en forma similar, pero utilizando un martillo neumático que requiere mucho menos esfuerzo físico y proporciona una inercia directa mayor; es posible enterrar barras hasta una profundidad de 10m o más utilizando este método, dependiendo por supuesto de las condiciones reales del suelo.

El diámetro de la barra es el principal factor que incide en el esfuerzo necesario para la instalación, las barras delgadas (9mm o 3/8" de diámetro) se instalan relativamente fácil pero a medida que la longitud de la barra aumenta el diámetro de la barra debe incrementarse para asegurar que la barra tenga suficiente resistencia mecánica particularmente en los puntos de unión. Al aumentar el diámetro de la barra (12mm o 1/2" y 24mm o 1" de diámetro) aumenta la resistencia mecánica para el impacto en más de 3 veces.

Las barras de acero recubiertas de cobre son significativamente más resistentes que las barras de cobre sólido, las cuales se doblan muy fácilmente y pueden quebrarse cuando se intenta introducir las al suelo rocoso.

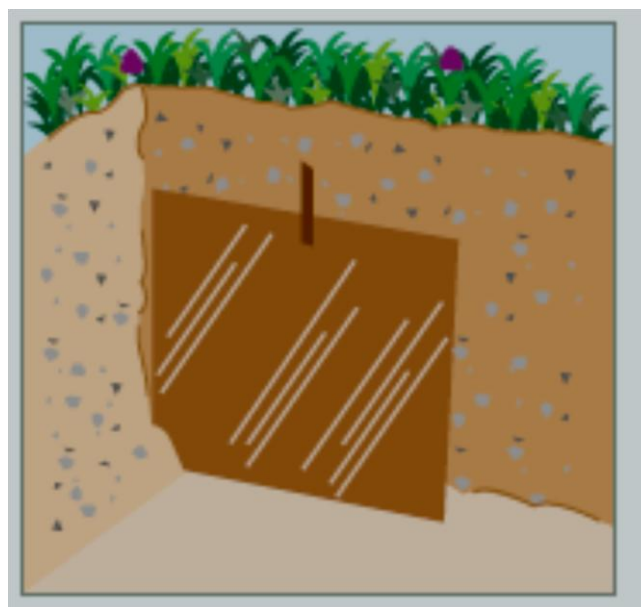


Figura 2.3 Planchas o Placas

Los electrodos de placa son de cobre o de acero galvanizado. Las planchas de acero galvanizado tienen un mínimo de 3 mm de espesor y son cuadradas de 915 ó 1220 mm por lado. Las planchas de cobre son típicamente cuadradas de 600 mm ó 900 mm de lado y entre 1,6 mm y 3 mm de espesor.

Originalmente a comienzos del siglo pasado las planchas eran tan comunes que a todos los electrodos de tierra se les llamaba planchas de tierra. Cuando se incrementó el uso de la electricidad las planchas debieron manejar corrientes mayores, lo cual significó aumentar las dimensiones de la plancha. Su uso continuó por un tiempo considerable principalmente debido a la costumbre y a la práctica, a pesar de que tenía algunas desventajas. Por ejemplo: Generalmente requiere excavación manual o mecánica y por lo tanto el costo de la instalación puede ser muy elevado para reducir la magnitud de la excavación requerida las planchas se instalan normalmente en un plano vertical desde aproximadamente medio metro bajo la superficie. Es fácil compactar el terreno contra la plancha cuando se llena si está instalada verticalmente. Otra desventaja se debe a la ubicación escogida para las planchas de tierra a menudo se ubican demasiado próximas entre si y sus zonas de influencia se traslapan, esto aumenta la resistencia combinada a un valor mayor que el esperado.

Debido a esto poco se justifica para usar planchas ahora, y las existentes cuando se detecta deterioro son reemplazadas por mallas.

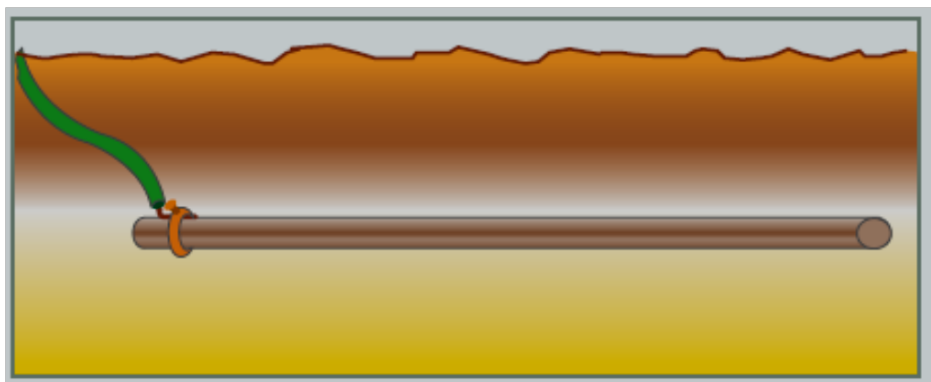


Figura 2.4 Electrodo horizontales

Los electrodos horizontales pueden ser instalados en surcos directamente en el terreno o más frecuentemente en zanjas de hasta 1 m de profundidad.

El uso de equipo de excavación mecánica de pala angosta puede resultar en costos de instalación menores en sitios donde esto es posible. La profundidad de instalación tiene normalmente un mínimo de medio metro y más si es necesario pasar bajo nivel de cultivo o de escarcha en zonas heladas.

En muchos proyectos grandes toda el área puede ser excavada para permitir obras civiles, esto presenta a menudo una buena oportunidad para minimizar costos

tendiendo el electrodo de tierra en ese momento, debe tenerse cuidado de prevenir de daños o robo del conductor una vez tendido.

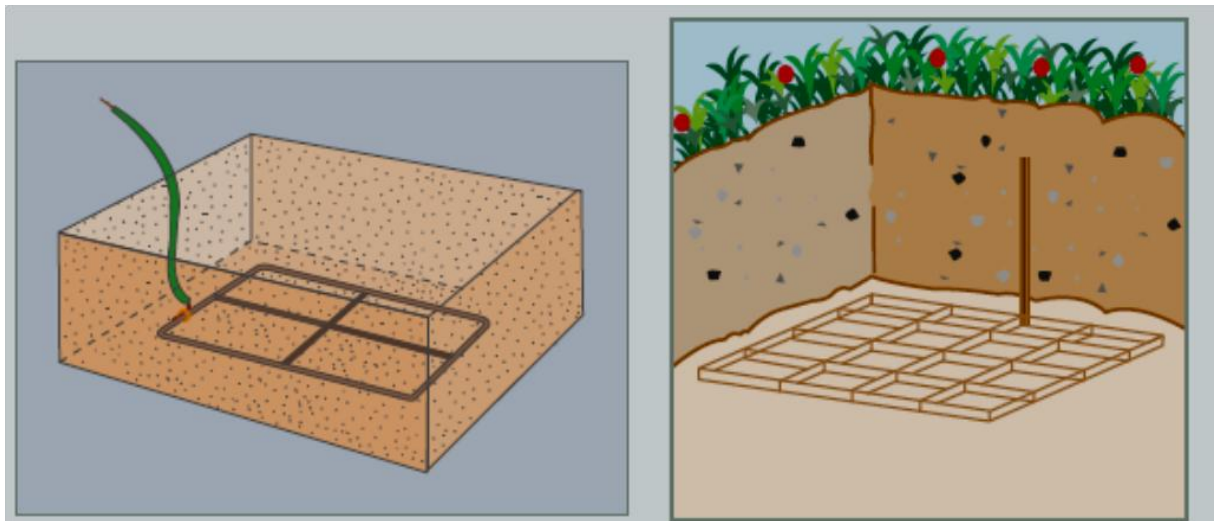


Figura 2.5 Mallas

Es un reticulado formado por la unión de conductores horizontales, normalmente según direcciones perpendiculares y uniformemente espaciados, incluyendo eventualmente conductores verticales (barras). Se utiliza especialmente cuando el objetivo principal de la puesta a tierra es mantener un control de potenciales en la superficie del terreno, con un bajo valor de resistencia.

Las mallas son una variación de los electrodos horizontales con una instalación bastante parecida, pero con ventajas significativas en cuanto a sus características físicas y en su uso.

Las mallas pueden ser electrodos, cables desnudos ó soleras de cobre entrecruzadas con conexión firme en cada punto de intersección, a menudo se colocan electrodos verticales en las esquinas de la malla para reducir el valor de la resistencia en terrenos con resistividad relativa elevada; las ventajas de su uso es principalmente que forma una superficie equipotencial en todo el terreno en el que se extiende, lo cual nos ayuda a que el “voltaje de paso” y el “voltaje de toque” durante una falla, dentro del perímetro de la malla sean igual a cero, brindando una protección ideal a las personas que operan los equipos; es por esta razón que se instalan debajo de transformadores de potencia y subestaciones eléctricas en mediana y alta tensión donde este tipo de voltajes pueden alcanzar niveles significativos causales de daños a las personas.



## 2.4.- Elementos de una Red de Tierra

- Electrodo. Son varillas de cobre o de acero recubiertas de cobre.
- Relleno. El material de relleno debe ser no corrosivo de un tamaño de partícula relativamente pequeño y si fuera posible que ayude a mantener la humedad. Muy a menudo el material previamente excavado es apropiado como relleno pero deberá ser harneado para remover piedras antes de rellenar; el suelo deberá tener un índice de Ph entre 6.0 (Ácido) y 10.0 (Alcalino). En algunas circunstancias se requiere materiales de relleno especiales debido a la resistividad de la tierra, algunos materiales aceptables son: La bentonita, la marconita, el yeso o algunas soluciones de cobre. (En el mercado comúnmente se denota este relleno como compuesto GEN)

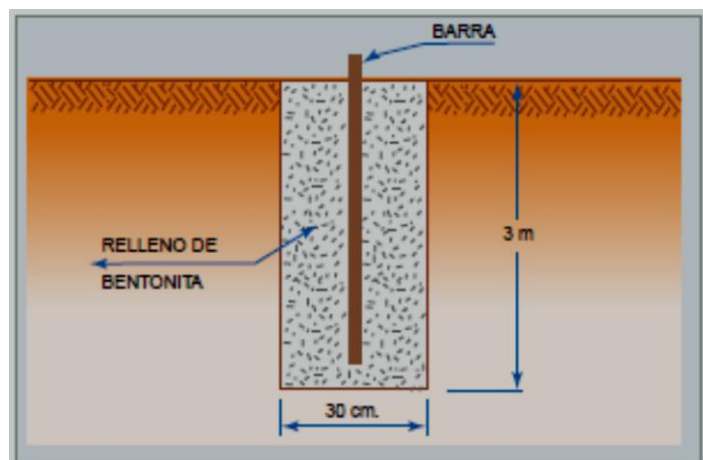


Figura 2.6 Relleno de un electrodo vertical

- Conectores. Se usan comúnmente y pueden ser mecánicos (de conexión apretada) o hidráulicos (de compresión), los conectores deben satisfacer los requerimientos de los estándares aplicables principalmente pruebas de vida durante las cuales el conector es sometido a impactos mecánicos, eléctricos y térmicos, tales conectores deben permanecer invisibles en el terreno.
- Conexiones bronceadas. (soldadas en fuerte) Se aplica ampliamente al cobre y aleaciones de cobre, este método tiene la ventaja de proporcionar una baja resistencia de unión la cual no se corroe actualmente es el método preferido descrito por los estándares para conectar cintas de cobre en el interior de subestaciones, sin embargo es esencial que el bronceado sea efectivo, particularmente donde están involucradas grandes áreas de sección transversal, las superficies planas limpias son necesarias pues los materiales de bronceado no fluyen como la soldadura.
- Uniones exotérmicas. Estas uniones se realizan mediante un molde de grafito que se diseña para ajustar el tipo específico de unión y el tamaño de los

conductores usando una pistola de pedernal se enciende una mezcla de polvo de aluminio y de Oxido de cobre y la reacción que se crea forma una unión de cobre virtualmente puro en torno a los conductores la reacción de alta temperatura se produce en el interior de molde de grafito, esta técnica proporciona una unión permanente de baja resistencia eléctrica y resistente a la corrosión.

## 2.5.- Cálculo Manual y por Computadora de Sistemas de Tierra

### 2.5.1 Cálculo por computadora

El proceso de cálculo de la puesta a tierra de una subestación es un proceso sistemático, en el cual se utilizan algunas ecuaciones complicadas que han de utilizarse repetidas veces. Es por ello por lo que se ha realizado un programa informático que realiza de manera sencilla la comprobación de la red de tierra. El programa "PAT", realizado con el lenguaje de programación MATLAB, realiza los cálculos y comprobaciones necesarios para conocer la distribución que debe tener una malla de tierra para que los potenciales que en ella aparecen estén dentro de lo permitido.

El programa se adapta en todo a lo dispuesto en el Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, concretamente en la Instrucción Técnica Complementaria ITC MIE-RAT 13. El procedimiento se basa en lo indicado en el Standard ANSI/IEEE 80 de título “*Guide for Safety in a.c. Substation Grounding*”, que respeta en todos sus puntos a la citada ITC.

Una vez realizada la instalación del programa, se accede al mismo tecleando en la línea de comandos de MATLAB los caracteres **PAT**. Aparecerá una pantalla de presentación, a partir de la que se pasa al MENÚ PRINCIPAL. Para comenzar un nuevo proyecto, se debe desplegar el menú archivo. Dentro de éste hay que seleccionar la opción **crear proyecto**, que a su vez ofrece la posibilidad de realizar un proyecto de puesta a tierra con o sin estudio de resistividad (Figura 2.7).

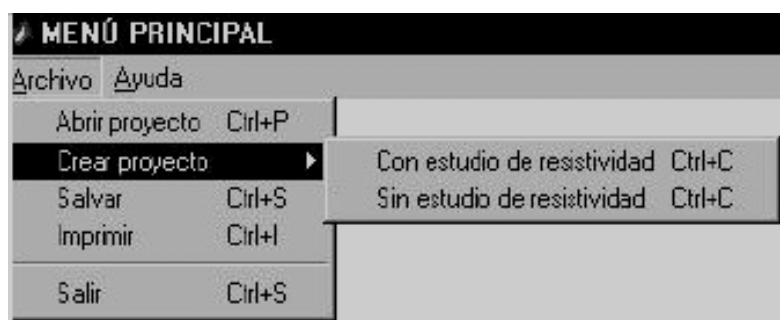


Figura 2.7. Menú principal y submenú **crear proyecto**.

En caso de elegir la opción **con estudio de resistividad**, el programa dará la resistividad media del terreno calculada mediante el método de Wenner. La pantalla que se desplegará en este caso será la mostrada en la Figura 2.8 en ella se deben introducir los datos referentes a la separación entre electrodos en metros, y los valores de la resistencia medida.

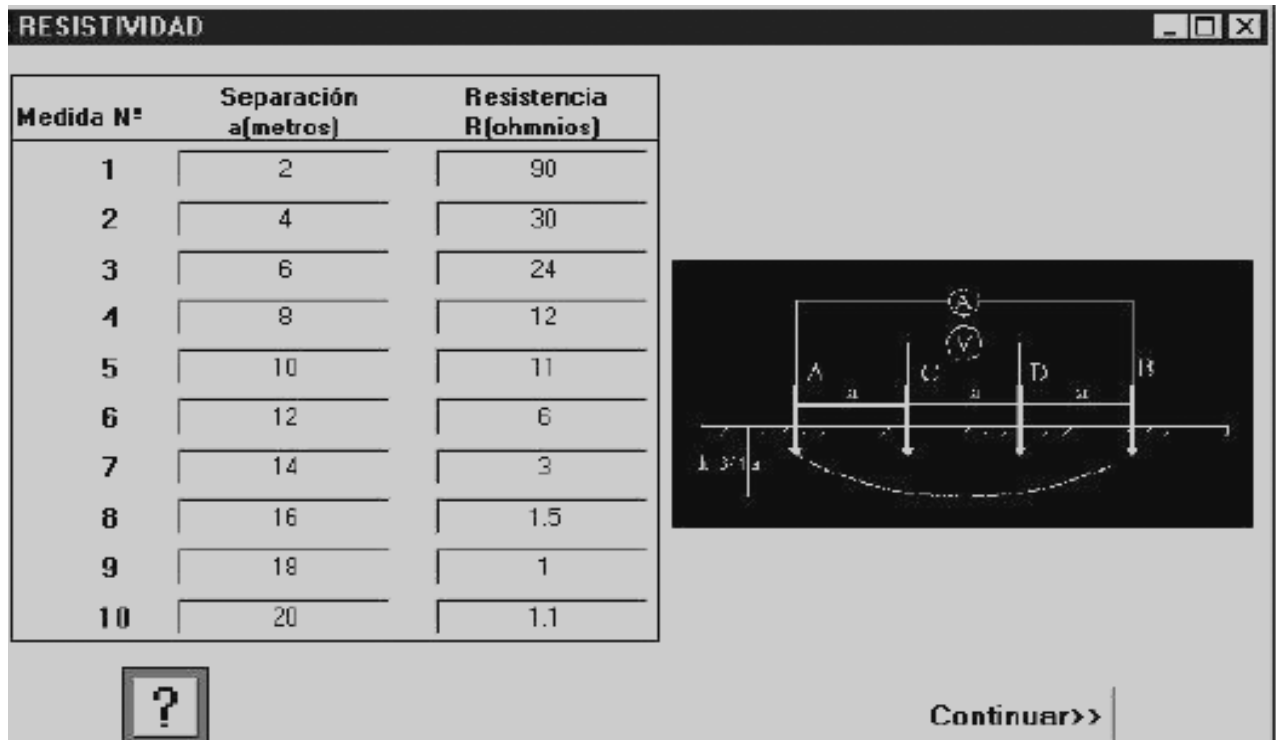


Figura 2.8 Datos de entrada para el estudio de la resistividad.

Existe la posibilidad de consultar cómo realiza los cálculos el método de Wenner, para ello se debe pulsar el icono que tiene un signo de interrogación. En la parte derecha de la pantalla se representa la disposición que adoptan los electrodos de medida en el citado método Wenner.

Pulsando **continuar>>**, el programa calcula la resistividad media del terreno en cada intervalo de profundidad considerado, además representa estos resultados en un gráfico, en el que se reflejan los valores medios de la resistividad frente a la separación entre electrodos.

En la Figura 2.9 se puede ver lo mencionado anteriormente:

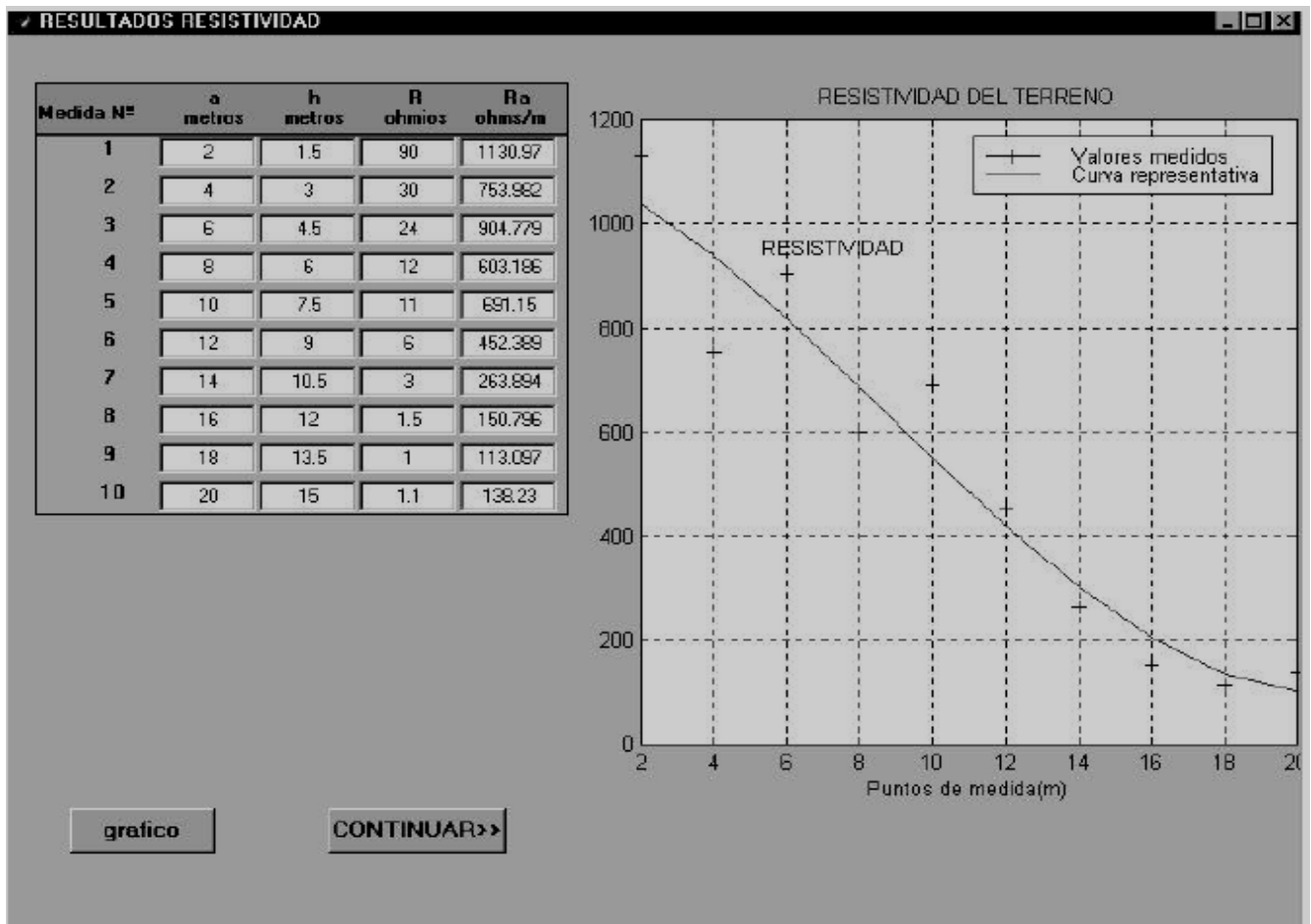


Figura 2.9. Curva de resistividad frente a la separación entre electrodos

Seguidamente se accede a la pantalla DATOS DEL TERRENO donde se deben introducir los valores de la resistividad del terreno, la resistividad superficial y la del terreno adyacente. Una vez que se hayan introducido todos los datos referentes al terreno, se pasa a la pantalla DATOS ELÉCTRICOS en la cual se introducirán los siguientes datos:

- Máxima tensión
- Potencia de cortocircuito
- Tipo de conexión del neutro
- Tiempo de duración de la falta
- Coeficientes que afectan a la corriente de cortocircuito

Después de hacer “clic” en **ACEPTAR**, se accede a la pantalla DATOS DE LA MALLA, en la que se pide introducir los siguientes datos:

- Largo de la malla
- Ancho de la malla
- Profundidad del enterramiento

- Seleccionar si se predefine el diámetro, o bien, si se desea que el programa lo calcule
- Diámetro en caso de que se haya optado por predefinirlo.
- Número de conductores paralelos al eje X , tomando como eje X el del lado más largo de la malla
- Número de conductores paralelos al eje Y, tomando como eje Y, el ancho de la malla
- Número de picas de tierra que se quiere colocar
- Longitud de las picas
- Diámetro de las picas
- En caso de haber optado por que sea el programa el que determine el calibre del conductor, se debe seleccionar el tipo de conector que se desea utilizar

Independientemente de si el potencial de malla es o no admisible, aparecerá una pantalla en la que se reflejan los potenciales máximos admisibles y los que existen en la malla, tal como se muestra en la Figura 2.10. En él aparecen también los datos anteriormente introducidos.

RESUMEN	
<b>Datos del terreno</b>	
Resistividad del terreno	75 Ohms/metro
Resistividad superficial	3000 Ohms/metro
Resistividad del terreno adyacente	3000 Ohms/metro
<b>Datos eléctricos</b>	
Tensión nominal más elevada	220 kV
Corriente de cortocircuito	39364.8 Amperios
Duración de la falla	0.5 Segundos
Conexión del neutro	rígido a tierra
Nº líneas aéreas	3
Conductores líneas aéreas	1 cable de acero
Factor de decremento	1
Factor de crecimiento	1
Factor hilos de guarda	0.729
Corriente de cálculo	20087.9 Amperios
<b>Tensión de paso admisible</b>	27360 Voltios
<b>Tensión de contacto admisible</b>	792 Voltios
<b>Tensión de paso en accesos</b>	27360 Voltios
<b>Máxima elevación de potencial</b>	5214.18 Voltios
<b>Potencial de malla</b>	765.375 Voltios
<b>Potencial de transferencia</b>	220.106 Voltios
<b>Datos de la malla</b>	
Largo de la malla	144 metros
Ancho de la malla	130 metros
Profundidad de la malla	0.8 metros
Nº conductores paralelos a X	15
Nº conductores paralelos a Y	17
Diámetro de los conductores	0.015 metros
Nº de picas de tierra	56
Longitud de las picas de tierra	2 metros
Diámetro de las picas de tierra	0.02 metros
Espaciamiento según el eje X	9.28571 metros
Espaciamiento según el eje Y	9 metros
Coeficiente Km	0.671681
Coeficiente Ki	3.40262
Coeficiente Ks	0.193162
<b>Longitud total de los conductores</b>	4370 metros
<b>Longitud total de las picas</b>	112 metros
<b>Longitud total</b>	4482 metros
<b>Resistencia de Puesta a Tierra</b>	0.259569 ohmios

Figura 2.10. Resultados del programa.

Los resultados se muestran también en forma gráfica, representando la variación del potencial en uno de los recuadros de la malla. Esta variación del potencial ha sido calculada mediante un gradiente aproximado, por lo que los valores que aparecen en los distintos gráficos no son exactos, pero dan idea de cómo varía el potencial dentro de un recuadro de la malla. Lógicamente esta variación de potencial no será la misma en todos los recuadros, pero lo que sí se puede asegurar es que representa el caso más desfavorable. En el gráfico mostrado en la Figura 2.11 se aprecia una vista tridimensional de la variación de potencial.

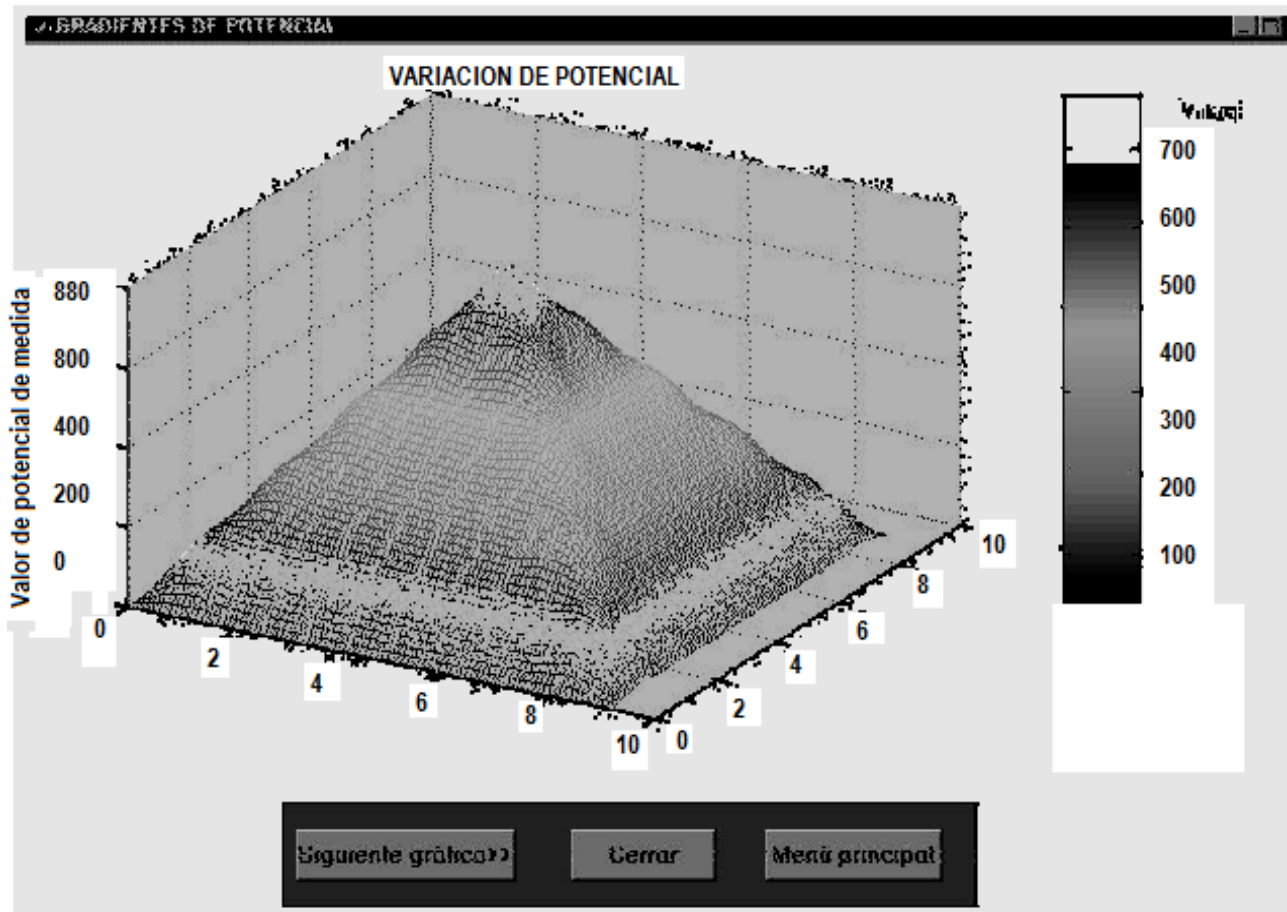


Figura 2.11. Vista tridimensional del gradiente de potencial

## 2.5.2 Cálculo manual

La resistencia de una barra vertical de radio  $a$  (m) y longitud  $l$  (m) enterrada desde la superficie de un terreno de resistividad equivalente  $\rho_e$  ( $\Omega m$ ) es:

$$R = \frac{\rho_e}{2\pi l} \ln \frac{2l}{a}$$

Una expresión simplificada para determinar su resistencia de puesta a tierra es:

$$R = \frac{0.8\rho_e}{l} \quad \Omega$$

Siendo  $l$  (m) la profundidad máxima y  $\rho_e$  ( $\Omega$  m) la resistividad equivalente del terreno.

La resistencia de un conductor cilíndrico horizontal de radio  $a$ (m) y longitud  $l$ (m) enterrado a una profundidad de  $h$  (m) con  $h < l$ , es :

$$R = \frac{\rho_e}{2\pi l} \left[ L n \frac{2l^2}{ha} - 2 + 2 \frac{h}{l} - \frac{h^2}{l^2} + \frac{h^4}{2l^4} \dots \right] \quad \Omega$$

Para efectuar un cálculo aproximado de la resistencia de puesta a tierra de una malla, se utiliza la expresión de Laurent:

$$R = \frac{\rho_e}{4 \sqrt{\frac{s}{\pi}}} + \frac{\rho_e}{L} \quad \Omega$$

Dónde:

$\rho_e$  : resistividad equivalente del terreno ( $\Omega$  m)

$s$ : superficie que cubre la malla ( $m^2$ )

$L$ : longitud total de conductor de la malla (m)

Consideremos una malla formada por  $n$  conductores dispuestos en cada dirección, con separación uniforme  $D$  entre ellos, enterrada a una profundidad fija de  $h$  metros, siendo  $L$  la longitud total de conductor enterrado. En el momento en que la malla difunde una corriente de  $I$  Amperes al terreno, una persona puede quedar expuesta a los siguientes voltajes de riesgo :

Voltaje de paso:

$$V_p = K_s K_i \rho_e \frac{I}{L} \quad \text{[V]}$$

$$K_i = 0.65 + 0.172n$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{2D+h} + \frac{1}{3D+h} + \dots + \frac{1}{(n-1)D+h} \right]$$

Voltaje de paso:

$$V_t = K_m K_i \rho_e \frac{I}{L} \left[ \text{V} \right]$$

$$K_m = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{2} \text{Ln} \left( \frac{D^2}{16hd} \right) + \text{Ln} \left( \frac{3}{4} \cdot \frac{5}{4} \cdot \dots \cdot \frac{n-3}{n-2} \right) \right]$$

Máximo voltaje de paso tolerable:

$$V_p = \frac{116 + 0.696 C \rho_s}{\sqrt{t}} \left[ \text{V} \right]$$

Máximo voltaje de toque tolerable:

$$V_t = \frac{116 + 0.174 C \rho_s}{\sqrt{t}} \left[ \text{V} \right]$$

Dónde:

$\rho_s$  ( $\Omega m$ ): resistividad de la capa superficial

$t$ (s) : tiempo global de exposición

$c$  : factor de corrección debido a la presencia de la capa superficial resistiva.

En la práctica se estima  $c=1$

Los límites de diseño se han establecido como voltajes y, para llegar a los límites apropiados, es necesario considerar la impedancia a través del cuerpo humano, la resistencia de contacto de la mano, la resistencia del calzado y la resistividad del material superficial bajo el calzado.

La dimensión de los conductores de los sistemas de servicio, debe calcularse conforme al valor de la corriente de servicio que circule por ellos. La sección mínima puede determinarse por la fórmula de Onderdonk:

$$I = 1973.55 \cdot S \frac{1}{\sqrt{33t}} \log_{10} \left( \frac{T_m - T_a}{234 + T_a} + 1 \right) \left[ \text{A} \right]$$

Dónde:

$I$ : corriente (A)

$S$ : sección transversal, en ( $mm^2$ )

$t$  : tiempo (s) durante el cual se aplica la corriente  $I$

$T_m$ : máxima temperatura permisible ( $^{\circ}C$ )

$T_a$ : temperatura ambiente, en ( $^{\circ}C$ )



### 2.5.3 Fundamento teórico

El cálculo de la red de tierras se basa en conseguir que las diferencias de potencial que puedan aparecer en la malla no superen en ningún momento los potenciales admisibles.

El potencial que se calcula recibe el nombre de “potencial de malla” y viene dado por la siguiente expresión:

$$V_m = K_m K_i \rho \frac{I}{L}$$

Dónde:

- $K_m$  es el coeficiente que considera el efecto que tienen el número de conductores paralelos  $n$ , el espaciamiento  $D$ , el diámetro  $d$ , y la profundidad del enterramiento  $h$  de los conductores que forman la red. Su valor se calcula mediante la siguiente expresión:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left( \text{Ln} \left( \frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8dh} + \frac{h}{4d} \right) + \frac{1}{\sqrt{1+\frac{h}{h_0}}} \text{Ln} \frac{8}{\pi(2N-1)} \right)$$

con  $h_0 = 1$  metro y

$$N = \sqrt{(\text{n}^\circ \text{ conductores paralelos eje X}) \times (\text{n}^\circ \text{ conductores paralelos eje Y})}$$

- $K_i$  es el factor corrector para la irregularidad del flujo de corriente del conductor a la tierra, se puede aproximar mediante la siguiente expresión:

$$K_i = 0,656 + 0,172 N$$

También será necesario calcular los potenciales de paso fuera de la malla, esto se hará mediante la siguiente expresión:

$$V_s = K_s K_i \rho \frac{I}{L}$$

Dónde:

-  $V_s$  es la tensión de paso fuera de la malla, en voltios.  
 -  $K_s$  es un coeficiente que toma en cuenta el efecto del número de conductores de la malla  $n$ , el espaciamiento  $D$  y la profundidad del enterramiento de los mismos  $h$ . Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left( \frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} (1 - 0,5^{N-2}) \right)$$

## 2.5.4 Programa de cálculo

Para ver el procedimiento seguido por el programa, se considera un ejemplo, en el que se trata de calcular la malla de tierra de una subestación transformadora 220/132 kV, con una potencia de transformación de 150 MVA.

## 2.6.- Conexión a Tierra de los Equipos

### 2.6.1 Conexión a tierra en bajo voltaje

Los métodos para efectuar una conexión a tierra en bajo voltaje reciben definiciones estándar. Cada uno se identifica por un código que contiene las siguientes letras:

T : tierra, conexión directa a tierra.

N : neutro

C : combinada

S : separada

### 2.6.2 Sistema tipo TN-S

En este tipo, el neutro de la fuente tiene un único punto de conexión a tierra en el transformador de alimentación.

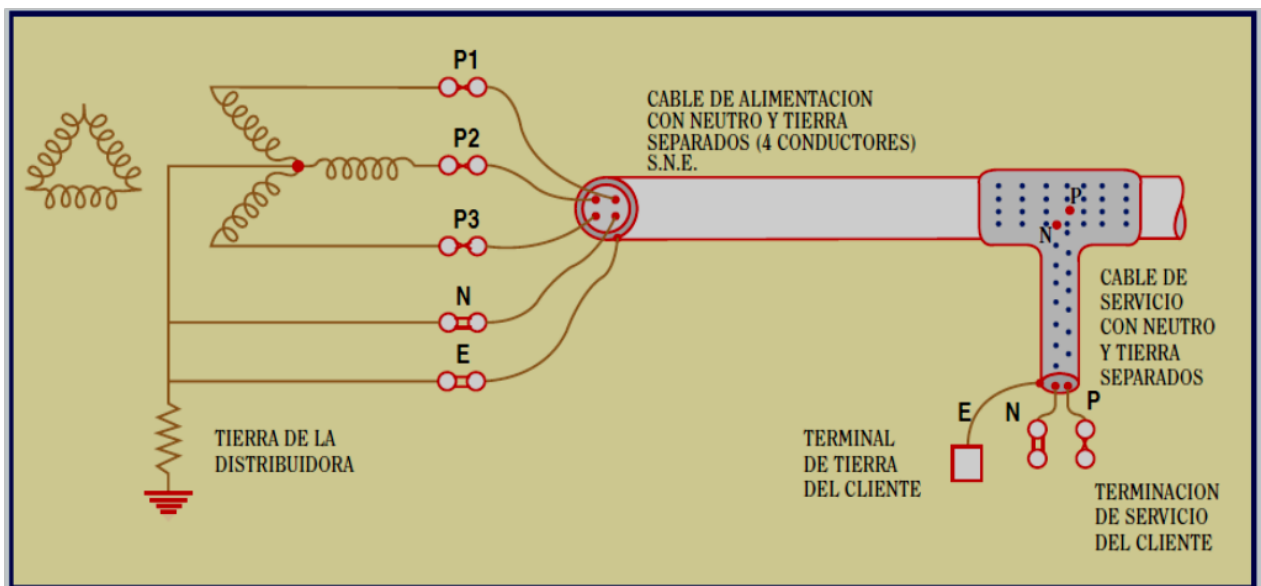


Figura 2.12 Sistema TN-S típico. Fuente puesta a tierra en único punto

Los cables de alimentación tienen neutro separado del conductor de tierra de protección. Generalmente el conductor de neutro es un cuarto conductor y el conductor de tierra es la vaina o cubierta protectora (conductor PE).

### 2.6.3 Sistema tipo TN-C-S

En este tipo, el neutro de la alimentación se pone a tierra en varios puntos. El cable de alimentación tiene una pantalla metálica externa que combina neutro y tierra, con una cubierta de PVC (se denominan cables CNE).

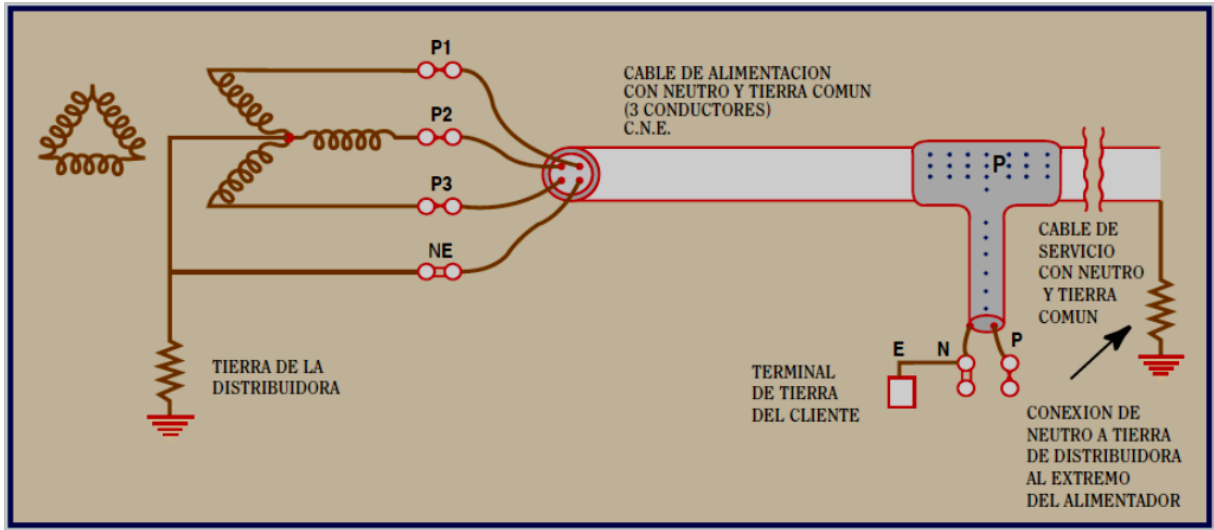


Figura 2.13 Alimentación TN-C-S típica (tierra protectora múltiple)  
Neutro puesto a tierra por el proveedor en varias ubicaciones.  
Envoltura provista con un terminal de tierra conectado a neutro de servicio

La alimentación en el interior de la instalación del cliente debiera ser TN-S, es decir, el neutro y la tierra separados, conectados sólo en la posición de servicio.

### 2.6.4 Sistema tipo PNB

Este es una variación del sistema TN-C-S en que el cliente dispone de un terminal de tierra conectado al neutro de la alimentación pero el neutro se conecta a tierra en un único punto, normalmente cerca del punto de alimentación al cliente. Se reserva el uso de este arreglo cuando el cliente tiene un transformador particular.

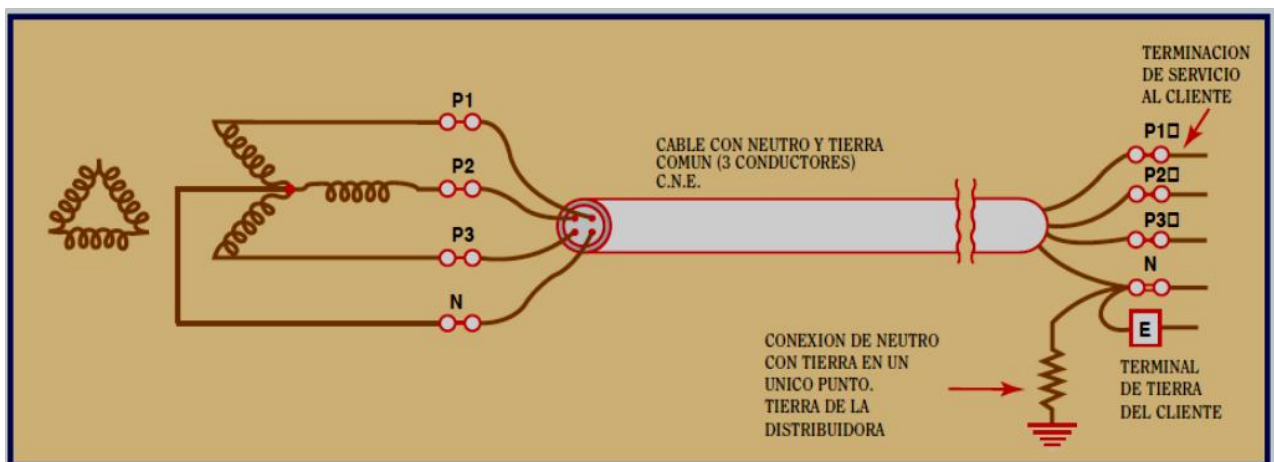


Figura 2.14 Sistema PNB típico.  
Cliente tiene transformador propio

## 2.6.5 Sistema tipo TT

Este es un sistema donde la alimentación se pone a tierra en un único punto, pero la instalación del usuario, la pantalla del cable y las partes metálicas expuestas están conectadas a tierra vía un electrodo separado, que es independiente del electrodo de alimentación.

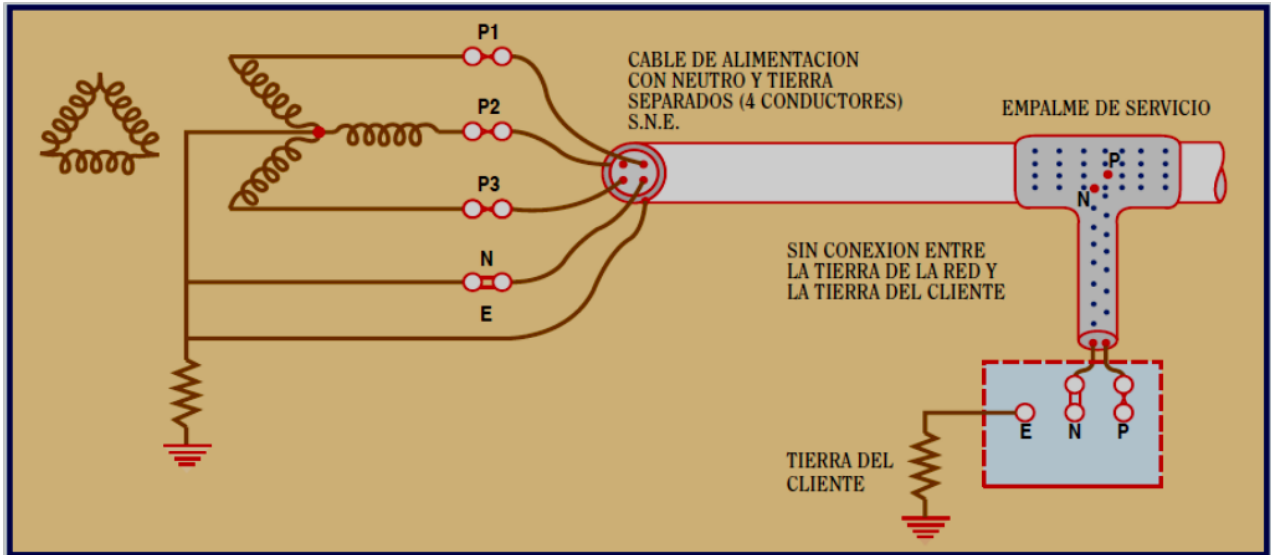


Figura 2.15 Sistema TT típico.

La alimentación se pone a tierra en un punto.

Cliente proporciona tierra propia que es independiente de la tierra de la alimentación

## 2.6.6 Sistema tipo IT

Este es un sistema que no tiene conexión directa entre partes vivas y tierra pero con las partes conductoras expuestas de la instalación conectada a tierra.

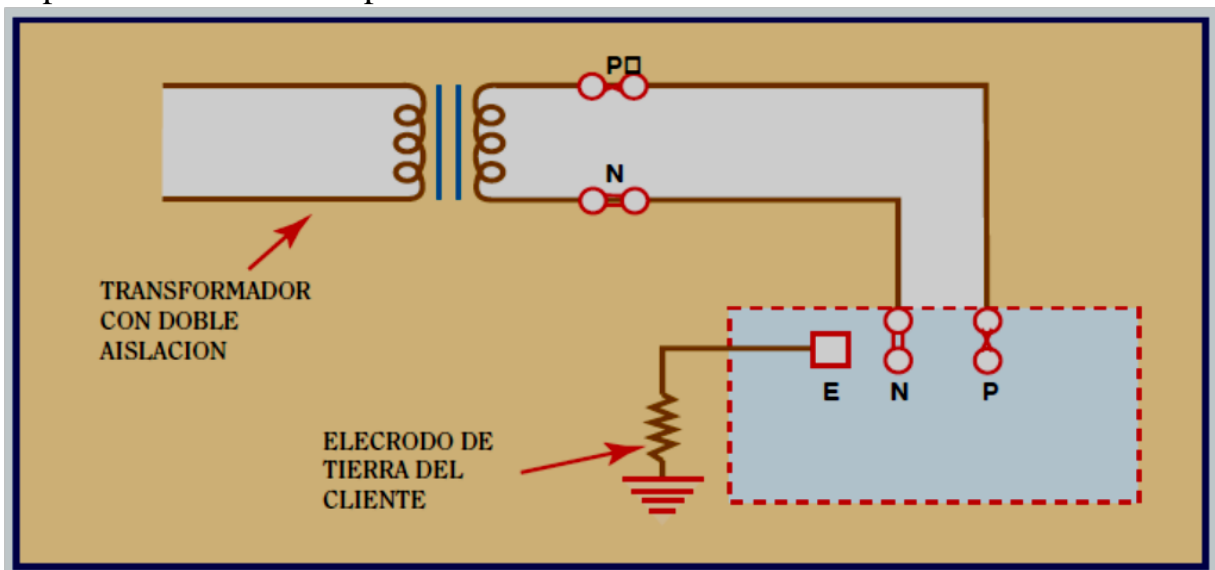


Figura 2.16 Sistema IT típico.

Fuente aislada de tierra o conectada a tierra a través de alta impedancia.

Todas las partes conductoras expuestas de la instalación se conectan a una tierra independiente.

## 2.6.7 Conexión equipotencial

Consiste en establecer una conexión conductiva directa entre la tierra de protección y todos los elementos conductores expuestos que pudieran quedar energizados bajo una condición de falla.

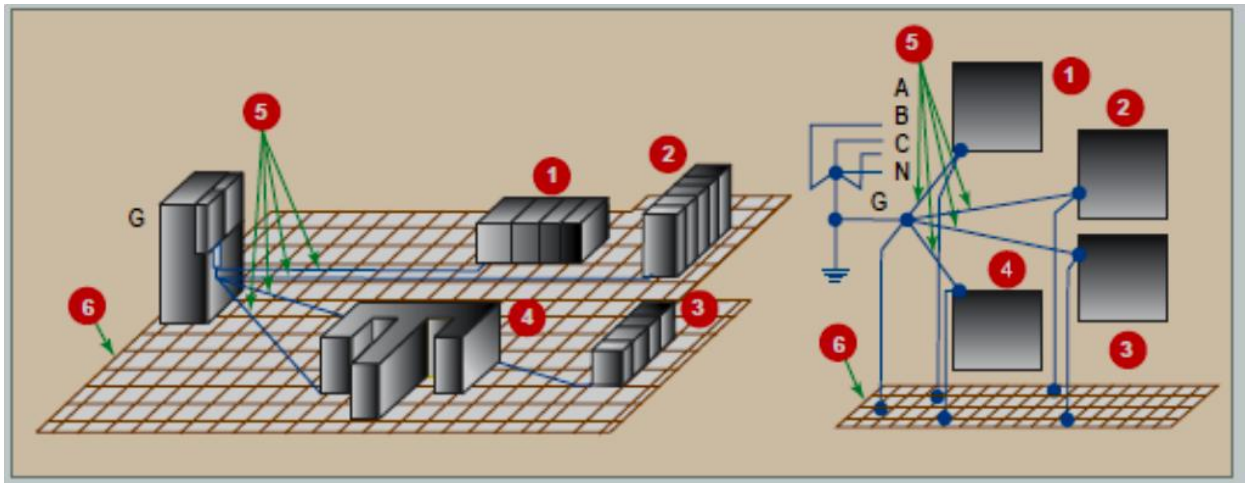


Figura 2.17 Conexión equipotencial  
*1,2,3,4: carcasas o estructuras metálicas 5: conductores de conexión equipotencial*  
*6: malla de tierra*

La conexión conjunta de todas las estructuras metálicas normalmente expuestas, y la conexión de éstas al terminal de tierra, previene la posibilidad de una diferencia de potencial peligrosa que surja entre conductores adyacentes ya sea bajo condiciones normales o anormales.

