

INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES

**Tableros, Canalizaciones, Motores,
Transformadores y Sistemas de
distribución**



ING. RONI DOMÍNGUEZ

INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES

*Tableros, Canalizaciones, Motores,
Transformadores y Sistemas de distribución*

ING. RONI DOMÍNGUEZ

2020

Pagina Web

[FARADAYOS](#)

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1 - SEGURIDAD EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	7
1.1 Tipos de contacto eléctrico	7
1.2 Descarga eléctrica en el cuerpo	8
1.3 Factores que determinan el daño por contacto eléctrico	11
1.4 Arco eléctrico	14
1.5 Incendios eléctricos	15
1.6 Reglas de seguridad	16
1.7 Control del peligro	24
1.8 Equipos de Protección Personal (EPP)	26
1.9 Etiquetado de tableros eléctricos	37
1.10 Las 5 reglas de oro	44
1.11 Bloqueo y Etiquetado	47
1.12 Seguridad en el puesto de trabajo	53
CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTOS DE CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA	55
2.1 Corriente alterna	55
2.2 Respuesta de elementos pasivos con corriente alterna	61
2.3 Potencia en corriente alterna	65
2.4 Sistemas trifásicos	69
CAPÍTULO 3 - GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN	78
3.1 Formas de generación de la energía eléctrica	78
3.2 Sistema eléctrico de transmisión y distribución	92
3.3 Tipos de redes eléctricas	94
CAPÍTULO 4 - HERRAMIENTAS PARA ELECTRICISTAS	98
4.1 Llaves con medida fija o calibrada	99
4.2 Llaves ajustables	104
4.3 Destornilladores	105
4.4 Herramientas de sujeción y corte	106
4.5 Herramientas para manejo de cables	109
4.6 Herramientas de percusión e impacto	113
4.7 Herramientas de accionamiento eléctrico	114
4.8 Herramientas de trabajos específicos	117
4.9 Uso y conservación	119

4.10 Seguridad con las herramientas eléctricas	121
CAPÍTULO 5 - INSTRUMENTOS DE MEDICIONES ELÉCTRICAS.....	123
5.1 Equipos para la medición	123
5.2 Símbolos y abreviaturas en multímetros digitales	126
Probador de voltaje AC/DC	127
5.3 Medición de voltaje alterna (CA).....	128
5.4 Medición de voltaje de CC.....	130
5.5 Medición de resistencia	130
5.6 Prueba de continuidad.....	133
5.7 Amperímetro de gancho	134
5.8 Mantenimiento básico de multímetros digitales	136
5.9 Pirómetros	137
5.10 Cámaras termográficas	139
5.11 Tacómetro	142
CAPÍTULO 6 - CONDUCTORES ELÉCTRICOS.....	143
6.1 Partes de los conductores eléctricos	143
6.2 Calibre o dimensionamiento de los conductores eléctricos	144
6.3 Ampacidad.....	147
6.4 Tipo de aislamiento	148
6.5 Factores que afectan la resistencia de un conductor	151
6.6 Factor de corrección.....	153
6.7 Resistencia en conductores eléctricos	154
6.8 Cálculo de resistencia en el conductor y la carga.....	156
6.9 Tipos de cables eléctricos según su aplicación	157
6.10 Cable concéntrico.....	158
6.11 Cable multiconductor.....	159
6.12 Cordón dúplex o SPT	159
6.13 Cable SJT para aparatos.....	160
6.14 Cable UF	160
CAPÍTULO 7 - SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN COMERCIAL E INDUSTRIAL	161
7.1 Subestaciones de distribución	161
7.2 Diagrama unifilar	162
7.3 Tipos de voltajes de servicio.....	165
7.4 Tomacorrientes.....	174

7.5 Distribución en media tensión.....	185
7.6 Tipos de sistemas de distribución industrial	186
7.7 Electroductos.....	192
CAPÍTULO 8 - TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS.....	196
8.1 Principio de funcionamiento	196
8.2 Configuración interna	197
8.3 Clasificación de los transformadores.....	199
8.4 Configuración externa	200
8.5 Relación de transformación	201
8.6 <i>Solución</i>	201
8.7 Polaridad de un transformador	203
8.8 Pérdidas en transformadores	207
8.9 Eficiencia en el transformador	209
8.10 <i>Solución</i>	209
8.11 Transformador de distribución	210
8.12 Elementos de protección de transformadores de distribución	213
8.13 Datos de placa de característica	215
8.14 Conexión de transformadores en paralelo.....	216
8.15 Conexión de banco de transformadores.....	217
8.16 Transformador trifásico.....	227
8.17 Transformadores de medida	232
8.18 Entrada de servicio eléctrico.....	237
CAPÍTULO 9 - CANALIZACIONES ELÉCTRICAS, CAJAS Y SUS ACCESORIOS .	244
9.1 Tubería eléctrica metálica tipo EMT (Electrical Metallic Tubing)	244
9.2 Conduit Metálico Rígido (Rigid Metal Conduit)	246
9.3 Conduit Metálico Intermedio (IMC)	248
9.4 Conduit Metálico Flexible	254
9.5 Conduit Metálico Flexible Hermético a los Líquidos (Liquidtight Flexible Metal Conduit)	257
9.6 Conduit Rígido De Cloruro De Polivinilo PVC (Polyvinyl Chloride).....	259
9.7 Tubos Flexibles De Plásticos.....	260
9.8 Cajas metálicas	261
9.9 Condulets	263
9.10 Alambado eléctrico	264
9.11 Herramientas para el trabajo con tuberías	265

9.12Dobleces de 90°	270
9.13Dobleces contiguos en U.....	271
9.14Dobleces tipo montura de 3 puntos	274
9.15Bandejas para cables eléctricos	277
CAPÍTULO 10 - PROTECCIONES ELÉCTRICAS	281
10.1Tipos de fallas eléctricas	281
10.2Fusibles	284
10.3Limitación de corriente	288
10.4Fusible Sin Retardo	292
10.5Fusible de retardo de tiempo	292
10.6Interruptor de seguridad	293
10.7Interruptores automáticos	297
10.8Métodos de Control de Arco	305
CAPÍTULO 11 - SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	309
11.1Generalidades de la puesta a tierra.....	309
11.2Falla a tierra.....	310
11.3Los elementos principales de un sistema de tierra.....	312
CAPÍTULO 12 - TABLEROS ELÉCTRICOS	315
12.1Panelboard	315
12.2Cableado de paneles eléctricos.....	321
12.3Switchgear de media tensión.....	326
12.4Switchgear de baja tensión.....	328
12.5Switchboards o panel de distribución de potencia.....	329
12.6Instalación y Montaje de los paneles.....	334
CAPÍTULO 13 - MOTORES ELÉCTRICOS.....	335
13.1Motores monofásicos	335
13.2Motores trifásicos	360
13.6Motores de corriente continua	383
CAPÍTULO 14 - CONTROL BÁSICO DE MOTORES ELÉCTRICOS	407
14.1Equipos para el control y protección de motores eléctricos.....	407
14.2Equipos para el control de motores	408
14.3Control manual	410
14.4Conmutadores de levas.....	411
14.5Sentido de giro de los motores trifásicos.....	412

14.6	Interruptor de tipo tambor	414
14.7	Arranque a tensión reducida.....	417
14.8	Arranque estrella-delta manual.....	418
14.9	Arrancadores manuales	420
14.10	Contactor	423
14.11	Arrancador magnético.....	427
14.12	Control a tres hilos	428
14.13	Arrancadores prediseñados	431
14.14	Centro de control de motores (CCM)	432
CAPÍTULO 15 - LÁMPARAS INDUSTRIALES		436
15.1	Fundamentos de iluminación.....	436
15.2	Magnitudes fundamentales de la luminotecnia.....	439
15.3	Tipos de lámparas eléctricas	444
15.4	Lámparas HID	453
15.5	Lámparas Fluorescentes	462
15.6	Lámparas de tubo led.....	465
15.7	Fotoceldas	467
15.8	Interruptor horario	469
CAPÍTULO 16 - SISTEMAS AUXILIARES DE ENERGÍA.....		470
16.1	Sistemas de emergencia	470
16.2	Baterías de almacenamiento	472
16.3	Plantas de emergencia.....	473
16.4	Sistema De Fuente Ininterrumpible De Potencia (UPS)	475

1

SEGURIDAD EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

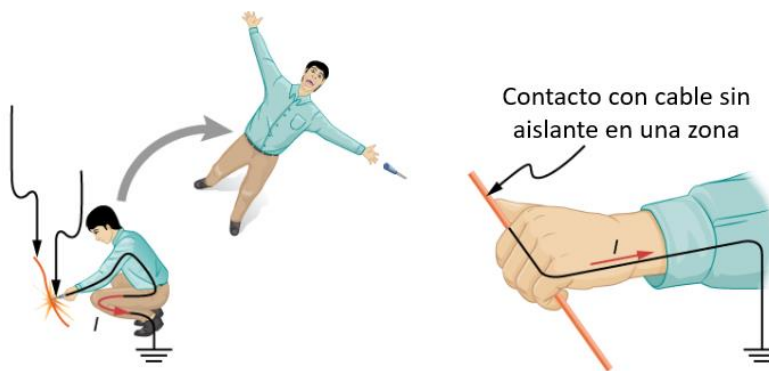
Siempre que se trabaja con herramientas o circuitos eléctricos, existe un riesgo de peligros eléctricos, especialmente de descargas eléctricas. Todos podemos estar expuestos a estos peligros, en el hogar o en el trabajo. Los trabajadores están expuestos a más peligros porque los lugares de trabajo pueden estar abarrotados de herramientas y materiales, hay mucha actividad o están a la intemperie. El riesgo es mayor en el trabajo también porque en muchas ocupaciones se usan herramientas eléctricas.

Los trabajadores de oficios eléctricos deben prestar especial atención a los peligros relacionados con la electricidad porque trabajan con circuitos eléctricos. El contacto con el voltaje eléctrico puede ocasionar que la corriente fluya a través del cuerpo, lo cual resulta en descargas eléctricas y quemaduras. Esto puede provocar lesiones graves e incluso la muerte. Al usarse la electricidad como fuente de energía, no se tiene mucho en cuenta los peligros que puede acarrear. Como la electricidad es parte normal de nuestras vidas, generalmente no tomamos las precauciones debidas. Como consecuencia, ¡todos los años se electrocuta en promedio un trabajador por día mientras realiza sus tareas!