### **3. SISTEMAS DE FUERZA**

#### **3.1.- Características de las cargas**

Las cargas son calculadas en base al tipo de uso y de los requerimientos del equipo servido. Sea por la forma normal o la opcional los cálculos se usan para cuantificar las cargas en voltio-amperios (VA) o amperios para dimensionar los alimentadores y conductores asociados a los equipos servidos. Como iluminación, toma corrientes (receptáculos) normales y especiales de acuerdo a los equipos utilizados en la instalación.

El ejemplo siguiente presenta la forma de organizar las cargas en siete categorías basadas en su uso o aplicación.

- Cargas de iluminación
- Cargas de fuerza (tomas)
- Cargas de fuerza especiales (toma especial)
- Cargas de moto-compresores herméticos
- Cargas de motores
- Cargas de calefacción o de aire acondicionado
- La carga del motor más grande

#### **Carga No 1 – Iluminación**

Las cargas de iluminación se consideran como continuas o no continuas y para algunos casos especiales el código permite el uso de un factor de demanda. Por ejemplo, la carga general de iluminación para un edificio de oficinas de 1000 m<sup>2</sup> es de 22000 VA (1000x22 VA). Los 22000 VA son incrementados un 25% ya que las cargas son continuas  $22000 \times 1.25 = 27500$  VA. Las otras cargas se calcularán de acuerdo a su uso.

#### **Carga No 2 – Tomas o receptáculos**

La carga de tomas es la segunda carga a considerar, la NOM 001 marca que la carga nominal de un receptáculo monofásico son 180 VA esta carga se divide en dos subgrupos:

1. Salidas de tomas de aplicación general
2. Salidas de tomas múltiple (ensambladas de fábrica)

Se debe determinar si el uso de los tomas es continuo o no continuo. Por ejemplo el cálculo para 100 salidas de tomas continuos es 22500 VA ( $100 \times 180 \text{ VA} \times 1.25 = 22500 \text{ VA}$ ).

Sí los 100 tomas son considerados carga no continua, la carga es de 18000 VA ( $100 \times 180 \text{ VA} = 18000 \text{ VA}$ ). Aplicando el factor de demanda entonces tenemos que:

$$100 \text{ tomas} \times 180 \text{ VA} = 18000 \text{ VA}$$

$$18000 \text{ VA} - 10000 \text{ VA} = 8000 \text{ VA}$$

$$8000 \text{ VA} \times 50\% = 4000 \text{ VA}$$

$$\text{La carga total es de } 10000 + 4000 = 14000 \text{ VA}$$

### Carga No 3 Salidas de toma especial

La cargas de tomas especiales es el tercer tipo de cargas a ser consideradas para el propósito de cálculo y dimensión de acometidas y alimentadores y sus protecciones de sobre corriente, la carga debe ser clasificada como continua o no continua y cuando sea permitido usar factores de demanda; Por ejemplo, para un proceso continuo con una carga de 2400VA, la carga calculada es de 3000 VA = ( $1.25 \times 2400 \text{ VA}$ ).

### Carga No 4 - Compresor con motor de refrigeración hermético

Si es instalada, esta carga es el cuarto tipo de carga a ser considerada y se calcula multiplicando la carga plena del moto - compresor por el 125%, Por ejemplo: si la carga del compresor es de 37300 VA, multiplicando este valor por 1,25; la carga del equipo es 46625 VA.

### Carga No 5 – Motores

Los motores son la quinta carga a ser calculada. Los VA de cada motor son convertidos desde la corriente de plena carga (FLA) de las tablas para motores monofásicos o de la tabla para los motores trifásicos y multiplicando este valor por la tensión de alimentación.

Por ejemplo: para un motor a 460V trifásico de 50 HP, la FLA = 65 Amps a su vez =  $65 \times 480 \text{ V} \times 1.732 \text{ VA}$  (el voltaje asumido según el art. 220.5 (220.2) si la tensión de alimentación no está definida) el resultado es = 54038.4 VA

### Carga No 6 – Calefacción o aire acondicionado

Cargas de calefacción o aire acondicionado son las número seis a ser consideradas en su cálculo. Usando los cálculos estándar estas cargas son referidas como cargas no coincidentes. Usando este método de cálculo, la carga de calefacción o de aire acondicionado es comparada y la más grande en VA es usada en el cálculo total de

carga. La carga más pequeña se puede no tener en cuenta. Por ejemplo: En una instalación con una unidad de 10000 VA de calefacción y una unidad de aire acondicionado de 3500 VA, la unidad de calefacción es seleccionada sobre la de aire Acondicionado para efectos del cálculo de carga general. Igualmente cuando se consideren cargas no coincidentes se procede de igual manera.

### Carga No 7 – Carga del motor más grande

La carga del motor más grande es la séptima carga a considerar. El motor más grande de las cargas de motores listadas en las cargas cuarta, quinta o sexta de nuestra consideración. Igualmente los VA del motor se calcularán como se explicó anteriormente los VA resultantes se multiplican por 1,25. Por ejemplo: de la quinta carga considera en este escrito, el motor mayor es de 54038.4 VA; al incrementarse en un 25% la carga adicional a considerar es de 13509.6 VA.

Siguiendo los pasos descritos podemos organizar las cargas para determinar el dimensionamiento de los alimentadores y acometidas generales de una instalación. Debemos tener en cuenta que además de las cargas no coincidentes, podemos aplicar Factores de Demanda basados en el conocimiento claro de cómo trabajan las cargas; el ejemplo presentado es muy general y será cada ingeniero responsable al calcular la demanda general de un proyecto o instalación con un criterio técnico claro y aplicando la normatividad establecida .

Entonces basados en el sistema de alimentación y su tensión, los VA calculados son usados para determinar la capacidad de los conductores del alimentador y la acometida y dimensionar los equipos de protección de sobre corriente respectivos.

## 3.2.- Lista de motores y equipos

Esta información se puede obtener del responsable técnico del proyecto industrial, o por medio del manual de especificación de los equipos.

Los datos principales son:

### a) Motores

- ▶ Potencia
- ▶ Tensión
- ▶ Corriente
- ▶ Frecuencia
- ▶ Número de polos y fases
- ▶ Conexiones posibles
- ▶ Régimen de funcionamiento



## b) Hornos a Arco

- Potencia del horno
- Potencia de Corto Circuito del horno
- Tensión
- Frecuencia
- Potencia del transformador del horno
- Factor de severidad

## c) Otras Cargas

Existen otras cargas singulares como máquinas accionadas por sistemas computarizados en los cuales la variación de tensión debe ser mínima, razón por la cual requieren alimentadores exclusivos. Este tipo de cargas y otros especiales merecen un estudio particular por parte del proyectista.

## 3.3.- Redes de distribución primaria

La alimentación de una industria en la mayoría de los casos de responsabilidad de la concesionaria de energía eléctrica. Por lo que, el sistema de alimentación siempre queda limitado a la capacidad de las líneas de suministro existentes en el área del proyecto. Cuando una industria es de cierta capacidad y la producción exige elevada continuidad de servicio, hace que sea necesario realizar inversiones adicionales buscando recursos alternativos de suministro, tales como la construcción de un nuevo alimentador o la adquisición de generadores de emergencia.

Las industrias de una forma general, son alimentadas por uno de los siguientes tipos de sistemas:

### 3.3.1 Sistema Radial Simple

Es aquel en que el flujo de potencia tiene un solo sentido de la fuente hacia la carga. Es el tipo más simple de alimentación industrial y el más utilizado. Pero presenta baja confiabilidad, debido a la falta de recursos de maniobra en caso de pérdida del circuito de distribución de energía, pero en compensación, su costo es reducido comparado con otros sistemas por el hecho de que cuenta solamente con equipos convencionales y de larga duración.

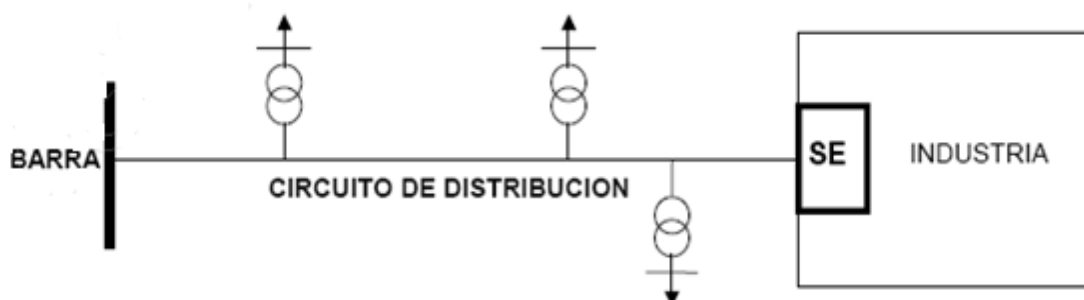


Figura 3.1 Esquema del sistema radial simple

### 3.3.2 Sistema Radial con Recurso

Es aquel en que un sentido de flujo de potencia puede variar de acuerdo con las condiciones de carga del sistema. Dependiendo de la posición de los seccionadores colocados entre los circuitos de distribución y del poder de maniobra, este sistema puede ser operado como:

- Sistema Radial en anillo abierto
- Sistema Radial Selectivo

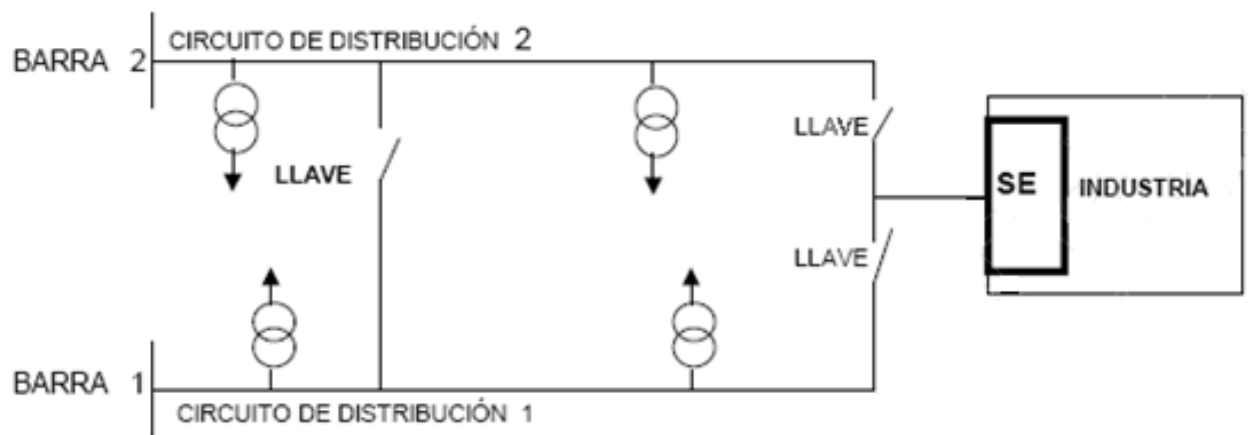


Figura 3.2 Sistema radial con recurso

Este tipo de sistema con recurso presenta una mayor confiabilidad pues la pérdida eventual de uno de los circuitos de distribución no afecta el suministro de energía a la industria. Excepto durante el periodo de maniobra de los seccionadores considerando una operación manual y operando radialmente.

Los sistemas con recurso presentan costos elevados, debido al uso de equipos más caros y sobre todo por la dimensión de los circuitos de distribución, ya que estos deben poseer capacidad individual suficiente como para suministrar a la carga por si solos, cuando existe salida de uno de ellos. Estos sistemas pueden ser alimentados de uno o más fuentes de suministro de la concesionaria, mejorando la confiabilidad de suministro.

### 3.3.3 Sistema primario de distribución Interna

Cuando la industria posee 2 o más subestaciones, que estén alimentadas desde la concesionaria se puede proceder a la energización de los sistemas utilizando:

- Sistema radial simple

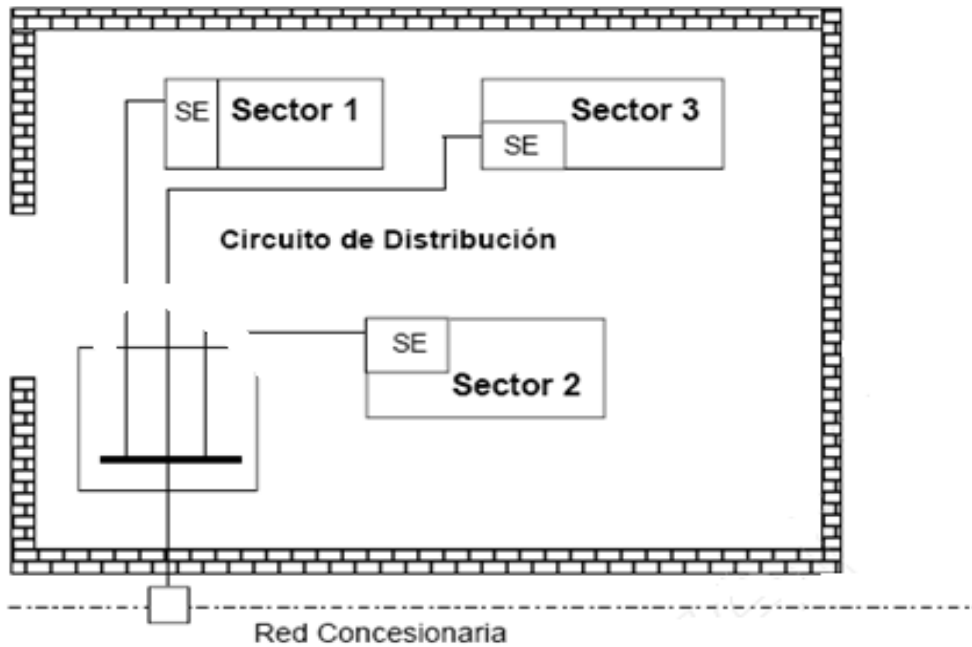


Figura 3.3 Sistema primario de distribución interna

### 3.3.4 Sistema Radial con Recurso

Los puntos de consumo sectoriales poseen alternativas de entrega de energía a través de los circuitos de alimentación. Como se indica en la figura en los que los puntos de consumo sectorial poseen alternativas de suministro a través de los circuitos de alimentación. Se observa que cada barra de las subestaciones está provista de seccionadores automáticos o manuales, pudiendo estar estas con la posición normalmente abierto o normalmente cerrado, de acuerdo a una mejor distribución de carga en los dos alimentadores.

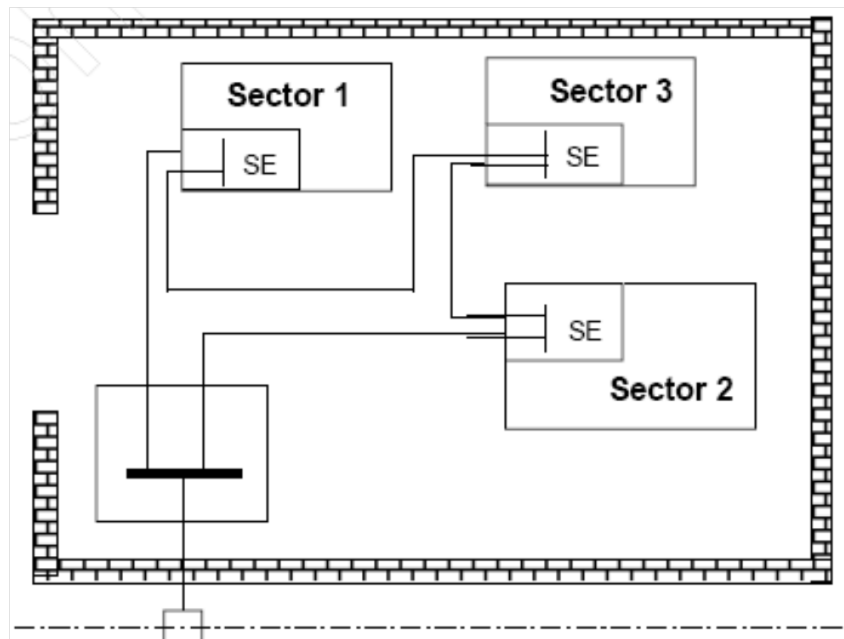


Figura 3.4 Sistema radial con recurso

### 3.4.- Redes de distribución secundaria

Los circuitos terminales deben obedecer algunas reglas básicas las cuales son:

- Deben contener un dispositivo de seccionamiento en su origen para fines de mantenimiento, el cual debe desconectar tanto al motor como a su dispositivo de comando.

Pueden ser utilizados:

- Seccionadores
- Interruptores
- Disyuntores
- Fusibles
- Contactores

#### 3.4.1 Circuitos de Distribución

Son los circuitos que derivan del tablero general de fuerza y alimentan uno o más centros de mando (CCM y TDL).

Los circuitos de distribución deben ser protegidos en el punto de origen a través de disyuntores o fusibles de capacidad adecuada a la cargas y a las corrientes de corto circuito.

Los circuitos deben poseer un dispositivo de seccionamiento para proporcionar condiciones satisfactorias de maniobra.

### **3.4.2 Recomendaciones generales sobre circuitos terminales y de distribución**

- Los circuitos terminales y de distribución consideraran las siguientes recomendaciones prácticas con respecto al proyecto.
- La menor sección transversal de un conductor para circuitos terminales de motores es de 4 mm<sup>2</sup>.
- Se debe prever en lo posible una capacidad de reserva de los circuitos de distribución en caso de aumento de cargas futuras.
- Se debe dimensionar circuitos de distribución distintos para iluminación y fuerza.
- Se debe prever como reserva en los tableros generales de fuerza y centros de control de motores, circuitos de distribución y terminales respectivamente para casos de expansión de carga en cantidad racional en función de las características del proyecto. En este caso no existen conductores conectados sino que existe suficiente cantidad de electroductos de reserva.

Las cargas se deben distribuir lo más uniformemente posible entre las fases.




















En base a los planos que contienen la disposición física de las máquinas se debe dividir la carga en bloques. Cada bloque debe corresponder a un tablero de distribución con alimentación y protección individual. Para escoger los bloques se debe considerar los sectores individuales de producción como también la cantidad de carga tomando en cuenta la caída de tensión que se da para cada bloque. Cuando un determinado sector ocupa un área de grandes dimensiones, puede ser dividido en dos bloques de carga, dependiendo de la caída de tensión al que estarían sometidos cuando estos están alejados del centro de comando. También, cuando un determinado sector de producción está instalado en un área físicamente aislado de otros sectores, se debe tomar como un bloque de carga individualizado.

Se debe considerar que se puede agrupar sectores de producción en un solo bloque de carga, siempre y cuando la caída de tensión en los terminales de las mismas sea la adecuada.

### **3.5.- Simbología eléctrica**

Todo proyecto de instalación eléctrica requiere la adopción de una simbología que represente los diversos materiales adoptados. Dentro de un mismo proyecto se debe siempre adoptar sólo una simbología, a fin de evitar dudas e interpretaciones erróneas.

La simbología presentada a continuación fue elaborada a partir de la norma ABNT y el reglamento de instalaciones en baja tensión aprobado por la SIB

	Conductor Subterráneo
	Conductor Aéreo
	Conductor Empotrado
	Conductor en Zanja
	Conductor en Bandeja
	Conductor de Protección
	Conductor Telefónico
	Caja de Derivaciones
	Terminal de Cables (Mufla)
	Barra Principal
	Tablero de Distribución Parcial
	Puesta a Masa
	Protector de Sobre tensión
	Transformador
	Fusible
	Fusible Tripolar
	Interruptor
	Interruptor con Disparador Térmico
	Interruptor con Disparador Magnético




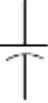






	Motor
	Generador
	Para rayos
	Capacitor
	Medidor
	Llave Fusible
	Llave Estrella Triángulo
	Campanilla
	Lámpara de Señalización
	Detector Automático de Incendios

Tabla 3.1 Simbología eléctrica

### 3.6.- Diagramas unifilares

Para el comprender la operación de una instalación eléctrica es fundamental la elaboración de un diagrama unifilar, donde se representa los siguientes elementos:

- Llaves, fusibles, seccionadores, contactores y disyuntores con sus respectivas capacidades nominales y de interrupción.
- Sección de los conductores y tipos (monofásicos, o trifásicos).
- Sección de las barras.
- Indicación de la corriente nominal de los fusibles.
- Indicación de la corriente nominal de los relés y su faja de actuación.
- Potencia, tensión primaria y secundaria, además de la impedancia de los transformadores.
- Para-rayos, muflas.
- CT's PT's con su relación de transformación.
- Posición de la medición de tensión y corriente.
- Lámparas de señalización.

Un diagrama unifilar típico de una industria que consta de estos elementos se muestra a continuación:

1. Para-rayos,
2. Llaves fusibles indicadoras de distribución,
3. Mufla terminal,
4. Cables aislados con PVC para 15 Kv,
5. Transformador de corriente para medición,
6. Transformador de potencia,
7. Aislador de pasada,
8. Llave seccionadora tripolar,
9. Relé electromagnético primario de acción directa,
10. Disyuntor tripolar de pequeño volumen de aceite
11. Transformador de potencia,
12. Cable aislado para 750 V,
13. Disyuntor termo magnético,
14. Fusible tipo NH - 160 A,
15. Amperímetro,
16. Conmutador para amperímetro,
17. Conjunto de fusibles diazet,
18. Lámpara de señalización,
19. Conmutador para voltímetro,
20. Voltímetro,
21. Llave seccionadora tripolar,
22. Contactor tripolar,
23. Relé térmico.
24. Moto

























	<i>Norma IEC</i>	<i>Norma ANSI</i>
Transformador de dos devanados		
Transformador de tres devanados		
Reactor		
Impedancia		
Sistema exterior		
Generador		
Motor de inducción		
Motor de sincrónico		
Carga		
Fusible		
Interruptor de potencia		

Tabla 3.2 Simbología de diagramas unifilares

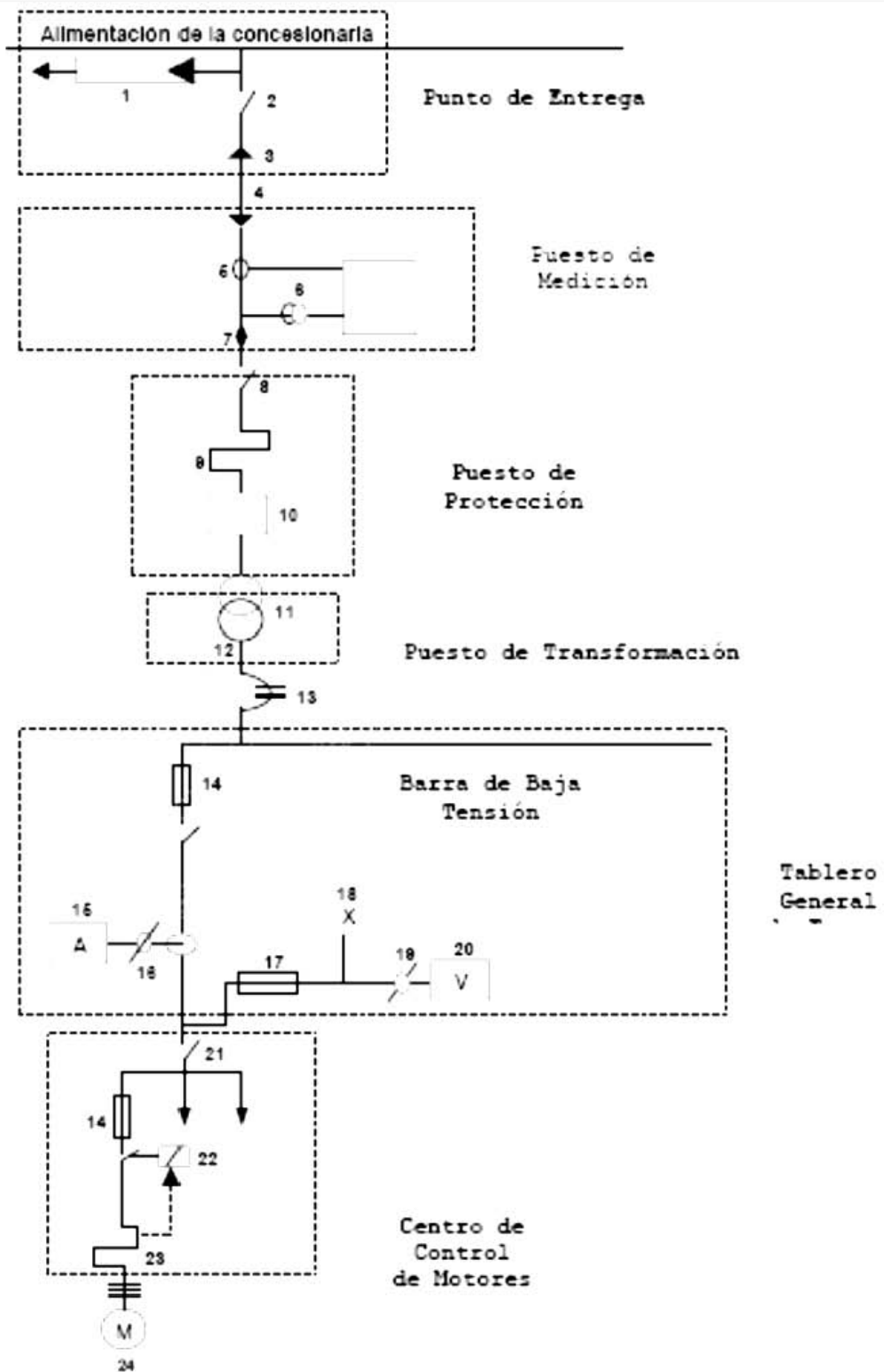


Figura 3.5 Diagrama Unifilar

### 3.7.- Diagramas trifilares

En ocasiones estudio, o el análisis que se realiza a los sistemas requieren de una información completa, de cada uno de los elementos que están conectados en las fases del sistema.

Los diagramas trifilares, son una representación completa de elementos conectados a las tres fases del sistema eléctrico, en donde se detalla con una simbología adecuada, conteniendo la información de cada elemento.

La representación trifilar, incluye la conexión de todos los elementos por fase y en especial aquellos elementos conectados al neutro del sistema, esto resulta útil, ya que aclara detalles específicos de conexión en los elementos. En la construcción de instalaciones eléctrica se suelen entregar el diagrama unifilar esquemático de la forma de conexión eléctrica de los equipos, acompañado de un diagrama trifilar, donde se presentan los principales detalles de conexión de los elementos.

En aquellos casos en que se requiere un conocimiento exacto de los modos de conexión de los elementos del sistema eléctrico se hace uso del diagrama trifilar, su principal desventaja es que aglomera demasiada información y lo general, estos planos son de dificultosa lectura.

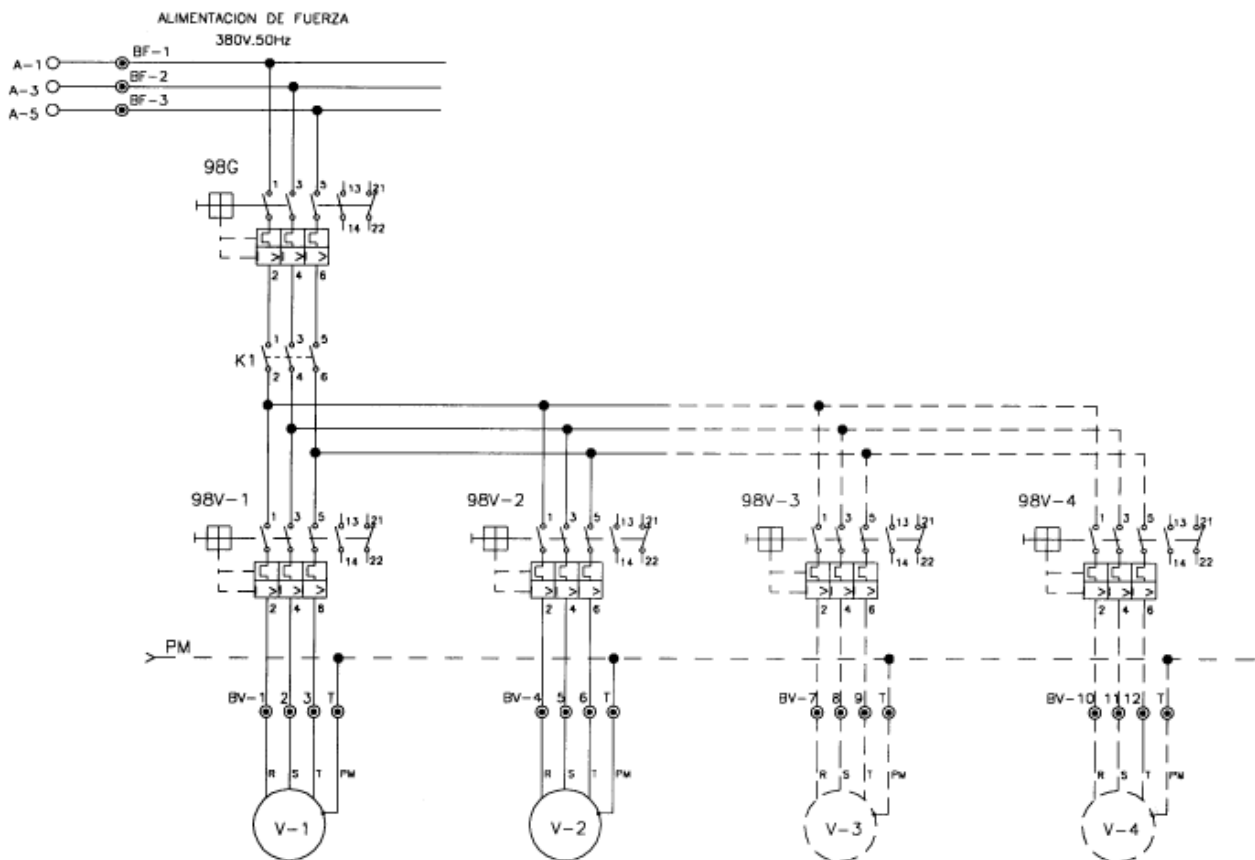


Figura 3.6 Diagrama trifilar

### 3.8.- Designación ANSI para dispositivos y equipos

El Instituto Nacional Americano de Estándares designa a los equipos y elementos de un circuito eléctrico con un número Especifico que a continuación se denotan.

#### 3.8.1 Descripción de los números ANSI / IEEE

1. **Elemento principal** es el dispositivo de iniciación, tal como el interruptor de control, relé de tensión, interruptor de flotador, etc., que sirve para poner el aparato en operación o fuera de servicio, bien directamente o a través de dispositivos, tales como relés de protección con retardo.
2. **Relé de cierre o arranque temporizado** es el que da la temporización deseada entre operaciones de una secuencia automática o de un sistema de protección, excepto cuando es proporcionado específicamente por los dispositivos 48,62 y 79 descritos más adelante.
3. **Relé de comprobación o de bloqueo** es el que opera en respuesta a la posición de un número de condiciones determinadas, en un equipo para permitir que continúe su operación, par que se pare o para proporcionar una prueba de la posición de estos dispositivos o de estas condiciones para cualquier fin.
4. **Contacto principal** es un dispositivo generalmente mandado por el dispositivo N° 1 o su equivalente y los dispositivos de permiso y protección necesarios, y sirve para cerrar y abrir los circuitos de control necesarios par reponer un equipo en marcha, bajo las condiciones deseadas o bajo otras condiciones anormales.
5. **Dispositivo de parada** es aquel cuya función primaria es quitar y mantener un equipo fuera de servicio.
6. **Interruptor de arranque** es un dispositivo cuya función principal es conectar la máquina a su fuente de tensión de arranque.
7. **Interruptor de ánodo** es el utilizado en los circuitos del ánodo de un rectificador de potencia, principalmente par interrumpir el circuito rectificador por retorno del encendido de arco.
8. **Dispositivo de desconexión de energía de control** es un dispositivo de desconexión (tal como un conmutador de cuchilla, interruptor o bloque de fusibles extraíbles) que se utiliza con el fin de conectar y desconectar, respectivamente, la fuente de energía de control hacia y desde la barra o equipo de control.

**Nota.-** se considera que la energía de control incluye la energía auxiliar que alimenta aparatos pequeños como motores calefactores.

9. **Dispositivo de inversión** es el que se utiliza para invertir las conexiones del campo de una máquina o bien para otras funciones especiales de inversión.
10. **Conmutador de secuencia** es el que se utiliza para cambiar la secuencia de conexión o desconexión de unidades de un equipo de unidades múltiples.
11. **Reservado para aplicaciones futuras.**
12. **Dispositivo de exceso de velocidad** es normalmente un interruptor de velocidad de conexión directa que actúa cuando la máquina embala.
13. **Dispositivo de velocidad síncrona** es el que funciona con aproximadamente la velocidad normal de una máquina, tal como un conmutador de velocidad centrífuga, relés de frecuencia de deslizamiento, relé de tensión, relé de intensidad mínima o cualquier tipo de dispositivo similar.
14. **Dispositivo de falta de velocidad** es el que actúa cuando la velocidad de la máquina desciende por debajo de un valor predeterminado.
15. **Dispositivo regulador de velocidad o frecuencia** de una máquina o sistema a un cierto valor o bien entre ciertos límites
16. **Reservado para aplicaciones futuras.**
17. **Conmutador para puentear el campo serie** sirve para abrir y cerrar un circuito en shunt entre los extremos de cualquier pieza o aparto (excepto una resistencia) tal como el campo de una máquina un condensador o una reactancia.  
Nota.- Eso incluye los dispositivos que realizan las funciones de shunt necesarias para arrancar una máquina por los dispositivos 6 ó 42, su equivalente, y también excluye la función del dispositivo 73 que sirve para la operación de las resistencias.
18. **Dispositivo de aceleración o declaración** es el que se utiliza para cerrar o hacer cerrar los circuitos que sirven para aumentar o disminuir la velocidad de una máquina.
19. **Contactos de transición de arranque a marcha normal.** Su función es hacer las transferencias de las conexiones de alimentación de arranque a las de marcha normal de la máquina.
20. **Válvula maniobrada eléctricamente** es una válvula accionada por solenoide o motor, que se utiliza en circuitos de vacío, aire, gas, aceite, agua o similares.
21. **Relé de distancia** es el que funciona cuando al admitancia, impedancia o reactancia del circuito disminuyen o aumentan a unos límites preestablecidos.

22. **Interruptor igualador** sirve para conectar y desconectar las conexiones para actualización de intensidad para los reguladores del campo de la máquina o de la tensión de la máquina, en una instalación de unidades múltiples.
23. **Dispositivo regulador de temperatura** es el que funciona para mantener la temperatura de la máquina u otros aparatos dentro de ciertos límites.

**Nota.-** Un ejemplo es un termostato que enciende un calentador en un elemento de aparellaje, cuando la temperatura desciende a un valor deseado que es distinto de un dispositivo usado para proporcionar regulación de temperatura automática entre límites próximos, y que sería designado como 90T.

#### 24. **Sobre excitación.**

25. **Dispositivo de sincronización o puesta en paralelo** es el que funciona cuando dos circuitos de alterna están dentro de los límites deseados de tensión, frecuencia o ángulo de fase, lo cual permite o causa la puesta en paralelo de estos circuitos.

26. **Dispositivo térmico** es el que funciona cuando la temperatura del campo en shunt, o el bobinado amortiguador de una máquina, o el de una resistencia de limitación de carga o de cambio de carga, o de un líquido u otro medio, excede de un valor determinado con anterioridad. Si la temperatura del aparato protegido, tal como un rectificador de energía, o de cualquier otro medio, es inferior a un valor fijado con antelación.

27. **Relé de mínima tensión** es el que funciona al descender la tensión de un valor predeterminado.

28. **Detector de llama** su función es detectar la existencia de llama en el piloto o quemador principal, por ejemplo de una caldera o una turbina de gas.

29. **Contactador de aislamiento** es el que se utiliza con el propósito especial de desconectar un circuito de otro, por razones de maniobra de emergencia, conservación o prueba.

30. **Relé anunciador** es un dispositivo de reposición no automática que da un número de indicaciones visuales independientes al accionar el dispositivo de protección y además también puede estar dispuesto para efectuar la función de bloqueo.

31. **Dispositivo de excitación separada** es el que conecta un circuito, tal como el campo shunt de una conmutatriz, a la fuente de excitación separada durante el proceso de arranque, o bien se utiliza para energizar la excitación y el circuito de encendido de un rectificador.

32. **Relé direccional de potencia** es el que funciona sobre un valor deseado de potencia en una dirección dada o sobre la inversión de potencia como por ejemplo, la resultante del retroceso del arco en los circuitos de ánodo o cátodo de un rectificador de potencia.
33. **Conmutador de posición** es el que hace o abre contacto cuando el dispositivo principal o parte del aparato, que no tiene un número funcional de dispositivo, alcanza una posición dada.
34. **Conmutador de secuencia movido a motor** es un conmutador de contactos múltiples el cual fija la secuencia de operación de los dispositivos principales durante el arranque y la parada, o durante otras operaciones que requieran una secuencia.
35. **Dispositivo de cortocircuito de las escobillas o anillos rozantes** es para elevar, bajar o desviar las escobillas de una máquina, o para cortocircuitar los anillos rozantes.
36. **Dispositivo de polaridad** es el que acciona o permite accionar a otros dispositivos con una polaridad solamente,
37. **Relé de baja intensidad o baja potencia** es el que funciona cuando la intensidad o la potencia caen por debajo de un valor predeterminado.
38. **Dispositivo térmico de cojinetes** es el que funciona con temperatura excesiva de los cojinetes.
39. **Detector de condiciones mecánicas** es el que tiene por cometido funcionar en situaciones mecánicas anormales (excepto las que suceden a los cojinetes de una máquina, tal y como se escoge en la función 38), tales como vibración excesiva, excentricidad, etc.
40. **Relé de campo** es el que funciona por un valor dado, anormalmente bajo, por fallo de la intensidad de campo de la máquina, o por un valor excesivo del valor de la componente reactiva de la corriente de armadura en una máquina de c.a., que indica excitación del campo anormalmente baja.
41. **Interruptor de campo** es un dispositivo que funciona para aplicar o quitar la excitación de campo de una máquina.
42. **Interruptor de marcha** es un dispositivo cuya función principal es la de conectar la máquina a su fuente de tensión de funcionamiento en marcha, después de haber sido llevada hasta la velocidad deseada desde la conexión de arranque.

43. **Dispositivo de transferencia** es un dispositivo accionado a mano, que efectúa la transferencia de los circuitos de control para modificar el proceso de operación del equipo de conexión de los circuitos o de algunos de los dispositivos.
44. **Relé de secuencia de arranque del grupo** es el que funciona para arrancar la unidad próxima disponible en un equipo de unidades múltiples cuando falta o no está disponible la unidad que normalmente precede.
45. **Detector de condiciones atmosféricas.** Funciona ante condiciones atmosféricas anormales, como humos peligrosos, gases explosivos, fuego, etc.
46. **Relé de intensidad para equilibrio o inversión de fases** es un relé que funciona cuando las intensidades polifásicas están en secuencia inversa o desequilibrada o contienen componentes de secuencia negativa.
47. **Relé de tensión para secuencia de fase** es el que funciona con un valor dado de tensión polifásica de la secuencia de fase deseada.
48. **Relé de secuencia incompleta** es el que vuelve al equipo a la posición normal o “desconectado” y lo enclava si la secuencia normal de arranque, funcionamiento o parada no se completa debidamente dentro de un intervalo predeterminado.
49. **Relé térmico para máquina, aparato o transformador** es el que funciona cuando la temperatura de la máquina, aparato o transformador excede de un valor fijado.
50. **Relé instantáneo de sobre intensidad o de velocidad de aumento de intensidad** es el que funciona instantáneamente con un valor excesivo de velocidad de aumento de intensidad.
51. **Relé de sobre intensidad temporizado** es un relé con una característica de tiempo inverso o de tiempo fijo que funciona cuando la intensidad de un circuito de c.a. sobrepasa un valor dado.
52. **Interruptor de c.a.** es el que se usa para cerrar e interrumpir un circuito de potencia de c.a. bajo condiciones normales, o para interrumpir este circuito bajo condiciones de falta de emergencia.
53. **Relé de la excitatriz o del generador de c.c.** es el que fuerza un campo de la máquina de c.c. durante el arranque o funciona cuando la tensión de la máquina ha llegado a un valor dado.
54. **Reservado para aplicaciones futuras.**
55. **Relé de factor de potencia** es el que funciona cuando el factor de potencia de un circuito de c.a. no llega o sobrepasa un valor dado.



56.**Relé de aplicación del campo** es el que se utiliza para controlar automáticamente la aplicación de la excitación de campo de un motor de c.a. en un punto predeterminado en el ciclo de deslizamiento.

57.**Dispositivo de cortocircuito o de puesta a tierra** es el que funciona debido al fallo de uno o más de los ánodos del rectificador de potencia, o por el fallo de un diodo por no conducir o bloquear adecuadamente.

58.**Relé de fallo de rectificador de potencia** es el que funciona debido al fallo de uno o más de los ánodos del rectificador de potencia, o por el fallo de un diodo por no conducir o bloquear adecuadamente.

59.**Relé de sobre tensión** es que funciona con un valor dado de sobre tensión.

60.**Relé de equilibrio de tensión** es el que opera con una diferencia de tensión entre dos circuitos.

61.**Relé de parada o apertura temporizada** es el que se utiliza en unión con el dispositivo que inicia la parada total o la indicación de parada o apertura en una secuencia automática.

62.**Reservado para aplicaciones futuras.**

63.**Relé de presión de gas, líquido o vacío** es el que funciona con un valor dado de presión del líquido o gas, para una determinada velocidad de variación de la presión.

64.**Relé de protección de tierra** es el que funciona con el fallo a tierra del aislamiento de una máquina, transformador u otros aparatos, o por contorno de arco a tierra de una máquina de c.c.

**Nota:** Esta función se aplica sólo a un relé que detecta el paso de corriente desde el armazón de una máquina, caja protectora o estructura de una pieza de aparatos, a tierra, o detecta una tierra en un bobinado o circuito normalmente no puesto a tierra. No se aplica a un dispositivo conectado en el circuito secundario o en el neutro secundario de un transformador o transformadores de intensidad, conectados en el circuito de potencia de un sistema puesto normalmente a tierra.

65.**Regulador mecánico** es el equipo que controla la apertura de la compuerta o válvula de la máquina motora, para arrancarla, mantener su velocidad o detenerla.

66.**Relé de pasos** es el que funciona para permitir un número especificado de operaciones de un dispositivo dado o equipo, o bien, un número especificado de operaciones sucesivas con un intervalo dado de tiempo entre cada una de ellas.

También se utiliza para permitir el energizado periódico de un circuito, y la aceleración gradual de una máquina.

67. **Relé direccional de sobre intensidad de c.a.** es el que funciona con un valor deseado de circulación de sobre intensidad de c.a. en una dirección dada.
68. **Relé de bloqueo** es el que inicia una señal piloto para bloquear o disparar en faltas externas en una línea de transmisión o en otros aparatos bajo condiciones dadas, coopera con otros dispositivos a bloquear el disparo o a bloquear el reenganche con una condición de pérdida de sincronismo o en oscilaciones de potencia.
69. **Dispositivo de supervisión y control** es generalmente un interruptor auxiliar de dos posiciones accionado a mano, el cual permite una posición de cierre de un interruptor o la puesta en servicio de un equipo y en la otra posición impide el accionamiento del interruptor o del equipo.
70. **Reóstato** es el que se utiliza para variar la resistencia de un circuito en respuesta a algún método de control eléctrico, que, o bien es accionado eléctricamente, o tiene otros accesorios eléctricos como contactos auxiliares de posición o limitación.
71. **Relé de nivel líquido o gaseoso.** Este relé funciona para valores dados de nivel de líquidos o gases, o para determinadas velocidades de variación de estos parámetros.
72. **Interruptor de c.c.** es el que se utiliza para cerrar o interrumpir el circuito de alimentación de c.c. bajo condiciones normales o para interrumpir este circuito bajo condiciones de emergencia.
73. **Contactador de resistencia de carga** es el que se utiliza para puentear o meter en circuito un punto de la resistencia limitadora, de cambio o indicadora, o bien para activar un calentador, una luz, o una resistencia de carga de un rectificador de potencia u otra máquina.
74. **Relé de alarma** es cualquier otro relé diferente al anunciador comprendido bajo el dispositivo 30 que se utiliza para accionar u operar en unión de una alarma visible o audible.
75. **Mecanismo de cambio de posición** se utiliza para cambiar un interruptor desconectable en unidad entre las posiciones de conectado, desconectado y prueba.
76. **Relé de sobre intensidad de c.c.** es el que funciona cuando la intensidad en un circuito de c.c. sobrepasa un valor dado.

77. **Transmisor de impulsos** es el que se utiliza para generar o transmitir impulsos, a través de un circuito de Tele medida o hilos pilotos, a un dispositivo de indicación o recepción de distancia.
78. **Relé de medio de ángulo de desfase o de protección de salida de paralelo**, es el que funciona con un valor determinado de ángulo de desfase entre dos tensiones o dos intensidades, o entre tensión e intensidad.
79. **Relé de reenganche de c.a.** es el que controla el reenganche enclavamiento de un interruptor de c.a.
80. **Relé de flujo líquido o gaseoso** actúa para valores dados de la magnitud del flujo o para determinadas velocidades de variación de éste
81. **Relé de frecuencia** es el que funciona con un valor dado de la frecuencia o por la velocidad de variación de la frecuencia.
82. **Relé de reenganche de c.c.** es el que controla el cierre y reenganche de un interruptor de c.c. generalmente respondiendo a las condiciones de la carga del circuito.
83. **Relé de selección o transferencia del control automático** es el que funciona para elegir automáticamente entre ciertas fuentes de alimentación o condiciones en un equipo, o efectúa automáticamente una operación de transferencia.
84. **Mecanismo de accionamiento** es el mecanismo eléctrico completo, o servomecanismo, incluyendo el motor de operación, solenoides, auxiliares de posición, etc., para un cambiador de tomas, regulador de inducción o cualquier pieza de un aparato que no tenga número de función.
85. **Relé receptor de ondas portadoras o hilo piloto** es el que es accionado o frenado por una señal y se usa en combinación con una protección direccional que funciona con equipos de transmisión de onda portadora o hilos piloto de c.c.
86. **Relé de enclavamiento** es un relé accionado eléctricamente con reposición a mando o eléctrica, que funciona para parar y mantener un equipo fuera de servicio cuando concurren condiciones anormales.
87. **Relé de protección diferencial** es el que funciona sobre un porcentaje o ángulo de fase u otra diferencia cuantitativa de dos intensidades o algunas otras cantidades eléctricas.
88. **Motor o grupo motor generador auxiliar** es el que se utiliza para accionar equipos auxiliares, tales como bombas, ventiladores, excitatrices, etc.

- 89.**Interruptor de línea** es el que se utiliza como un interruptor de desconexión o aislamiento en un circuito de potencia de c.a. o c.c. cuando este dispositivo se acciona eléctricamente o bien tiene accesorios eléctricos, tales como interruptores auxiliares, enclavamiento electromagnético, etc.
- 90.**Dispositivo de regulación** es el que funciona para regular una cantidad, tal como la tensión, intensidad, potencia, velocidad, frecuencia, temperatura y carga a un valor dado, o bien ciertos límites para las máquinas, líneas de unión u otros aparatos.
- 91.**Relé direccional de tensión** es el que funciona cuando la tensión entre los extremos de un interruptor o contactor abierto sobrepasa de un valor dado en una dirección dada.
- 92.**Relé direccional de tensión y potencia** es un relé que permite y ocasiona la conexión de dos circuitos cuando la diferencia de tensión entre ellos excede de un valor dado en una dirección predeterminada y da lugar a que estos dos circuitos sean desconectados uno del otro cuando la potencia circulante entre ellos excede de un valor dado en la dirección opuesta.
- 93.**Contador de cambio de campo** es el que funciona para cambiar el valor de la excitación de la máquina.
- 94.**Relé de disparo o disparo libre** es el que funciona para disparar o permitir disparar un interruptor, contactor o equipo, o evitar un reenganche inmediato de un interruptor en el caso que abra por sobrecarga, aunque el circuito inicial de mando de cierre sea mantenido.
- 95.**Reservado para aplicaciones especiales.**
- 96.**Reservado para aplicaciones especiales.**
- 97.**Reservado para aplicaciones especiales.**
- 98.**Reservado para aplicaciones especiales.**
- 99.**Reservado para aplicaciones especiales.**

### 3.9.- Subestaciones Primarias y Secundarias

El lugar donde se instalara la subestación, se selecciona basándose en el plano arquitectónico y tomando en cuenta las exigencias del área de construcción, como también se puede decidir tomando en cuenta la seguridad de la industria principalmente cuando el producto de fabricación es un producto de alto riesgo. Se puede elegir también el lugar técnicamente adecuado, de tal manera que no esté muy alejado de la carga, para no utilizar alimentadores largos y de sección elevada.

Industrias formadas por dos o más unidades de producción físicamente separados, permiten mayor flexibilidad para la elección de la subestación.

El proceso para determinar el centro de carga se define por el cálculo del baricentro de los puntos considerados como centro de carga y que corresponden a la potencia demandada de cada unidad de producción y sus respectivas distancias al origen de un eje de referencia, conforme a las siguientes ecuaciones:

$$X = \frac{X_1 \times P_1 + X_2 \times P_2 + X_3 \times P_3 + \dots + X_n \times P_n}{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}$$

$$Y = \frac{Y_1 \times P_1 + Y_2 \times P_2 + Y_3 \times P_3 + \dots + Y_n \times P_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n}$$

#### 3.9.1 Ejemplo de aplicación

Considerar las potencias y las distancias que se dan en el gráfico y hallar el centro de carga:

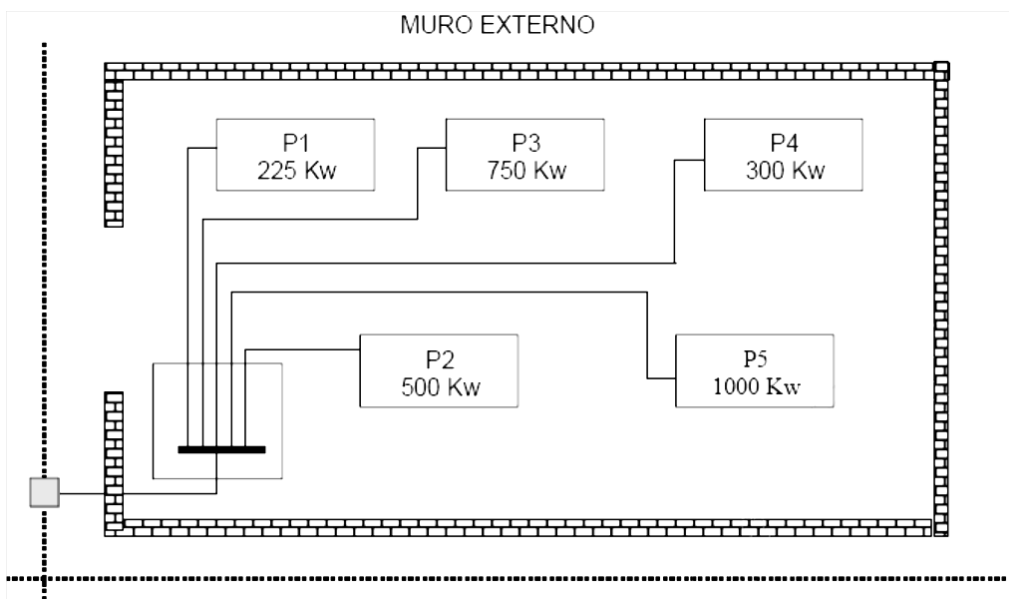


Figura 3.7 Ejemplo de distribución de cargas

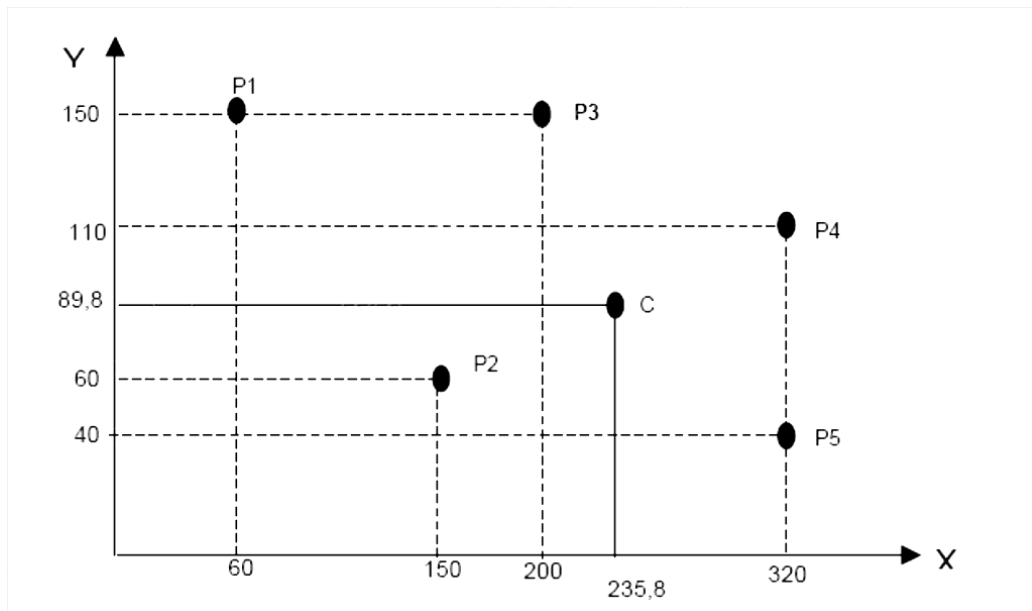


Figura 3.8 Designación de puntos

$$X = \frac{60 \times 225 + 150 \times 500 + 200 \times 750 + 320 \times 300 + 320 \times 1000}{225 + 500 + 750 + 300 + 1000}$$

$$X = 235,8 (m)$$

$$Y = \frac{40 \times 1000 + 60 \times 500 + 110 \times 300 + 150 \times 225 + 150 \times 750}{250 + 500 + 750 + 300 + 1000}$$

$$Y = 89.8(m)$$

### 3.10.- Medición

Industrialmente se emplean amperímetros, voltímetros, y los contadores, para determinar la intensidad de una corriente, tensión que existe entre dos conductores, la potencia que consume un receptor y energía que desarrolla una corriente eléctrica. Son aparatos de construcción robusta, dimensiones reducidas, montaje fácil y de lectura directa.

En laboratorios se emplean aparatos más delicados, sensibles a las condiciones físicas y precisas con las corrientes débiles se llaman galvanómetros.

Esencialmente el principio del funcionamiento de todos los aparatos de medida son los mismos, al paso de la corriente se mueve una aguja sobre un cuadrante graduado siendo proporcional la desviación de la aguja con la intensidad de corriente que pasa.

Así pues el estudio de los aparatos de medida se basa en las diferencias físicas entre unos aparatos y otros, ya que el principio físico para casi todos los aparatos, el

electromagnetismo, aunque también existen algunos otros pocos basados en otras propiedades de la corriente eléctrica, como es el calor o la inducción.

Los aparatos electromagnéticos pueden ser:

- De cuadro móvil e imán fijo
- De bobina fija y de hierro móvil
- Electrodinámicos
- Térmicos
- De inducción

**La tensión:** Se mide con el *voltímetro*. Se conecta en paralelo a los puntos en donde se desea conocer la diferencia de potencial.

**La intensidad de corriente:** Se mide con el *amperímetro*. Se conecta en serie con el circuito. Para no efectuar desconexiones se utiliza la pinza amperímetra.

**La potencia:** Se mide con el *vatímetro*. Tiene una parte amperimétrica y una parte voltimétrica, se conecta como un amperímetro y un voltímetro simultáneamente.

**Factor de potencia:** Se mide con el *cosfímetro*.

**Energía activa:** Se mide con un *contador de energía activa*.

**Energía reactiva:** Se mide con un *contador de energía reactiva*.

**Máxima demanda:** Se mide con *maxímetros*.

**Resistividad:** Se mide con un *groundmeter*.

### 3.11.- Selección y especificación de instrumentos de medición

Los instrumentos de medición hacen posible la observación de los fenómenos eléctricos y su cuantificación. Ahora bien, estos instrumentos no son sistemas ideales sino reales, y por lo tanto tienen una serie de limitaciones que debemos tomar en cuenta para poder juzgar si afectan de alguna manera las medidas que estamos realizando, y poder determinar así mismo la veracidad de las anteriores.

Las características que definen el comportamiento de los instrumentos son las siguientes:

- Exactitud y precisión
- Error
- Corrección
- Resolución
- Sensibilidad
- Gama y escala
- Banda de frecuencia
- Linealidad
- Eficiencia
- Respuesta estática y dinámica
- Error dinámico
- Tiempo de respuesta
- Tiempo nulo
- Sobre alcance

### **3.12.- Tableros de tensión media**

- Aspectos de diseño:

La construcción de los tableros eléctricos responderá a las siguientes premisas:

- \* Máxima continuidad de servicio.
- \* Seguridad para el personal de operación y mantenimiento.
- \* Seguridad contra incendios.
- \* Facilidad de montaje y conexionado.
- \* Facilidad de operación, inspección y mantenimiento.

- Aspectos de construcción:

Los gabinetes serán autos portantes contruidos con perfiles de chapa de hierro doble decapada. Las estructuras serán con chapa calibre DWG. Especificado por el cliente. Los paneles, sub paneles y compartimentos, si corresponde, serán en chapa DWG N°14 y tendrán una concepción del tipo modular o artesanal, permitiendo con esta concepción modificaciones y/o eventuales extensiones futuras. Todas las uniones de paneles o estructuras estarán atornilladas formando un conjunto rígido y de esta



manera asegurar la perfecta puesta a tierra de las masas metálicas y la equi potencialidad de todos sus componentes.

Los tornillos tendrán un tratamiento anticorrosivo en base de zinc. Debido a esto las masas metálicas del tablero estarán eléctricamente unidas entre sí y al conductor principal de protección de tierra. Los cerramientos abisagrados metálicos, se conectarán a la estructura por medio de mallas trenzadas de sección no inferior a 6 mm<sup>2</sup>.

Todos los tableros contarán con una barra de puesta a tierra general. Dicha barra de puesta a tierra será de cobre electrolítico de sección no inferior a 250 mm<sup>2</sup> en los TGBT.

Para facilitar la posible inspección interior del tablero, todos los componentes eléctricos estarán fácilmente accesibles por el frente mediante subpaneles abisagrados que permitirán una apertura mínima de 90°. Dichos subpaneles estarán construidas en chapa calibre DWG N°14.

Todos los componentes eléctricos se montarán sobre guías o placas y fijados sobre Travesaños específicos para sujeción.

Para el caso de los tableros cuya altura es superior a 1800 mm los mismos estarán provistos de un perfil PNU8 que oficie de base para permitir el anclaje al piso mediante bulones amurados a él. Se preverán cáncamos desmontables para izaje del conjunto.

El sistema de ventilación será por convección natural permitiendo el funcionamiento de los componentes de maniobra y control dentro de los límites de temperatura recomendados por las normas.

Los instrumentos de medición, lámparas de señalización, elementos de comando y control, serán montados sobre paneles frontales, o puertas abisagradas.

Todos los componentes eléctricos tendrán identificación de acrílico con fijación mediante tornillos, que corresponda con lo indicado en el esquema eléctrico.

Para facilitar el conexionado de los cables del exterior de sección igual o menor a 16 mm<sup>2</sup>, los tableros contarán con borneras de poliamida aptas para montaje sobre riel DIN en la parte superior de los mismos. Para secciones de conductores mayores, los mismos acometerán sobre el propio equipamiento o en barras de cobre destinadas para tal fin.

Tanto para el TGBT como para los Tableros Seccionales se dejarse un espacio de reserva no menor del 10% del volumen del gabinete para eventuales ampliaciones futuras.

- Terminación superficial:

Los gabinetes serán sometidos a un proceso de desengrase fosfatizado y pasivado por inmersión en caliente y terminación con pintura termo convertible en polvo, de 60 micrones como mínimo.

- Barras de cobre:

Las barras a utilizar en los tableros serán de cobre electrolítico de pureza no inferior a 99,9% y de alta conductividad. Serán pintadas y plateadas en todas las superficies de contacto, las cuales soportarán la solicitación térmica y dinámica originada por las corrientes nominal y cortocircuito. Dichas barras irán montadas sobre aisladores.

Las barras estarán identificadas según la fase a la cual corresponde siendo la secuencia de fases N. R. S. T. de adelante hacia atrás, de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha según corresponda.

La sección de las barras de neutro, será como mínimo de un 50 % de la sección de las barras principales. Las uniones de barras se realizarán con bulones, arandelas planas y arandelas de presión.

La protección de zonas bajo potencial eléctrico (por ejemplo barras, bulones, puentes derivadores, etc.) Se cubrirá mediante una placa acrílica.

- Aisladores:

Los aisladores a utilizar para la fijación de las barras serán de resina epoxi del tipo interior, sin fisuras ni excoiaciones. Su carga de rotura, estará acorde con el esfuerzo electrodinámico que resulte de la respectiva memoria de cálculo.

- Cableado interno:

Los conductores a utilizar en el cableado interno serán de cobre con aislación de PVC VN2000 antillama deslizante, para 1000 volt.

Para el cableado de los tableros se respetarán los siguientes puntos:

- Para los circuitos con intensidades de hasta 15 A se utilizarán conductores de sección 2,5 mm<sup>2</sup>.
- Para los circuitos de comando y señalización se emplearán conductores de sección 1,5 mm<sup>2</sup>.

- Para los circuitos de fuerza motriz el cableado se ejecutará con una sección mínima de 4mm<sup>2</sup>, pero como regla, se dará una sección adecuada a la máxima corriente del interruptor correspondiente.
- Para los transformadores de corriente se utilizara 4mm<sup>2</sup>. Todo el cableado del tablero deberá realizarse con conductores de igual color al de las barras de fase, neutro y puesta a tierra. Todos los conductores estarán individualizados por un mismo número colocado en ambos extremos mediante anillos numerados indelebles. Esta numeración se corresponderá con la indicada en los respectivos esquemas unifilares y funcionales. Todas las conexiones a borneras de comando, se realizarán mediante terminales del tipo a compresión aislados.

Todas las conexiones de entrada y/o salida del tablero, se harán a través de borneras compuestas de poliamida montadas sobre riel DIN de capacidad acorde con la del cable que conecta, en sección y diámetro. Las borneras serán de marca a especificar. Cada borne estará individualizado de forma indeleble por el mismo número indicado en los respectivos esquemas funcionales y trifilares.

Las conexiones que vinculan elementos del interior del tablero con elementos de la puerta pasarán por una bornera de puerta.

El cableado interno del tablero se dispondrá en cablecanales de PVC con tapa marca fijados rígidamente a la bandeja. Serán del tipo autoextinguible y tendrán dimensiones adecuadas, previéndose en todos los casos la posibilidad de una sección de reserva no utilizada mínima del 20%. El cablecanal será del tipo ranurado marca Fournas, Zoloda o similar.

### **3.13.- Tableros de distribución y centros de carga**

Los Tableros de Distribución serán construidos de modo que satisfagan las condiciones del ambiente en que son instalados, además presentarán un buen acabado, rigidez mecánica y una buena disposición de los equipos e instrumentos.

Los Tableros TGF, CCM y TDL instalados en ambiente de atmósfera normal, deben en general presentar un grado de protección IP-40, en ambientes de atmósfera contaminada, deben presentar un grado de protección IP-54, estos son cerrados y no poseen instrumentos ni pulsadores de accionamiento externo.

Las principales características de los Tableros de Distribución son:

- Tensión nominal
- Corriente nominal
- Resistencia mecánica a los esfuerzos de corto circuito para valor cresta
- Grado de protección
- Acabado (protección y pintura final)

Su ubicación debe satisfacer las siguientes condiciones:

- En el centro de la carga.
- Cerca de los alimentadores principales.
- Alejado de lugares de tránsito de funcionarios.
- En ambientes bien iluminados.
- En locales de fácil acceso.
- En lugares no sujetos a gases corrosivos, inundaciones, etc.
- En ambientes con temperatura adecuada.

A los tableros que comandan motores se denomina Centro de Control de Motores (CCM). Si los tableros contienen componentes para el comando exclusivo de la iluminación se denominan Tableros de Distribución de Luz (TDL).

### **3.13.1 Tablero de Distribución general**

Se ubica de preferencia en la subestación o en un área contiguo a esta. Se denomina también Tablero General de Fuerza (TGF).

### **3.14.- Centros de control de motores (CCM's)**

El circuito terminal de motores consiste en 2 o 3 conductores (monofásicos, bifásicos o trifásicos), que conducen corriente en una tensión dada, desde un dispositivo de mando y protección hasta un punto de utilización.

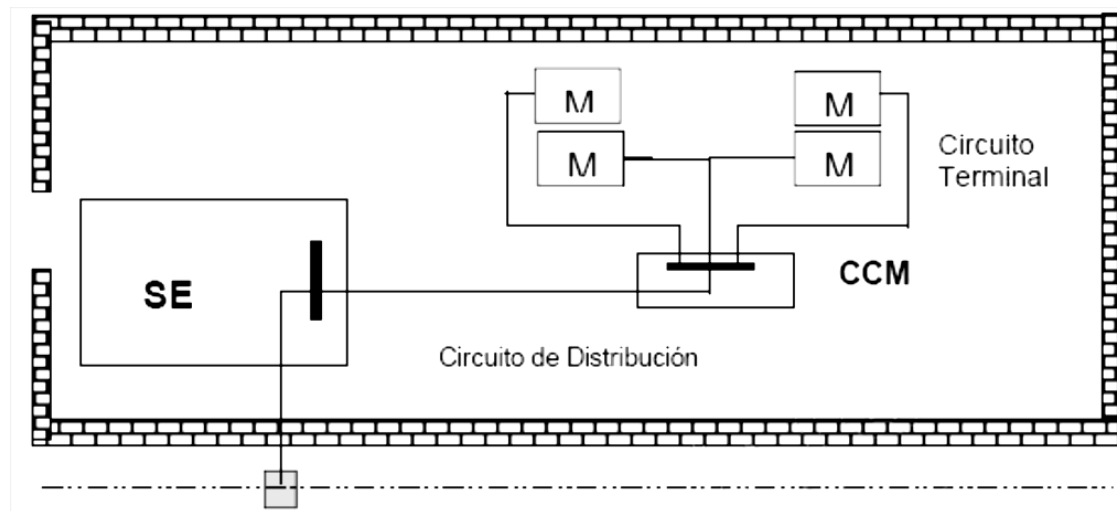


Figura 3.9 Ejemplo de CCM

Además estos circuitos deben:

- Contener un dispositivo de protección contra corto circuito en su origen.
- Contener un dispositivo de comando capaz de impedir una partida automática del motor.
- Contener dispositivos de accionamiento al motor, de forma a reducir la caída de tensión en la partida a un valor igual o inferior al 10% o de conformidad con las exigencias de carga.
- Preferentemente cada motor debe ser alimentado por un circuito terminal individual.
- Cuando un circuito terminal alimenta más de un motor u otras cargas, los motores recibirán protección contra sobrecarga en forma individual. En este caso la protección contra corto circuito debe ser hecha por un dispositivo único ubicado al inicio del circuito terminal.

### 3.15.- Comportamiento del sistema por arranque de motores

Se denomina arranque de un motor al régimen transitorio en el que se eleva la velocidad del mismo desde el estado de motor detenido hasta el de motor girando a la velocidad de régimen permanente.

El conjunto que se pone en marcha es inercial y disipativo, incluyendo en este último concepto a las cargas útiles, pues consumen energía.

El estudio del arranque de los motores tiene una gran importancia práctica, ya que la elección correcta de las características de los motores eléctricos y arrancadores a

instalar están basados en el conocimiento de las particularidades de éste régimen transitorio.

Como la cupla motora es el producto de la corriente absorbida por el flujo del campo magnético, además de un factor que caracteriza al tipo de máquina, este mayor par de arranque generalmente está asociado a una mayor corriente de arranque, la que no debe superar determinado límite por el calentamiento de los conductores involucrados.

Aunque se suele enfocar el diseño de estos sistemas de arranque en atención a las corrientes y cuplas involucradas, no deben dejarse de lado otros aspectos que también resultan importantes, como por ejemplo el consumo de energía disipada en forma de calor y las perturbaciones sobre la red de baja tensión.

Estas perturbaciones incluyen principalmente las caídas de tensión (muy notables en los elementos de iluminación), que pueden afectar el funcionamiento de otros elementos conectados a la misma, lo que resulta crítico en las instalaciones con muchos motores que realizan frecuentes arranques.

### **3.16.- Análisis del factor de potencia**

Determinados equipos como motores eléctricos, hornos a arco, transformadores, etc., necesitan para su operación una cierta cantidad de potencia reactiva que puede ser suministrada por diversas fuentes conectadas al sistema eléctrico, funcionando individual o simultáneamente.

Estas fuentes son:

- Generadores
- Motores Síncronos
- Capacitares

Se puede considerar también que las líneas de transmisión y de distribución de energía eléctrica son fuentes de energía reactiva, debido a su reactancia. Esta energía comprende dos diferentes partes, o sea:

- Energía reactiva inductiva
- Energía reactiva capacitiva

Es fácil concluir que para evitar el transporte de energía reactiva desde lugares distantes a la carga, se hace necesario que se instalen en las proximidades de los consumidores las referidas fuentes de energía reactiva. De esta forma se reducen las

perdidas en transmisión de este bloque de energía, que da como resultado un mejor rendimiento del sistema eléctrico.

La energía reactiva inductiva es generada por equipos consumidores que normalmente tienen bobinas, como los motores de inducción, reactores, transformadores, etc. O los que operan con la formación de arco eléctrico como los hornos de arco.

Los equipos utilizados en una instalación industrial son en su mayoría generadores parciales de energía reactiva inductiva la cual no produce ningún trabajo útil, sino que solamente son responsables por la formación de campo eléctrico de los referidos equipos.

Esta energía es suministrada por fuentes generadoras ubicadas normalmente distantes de la planta industrial, produciendo pérdidas por efecto joule muy elevadas en el sistema de transmisión y distribución.

- FACTOR DE POTENCIA
- CONCEPTOS BÁSICOS

El factor de potencia matemáticamente se puede considerar como:

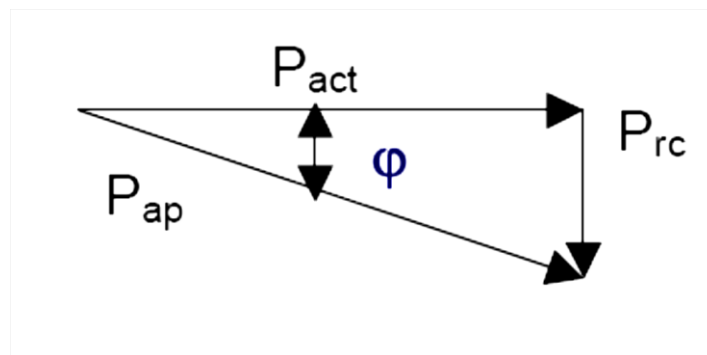


Figura 3.10 Triangulo de potencias

$$f_p = \frac{P_{act}}{P_{ap}}$$

$f_p$  = Factor de potencia de carga

$P_{act}$  = Componente activo de la potencia en W

$P_{ap}$  = Potencia total de la carga en KVA

Los factores de potencia se definen también como el coseno del ángulo formado entre el componente activo y el componente total aparente:

$$f_p = \cos \varphi$$

La potencia total es:

$$P_{ap} = \sqrt{P_{ac}^2 + P_{re}^2}$$

$P_{re}$  = Potencia reactiva en Kva.

Físicamente el factor de potencia representa el coseno del ángulo de desfasaje entre la onda senoidal de tensión y la de corriente. Si la onda de corriente está retrasada en relación con la onda de tensión, el factor de potencia es inductivo caso contrario es capacitivo.

### 3.16.1 Causas del bajo factor de potencia

En una instalación industrial se presentan las siguientes causas que llevan a un bajo factor de potencia:

- Motores de inducción operando en vacío durante un largo periodo.
- Motores sobredimensionados para las máquinas a ellas acopladas.
- Transformadores operando en vacío o con carga mínima.
- Gran número de reactores de bajo factor de potencia alimentando lámparas de descarga (fluorescentes, vapor de mercurio, etc.)
- Hornos a arco.
- Máquinas de soldadura con transformador.
- Equipos electrónicos.
- Gran número de motores de pequeña potencia operando largo tiempo.

En las instalaciones industriales, existe predominio de motores eléctricos de inducción de un valor casi total de la carga, que implica que sea necesario hacer consideraciones sobre la influencia en el comportamiento del factor de potencia.



Según las curvas de la figura se puede observar que la potencia reactiva absorbida por un motor de inducción aumenta muy levemente, desde su operación en vacío hasta su operación a plena carga.

- Hornos a arco.
- Máquinas de soldadura con transformador.
- Equipos electrónicos.
- Gran número de motores de pequeña potencia operando largo tiempo.

En las instalaciones industriales, existe predominio de motores eléctricos de inducción de un valor casi total de la carga, que implica que sea necesario hacer consideraciones sobre la influencia en el comportamiento del factor de potencia.

Según las curvas de la figura se puede observar que la potencia reactiva absorbida por un motor de inducción aumenta muy levemente, desde su operación en vacío hasta su operación a plena carga.

## VARIACION DEL FACTOR DE POTENCIA EN FUNCION A LA CARGA DEL MOTOR

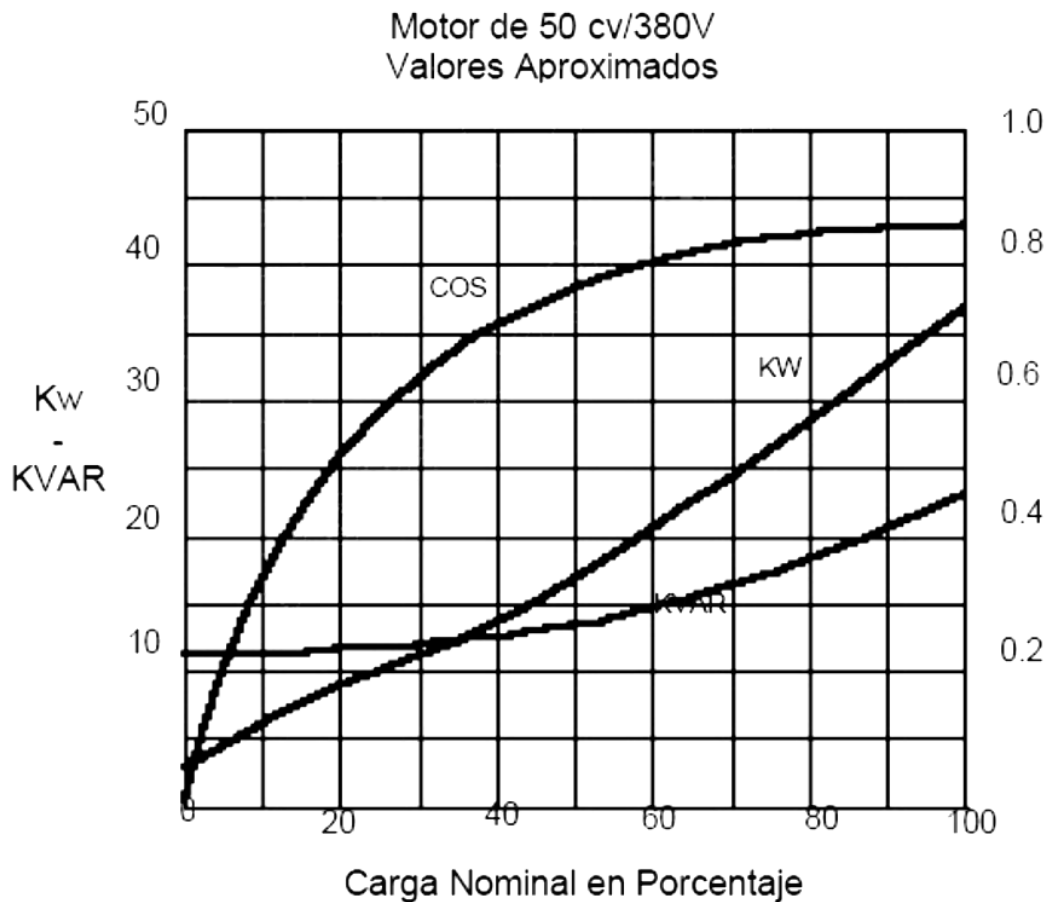


Figura 3.11 Curvas de arranque de motores de CA

Se puede observar que la potencia activa absorbida de la red crece proporcionalmente con el incremento de la carga acoplada al eje del motor. Como resultado de las variaciones de las potencias activas y reactivas en la operación de los motores de inducción, desde su funcionamiento en vacío hasta plena carga, el factor de potencia varía también proporcionalmente a esta variación, volviéndose importante de esta forma, el control operativo de los motores por parte del responsable de la instalación.

### 3.16.2 Consideraciones básicas sobre la legislación del factor de potencia

La nueva ley de electricidad establece nuevas condiciones para la medición y facturación de energía reactiva excedente. El factor de potencia de referencia establecida como límite de cobranza de energía reactiva excedente por parte de la concesionaria pasa de 0.85 a 0.95 independiente del sistema tarifario.

Estos principios están fundamentados en los siguientes puntos:

- Necesidad de liberación de la capacidad del sistema eléctrico.
- Promoción de uso racional de energía.
- Reducción del consumo de energía reactiva capacitiva en los periodos de carga leve que provocan elevación de tensión en el sistema de suministro, dando lugar a inversiones para la utilización de equipos correctivos y realización de procedimientos operacionales no siempre de fácil ejecución.
- Reducción del consumo de energía reactiva inductiva que provoca sobrecarga en el sistema de empresas suministradoras y concesionarias de energía eléctrica especialmente en periodos en que este es más solicitado.
- De acuerdo a la nueva legislación existe todavía penalización por bajo factor de potencia.

### 3.16.3 Corrección del factor de potencia, métodos utilizados

Para obtener una mejora del factor de potencia se puede indicar algunas soluciones que pueden ser adoptadas, dependiendo de las condiciones particulares de cada instalación. Se debe entender que esta corrección del factor de potencia aquí mostrada no solamente ve el problema de la facturación de energía reactiva excedente sino también los aspectos operacionales internos de la instalación. Los medios utilizados para el mejoramiento del factor de potencia son:

- Modificaciones en la rutina operacional

Este método se dirige al sentido de mantener los motores en operación a plena carga evitando su funcionamiento en vacío.

- Instalación de motores síncronos

Se instalan para corregir el factor de potencia o pueden ser acoplados a alguna carga pero este método no es muy adoptado debido a su alto costo y a las dificultades operacionales que acarrea.

- Instalación de capacitores en derivación

Esta es la solución más adoptada para la corrección del factor de potencia con las instalaciones industriales, comerciales y de los sistemas de distribución y de potencia.

#### d) Método Analítico

fp 2 se realiza mediante:

$$P_c = P_a (tg \varphi_1 - tg \varphi_2)$$

$P_a$  = Pot. Activa (Kw)

1= ángulo del fp original

2= ángulo del fp que se pretende.

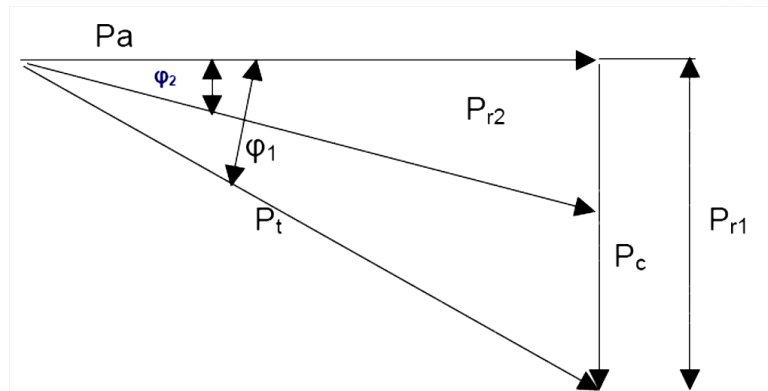


Figura 3.12 Comparación de triángulo de potencias corregido por capacitores

$P_{r1}$  = Pot. Reactiva de la red antes de instalar los capacitores

$P_{r2}$  = Pot. Reactiva después de instalar capacitores.

### Aplicación

Corregir el factor de potencia para el punto de la demanda máxima con un valor original de 0.81 hacia otro de 0.92 determinando el banco de capacitores necesario.

### La potencia

activa vale 2006 (Kw)

$\cos 0.92 \ 23.07^\circ$

$\cos 0.81 \ 35.90^\circ$

$$P_c = 2066 * (\operatorname{tg} 35.9^\circ - \operatorname{tg} 23.07^\circ)$$

$$P_c = 615.5 \text{ (Kvar)}$$

El número de células capacitivas del banco vale

$$N_c = \frac{615.5}{50} = 12.31 \rightarrow N_c = 13$$

$$P_c = 13 \times 50 = 650 \text{ (Kvar)}$$

### Método Tabular

Consiste en la tabulación de la diferencia de tangentes considerando el fp original y el fp deseado.

$$P_c = P_a \times \Delta \operatorname{tg}$$

tg fi o kVAr	FACTOR PARA DETERMINAR LA POTENCIA REACTIVA CAPACITIVA NECESARIA PARA CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA													
	kV	F.P. Inicial	0,80	0,85	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99
2,24	0,40	1,557	1,671	1,805	1,832	1,861	1,895	1,924	1,959	1,998	2,037	2,085	2,146	2,288
2,22	0,41	1,474	1,605	1,742	1,769	1,798	1,831	1,860	1,896	1,935	1,973	2,021	2,082	2,225
2,16	0,42	1,413	1,541	1,681	1,709	1,738	1,771	1,800	1,836	1,874	1,913	1,961	2,022	2,164
2,10	0,43	1,356	1,480	1,624	1,651	1,680	1,713	1,742	1,778	1,816	1,855	1,903	1,964	2,107
2,03	0,44	1,290	1,421	1,559	1,585	1,614	1,647	1,677	1,712	1,751	1,790	1,837	1,899	2,041
1,98	0,45	1,230	1,365	1,501	1,532	1,561	1,592	1,626	1,659	1,695	1,737	1,784	1,846	1,988
1,93	0,46	1,179	1,310	1,446	1,473	1,502	1,533	1,657	1,600	1,636	1,677	1,725	1,786	1,929
1,88	0,47	1,130	1,258	1,397	1,425	1,454	1,485	1,519	1,532	1,588	1,629	1,677	1,758	1,881
1,82	0,48	1,076	1,208	1,343	1,370	1,400	1,430	1,464	1,497	1,534	1,575	1,623	1,684	1,826
1,77	0,49	1,030	1,159	1,297	1,326	1,355	1,386	1,420	1,453	1,489	1,530	1,578	1,639	1,782
1,73	0,50	0,982	1,112	1,248	1,276	1,303	1,337	1,369	1,403	1,441	1,481	1,529	1,590	1,732
1,68	0,51	0,936	1,067	1,202	1,230	1,257	1,291	1,323	1,357	1,395	1,435	1,483	1,544	1,686
1,64	0,52	0,894	1,023	1,160	1,188	1,215	1,249	1,281	1,315	1,353	1,393	1,441	1,502	1,644
1,60	0,53	0,850	0,980	1,116	1,144	1,171	1,205	1,237	1,271	1,309	1,349	1,397	1,458	1,600
1,55	0,54	0,809	0,939	1,075	1,103	1,130	1,164	1,196	1,230	1,268	1,308	1,356	1,417	1,559
1,51	0,55	0,769	0,899	1,035	1,063	1,090	1,124	1,156	1,190	1,228	1,268	1,316	1,377	1,519
1,47	0,56	0,730	0,860	0,996	1,024	1,051	1,085	1,117	1,151	1,189	1,229	1,277	1,338	1,480
1,44	0,57	0,692	0,822	0,958	0,986	1,013	1,047	1,079	1,113	1,151	1,191	1,239	1,300	1,442
1,40	0,58	0,665	0,785	0,921	0,949	0,976	1,010	1,042	1,076	1,114	1,154	1,202	1,263	1,405
1,36	0,59	0,618	0,748	0,884	0,912	0,939	0,973	1,005	1,039	1,077	1,117	1,165	1,226	1,368
1,33	0,60	0,584	0,714	0,849	0,878	0,905	0,939	0,971	1,005	1,043	1,083	1,131	1,192	1,334
1,30	0,61	0,549	0,679	0,815	0,843	0,870	0,904	0,936	0,970	1,008	1,048	1,096	1,157	1,299
1,26	0,62	0,515	0,645	0,781	0,809	0,836	0,870	0,902	0,936	0,974	1,014	1,062	1,123	1,265
1,23	0,63	0,483	0,613	0,749	0,777	0,804	0,838	0,870	0,904	0,942	0,982	1,030	1,091	1,233
1,20	0,64	0,450	0,580	0,716	0,744	0,771	0,805	0,837	0,871	0,909	0,949	0,997	1,058	1,200
1,17	0,65	0,419	0,549	0,685	0,713	0,740	0,774	0,806	0,840	0,878	0,918	0,966	1,027	1,169
1,14	0,66	0,388	0,518	0,654	0,682	0,709	0,743	0,775	0,809	0,847	0,887	0,935	0,996	1,138
1,11	0,67	0,358	0,488	0,624	0,652	0,679	0,713	0,745	0,779	0,817	0,857	0,905	0,966	1,108
1,08	0,68	0,329	0,459	0,595	0,623	0,650	0,684	0,716	0,750	0,788	0,828	0,876	0,937	1,079
1,05	0,69	0,299	0,429	0,565	0,593	0,620	0,654	0,686	0,720	0,758	0,798	0,840	0,901	1,043
1,02	0,70	0,270	0,400	0,536	0,564	0,591	0,625	0,657	0,691	0,729	0,769	0,811	0,872	1,014
0,99	0,71	0,242	0,372	0,508	0,536	0,563	0,597	0,629	0,663	0,701	0,741	0,783	0,844	0,986
0,96	0,72	0,213	0,343	0,479	0,507	0,534	0,568	0,600	0,634	0,672	0,712	0,754	0,815	0,957
0,93	0,73	0,186	0,316	0,452	0,480	0,507	0,541	0,573	0,607	0,645	0,685	0,727	0,788	0,929
0,90	0,74	0,159	0,289	0,425	0,453	0,480	0,514	0,546	0,580	0,618	0,658	0,700	0,761	0,902
0,88	0,75	0,132	0,262	0,398	0,426	0,453	0,487	0,519	0,553	0,591	0,631	0,673	0,734	0,875
0,85	0,76	0,105	0,235	0,371	0,399	0,426	0,460	0,492	0,526	0,564	0,604	0,652	0,713	0,854
0,82	0,77	0,079	0,209	0,345	0,373	0,400	0,434	0,466	0,500	0,538	0,578	0,620	0,681	0,822
0,80	0,78	0,053	0,183	0,319	0,347	0,374	0,407	0,440	0,474	0,512	0,552	0,594	0,655	0,796
0,77	0,79	0,026	0,156	0,292	0,320	0,347	0,381	0,413	0,447	0,485	0,525	0,567	0,628	0,769
0,75	0,80	-	0,130	0,266	0,294	0,321	0,355	0,387	0,421	0,459	0,499	0,541	0,602	0,743
0,72	0,81	-	0,104	0,240	0,268	0,295	0,329	0,361	0,395	0,433	0,473	0,515	0,576	0,717
0,69	0,82	-	0,078	0,214	0,242	0,269	0,303	0,335	0,369	0,407	0,447	0,489	0,550	0,691
0,67	0,83	-	0,052	0,188	0,216	0,243	0,277	0,309	0,343	0,381	0,421	0,463	0,524	0,665
0,64	0,84	-	0,026	0,162	0,190	0,217	0,251	0,283	0,317	0,355	0,395	0,437	0,498	0,639
0,62	0,85	-	-	0,136	0,164	0,191	0,225	0,257	0,291	0,329	0,369	0,411	0,472	0,613
0,59	0,86	-	-	0,109	0,140	0,167	0,198	0,230	0,264	0,301	0,343	0,390	0,451	0,592
0,57	0,87	-	-	0,083	0,114	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,317	0,364	0,425	0,566
0,54	0,88	-	-	0,054	0,085	0,112	0,143	0,175	0,209	0,246	0,288	0,335	0,396	0,537
0,50	0,89	-	-	0,028	0,059	0,086	0,117	0,149	0,183	0,230	0,262	0,309	0,370	0,511
0,48	0,90	-	-	-	0,031	0,058	0,059	0,121	0,155	0,192	0,234	0,281	0,342	0,483

3.3 Tabla para obtener el capacitor necesario para corregir el F.P.

*EJEMPLO: Para llevar el factor de potencia de 0.60 a 0.92 de una instalación de 200 kW de potencia, será necesario instalar una batería de capacitores de 0.95 x 200 kW = 180 kVAr*

### **3.17.- Generadores de emergencia**

- Se instalan como parte del sistema eléctrico de edificio y proporcionan energía automáticamente a circuitos selectos o a todo el cableado del edificio.
- Los generadores de reserva funcionan conjuntamente con un interruptor de transferencia para controlar el voltaje entrante proporcionado por la empresa de energía. Cuando se produce un corte de energía, el interruptor de transferencia desconecta la línea de servicio y conecta una nueva línea de energía del generador para restablecer la energía en cuestión de segundos. Esto evita que el generador retroalimente las líneas de servicios públicos.
- Funcionan con la fuente combustible del edificio como gas natural o gas licuado de petróleo (LP)
- Deben ser instalados únicamente por electricistas con licencia. El departamento de edificación de la ciudad o del condado debe inspeccionar los interruptores y el cableado. Una vez que la instalación haya sido completada, se debe notificar a la empresa de servicios públicos que se ha colocado un sistema de reserva.

#### **3.17.1 Cuestiones de seguridad**

Es importante que los generadores de reserva se instalen en el exterior, donde haya buena ventilación y con el espacio adecuado alrededor de la unidad. Si no están correctamente instalados, la corriente eléctrica del generador puede retroalimentar el sistema eléctrico de la vivienda y causar daños o incendios y arruinar el equipo. Se recomienda que un electricista matriculado instale un generador de reserva y un interruptor de transferencia por la seguridad del sistema eléctrico de la vivienda. Los generadores también pueden causar daños personales. Por ejemplo, si el empleado de una empresa de energía está trabajando en una línea eléctrica creyendo que no está activada pero en la línea hay una corriente eléctrica creada por el generador, se puede dar una descarga eléctrica o una electrocución. La clave para protegerse contra estos peligros es una instalación profesional realizada por un electricista matriculado.

Algunos interruptores de transferencia pasan automáticamente a generador si hay una falla de energía. Un interruptor de transferencia funciona aislando del servicio eléctrico entrante algunos circuitos o paneles eléctricos en la vivienda. Cuando se restaura la energía, el interruptor de transferencia desconectará automáticamente el generador de reserva y volverá a conectar el servicio eléctrico. El generador de reserva se auto desconectará y retomará el modo de reserva

### 3.18.- Baterías y cargadores

Para determinar el tamaño apropiado del banco de baterías, es necesario computar el número de amperios hora que se usará **entre ciclos de carga**. Cuando conozca la cantidad de amperios hora, haga que él las baterías tengan aproximadamente el doble de este valor. Esto asegura que las baterías no se descarguen excesivamente y extiende la vida de las baterías.

Para computar el uso total en amperios hora, se ha de determinar los requerimientos de cada aparato a usar y luego sumarlos. La siguiente tabla le ayudará a estimar los amperios por hora (A/h) que consumen diferentes tipos y tamaños de cargas. Use la tabla de la forma siguiente: (1) empiece a la izquierda con la línea del aparato o la potencia adecuada, (2) empiece por arriba en la columna que indique el tiempo que ese aparato funcionará entre ciclos de carga, (3) la intersección de líneas y columnas indicará los amperios hora que se consumirán.

Dispositivo	Watts	Tiempo en Minutos					
		5	15	30	60	120	240
Luz	10	.06	.2	.3	.7	1.3	2.7
TV B&N	50	.2	.6	1	2	4	8
Computadora	100	.4	.1	2	4	8	17
TV Color	200	1	2	4	8	17	34
Licuadaora	400	2	4	8	17	34	67
Sierra de Mano	800	3	8	17	34	67	133
Tostadora	1000	4	11	23	46	93	185
Microondas	1200	5	14	28	57	114	227
Plato Asador	1800	8	22	44	88	177	353
		<b>Amperios Hora</b>					

Tabla 3.4 Durabilidad de baterías

Siga este procedimiento para cada aparato que desee usar con el inversor. Sume los requerimientos. El tamaño mínimo del banco de baterías debe ser el doble de este valor.

También podrá calcular los requerimientos de baterías usando los consumos indicados en las placas de características de cada aparato. La fórmula es *Potencia = Voltios x Amperios*. Divida la potencia de su carga entre el voltaje de la batería para

determinar el amperaje que la carga consumirá de las baterías. Multiplique el amperaje por las horas y tendrá, con razonable precisión, los amperios hora. Recuerde que los períodos de tiempo menores de una hora serán fracciones (10 minutos es 1/6 de una hora).

Notas: Si se conoce la corriente AC, entonces el amperaje que un aparato absorberá de la batería será: *Corriente AC* por *voltaje AC* dividido entre el *voltaje de la batería*. Normalmente los motores vienen marcados con el consumo durante el funcionamiento y no con el consumo de arranque. El consumo de arranque puede ser de 3 a 6 veces el consumo de funcionamiento.

### **3.19.- Especificaciones y hojas de datos de equipo eléctrico**

Las hojas de datos o de identificación de los equipos suministran una gran cantidad de información útil sobre diseño y mantenimiento. Esta información es particularmente valiosa para los instaladores y el personal electrotécnico de la planta, encargado del mantenimiento y reemplazo de los equipos existentes. Durante la instalación, mantenimiento o reemplazo, la información sobre la hoja es de máxima importancia para la ejecución rápida y correcta del trabajo. Los datos más comunes el este tipo de hojas son:

Razón social del fabricante

Tipo

Armazón (Frame)

Potencia (HP)

Designación de servicio (tiempo)

Temperatura ambiente

Velocidad (rpm)

Frecuencia (Hz)

Número de fases

Corriente de carga nominal (A)

Voltaje nominal (V)

Factor de servicio y clase de aislamiento

Además, el fabricante puede indicar la ubicación de su fábrica o servicio autorizado, etc.



### **3.20.- Pruebas a equipos**

Las características eléctricas de los equipos de potencia, que se comprueban con pruebas, están ligadas a su aislamiento, y su capacidad de transportar corrientes y sobre corrientes.

Se puede realizar una lista de estas características, el objetivo final es una tabla que relaciona equipos y sus características eléctricas asociadas.

- características ligadas al aislamiento.
- entre partes en tensión y tierra.
- sobre el seccionamiento.
- tensión nominal.
- características de transporte de corriente.
- corriente nominal, permanente.
- corriente de breve duración.
- corriente de pico máximo.
- poder de interrupción.
- otras características, mecánicas, dimensionales, etc.

### **3.21.- Selección y cálculo de conductores**

La sección mínima de los conductores debe satisfacer en forma simultánea a 3 criterios:

- Capacidad de conducción de corriente.
- Límite de caída de tensión.
- Capacidad de conducción de la corriente de corto - circuito por un tiempo limitado.

Durante la elaboración de un proyecto, los conductores son inicialmente dimensionados tomando en cuenta los dos primeros criterios arriba mencionados. Sin embargo cuando se realiza el dimensionamiento de las protecciones basado en otros parámetros como ser la intensidad de corriente de falla es necesario comparar

los valores de estos y sus respectivos tiempos de duración con los valores máximos admitidos por el aislamiento de los conductores utilizados.

### 3.21.1 Criterio de la capacidad de conducción de corriente

Determina el valor de la máxima corriente que recorrerá por el conductor de acuerdo con la forma de instalación. A continuación la tabla nos indica la forma de instalación de los conductores eléctricos usados en las instalaciones industriales.

A	1	Conductores aislados, unipolares ó multipolares en electroducto dentro de una pared termicamente aislado
	2	Conductores aislados unipolares ó multipolares directamente dentro de una pared aislada
	3	Conductores aislados unipolares ó multipolares en electroducto dentro de una zanja cerrada
B	1	Conductores aislados unipolares en electroducto aparente
	2	Conductores aislados unipolares en zanja
	3	Conductores aislados unipolares en moldura
	4	Conductores aislados unipolares ó multipolares en electroducto dentro de una zanja abierta ó ventilada
	5	Conductores aislados unipolares en electroducto dentro de una pared
	6	Conductores aislados unipolares contenidos en bloques huecos
C	1	Conductores unipolares ó multipolares directamente fijados en la pared o techo
	2	Cables unipolares ó multipolares dentro de una pared
	3	Cables unipolares ó multipolares en zanja abierta o ventilada
	4	Cable unipolar en electroducto aparente
	5	Cable unipolar en zanja
D	1	Cables unipolares ó multipolares en electroducto enterrado en el suelo
	2	Cables unipolares ó multipolares enterrado directamente
	3	Cables unipolares ó multipolares en zanja cerrada
E	1	Cables multipolar al aire libre
F	1	Conductores aislados ó cables unipolares agrupados al aire libre
G	1	Conductores aislados ó cables unipolares espaciados al aire libre
H	1	Cables multipolares en bandejas no perforadas
J	1	Cables multipolares en bandejas perforadas
K	1	Cables multipolares en bandejas verticales perforadas
L	1	Cables multipolares en soportes ó en escaleras
M	1	Cables unipolares en bandejas no perforadas
N	1	Cables unipolares en bandejas perforadas
P	1	Cables unipolares en bandejas verticales perforadas
Q	1	Cables unipolares en soportes ó escaleras

Tabla 3.5 Clasificación de conductores según su utilización

### 3.21.2 Capacidad de conducción de corriente para las maneras de instalar A, B, C Y D de la tabla

- Conductores con aislación PVC
- Temperatura del conductor: 70 °C
- Temperatura Ambiente 30 °C para instalaciones no subterráneas y 20 °C para instalaciones subterráneas

mm <sup>2</sup>	MANERA DE INSTALAR							
	A		B		C		D	
	2 Conductores Cargados	3 Conductores Cargados	2 Conductores Cargados	3 Conductores Cargados	2 Conductores Cargados	3 Conductores Cargados	2 Conductores Cargados	3 Conductores Cargados
1.0	11.0	10.5	13.5	12.0	15.0	13.5	17.5	14.5
1.5	14.5	13.00	17.5	15.5	19.5	17.5	22.0	18.0
2.5	29.5	18.0	24.0	21.0	26.0	24.0	29.0	24.0
4	26.0	24.0	32.0	28.0	35.0	32.0	38.0	31.0
6	34.0	31.0	40.0	36.0	46.0	41.0	47.0	39.0
10	46.0	42.0	57.0	50.0	63.0	57.0	63.0	52.0
16	61.0	56.0	76.0	68.0	85.0	76.0	81.0	67.0
25	80.0	73.0	101.0	89.0	112.0	96.0	104.0	86.0
35	99.0	89.0	125.0	111.0	138.0	119.0	125.0	103
50	119.0	108.0	151.0	134.0	168.0	144.0	148.0	122.0
70	151.0	136.0	192.0	171.0	213.0	184.0	183.0	151.0
95	182.0	164.0	232.0	207.0	258.0	223.0	216.0	179.0
120	210.0	188.0	269.0	239.0	299.0	259.0	246.0	203.0
150	240.0	216.0	307.0	275.0	344.0	294.0	278.0	230.0
185	273.0	248.0	353.0	314.0	392.0	341.0	312.0	257.0
240	320.0	286.0	415.0	369.0	461.0	403.0	360.0	297.0
300	367.0	328.0	472.0	420.0	530.0	464.0	407.0	336.0

Tabla 3.6 Clasificación de conductores según su instalación

### 3.21.3 Circuitos para iluminación y contactos

Se debe tomar en cuenta los circuitos terminales para la iluminación y contactos, como también los circuitos de distribución que alimentan los tableros de distribución de luz. Conociendo la carga a instalarse se puede determinar la demanda y la corriente en circuitos monofásicos y trifásicos.

- Circuito Monofásicos

Con el valor de la demanda calculada se obtiene la corriente de carga a partir de la ecuación.

$$I_c = \frac{D_c}{V_{fn} \times \cos \varphi}$$

Dc = Demanda de carga (w)  
Vfn = Tensión de fase neutro  
Cos φ = Factor de potencia.

- Circuitos Trifásicos

Puedan ser circuitos de 3 conductores ó 4 conductores. Considerando que los aparatos ó equipos están conectados equilibradamente entre fases ó entre fase y neutro, la corriente se determina a través de la siguiente ecuación:

$$I_c = \frac{P_c}{\sqrt{3} \times V_f \times \cos \varphi}$$

Vf = Tensión entre fases  
Pc = Potencia Activa que demanda la carga

### 3.21.4 Circuitos terminales para la conexión de motores

Generalmente se usan circuitos trifásicos, conociendo las corrientes de carga se puede también conocer el tipo de instalación de los conductores, según la forma más conveniente para el local de trabajo. Para la instalación de los motores se debe seguir las siguientes instrucciones para determinar la sección de los conductores:

- Instalaciones de un Solo Motor

La capacidad de conducción de corriente del conductor debe ser igual al valor de la corriente nominal multiplicado por el factor de servicio correspondiente.

$$I_c = F_s \times I_{nm}$$

Inm = Corriente nominal del motor  
Ic = Corriente mínima que soporta el conductor  
Fs = Factor de servicio del motor

- Instalación de un Grupo de Motores.