1.1 Tipos de contacto eléctrico

1.1.1 Contacto directo

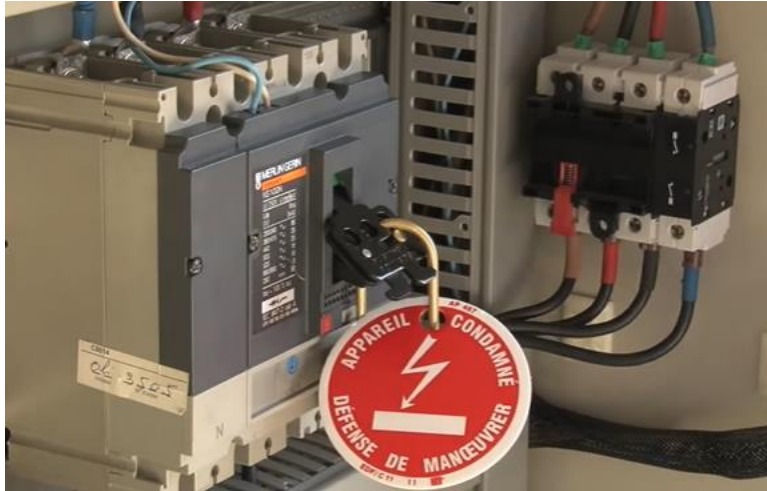
Se produce cuando la persona toma contacto con las partes activas de la instalación. Puede ser entre dos conductores o entre un conductor activo y tierra. Este tipo de contacto genera consecuencias graves por la gran cantidad de corriente que circula por el cuerpo.



Contacto directo con cable energizado

Segunda regla de oro: colocación de elementos de bloqueo y señalización

Se deben colocar candados o cerraduras, complementados con una señal de PROHIBIDO MANIOBRAR. Si la instalación no permite el bloqueo, se realizará una señalización adecuada, que advierta de la presencia de personas trabajando.



Colocación de elementos de bloqueo y señalización

Tercera regla de oro: verificar la ausencia de tensión

Se debe realizar en todos los activos de la instalación, mediante dispositivos detectores, verificando la ausencia de tensión de cada una de las fases y el conductor neutro, e incluso de todas las masas que pudieran quedar eventualmente en tensión. Si no existiera conductor neutro, debe verificarse la ausencia de tensión entre fases y tierra.



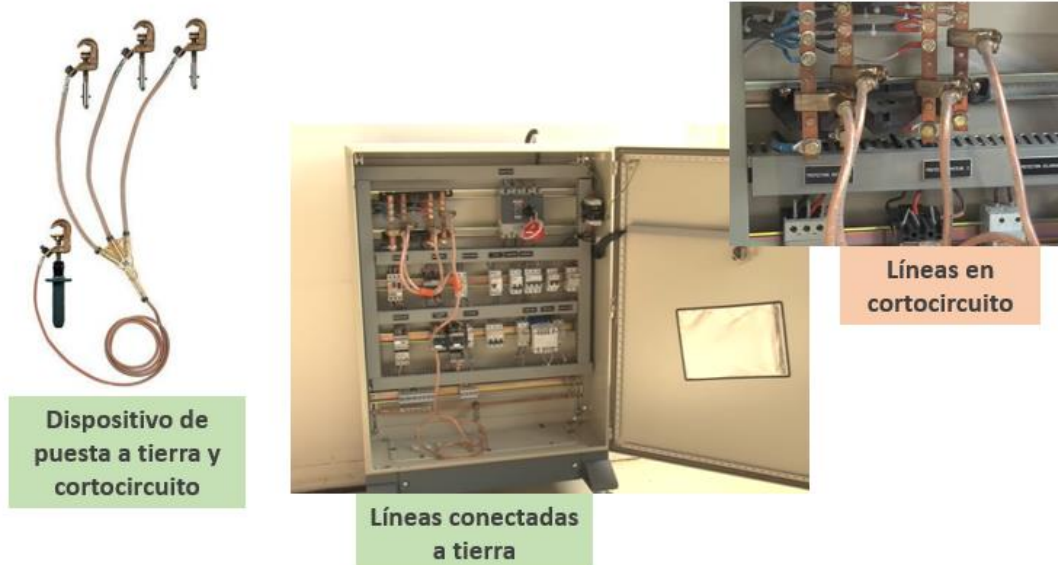
Verificar la ausencia de tensión en las líneas

Este punto es especialmente importante ya que al realizarlo se garantiza que se ha efectuado la apertura de todos los elementos de maniobra que alimentan a la instalación, y que no existe una diferencia de potencial peligrosa para la colocación de la puesta a tierra (por ejemplo, por inducciones con circuitos cercanos).

El funcionamiento de los detectores de tensión debe comprobarse antes y después de verificar ausencia de tensión con una fuente cercana, o si el dispositivo dispone de él, con el pulsador de prueba.

Cuarta regla de oro: puesta a tierra y en cortocircuito

Debe asegurarse que las puestas a tierra permanecen correctamente conectadas. Los equipos o dispositivos de puesta a tierra y en cortocircuito deben conectarse en primer lugar a la toma de tierra y a continuación a los elementos a poner a tierra, y deben ser visibles desde la zona de trabajo. Se utilizarán conductores adecuados de sección suficiente para la corriente de cortocircuito de la instalación.



Puesta a tierra y en cortocircuito de la fuente

Quinta regla de oro: proteger frente a elementos próximos en tensión y señalizar

La señalización será necesaria cuando se precise realizar una separación entre la zona segura donde se realizan los trabajos sin tensión de zonas próximas a elementos en tensión.



Delimitar y señalizar la zona de trabajo

1.11 Bloqueo y Etiquetado

Antes de trabajar en un circuito, debe cortar el suministro de energía. Una vez que apague y corte la corriente del circuito, bloquee el tablero de interruptores para impedir que se vuelva a encender de manera inadvertida. Luego, identifique el circuito con un cartel o una etiqueta fácil de leer, para que todos sepan que usted está trabajando en el circuito. Si está trabajando con maquinaria o cerca de la misma, debe bloquear e identificar con etiquetas la maquinaria para prevenir que alguien la encienda. Antes de comenzar a trabajar, debe probar el circuito para asegurarse de que se ha cortado la corriente.

*Un trabajador estaba cambiando la correa en V de un colector de polvo. Antes de iniciar la tarea, apagó la unidad con el interruptor local. Pero un operador en la sala de controles volvió a encender la unidad con un interruptor a control remoto. La mano del trabajador quedó atrapada entre la polea y las correas del colector, lo que le causó cortes y la fractura de un dedo. **Siempre que bloquee e identifique con etiquetas cualquier tipo de maquinaria, debe bloquear e identificar con etiquetas TODAS las fuentes de energía que conducen a la maquinaria.***

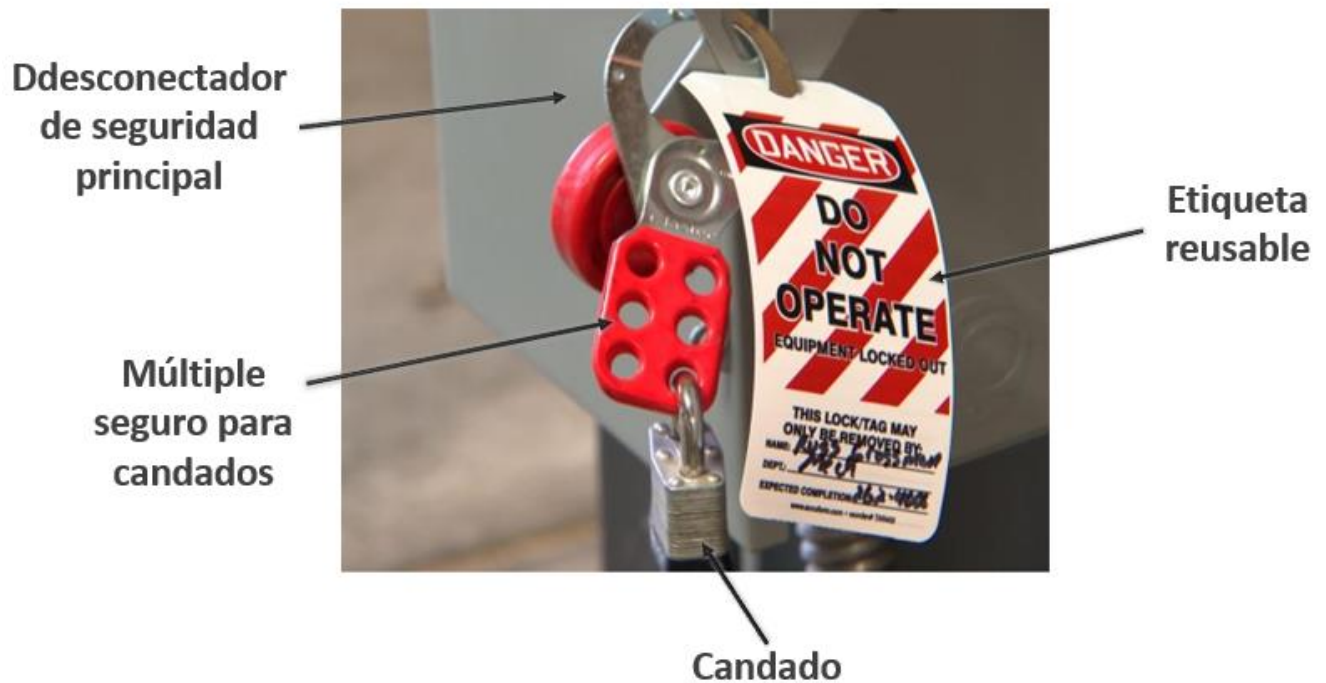
Bloqueo/Etiquetado es un conjunto de procedimientos de seguridad diseñados para reducir el riesgo de lesiones debido a una activación accidental de la maquinaria o energización del sistema eléctrico durante el servicio o mantenimiento. En la siguiente imagen se muestra equipos para el bloqueo y etiquetado:



Equipos para el bloqueo y etiquetado

El Bloqueo/Etiquetado es obligatorio para asegurarse que, antes que cualquier empleado realice servicios o mantenimiento en una maquina o equipo donde el encendido o energización pudiera ocurrir o el escape de energía almacenada y pueda causar lesiones. La máquina o equipo debe ser aislada de la fuente de energía de manera que no se pueda operar.

OSHA estima que cada año, el estándar de Bloqueo/Etiquetado protege aproximadamente 3.3 millones de empleados trabajando en 1 millón de firmas y que ha reducido fatalidades por activación inesperada de maquinaria en instalaciones en la industria del automóvil y la metalúrgica de un 20% a un 55 % desde el tiempo de su promulgación.