La capacidad de conducción de corriente del conductor debe ser igual ó mayor a las suma de todas las corrientes de los motores considerando los factores de servicio respectivos.

En caso de que no se especifique el factor de servicio entonces se considera igual a 1

$$I_c = F_{c(1)} \times I_{nm(1)} + F_{c(2)} \times I_{nm(2)} + \dots + F_{c(n)} \times I_{nm(n)}$$

Cuando los motores poseen factores de potencia muy diferentes, el valor de  $I_c$  deberá ser calculado tomando en cuenta el componente activo y reactivo. Con base en este valor de corriente calculado se podrá obtener de las tablas el valor de la sección del conductor.

### 3.21.5 Factor de corrección de corriente

Cuando los conductores están dispuestos en condiciones diferentes a las previstas por las formas de instalar establecidas es necesario aplicar sobre los mencionados valores de corriente un factor de reducción que mantenga al conductor en régimen continuo, con temperatura igual o inferior a los límites establecidos.

Los factores de corrección de corriente son establecidos para cada condición particular de instalación del cable como ser: la temperatura ambiente, agrupamiento de circuitos, resistividad del suelo. etc.

- Temperatura Ambiente:

La capacidad de conducción de corriente de los conductores que se muestran en las tablas siguientes corresponde a una temperatura de 20° C para cables enterrados directamente en el suelo y de 30° C para las demás formas de instalar.

Si la temperatura ambiente es diferente se utiliza la tabla 2.7 de corrección.

- Resistividad Térmica del Suelo:

Las capacidades de conducción de corriente de los conductores indicados en las tablas corresponden a una resistividad térmica de 2.5 Km/w. Para suelos con resistividad térmica diferente se debe utilizar los métodos especificados en la IEC 287.

- Agrupamiento de Circuito:

Para las formas de instalar A, B, C, D las capacidades de conducción de corriente indicadas son válidos para circuitos simples constituidos por el siguiente número de conductores:

- 2 Conductores aislados, 2 unipolares o un bipolar.
- 3 Conductores aislados, 3 unipolares o un trípolar.

Si se agrupa de forma diferente con un número mayor de conductores o cables, deben ser aplicados factores de corrección según la norma NBR 5410/ 90 que están especificados en las siguientes tablas:

Temperatura en °C Ambiente	Aislamiento	
	PVC	EPR o XLPE
10	1.22	1.15
15	1.17	1.12
25	1.12	1.08
30	1.06	1.04
35	1.94	0.96
40	1.07	0.91
45	0.79	0.97
50	0.71	0.82
55	0.61	0.76
60	0.50	0.71
65	-	0.65
70	-	0.58
75	-	0.50
80	-	0.41

SUELO		
10	0.95	1.07
15	0.89	1.04
25	0.84	0.96
30	0.77	0.93
35	0.71	0.89
40	0.63	0.85
45	0.55	0.80
50	0.45	0.76
55	-	0.71
60	-	0.65
65	-	0.60
70	-	0.53
75	-	0.46
80	-	0.38

Tabla 3.7 Factores de corrección para temperaturas ambientes diferentes de 30° C Para conductores no enterrados y de 20° C (Temperatura del suelo para conductores enterrados)

Número de Circuitos	Distancia entre cables				
	Nula	1 diámetro del cable	0,125 m	0,25 m	0,50 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80

Tabla 3.8 Factor de agrupamiento para más de un circuito con cables unipolares o multipolares Directamente enterrados

Número de Circuitos	Espaciamento entre ductos			
	Nulo	0,25 m	0,50 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,80

Tabla 3.9 Factor de agrupamiento para más de un circuito con cables unipolares o multipolares en electroducto directamente enterrados

No. de Circuitos	Espaciamiento entre ductos			
	Nulo	0.25 m	0.50 m	1.0 m
2	0.80	0.90	0.90	0.95
3	0.70	0.85	0.85	0.90
4	0.65	0.75	0.80	0.90
5	0.60	0.70	0.80	0.90
6	0.60	0.70	0.80	0.90

Tabla 3.10 Factor de agrupamiento para más de un circuito con cables unipolares o multipolares en electroducto directamente enterrados un cable por ducto

Para aplicar los factores de corrección ya mencionados se debe tomar en cuenta algunos criterios, como:

- Solo se cuentan los conductores recorridos por la corriente.
- En un circuito trifásico el neutro sin corriente no se cuenta.
- Los conductores destinados a protección no se cuenta.
- El conductor PEN es considerado como neutro.
- Los factores se aplican a grupos de conductores aislados tanto unipolares como multipolares.
- Si la distancia horizontal entre los cables adyacentes fuera superior al doble de su diámetro externo, no es necesario ningún factor de reducción.
- Los mismos factores de reducción son aplicables tanto para grupos de dos o tres conductores aislados o cables unipolares como par cables multipolares.

### 3.21.6 Criterio de límite de caída de tensión

Para realizar el dimensionamiento de la sección del conductor es necesario también tomar en cuenta la caída de tensión que se producirá y que esta sección sea la apropiada para no provocar una caída de tensión fuera de los límites establecidos.

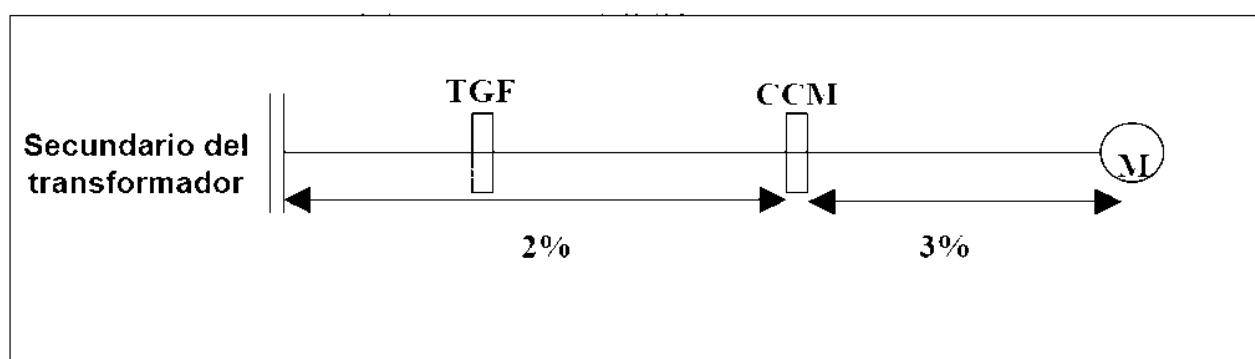


Figura 3.13 Designación de caída de tensión

- Caída de tensión en un sistema monofásico

El cálculo de esta caída se puede dar a través de las siguientes ecuaciones

$$S_c = \frac{200 \cdot \rho \sum (L_c \times I_c) (\text{mm}^2)}{\Delta V \% \times V_{fn}}$$

$S_c$  = Sección del conductor

$I_c$  = Corrientes total del circuito en A

$L_c$  = Longitud de circuitos en metros

$\Delta V$  = Caída de tensión máxima admitida en %

$V_{fn}$  = Tensión entre fase y neutro en V  $\rho = 1/56 (\Omega \text{ mm}^2/\text{m})$

$$\Delta V_n = \frac{10 \times V_{fn} \times \Delta V \%}{I_c \times L_c}$$

$\Delta V_n$  = Caída de tensión en V

- Caída de tensión en un sistema trifásico

Para este sistema la sección de conductor se puede obtener a través de la siguiente Formula:

$$S_c = \frac{173.2 \times \rho \sum (L_c \times I_c) (\text{mm}^2)}{\Delta V \% \times V}$$

$\rho$  = Resistividad del conductor

$V_{ff}$  = Tensión entre fases en Kv

Para el cálculo de la caída de tensión puede utilizarse como alternativa ó con el uso de la siguiente fórmula:

$$\Delta V_f = \frac{10 \times V_{ff} \times \Delta V \%}{I_c \times l_c} (V / A \times km)$$



La resistividad ( $\rho$  se puede considerar como  $1/56 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$  para el cobre y de  $1/36 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$  para el aluminio.

$$\frac{V}{A} \times km$$

### 3.21.7 Dimensionamiento de la sección del conductor neutro

Para dimensionar la sección mínima del conductor neutro se debe tomar en cuenta algunos criterios que nombramos a continuación.

- El neutro posee la misma sección de los conductores de las fases:
  - En circuitos monofásicos y bifásicos.
  - En circuitos trifásicos cuando la sección de los conductores de fase sea igual ó menor a  $25 \text{ mm}^2$  en cobre.
  - En circuitos trifásicos cuando se prevé la presencia de armónicos.
- Para los circuitos trifásicos en el que la sección del conductor neutro es menor que el conductor de fase se toman los valores de la tabla

En ningún caso el conductor neutro puede ser común en varios circuitos. Para un circuito polifásico desequilibrado se obtiene el neutro partiendo de las corrientes de fase de acuerdo a la siguiente expresión:

$$I_n = \sqrt{I_R^2 + I_S^2 + I_T^2 - I_R \times I_S - (I_R \times I_S)}$$

$I_n$  = Corriente que circula por el neutro

$I_R, I_S, I_T$ , = Corrientes de las fases R, S, T Respectivamente.

En el caso de circuitos polifásicos y de circuitos monofásicos de tres conductores el neutro debe ser dimensionado considerándose la carga de la fase más cargada. La corriente que determina el valor de la sección del neutro se expresa a través de la siguiente ecuación:

$$I_n = \frac{D_{cm}}{V_{fn} \times \cos \varphi} (A)$$

Dcm = Demanda de carga monofásica correspondiente a la fase más cargada  
Vfn = Tensión entre fase y neutro

### 3.21.8 Dimensionamiento de la sección del conductor de protección

En una instalación industrial se debe aterrar todas las partes metálicas no conductoras para la protección del personal.

La sección del conductor de protección se obtiene de la tabla. El conductor de protección PE pueden ser común para varios circuitos. Un conductor aislado usado como protección debe ser identificado a través del color verde ó verde-amarillo. No debe usarse de ninguna forma las canalizaciones metálicas de agua ó gas como conductor de protección.

La sección transversal del conductor de protección se determina a través de la siguiente ecuación, cuando el tiempo de actuación del elemento de protección es inferior a 5 seg.

$$S_p = \frac{\sqrt{I_{ft}^2 \times T_c}}{K}$$

I<sub>ft</sub> = Valor eficaz de corriente de falla de fase – tierra en A

T<sub>c</sub> = Tiempo de despeje de la falla en Seg.

K = Factor que depende del tipo de metal del conductor de protección además aislamiento y la temperatura inicial y final

Para conductores unipolares que tienen aislamiento:

K = 143 para aislamiento PVC

K = 176 EPR ó XLPE

Para cables multipolares de protección:

K = 115 PVC

K = 143 EPR ó XLPE

### 3.21.9 Barras

Para el transporte de corriente alta que cubran distancias relativamente grandes en una industria resulta más económico utilizar barras de cobre sobre aisladores en el interior de una canaleta ventilada ó sellada denominadas busway. Según la cantidad de corriente que se desea distribuir se tiene una gran variedad de barras que se detalla a continuación:

DIMENSIONES		CORRIENTE	RESISTENCIA	REACTANCIA
Pulgadas	Milímetros	(A)	mΩ/m	mΩ/m
1/2 x 1/16	12,7 x 1,59	96	0,8843	0,2430
3/4 x 1/16	19,0 x 1,59	128	0,8591	0,2300
1 x 1/16	25,4 x 1,59	176	0,4421	0,2280
1/2 x 1/8	12,7 x 3,18	144	0,4421	0,2430
3/4 x 1/8	19,0 x 3,18	208	0,2955	0,2330
1 x 1/8	25,4 x 3,18	250	0,2210	0,2070
1 1/2 x 1/8	38,1 x 3,18	370	0,1474	0,1880
1 x 3/16	25,4 x 4,77	340	0,1474	0,2100
1 1/2 x 3/16	38,1 x 4,77	460	0,0982	0,1880
2 x 3/16	50,8 x 4,77	595	0,0736	0,1700
1 x 1/4	25,4 x 6,35	400	0,1110	0,2100
1 1/2 x 1/4	38,1 x 6,35	544	0,0738	0,1870
2 x 1/4	50,8 x 6,35	700	0,0553	0,1670
2 3/4 x 1/4	70,2 x 6,35	1000	0,0400	0,1510
3 1/2 x 1/4	88,9 x 6,35	1130	0,0316	0,1450
4 x 1/4	101,6 x 6,35	1250	0,0276	0,1320
1 x 1/2	25,4 x 12,70	600	0,0553	0,1870
2 x 1/2	50,8 x 12,70	1010	0,0276	0,1630
3 x 1/2	76,2 x 12,70	1425	0,0184	0,1450
4 x 1/2	101,6 x 12,77	1810	0,0138	0,1300

1. Para espacios entre barras mayores a 2D no es necesario aplicar factores de reducción toda vez que el calentamiento es despreciable  
2. Los valores de resistencia y reactancia son aproximados es de aproximadamente 150 mm  
3. La distancia entre barras

Tabla 3.11 Características eléctricas de las barras de cobre

Nro. De Barras por Fase	Sección de Barra (mm <sup>2</sup> )		Capacidad de Corriente a 35°C	Resistencia	Reactancia
	Fase	Neutro	(A)	mΩ/m	mΩ/m
1	10 x 40	10 x 40	750	0,0446	0,1930
	10 x 60	10 x 40	1000	0,0297	0,1700
	10 x 80	10 x 40	1250	0,0223	0,1680
	10 x 100	10 x 60	1550	0,0178	0,1530
	10 x 120	10 x 60	1800	0,0148	0,1410
2	10 x 60	10 x 60	1650	0,0148	0,1580
	10 x 80	10 x 80	2000	0,0111	0,1460
	10 x 100	10 x 100	2400	0,0089	0,1350
	10 x 120	10 x 120	2800	0,0074	0,1230

1. Para espacios entre barras mayores a 2D no es necesario aplicar factores de reducción toda vez que el calentamiento es despreciable  
2. Los valores de resistencia y reactancia son aproximados es de aproximadamente 200 mm. 4. El grado de protección de barra es IP 31 (uso interno)  
3. La distancia entre barras

Tabla 3.12 Características eléctricas de las barras de cobre blindadas

### **3.22.- Conectores, empalmes y terminales**

La corriente eléctrica es el movimiento de electrones libres a lo largo de un conductor que está conectado a un circuito en el cual existe una diferencia de potencial. Uno de los requisitos del código eléctrico que rige la instalación de sistemas eléctricos, cuando se unen 2 conductores, la unión debe de ser fuerte y de baja resistencia eléctrica.

Antes de aislar los amarres de los conductores, ya el circuito deberá estar instalado, cuando se hace un amarre, el electricista debe calcular la tensión a la cual serán sometidos los conductores cuando ya estén instalados, se debe de considerar que estos quedarán expuestos a cambios de temperatura que de alguna forma alterará la tensión.

Si los conductores se van a instalar a la intemperie, se debe de tomar en cuenta la tensión a la cual estarán expuestos en días de lluvia, aire, por lo que se tendrá que determinar el tipo de amarre más conveniente.

El código eléctrico requiere que se solden los amarres toda vez que el circuito haya quedado asegurado eléctrica y mecánicamente. Se debe de hacer una revisión antes de soldar o aislar para evitar falsos contactos o alta resistencia por efecto de la soldadura.

Existen 2 clases principales de amarres:

- 1.- los que se usan para unir 2 conductores y de esta manera formar uno solo,
- 2.- los que se usan para hacer derivaciones de y para otros conductores. El amarre número 1 se utiliza para aumentar la longitud del conductor, añadiéndole otro, además se usa para conectar 2 secciones de un mismo conductor por rotura accidental.

En el caso del amarre numeró 2, es que se utiliza con más frecuencia para sacar una derivación o toma de otro conductor que lleva corriente, por esto se la llama "unión de toma".

### **3.23.- Ductos, registros y canalizaciones**

Son utilizados electroductos de PVC o de hierro galvanizado. Los primeros son aplicados generalmente empotrados en paredes, pisos o techos. Los segundos son generalmente utilizados cuando se necesita de una protección mecánica adecuada para el circuito. La utilización de electroductos debe seguir los siguientes criterios:

- Dentro de los electroductos se instalan cables aislados y unipolares y no se permite la utilización de conductores desnudos.
- En instalaciones internas donde no existe tránsito de vehículos pesados, los electroductos de PVC se entierran a una profundidad igual o mayor a 0.25 m.
- En instalaciones externas sujetas a tránsito de vehículos livianos, los electroductos de PVC se entierran a 0.40 metros para profundidades inferiores se debe cubrir con cemento.
- En instalaciones externas sujetas a tráfico de vehículos pesados se entierran a 0.60 metros. Se acostumbra usar electroductos de hierro galvanizado.
- Los electroductos aparentes deben ser firmemente fijados a una distancia máxima de acuerdo con la siguiente tabla.

TAMAÑO DE ELECTRODUCTO EN PULGADAS	DISTANCIA MÁXIMA ENTRE ELEMENTOS DE FIJACIÓN EN METROS
1/2 - 3/4	3.00
1	3.70
1 1/4 - 1 1/2	4.30
2 - 2 1/2	4.80
mayor o igual a 3	6.00

Tabla 3.13 Distancia máxima entre elementos de fijación de electroducto rígido metálico aparente

### 3.23.1.- Zanjas

Las zanjas son de utilización en industrias con gran número de máquinas dispuestas regularmente y cuyo punto de alimentación sea próximo al piso. No es aconsejable la utilización de zanjas en lugares en que haya la posibilidad de la presencia de agua o de otros líquidos en el piso, curtiembres, sector de la industria de la cerveza, etc. Solamente los cables unipolares y multipolares pueden ser instalados directamente en las zanjas. No se admite conductores desnudos, se deben tomar medidas preventivas para impedir la penetración de cuerpos extraños y líquidos que dificulten la disipación de calor de los conductores o dañar el aislamiento de los mismos.

Los cables deben estar de preferencia dispuestos en una sola capa, pudiéndose utilizar para ello plataformas instaladas en diferentes niveles.

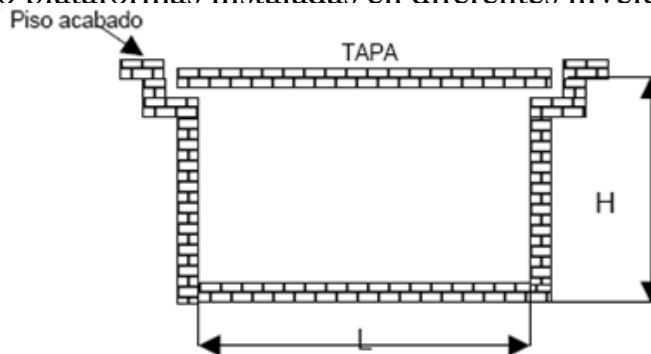


Figura 3.14 Corte transversal de una zanja

En la instalación de zanjas se debe evitar la penetración de líquidos, si es posible los conductores debe estar colocados en electroductos. Las zanjas son aplicadas cuando se considera llevar un buen número de conductores, se dimensiona de tal forma de que los conductores están ordenados y permita su fácil identificación. Los cables deben ocupar solo el 30% del área total de la zanja

$$S_c = \frac{\pi}{4} \times [(D_e - \Delta D_e) - 2 \times E_p]^2$$

$S_c$  = Sección de la zanja

$N_c$  = Número de conductores o instalar

$D_{cc}$  = Diámetro de los conductores utilizados

1/0.3 = Esta constante se usa basados en el criterio de que solo el 30% de la sección de la zanja debe estar ocupado.

$$S_{ca} = \frac{N_c \times \pi \times D_{cc}}{4} \times \frac{1}{0.3}$$

### 3.23.2.- Bandejas

Las Bandejas son formas flexibles y prácticas de instalar los conductores pero no es recomendable su utilización en ambientes de atmósfera agresiva o en lugares sujetos a la presencia de gases combustibles en suspensión. Solo se instalan en bandejas cables aislados unipolares o multipolares y estos cables deben estar dispuestos en una sola capa.

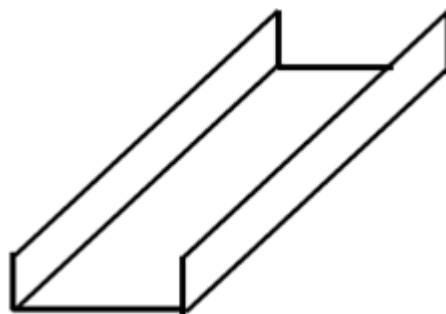


Figura 3.15 Bandeja

Las bandejas se instalan en lugares donde exista el mantenimiento adecuado y en locales que no estén sujetos a choques mecánicos. Los cables instalados en bandeja solo se colocaran en una sola capa y además se usan solo cables unipolares y multipolares.

Sc = Sección de canaletas

Nc = Número de Conductores

Dcc = Diámetro externo de los conductores (tabla 2.26)

1/.35 = Solo debe usarse el 35% del área útil de la canaletas.

### 3.23.3.- Canaletas

A semejanza de las bandejas estas deben ser solo utilizadas en lugares de servicios eléctricos o dentro de los cielos rasos no desmontables. En las canaletas pueden ser instaladas conductores aislados, cables unipolares y multipolares. En el caso de conductores aislados sólo pueden ser instalados en cajas de paredes macizas, cuyas tapas solo deben ser removidas con herramientas.

Es permitida la instalación de conductores aislados en cajas con paredes perforadas (canaletas ventiladas) y con tapas desmontables sin ayuda de herramientas, en ambientes en los cuales solamente debe tener acceso personas calificadas.

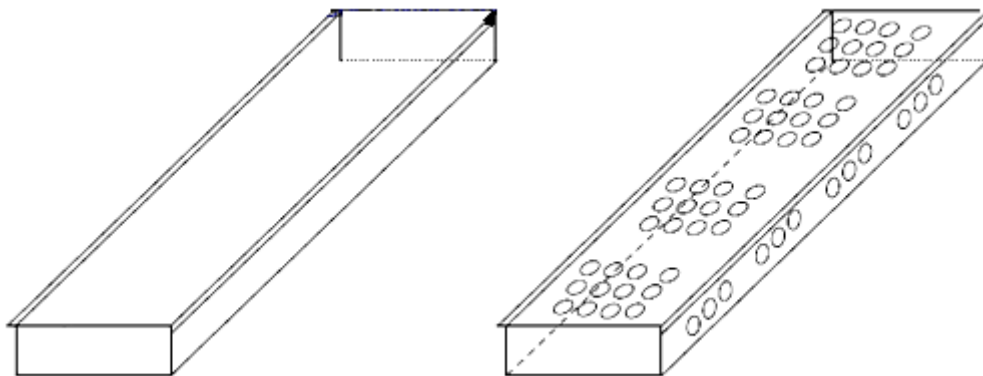


Figura 3.16 Canaleta con paredes macizas y perforadas

Es importante nombrar que:

- La canaleta no debe ocuparse más del 35% de su área útil.
- Los cables unipolares y multipolares se instalan en cualquier tipo de canaletas.
- Los conductores aislados se instalan en canaletas cuyas tapas pueden moverse con herramientas adecuadas.
- La instalación de conductores aislados en canaletas con paredes perforadas ó con tapas desmontables sin herramientas se harán solo en locales donde accedan personal calificado.

$$S_{caja} = \frac{N_c \times \pi \times D_{cc}}{4} \times \frac{1}{035}$$

#### 3.23.4.- Escalera para cables

Este sistema de instalación de conductores requiere los mismos principios de utilización requeridos para las bandejas.



Figura 3.17 Escalera para cables

#### 3.23.5.- Electroductos Metálicos (Molduras)

Son fabricados en cobre y aluminio, siendo soportadas por aisladores apropiados y contenidos en un envoltorio, generalmente metálico y de material aislante y rígido. Los electroductos metálicos muchas veces llamados Busway, son fabricados en tamaños estándar y poseen varios accesorios complementarios, tales como curvas, ángulos, enmiendas, todos también modulares.

Los electroductos metálicos pueden ser ventilados o no, dependiendo del local donde serán utilizados. Solamente deben ser empleados en instalaciones aparentes. Debido a su costo elevado solamente debe ser aplicado en circuitos con elevada corriente de carga.



### **3.23.6.- Dimensionamiento de electroductos**

La aplicación y el dimensionamiento merecen un análisis por parte del instalador. Los principales aspectos se resumen a continuación:

a) Aspectos generales:

- Todos los conductores vivos (fase y neutro) que pertenecen a un mismo circuito se agrupa en un mismo electroducto (canaletas, bandeja, etc.)
- No se debe colocar fases diferentes de un mismo circuito en electroducto de hierro galvanizado, porque la magnetización sería intensa, cuyo valor es proporcional a la corriente y produce un elevado calentamiento, que puede dañar el aislamiento de los conductores.

b) Otras consideraciones:

Los electroductos o canaletas solo contienen más de un circuito en las condiciones que nombramos a continuación:

- Cuando se originan en un mismo dispositivo de comando y protección, sin la intervención de equipos que transformen la corriente eléctrica.
- Cuando los conductores aislados tienen la misma temperatura para servicio continuo.
- Cuando los conductores de fase están dentro de un intervalo de tres valores normalizados sucesivos.

### **3.23.7.- Electroductos**

Los más utilizados son PVC ó hierro galvanizado. Los de PVC son usados cuando la instalación está hecha en paredes ó cielos falsos donde no haya riesgos de daño mecánico, humedad, peligro de incendio ó explosiones. Los electroductos metálicos se utilizan cuando se realiza la instalación empotrando en paredes, columnas, vigas, losas o cuando deban enterrarse y estar sujetos a tránsito de automóviles.

La instalación de conductores en Electroductos debe ser precedida de la siguiente consideración:

- En los electroductos solo deben ser instalados conductores aislados, cables unipolares, multipolares, admitiéndose la utilización de un conductor desnudo solo en electroductos exclusivos, cuando dicho conductor se destina al aterramiento.

El diámetro exterior de los electroductos debe ser igual ó superior a 16mm se debe considerar también que los trechos no deben ser continuos si no que debe presentar canaletas de derivación a longitudes menores a los 15 metros cuando es rectilíneo y en trechos con curvas se reduce a 3 metros por cada curva de 90°.

Para hallar el diámetro del electroducto se aplica la siguiente formula:

$$S_{cond} = \frac{N_{cf} \times \pi \times D_{cf}^2}{4} + \frac{N_{cn} \times \pi \times D_{cn}^2}{4} + \frac{N_{cp} \times \pi \times D_{cp}^2}{4}$$

Scond = Sección ocupada por los cables

Ncf = Número de conductores por fase

Ncn = Número de conductores neutros

Ncp = Número de conductores de protección

Dcf = Diámetro de conductores por fase

Dcn = Diámetro de conductores neutros

Dcp = Diámetro de conductores por protección

El área ocupada por los cables se determina a partir de la ecuación:

De = Diámetro externo del electroducto

ΔΔ e = Variación del diámetro externo

Ep = Espesura del electroducto.

Todas las dimensiones antes mencionadas se encuentran en la tabla

### 3.24.- Cédulas de conduit y cables

Los tubos se suministran galvanizados y roscados con protector plástico en un extremo o unión en otro, de acuerdo a la siguiente tabla:

DIAMETRO NOMINAL NPS	RIGID METAL CONDUIT ANSI C 80.1 (NTC-171); UL 6			INTERMEDIAT METAL CONDUIT IMC ANSI C 80.6 (NTC-169); UL 1242				
	DIAMETRO EXTERIOR (pulg.)	ESPESOR DE PARED (pulg.)	PESO TUBO 3M (Kg)	DIAMETRO EXTERIOR		ESPESOR DE PARED		PESO TUBO 3M (Kg)
				MAXIMO (pulg.)	MINIMO (pulg.)	MAXIMO (pulg.)	MINIMO (pulg.)	
1/2"	0.84	0.104	3.93	0.82	0.81	0.085	0.07	3.09
3/4"	1.05	0.107	5.17	1.034	1.024	0.09	0.075	4.07
1"	1.315	0.126	7.6	1.295	1.285	0.1	0.085	5.74
1 1/4"	1.66	0.133	10.27	1.645	1.63	0.105	0.085	7.5
1 1/2"	1.9	0.138	12.27	1.89	1.87	0.11	0.09	9.18
2"	2.375	0.146	16.37	2.367	2.352	0.115	0.095	12.155
2 1/2"	2.875	0.193	25.71	2.867	2.847	0.16	0.14	20.51
3"	3.5	0.205	33.48	3.486	3.466	0.16	0.14	25.07
4"	4.5	0.225	47.51	4.476	4.456	0.16	0.14	32.53
6"	6.65	0.266	83.11	-	-	-	-	-

Tabla 3.14 Características mecánicas CONDUIT

Los tubos especificados se entregan con un largo de 3.00 m. Otros largos se suministran previo acuerdo entre las partes.

<b>Regid Metal Conduit</b>	
Sobre el largo	.+/-0.250"
Sobre el diametro exterior:	
Para tubos de 1/2" hasta 2" NPS incluido	.+/-0.015"
Para tubos de 2 1/2" hasta 4" NPS incluido	.+/-0.025"
Para tubos de 6"	.+/-1%
Sobre el espesor:	.+/-12.50%
<b>Intermediate Metal Conduit</b>	
Sobre el largo	.+/-0.250"
Sobre el diametro exterior:	las especificadas en la tabla
Sobre el espesor:	las especificadas en la tabla

Tabla 3.15 Tolerancias

Características Constructivas	Designación	Condiciones de Uso	Max. Temp. de Servicio °C	Espesores de Aislación		Tensión de Servicio V	Chaqueta Exterior	Normas de Fabricación y Prueba
				Secc. Nom. mm <sup>2</sup>	Espesor mm			
Conductor unipolar, (alambre) aislación de PVC.	NYA	Ambientes secos canalizados en tuberías, bandejas, escalerillas, molduras.	70	1,5	0,6	1000	No tiene	NCH 2019 OF 87 VDE 219, VDE 472 IEC 228 NCH 1476 NCH 360
				2,5	0,7			
				4, 6	0,8			
				10, 16	1,0			
				35, 70	1,2 1,4			
Conductor unipolar, (alambre o cableado) aislación de PVC.	NSYA	Ambientes secos o húmedos canalizados en tuberías, bandejas, escalerillas, molduras, en tendidos aéreos, a la intemperie en líneas de acometida, fuera del alcance de la mano.	70	1,5 a 6	1,0	1000	No tiene	NCH 1476, NCH 360 VDE 209, VDE 472 IEC 228
				10, 16	1,2			
				25, 35	1,4			
				50, 70	1,6			
				95, 120	1,8			
				150	2,0			
				185	2,2			
				240	2,4			
300	2,6							
400	2,8							
Cable multiconductor con aislación PVC y chaqueta.	NY Y	Ambientes secos y húmedos, intemperie sin exposición a rayos solares. Tendido subterráneos en ductos o directamente en tierra.	70	1,5 410	0,8	1000	PVC	VDE 0271 NCH 360
Cable plano multi-conductor dos o tres alambres. Aislación PVC y chaqueta.	NYIFY TPS	Instalaciones sobrepuestas en ambientes interiores, no necesita ducto: Se usa también en bajadas de acometidas.	70	2x1 a 3x1,5 2x2,5 3x2,5, 2x4 2x8,37 y 2x10	0,8 0,9 1,0	1000	PVC	NCH 2019 OF 87 VDE 209, VDE 472 IEC 228 NCH 360

Características Constructivas	Designación	Condiciones de Uso	Máx. Temp. de Servicio °C	Espesores de Aislación		Tensión de Servicio V	Chaqueta Exterior	Normas de Fabricación y Prueba
				Secc. Nom. mm <sup>2</sup>	Espesor mm			
Compuesto termo-plástico no propagador de la llama. Baja emisión de humos, deslizante.	SEGUFLEX NYAF	Ambientes secos, canalizados en tuberías, bandejas, escalerillas, molduras, aisladores sobre estuco.	70	1,5 2,5 4 6	0,6 0,7 0,8 0,8	1000	No tiene	NCH 2019 OF 87 VDE 209, IEC 228 ISO 5659, UL 1581 IEC 332-1, IEC 332-3 Categoría A
Compuesto termo-plástico.	SETP	Acometida domiciliaria.	70	2x4 2x6	1,0 1,0	600	Polietileno	CHILECTRA N° 36 Rev 3, IEC 228, NCH 2019, IEC 502 NCH 360
Cable flexible, hilos de cobre blando, aislación y cubierta de PVC retardante a la llama.	HO3VV-F	Cordón flexible de uso industrial y electrodomésticos, Cordón portátil de servicio liviano.	70	0,75 1,00	0,53 0,53	300	PVC	VDE 281, Parte 401 NCH 2019 NCH 360
Cable flexible, hilos de cobre blando, aislación cubierta de PVC retardante a la llama.	HO5VV-F	Cordón portátil para uso en talleres e industrias y conexiones flexibles para equipos portátiles.	70	4	0,84	500	PVC	VDE 281, Parte 401 NCH 2019
Cable flexible, hilos de cobre blando, aislación y cubierta de PVC retardante a la llama y resistente a la luz solar.	ST	Cordones de fuerza de excelentes características eléctricas y mecánicas.	60	1,5 35	0,76 1,52	600	PVC	NCH 2013 UL 62

Características Constructivas	Designación	Condiciones de Uso	Máx. Temp. de Servicio °C	Espesores de Aislación		Tensión de Servicio V	Chaqueta Exterior	Normas de Fabricación y Prueba
				Secc. Nom. mm <sup>2</sup>	Espesor mm			
Cordón flexible, aislación y cubierta de elastómeros termo-plásticos (TPR).	SE	Cordón industrial y minero para servicio pesado, gran resistencia al impacto y abrasión, excelente flexibilidad a temperatura tan baja como -75°C, resistente al ozono y luz solar.	105	1,5 35	0,76 1,52	600	TPR	NCH 2013 UL 62
Cordón flexible. Aislación de goma, cubierta de Neopreno.	SO	Cordón industrial y minero para servicio pesado, gran resistencia al impacto y abrasión, excelente flexibilidad a temperatura baja, resistente al ozono y luz solar.	90	1,5 35	0,76 1,52	600	Neopreno	UL 62 NCH 2013
Cordón flexible. Aislación y cubierta de PVC.	SJT	Cordón servicio liviano en electrodomésticos y equipos de oficina.	60	0,5 1,5	0,76	300	PVC	UL 62 NCH 2013
Cordón flexible. Aislación y cubierta de PVC.	SVT	Cordón flexible para servicio liviano en equipos de oficina y electrodomésticos.	60	0,5 0,82	0,38	300	PVC	NCH 2013 UL 62
Cordón flexible. Aislación y cubierta de elastómeros termo-plástico (TPR).	SJE	Cordón servicio liviano en electrodomésticos y equipos de oficina.	60	0,5 1,5	0,76	300	TPR	NCH 2013 UL 62

Características Constructivas	Designación	Condiciones de Uso	Máx. Temp. de Servicio °C	Espesores de Aislación		Tensión de Servicio V	Chaqueta Exterior	Normas de Fabricación y Prueba
				Secc. Nom. mm <sup>2</sup>	Espesor mm			
Conductor unipolar, aislación PVC.	THW	Ambientes secos y húmedos canalizados en tuberías, bandejas, escalerillas, molduras.	75 en ambientes secos y húmedos	2,08 a 5,26 8,37 a 33,6 42,4 a 107 126,7 a 253 304 a 560	1,14 1,52 2,03 2,41 2,79	600	No tiene	NCH 2020 UL 1581
Conductor unipolar, aislación PVC.	THWN	Ambientes secos y húmedos canalizados en tuberías, bandejas, escalerillas, molduras. La cubierta lo hace resistente a la acción de aceites, grasas, ácidos y gasolina.	75 en ambientes secos y húmedos	2,08 a 3,31 5,26 8,37 a 13,3 21,2 a 33,6 42,4 a 107 126,7 a 253 304 a 506	0,38 0,51 0,76 1,02 1,27 1,52 1,78	600	Nylon	NCH 2020 UL 1581
Conductor unipolar, aislación PVC.	THHN	Ambientes secos y húmedos canalizados en tuberías, bandejas, escalerillas, molduras. La cubierta lo hace resistente a la acción de aceites, grasas, ácidos y gasolina.	90 en ambiente secos y 75 en ambiente húmedo	2,08 a 3,31 5,26 8,37 a 13,3 21,2 a 33,6 42,4 a 107 126,7 a 253 304 a 506	0,38 0,51 0,76 1,02 1,27 1,52 1,78	600	Nylon	NCH 2020 UL 1581
Conductor cableado, mono o multipolar, aislación y chaqueta de etil vinil acetato.	EVALEX FREETOX	En interiores, tuberías, bandejas, escalerillas, muy retardante a la llama, auto extinguyente, se quema sin emitir gases tóxicos ni corrosivos, libre de materias halógenas, indicado para uso en ambientes de trabajo cerrados como minas o túneles, o lugares de reunión de personas, baja emisión de humos.	90	1,5 a 2,5 4 a 16 25 a 35 50 a 70 95 a 120 150 185 240 300 400 500 a 630	0,8 1,0 1,2 1,4 1,6 1,8 2,0 2,2 2,4 2,6 2,8	1000	EVA	IEC 502, IEC 228 ETC 2.233 CHILECTRA K01E01 IEEE 383 Semageomin 461
Características Constructivas	Designación	Condiciones de Uso	Max. Temp. de Servicio °C	Espesores de Aislación		Tensión de Servicio V	Chaqueta Exterior	Normas de Fabricación y Prueba
				Secc. Nom. mm <sup>2</sup>	Espesor mm			
Conductor cableado o alambre, aislado o Polietileno.	PW PI	Lineas aéreas a la intemperie	75	8,37 a 21,2 33,6 a 42,4 53,5 a 107	0,76 1,14 1,52		No tiene	ICEA S70 - 547 ANSI C8-35
Conductor unipolar, cableado, aislación Polietileno normal, chaqueta PVC.	TTU	Instalaciones aéreas o subterráneas, en ducto o directamente en tierra o bajo agua interiores canalizados en ductos, bandejas o escalerillas. Ambiente secos, húmedos o mojados.	75	8,37 a 33,6 42,4 a 107 126,7 a 253,4 380 a 506,7	1,14 1,40 1,65 2,03	600	PVC	ICEA 61-402
Conductor multipolar (2, 3 ó 4 conductores por cable) aislación PVC, chaqueta PVC.	TTMU TM	Instalaciones aéreas o subterráneas, en ducto o directamente en tierra o bajo agua interiores canalizados en ductos, bandejas o escalerillas. Ambiente secos, húmedos o mojados.	75	2,08 a 5,26 8,37 a 33,6 42,4 a 107 126,7 a 253,4	1,14 1,52 2,03 2,79	600	PVC	ICEA S61_402
Conductor unipolar, cableado, aislado, Polietileno reticulado chaqueta PVC.	XTU XT	Instalaciones aéreas o subterráneas, en ducto o directamente en tierra o bajo agua interiores canalizados en ductos, bandejas o escalerillas. Ambiente secos, húmedos o mojados.	90	2,08 a 5,26 8,37 a 33,6 42,4 a 107 126,7 a 253,4 380 a 506,7	0,76 1,14 1,40 1,65 2,03	600 1000	PVC	ICEA S66-524 IEC 228, IEC 502
Conductor multipolar (2, 3 ó 4 conductores por cable) aislación Polietileno reticulado chaqueta PVC.	XTMU	Instalaciones aéreas o subterráneas, en ducto o directamente en tierra o bajo agua interiores canalizados en ductos, bandejas o escalerillas. Ambiente secos, húmedos o mojados.	90	2,08 a 5,26 8,37 a 33,6 42,4 a 107 126,7 a 253,4	1,14 1,52 2,03 2,79	600 1000	PVC	ICEA S66-524 IEC 228, IEC 502

Características Constructivas	Designación	Condiciones de Uso	Máx. Temp. de Servicio °C	Espesores de Aislación		Tensión de Servicio V	Chaqueta Exterior	Normas de Fabricación y Prueba
				Sec. Nom. mm <sup>2</sup>	Espesor mm			
Conductor monopolar, alambre o cableado. Aislación Polietileno chaqueta PVC.	PT	Instalaciones aéreas o subterráneas, en ducto o directamente en tierra o bajo agua interiores canalizados en ductos, bandejas o escaleras. Ambiente secos, húmedos o mojados.	75	8,37 a 33,6 42,4 a 107 126,7 a 253,4 380 a 506,7	1,14 1,40 1,65 2,03	600	PVC	ICEA S61-402
Conductor monopolar, alambre o cableado. Aislación etileno propileno chaqueta neopreno.	USE-RHH	Instalaciones aéreas o subterráneas, en ducto o directamente en tierra o bajo agua interiores canalizados en ductos, bandejas o escaleras. Ambiente secos, húmedos o mojados.	90	3,31 a 5,26 8,37 a 33,6 42,4 a 107 126,7 a 253,4 380 a 506,7	0,76 1,14 1,40 1,65 2,03	600	Neopreno	S 68-516
Conductor monopolar, alambre o cableado. Aislación etileno propileno chaqueta neopreno.	USE-RHHM	Instalaciones aéreas o subterráneas, en ducto o directamente en tierra o bajo agua interiores canalizados en ductos, bandejas o escaleras. Ambiente secos, húmedos o mojados.	90	3,31 a 5,26 8,37 a 33,6 42,4 a 107 126,7 a 253,4 380 a 506,7	0,76 1,14 1,40 1,65 2,03	600	Neopreno	S 68-516
Conductor monopolar, alambre o cableado. Aislación etileno propileno chaqueta PVC.	ET	Instalaciones aéreas o subterráneas, en ducto o directamente en tierra o bajo agua interiores canalizados en ductos, bandejas o escaleras. Ambiente secos, húmedos o mojados.	90	3,31 a 5,26 8,37 a 33,6 42,4 a 107 126,7 a 253,4 380 a 506,7	0,76 1,14 1,40 1,65 2,03	600	PVC	S 68-516
Conductor monopolar, alambre o cableado. Aislación etileno propileno chaqueta neopreno.	EN	Instalaciones aéreas o subterráneas, en ducto o directamente en tierra o bajo agua, interiores canalizados en ductos, bandejas o escaleras. Ambiente secos, húmedos o mojados.	90	3,31 a 5,26 8,37 a 33,6 42,4 a 107 126,7 a 253,4 380 a 506,7	0,76 1,14 1,40 1,65 2,03	600	Neopreno	S 68-516

Tabla 3.16 Tablas de conductores

### 3.25.- Clasificación de áreas peligrosas

Todo material eléctrico, especialmente los conductores, sufren grandes alteraciones en su dimensionamiento en función a la temperatura a que son sometidos.

La temperatura ambiente que se considera para un determinado componente es la temperatura en la cual este va a ser instalado, resultante de la influencia de todos los demás componentes ubicados en el mismo lugar de operación sin tomar en cuenta la contribución térmica del componente considerado.

A continuación se indican los códigos que se emplean de acuerdo al medio ambiente de la instalación.

- AA1: Congelado: - 60 C a + 5 C
- AA2: Muy Frío: - 40 C a + 5 C
- AA3: Frío: - 25 C a + 5 C
- AA4: Templado: - 5 C a + 40 C
- AA5: Caliente: - 5 C a + 40 C
- AA6: Muy Caliente: + 5 C a + 60 C.

### ***3.25.1.-Altitud***

Debido al enrarecimiento del aire en altitudes superiores a 1.000 m, algunos componentes eléctricos, tales como motores y transformadores, requieren consideraciones especiales en su dimensionamiento.

La clasificación es la siguiente:

- AC1: Baja:  $\leq 2.000$  m.
- AC2: Alta:  $\geq 2.000$  m.

### ***3.25.2.-Presencia de agua***

La presencia de agua es factor preocupante en la selección de equipos eléctricos.

La clasificación es:

- AD1: Despreciable
- AD2: Caída de gotas de agua
- AD3: Aspersión de agua
- AD4: Proyección de agua
- AD5: Chorros de agua
- AD6: Olas
- AD7: Inmersión
- AD8: Sumergido

### ***3.25.3.-Presencia de cuerpos solidos***

El polvo ambiental perjudica la aislación de los equipos principalmente cuando esta asociado a la humedad y a la seguridad de las personas cuando hay posibilidad de contacto accidental, esto implica el establecimiento de la siguiente clasificación:

- AE1: Despreciable
- AE2: Objetos Pequeños
- AE3: Objetos muy pequeños
- AE4: Polvo

### ***3.25.4.-Presencia de sustancias corrosivas o poluentes***

Estas sustancias son altamente perjudiciales para los materiales eléctricos en general, sobre todo para las aislaciones.

La clasificación de esos ambientes es:

- AF1: Despreciable
- AF2: Agentes corrosivos de origen atmosférico
- F3: Acciones intermitentes o accidentales de productos químicos corrosivos o poluentes.
- AF4: Acción permanente de agentes químicos corrosivos o poluentes en cantidades significativas.

### ***3.25.5.-Vibraciones***

Las vibraciones son perjudiciales al funcionamiento de los equipos, notoriamente a las conexiones eléctricas correspondientes, cuya clasificación es:

- AH1: Bajas: Despreciables
- AH2: Medias: Vibraciones con frecuencia entre 10 y 15 Hz amplitud igual o inferior a 0.15 mm.
- AH3: Significativas: vibraciones con frecuencia entre 10 y 150 Hz y amplitud igual o inferior a 0.35 mm.

### ***3.25.6.-Radiación solar***

La radiación, principalmente la ultravioleta, altera la estructura de algunos materiales, por lo que la aislación, que son a base de compuestos plásticos, son las más perjudicadas.

La clasificación es:

- AN1: Despreciable
- AN2: Significativas

### ***3.25.7.-Rayos***

Los rayos pueden causar serios daños a los equipos eléctricos, tanto por la sobre tensión, como por la incidencia directa sobre los referidos equipos.



Su clasificación es la siguiente:

- AQ1: Despreciable
- AQ2: Indirectos: sobre tensiones en la red de alimentación
- AQ3: Directos: incidencia sobre los equipos

### **3.25.8.-Grados de protección**

Reflejan la protección de los cubículos metálicos en cuanto a la entrada de cuerpos extraños y penetración de agua por los orificios destinados a la ventilación o instalación de instrumentos, por las ranuras de chapas, puertas, etc.

Las normas especifican el grado de protección a través de un código compuesto por las letras IP, seguidas de dos números que significan:

#### **a) Primer Número**

Indica el grado de protección en cuanto a la penetración de cuerpos sólidos y contactos accidentales, estos son:

- 0 Sin protección
- 1 Cuerpos extraños con dimensiones arriba de 50 mm
- 2 Cuerpos extraños con dimensiones arriba de 12 mm
- 3 Cuerpos extraños con dimensiones arriba de 2.5 mm
- 4 Cuerpos extraños con dimensiones arriba de 1 mm
- 5 Protección contra acumulación de polvo
- 6 Protección contra penetración de polvo

#### **b) Segundo Número**

Indica el grado de protección contra la penetración de agua internamente en la envoltura, o sea:

- 0 Sin Protección
- 1 Chorros de agua en vertical
- 2 Chorros de agua hasta una inclinación de 15 grados con la vertical.
- 3 Agua de lluvia hasta una inclinación de 60 grados con la vertical
- 4 Salpicaduras de agua en todas las direcciones
- 5 Olas de agua en todas las direcciones
- 6 Inmersión temporaria
- 7 Inmersión
- 8 Sumersión

A través de las varias combinaciones entre los dos números citados, se puede determinar el grado de protección deseado para un determinado tipo de tablero metálico para equipos eléctricos, en función de su aplicación en una actividad específica.

Debido a una economía de escala los fabricantes estandarizan sus modelos para un tipo de protección, siendo más comunes el IP 54 destinados a ambientes exteriores y el IP 53 destinados en ambientes interiores.

### **3.26.- Equipos y materiales a prueba de explosión**

Las industrias, en general, están permanentemente sujetas a riesgos de incendio dependiendo del producto que fabrican, son bastante vulnerables a explosiones a lo que normalmente le sigue un incendio.

Para prevenir esos riesgos es bueno tomar en cuenta algunas consideraciones como por ejemplo:

- a) Todas las partes de las instalaciones eléctricas deben ser proyectadas, ejecutadas y conservadas para prevenir los riesgos de incendio y explosiones.
- b) Las instalaciones eléctricas sujetas a mayor riesgo de incendio y explosión, deben ser protegidas con dispositivos automáticos de protección contra sobre tensión y sobre corriente, de detección, alarma y extinción de incendios.
- c) Los extinguidores de incendios, en las instalaciones eléctricas, deben ser de tipo de dióxido de carbono e instalados en lugares señalizados, protegidos de la intemperie.
- d) Ambientes sujetos a la presencia de gases inflamables tienen que presentar las siguientes condiciones mínimas de seguridad:
  - Ser equipados con puertas de tipo corta fuego.
  - Poseer un sistema eléctrico de tipo a prueba de explosión.
  - Poseer señalización que informe algún riesgo existente.
- e) Las partes de las instalaciones eléctricas sujetas a acumulación de electricidad estática deben ser aterradas.
- f) Las partes metálicas de las instalaciones destinadas a distribuir y almacenar los líquidos inflamables o secos polvorientos y no conductores deben ser conectadas eléctricamente entre si a tierra en puntos suficientes para garantizar la descarga continua de toda la electricidad estática que en ella se acumule.

## 4. PROTECCION DE LOS SISTEMAS ELECTRICOS INDUSTRIALES

### 4.1.- Esquemas de protección eléctrica en plantas industriales

#### 4.1.1 Estructura de un sistema de protección

La gran importancia de la función realizada por el sistema de protección hace aconsejable dotarlo de una estructura impida que el fallo de uno cualquiera de sus equipos deje desprotegida la instalación y desencadene una serie de consecuencias indeseables.

Un análisis técnico aconsejaría cubrir mediante equipos de respaldo el posible fallo de los equipos de protección principales, sin embargo consideraciones de tipo económico hacen inviable la utilización de equipos de respaldo en los casos que la experiencia muestra que la probabilidad de producirse una falla es mínima, por el contrario en casos como el de la protección de líneas aéreas que soportan estadísticamente alrededor del 90% de las fallas que ocurren en una instalación, el establecimiento de sistemas de respaldo resulta imprescindible. Por esta razón el sistema de protección de la red se estructura en base a:

- Protecciones primarias
- Protecciones de respaldo

#### 4.1.2 Protecciones primarias

Las protecciones primarias son aquellas que tienen la responsabilidad de despejar la falla en primera instancia. Están definidas para desconectar el mínimo número de elementos necesarios para aislar la falla.