Instalación de candado y etiqueta

Capacitación de Bloqueo/Etiquetado

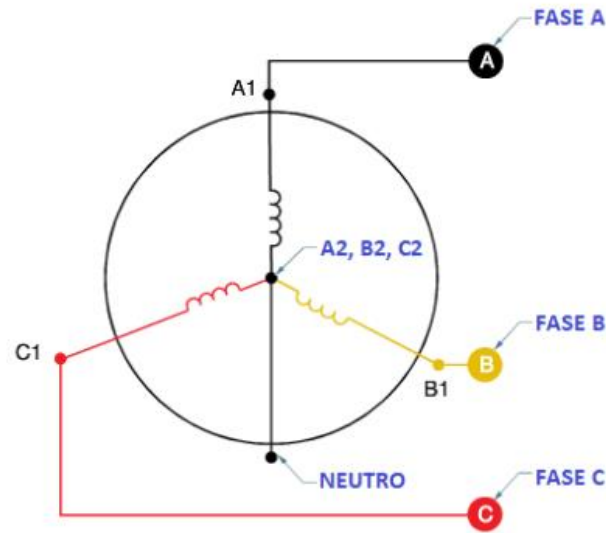
El empleador debe disponer de procedimientos por escrito que incluyan: λ Una declaración específica del uso intencionado del procedimiento:

- Los pasos por escrito del aislamiento, bloqueo y apagado de la maquinaria o equipo;
- Los pasos de procedimiento específicos para la colocación, sacado y transferencia de los dispositivos de Bloqueo/Etiquetado;
- Requerimientos específicos para la prueba de una maquina o equipo para determinar la efectividad de los dispositivos de Bloqueo/Etiquetado.

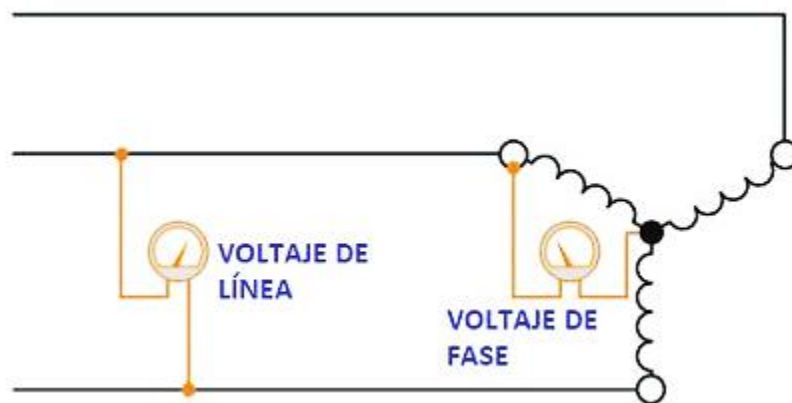
OSHA identifica tres tipos de empleados y la capacitación que deberían recibir.

- **Empleados autorizados:** son entrenados para saber qué maquinas están energizadas y los procedimientos necesarios para bloquear o etiquetar las maquinas o equipo.
- **Empleados afectados:** deben saber el propósito y los procedimientos del control energético.
- Es importante para **otros empleados** el entender las reglas de bloqueo/etiquetado y no intentar reenergizar las maquinas que están bloqueadas o etiquetadas. Ellos también, necesitan aprender las limitaciones de los dispositivos de etiquetado.

Cuando las funciones de trabajo cambian, las maquinas cambian, el equipo cambia o los procesos crean nuevos riesgos y cuando los procedimientos de control de energía cambian, los empleados deben ser entrenados nuevamente.

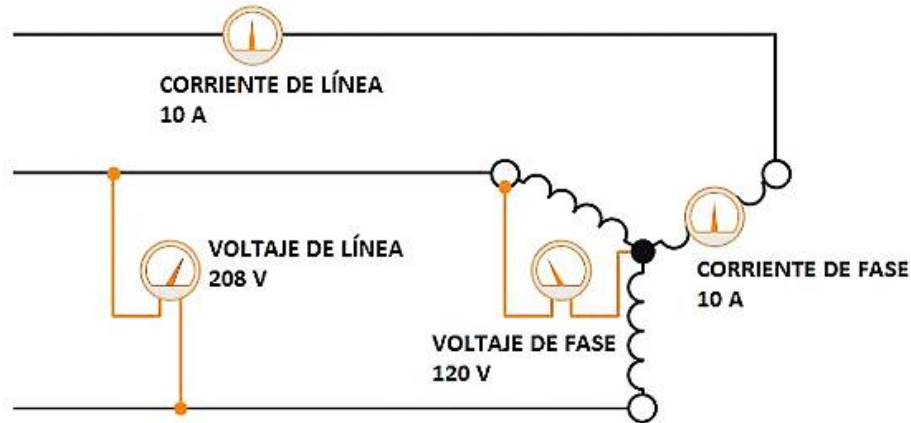


Se forma una conexión en estrella uniendo un extremo de cada uno de los devanados entre sí.



Los voltajes de línea y fase son diferentes en una conexión en estrella.

En la figura siguiente, se han colocado amperímetros en el bobinado de fase de una carga conectada en estrella y en la línea que suministra potencia a la carga. Se han conectado voltímetros a través de la entrada a la carga y a través de la fase. Se ha aplicado un voltaje de línea de 208 voltios a la carga. Observe que el voltímetro conectado a través de las líneas indica un valor de 208 voltios, pero el voltímetro conectado a través de la fase indica un valor de 120 voltios.



La corriente de línea y la corriente de fase son las mismas en una conexión en estrella.

Relación de voltaje

En un sistema conectado en estrella, el voltaje de línea es más alto que el voltaje de fase por un factor de la raíz cuadrada de 3 (1.732). Dos fórmulas utilizadas para calcular el voltaje en un sistema conectado en estrellas son:

$$V_{\text{LÍNEA}} = V_{\text{FASE}} \times 1.732$$

$$V_{\text{FASE}} = \frac{V_{\text{LÍNEA}}}{1.732}$$

Relación de corriente

Observe en la figura anterior que 10 amperios de flujo de corriente tanto en la fase como en la línea. En un sistema conectado en estrella, la corriente de fase y la corriente de línea son las mismas:

$$I_{\text{LÍNEA}} = I_{\text{FASE}}$$

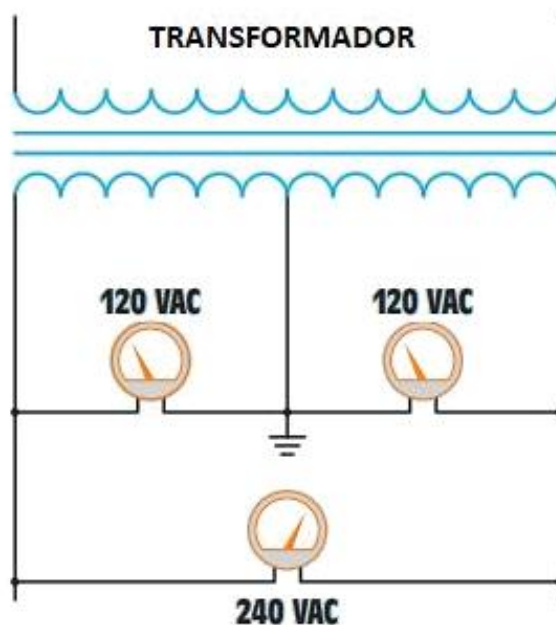
Corriente en neutro en la conexión en estrella

Para calcular la corriente en el conductor neutro de un sistema trifásico de cuatro hilos en estrella, debemos examinar cómo se combinan las corrientes de todos los cables trifásicos. Si las tres fases llevan la misma corriente, como en el suministro de un motor trifásico, la corriente neutra el neutro es igual a cero, en este caso no hay desequilibrio. Sin embargo, si la corriente en cada fase son diferentes, se está analizando un sistema desequilibrado, por lo que la corriente en el neutro es diferente de cero. La fórmula utilizada para encontrar la corriente neutra en un sistema de estrella trifásica es:

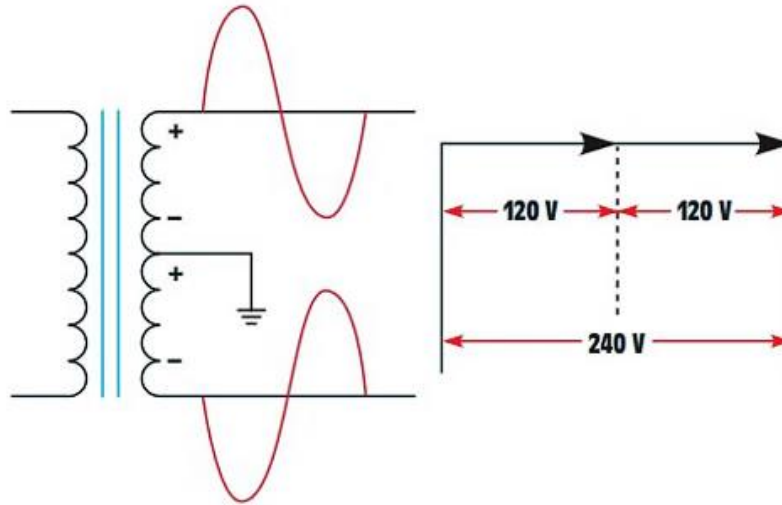
$$I_{\text{neutral}} = \sqrt{A^2 + B^2 + C^2 - AB - AC - BC}$$

2.4.2 Diferencia entre sistemas trifásicos y monofásicos

Muchos estudiantes de electricidad tienen dificultades para entender por qué el voltaje de línea de la conexión en estrella utilizada en esta ilustración es de 208 voltios en lugar de 240 voltios. Como el voltaje de línea se mide en dos fases que tienen un voltaje de 120 voltios cada una, parecería que la suma de los dos voltajes debería ser de 240 voltios. Una de las causas de este concepto erróneo es que muchos estudiantes están familiarizados con la conexión de 240/120 voltios suministrada a la mayoría de los hogares. Si se mide el voltaje en las dos líneas entrantes, se verá un voltaje de 240 voltios. Si el voltaje se mide desde cualquiera de las dos líneas hasta el neutro, se verá un voltaje de 120 voltios. La razón de esto es que se trata de una conexión monofásica derivada de la toma central de un transformador. La toma central es el punto medio de dos voltajes fuera de fase. La suma de vectores de estos dos voltajes es de 240 voltios.