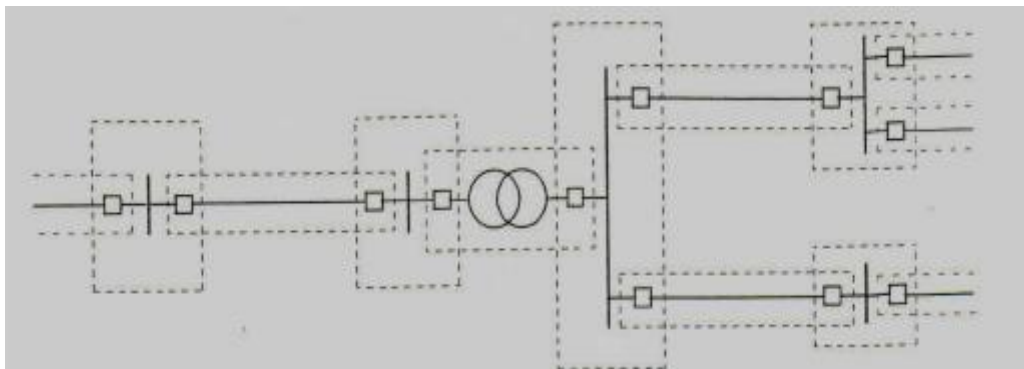


Figura 4.1 Diagrama unifilar de protecciones primarias

Con el fin de optimizar sus prestaciones la instalación se divide en zonas de protección primaria definidas en torno a cada elemento importante, tal como se indica en la figura, cada zona se traslapa con sus adyacentes con el fin de evitar que se produzcan zonas muertas no cubiertas por protecciones primarias.

El traslape entre dos zonas se establece alrededor del interruptor común a ambas que sirve de separación entre los dos elementos contiguos correspondientes.

Cuando se produce una falla en el interior de una zona las protecciones primarias correspondientes deben disparar los interruptores pertenecientes a la misma, pero solamente estos y ninguno más debe ser disparado para despejar la falla. Únicamente en el caso, poco probable pero posible de que la falla se produzca en la zona traslapada, la actuación de las protecciones primarias pueden llevar a desconectar un área más amplia que la estrictamente necesaria para aislar la falla.

### **4.1.3 Protecciones de respaldo**

Las protecciones de respaldo son aquellas que tienen la responsabilidad de despejar la falla en segunda instancia, es decir, solamente deben operar en el caso de que hayan fallado las protecciones primarias correspondiente. Por esta razón es muy importante independizar entre su las causas de fallo de la protección principal y de respaldo de forma tal que nada que pueda producir el fallo en la protección principal sea capaz también de provocar el fallo de la protección de respaldo. Usualmente esto se consigue empleando distintos elementos y circuitos de alimentación, control, etc., en uno y otro tipo de protección,

Las protecciones de respaldo deben operar con retardo en tiempo respecto a las principales con el fin de dejarles tiempo suficiente para que puedan actuar, Una vez que se haya producido esta actuación las protecciones de respaldo deben ser reinicializadas con el fin de impedir innecesarias aperturas de interruptores.

Se denomina protección de respaldo local a aquella que se ubica en la misma subestación que la protección primaria correspondiente. La duplicidad de elementos, como por ejemplo los transformadores de media para protección que las alimentan se hace imprescindible en algunos casos si se requiere conseguir independizar las causas de fallo en uno y otro tipo de protección.

Cuando la protección de respaldo está instalada en una subestación contigua a la que contiene la protección principal que recibe el nombre de protección de respaldo remoto. Las protecciones de respaldo remoto presentan la ventaja de separar como consecuencia de su propia filosofía de instalación las causas de fallo respecto a las protecciones primarias correspondientes. Sin embargo presentan el inconveniente de que su actuación conduce siempre a la desconexión de un área de la red mayor que la estrictamente necesaria para aislar la falla.

Finalmente es necesario señalar que una misma protección puede desempeñar funciones de protección primaria para un determinado elemento y al mismo tiempo funciones de protección de respaldo para otro elemento. Asimismo cuando las protecciones primarias se encuentran fuera de servicio debido a tareas de reparación o mantenimiento, las protecciones de respaldo correspondientes se convierten en protección primaria frente a las fallas que puedan producirse.

#### 4.2.- Diagramas esquemáticos de protección trifilares

En los diagramas trifilares de protección se grafica línea a línea todo el tendido de la instalación de los sistemas industriales y se refiere a la protección trifásica cuando esta se encapsula dentro del diagrama para simbolizar que es un mismo dispositivo trifásico de protección; no así en dispositivos monofásicos que aun que son el mismo símbolo no se encapsulan.

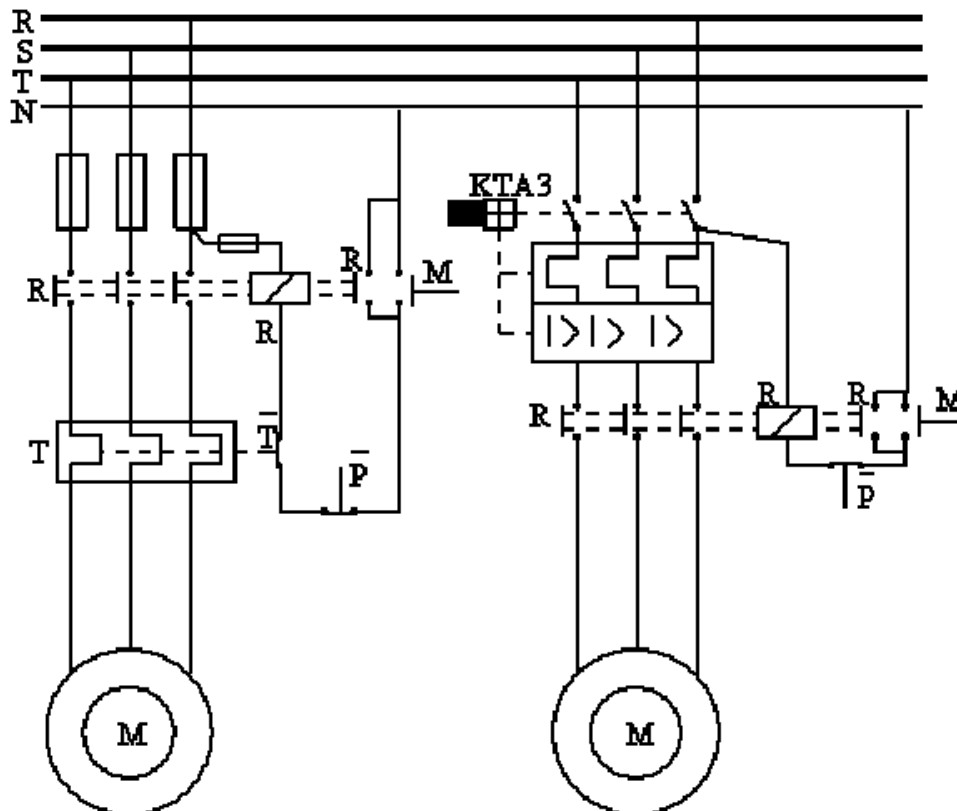


Figura 4.2 Diagrama trifilar con protecciones monofásicas y trifásicas

### 4.3.- Cálculo y selección de transformadores de instrumento

Son aparatos en que la corriente secundaria, dentro de las condiciones normales de operación, es prácticamente proporcional a la corriente primaria, aunque ligeramente desfasada. Desarrollan dos tipos de función: transformar la corriente y aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta tensión.

El primario del transformador, que consta de muy pocas espiras, se conecta en serie con el circuito cuya intensidad se desea medir y el secundario se conecta en serie con las bobinas de corriente de los aparatos de medición y de protección que requieran ser energizados.

Las espiras del arrollamiento primario suelen ser una o varias, las cuales se pueden a su vez dividir en dos partes iguales y conectarse en serie o paralelo para cambiar la relación, y atraviesan el núcleo magnético, cuya forma suele ser cerrada tipo toroidal o puede tener un cierto entrehierro, sobre el cual se arrollan las espiras del secundario de una forma uniforme, consiguiendo así reducir al mínimo el flujo de dispersión. Este arrollamiento es el que se encarga de alimentar los circuitos de intensidad de uno o varios aparatos de medida conectados en serie.

Se puede dar también la existencia de varios arrollamientos secundarios en un mismo transformador, cada uno sobre su circuito magnético, uno para medida y otro para protección. De esta forma no existe influencia de un secundario sobre otro.

Si el aparato tiene varios circuitos magnéticos, se comporta como si fueran varios transformadores diferentes. Un circuito se puede utilizar para mediciones que requieren mayor precisión, y los demás se pueden utilizar para protección. Por otro lado, conviene que las protecciones diferenciales de cables o transformadores de potencia y de distancia se conecten a transformadores de corriente independientes.

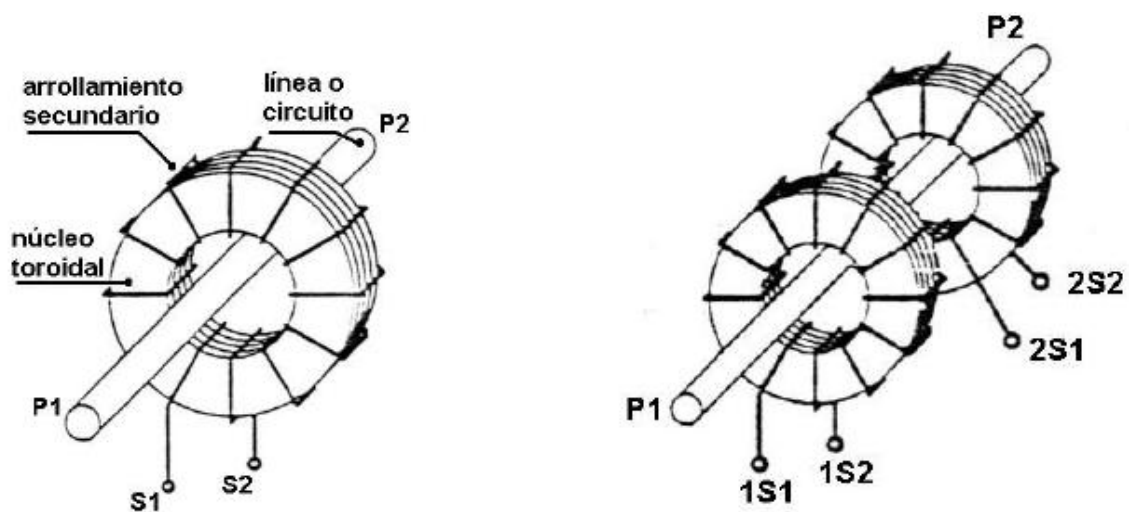


Figura 4.3 Transformadores de instrumento

Los transformadores de corriente se pueden fabricar para servicio interior o exterior. Los de servicio interior son más económicos y se fabrican para tensiones de servicio de hasta 36 kV, y con aislamiento en resina sintética. Los de servicio exterior y para tensiones medias se fabrican con aislamiento de porcelana y aceite, o con aislamientos a base de resinas que soportan las condiciones climatológicas. Para altas tensiones se continúan utilizando aislamientos a base de papel y aceite dentro de un recipiente metálico, con aisladores de porcelana. Actualmente se utilizan resinas dentro de un aislador de porcelana, o gas SF<sub>6</sub> y cubierta de porcelana.

La tensión del aislamiento de un transformador de corriente debe ser, cuando menos, igual a la tensión más elevada del sistema al que va a estar conectado. Para el caso de los transformadores utilizados en protecciones con relevadores digitales se requieren núcleos que provoquen menores saturaciones que en el caso de los relevadores de tipo electromagnético, ya que las velocidades de respuesta de las protecciones electrónicas son mayores.

Los transformadores de corriente pueden ser de medición, de protección, mixtos o combinados.

***Transformador de medición.*** Los transformadores cuya función es medir, requieren reproducir fielmente la magnitud y el ángulo de fase de la corriente. Su precisión debe garantizarse desde una pequeña fracción de corriente nominal del orden del 10%, hasta un exceso de corriente del orden del 20%, sobre el valor nominal.

***Transformadores de protección.*** Los transformadores cuya función es proteger un circuito, requieren conservar su fidelidad hasta un valor de veinte veces la magnitud de la corriente nominal, cuando se trata de grandes redes con altas corrientes puede ser necesario requerir treinta veces la corriente nominal. En el caso de los relevadores de sobre corriente, sólo importa la relación de transformación, pero en otro tipo de relevadores, como pueden ser los de impedancia, se requiere además de la relación de transformación, mantener el error del ángulo de fase dentro de valores predeterminados.

***Transformadores mixtos.*** En este caso, los transformadores se diseñan para una combinación de los dos casos anteriores, un circuito con el núcleo de alta precisión para los circuitos de medición y uno o dos circuitos más, con sus núcleos adecuados, para los circuitos de protección.

***Transformadores combinados.*** Son aparatos que bajo una misma cubierta albergan un transformador de corriente y otro de tensión. Se utilizan en estaciones de intemperie fundamentalmente para reducir espacios.

#### 4.4.- Cálculo y selección de relevadores y dispositivos de protección

Los cortacircuitos fusibles son el medio más antiguo de protección de los circuitos eléctricos y se basan en la fusión por efecto de Joule de un hilo o lámina intercalada en la línea como punto débil.

Los cortacircuitos fusibles o simplemente fusibles son de formas y tamaños muy diferentes según sea la intensidad para la que deben fundirse, la tensión de los circuitos donde se empleen y el lugar donde se coloquen.

El conductor fusible tiene sección circular cuando la corriente que controla es pequeña, o está formado por láminas si la corriente es grande. En ambos casos el material de que están formados es siempre un metal o aleación de bajo punto de fusión a base de plomo, estaño, zinc, etc.

Fundamentalmente encontraremos dos tipos de fusibles en las instalaciones de baja tensión:

- gI (fusible de empleo general)
- aM (fusible de acompañamiento de Motor)

Los fusibles de tipo gI se utilizan en la protección de líneas, estando diseñada su curva de fusión "intensidad-tiempo" para una respuesta lenta en las sobrecargas, y rápida frente a los cortocircuitos.

Los fusibles de tipo aM, especialmente diseñados para la protección de motores, tienen una respuesta extremadamente lenta frente a las sobrecargas, y rápida frente a los cortocircuitos. Las intensidades de hasta diez veces la nominal ( $10 I_n$ ) deben ser desconectadas por los aparatos de protección propios del motor, mientras que las intensidades superiores deberán ser interrumpidas por los fusibles aM.

La intensidad nominal de un fusible, así como su poder de corte, son las dos características que definen a un fusible.

La intensidad nominal es la intensidad normal de funcionamiento para la cual el fusible ha sido proyectado, y el poder de corte es la intensidad máxima de cortocircuito capaz de poder ser interrumpida por el fusible.

Para una misma intensidad nominal, el tamaño de un fusible depende del poder de corte para el que ha sido diseñado, normalmente comprendido entre 6 y 100 A



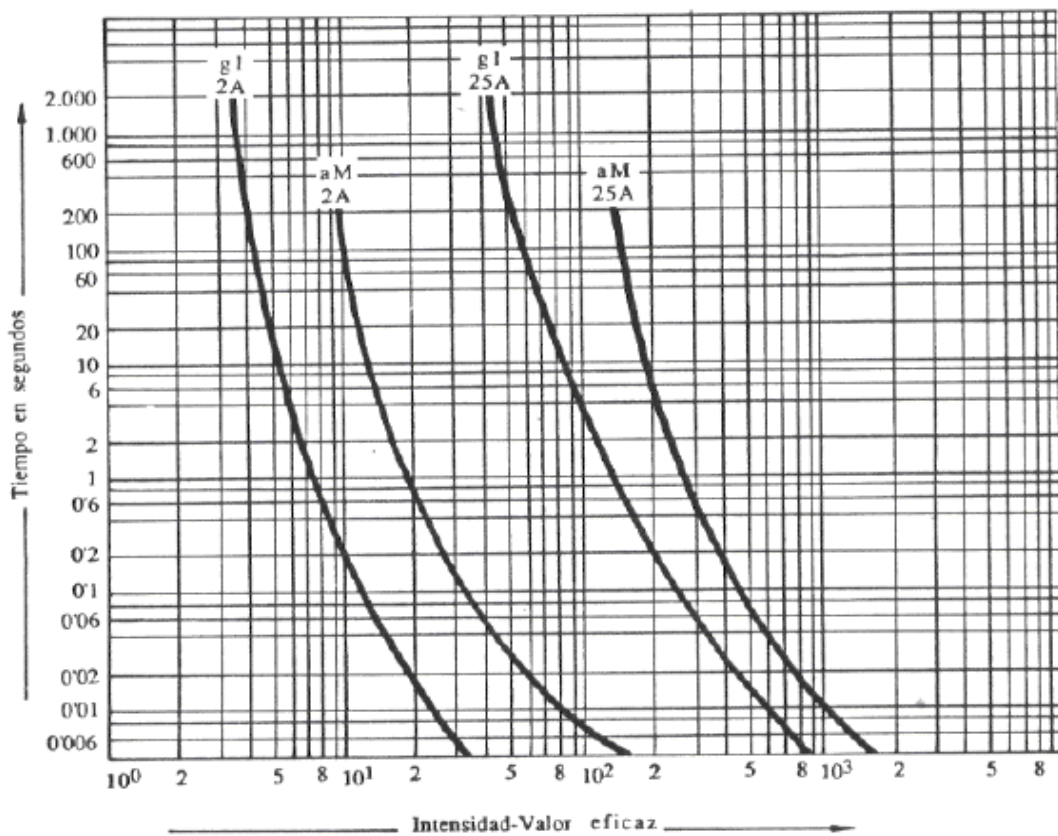


Figura 4.4 Curvas características de los fusibles

Un gran inconveniente de los fusibles es la imprecisión que tiene su curva característica de fusión frente a otros dispositivos que cumplen el mismo fin, tales como los interruptores automáticos. Esto equivale a decir que la banda de dispersión de los fusibles es mayor que la de los interruptores automáticos, pese a que el fabricante solamente facilita la curva media de los fusibles.

Otro inconveniente de los fusibles es la facilidad que tienen de poder ser usados con una misma disposición de base, hilos o láminas no adecuadas. Así mismo, la independencia de actuación de los fusibles en una línea trifásica supone un serio problema, ya que con la fusión de uno de ellos se deja a la línea a dos fases, con los inconvenientes pertinentes que ello conlleva.

La selectividad entre fusibles es importante tenerla en cuenta, ya que de ello dependerá el buen funcionamiento de los circuitos. Idéntico problema se nos presentara con la selectividad de los interruptores automáticos.

Entre la fuente de energía y el lugar de defecto suele haber varios aparatos de protección contra cortocircuitos. Para desconectar la zona afectada, es necesario que los fusibles reaccionen de forma selectiva, es decir, debe desconectar primero el fusible más próximo al lugar de defecto. Si por alguna causa este fusible no responde correctamente, debe actuar el siguiente, y así sucesivamente.

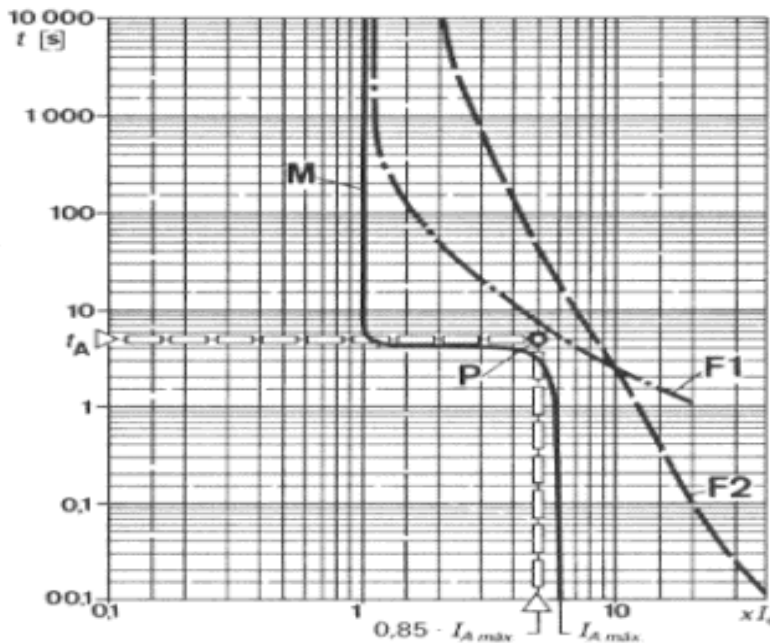
#### 4.4.1 Intensidad nominal mínima admisible en un fusible aM

La intensidad nominal mínima del fusible de protección de un motor se determina a partir de la intensidad de arranque y del tiempo de arranque del mismo. En un arranque normal un fusible no debe fundir ni envejecer.

En los motores de jaula de ardilla (arranque directo) la intensidad de arranque es aproximadamente de 4 a 8 veces la intensidad nominal. El tiempo de arranque depende del par de giro del motor y del momento de inercia de todas las masas a acelerar; este tiempo suele estar comprendido entre 0,2 y 4 segundos, pudiendo ser mayor en casos especiales de "arranque difícil".

En los motores de anillos rozantes y motores de jaula de ardilla con arranque estrella-triángulo, la intensidad de arranque suele estar comprendida entre 1,1 y 2,8 veces la intensidad nominal. El tiempo de arranque en estos casos varía muy ampliamente.

Para tiempos de arranque de hasta 5 segundos, la intensidad nominal del fusible puede ser igual a la intensidad nominal de empleo del motor, pero para valores iguales o superiores es conveniente determinar la intensidad nominal del fusible, teniendo en cuenta las curvas características intensidad tiempo de arranque del motor y de los relevadores térmico de protección. Seguidamente veamos el caso de un motor cuya intensidad de arranque es seis veces el valor nominal y el tiempo es de cinco segundos.



M = Evolución de la intensidad de arranque del motor.

$I_{\text{max}}$  = Intensidad en el arranque.

$t_A$  = Tiempo de arranque.

$F_1$  = Característica de disparo del relé térmico.

$F_2$  = Característica media del fusible elegido.

P = Punto determinante de la intensidad nominal mínima.

Figura 4.5 Curva característica del fusible aM

La intensidad nominal mínima del fusible la podemos obtener mediante la intersección de dos líneas, la determinada por el tiempo de arranque  $t_A$  y la correspondiente a 0,85 de la intensidad nominal  $I_A$ . El punto así determinado nos marca el límite inferior de la banda de dispersión del fusible, por lo tanto el fusible elegido deberá pasar por encima de este punto.

Observando la curva característica de la protección térmica F1 y la curva característica del fusible elegido F2, podremos observar cómo la actuación de relevadores térmico se extiende hasta diez veces la intensidad nominal (intersección de F1 con F2), y a partir de este valor será el fusible el encargado de proteger el motor.

#### 4.4.2 Interruptores Magnéticos

Son interruptores automáticos que reaccionan ante sobre intensidades de alto valor, cortándolas en tiempos lo suficientemente cortos como para no perjudicar ni a la red ni a los aparatos asociados a ella. Para iniciar la desconexión se sirven del movimiento de un núcleo de hierro dentro de un campo magnético proporcional al valor de la intensidad que circula. La curva característica de un disparo magnético es la representada en la figura siguiente.

El dispositivo permite trabajar en la zona A pero no en la B. La desconexión se efectúa cuando las condiciones del circuito llegan a la zona rayada de separación entre ambas. Así pues, para la curva ejemplo de la figura, cualquier intensidad menor de 4,25 A, no provocaría la desconexión, por más tiempo que estuviera circulando. En cambio, para cualquier intensidad mayor de 4,75 A, provocaría la desconexión inmediata.

El límite inferior de la curva (unos 4 milisegundos), viene determinado por el tiempo que transcurre desde el instante de establecimiento de la intensidad, hasta la extinción del arco. Este tiempo marca la inercia mecánica y eléctrica propia de estos aparatos.

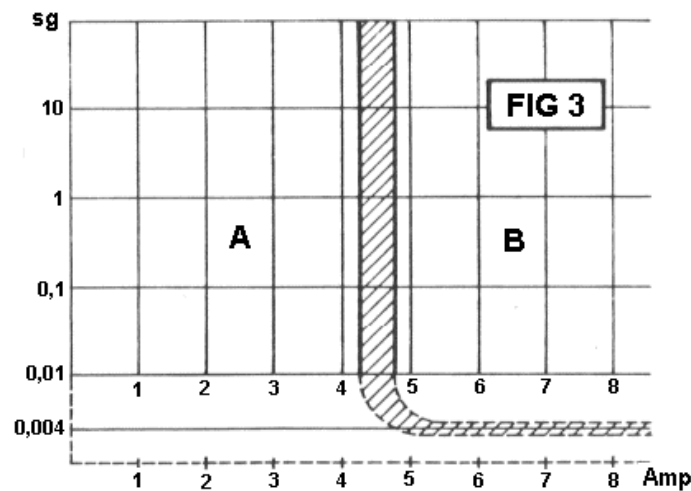


Figura 4.6 Curva característica de un interruptor magnético

### 4.4.3 Interruptores Térmicos

Son interruptores automáticos que reaccionan ante sobre intensidades ligeramente superiores a la nominal, asegurando una desconexión en un tiempo lo suficientemente corto para no perjudicar ni a la red ni a los receptores asociados con él.

Para provocar la desconexión, aprovechan la deformación de una lámina bimetálica, que se curva en función del calor producido por la corriente al pasar a través de ella.

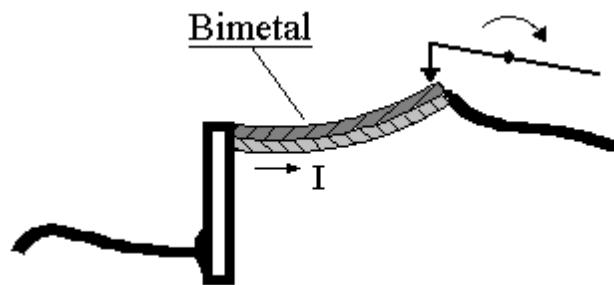


Figura 4.7 Efecto bimetálico

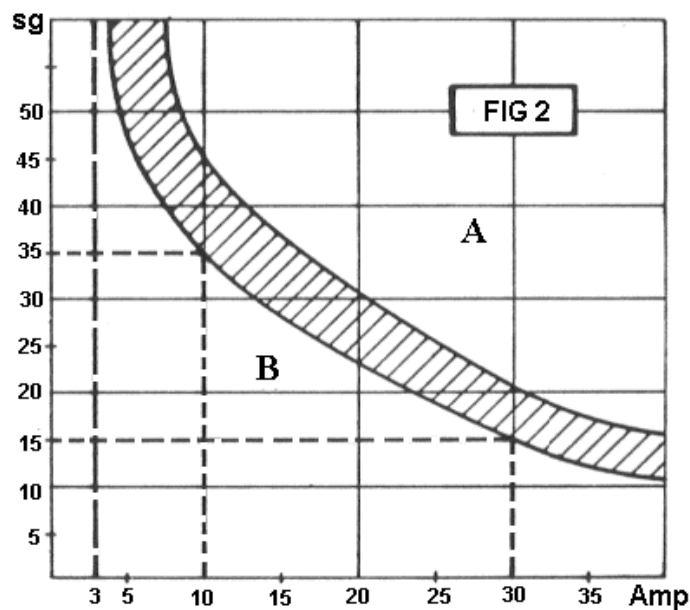


Figura 4.8 Curva característica de un interruptor térmico

La curva característica de un disparo térmico es la representada en la figura.

El dispositivo térmico permite trabajar en la zona A pero no llegar a la zona B. La interrupción del circuito se efectúa siempre cuando las condiciones de trabajo llegan a la zona rayada que marca la separación entre ambas. Esta zona rayada marca las tolerancias lógicas que tendrá la fabricación de este tipo de aparatos.

Así, pues, en la curva de la figura, que citamos a título de ejemplo, circulando una intensidad de 3A., el interruptor no desconectaría nunca.

Con 10A. Iniciaría la desconexión a los 35 seg., y con 30 A. la desconexión se iniciará a los 15 seg.

La forma y límites de la curva característica de un interruptor térmico varían según la técnica empleada en el sistema de caldeo de la bilámina.

#### 4.4.4 Interruptores Magneto-térmicos

Mejor conocidos como termomagnéticos generalmente, los interruptores automáticos combinan varios de los sistemas de protección descritos, en un solo aparato. Los más utilizados son los magneto-térmicos.

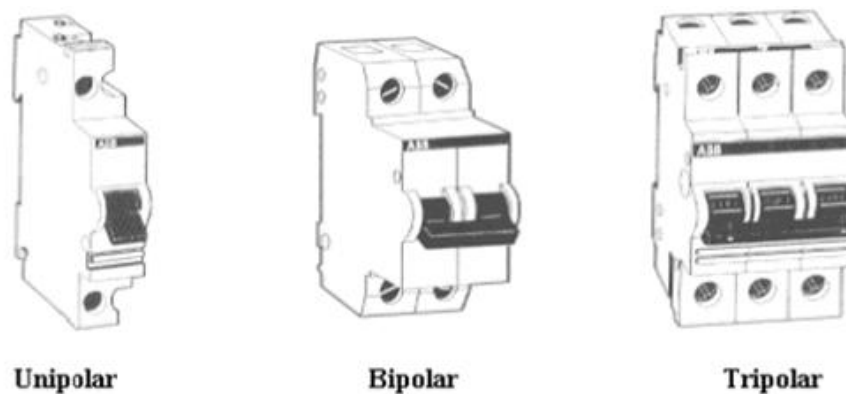


Figura 4.9 Interruptores magneto térmica

Poseen tres sistemas de desconexión: manual, térmico y magnético.

Cada uno puede actuar independientemente de los otros, estando formada su curva de disparo por la superposición de ambas características, magnética y térmica.

En el gráfico de la figura 4. puede verse la curva de desconexión de un magneto-térmico, en la que se aprecia una zona A, claramente térmica, una zona B que corresponde a la reacción magnética, y la zona de solape C, en donde el disparo puede ser provocado por el elemento magnético o térmico indistintamente.

Normalmente, en los gráficos en que se ilustra la curva característica de los magneto-térmicos, se concede el eje vertical a la escala de tiempos, graduada logarítmicamente, y el eje horizontal a la escala de intensidades, graduada también a escala logarítmica, y en múltiplos de la intensidad nominal. Así, por ejemplo, un punto 3 In corresponderá a 30A, si el aparato es de 10A, o bien a 75A, si el aparato es de 25A, etc.

Como en casos anteriores, la zona de tolerancia delimita las dos zonas características de "no desconexión" y de "segura desconexión". Así, para una intensidad  $2,5 I_n$  podría suceder la desconexión entre los 15 y los 60 sg, siendo correcto cualquier tiempo intermedio de disparo. Mecánicamente, podemos decir que estos interruptores disponen de desconexión libre, es decir, que cuando se produce una desconexión, ya sea por sobrecarga o cortocircuito, el aparato desconecta aunque se sujete la manecilla de conexión. Para los magneto-térmicos bipolares o tripolares, podemos decir también que cuando una fase es afectada en la desconexión, ésta se efectúa simultáneamente en todos los polos mediante transmisión interna, independiente de la pieza de unión entre manecillas.

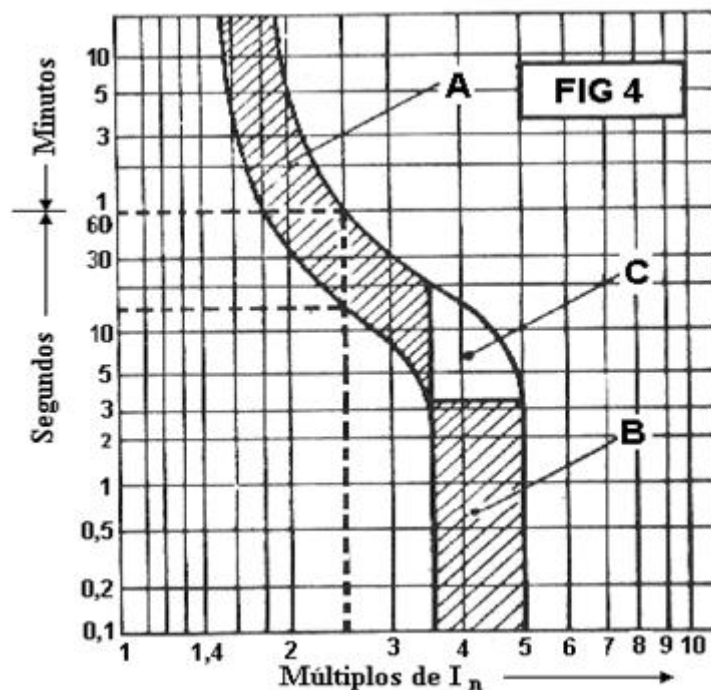


Figura 4.10 Curva característica de interruptor magneto térmica

#### 4.4.5 Reles térmicos bimetálicos

Los relevadores térmicos bimetálicos constituyen el sistema más simple y conocido de la protección térmica por control indirecto, es decir, por calentamiento del motor a través de su consumo.

Los bimetales están formados por la soldadura al vacío de dos láminas de materiales de muy diferente coeficiente de dilatación (generalmente ínvar y ferroniquel). Al pasar la corriente eléctrica, los bimetales se calientan y se curvan, con un grado de curvatura que depende del valor de la corriente y del tiempo.

En caso de sobrecarga, al cabo de un determinado tiempo definido por su curva característica, los bimetales accionan un mecanismo de disparo y provocan la

apertura de un contacto, a través del cual se alimenta la bobina del contactor de maniobra. Este abre y desconecta el motor.

En los relevadores térmicos diferenciales se dispone de un sistema mecánico diferencial para la protección contra fallos de fase. Si durante la marcha del motor se interrumpe una fase (p.e. L3), el bimetálico de esta fase se enfría y se desplaza hacia la izquierda la regleta superior. Con ello se consigue una carrera adicional en el extremo de la palanca, de forma que con una menor deformación de los otros dos bimetálicos se produce el disparo. El efecto resultante es un desplazamiento de la curva de disparo según la línea de trazos de la curva característica, de forma que éste se produce con una intensidad inferior a la nominal (generalmente a 0,85 de la nominal).

Se trata, pues, de una protección contra fallos de fase muy relativa, ya que el tiempo de disparo depende de la intensidad que esté consumiendo el motor. Si en el momento del fallo de fase esta intensidad fuera inferior al valor ajustado en el relevador, éste no dispararía o lo haría en un tiempo muy grande. En cualquier caso se trata de un disparo lento, ya que incluso con la intensidad nominal habría que esperar un tiempo de aproximadamente 100 segundos.

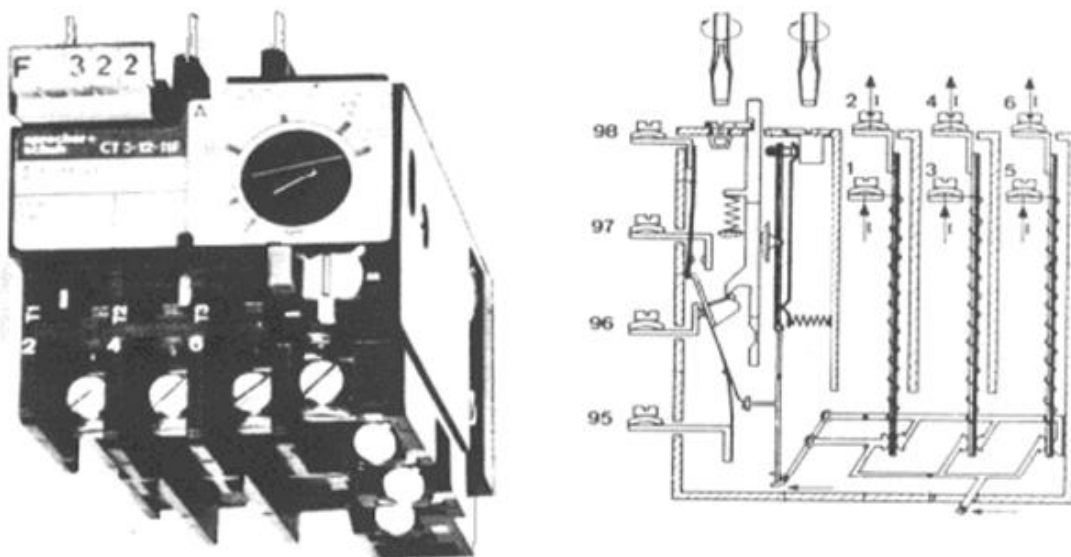


Figura 4.11 Rele térmico bimetálico

Por otra parte, los relevadores térmicos tienen una curva de disparo fija y está prevista para motores con arranque normal, es decir, con tiempos de arranque del orden de 5 a 10 segundos.

En los casos de arranque difícil (p.e. en centrifugadoras, molinos, grandes ventiladores, etc.), que tienen un mayor tiempo de arranque, la curva de disparo resulta demasiado rápida y el relevador térmico dispararía durante el arranque. Para

evitar esto hay que recurrir a algún procedimiento especial como puentear el térmico durante el arranque o alimentarlo a través de transformadores saturables. Esto además de encarecer considerablemente el arrancador, supone emplear procedimientos sin fundamento físico porque en realidad lo que se hace es engañar a la protección.

Así pues, el sistema de protección por relevadores térmicos bimetálicos es generalmente utilizado por ser, con mucho, el más simple y económico, pero no por ello se deben dejar de considerar sus limitaciones, entre las cuales podemos destacar las siguientes:

- Curva de disparo fija, no apta para arranques difíciles.
- Ajuste impreciso de la intensidad del motor.
- Protección lenta o nula contra fallos de fase, dependiendo de la carga del motor.
- Ninguna señalización selectiva de la causa de disparo.
- Imposibilidad de autocontrolar la curva de disparo.

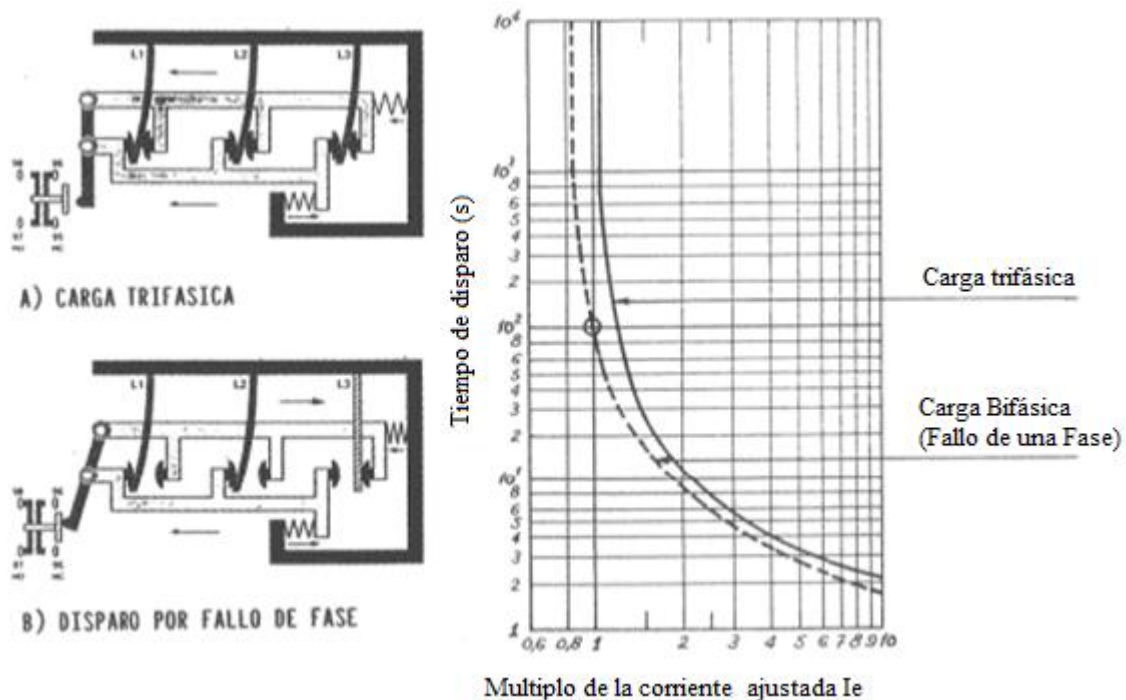


Figura 4.12 Curva característica de un rele térmico bimetálico

#### 4.4.6 Interruptor automático de motor (guardamotor)

Los interruptores automáticos de motor utilizan el mismo principio de protección que los interruptores magnetotérmicos. Son aparatos diseñados para ejercer hasta 4 funciones:



- Protección contra sobrecargas.
- Protección contra cortocircuitos.
- Maniobras normales manuales de cierre y apertura.
- Señalización.

Este tipo de interruptores, en combinación con un contactor, constituye una solución excelente para la maniobra de motores, sin necesidad de fusibles de protección. En la figura podemos ver dos circuitos diferentes de alimentación de un motor según dos procedimientos; el primero utiliza los fusibles de protección de líneas, el imprescindible contactor y su relevador térmico; el segundo solamente utiliza un interruptor automático de motor y un contactor. Las diferencias son notables, así que veamos los inconvenientes y ventajas estudiando la composición del interruptor automático de motor.

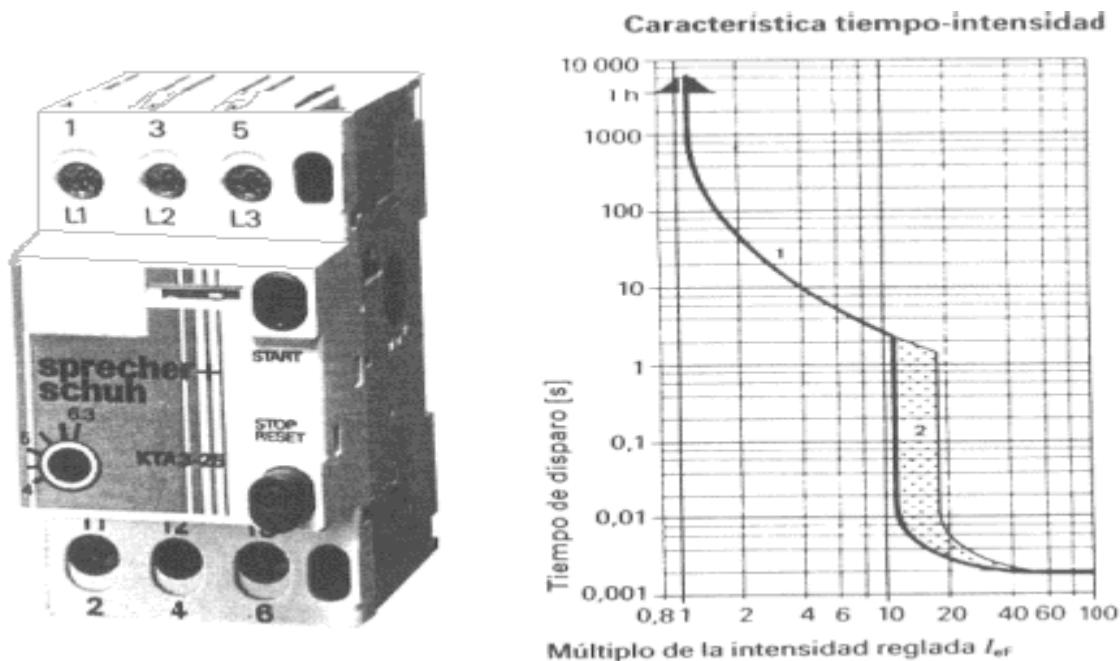


Figura 4.13 Curva característica y figura de un interruptor automático de motor

Como ya hemos dicho, estos interruptores disponen de una protección térmica. Cada uno de los tres polos del interruptor automático dispone de un disparador térmico de sobrecarga consistente en unos bimetales por los cuales circula la intensidad del motor. En caso de una sobrecarga el disparo se produce en un tiempo definido por su curva característica.

La intensidad de disparo térmico es regulable dentro de ciertos límites. Para el modelo KTA3 de Sprecher existen 13 modelos con intensidades comprendidas entre

0,1 A hasta 25 A. disponiendo cada uno de ellos de un campo de reglaje determinado.

La protección magnética o disparador magnético de cortocircuito consiste en un electroimán por cuyo arrollamiento circula la corriente del motor y cuando esta alcanza un valor determinado se acciona bruscamente un núcleo percutor que libera la retención del mecanismo de disparo, obteniéndose la apertura de contactos en un tiempo inferior a 1 ms. La intensidad de funcionamiento del disparador magnético es de 11 a 18 veces la intensidad de reglaje, correspondiente a los valores máximo y mínimo del campo de reglaje.

Otra característica interesante en este tipo de aparatos es la limitación de la corriente de cortocircuito por la propia resistencia interna del interruptor, correspondiente a los bimetales, disparadores magnéticos y contactos. Este efecto disminuye a medida que aumenta la intensidad nominal del aparato.

Gracias al diseño optimizado de las piezas de los contactos y de las cámaras de extinción, estos aparatos tienen un poder de corte muy elevado.

Así, por ejemplo, a 380V. el poder de corte es de 100 kA. Para los aparatos de hasta 6,3 A; de 6,3 – 10 A. el poder de corte es de 10 kA, y de 10 – 25 A. el poder de corte es de 6 kA.

Una tecla de conexión START y otra de desconexión STOP o RESET permiten el mando manual del interruptor, lo cual le faculta para que en ciertos circuitos se pueda prescindir del contactor.

Un botón giratorio, situado a un costado del interruptor, permite seleccionar la función T “TRIP”, de disparo con señalización y bloqueo de la reconexión directa. Esta función tiene la misión de que en el caso de disparo por sobrecarga o cortocircuito la tecla STOP se desplace a una posición intermedia, aproximadamente a la mitad de su carrera total, indicando con ello el motivo de la desconexión. Para efectuar la nueva conexión manual es necesario pulsar a fondo la tecla STOP.

Estos interruptores, en su lateral izquierdo, disponen de un alojamiento para la colocación de un bloque de contactos auxiliares. Un contacto normalmente cerrado y otro normalmente abierto pueden servirnos para todas aquellas funciones de señalización que deseemos.

#### **4.5.- Curvas tiempo-corriente de los dispositivos de protección**

Según sean los límites que posea la curva característica de un magnetotérmico, así será su comportamiento, debiendo adaptar en cada caso el aparato correspondiente a las peculiaridades del circuito que se pretenda proteger.

### 4.5.1 CURVA B

Estas magnetos térmicas actúan entre 1,1 y 1,4 veces la intensidad nominal  $I_n$  en la zona térmica y en su zona magnética entre un  $3 I_n$  y  $5 I_n$ , o  $3,2 I_n$  y  $4,8 I_n$ , según el tipo de aparato, de acuerdo con las normas EN 60.898 y EN 60947.2, respectivamente.

Permiten realizar la protección de las personas para longitudes mayores que con la curva C, siendo indicado para instalaciones de líneas y generadores.

Así, por ejemplo, en un magnetotérmico de intensidad nominal  $10^a$ , para una intensidad de  $20^a$ , la desconexión la efectuará el elemento térmico en un tiempo comprendido entre 20 sg. Y 200 seg. Para una intensidad de  $50^a$ , la desconexión la efectuará el elemento magnético en un tiempo del orden de comprendo entre 0,01 y 0,009 seg.

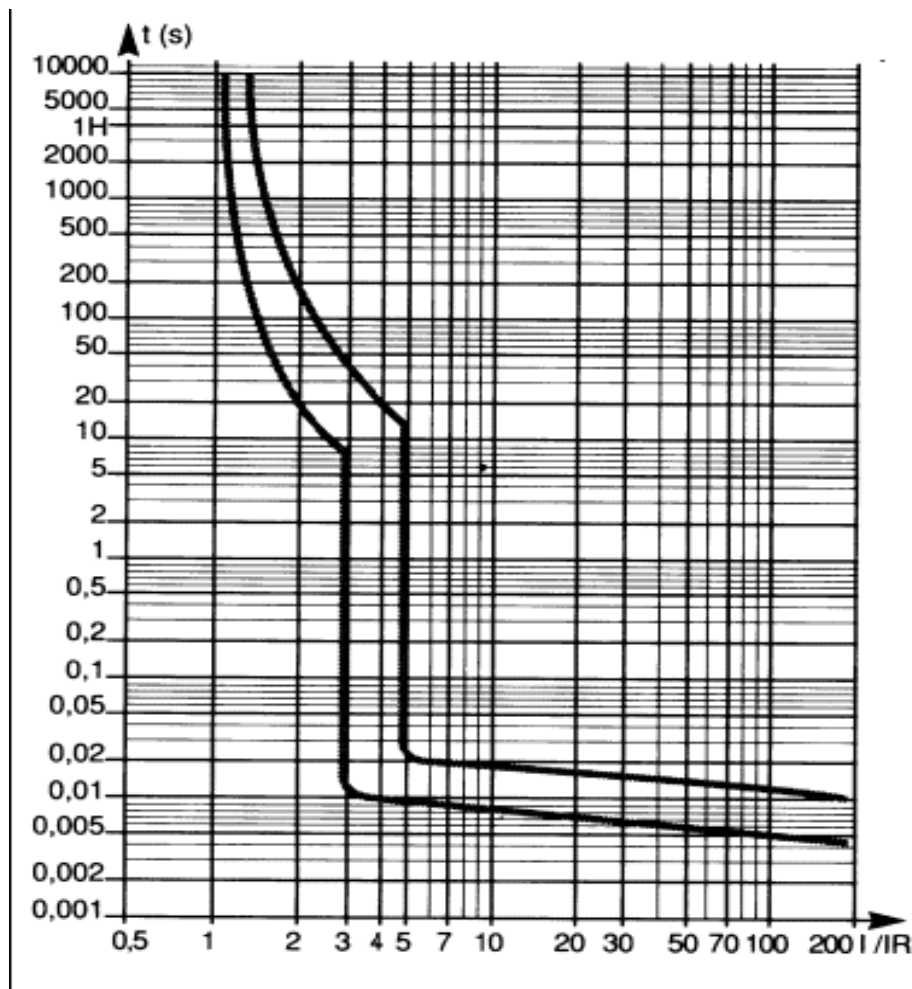


Figura 4.14 Curva B

## 4.5.2 CURVA C

Estos magnetotérmicos actúan entre 1,13 y 1,45 veces la intensidad nominal en su zona térmica y en su zona magnética entre 5 In y 10 In, o 7 In y 10 In, según el tipo de aparato, de acuerdo con las normas EN 60.898 y EN 60947.2, respectivamente. Se aplican para evitar los disparos intempestivos, en el caso de la protección de receptores, que presentan, una vez en servicio, puntas de corriente de cierta consideración. Se utilizan en las instalaciones de líneas-receptores.