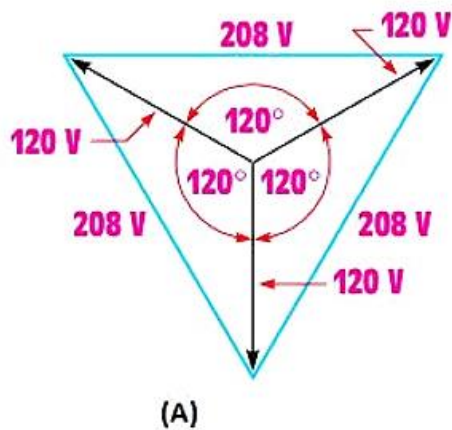


Voltajes en la salida secundaria de un transformador monofásico

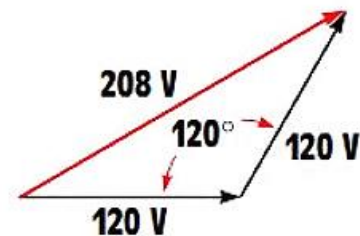


Los voltajes de un sistema residencial monofásico están desfasados entre sí

Los voltajes trifásicos están 120° fuera de fase entre ellos, no en fase el uno con el otro. Si los tres voltajes se dibujan 120° aparte, se verá que la suma vectorial de estos voltajes es de 208 voltios, figura (A). Otra ilustración de la adición de vectores se muestra en la figura (B) siguiente. En esta ilustración, se agregan vectores de tensión bifásicos, y la resultante se dibuja desde el punto inicial de un vector hasta el punto final del otro.



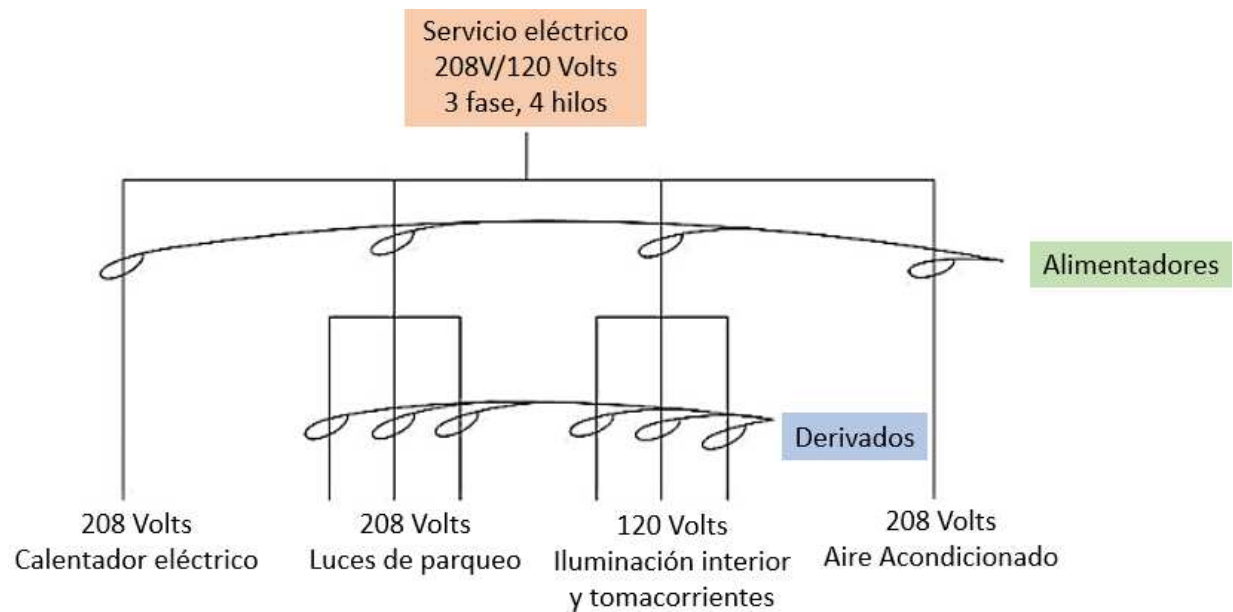
(A)



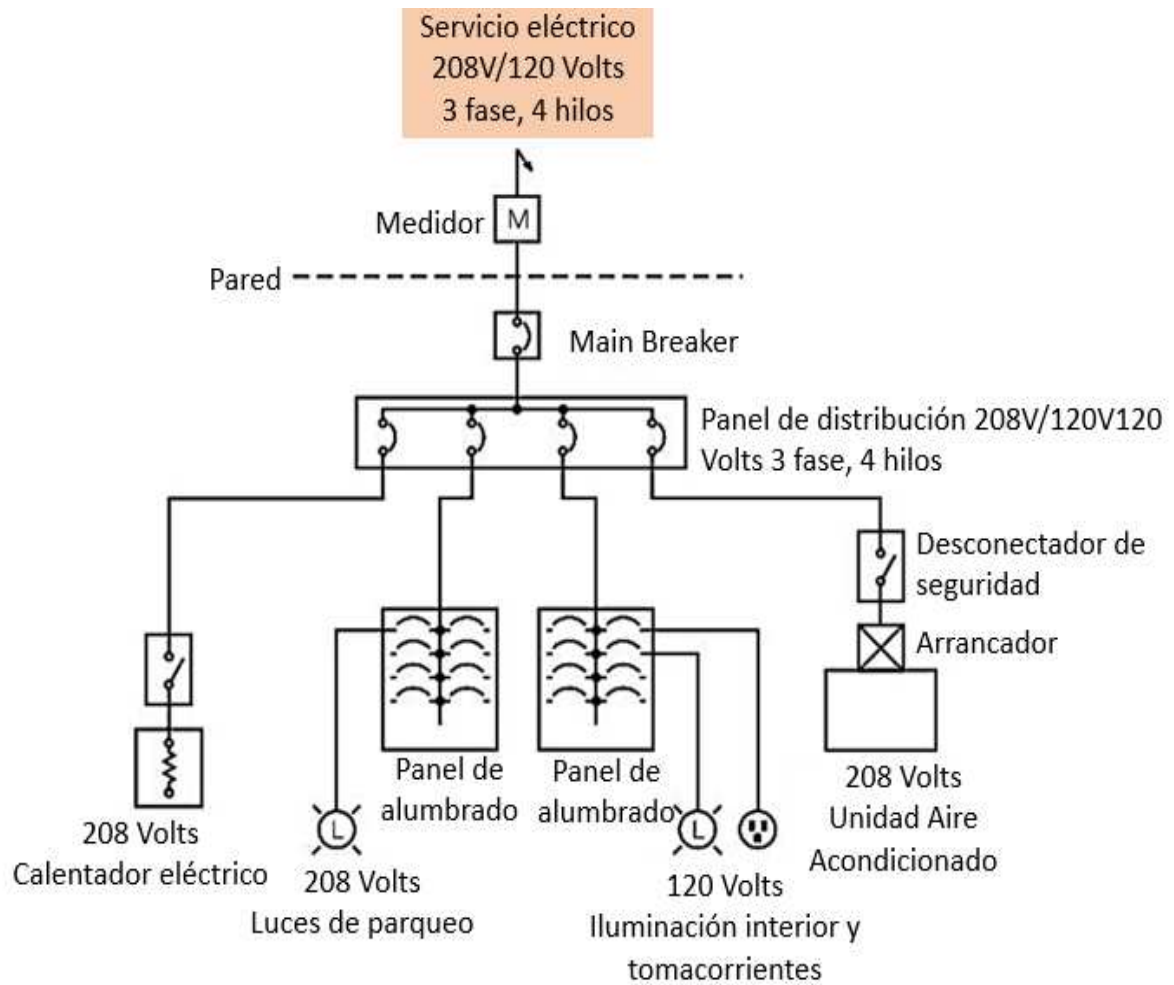
(B)

(A) Suma de los vectores de voltaje en una conexión trifásica en estrella; (B) Suma de los vectores de los voltajes de dos fases.

Los dos alimentadores internos se dividen en varios circuitos derivados. Un conjunto de circuitos derivados suministra energía a la iluminación exterior. El segundo conjunto de circuitos derivados suministra energía a la iluminación interior y los receptáculos.



La compañía eléctrica utiliza un transformador reductor trifásico o un banco de transformadores para suministrar energía a una instalación. Hay varias formas de configurar el secundario del transformador de utilidad. En el siguiente ejemplo, la utilidad suministra energía desde un transformador con un secundario conectado en estrella. El devanado secundario del transformador produce 208/120 VCA. Monofásico 120 VAC está disponible entre cualquier cable de fase y neutro. Monofásico 208 VAC está disponible entre cualquiera de las dos fases. Las tres fases están conectadas a cualquier equipo que requiera alimentación trifásica.

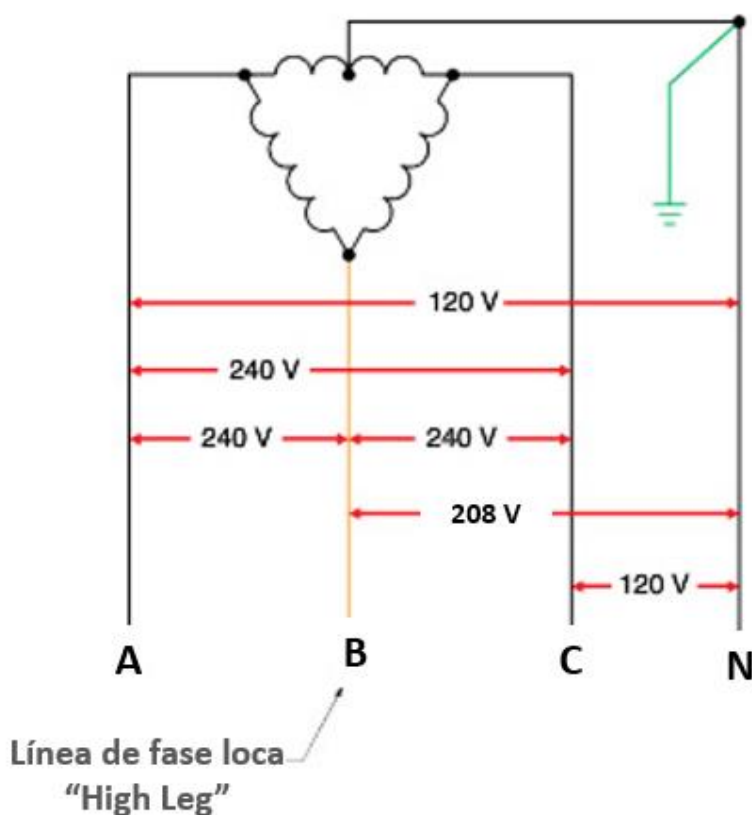


7.3.2 Servicio trifásico a 120/240V a 4 hilos

Se utiliza un servicio conectado a delta de 120/240 V, trifásico, de cuatro hilos para abastecer a clientes comerciales e industriales que requieren grandes cantidades de energía trifásica con voltajes de 120 V y 240 V. Este servicio suministra energía monofásica entregada por uno de los tres transformadores y energía trifásica entregada usando los tres transformadores. La alimentación monofásica es proporcionada por el centro tocando uno de los transformadores.

El devanado de una fase está conectado a tierra para proporcionar 120 V entre Fase A o C y la conexión neutra. Entre la fase B y neutral, sin embargo, el voltaje es de 208 V. Este se conoce como la fase loca (high leg).

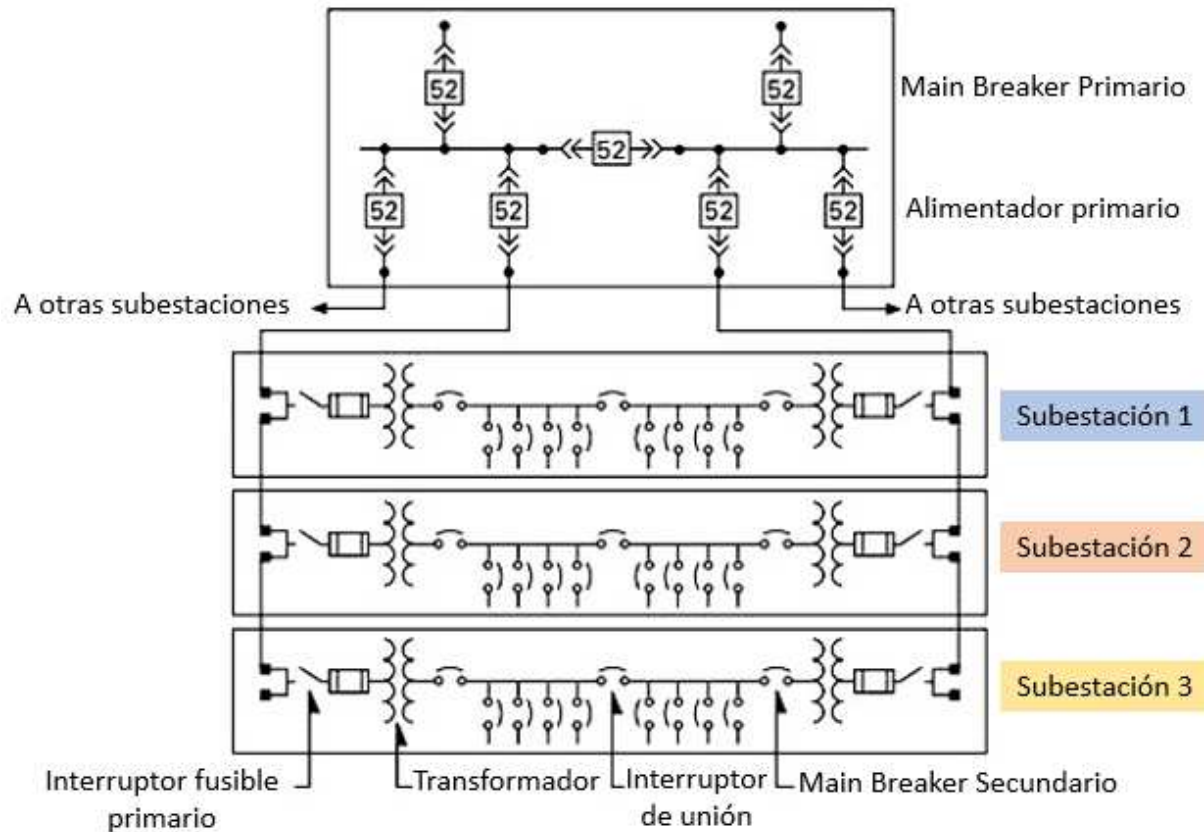
Los transformadores de cuatro cables conectados en delta a menudo se conectan para que la fase B la fase loca. El voltaje de fase loca se puede calcular multiplicando la fase A (o C) a un voltaje neutro por 1.732 ($120 \text{ V} \times 1.732 = 208 \text{ V}$). Al momento de realizar el cableado tomar en cuenta el voltaje de 208V, y no quemar equipos que trabajen a 120V.



Servicio trifásico a 120/240V a 4 hilos

7.6.4 Sistema selectivo en primario y secundario

Este sistema utiliza dos fuentes de servicio desde el punto de suministro de energía utilizando dos interruptores principales y un interruptor de enlace primario. Los dos interruptores principales y el interruptor de amarre primario están interbloqueados manual o eléctricamente para evitar el cierre de los tres al mismo tiempo y el paralelismo de las fuentes. En caso de pérdida de voltaje en una fuente, se puede usar una transferencia manual o automática a la línea de fuente alternativa para restaurar la energía a todas las cargas primarias.



Sistema selectivo en primario y secundario

Cada transformador secundario está doblemente alimentado en ambos extremos. Los dos interruptores principales secundarios y el interruptor de amarre secundario de cada subestación de la unidad están nuevamente entrelazados mecánica o eléctricamente para evitar la operación en paralelo. En caso de pérdida de la tensión de la fuente secundaria en un lado, se puede usar la transferencia manual o automática para transferir las cargas al otro lado, restaurando así la energía a todas las cargas secundarias.

Esta disposición permite una rápida restauración del servicio a todas las cargas cuando se produce un fallo en el alimentador primario o en el transformador abriendo la línea secundaria asociada y cerrando el interruptor de enlace secundario. Si se ha producido una pérdida de voltaje secundario debido a un fallo del alimentador primario con la apertura del interruptor del

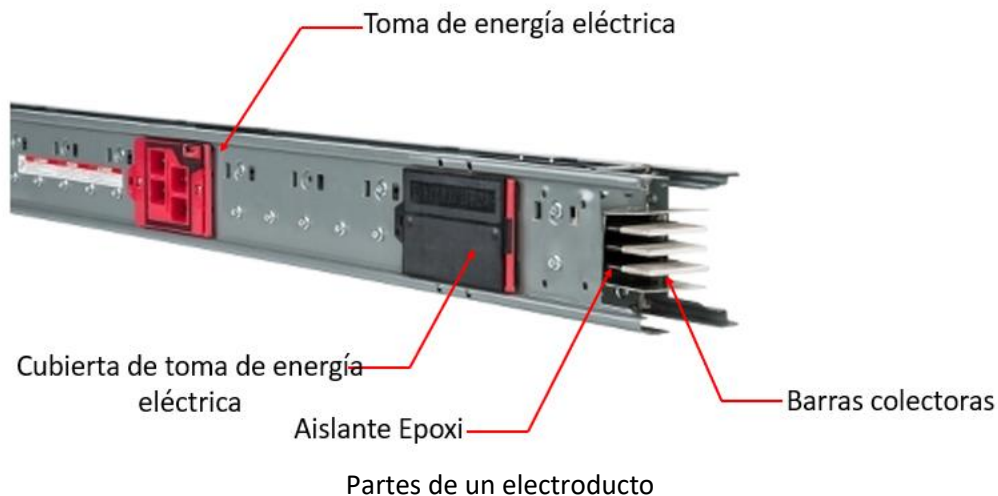
alimentador primario asociado, entonces todas las cargas secundarias que normalmente recibe el alimentador con fallas deberán transferirse al alimentador primario opuesto.

Esto significa que cada conductor del alimentador primario debe tener el tamaño adecuado para transportar la carga en ambos lados de todos los buses secundarios que están sirviendo bajo transferencia de emergencia secundaria. Si la pérdida de voltaje se debió a una falla de uno de los transformadores en la subestación, entonces los fusibles primarios asociados se abrirían, dejando solo el transformador averiado fuera de servicio, y entonces solo las cargas secundarias que normalmente recibe el transformador defectuoso tendrán que ser transferidas al transformador opuesto.

En cualquiera de las condiciones de emergencia anteriores, el transformador en servicio de una subestación de unidad de doble extremo debería tener la capacidad de servir las cargas en ambos lados del interruptor de enlace. Por esta razón, los transformadores utilizados en esta aplicación deben tener valores de kVA iguales en cada lado de la subestación.

7.7 Electroductos

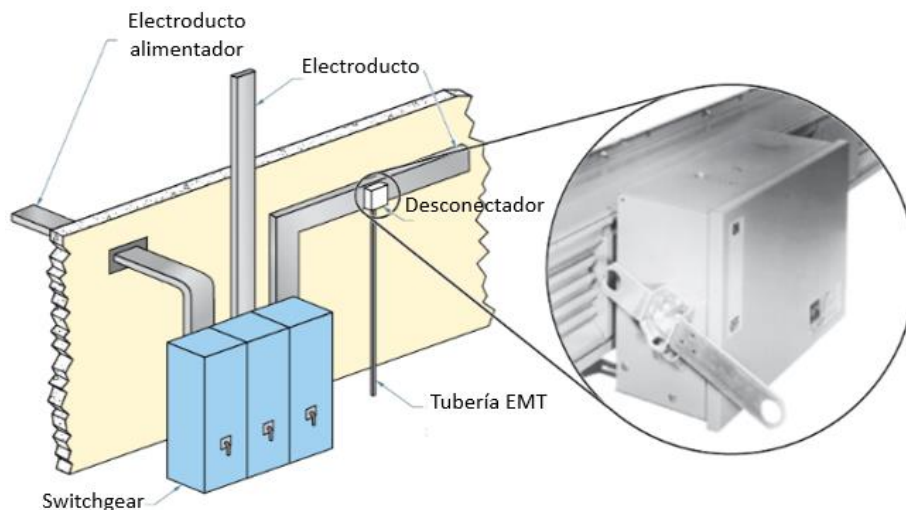
Un electroducto es un sistemas de distribución eléctrica prefabricado, en los que los conductores son barras de cobre o aluminio, aisladas y montadas dentro de un gabinete protector.



El electroducto alimentador se usa para trasportar la energía eléctrica de la subestación a las áreas de consumo, se fabrican para exteriores (a la intemperie) e interiores.

El electroducto tipo enchufe se utiliza para conectar los equipos consumidores.

Los electroductos tipo enchufe contiene varias tomas de energía eléctrica. Por lo que son más caros.