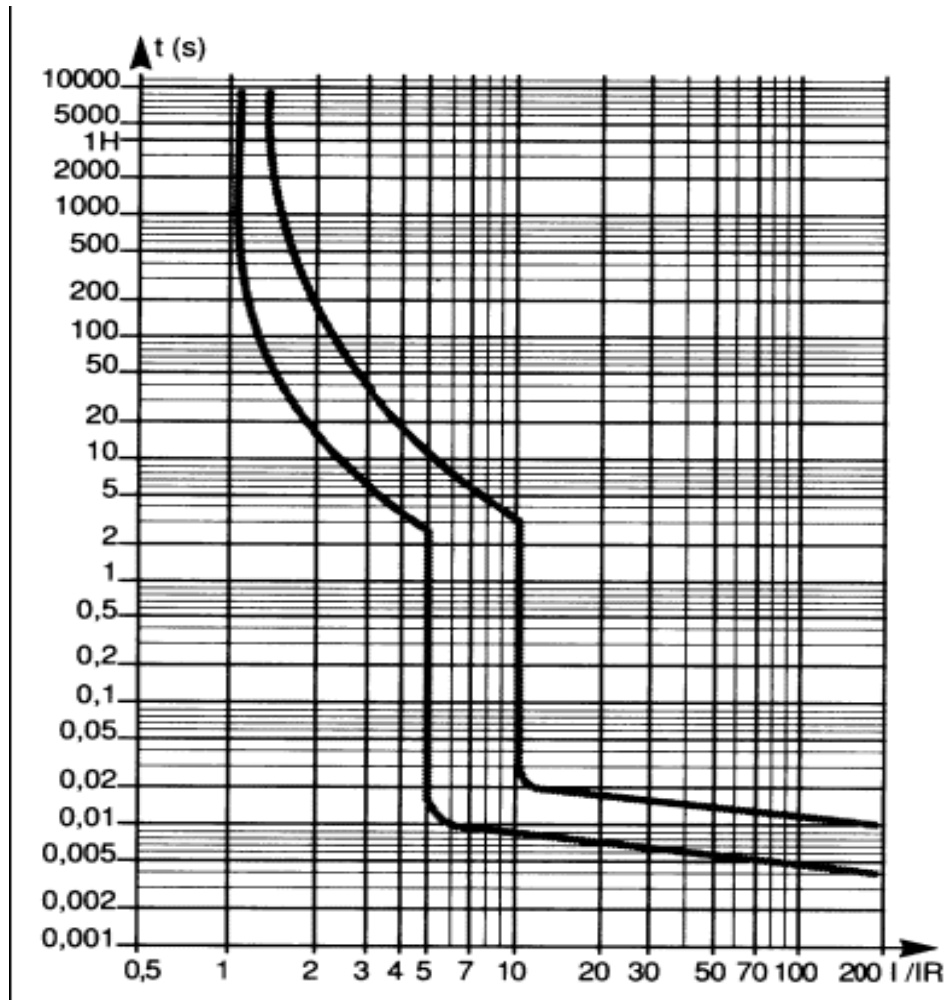


Figura 4.15 Curva C

### 4.5.3 CURVA D

Estos magnetotérmicos actúan en la zona térmica con sobrecargas comprendidas entre 1,1 y 1,4 In y en su zona magnética actúan entre 10 In y 14 In, de acuerdo con las normas EN 60.898 y EN 60947.2. Son adecuados para instalaciones que alimentan receptores con fuertes puntas de arranque.

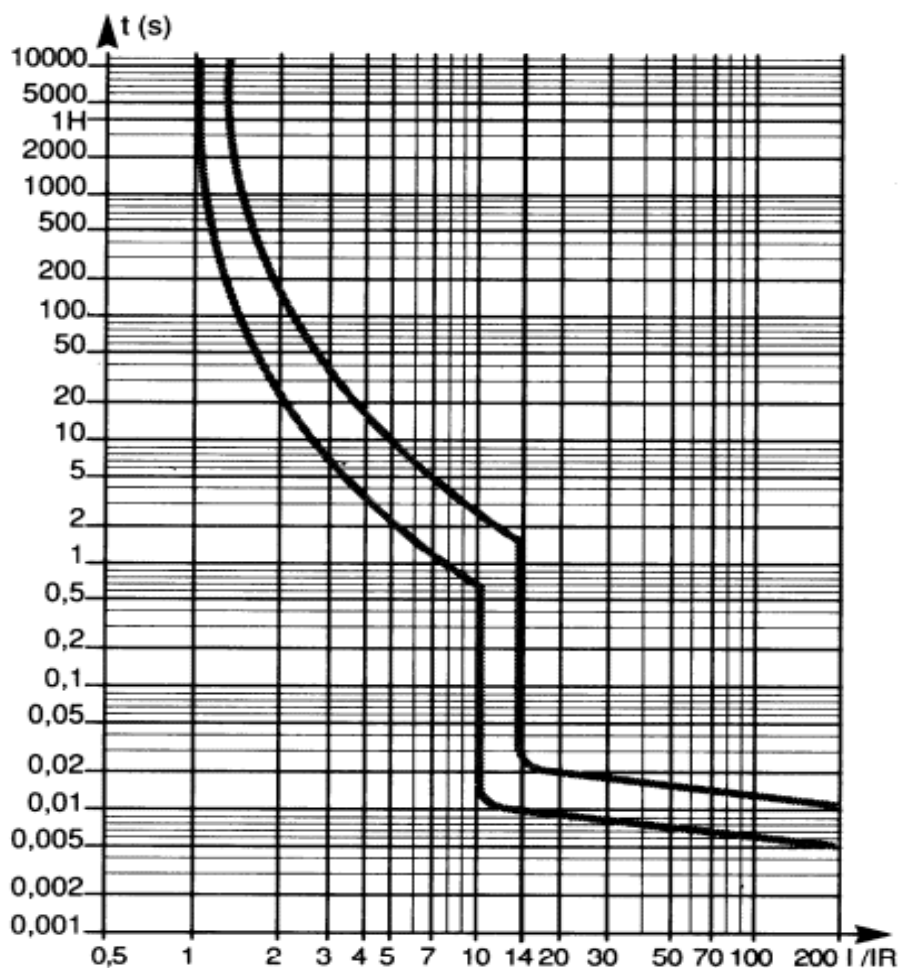


Figura 4.16 Curva D

#### 4.5.4 CURVA MA

Curva de disparo magnético exclusivamente, con un valor de 12 In, de acuerdo con la norma EN 60947.2. Se utilizan para la protección de motores. Los interruptores automáticos equipados con esta curva no son interruptores magnetotérmicos, ya que carecen de protección térmica.

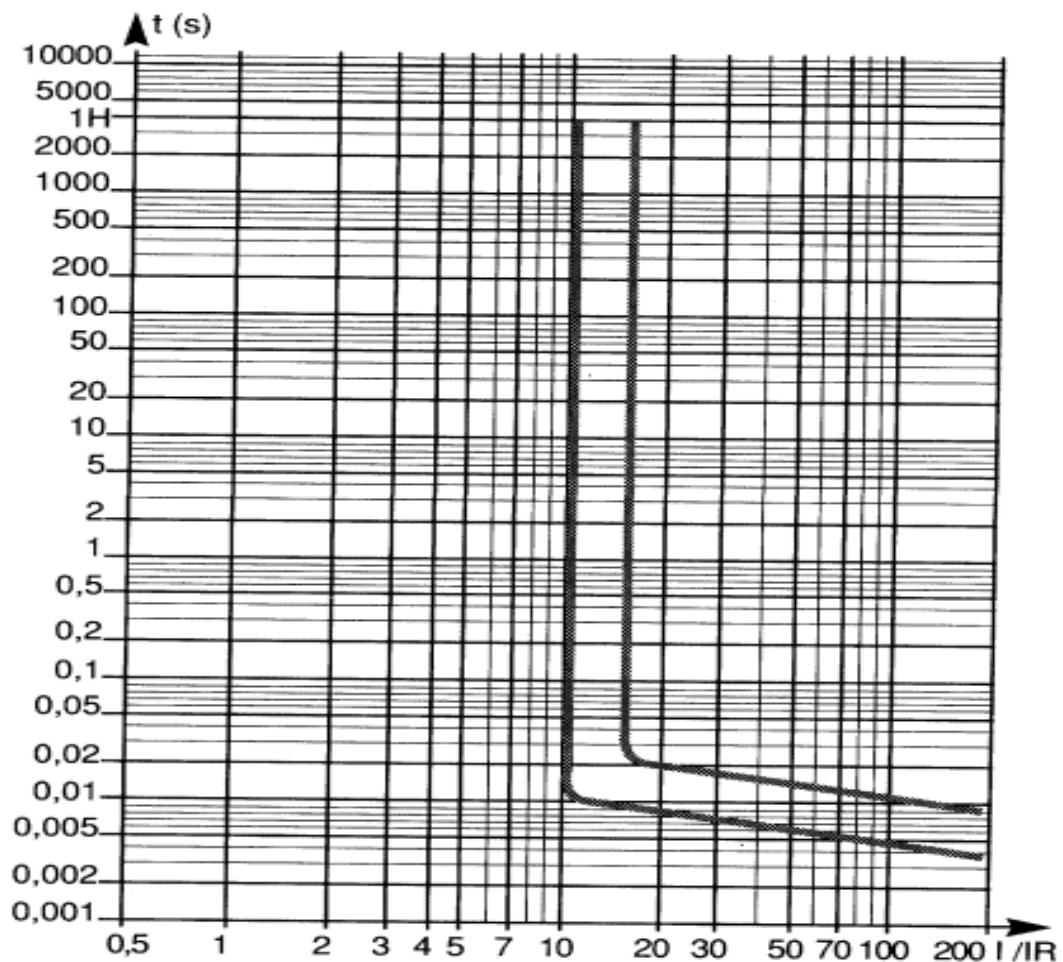


Figura 4.16 Curva MA

## 4.5 CURVA Z

Estos magnéticos actúan entre 2,4 In y 3,6 In, de acuerdo con las normas EN 60.898 y EN 60947.2. Se utilizan para proteger instalaciones con receptores electrónicos.

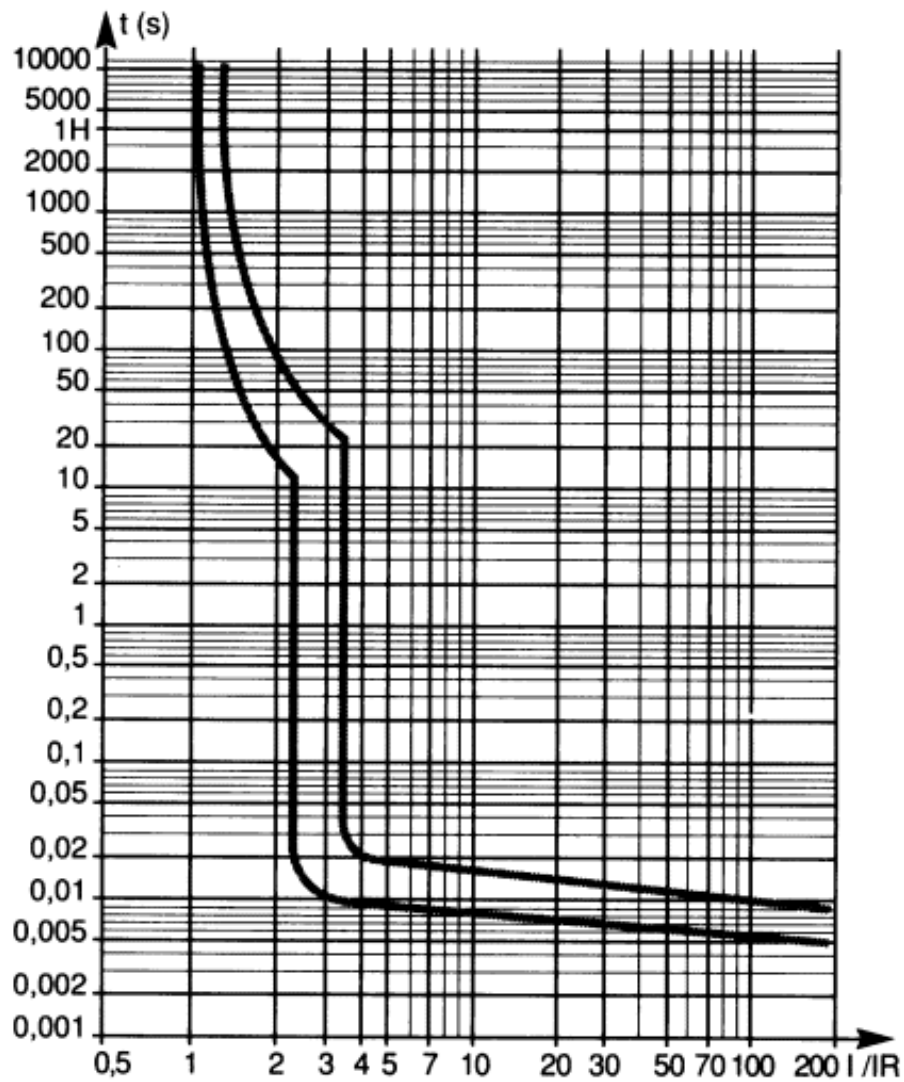


Figura 4.17 Curva Z

#### 4.5.6 CURVA UNESA (ICP)

El disparo térmico actúa entre 1,13 y 1,45 veces la  $I_n$ , siendo éste común para todas las curvas. El disparo magnético actúa entre 3,9  $I_n$  y 8,9  $I_n$ .

Se emplean como Interruptores de Control de Potencia. En uso general equivaldría a los interruptores de curva C. Esta curva no está englobada en la norma EN, sino en la recomendación UNESA: RU 6101B.

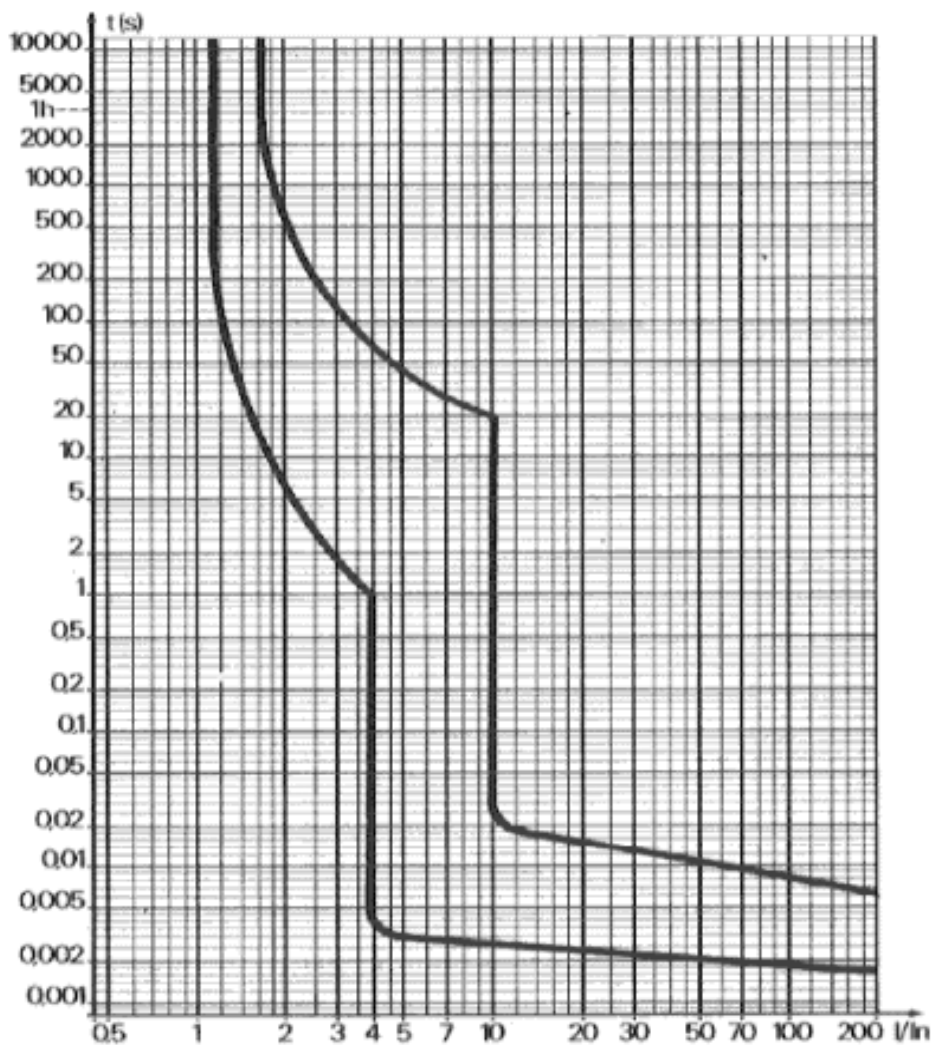


Figura 4.18 Curva UNESA



## **4.6.- Estudio de coordinación de protecciones**

El Estudio de Coordinación de Protecciones consiste en realizar el esquema de protecciones contra sobrecorrientes del Sistema Eléctrico. En éste se representa gráficamente el comportamiento de la corriente de operación de las protecciones en función del tiempo. Cada dispositivo tiene una gráfica de tiempo corriente que en algunos casos puede ser fija y en otras ajustable, con esto se busca lograr la máxima protección sin que se traslapen las curvas de operación de las protecciones, en otras palabras, que las fallas de sobrecorrientes sean aisladas por la protección inmediata y no se pierda continuidad en todo el sistema.

### **4.6.1 Justificación**

El Estudio de Coordinación de Protecciones tiene un impacto directo sobre la Seguridad Eléctrica y la Producción continua en la planta. En caso de presentarse una falla por sobrecorrientes, la protección deberá operar inmediatamente antes de que los cables o los equipos se dañen y se provoque un conato de incendio. El dispositivo que protege al circuito fallado deberá aislar la falla sin que las otras protecciones tengan que dispararse.

De acuerdo a la Ley sobre Instalaciones, Suministro y Uso de la Energía Eléctrica (NOM-001-SEDE-1999) en el art. 110-10. "... Deben coordinarse de tal manera que permita a los dispositivos de protección del circuito, eliminar una falla sin que ocurran daños que se extiendan a los componentes eléctricos del mismo..." .

A demás es requisito indispensable tener este Estudio actualizado en las auditorias de la certificación ISO 14000.

### **4.6.2 Requerimientos**

Para elaborar el Estudio de Coordinación de protecciones será necesario tener actualizado el diagrama unifilar del Sistema Eléctrico con los modelos y capacidades de todos los dispositivos de protección contra sobre corrientes.

## **4.7.- Especificaciones de relevadores y dispositivos**

Todos los dispositivos de protección utilizados deberán poder ser identificados por su parte frontal y, además de estar homologados oficialmente y cumplir el Reglamento de Verificaciones Eléctricas, llevarán grabadas las siguientes características:

- Nombre del Fabricante o Marca comercial.
- Tipo del aparato.
- Intensidad nominal.
- Naturaleza de la corriente y frecuencia.
- Tensión nominal 220/380 V.
- Poder de cortocircuito.
- Número de fabricación.

Las intensidades nominales de los magneto-térmicos más corrientemente utilizados son las siguientes:

1,5 - 3 - 3,5 - 5 - 7,5 - 10 - 15 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 y 63 A.

Las características de desconexión deberán ser las que a continuación se especifican:

k	Tiempo de "no desconexión" seg.	Tiempo de "desconexión" seg.
1,13 $I_n$	7200	-
1,45 $I_n$	10	500
3,5 $I_n$	0,2	40
5 $I_n$	-	0,2

Tabla 4.1 Valores de desconexión

## 5. SISTEMAS DE CONTROL ELECTRICO

### 5.1.- Control de procesos en plantas industriales

El objeto de todo proceso industrial será la obtención de un producto final, de unas características determinadas de forma que cumpla con las especificaciones y niveles de calidad exigidos por el mercado, cada día más restrictivos. Esta constancia en las propiedades del producto sólo será posible gracias a un control exhaustivo de las condiciones de operación, ya que tanto la alimentación al proceso como las condiciones del entorno son variables en el tiempo. La misión del sistema de control de proceso será corregir las desviaciones surgidas en las variables de proceso respecto de unos valores determinados, que se consideran óptimos para conseguir las propiedades requeridas en el producto producido.

El sistema de control nos permitirá una operación del proceso más fiable y sencilla, al encargarse de obtener unas condiciones de operación estables, y corregir toda desviación que se pudiera producir en ellas respecto a los valores de ajuste.

Las principales características que se deben buscar en un sistema de control serán:

- Mantener el sistema estable, independiente de perturbaciones y desajustes.
- Conseguir las condiciones de operación objetivo de forma rápida y continua.
- Trabajar correctamente bajo un amplio abanico de condiciones operativas.
- Manejar las restricciones de equipo y proceso de forma precisa.

La implantación de un adecuado sistema de control de proceso, que se adapte a las necesidades de nuestro sistema, significará una sensible mejora de la operación.

Principalmente los beneficios obtenidos serán:

- Incremento de la productividad
- Mejora de los rendimientos
- Mejora de la calidad
- Ahorro energético
- Control medioambiental
- Seguridad operativa
- Optimización de la operación del proceso/ utilización del equipo
- Fácil acceso a los datos del proceso

El control del proceso consistirá en la recepción de unas entradas, variables del proceso, su procesamiento y comparación con unos valores predeterminados por el usuario, y posterior corrección en caso de que se haya producido alguna desviación respecto al valor preestablecido de algún parámetro de proceso.

El bucle de control típico estará formado por los siguientes elementos, a los que habrá que añadir el propio proceso.

- Elementos de medida (*Sensores*) Generan una señal indicativa de las condiciones de proceso.
- Elementos de control lógico (*Controladores*): Leen la señal de medida, comparan la variable medida con la deseada (*punto de consigna*) para determinar el error, y estabilizan el sistema realizando el ajuste necesario para reducir o eliminar el error.
- Elementos de actuación (*Válvulas y otros elementos finales de control*): Reciben la señal del controlador y actúan sobre el elemento final de control, de acuerdo a la señal recibida.

Esta serie de operaciones de medida, comparación, calculo y corrección, constituyen una cadena cerrada constituyen ciclo cerrado. El conjunto de elementos que hacen posible este control reciben el nombre de *bucle de control (control loop)*

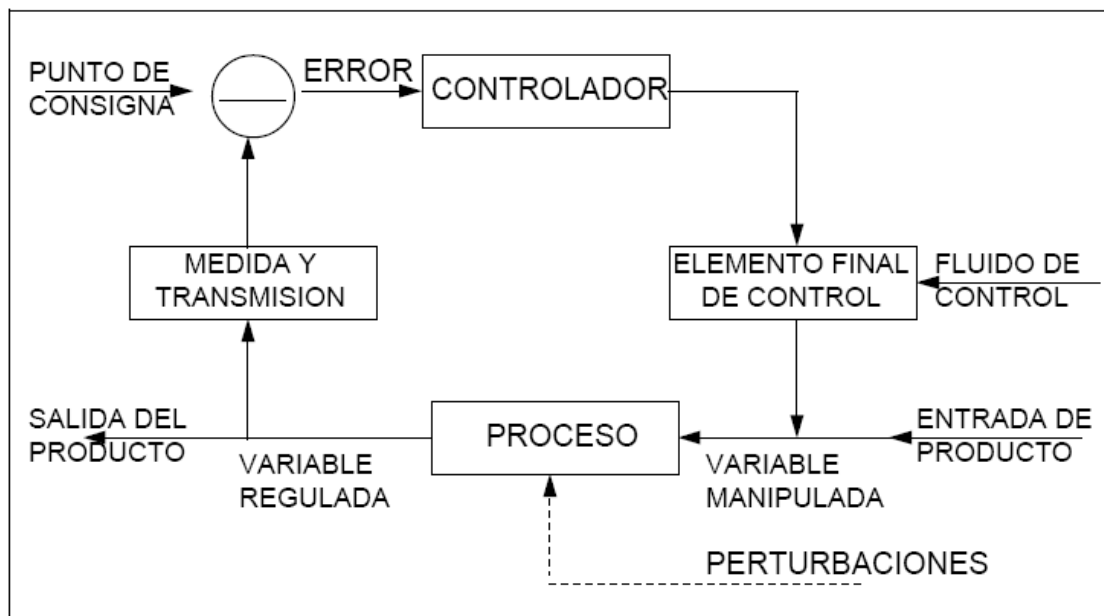


Figura 5.1 Bucle de control

## 5.2.- Diagramas de tuberías e instrumentación

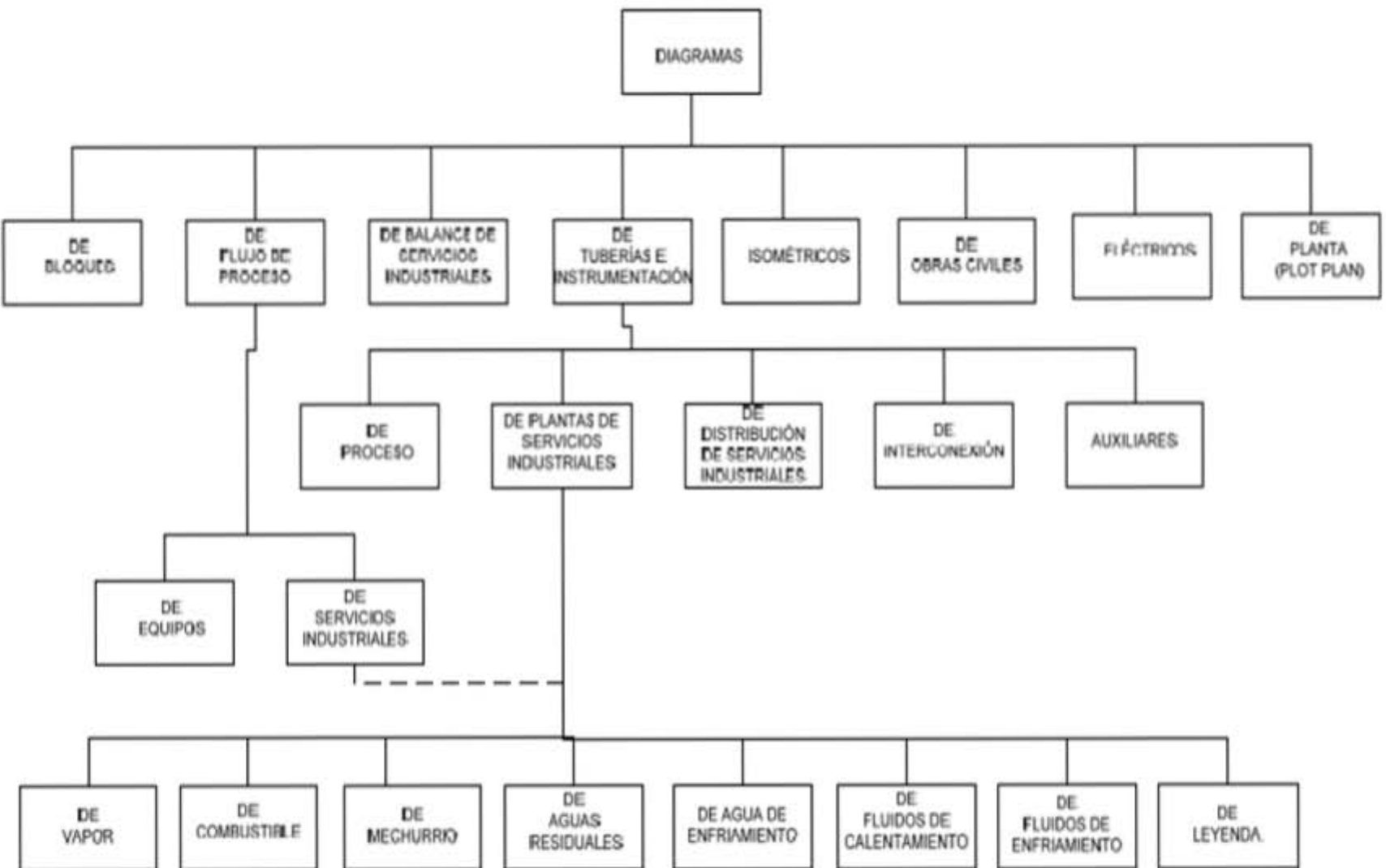


Figura 5.2 Diagramas

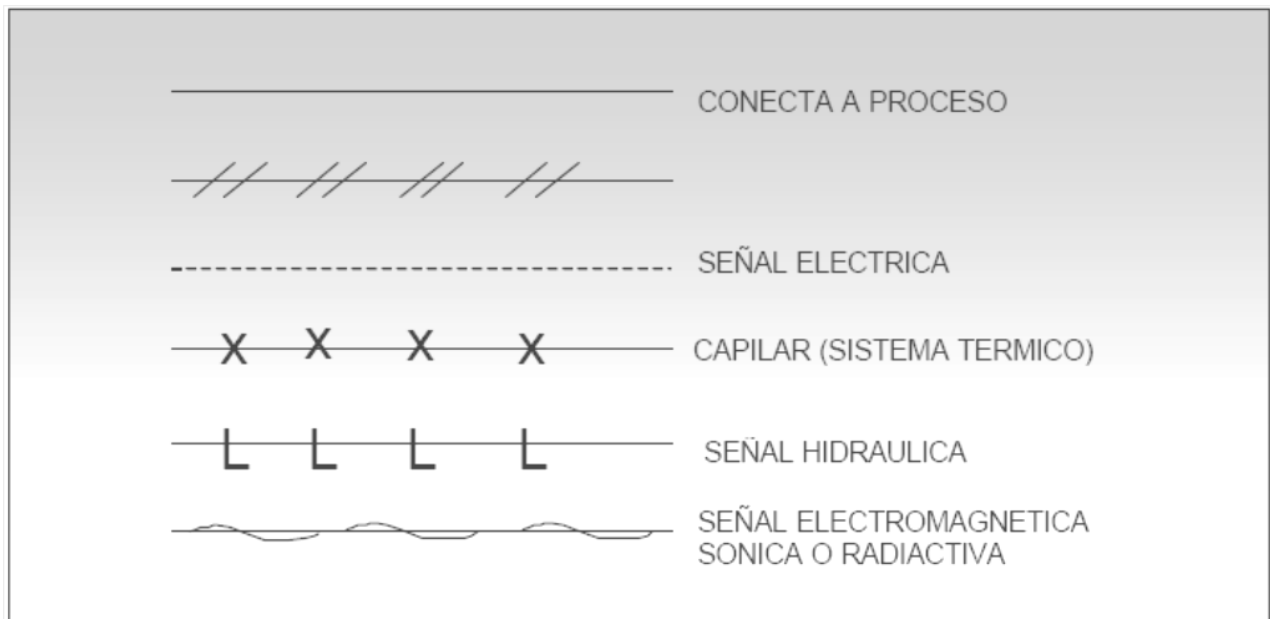


Figura 5.3 Tipos de Línea

Los símbolos y diagramas son usados en el control de procesos para indicar la aplicación en el proceso, el tipo de señales empleadas, la secuencia de componentes interconectadas y de alguna manera, la instrumentación empleada. La Sociedad de Instrumentistas de América (ISA por sus siglas en inglés Instruments Society of América) publica normas para símbolos, términos y diagramas que son generalmente reconocidos en la industria.

Las señales de instrumentación utilizadas en el control de procesos son usualmente de los siguientes tipos: Neumática, electrónica (eléctrica), capilar, hidráulica, sónica o indicando radioactividad. Cada señal tiene un símbolo diferente

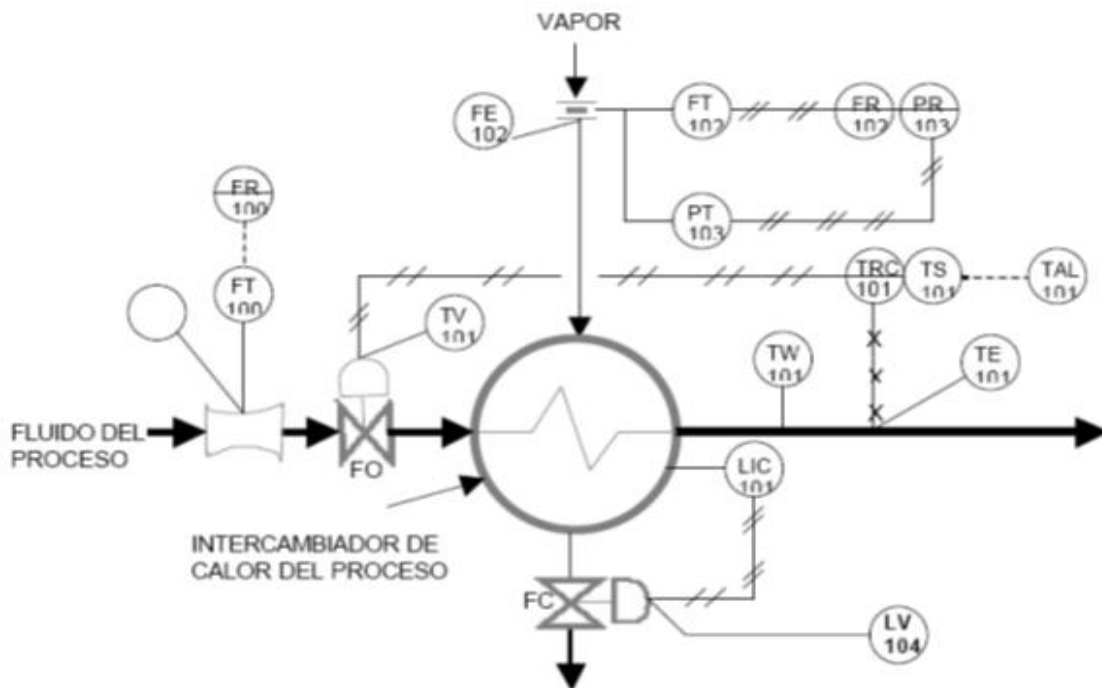


Figura 5.4 Símbolos de instrumentos en un proceso simple

## 5.2.1 Diagramas de ubicación

Los diagramas de ubicación muestran con detalle la posición de la instrumentación y equipo instalado en y alrededor del proceso.

Un diagrama de ubicación es especialmente útil para el mecánico o técnico que no está familiarizado con el área; sin embargo, es también de bastante valor para el que instala el equipo, puesto que da una elevación definida y una posición para cada uno de los instrumentos y equipos del proceso.

La información restante puede ser obtenida de los diagramas de puntos y líneas. Tales diagramas muestran la tubería de aire del instrumento y las principales vías de las señales del instrumento.

## 5.2.2 Diagramas de lazos

Los diagramas de lazos de control son probablemente los más importantes para el técnico o instrumentista de mantenimiento. Muestra la secuencia a seguir en el proceso mediante líneas u dibujos.

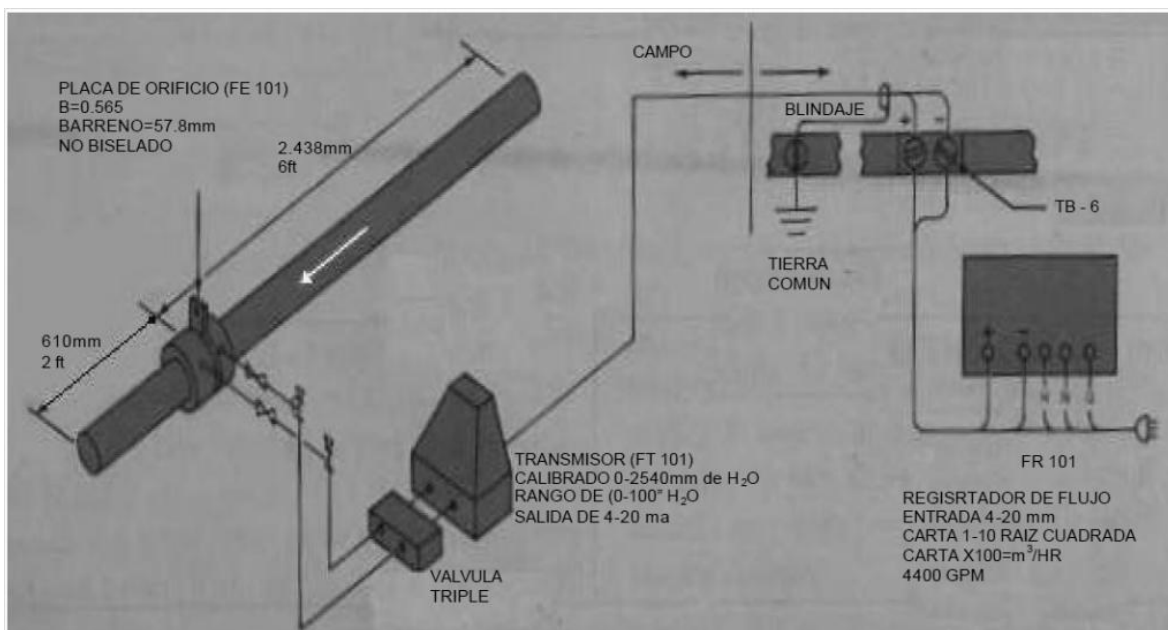


Figura 5.5 Diagrama de un lazo de control

### 5.2.3 Diagramas de Instalación

Un dibujo muestra el detalle de instalación de un equipo o sistema a detalle

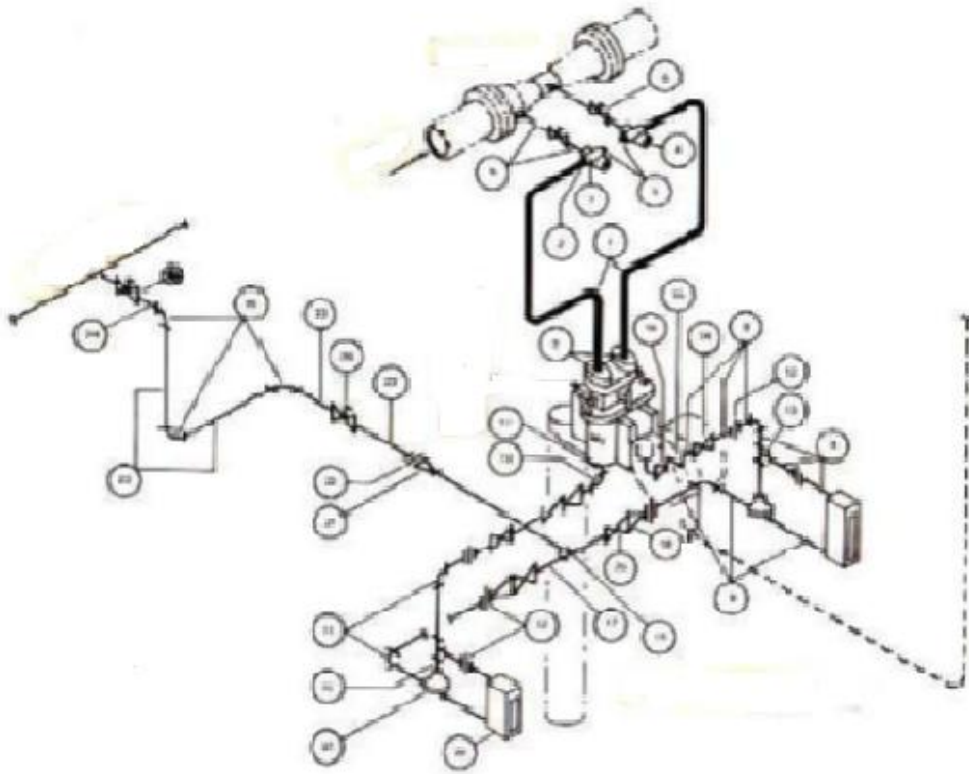


Figura 5.6 Diagrama de Instalacion

### 5.2.4 Diagrama de Alambrado

Ilustra un concepto de alambrado que es único por las siguientes razones. Dado que todos los alambres se conectan en una tira terminal y no hay alambres conectándose de un componente a otro. Entonces cualquier equipo puede ser desconectado sin alterar la señal del resto de los instrumentos.

- El diagrama en pocas líneas
- Los componentes son divididos en dos clasificaciones: los principales instrumentos del frente del panel están numerados. Las piezas secundarias del equipo, tales como extractores de raíz cuadrada o interruptores de alarmas, son identificados con letras.
- El técnico o instrumentista de mantenimiento no necesita un diagrama impreso dado que el sistema de etiqueta en ambas terminales de cada alambre, proporciona toda la información requerida.



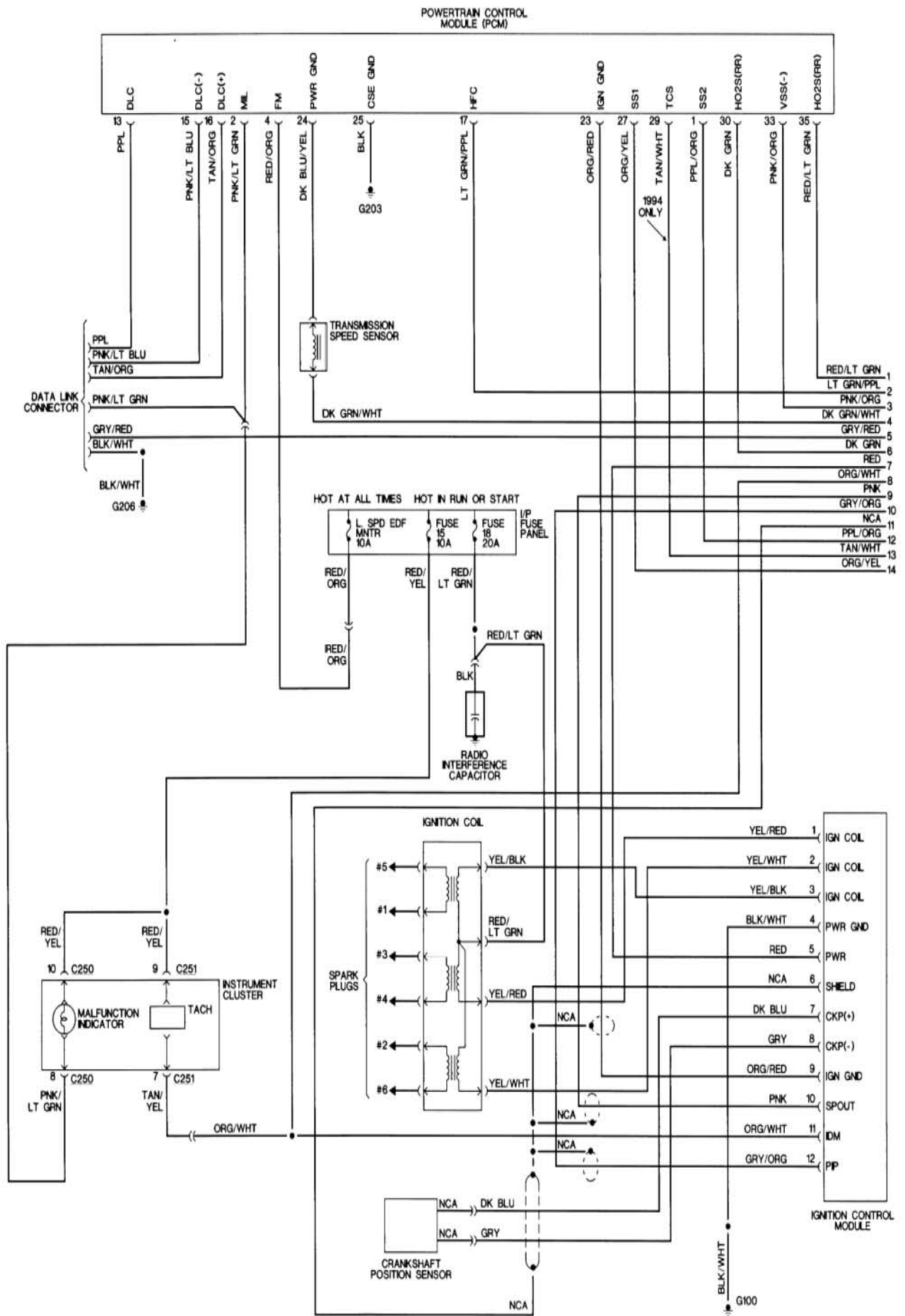


Figura 5.7 Diagrama de alambrado

## **5.3.-Dispositivos de control**

### **5.3.1 Controladores Lógicos Programables**

Un PLC (Controladores Lógico Programable) es un controlador electrónico capaz de ejecutar una lógica programada por software para control industrial de máquinas, líneas de ensamblado, etc. Fue diseñado a fines de los 60's para reemplazar la lógica de relés usada en control discreto (señales on/off), principalmente en la industria automotriz. La programación inicial fue en lógica de escalera (ladder) que emula el cableado eléctrico usado con relés y presenta simplicidad para ser usado por técnicos de planta, con una clara ventaja sobre el re-cableado asociado con cambios de lógica. Tradicionalmente, poseen su mayor aplicación en procesos de manufacturas donde la mayoría de las señales de entrada/salida (I/O) son digitales y se requiere alta velocidad de ejecución (tiempo de ciclo del orden de milisegundos), Con el tiempo, los PLC's han incorporado funcionalidades DCS tales como bloques de control PID, I/O analógicos, protocolos de comunicación, etc.

Un PLC se compone típicamente de una unidad de procesamiento (CPU), módulos de I/O e interfaces de comunicación. Se caracteriza por ser escalable tanto en potencia de cálculo como en cantidad de I/o, y versátil, ya que puede operar aislado o conectado en una red, con o sin interacción con operarios, etc. Es fácil de programar y dispone actualmente de varios lenguajes regidos por la norma IEC 61131-3 que se adaptan a diferentes necesidades, ampliando la oferta inicial de lógica de escalera.

En caso de ser necesaria la supervisión del proceso controlado, se conectan a interfaces hombre-máquina (HMIs) que pueden ser desde paneles industriales a PCs con un software SCADA que cumple las funciones de adquisición de datos, supervisión y operación del proceso.

La interconexión con otros PLCs y HMIs requiere normalmente de un trabajo de integración manual donde se defina un protocolo de comunicación común, se asignan registros y sus direcciones de hardware, y se programa la comunicación. Esto tiene algunas desventajas al momento de modificar registros y reasignarlos, dado que se trabaja con bases de datos separadas (por ejemplo PLC y SCADA).

#### Lenguajes de programación

- Descripciones literales
- Funciones algebraicas
- Esquemas de relés
- Diagramas lógicos
- Diagramas de flujo
- Grafcet

- Lista de instrucciones
- Diagramas de contactos y funciones

Podríamos dividir la programación del PLC varios pasos:

- Definir el sistema de control (qué debe hacer, en qué orden, etc.): diagrama de flujo, la descripción literal o un grafo GRAFCET. Consiste en representar el sistema de control mediante un modelo, indicando todas las funciones que intervienen, las relaciones entre ellas, y la secuencia que deben seguir.
- Identificar las señales de entrada y salida del PLC.
- Asignar las direcciones de entrada/salida o internas del PLC a las correspondientes del modelo.
- Codificar la representación del modelo. Lenguaje de programación.
- Cargar el programa en la memoria del autómatas desde la unidad de programación.
- Depurar el programa y obtener una copia de seguridad.

Clasificación según los símbolos utilizados:

- Preposicional descripciones literales.
- Algebraicas: funciones booleanas y aritméticas.
- Gráfica: esquemas de contactos, diagramas lógicos o funciones lógicas, ordinogramas, técnicas GRAFCET

### **5.3.2 Variador de frecuencia**

Un variador de frecuencia (siglas VFD, del inglés: Variable Frequency Drive o bien AFD Ajustable Frequency Drive) es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad. Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA, microdrivers

o inversores. Dado que el voltaje es variado a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia).

Los dispositivos variadores de frecuencia operan bajo el principio de que la velocidad síncrona de un motor de corriente alterna (CA) está determinada por la frecuencia de CA suministrada y el número de polos en el estátor, de acuerdo con la relación:

$$RPM = \frac{120 \times f}{p}$$

Donde

RPM = Revoluciones por minuto

f = frecuencia de suministro CA (Hz)

p = Número de polos (adimensional)

Las cantidades de polos más frecuentemente utilizadas en motores síncronos o en Motor asíncrono son 2, 4, 6 y 8 polos que, siguiendo la ecuación citada, resultarían en 3600 RPM, 1800 RPM, 1200 RPM y 900 RPM respectivamente para motores síncronos únicamente y a la frecuencia de 60 Hz. Dependiendo de la ubicación geográfica funciona en 50Hz o 60Hz.

El controlador de dispositivo de variación de frecuencia está formado por dispositivos de conversión electrónicos de estado sólido. El diseño habitual primero convierte la energía de entrada CA en CC usando un puente rectificador. La energía intermedia CC es convertida en una señal casi senoidal de CA usando un circuito inversor conmutado. El rectificador es usualmente un puente trifásico de diodos, pero también se usan rectificadores controlados. Debido a que la energía es convertida en continua, muchas unidades aceptan entradas tanto monofásicas como trifásicas (actuando como un convertidor de fase, un variador de velocidad).

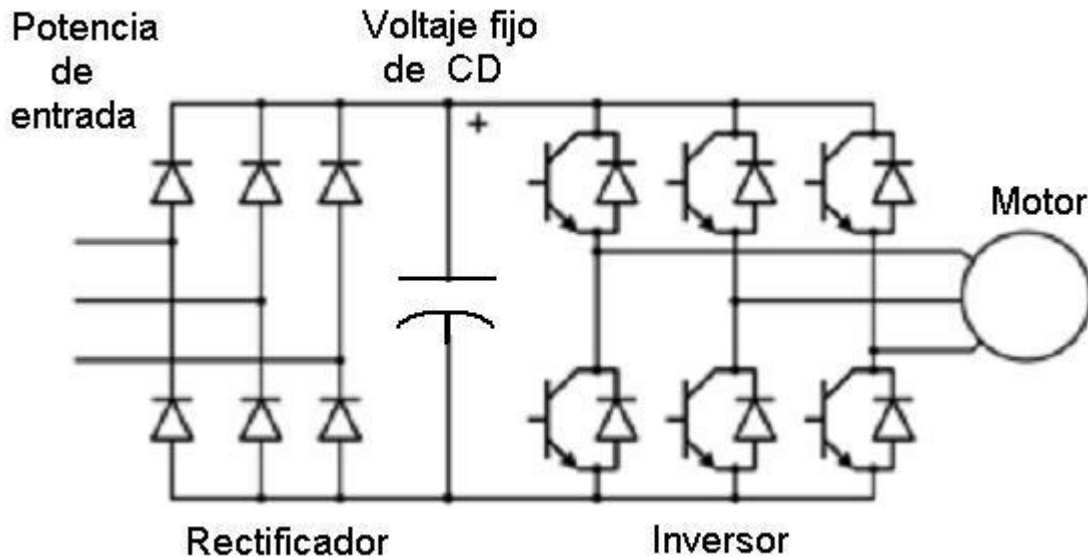


Figura 5.8 Diagrama interno de un variador de velocidad

Diagrama de Variador de frecuencia con Modulación de Ancho de Pulso (PWM). Tan pronto como aparecieron los interruptores semiconductores fueron introducidos en los VFD, ellos han sido aplicados para los inversores de todas las tensiones que hay disponible. Actualmente, los transistores bipolares de puerta aislada (IGBTs) son usados en la mayoría de circuitos inversores.