Sistema Electroducto tipo enchufe

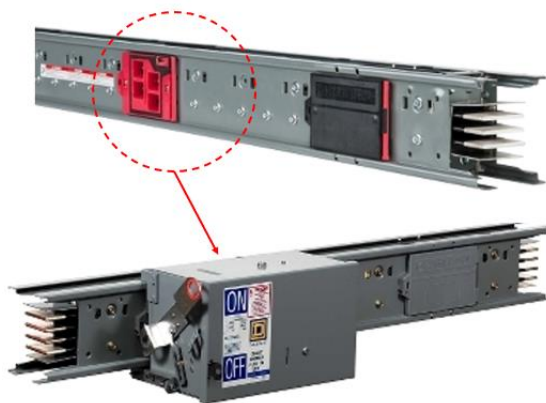
Los tomacorrientes del electroducto permiten reubicar fácil y rápido los equipos consumidores, máquinas y luminarias en plantas de manufactura, grandes centros comerciales y edificios.

El sistema con electroducto es más visual por lo que se evita errores, es de rápida planeación y montaje.

En cuanto a la presentación las cubiertas de aluminio con recubrimiento epóxico, han sustituido a gabinetes protectores con lámina de acero.

Comercialmente el tramo recto más común es de 3 metros (≈ 10 pies) con tomas de corriente a 60 centímetros, longitudes pequeñas, codos T y cruces están disponibles, permitiendo personalizar la instalación.

Para instalaciones rápidas se pueden adquirir en tramos de 6.1 metros (≈ 20 pies).



Detalle de alimentador enchufe de un electroducto

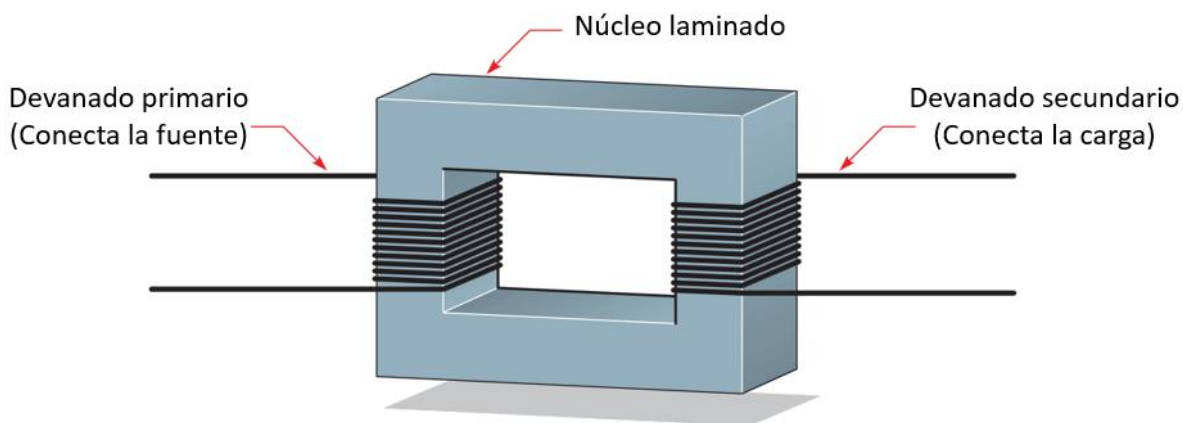
8

TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS

Los transformadores son máquinas estáticas con dos devanados de corriente alterna arrollados sobre un núcleo magnético. El devanado por donde entra energía al transformador se denomina primario y el devanado por donde sale energía hacia las cargas que son alimentadas por el transformador se denomina secundario.

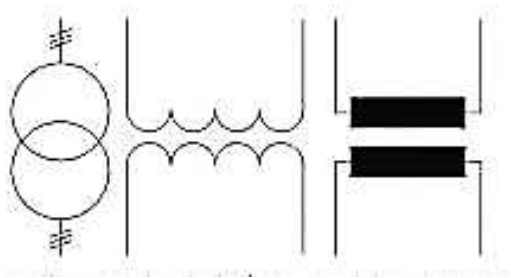
8.1 Principio de funcionamiento

Al conectar una tensión alterna V_1 al primario, circula una corriente por él que genera un flujo alterno en el núcleo magnético. Este flujo magnético, en virtud de la Ley de Faraday, induce en el secundario una fuerza electromotriz (f.e.m.) E_2 que da lugar a una tensión V_2 en bornes de este devanado. De esta manera se consigue transformar una tensión alterna de valor eficaz V_1 en otra de valor eficaz V_2 y de la misma frecuencia. Nótese que esta máquina sólo vale para transformar tensiones alternas, pero no sirve para tensiones continuas.



Campo magnético en el núcleo de un transformador

En los esquemas eléctricos los transformadores se representan con los siguientes símbolos:



Símbolos para transformadores eléctricos

8.6.1 Taps o cambiadores de derivación

Debido a las caídas de voltaje en las líneas de transmisión, el voltaje en una región particular de un sistema de distribución puede ser consistentemente más bajo que lo normal. Por lo que el uso de los taps son dispositivos que permiten variar la relación de espiras o transformación de los transformadores con la finalidad de mantener una requerida tensión en la carga.

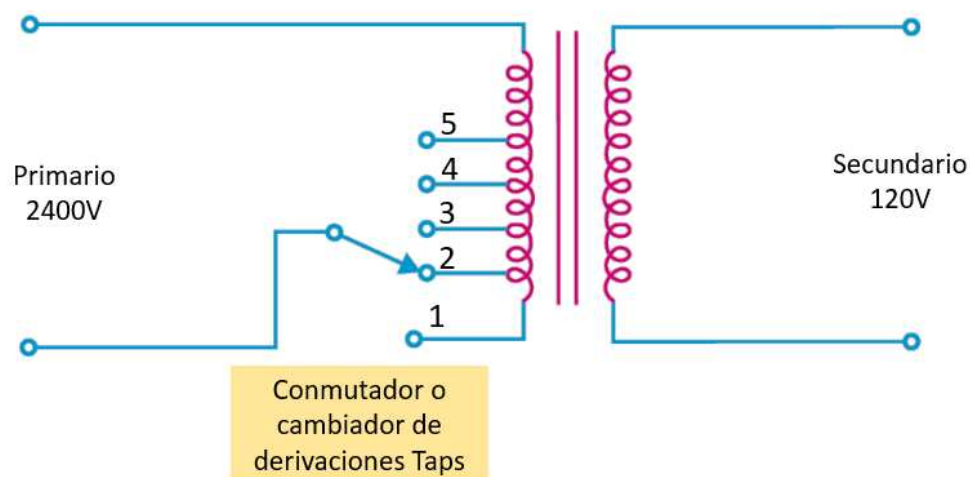
Normalmente los cambiadores de derivacion o taps están localizados en los devanados primarios (de alto voltaje), debido a que se tiene que manejar en los cambios menos corriente de la que se manejaría si se localizarán en el devanado de bajo voltaje. Cuando se cambian las tomas, lo que se hace es añadir o disminuir espiras en el primario.



Selector o conmutador de tap de un transformador monofásico

Generalmente los Taps vienen tanto interno como externo para su manipulación. Su operación se debe realizar cuando el transformador este desenergizado, nunca bajo tensión, a menos que lo indique el fabricante.

De esta manera, aludiendo al transformador de la figura 10.13, si el voltaje de línea es de sólo 2076 V (en lugar de 2400 V), utilizaríamos la terminal 1 y la toma 5 para obtener 120 V en el lado del secundario.

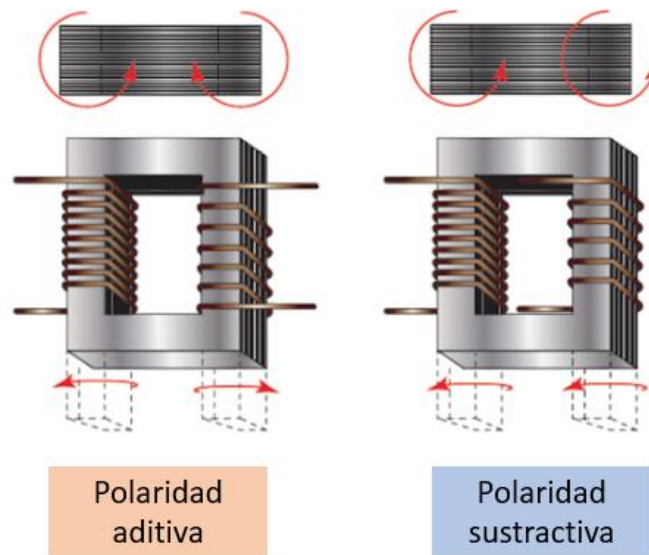


Transformador de distribución con tomas a (Toma 1= 2400 V), (toma 2 = 2292 V), (toma 3 = 2184 V), (toma 4=2076 V) y (toma 5=1968 V)

Los taps en el primario son comúnmente hechos en puntos convenientes del devanado, generalmente, van a la mitad o al final de éste y son especificados en por ciento de la tensión total. Un arreglo común es para proveer más y menos dos derivaciones de dos y medio por ciento cada una (2 de 2 1/2 % c/u).

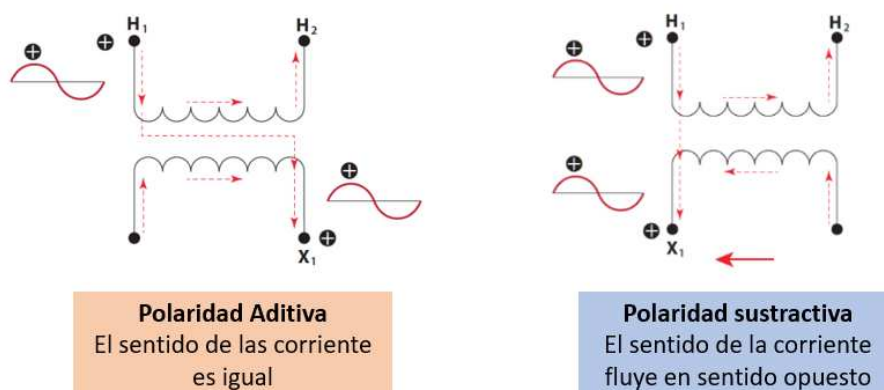
8.7 Polaridad de un transformador

La polaridad de los bobinados depende de la dirección en que se enrollen las bobinas sobre el núcleo (en sentido horario o antihorario), y también del cómo conectemos los cables de salida de la bobina a las terminales.



El sentido de embobinado del transformador

Las bobinas secundarias de los transformadores monofásicos se arrollan ya sea en el mismo sentido de la bobina primaria o en el sentido opuesto, esto según el criterio del fabricante. Debido a esta situación, podría ser que la intensidad de corriente eléctrica en la bobina primaria y la intensidad de corriente en la bobina secundaria circulen en un mismo sentido, o en sentido opuesto.



Cuando la corriente fluye en ambas bobinas en la misma dirección, la polaridad del transformador resulta ser aditiva. Si la dirección es opuesta en las bobinas, la polaridad resulta ser sustractiva.

La polaridad indica los polos positivos o negativos de los terminales del transformador en un determinado instante.

Para un transformador monofásico, estos se marcan con H1, H2 en el primario y X1, X2, X3 en el secundario.

Existen dos tipos de polaridades que puede tener el transformador: **polaridad aditiva y sustractiva**. En la aditiva H1 y X1 marcan de forma diagonal entre primario y secundario. En la sustractiva H1 y X1 se marcan de forma adyacente.



Polaridad
aditiva

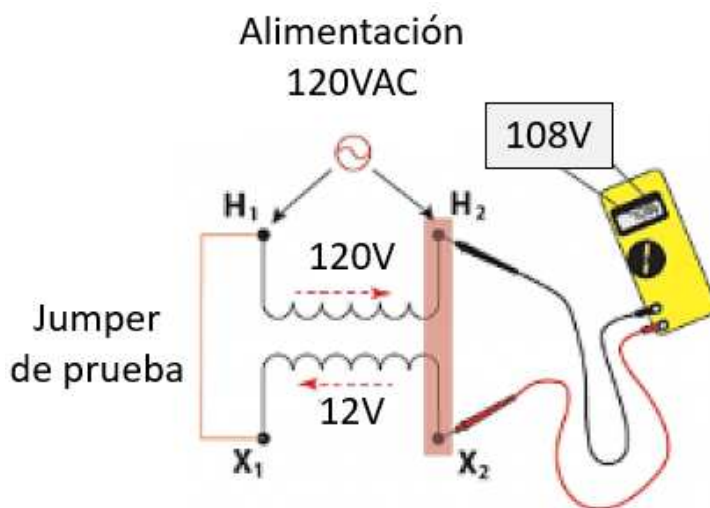


Polaridad
sustractiva

En los transformadores monofásicos en el primario la letra H1 siempre va al lado izquierdo y la H2 al lado derecho. Las marcas en el secundario nos indican si es aditivo o sustractivo. Si en el secundario si tenemos X1 al lado izquierdo y X2 a la derecha su polaridad es sustractiva, en cambio si el orden es que X1 esté a la derecha corresponde a un transformador aditivo.

8.7.1 Prueba de polaridad

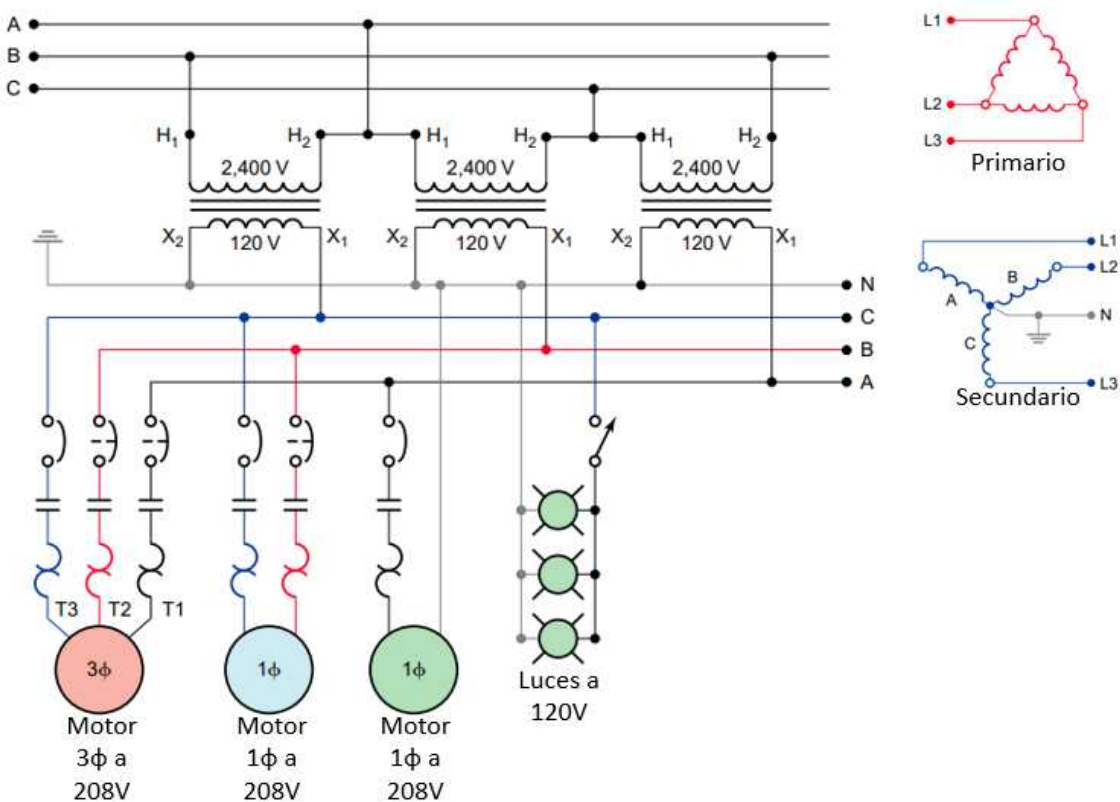
1. Conectamos el devanado de alto voltaje a una fuente de corriente alterna de bajo voltaje (por ejemplo, de 120 V).
2. Conectamos un alambre de cierre o puente J entre dos terminales (AT) y (BT) adyacentes cualesquiera.
3. Conectamos un voltímetro entre las otras dos terminales (AT) y (BT) adyacentes.
4. Si el voltaje V_x es mayor que el voltaje del primario V_p , entonces el transformador tiene polaridad aditiva. Mientras que si el voltaje V_x es menor que el voltaje del primario V_p , entonces el transformador tiene polaridad sustractiva



Polaridad sustractiva
El voltaje adyacente medido es menor que el de la fuente (120V-12V)

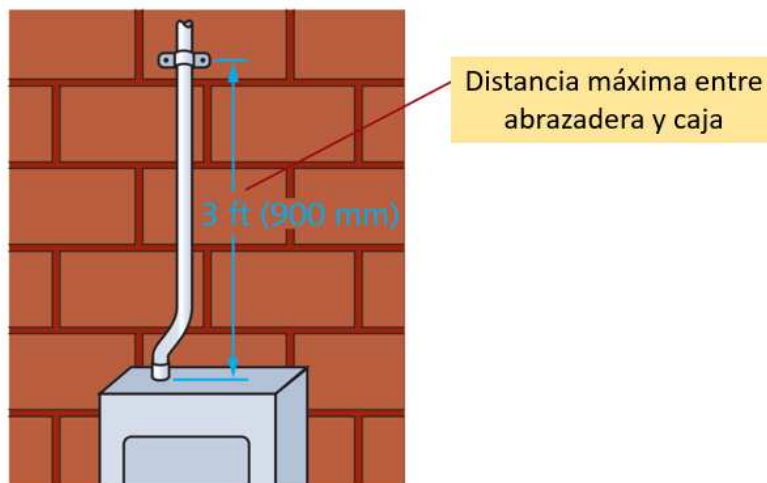
El transformador monofásico alimentado con 120V da un voltaje de 4 V en el secundario. Al medir el voltaje entre los terminales restante da 116 V, la diferencia de 120V y 4 V. Por lo que el transformador es de polaridad sustractiva.

La configuración delta a estrella es la conexión de transformador trifásico más utilizada. En la figura siguiente se ilustra una transformación típica de voltaje. El secundario proporciona un punto neutro para suministrar energía de línea a neutro a cargas monofásicas. El punto neutral también está conectado a tierra por razones de seguridad. Las tres fases suministran 208 V, mientras que el voltaje para cargas monofásicas es de 208 V o 120 V. Cuando el transformador secundario suministra grandes cantidades de cargas desequilibradas, el devanado primario delta proporciona un mejor equilibrio de corriente para la red de alimentación.



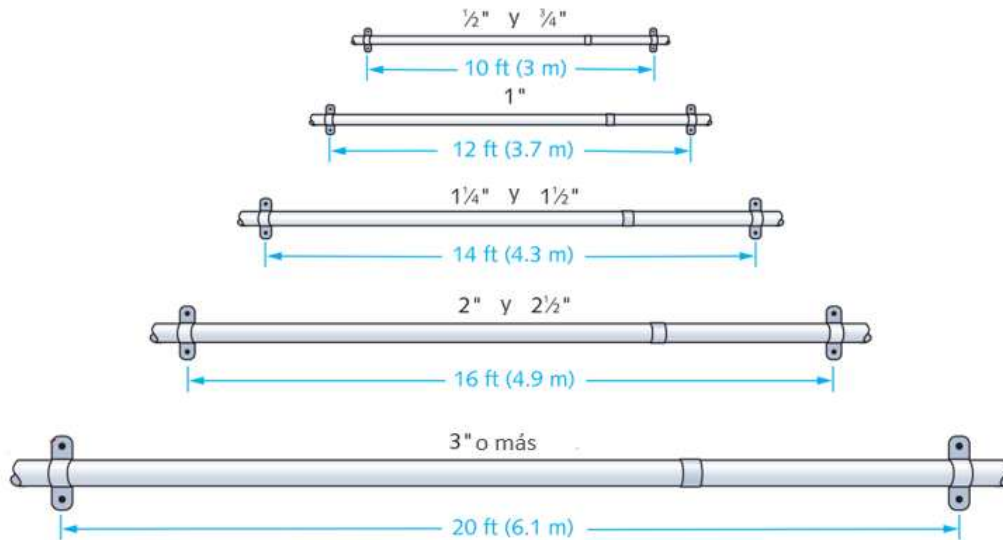
ACCESORIOS PARA LA SUJECIÓN DE TUBERÍAS	
 Abrazadera tipo uña de un agujero	 Abrazadera tipo omega de dos agujeros
 Soporte Strut tipo colgante	 Instalación de soporte

Sujetado y asegurado. Cada conduit metálico intermedio (IMC) se debe sujetar y asegurar a una distancia no mayor de 900 mm (3 pies) de cada caja de salida, caja de empalmes, caja de dispositivos, gabinete, cuerpo de conduit u otra terminación de conduit.