Las características del motor CA requieren la variación proporcional del voltaje cada vez que la frecuencia es variada. Por ejemplo, si un motor está diseñado para trabajar a 460 voltios a 60 Hz, el voltaje aplicado debe reducirse a 230 volts cuando la frecuencia es reducida a 30 Hz. Así la relación voltios/hertzios deben ser regulados en un valor constante ( $460/60 = 7.67 \text{ V/Hz}$  en este caso). Para un funcionamiento óptimo, otros ajustes de voltaje son necesarios, pero nominalmente la constante es V/Hz es la regla general.

### 5.3.3 Sensores

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, etc..

Los sensores son tan diversos como los principios físicos en los que se basan. En la actualidad para medir cualquier variable física tenemos diversos tipos de sensores, con sus ventajas y desventajas.

En ciertas aplicaciones peligrosas, los microinterruptores que eran a prueba de explosión han sido reemplazados con gran éxito con los sensores electrónicos de seguridad intrínseca.

La calidad de Seguro Intrínsecamente es para aquel sensor que por potencia disipada o por la corriente eléctrica que emplea, no puede iniciar un incendio.

#### **5.3.4 Sensores de proximidad**

Estos sensores pueden estar basados en algo simple como en la operación mecánica de un actuador o, tan complejo como en la operación de un sensor de proximidad fotoeléctrico con discriminación de color.

#### **5.3.5 Microinterruptores**

Los microinterruptores son de muy diversas formas pero todos se basan en la operación por medio de un actuador mecánico. Este actuador mecánico mueve a su vez una lengüeta metálica en donde están colocados los contactos eléctricos, y los abre o cierra de acuerdo con la disposición física de estos contactos.

En las figuras acompañantes se observan algunas de las formas que toman los actuadores mecánicos según su aplicación.

Desde el punto de vista eléctrico son extremadamente simples, ya que consisten en uno o varios juegos de contactos con cierta capacidad de conducción a cierto voltaje. Estos contactos pueden ser de apertura instantánea ("snap") o lenta, y de contactos de operación traslapada o de abre y cierra.

#### **5.3.6 Inductivos**

Tanto estos sensores como los de efecto capacitivo y ultrasónico presentan las ventajas siguientes:

Conmutación:

- Sin desgaste y de gran longevidad.
- Libre de rebotes y sin errores de impulsos.
- Libres de Mantenimiento.
- De Precisión Electrónica.
- Soporta ambientes Hostiles.

Los sensores inductivos consisten en una bobina cuya frecuencia de oscilación cambia al ser aproximado un objeto metálico a su superficie axial. Esta frecuencia es empleada en un circuito electrónico para conectar o desconectar un tiristor y con ello, lo que esté conectado al mismo, de forma digital (ON-OFF) o, analógicamente. Si el objeto metálico se aparta de la bobina, la oscilación vuelve a empezar y el mecanismo recupera su estado original.

Estos sensores pueden ser de construcción metálica para su mayor protección o, de caja de plástico. Y pueden tener formas anular, de tornillo, cuadrada, tamaño interruptor de límite, etc.

Además, por su funcionamiento pueden ser del tipo empotrable al ras en acero o, del tipo no empotrable. Los del tipo no empotrable se caracterizan por su mayor alcance de detección, de aproximadamente el doble.

La técnica actual permite tener un alcance de hasta unos 100 mm en acero. El alcance real debe tomarse en cuenta, cuando se emplea el mismo sensor en otros materiales. Ej: Para el Acero Inoxidable debe considerarse un 80% de factor de corrección, para el Aluminio un 30 % y para el cobre un 25%.

Ciertas marcas fabrican estos sensores en dos partes, una parte es el sensor propiamente dicho y el otro es el amplificador de la señal de frecuencia mencionada arriba, con el fin de usarlos en zonas peligrosas. A estos sensores se les conoce como de "Seguridad Intrínseca".

Eléctricamente se especifican por el voltaje al que trabajan (20-40 V C.D., 90-130 V C.A., etc. ) y por el tipo de circuito en el que trabajan ( dos hilos, PNP, NPN, 4 hilos, etc.). Generalmente los tipos en corriente directa son más rápidos - Funcionan en aplicaciones de alta frecuencia. - que los de corriente alterna.

### **5.3.7 Capacitivos**

Existen muchas aplicaciones que requieren el sensar a distancia materiales no metálicos y, para ello se emplea este tipo de sensor que usa el efecto capacitivo a tierra de los objetos a sensar. Ejemplos: Presencia de agua en un tubo o el cereal dentro de una caja de cartón.

El elemento funcional primario del sensor capacitivo de proximidad es un oscilador de alta frecuencia con un electrodo flotante en el circuito de base de un transistor. En el estado de inactividad hay un campo ruidoso en la región de base, que representa el área activa del sensor de proximidad. Cuando un objeto aparece dentro del área activa, empiezan las oscilaciones. La etapa de conmutación rectifica las oscilaciones de alta frecuencia y la señal continua resultante se aplica a la etapa de salida. La etapa de conmutación incluye un sistema de señal de retroalimentación, el nivel del

cual puede ajustarse en algunos modelos, a través de un potenciómetro; esto capacita el sensor de proximidad de variar su sensibilidad de respuesta.

Principalmente se emplean para líquidos y sólidos no metálicos y, externamente son muy parecidos a los sensores inductivos (Ver arriba).

Tanto los sensores inductivos como los capacitivos tienen una distancia máxima de accionamiento, que depende en gran medida del área de la cabeza sensora (bobina o electrodo), por ello a mayor diámetro, mayor distancia máxima.

Además, la distancia de sensado siempre se especifica para agua en estado líquido pero, para otros materiales es diferente. Para el vidrio se tiene que considerar un factor de corrección del 65%, mientras que para el agua congelada del 30%.

Además de los voltajes y circuitos mencionados en los inductivos, existe también en los sensores capacitivos un tipo con salida analógica.

### **5.3.8 Sensores de reluctancia variable**

Existen ciertos casos donde las condiciones físicas de operación requieren un sensor a prueba de casi todo. La solución acostumbrada son los sensores de reluctancia variable.

Funcionan de la siguiente manera: El campo de un imán permanente es deformado al paso de un objeto de alta reluctancia, como los dientes de un engrane metálico; este cambio en el campo induce un voltaje en una bobina colocada rodeando al imán. La magnitud de este voltaje depende de la velocidad con la que el diente en nuestro ejemplo pasa frente al campo magnético y, cuando es suficientemente grande (4500 mm/seg), puede ser empleado en contadores o indicadores de velocidad directamente.

En nuestro medio usualmente se conocen estos sensores como de "Pick Up" magnético. Y, tienen forma de cilindro metálico, a manera de un tornillo.

### **5.3.9 Sensores fotoeléctricos**

Estos sensores son muy usados en algunas industrias para contar piezas, detectar colores, etc., ya que reemplazan una palanca mecánica por un rayo de luz que puede ser usado en distancias de menos de 20 mm hasta de varias centenas de metros, de acuerdo con los lentes ópticos empleados.



Funcionan con una fuente de luz que va desde el tipo incandescente de los controles de elevadores a la de estado sólido modulada (LED) de los detectores de colores. Y operan al detectar un cambio en la luz recibida por el fotodetector.

Los fotodetectores son típicamente fotodiodos o fototransistores, inclinándose los fabricantes por los primeros por su insensibilidad a campos de radiofrecuencia, que podrían causar interferencia.

Algunos modelos de estos sensores son fabricados con inmunidad a la luz solar incidente o reflejada. Para ello emplean haces de luz modulada que únicamente pueden ser detectados por receptores sintonizados a la frecuencia de modulación.

Los diferentes tipos de sensores se agrupan por el tipo de detección:

- Sensores de Transmisión Directa. Cuando existe un receptor y un emisor apuntados uno al otro. Tiene este método el más alto rango de detección (hasta unos 60 m).
- Sensores Reflex. Cuando la luz es reflejada por un reflector especial cuya particularidad es que devuelve la luz en el mismo ángulo que la recibe (9 m de alcance).
- Sensores Reflex Polarizados. Son prácticamente iguales a los del tipo anterior, excepto que, el emisor tiene un lente que polariza la luz en un sentido y el receptor otro que la recibe mediante un lente con polarización a  $90^\circ$  del primero. Con ésto, el control no responde a objetos muy brillosos que pueden reflejar la señal emitida (5m de alcance).
- Sensores de Foco Fijo. Cuando la luz es reflejada difusamente por el objeto y es detectado por el hecho de que el transmisor y el receptor están estereoscópicamente acoplados, evitando con ello interferencia del fondo (3.5 m de alcance).
- e) Sensores de detección difusa. Iguales a los anteriores pero los lentes son divergentes, y se usan para detectar objetos muy próximos (1.5 m de alcance).
- f) Sensores de Fibra Óptica. En este tipo, el emisor y receptor están interconstruidos en una caja que puede estar a varios metros del objeto a sensar. Para la detección emplean los cables de fibra óptica por donde circulan los haces de luz emitido y recibido. La mayor ventaja de estos sensores es el pequeño volumen o espacio ocupado en el área de detección.

### **5.3.10 Neumáticos de Proximidad**

Algunas veces por su simpleza olvidamos que existen sensores que detectan la presencia o la falta de una presión neumática, y que se han usado por años en las industrias papeleras para controlar que el enrollado del papel sea parejo.

Estos sensores son extremadamente confiables y requieren muy poco mantenimiento.

### **5.3.11 Sensores Ultrasónicos**

Los sensores ultrasónicos son empleados en las industrias químicas como sensores de nivel por su mayor exactitud en presencia de burbujas en los reactores.

Funcionan al igual que el sistema de sonar usado por los submarinos. Emiten un pulso ultrasónico contra el objeto a sensar y, al detectar el pulso reflejado, se para un contador de tiempo que inició su conteo al emitir el pulso. Este tiempo es referido a distancia y de acuerdo con los parámetros elegidos de respuesta ("Set Point") con ello manda una señal eléctrica digital o analógica.

La técnica actual permite la fabricación de estos sensores con un rango de detección desde 100 mm hasta unos 6000 mm con una exactitud de 0.05%.

Estos sensores son empleados con gran éxito sobre otros tipos de sensores para detectar objetos a cierta distancia que son transparentes o extremadamente brillosos y no metálicos.

### **5.3.12 Sensores Magnéticos**

Los sensores magnéticos se basan en la tecnología magnetoresistiva SSEC. Ofrecen una alta sensibilidad. Entre las aplicaciones se incluyen brújulas, control remoto de vehículos, detección de vehículos, realidad virtual, sensores de posición, sistemas de seguridad e instrumentación médica

De los sensores magnéticos tenemos los siguientes tipos: los mecánicos o tipo "reed", los de tipo electrónico o de efecto Hall y, los transformadores lineales variables (LVDT).

Los sensores de tipo "reed" tienen gran difusión al emplearse en muy bajos voltajes, con lo que sirven de indicador de posición a PLCs y, además, por emplearse como indicador de posición de los cilindros neumáticos de émbolo magnético de las marcas que tienen mayor difusión.

Los sensores de efecto Hall, son semiconductores y por su costo no están muy difundidos pero en codificadores ("encoders") de servomecanismos se emplean mucho.

Los transformadores lineales variables (LVDT) proporcionan una lectura de posición, usando la inductancia mutua entre dos embobinados. Un núcleo magnético móvil acopla el voltaje de excitación en corriente alterna a los dos secundarios. La fase y la amplitud del voltaje del secundario varían de acuerdo con la posición del núcleo.

Cuando el núcleo está en medio de los embobinados, los voltajes de ambos están 180 grados defasados y son de igual magnitud, por lo que el voltaje neto es cero. Cuando el núcleo se mueve hacia la escala positiva, la señal en fase con la onda de entrada crece y viceversa cuando el núcleo se mueve hacia la escala negativa.

### **5.3.13 Encoder**

Un tipo especial de sensor de proximidad es el "encoder" o codificador, ya que con él se puede obtener la distancia exacta de proximidad.

Para la medición angular se utiliza un disco codificado montado en un eje. La transformación de la codificación mecánica en una señal eléctrica proporcional se consigue por la posición del disco utilizando sensores electromagnéticos (tipo Inductosyn), inductivos o acopladores ópticos. En el caso de posicionado inductivo, el código del disco tiene la forma de segmentos de cobre en serie. Con este método, el transductor consiste en un sensor tipo herradura, cuyo consumo eléctrico varía de acuerdo con el grado de interferencia de su campo magnético. Esta señal es empleada a continuación por el equipo de control.

El posicionamiento óptico de un disco segmentado es el método más usual, donde la codificación consiste en sectores transparentes y opacos. Cuando el disco gira, el recorrido de la luz al sensor óptico se abre y se bloquea alternativamente, produciendo así una salida digital en proporción con el movimiento y la posición.

Existen dos tipos de "Encoders":

### **5.3.14 Encoders incrementales**

Los "encoders" incrementales suministran un número específico de impulsos por cada revolución completa del eje. Esta cuenta de impulsos está determinada por el número de divisiones o segmentos del disco de codificación. Ej. El disco de codificación consta de 360 segmentos, por lo tanto por revolución del eje, se obtendrán 360 impulsos. Es decir, un impulso por grado angular.

Hay disponibles tres versiones del generador de impulsos rotativo: canal simple, doble y triple.

El tipo de canal simple (Señal A) es empleado donde el sentido del movimiento no cambia, ni se tienen vibraciones. En el caso contrario, son mejores los de doble canal (Señales A y B), también llamados de señales en cuadratura porque una señal está defasada en 90 grados de la otra, lo cual sirve para detectar el sentido del giro. El tercer canal (Señal Z) es una señal de posición que aparece una vez por revolución, y es empleado para regresar a ceros contadores en sistemas controlados digitalmente (CNC, PLCs, etc.).

Los problemas más frecuentes con los codificadores son causados por un pobre blindaje del conductor o, por la distancia tan larga y la frecuencia tan alta con la que trabaja el aparato. Un buen cable aterrizado únicamente en el contador y, un codificador de señales complementarias (A, noA, B, noB y Z) resuelven en su mayor parte estos problemas.

### **5.3.15 Encoders absolutos**

A diferencia de los "encoders" incrementales, los del tipo absoluto proporcionan una combinación única de señales para cada posición física. Esto resulta una ventaja importante, ya que no es necesario un contador para la determinación de la posición.

La combinación de señales se establece mediante un patrón de código de sectores transparentes y opacos en varias pistas de un disco rotativo. El número de pistas de código disponibles determina la resolución máxima del codificador en la totalidad de los 360 grados. En el caso de las pistas codificadas en binario, la resolución máxima es de  $2^n$  siendo "n" el número de pistas. Por consiguiente, para 10 pistas, la resolución es de  $2^{10} = 1024$ .

Una característica importante de la lectura de modo paralelo es que la posición real se registra inmediatamente cuando se conecta inicialmente la alimentación eléctrica, o después de un cambio de posición sin potencia aplicada o si se excede del número de revoluciones por minuto permitidas electrónicamente (desventajas del tipo incremental).

El código de Gray es el sistema de codificación más usado. Este método de codificación tiene la ventaja de producir un cambio de código de un sólo dígito binario en el desplazamiento de una posición a la siguiente.

Aunque se ha mencionado únicamente el funcionamiento de los "encoders" rotativos, los lineales trabajan de la misma manera.

### **5.3.16 Sensores de Presión**

Los sensores de presión sofisticados funcionan a base de celdas de carga y de sus respectivos amplificadores electrónicos, y se basan en el conocido puente de Wheatstone, donde una de sus piernas está ocupada por el sensor. Este sensor es básicamente una resistencia variable en un sustrato que puede ser deformado, y lo cual ocasiona el cambio en el valor de la mencionada resistencia.

Los sensores comunes de presión son interruptores eléctricos movidos por una membrana o, un tubo Bourdón. El tubo Bourdón se abre hacia afuera con el aumento de presión y este movimiento es transmitido a un interruptor, el cual es accionado cuando la posición del tubo corresponde con un ajuste preseleccionado.

En el caso de los interruptores de presión por diafragma, la fuerza provocada por la presión sensada actúa sobre un resorte, el cual al ser vencido actúa sobre un microinterruptor. Es obvio que el resorte determina el rango de presión de operación.

### **5.3.17 Sensores de nivel**

Los sensores de nivel en su mayoría trabajan indirectamente sensando la posición de un flotador mediante un sensor inductivo o un interruptor del tipo de canilla ("reed") y un imán permanente.

### **5.3.18 Sensores de temperatura**

Los sensores de temperatura más sencillos son los que actúan sobre un interruptor miniatura y en general, éstos son de dos tipos: Sistemas de Dilatación de un fluido y Bimetálicos. Los primeros actúan al dilatarse el líquido o el gas contenido dentro de un capilar y, los segundos actúan directamente el interruptor mediante el efecto de diferencia de dilataciones de tiras de dos metales diferentes. En general, se usan para interrumpir hasta corrientes de 30 Amperes en 120 volts.

Otros sensores de temperatura son los termopares, detectores de temperatura por resistencia (RTD) y, los termistores.

### **5.3.19 Termopares**

Los termopares están hechos de dos alambres de metales diferentes unidos precisamente en el punto de medición, también conocido como "unión caliente". Un pequeño voltaje llamado Seebeck, en honor a su descubridor, aparece entre los dos alambres en función de la temperatura de esa unión y, ese voltaje es la señal que actúa sobre el controlador de temperatura.

Los termopares son en general de los sensores los más baratos y los más robustos, aunque para evitar errores de materiales disímiles, los cables de extensión deben ser del mismo material del termopar.

Existen termopares apropiados para diferentes rangos de temperatura y diferentes ambientes industriales. Ejemplos:

<b>Tipo</b>	<b>Aleaciones</b>	<b>rango (°C)</b>
J	Hierro/Constantan	0 a 760
K	Chromel / Alumel	0 a 1260
E	Chromel / Constantan	-184 a 871
T	Cobre / Constantan	-184 a 371
R	Platino 13% / Rodio Platino	0 a 1482

Tabla 5.1 Tipos y características físicas de sensores

### 5.3.20 RTD

Los RTDs son principalmente hechos de alambre de platino enrollado en una base cerámica cubiertos de vidrio o de material cerámico. Además pueden encontrarse como película en un sustrato.

Con la temperatura el platino cambia de resistencia y, con un circuito similar al conocido Puente de Wheatston este cambio puede ser utilizado en un indicador o controlador de temperatura.

Este tipo de sensor se fabrica también de Níquel en lugar de Platino pero son más usuales los de este último material, en sus variantes de norma alemana o japonesa.

Es sencilla la conexión de estos elementos y su prueba, ya que a 0° C, la resistencia del RTD de Platino es de 100 ohms y varía a razón de 0.385 ohms por grado Celsius.

### 5.3.21 Termistores

Los termistores están fabricados de un material semiconductor que cambia su resistencia eléctrica abruptamente en un pequeño rango de temperatura, por lo que son empleados en sistemas de adquisición de datos y en equipos delicados. Ejemplo: Control de Temperatura de Osciladores Electrónicos.

Su desventaja es que requieren de potencia para funcionar por lo que se auto calientan, y eso debe ser compensado en el circuito de medición.

### **5.3.22 Sensores de flujo**

Los sensores de flujo más usuales comprenden de una pequeña turbina que gira dentro del fluido a sensar, y, de un sensor del tipo inductivo que sensa el número de revoluciones de los álabes de la turbina, o, en otro tipo, la señal es tomada de un taco generador acoplado directamente a la turbina.

También los hay del tipo de estado sólido, los cuales tienen en la cabeza sensora dos resistencias calibradas. Con una de ellas se calienta un poco el fluido que rodea la cabeza y con el otro se sensa la temperatura del fluido. Comparando la temperatura electrónicamente, la cual se ajusta manualmente, es posible detectar movimientos de fluidos muy lentos como los de lubricantes de baleros, o flujos muy rápidos como los de una bomba de agua

### **5.3.23 Detectores de ultrasonidos**

Los detectores de ultrasonidos resuelven los problemas de detección de objetos de prácticamente cualquier material. Trabajan en ambientes secos y polvorientos. Normalmente se usan para control de presencia/ausencia, distancia o rastreo.

### **5.3.24 Interruptores básicos**

Se consiguen interruptores de tamaño estándar, miniatura, subminiatura, herméticamente sellados y de alta temperatura. Los mecanismos de precisión se ofrecen con una amplia variedad de actuadores y características operativas. Estos interruptores son idóneos para aplicaciones que requieran tamaño reducido, poco peso, repetitividad y larga vida.

### **5.3.25 Interruptores final de carrera**

Descripción: El microswitch es un conmutador de 2 posiciones con retorno a la posición de reposo y viene con un botón o con una palanca de accionamiento, la cual también puede traer una ruedita.

Funcionamiento: En estado de reposo la patita común (COM) y la de contacto normal cerrado (NC), están en contacto permanente hasta que la presión aplicada a la palanca del microswitch hace saltar la pequeña platina acerada interior y entonces el contacto pasa de la posición de normal cerrado a la de normal abierto (NO), se puede escuchar cuando el microswitch cambia de estado, porque se oye un pequeño clic, esto sucede casi al final del recorrido de la palanca.

### **5.3.26 Interruptores manuales**

Estos son los sensores más básicos, incluye pulsadores, llaves, selectores rotativos y conmutadores de enclavamiento. Estos productos ayudan al técnico e ingeniero con ilimitadas opciones en técnicas de actuación y disposición de componentes.

### **5.3.27 Productos encapsulados**

Diseños robustos, de altas prestaciones y resistentes al entorno o herméticamente sellados. Esta selección incluye finales de carrera miniatura, interruptores básicos estándar y miniatura, interruptores de palanca y pulsadores luminosos.

### **5.3.28 Productos para fibra óptica**

El grupo de fibra óptica está especializado en el diseño, desarrollo y fabricación de componentes optoelectrónicos activos y submontajes para el mercado de la fibra óptica. Los productos para fibra óptica son compatibles con la mayoría de los conectores y cables de fibra óptica multimodo estándar disponibles actualmente en la industria.

### **5.3.29 Productos infrarrojos**

La optoelectrónica es la integración de los principios ópticos y la electrónica de semiconductores. Los componentes optoelectrónicos son sensores fiables y económicos. Se incluyen diodos emisores de infrarrojos (IREDs), sensores y montajes.

### **5.3.30 Sensores para automoción**

Se incluyen sensores de efecto Hall, de presión y de caudal de aire. Estos sensores son de alta tecnología y constituyen soluciones flexibles a un bajo costo. Su flexibilidad y durabilidad hace que sean idóneos para una amplia gama de aplicaciones de automoción.

### **5.3.31 Sensores de caudal de aire**

Los sensores de caudal de aire contienen una estructura de película fina aislada térmicamente, que contiene elementos sensibles de temperatura y calor. La estructura de puente suministra una respuesta rápida al caudal de aire u otro gas que pase sobre el chip.



### **5.3.32 Sensores de corriente**

Los sensores de corriente monitorizan corriente continua o alterna. Se incluyen sensores de corriente lineales ajustables, de balance nulo, digitales y lineales. Los sensores de corriente digitales pueden hacer sonar una alarma, arrancar un motor, abrir una válvula o desconectar una bomba. La señal lineal duplica la forma de la onda de la corriente captada, y puede ser utilizada como un elemento de respuesta para controlar un motor o regular la cantidad de trabajo que realiza una máquina.

### **5.3.33 Sensores de humedad**

Los sensores de humedad relativa/temperatura y humedad relativa están configurados con circuitos integrados que proporcionan una señal acondicionada. Estos sensores contienen un elemento sensible capacitivo en base de polímeros que interacciona con electrodos de platino. Están calibrados por láser y tienen una intercambiabilidad de +5% HR, con un rendimiento estable y baja desviación.

### **5.3.34 Sensores de posición de estado sólido**

Los sensores de posición de estado sólido, detectores de proximidad de metales y de corriente, se consiguen disponibles en varios tamaños y terminaciones. Estos sensores combinan fiabilidad, velocidad, durabilidad y compatibilidad con diversos circuitos electrónicos para aportar soluciones a las necesidades de aplicación.

### **5.3.35 Sensores de presión y fuerza**

Los sensores de presión son pequeños, fiables y de bajo costo. Ofrecen una excelente repetitividad y una alta precisión y fiabilidad bajo condiciones ambientales variables. Además, presentan unas características operativas constantes en todas las unidades y una intercambiabilidad sin recalibración.



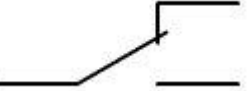
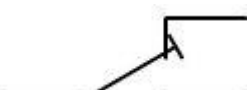








### **5.3.36 Sensores de turbidez**

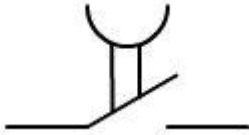

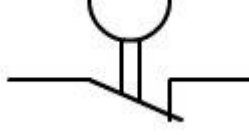



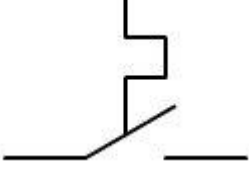
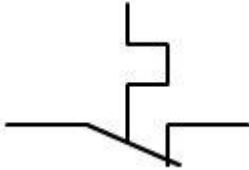
Los sensores de turbidez aportan una información rápida y práctica de la cantidad relativa de sólidos suspendidos en el agua u otros líquidos. La medición de la conductividad da una medición relativa de la concentración iónica de un líquido dado.

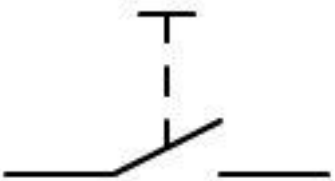
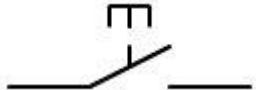
### 5.3.37 Sensores de presión


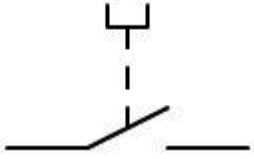
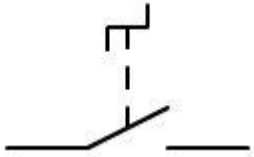
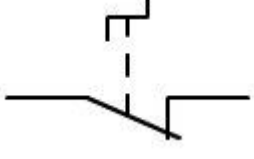
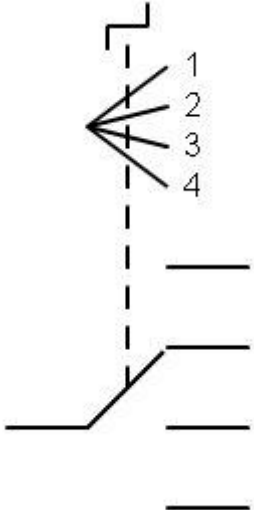
Los sensores de presión están basados en tecnología piezoresistiva, combinada con microcontroladores que proporcionan una alta precisión, independiente de la temperatura, y capacidad de comunicación digital directa con PC. Las aplicaciones afines a estos productos incluyen instrumentos para aviación, laboratorios, controles de quemadores y calderas, comprobación de motores, tratamiento de aguas residuales y sistemas de frenado



### 5.4.-Simbología

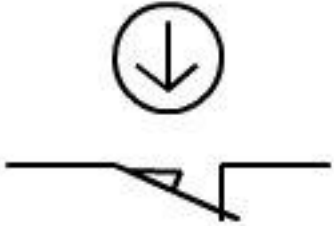
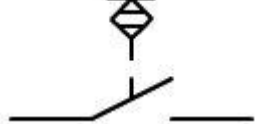
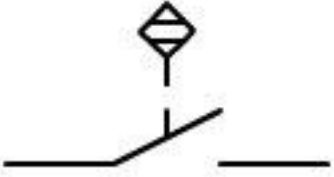
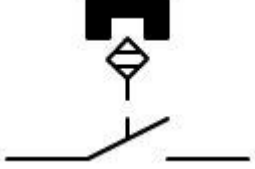
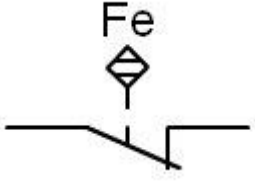
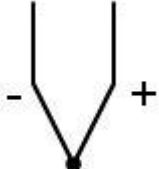

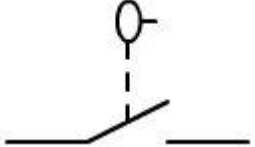
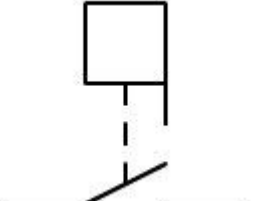
Contactos de elementos de control	
Símbolo	Descripción
	Interruptor normalmente abierto (NA).
	Interruptor normalmente cerrado (NC).
	Conmutador.
	Contacto inversor solapado. Cierra el NO antes de abrir NC
	Contacto de paso, con cierre momentáneo cuando su dispositivo de control se activa.
	Contacto de paso, con cierre momentáneo cuando su dispositivo de control se desactiva.
	Contacto de paso, con cierre momentáneo cuando su dispositivo de control se activa o se desactiva.
	Contacto (de un conjunto de varios contactos) de cierre adelantado respecto a los demás contactos del conjunto.
	Contacto (de un conjunto de varios contactos) de cierre retrasado respecto a los demás contactos del conjunto.
	Contacto (de un conjunto de varios contactos) de apertura retrasada respecto a los demás contactos del conjunto.
	Contacto (de un conjunto de varios contactos) de apertura adelantada respecto a los demás contactos del conjunto.
	Contacto de cierre retardado a la conexión de su dispositivo de mando. Temporizador a la conexión

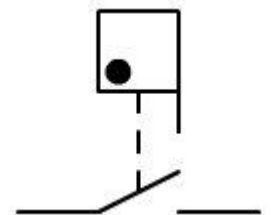
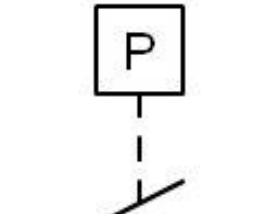
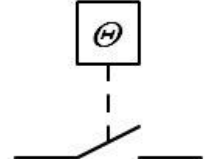
	Contacto de cierre retardado a la desconexión de su dispositivo de mando. Temporizador a la desconexión
	Contacto de apertura retardado a la conexión de su dispositivo de mando. Temporizador a la conexión
	Contacto de apertura retardado a la desconexión de su dispositivo de mando. Temporizador a la desconexión
	Contacto de cierre retardado a la conexión y también a la desconexión de su dispositivo de mando.
	Contacto de cierre con retorno automático.
	Contacto de apertura con retorno automático.
	Contacto auxiliar de cierre autoaccionado por un relé térmico.
	Contacto auxiliar de apertura autoaccionado por un relé térmico.





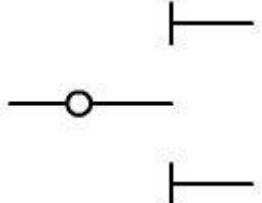
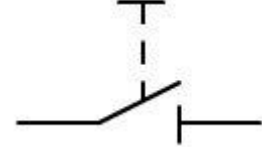
<b>Contactos de accionadores de mando manual</b>	
<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
	Contacto de cierre de control manual, símbolo general Interruptor de mando
	Pulsador normalmente abierto.(retorno automático)


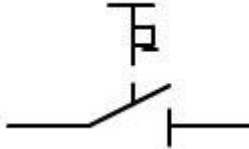


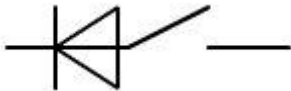

	<p>Pulsador normalmente cerrado.(retorno automático)</p>
	<p>Interruptor girador.</p>
	<p>Interruptor de giro con contacto de cierre.</p>
	<p>Interruptor de giro con contacto de apertura.</p>
	<p>Ejemplo de un interruptor de mando rotativo de 4 posiciones fijas</p>

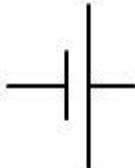
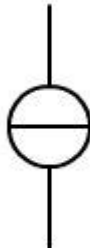

Elementos captadores de campo	
Símbolo	Descripción
	<p>Contacto de cierre de un interruptor de posición. Contacto NO de un final de carrera</p>
	<p>Contacto de apertura de un interruptor de posición. Contacto NC de un final de carrera</p>


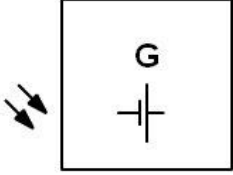
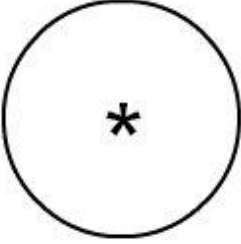
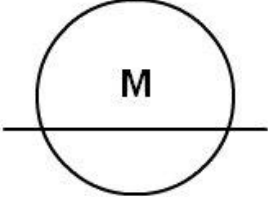
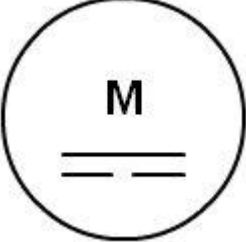
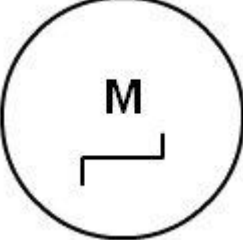
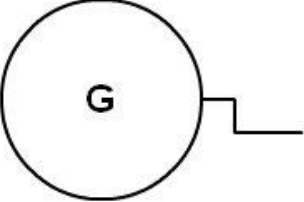
	<p>Contacto de apertura de un interruptor de posición con maniobra positiva de apertura. Final de carrera de seguridad.</p>
	<p>Interruptor sensible al contacto con contacto de cierre.</p>
	<p>Interruptor de proximidad con contacto de cierre. Sensor inductivo de materiales metálicos</p>
	<p>Interruptor de proximidad con contacto de cierre accionado por imán.</p>
	<p>Interruptor de proximidad de materiales férricos con contacto de apertura. Detector de proximidad de hierro (Fe)</p>
	<p>Termopar, representado con los símbolos de polaridad.</p>
	<p>Termopar la polaridad se indica con el trazo más grueso en uno de sus terminales (polo negativo)</p>
	<p>Interruptor de nivel de un fluido.</p>
	<p>Interruptor de caudal de un fluido (interruptor de flujo)</p>

	<p>Interruptor de caudal de un gas</p>
	<p>Interruptor accionado por presión (presostato)</p>
	<p>Interruptor accionado por temperatura (termostato)</p>

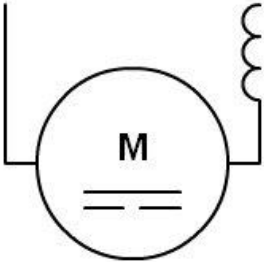
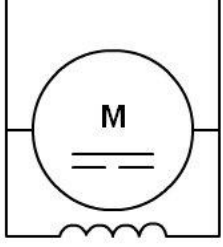
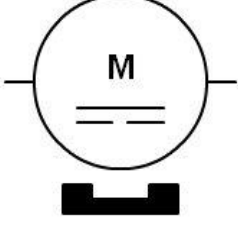
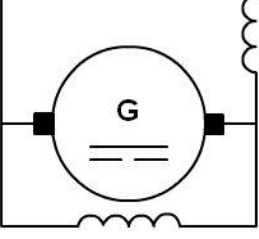
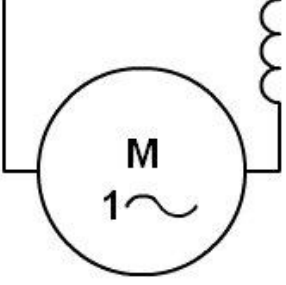
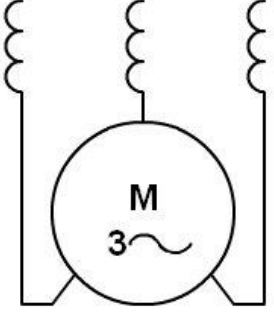
<b>Elementos de potencia</b>	
<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
	<p>Contactador, contacto principal de cierre de un contactador. Contacto abierto en reposo.</p>
	<p>Contactador, contacto principal de apertura de un contactador. Contacto cerrado en reposo.</p>
	<p>Contactador con desconexión automática provocada por un relé de medida o un disparador incorporados.</p>
	<p>Seccionador.</p>
	<p>Seccionador de dos posiciones con posición intermedia</p>
	<p>Interruptor seccionador (control manual)</p>

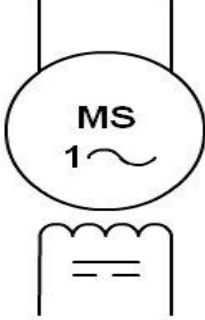
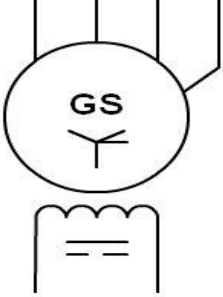
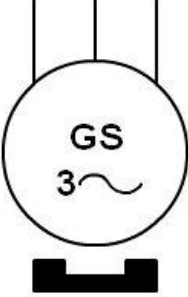
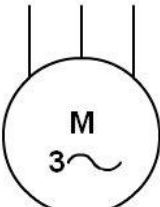
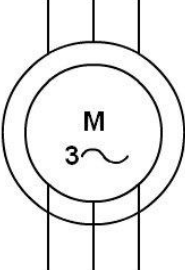
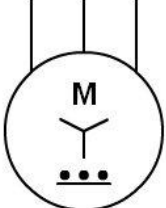
	Interruptor seccionador con apertura automática provocada por un relé de medida o un disparador incorporados
	Interruptor seccionador (de control manual) Interruptor seccionador con dispositivo de bloqueo
	Interruptor estático, (semiconductor) símbolo general.
	Contactor estático, (semiconductor).
	Contactor estático, (semiconductor) con el paso de la corriente en un solo sentido. Izquierdas.
	Contactor estático, (semiconductor) con el paso de la corriente en un solo sentido. Derechas.

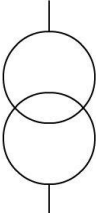
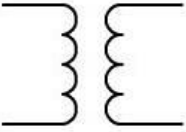
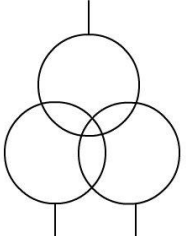
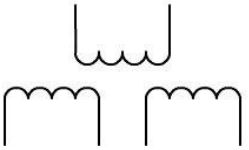
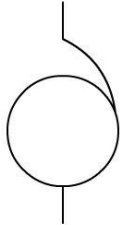
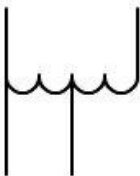
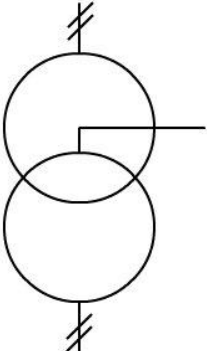
Símbolo	Descripción
	Pila o acumulador, el trazo largo indica el positivo
	Fuente de corriente ideal.
	Fuente de tensión ideal.

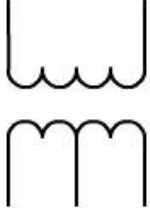
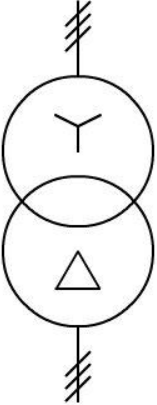
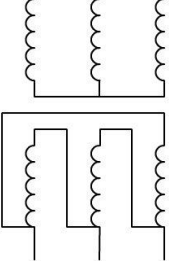
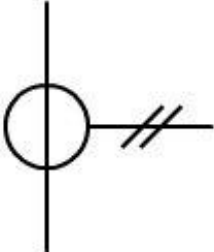
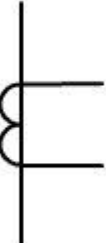
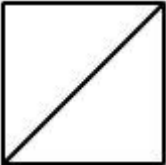
	<p>Generador no rotativo. Símbolo general</p>
	<p>Generador fotovoltaico</p>
	<p>Máquina rotativa. Símbolo general.</p> <p>El asterisco, *, será sustituido por uno de los símbolos literales siguientes:</p> <p>C = Conmutatriz  G = Generador  GS = Generador síncrono  M = Motor  MG = Máquina reversible (que puede ser usada como motor y generador)  MS = Motor síncrono</p>
	<p>Motor lineal. Símbolo general.</p>
	<p>Motor de corriente continua.</p>
	<p>Motor paso a paso.</p>
	<p>Generador manual. Generador de corriente de llamada, magneto.</p>

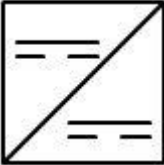
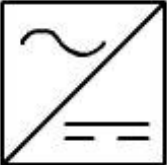





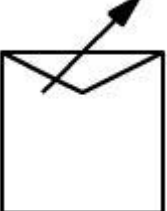






	<p>Motor serie, de corriente continua</p>
	<p>Motor de excitación (shunt) derivación, de corriente continua</p>
	<p>Motor de corriente continua de imán permanente.</p>
	<p>Generador de corriente continua con excitación compuesta corta, representado con terminales y escobillas.</p>
	<p>Motor de colector serie monofásico. Máquina de corriente alterna.</p>
	<p>Motor serie trifásico. Máquina de colector.</p>

	<p>Motor síncrono monofásico.</p>
	<p>Generador síncrono trifásico, con inducido en estrella y neutro accesible.</p>
	<p>Generador síncrono trifásico de imán permanente.</p>
	<p>Motor de inducción trifásico con rotor en jaula de ardilla.</p>
	<p>Motor de inducción trifásico con rotor bobinado.</p>
	<p>Motor de inducción trifásico con estator en estrella y arrancador automático incorporado.</p>

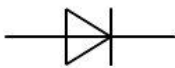
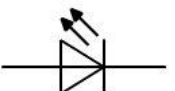
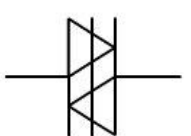
	<p>Transformador de dos arrollamientos (monofásico). Unifilar</p>
	<p>Transformador de dos arrollamientos (monofásico). Multifilar</p>
	<p>Transformador de tres arrollamientos. Unifilar</p>
	<p>Transformador de tres arrollamientos. Multifilar</p>
	<p>Autotransformador. Unifilar</p>
	<p>Autotransformador. Multifilar</p>
	<p>Transformador con toma intermedia en un arrollamiento. Unifilar</p>

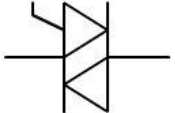
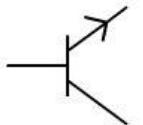
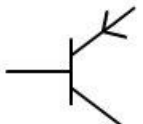
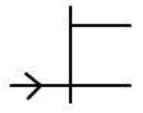
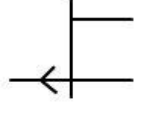
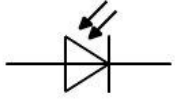
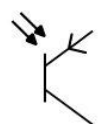
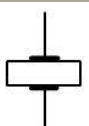
	<p>Transformador con toma intermedia en un arrollamiento. Multifilar</p>
	<p>Transformador trifásico, conexión estrella - triángulo. Unifilar</p>
	<p>Transformador trifásico, conexión estrella - triángulo. Multifilar</p>
	<p>Transformador de corriente o transformador de impulsos. Unifilar</p>
	<p>Transformador de corriente o transformador de impulsos. Multifilar</p>
	<p>Convertidor. Símbolo general.</p> <p>Se pueden indicar a ambos lados de la barra central un símbolo de la magnitud, forma de onda, etc. de entrada y de salida para indicar la naturaleza de la conversión.</p>

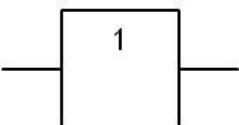
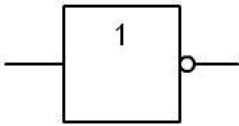
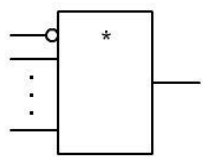
	Convertidor de corriente continua. (DC/DC)
	Rectificador. Símbolo general (convertidor de AC a DC)
	Rectificador de doble onda, (puente rectificador).
	Ondulador, Inversor. (convertidor de DC a AC)
	Rectificador / ondulador; Rectificador / inversor.
	Arrancador de motor. Símbolo general. Unifilar.
	Arrancador de motor por etapas. Se puede indicar el número de etapas. Unifilar.
	Arrancador regulador, Variador de velocidad. Unifilar.

	Arrancador directo con contactores para cambiar el sentido de giro del motor. Unifilar.
	Arrancador estrella - triángulo. Unifilar.
	Arrancador por autotransformador. Unifilar.
	Arrancador - regulador por tiristores, Convertidores de frecuencia, Variadores de velocidad. Unifilar.

### 5.4.1 Semiconductores

Símbolo	Descripción
	Diodo
	Diodo emisor de luz (LED)
	Diodo Zener
	Tiristor
	Diac. Tiristor diodo bidireccional.

	Triac. Tiristor triodo bidireccional.
	Transistor bipolar NPN
	Transistor bipolar PNP
	Transistor de efecto de campo (FET) con canal de tipo N
	Transistor de efecto de campo (FET) con canal de tipo P
	Fotodiodo
	Fototransistor
	Cristal piezoeléctrico

<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
	Puerta lógica SI (buffer)
	Puerta lógica NO o inversora (NOT)
	Puerta lógica con una entrada negada. (El círculo niega)

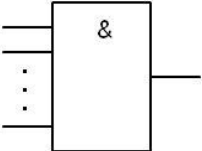
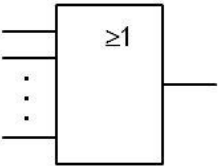
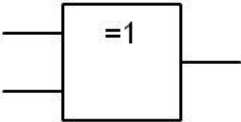
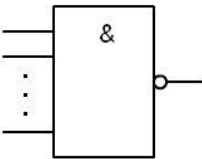
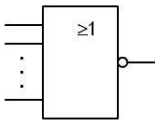
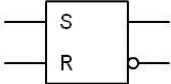
	<p>Puerta lógica Y (AND). La salida es 1 cuando todas las entradas son 1.</p>
	<p>Puerta lógica O (OR). La salida es 1 cuando cualquiera de las entradas es 1.</p>
	<p>Puerta lógica O exclusiva (XOR). La salida es 1 si sólo una entrada es 1.</p>
	<p>Puerta lógica NO-Y (NAND). Es la negación de la puerta Y.</p>
	<p>Puerta lógica NO-O (NOR). Es la negación de la puerta O.</p>
	<p>Biestable R-S</p>

Tabla 5.1 Simbología de control ( Europea)

## 5.5.- Diagramas lógicos

En los circuitos digitales todos los voltajes a excepción de las fuentes de alimentación, se agrupan en dos posibles categorías: voltaje altos y voltaje bajos. Entre estos dos rangos de voltaje existe una denominada zona prohibida o de incertidumbre que los separa.

Una tensión alta significa un 1 binario y una tensión baja significa un 0 binario.



Todos los sistemas digitales se construyen utilizando básicamente tres puertas lógicas básicas. Estas son las puertas AND, la puerta OR y la puerta NOT ó la combinación de estas.

### 5.5.1 Compuerta AND

Con dos o más entradas, esta compuerta realiza la función booleana de la multiplicación. Su salida será un “1” cuando todas sus entradas también estén en nivel alto. En cualquier otro caso, la salida será un “0”.

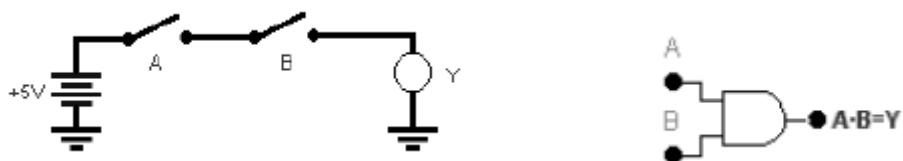


Figura 5.9 Circuito equivalente de una puerta AND y Símbolo de una compuerta AND

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

**$A \cdot B = Y$**

Figura 5.10 Tabla de la verdad de la compuerta AND

### 5.5.2 Compuerta OR

La función booleana que realiza la compuerta OR es la asociada a la suma, y matemáticamente la expresamos como “+”. Esta compuerta presenta un estado alto en su salida cuando al menos una de sus entradas también esta en estado alto. En cualquier otro caso, la salida será 0. Tal como ocurre con las compuertas AND, el número de entradas puede ser mayor a dos.

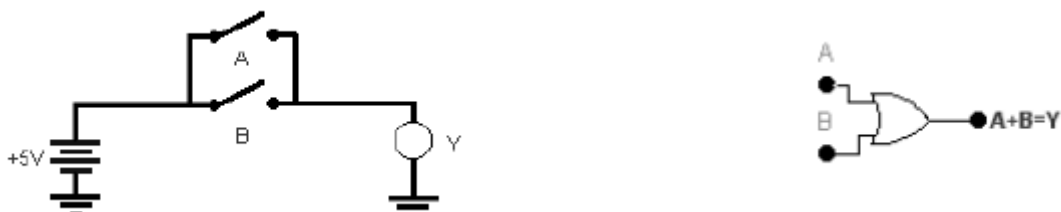


Figura 5.11 Circuito equivalente de una compuerta OR Símbolo de una compuerta OR

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

$$A + B = Y$$

Figura 5.12 Tabla de verdad de la compuerta OR

### 5.5.3 Compuerta inversor o NOT

Esta compuerta presenta en su salida un valor que es el opuesto del que está presente en su única entrada. En efecto, su función es la negación, esta solo tiene una entrada.



A	Y
0	1
1	0

$$\bar{A} = A$$

Figura 5.13 Símbolo de una compuerta NOT y Tabla de verdad de la compuerta OR

Cualquier compuerta lógica se puede negar, esto es, invertir el estado de su salida, simplemente agregando una compuerta NOT que realice esa tarea. Debido a que es una situación muy común, se fabrican compuertas que ya están negadas. Cualquier compuerta lógica se puede negar, esto es, invertir el estado de su salida, simplemente agregando una compuerta NOT que realice esa tarea. Debido a que es una situación muy común, se fabrican compuertas que ya están negadas internamente. Esto genera dos compuertas más la NOR y la NAND que son la negación de la OR y de la AND

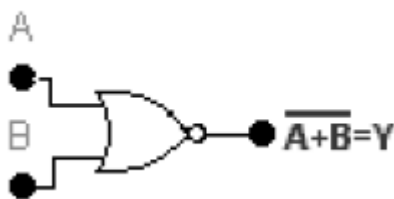


Figura 5.14 Símbolo de la compuerta NOR

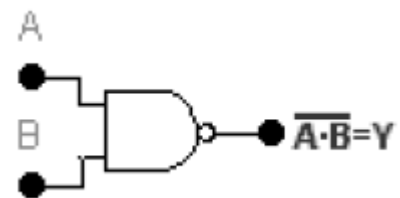


Figura 5.15 Símbolo de la compuerta NAND

Al combinar las compuertas lógicas básicas se lograron diseñar dos compuertas más útiles en diseño de sistemas digitales y por ello se designaron expresiones booleanas propias de estas combinaciones y fueron llamadas OR exclusiva o XOR y NOR exclusiva o XNOR que simplemente es la negación de la XOR

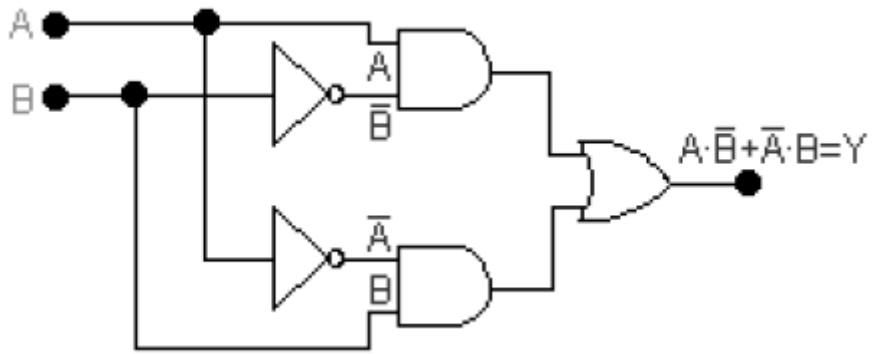
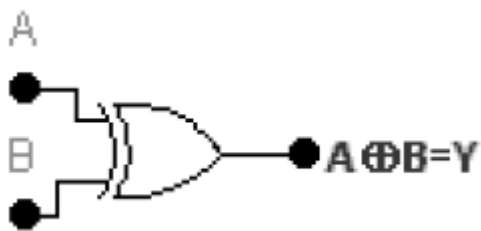


Figura 5.16 Circuito lógico que realiza la función XOR



A	B	OR	XOR
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	1	1
1	1	1	0

Figura 5.17 Símbolo de la compuerta XOR y Tabla de verdad de la compuerta XOR



A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Símbolo de la compuerta XNOR y Tabla de verdad de la compuerta XNOR

## 6. ADMINISTRACION DE PROYECTOS ELECTRICOS INDUSTRIALES

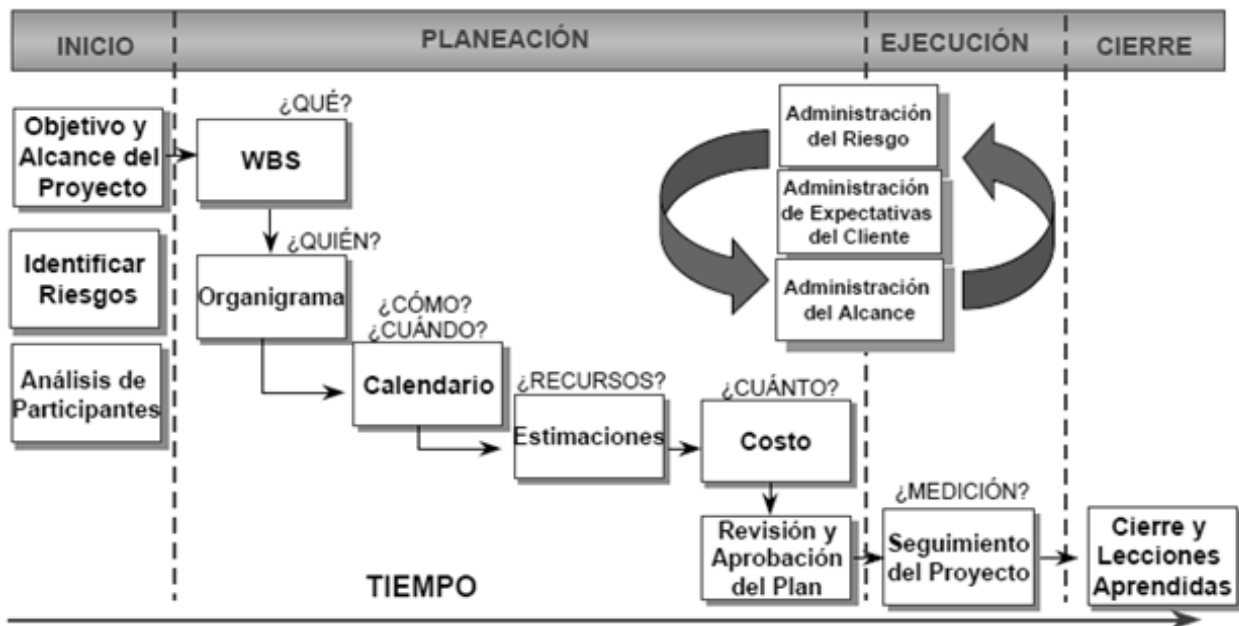


Figura 6.1 Etapas de la administración de proyectos

### 6.1.- Organigrama de un departamento de proyectos de ingeniería eléctrica

En un organigrama de un departamento de proyectos de ingeniería eléctrica se esquematiza la jerarquía en la toma de decisiones del personal a cargo de cada uno de los proyectos para evitar conflictos en la conclusión del proyecto.

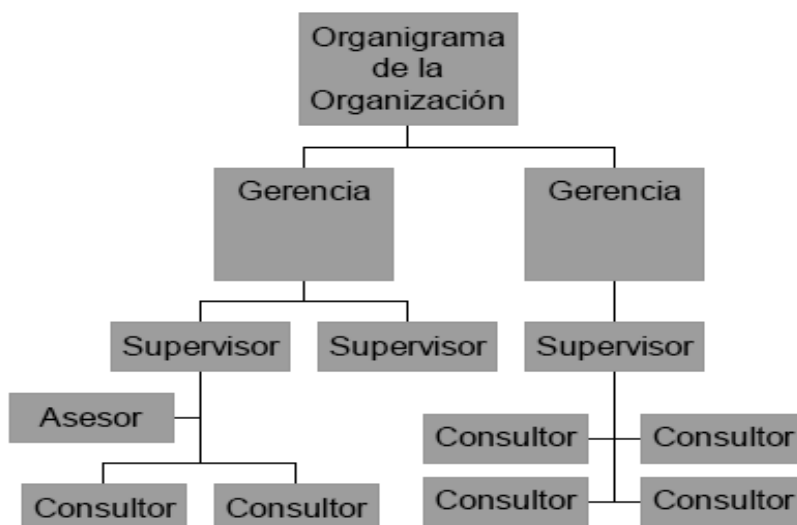


Figura 6.2 Ejemplo de un organigrama

## **6.2.- Relación de documentos técnicos**

Proceso para crear y determinar los procedimientos de adquisición, utilización y reubicación efectiva de los recursos (humanos y materiales) para proporcionar un servicio de calidad a los clientes. Verifican que el proveedor del servicio se adhiera al cumplimiento de los requerimientos legales, de tal forma que se reduzca la exposición legal.

- Planificación de las adquisiciones y propuestas de solución
- Selección de Proveedores
- Elaborar Convenios de Servicios y establecer Niveles de Servicio
- Seguimiento al cumplimiento de requisitos legales, fiscales y normativos
- Verificar condiciones contractuales con usuarios y proveedores
- Contrato
- Convenios de Servicios y Niveles de Servicio

## **6.3.- Estimación de duración de un proyecto eléctrico industrial**

Proceso para el desarrollo de fechas meta de inicio y terminación para los elementos identificados en la administración de alcance. Estas fechas están basadas en el esfuerzo requerido para completar las tareas, las relaciones entre ellas y la disponibilidad de los recursos para ejecutarlas. El calendario se utiliza para comunicar a los miembros del equipo y al cliente cuando se realizarán las tareas y cuando estarán disponibles los entregables.

- Desarrollar el Calendario del Proyecto
- Definición de actividades
- Secuenciación
- Estimación
- Monitorear el estatus del Calendario
- Calendario del Proyecto
- Calendario Real del Proyecto

## **6.4.- Costos del proyecto**

La infraestructura financiera es establecida para dar soporte a la estimación, pronósticos, presupuestos y monitoreo monetario del proyecto, asegurando que el proyecto es terminado dentro del presupuesto aprobado.

- Revisión de la propuesta
- Implantación del Sistema de Control Financiero
- Establecer el presupuesto
- Estrategia Financiera
- Sistema de Control Financiero
- Presupuesto

El costo que un proyecto involucra puede aumentar durante el desarrollo de este debido a que para comenzar un proyecto generalmente se exige un estudio de viabilidad en el cual no se incluyen datos completamente precisos de la cantidad de recursos que cada tarea consumirá, y es en base a este estudio que se hacen estimaciones de los recursos totales que el proyecto va a necesitar.

Además el costo puede aumentar por el uso de criterios de estimación poco eficientes por parte de los analistas.

Otro factor que puede aumentar los costos es el aumento en los tiempos de entrega que generalmente se debe a que los directores del proyecto no son buenos gestionando los tiempos de entrega de cada una de las diferentes tareas que el proyecto involucra, es así que cuando tienen un retraso no son capaces de alterar los plazos de entrega finales creyendo que podrán recuperar el tiempo perdido, en general esta es una muy mala política de trabajo porque no siempre es posible acelerar otras tareas para ahorrar tiempo en la entrega final.

## **6.5.- Calendario del proyecto**

El calendario de proyecto debería desarrollarse con un conocimiento preciso de los requisitos de tiempo, las asignaciones de personal y las dependencias de unas tareas con otras. Muchos proyectos tienen un límite a la fecha de entrega solicitada. El director del proyecto debe determinar si puede elaborarse un calendario factible basado en dicha fecha. Si ni fuera así, debería retrasarse el límite o reajustarse el ámbito del proyecto.

Factores que influyen sobre las estimaciones:

- Tamaño del equipo de proyecto
- Experiencia de los miembros del equipo
- Número de usuarios finales y directivos
- Actitud de los usuarios finales
- Compromiso de la dirección
- Disponibilidad de los usuarios finales y los directivos
- Proyectos en curso

Para calcular los requisitos de tiempo, son necesarios cuatro pasos:

- Hacer una lista de todas las tareas y acontecimientos del proyecto
- Determinar las dependencias entre las tareas. Para cada tarea, se anotan las tareas que han de completarse antes y después de la terminación de la tarea en concreto
- Hacer una estimación de la duración de cada tarea. Esta estimación se realiza de la siguiente manera:
  - a) Calcular la cantidad mínima de tiempo que llevaría realizar la tarea, que recibe el nombre de tiempo óptimo (TO). El cálculo del TO supone que no sucederán ni siquiera las interrupciones o retrasos más probables
  - b) Calcular la cantidad máxima de tiempo que llevaría realizar la tarea, que recibe el nombre de tiempo pésimo (TP). El cálculo del TP supone que todo lo que pueda ir mal irá mal
  - c) Calcular el tiempo más probable (TMP) que será necesario para realizar la tarea
  - d) Calcular la duración esperada (DE) de la siguiente manera:

- Calcular el tiempo mínimo de finalización y el tiempo máximo de finalización (TmF y TMF) para cada tarea.

## 6.6.- Reportes

El reporte de estado debe ser un documento corto, de no más de 2 páginas, aunque el proyecto sea grande. El propósito principal de este reporte es comunicar al receptor si el proyecto está yendo según lo planeado y por qué. Y si no está yendo según lo planeado, también por qué. Este reporte no es producido para registrar qué trabajo hizo o hará el equipo del proyecto, sino que su foco es describir los desvíos del plan y cómo serán corregidos.

Debe constar de por lo menos los siguientes capítulos:

- **Resumen ejecutivo:** un resumen que describa si el proyecto está yendo según lo planeado, si está cumpliendo con las fechas estimadas de los hitos y fechas de entrega de los entregables. También indicar: si surgieron riesgos nuevos, o aumentó la probabilidad o el impacto de riesgos conocidos. También indicar qué acciones a corto plazo se le piden al cliente externo y/o interno, o patrocinadores, para que el proyecto sea exitoso.
- **Detalle de avances y desvíos:** descripción breve de aquellas partes del proyecto que no están yendo según lo planeado y qué se está haciendo para corregir este problema. También detallar: hitos principales alcanzados y por alcanzar en el corto plazo. Esta sección no es para comentar qué hizo tu equipo en el último mes, sino para hablar del próximo mes: que se hará para regresar el proyecto a su cauce normal.
- **Registro de riesgos:** indicar si surgieron riesgos nuevos o aumentó la probabilidad o el impacto de riesgos conocidos, por intermedio de una planilla con las siguientes columnas: Id del factor de riesgo, descripción, plan de minimización, plan de contingencia, probabilidad de ocurrencia, impacto en el proyecto.
- **Métricas:** reportar el progreso de las métricas elegidas para el proyecto. Por ejemplo: uso de recursos en horas, por día, días hábiles trabajados, días hábiles para finalizar, porcentaje de avance en los entregables más



importantes, porcentaje del presupuesto total gastado, costo hasta hoy, indicadores, etc.

## **6.7.- Control de planos y documentos**

La elaboración de un proyecto de una instalación eléctrica industrial debe estar precedida por el conocimiento de datos relacionados con las condiciones de suministro y de las características de la industria en general.

Normalmente el proyectista recibe del interesado un conjunto de planos de la industria, conteniendo como mínimo los siguientes detalles:

### a) Planos de Ubicación

Que tiene la finalidad de situar la obra dentro del contexto urbano.

### b) Planos arquitectónicos del área

Que contiene toda el área de Construcción e indica con detalle todos los ambientes de producción, oficinas, depósitos, etc.

### c) Planos con la disposición física de las Máquinas

Indica una proyección aproximada de las máquinas debidamente ubicadas con la indicación de los motores y sus respectivos tableros de control.

### d) Planos de Detalles

Que contienen todas las particularidades del proyecto de arquitectura que se vayan a construir como ser:

- Vistas y cortes del galpón industrial.
- Detalles sobre la existencia de puentes girantes en los recintos de producción.
- Detalle de columnas y vigas de concreto y otras particularidades de construcción.
- Detalle de montaje de máquinas de grandes dimensiones.

## **6.8.- Archivo de la documentación técnica**

Existen diferentes tipos de archivo:

### **6.8.1 Archivo Activo**

Este tipo de archivo está formado por los documentos de año en curso, los documentos que se encuentran pendientes de respuesta o solución y los documentos de años anteriores que mantengan su vigencia.

### **6.8.2 Archivo semi-activo**

Está formado por los documentos no activos de más de un año que son materia de consulta aunque no frecuente.

### **6.8.3 Archivo pasivo**

Está formado por los documentos activos cuya consulta eventual permiten que se encuentre en ambiente diferente al archivo activo y que mantiene su valor documental, informativo o histórico que por su importancia pueden tener empleo en lo administrativo.

### **6.8.4 Sistema de archivos**

- **Sistema alfabético.-** Viene a hacer la asociación de letras desde la “A” hasta la “Z”

Ejemplo: Abasa, Calera, Famesa

- **Sistema numérico.-** Viene a hacer la asociación de números, se ubica los primeros.

Ejemplo: Factura No. 170, Factura No. 171

- **Sistema Geográfico.-** Se halla mediante el distrito, Departamento, Ciudad...

Ejemplo: Arequipa, Lima

- **Sistema por Asunto.-** Se lleva el control de los materiales para trabajar,

Ejemplo: Adelantos, Polizas

## 6.8.5 Organización de un sistema de archivo

- **Equipos.** El mueble más usado en las oficinas es el archivador vertical que puede tener una o varias gavetas (cajones), tiene gran capacidad para almacenar documentos, en cada uno se coloca un rótulo en el que se indica lo siguiente: Letras, Números, etc.

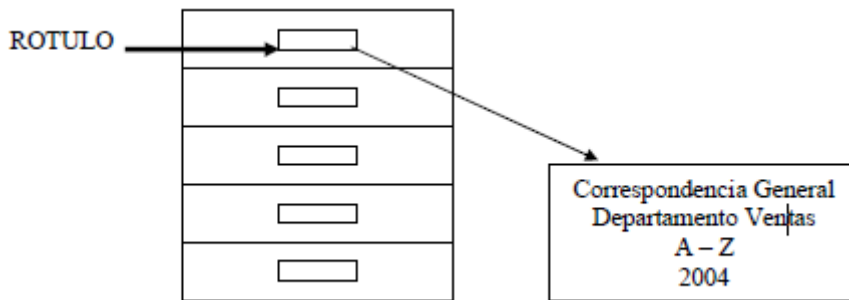


Figura 6.3 Archivero

- **Guías.** Son hojas de cartón (folders), que tienen una parte que sobresale llamada pestaña, sobre la cual se coloca una letra, número... (rótulo)

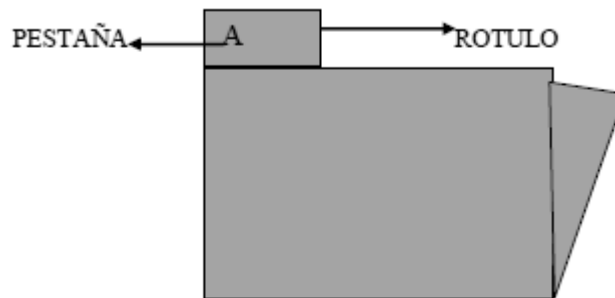


Figura 6.4 Folder

- **Carpetas.** Son folders que se utilizan para guardar la correspondencia. Las carpetas tienen una pestaña que se utiliza para colocar el nombre de una persona, empres, asunto. Puede ser de varios tamaños (Carta, Oficio, Sobre...)

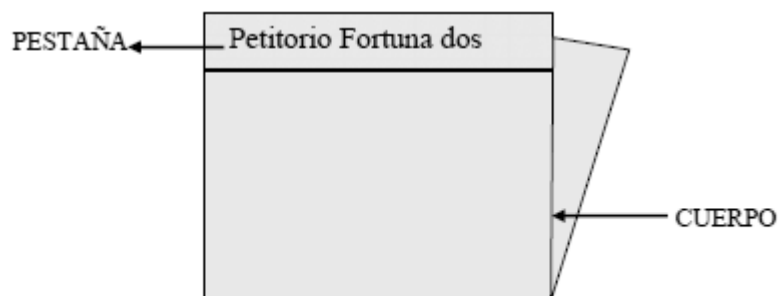


Figura 6.5 Carpeta

## Conclusiones

Es importante la planeación de todo proyecto para darnos un panorama general de lo que será el mismo, tiempo, dinero y esfuerzo que serán necesarios para realizar una instalación de calidad.

Las instalaciones eléctricas industriales se rigen por diversas normas, nacionales e internacionales; pero todas coinciden en que estas deben ser seguras y deben proteger la vida de los usuarios y los equipos.

Es importante hacer la elección correcta de materiales para que la instalación cumpla con todos los requerimientos que el cliente solicita, tanto como de funcionalidad como de estética; todo esto nos lleva a formar una empresa que brinde un servicio de instalaciones competente, organizado y bien sustentado con tecnologías actuales para un mercado exigente.

## Apéndice

**AAC** All Aluminum Conductor, Conductor fabricado en aluminio, denominación usada generalmente para conductores desnudos.

**Acometida** Cable que va desde la línea de la Compañía de Suministro de Energía Eléctrica hasta la instalación del Usuario.

**ACSR** Aluminum Conductor Steel Reinforced, Cable de aluminio con refuerzo central de acero.

**Admitancia** Medición de la facilidad que presenta un conductor al flujo de la corriente, (es inversa a la impedancia).

**AEIC** (Association of Edison Illuminating Companies). Asociación de Compañías de Suministro de Energía Eléctrica en Estados Unidos.

**Aéreo** Cable suspendido en el aire sobre postes o estructura.

**Aislamiento** Material que ofrece una gran resistencia al paso de la corriente, se le conoce también como dieléctrico.

**Aislamiento Eléctrico** (Cables) Es el componente que aísla el conductor de otros conductores o de otras partes conductoras o de tierra.

**Aislamiento Extruído** Material dieléctrico aplicado por medio de un proceso de extrusión.

**Aislamiento Laminar** Material dieléctrico fibroso, o en forma de película, o combinado, compuesto por capas de aislamiento superpuestas y generalmente impregnadas y/o embebidas en un compuesto dieléctrico.

**Aislamiento** resistencia de Oposición al paso de la corriente presentada por un material aislante, Relación entre el voltaje aplicado y la corriente que circula, Generalmente se expresa en Megaohm o Megaohm-Kilometro.

**Alambre** Conductor metálico, cilíndrico sólido, en forma de varilla alargada o de filamento, usado para transmitir energía o señales eléctricas, puede ser desnudo o aislado.

**Alambre para conexiones** Alambre para conexiones formado por alambres de cobre estañado con aislamiento de PVC y torcidos en pares en pares, cuartetos, quintetos y sextetos, usado en conexiones en centrales telefonicas o equipos de telecomunicaciones.

**Alambre para distribuidor** Cordón para distribuidor, formado por dos o tres alambres de cobre estañado aislados individualmente con PVC y reunidos entre sí, usado para conexiones (puentes) en el distribuidor y cajas de distribución telefónicas.

**Aleación** Metal formado por la combinación de dos o más metales para obtener alguna característica específica.

**Alimentador** Conjunto de conductores que se originan en un centro de distribución principal y que alimentan uno o más centros de distribución secundarios, uno o más centros de distribución derivados o cualquier combinación de ambos.

**Alto Voltaje** Designación para cables con voltaje de operación mayor a 1,000 volts.

**Ampere** Unidad de corriente eléctrica, un Ampere es la corriente que fluye a través de una resistencia de un ohm a la cual se le aplica un voltaje de un Volt.

**ANCE** Asociación Nacional de Normalización y Certificación Organismo Mexicano independiente dedicado a la normalización, certificación y verificación de productos.

**ANSI** (American National Standards Institute): Instituto Nacional de Normalización de Estados Unidos.

**Antioxidante** Sustancia que retarda o impide la degradación de otros materiales expuestos al oxígeno del aire o a peróxidos.

**Área de la sección transversal** El área de la sección transversal de un alambre es directamente el área perpendicular al eje del alambre, en un cable o cordón esta área es la suma del área de cada uno de los alambres que los forman.

**Armado** Cable con protección mecánica (Armadura).

**Armadura Protección mecánica de los cables.** Puede consistir de un tubo metálico, de una capa de alambres o soleras de acero aplicados en forma helicoidal, de fleje de acero colocado en forma helicoidal o de una armadura metálica (Aluminio o Acero) engargolada.

**ASTM** (Abreviación de American Society for Testing and Materials): Sociedad de Normalización de Materiales y Métodos de Prueba en Estados Unidos.

**Atenuación** Pérdida de energía en un sistema eléctrico, generalmente expresado en Decibeles por Kilometro.

**Aterrizado** Elemento conectado eléctricamente a la tierra o un elemento que actúe eléctricamente como tal.

**Autoextinguible** Característica de un material, en el cual la flama se extingue al retirar la fuente de energía.

**AWG** (American Wire Gauge), estándar norteamericano usado en la designación del calibre (Diámetro) de los alambres y cables eléctricos.

**AWM**(Appliance Wiring Material), designación de UL bajo especificación 758.

**B & S** (Gauge) Nombre original del estándar AWG.

**Banco de Ductos** Conjunto de canalizaciones subterráneas agrupadas entre sí y que consiste en uno o más ductos que unen dos puntos del sistema.

**Cable** Conjunto de alambres reunidos en forma ordenada, pudiendo ser desnudos o aislados.

**Cable Concéntrico Compacto** Cable concéntrico de sección circular formado por alambres de sección circular o preformados y sometidos a un proceso de compactado para dar un diámetro exterior menor que el que se obtiene en el Cable Concéntrico

**Cable Concéntrico Comprimido** Cable concéntrico de sección circular en el cual una o más capas de los cables con 7 ó más alambres se comprimen ligeramente para dar un diámetro exterior no menor de 97% del correspondiente al cable concéntrico normal.

**Cable Concéntrico Normal** Conductor constituido por un núcleo central formado por uno o varios alambres rodeado por una o más capas de alambres dispuestos helicoidalmente, dando por resultado un cable de sección circular.

**Cable Cuadruplex** Conjunto de cuatro cables monoconductores reunidos entre sí en forma helicoidal.

**Cable de Energía o de Potencia** Conductor aislado capaz de conducir cantidades masivas de energía eléctrica.

**Cable directamente enterrado** Cable diseñado para ser instalado bajo tierra, en contacto directo con el terreno.

**Cable no propagador del incendio** Cable fabricado con materiales especialmente diseñados para no mantener la combustión, ni permitir, a través de ellos, la propagación del incendio.

**Cable OF** Cable Autocontenido a presión con aislamiento de papel impregnado en el cual el medio de presurización es un aceite de baja viscosidad.

**Cable Submarino** Conductor aislado diseñado para operar en forma continua dentro del agua y que generalmente cuenta con una protección mecánica adicional (armadura).

**Cable tipo Cinturón** Cable Multiconductor que cuenta con una capa de aislamiento sobre el conjunto de los conductores aislados.

**Cable tipo Tubo** (Pipe). Cable sometido a presión con aislamiento de papel impregnado en el cual el contenedor del medio de presurización es un tubo metálico. El medio de presurización puede ser aceite o gas.

**Cable Triplex** Conjunto de tres cables monoconductores reunidos entre sí en forma helicoidal. En ocasiones cuenta con un conductor adicional de tierra.

**Cableado** Reunido en forma helicoidal de dos o más conductores desnudos o aislados.

**Cables Monoconductores** Son cables formados por un sólo conductor aislado.

**Cables Multiconductores** Son cables integrados por 2 ó más conductores, aislados individualmente; identificados; con rellenos si se requieren para dar sección circular; cinta reunidora y cubierta exterior común.

**Cadena cruzada** Unión química permanente entre cadenas de polímeros termoplásticos.

**Calibre** Termino usado para referirse a la medida de los alambres y cables.

**Canalización Eléctrica** Sistema diseñado exclusivamente para contener y mantener juntos varios conductores eléctricos.

**Capacidad de Conducción de Corriente** (Ampacidad) Corriente máxima que un conductor aislado puede llevar sin exceder las limitaciones térmicas de su aislamiento y cubierta.

**Capacitancia** La relación entre la carga electrostática entre dos conductores y la diferencia de potencial requerida para mantener esa carga.

**Capacitancia mutua** capacitancia entre dos conductores de un cable cuando el resto de conductores son conectados juntos y a tierra.



**Cargas** Sustancias inertes que se agregan a los materiales termoplásticos o termofijos para obtener determinadas características.

**Cavidad** Es un intersticio en un aislamiento, que no contiene el material aislante base. Puede contener un gas o un líquido y es un punto potencial para la formación de arborescencias.

**Circular Mil** Unidad para medir la sección transversal de los conductores eléctricos, en el sistema AWG. Un Circular Mil corresponde al área de un círculo que tiene por diámetro una milésima de pulgada.

**Coaxial** Cable generalmente usado en radiofrecuencia, consistente en dos conductores cilíndricos con un eje común, separados por un dielectrico, el segundo conductor generalmente es en forma de malla trenzada y opera conectado a tierra.

**Cobre Duro** Cable que se obtiene después de someter a dicho metal a un proceso de trefilado (estirado en frío) + Cu semiduro.

**Cobre Suave** Cobre que ha sido sometido a un tratamiento térmico de recocido para eliminar los efectos del procesado en frío.

**Código de colores** Código de identificación de los circuitos de un cable multiconductor, usualmente acompañado por trazas de colores.

**Conductancia** La capacidad de un conductor de permitir el paso de una carga eléctrica , reciproco a la resistencia.

**Conductividad** Capacidad de un material de conducir electricidad , usualmente expresado como porcentaje de la conductividad del cobre ( IACS ).

**Conductor** Un alambre o combinación de alambres no aislados entre sí, adecuados para transportar una corriente eléctrica. Pueden ser aislados o desnudos.

**Conductor Sellado** Cable de cobre o aluminio, usualmente en construcción concéntrica, cuyo intersticios se rellenan de un material que impide el ingreso de agua.

**Conductor tipo Anular** Cable de sección circular cuyos alambres se colocan alrededor de un núcleo generalmente no conductor.

**Conduit** Tubo a través del cual se instalan cables o alambres eléctricos aislados (ver ducto).

**Conector** Dispositivo metálico de Conductancia eléctrica adecuada y resistencia mecánica suficiente, utilizado como medio de unión de los extremos de dos o más

conductores de cable o como conector terminal de un conductor monopolar (para dar continuidad física y eléctrica a dos conductores) Puede ser de los siguientes tipos: Soldable, Fundible, Mecánicos y de Compresión o Indentación.

**Conectores Aislados Separables** Dispositivos aislados para facilitar la separación o conexión de cables de energía.

**Constante Dieléctrica** (Permitividad Relativa o SIC) Es el cociente de la Capacitancia de un condensador que contiene un dieléctrico cualquiera entre sus placas, entre la Capacitancia del mismo condensador cuando el dieléctrico es el vacío.

**Contactos** Las partes de un conector que están en contacto con el conductor y a través de los cuales fluye la corriente.

**Continuidad** prueba de Verificación que se lleva a cabo para determinar si la corriente fluye a través de toda la longitud del conductor.

**Control** Cable multiconductor diseñado para operar equipos en forma remota por medio de señales de control.

**Copper-clad-steel** Alambre de acero con recubrimiento de cobre.

**Copperweld** Marca registrada de Flexo wire div. para sus conductores Copper-clad-steel.

**Cordón** Conductor formado de muchos alambres, que le proporcionan mucha flexibilidad.

**Cordón portátil** Cable flexible usado para llevar energía eléctrica a pequeños equipos móviles.

**Corona**, Efecto Descarga debida a la ionización del aire alrededor de un conductor causada por un gradiente de potencial mayor a un cierto nivel crítico.

**Corona**, Resistencia El tiempo que el aislamiento puede soportar sin ruptura un valor definido de ionización.

**Corriente alterna** corriente eléctrica generalmente de forma senoidal, cuyo sentido cambia continuamente, la frecuencia de cambio se expresa en Hertz (ciclos por segundo ), y es de 60 Hz. en México.

**Corriente de Carga** La corriente transitoria necesaria para establecer la diferencia de potencial en un sistema capacitivo. Queda determinada por la Capacitancia de dicho sistema.

**Corriente de Fuga** La corriente que fluye a través de un aislamiento sometido a una diferencia de potencial eléctrico uniforme.

**Corriente directa** Corriente eléctrica que fluye en un solo sentido.

**Corriente**, Capacidad de conducción Intensidad máxima de corriente que puede circular a través de un conductor aislado sin exceder sus límites de temperatura de aislamiento y/o cubierta.

**Corrosión** Destrucción de la superficie de un metal por reacciones químicas.

**Corto circuito** Flujo de corriente eléctrica sin control a través de conexión accidental entre conductor energizado y cualquier estructura metálica con potencial diferente a este.

**CP** Chlorosulfonated polyethylene, polietileno Clorosulfonado. Polímero elastomérico vulcanizado generalmente usado como aislamiento de baja tensión o cubierta exterior.

**CPE** Chlorinated Polyethylene, polietileno Clorado. Polímero elastomérico vulcanizado generalmente usado como aislamiento de baja tensión o cubierta exterior.

**CSA** (Canadian Standards Association) Organización Canadiense de Normalización y Pruebas, similar a UL en Estados Unidos.

**Cubierta** Protección mecánica termoplástica o termofija colocada sobre el núcleo del cable.

**Cubrimiento, Por ciento (%)** de Porcentaje de la superficie de un cable cubierta por una malla metálica.

**Descarga Disruptiva** Es el conjunto de fenómenos asociados a la falla de un aislamiento bajo el efecto de un campo eléctrico incluyendo una fuerte caída de tensión y el paso de una corriente.

**Descarga Parcial** Es un tipo de descarga localizada en una porción de un sistema aislante entre dos partes conductoras, resultante de una ionización gaseosa transitoria, cuando el gradiente de tensión excede de un valor crítico.

**Descargas Parciales Sostenidas** Son las que se presentan repetidamente a intervalos regulares, por ejemplo; en aproximadamente cada ciclo de una tensión alterna aplicada o por lo menos una vez por minuto para una tensión de corriente directa aplicada.

**Dieléctrica**, Constante También conocida como Permisividad, es la propiedad de un dieléctrico que determina la cantidad de energía electrostática almacenada por unidad de volumen y por unidad de gradiente de potencial.

**Dieléctrico de un cable** Es la parte de un cable cuya función es aislar al conductor de otros conductores o partes conductoras o de tierra. (Ver: Aislamiento).

**DRS** Sistema primario y secundario de distribución eléctrica para áreas residenciales utilizando cables subterráneos.

**DRS** Distribución residencial secundaria

**Ducto** Tubos instalados bajo tierra, sobre charolas o otros medios con el propósito de instalar en ellos cables eléctricos, pueden ser plásticos, metálicos o de asbesto.

**Efecto de proximidad** Fenómeno consistente en una distribución no uniforme de la corriente sobre la sección transversal de un conductor, causado por las variaciones de la corriente con respecto al tiempo, en un conductor cercano.

**Efecto pelicular** Fenómeno consistente en la distribución no uniforme de la corriente, la cual tiende a concentrarse en la superficie exterior del conductor, y es causado por la variación de la corriente con respecto al tiempo en el propio conductor.

**Elongación** Incremento porcentual en longitud de un material sometido a tensión y llevado a ruptura bajo condiciones controladas.

**Empalme** (Unión) Es la conexión y reconstrucción de todos los elementos que constituyen un cable de potencia aislado, protegidos mecánicamente dentro de una misma cubierta o carcaza.

**Envejecimiento** Proceso irreversible de cambio de las propiedades de un material después de estar expuesto a las condiciones de operación durante un determinado intervalo de tiempo.

**EPR** Ethylene Propylene Rubber, Hule sintético termofijo con buenas características eléctricas, térmicas y de resistencia al efecto corona.

**EPRI** (Electric Power Research Institute) Una organización para el desarrollo y administración de proyectos tendientes a mejorar la producción, distribución y utilización de la energía eléctrica en USA.

**Esfuerzo de tensión** Esfuerzo (Fuerza por unidad de área, Kg-f / cm<sup>2</sup> ) requerido para llevar una muestra a la ruptura.

**Esfuerzo dieléctrico** La tensión eléctrica que un aislamiento puede soportar sin sufrir ruptura (falla). generalmente se expresa como tensión aplicada entre el espesor del aislamiento ( volts / mm).

**Esmaltado** Alambre aislado con una o varias capas delgadas de esmalte. También llamado alambre Magneto.

**Espesor de pared** Espesor de aislamiento o cubierta en un cable.

**Factor de Carga** Es la relación del valor de la carga (potencia eléctrica) promedio correspondiente a un período de tiempo determinado y el de la carga máxima que se presenta en el mismo período en un sistema eléctrico determinado.

**Factor de Disipación** Tangente del ángulo de pérdidas de un dieléctrico. Es aproximadamente igual al factor de potencia del mismo.

**Factor de Estabilidad** Variación del Factor de Disipación, en porciento, con respecto al tiempo.

**Factor de Potencia** Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente de un sistema.

**Factor Geométrico** Parámetro usado para determinaciones de Ampacidad y determinado exclusivamente en base a las dimensiones relativas y a la configuración geométrica de los conductores y el aislamiento de un cable.

**Falla** Fenómeno anormal en cualquier parte de un sistema que altera las condiciones de operación del mismo reduciendo o impidiendo su funcionamiento normal.

**Figura 8**, Cable aéreo en el cual los conductores y el soporte de acero están contenidos en una cubierta integral cuya figura asemeja un 8.

**Fuerza electromotriz (F.E.M )** La fuerza que hace fluir a la corriente a través de un conductor, también conocido como Voltaje.

**G-GC** Cable flexible para uso rudo frecuentemente usado en minas, de 2 kV. Aislamiento de EPR y cubierta de CPE, se fabrica en 3 conductores en formación redonda, dos neutros y un conductor aislado para control de tierra.

**Gradiente de Potencial** Vector cuya dirección es perpendicular a las superficies equipotenciales, que va en la dirección en que disminuye el potencial y cuya magnitud corresponde a la rapidez de variación del potencial.

**Hertz (Hz)** Termino usado para referirse a la frecuencia y que equivale a ciclos por segundo.

**Hi Pot** Prueba de alto voltaje en campo efectuada a cables, con la finalidad de evaluar la integridad del aislamiento después de la instalación y conexión.

**Hilo** Alambre, Filamento, Conductor sólido delgado.

**HPN** Cordón de dos conductores paralelos aislados integralmente con Neopreno.

**Humedad** Cantidad de humedad (agua) en porcentaje, que puede ser absorbida por un material bajo condiciones controladas.

**IACS** (International Annealed Copper Standards): Norma Internacional para el cobre suave o recocido, elaborada para la Comisión Electrotécnica Internacional. medida usada como estándar de conductividad, El cobre suave a 20 °C tiene un 100 % de conductividad o 100 IACS.

**ICC** (Insulated Conductors Committee). Comité del IEEE que se encarga de realizar investigaciones y estudios referentes a conductores eléctricos aislados.

**ICEA** (Anteriormente IPCEA). (Insulated Cable Engineers Association) Asociación profesional de ingenieros especialistas en conductores aislados en Estados Unidos.

**IEC** (Internacional Electrotechnical Commission) Organismo Internacional de Normalización en el campo de la electrotecnia.

**IEEE.** (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Asociación profesional de ingenieros en electricidad y electrónica. (Anteriormente AIEE).

**Impedancia** (Z) Oposición total que un circuito ofrece al paso de la corriente eléctrica alterna, esta es una combinación de la resistencia, Capacitancia (reactancia capacitiva) e Inductancia (reactancia inductiva), se mide en ohms.

**Inductancia** Propiedad de un circuito para oponerse al cambio en el flujo de la corriente, provoca que la corriente se retrase con respecto al voltaje, se mide en Henrys.

**ISO** (International Standards Organisation). Organismo Internacional de Normalización.

**IWC** Inside Wire Cable, Cable multipar para uso telefónico, con aislamiento y cubierta de PVC, para uso en interiores.

**kCM** Unidad de área en el sistema AWG equivalente a 1000 Circular Mils. Anteriormente designado como MCM.

**kVA** Kilovolt-amper, potencia aparente de un sistema de corriente alterna, la potencia real es igual a la potencia aparente multiplicada por el factor de potencia.

**Longitud de Paso de Cableado** Distancia sobre el eje, de una vuelta de un elemento helicoidal.

**LS** Termino definido en la NOM - 063 - SCFI y que indica que los cables marcados "LS", cumplen con las pruebas de no propagación de incendio, de baja emisión de Humos y de bajo contenido de gas ácido, pruebas definidas en la misma NOM - 063 – SCFI.

**Magnético, campo** Es una serie de manifestaciones que se dan en el espacio adyacente a una carga eléctrica en movimiento.

**Malla** Grupo de filamentos metálicos o de fibras entretejidos cilíndricamente para formar una protección mecánica o electrostática.

**Malla Plana** Conductor trenzado plano, empleado para aterrizamiento de la pantalla metálica en la terminal de un cable de alta tensión.

**Megger** Marca registrada de James G. Biddle Company, para el equipo medidor de resistencia de aislamiento.

**Mho** Unidad de conductividad eléctrica, es el reciproco de ohm.

**MP-GC** Cable uso rudo trifasico frecuentemente usado en minas, de 5 a 25 kV. Aislamiento de XLPE o EPR y cubierta de PVC o CPE respectivamente, dos neutros desnudos y un conductor aislado para control de tierra, usado en instalaciones fijas.

**MTW** Clasificación de cables de UL, con aislamiento termoplástico por sus siglas en ingles Machine Tool Wire ( alambre para maquinas herramientas).

**Mufa** Dispositivo para sellar el extremo de un cable y proporcionar una salida aislada para los conductores del mismo.

**Multiconductor** Cable formado por dos o mas de un conductores aislados individualmente y reunidos para formar un conjunto, pudiendo llevar una cubierta exterior.

**NEC** (National Electric Code) Asociación norteamericana de estandarizacion que emite regulaciones de instalación de cables y su selección y uso.

**NBS** National Bureau of Standards de Estados Unidos.

**NEMA** (National Electrical Manufacturers Association) Asociación de Fabricantes de equipo eléctrico en Estados Unidos.

**Neutro** Elemento en un circuito al cual están referenciados los voltajes de un sistema eléctrico, generalmente está conectado a tierra.

**NOM - 001 - SEDE** Norma Oficial Mexicana, NOM - 001 - SEDE, Relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica.

**NOM - 063 - SCFI** Norma Oficial Mexicana, NOM - 063 - SCFI, Productos Eléctricos- conductores - Requisitos de seguridad.

**Ohm** Unidad de resistencia eléctrica.

**Perdidas** Energía disipada sin que esta sea utilizada efectuando un trabajo útil.

**Pérdidas Dieléctricas** Es la rapidez a la cual la energía eléctrica se transforma en calor en un dieléctrico cuando éste se sujeta a un campo eléctrico variable.

**Perdidas, factor de** El producto de multiplicar el factor de disipación por la constante dieléctrica para un material aislante.

**PES** (Power Engineering Society). Capítulo del IEEE, relacionado con el análisis, estudio y desarrollo de pruebas y equipo, pertenecientes al campo de la Ingeniería de Potencia Eléctrica.

**Policloropreno Elastomero sintético**, del tipo termofijo. Se emplea como aislamiento de cables hasta 2 KV y principalmente como cubierta protectora.

**PVC** (Policloruro de Vinilo) Compuesto sintético, del tipo termoplástico. Es un material principalmente empleado como aislamiento hasta 1,000 Volts y como cubierta protectora.

**Polietileno** Material termoplástico a base de unidades repetitivas de etileno, con excelentes características dieléctricas como: alta resistencia de aislamiento, baja constante dieléctrica y bajas pérdidas dieléctricas a todas las frecuencias. Existen 2 tipos básicos: Polietileno de baja densidad y polietileno de alta densidad, ambos para 75°C de operación normal.

**XLPE** (Polietileno de Cadena Cruzada) Material termofijo resultante de la vulcanización de polietileno en presencia de un catalizador. Aislamiento para cables en lugares secos o húmedos, en instalaciones aéreas o directamente enterradas, a temperaturas hasta de 90 ° C para operación normal, 130°C en sobrecargo y 250°C en corto circuito.



**Polímero** Compuesto de alto peso molecular cuya estructura normalmente puede ser representada por una unidad pequeña repetida (monómero), unida químicamente.

**Portaelectrodo, cable** Cable de cobre en construcción flexible, con aislamiento de PVC, CP, CPE, Neopreno o TPE, se usa en la alimentación al electrodo de las soldadoras uniendo la maquina soldadora con la abrazadera que sostiene el electrodo.

**Potencia, Factor de** En un sistema eléctrico de corriente alterna es el coseno del ángulo de defasamiento entre el voltaje y la corriente.

**Propagación, Velocidad de** La velocidad con que una señal viaja a través de un medio (cable) expresada como porcentaje de la velocidad de la luz.

**PSD** Cable Multiconductor con neutro, Dúplex, Triplex y Cuaduplex con aislamiento de Polietileno para distribución aérea en 600 V y 75 °C.

**PSI** Pounds (force) per Square Inch, unidad inglesa de presión, 1 psi igual a 0.0703 kg/cm<sup>3</sup>.

**Puente** Circuito de medición que opera mediante el balance de cuatro impedancias a través de las cuales fluye la misma corriente:

Ejemplos:

Wheatstone - para resistencia óhmica.

Kelvin - para resistencia óhmica baja.

Schering - para Capacitancia, factor de potencia, constante dieléctrica.

**Reactancia** Oposición al flujo de la corriente alterna causada por una Capacitancia o Inductancia.

**Relleno** Material usado para ocupar los espacios de aire del núcleo de cables telefónicos.

**Resistencia eléctrica** Medida de la oposición al paso de la corriente al aplicarse un voltaje, se mide en ohms.

**RG**, Cable tipo Cable coaxial para uso en radiofrecuencia, formado por un conductor central, aislamiento blindaje metálico (usualmente malla) y cubierta exterior.

**RH** Cable para construcción de cobre con aislamiento termofijo resistente al aceite para 600 V, 75 °C en seco.

**RHH** Cable para construcción de cobre con aislamiento termofijo resistente al aceite para 600 V, 90°C en seco.

**RHW** Cable para construcción de cobre con aislamiento termofijo resistente al aceite para 600 V, 75 °C en seco o húmedo.

**Rigidez dieléctrica**, prueba de Prueba en que se aplica al cable un voltaje superior al designado y un tiempo determinado para garantizar su funcionamiento bajo condiciones de uso.

**Rigidez Dieléctrica** Gradiente de potencial al cual ocurre una falla eléctrica o ruptura en el dieléctrico.

**RUS** Rural Utilities Service, Organismo federal de USA, que soporta las compañías locales de suministro de electricidad.

**S** Cordón portátil para uso rudo con aislamiento termofijo, Dos o más conductores con rellenos y cubierta de termofija 600 V.

**Semiaislado, Cable** Cable de media tensión, sin pantalla de aislamiento por que deben considerarse como cables no aislados, con espesor de aislamiento reducido para su nivel de tensión, se utiliza generalmente en instalaciones aéreas en zonas donde existe riesgo de que el cable se encuentre en contacto con ramas de arboles.

**Semiconductora, Pantalla** Capa de material polimerico que se utiliza para uniformizar y confinar el campo electrostático, en cables de energía de media y alta tensión.

**Separador** Material usado para obtener un espaciado físico entre elementos de un cable, o para dar protección mecánica.

**SHD-GC** Cable Conduflex trifasico para mina de 5 a 25 kV. con malla trenzada sobre los conductores de fuerza, dos neutros desnudos y un conductor aislado para control de tierra.

**SJO** Junior hard service, Cordón portátil con aislamiento termofijo, con cubierta elastomerica resistente al aceite, 300 V, 90 °C.

**SJT** Junior hard service thermoplastic, Cordón portátil con aislamiento termoplástico y cubierta 300 V, 60 a 105 °C.

**SO** Cordón portátil para uso rudo con aislamiento termofijo, Dos o más conductores con rellenos y cubierta termofija resistente al aceite 600 V, 90 °C.

**SPT-01** Cordón portátil formado de dos conductores paralelos con aislamiento termoplástico integral, 300 V, puede llevar conductor de tierra.

**SPT-1** Cordón portátil formado de dos conductores paralelos con aislamiento termoplástico integral, 300 V, puede llevar conductor de tierra.

**SPT-2** Cordón portátil para uso rudo formado de dos conductores paralelos con aislamiento termoplástico integral, 300 V, puede llevar conductor de tierra.

**SPT-3** Cordón portátil, uso rudo para ser usado en sistemas de refrigeración o aires acondicionados formado de dos conductores paralelos con aislamiento termoplástico integral, 300 V, puede llevar conductor de tierra.

**SS** Cable super flexible para usarse generalmente como cable porta electrodo.

**ST** Cordón portátil uso rudo, similar al tipo S, pero en construcción de aislamiento y cubierta termoplásticos, 600 V, 60 a 105 °C.

**SVT** Cordón para aspiradoras de uso domestico, uso ligero, aislamiento y cubierta

**Tensión Eléctrica de Ruptura.** Tensión a la cual ocurre una descarga disruptiva a través de, o sobre la superficie de un aislamiento.

**Tensión Máxima de un Sistema** Valor máximo de Tensión que se puede presentar bajo condiciones normales de operación en cualquier tiempo y lugar en el sistema.

**Tensión Nominal de un Sistema** Es la tensión de designación del sistema a la cual están referidas ciertas características de operación el mismo.

**Termocontráctil** Material que se contrae mediante la aplicación de calor.

Termoestable Ver : Termofijo.

**THHN** Cable para construcción, con aislamiento de PVC y cubierta de Nylon, clasificado para 600 V y 90°C en seco.

**THHW** Cable o alambre individual, Usado en construcción con aislamiento termoplástico de PVC, 600 V, 90 °C en seco y 75°C en ambiente mojado.

**THW** Cable o alambre individual, Usado en construcción con aislamiento termoplástico de PVC, 600 V, 75 °C, en seco y húmedo.

**THWN** Cable para construcción, con aislamiento de PVC y cubierta de Nylon, clasificado para 600 V y 75°C en seco y húmedo.

**Tierra** Conexión conductora intencional o accidental entre un circuito o equipo eléctrico y la tierra o algún conductor que se usa en su lugar.

**Tierra, conexión a** Conexión eléctrica entre un circuito y Tierra física, con la finalidad de proteger el sistema contra descargas eléctricas.

**Traslape** En encintado de un cable es la cantidad de cinta que se coloca sobre la anterior, usualmente se mide en %.

**Triplex** Cable de energía formado de tres conductores individuales, torcidos juntos sin cubierta general.

**UHF** Ultra High Frequency, Frecuencia de transmisión de televisión de 300 a 3,000 Mhz.

**UL** Underwriters Laboratories, Organización norteamericana sin fines de lucro, que opera sistema de certificaciones de productos eléctricos y electrónicos, teniendo la seguridad como parámetro principal de los productos.

**URD** Under-Ground Residential Distribution, tipo de cable usado para distribución de energía eléctrica en zonas residenciales por medio de cables subterráneos.

**VHF** Very High Frequency, Frecuencia de transmisión de televisión de 30 a 300 Mhz.

**Volt** Unidad de medida de la Fuerza electro motriz o tensión eléctrica.

**Voltaje** Diferencia de potencial, termino comúnmente usado para referirse a la fuerza electromotriz.

**VW-1** Prueba de resistencia a la propagación de la flama, método de prueba amparado por UL.

**W** Cable flexible para uso rudo frecuentemente usado en minas, de 2 kV. Aislamiento de EPR y cubierta de CPE, se fabrica en 1, 2, 3 y 4 conductores, en formación redonda y plana.

**Watt** Unidad de potencia eléctrica (igual a volts X ampers).

**WP** Weather Proof, cable para acometida y distribución aérea, resistente a la intemperie, con aislamiento de polietileno negro.

**XHHW** Cable de construcción individual con aislamiento de XLPE 600 V, 90 °C en ambiente seco, 75 °C en mojado.

**XLP o XLPE** Polietileno de cadena cruzada, polietileno con aditivos químicos que forman enlaces permanentes en las cadenas de la estructura molecular del polietileno, esto hace que el polietileno parezca un termofijo.

**Zapata** Terminal Dispositivo conector al cual se une el conductor eléctrico por medio de presión o soldadura y que conecta dicho conductor a alguna otra parte del sistema eléctrico.

## **Bibliografía o Referencias**

### ***NOM 001 SEDE 2005.***

Diario Oficial de la Federación

IPN México

### ***Manual de Mantenimiento Industrial I***

Giffels Associates, Inc.

Southfield Michigan

Arq. Frank H. Miller

Ing. Francis A. Murad

Ing. Edward Willoughby

Ing. Terrence E. Wilson

### ***Sistemas de puesta a Tierra***

PROCOBRE

Primera Edición 1999

Universidad de Santiago de Chile

### ***Mallas de Tierra***

PROCOBRE

Primera Edición 1999

Universidad de Santiago de Chile

***Instalaciones eléctricas en baja tensión***

PROCOBRE

Primera Edición 1999

Universidad de Santiago de Chile

***Instrumentos de Medida***

Universidad Nacional del Sur

Depto. De Ingeniería Eléctrica

***Evaluación del flujo armónico en redes industriales durante la corrección del factor de potencia***

DrC. Secundino Marrero Ramírez, MsC. Ileana González Palau

Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa

Dpto. Ing. Eléctrica. Facultad Metalurgia-Electromecánica, Cuba

***Automatización de plantas industriales***

Consultas ABB

Ing. Javier Román

Artículo técnico

***Protección de los Sistemas Eléctricos de Potencia***

Ing. Margil S. Ramírez Alanís

Universidad Autónoma de Nuevo León

San Nicolás de los Garza, Nuevo León México

Julio 2005