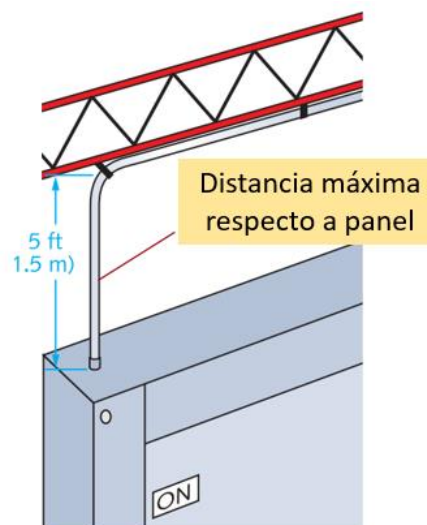


Sujetado y soportes en tuberías RMC e IMC

Los recorridos rectos de tuberías RMC e IMC hechos con acoplamientos roscados se pueden soportar como se muestra la figura. Esto se debe hacer siempre que dichos soportes eviten la transmisión de tensiones a la terminación donde el conducto se desvía entre los soportes.



Se permitirá aumentar la distancia de sujeción a 1.5 m (5 pies) si los miembros estructurales no permiten una sujeción fácil dentro de los 900 mm (3 pies). Si se aprueba, no se exigirá que el conduit esté sujetado y asegurado a 900 mm (3 pies) de la mufa de acometida para la terminación de un poste por encima del techo.



La distancia entre los soportes se puede aumentar a 20 pies (6 m) para elevaciones verticales para alimentar maquinaria industrial o algún equipo fijo. Se debe colocar los acoplamientos roscados necesarios y la tubería deber estar apoyada y bien sujeta en la parte superior e inferior de la columna ascendente.

9.4 Conduit Metálico Flexible

Esata es un canalización de sección transversal circular hecha de una banda metálica entrelazada, conformada, y enrollada en espiral. Estos se construyen en tamaños que van desde 16 mm (tamaño comercial de 1/2") a 103 mm (tamaño comercial de 4") de diámetro.



Tubo metálico flexible

Conduit metálico flexible (FMC) se puede utilizar en lugares expuestos y ocultos.

Usos

Se debe evitar usar conduit metálico flexible (FMC) en las siguientes condiciones:

- En lugares mojados.
- En cuartos para baterías de acumuladores.
- En cualquier lugar (clasificado como) peligroso.
- Cuando esté expuesto a materiales que tengan un efecto deteriorante sobre los conductores instalados, tales como aceite o gasolina.
- Subterráneo o empotrado en concreto vaciado o de agregado.
- Cuando esté expuesto a daños físicos.

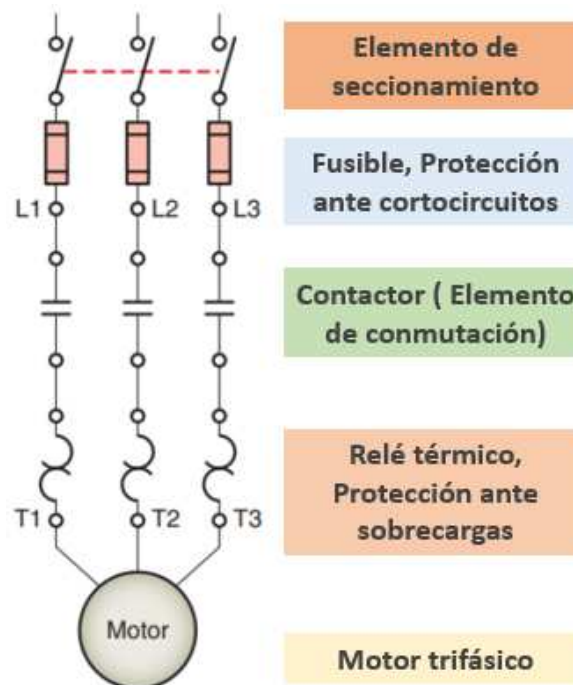
14

CONTROL BÁSICO DE MOTORES ELÉCTRICOS

14.1 Equipos para el control y protección de motores eléctricos

En todas las instalaciones eléctricas industriales la instalación de los motores eléctricos, no solo consiste en llevar la energía hasta ellos, también requiere de medios de conexión y desconexión, así como dispositivos de control de los mismos, dependiendo de la aplicación específica para la cual fueron seleccionados.

Estos elementos en la forma que aparecen en las normas técnicas para instalaciones eléctricas se muestra en la Figura siguiente.



Elementos de un circuito derivado con motor

14.3 Control manual

El control de los motores eléctricos consiste en realizar el arranque, la regulación de velocidad, el frenado, la inversión del sentido de marcha, así como el mantenimiento del régimen de su funcionamiento, de acuerdo con las exigencias del proceso tecnológico.

En los casos más sencillos, el arranque, la regulación de velocidad y el frenado, se realiza por medio de dispositivos accionados manualmente: interruptores de cuchillas, reóstatos de arranque y de regulación, combinadores, etc.

La utilización de estos dispositivos implica una pérdida de tiempo suplementaria y, por lo tanto, reduce la productividad de la máquina, sobre todo, cuando su funcionamiento está relacionado con frecuentes arranques o con una regulación de la velocidad. Además, el empleo de dispositivos accionados manualmente excluye el mando a distancia, lo que resulta inconcebible en numerosas instalaciones modernas. Para los sistemas de potencia elevada, el mando manual resulta difícil y en ocasiones imposible a causa de los grandes esfuerzos que serían necesarios para asegurar la maniobra de los aparatos.



Seccionadores o interruptores de levas

Los aparatos de arranque y maniobra pueden clasificarse de muy diversas maneras, pero fundamentalmente cabe dividirlos según que la maniobra de los mismos sea manual o automática, y según que conecten el motor a plena tensión de la red o a una tensión reducida.

Un control manual es un dispositivo que consta de uno o varios contactos móviles y otros fijos, unidos a un tambor giratorio, accionado en forma manual.

Existen numerosas combinaciones según los casos, se fabrican como interruptores, conmutadores, inversor de sentido de giro de los motores, etc.

Para lograr una capacidad de contacto mayor (capacidad de corriente), en un espacio menor que los dispositivos diseñados con contactos de apertura sencilla, se utilizan los contactores de doble contacto de apertura.

Se debe aclarar que hay diferencia entre los contactores manuales y los arrancadores manuales. Un contactor manual es un dispositivo que abre y cierra manualmente un circuito eléctrico y los

arrancadores manuales se usan únicamente en el control de motores eléctricos por medios electromagnéticos.

Una diferencia importante entre el contactor y el arrancador, es un segundo componente en este último, llamado la protección contra sobrecarga. El arrancador se compone de un contactor y un dispositivo de protección contra sobrecarga, debido a que las normas técnicas para instalaciones eléctricas establecen como requisito, que un arrancador no sólo sirva para arrancar y parar, sino también para proporcionar protección y evitar que se dañe el motor bajo situaciones de sobrecarga o de rotor bloqueado.

14.4 Conmutadores de levass

Los conmutadores de levass pertenecen al grupo de los interruptores de accionamiento manual que con la rotación del eje conectan los diferentes circuitos eléctricos. Los discos de levass, de moldeado correspondiente y de plástico resistente a la abrasión y aislante, están empotrados sobre el eje y según la posición tomada, abren o cierran uno o dos contactos.

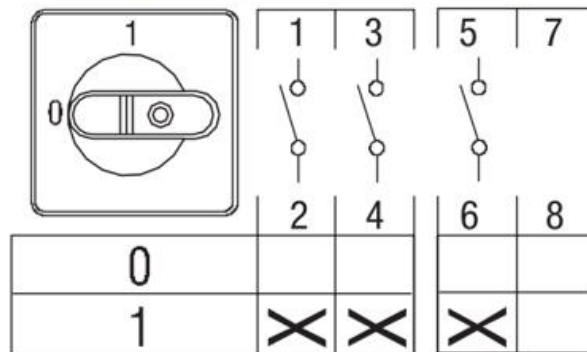
Conmutador de leva ON/OFF

Los conmutadores de leva de encendido (ON=1) y apagado (OFF=0) tiene dos estados en sus contactos, abierto o cerrado. Estos pueden ser de diferentes polos (de 1,2,3,4, 5...) siendo los más comunes de uno, dos o tres polos, ya sea para controlar los equipos en sistemas monofásicos o trifásicos.

Conmutador de levass ON/OFF



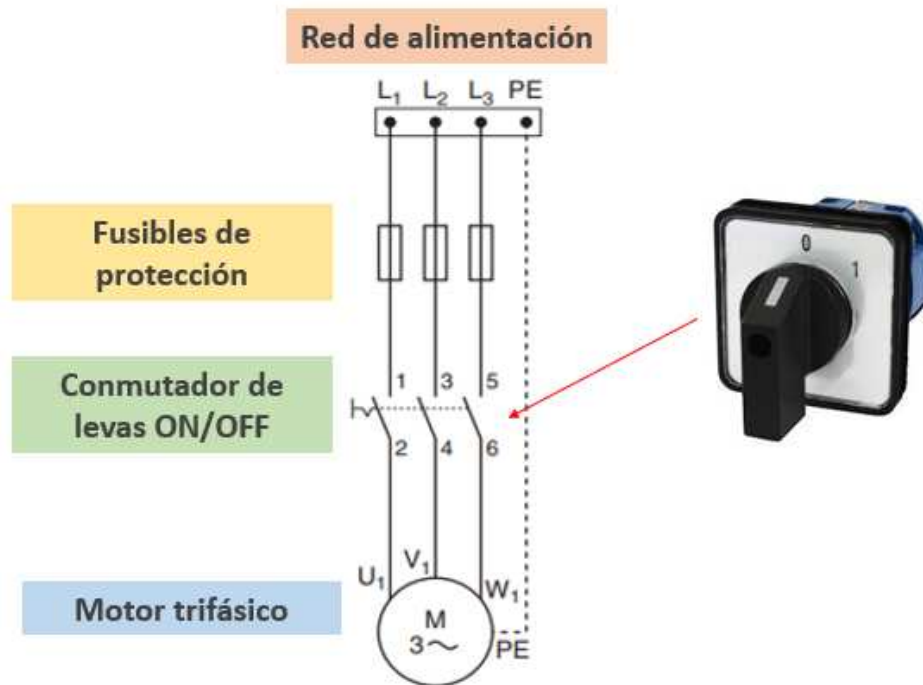
Diagrama de contactos



Conmutador de levass ON/OFF de tres polos

En este conmutador cuando está en la posición 0 (OFF) sus pares de contactos 1-2, 3-4 y 5-6 están abiertos, cuando se pasa a la posición 1 (ON) sus contactos se cierran, permitiendo el pase de corriente en las tres fases.

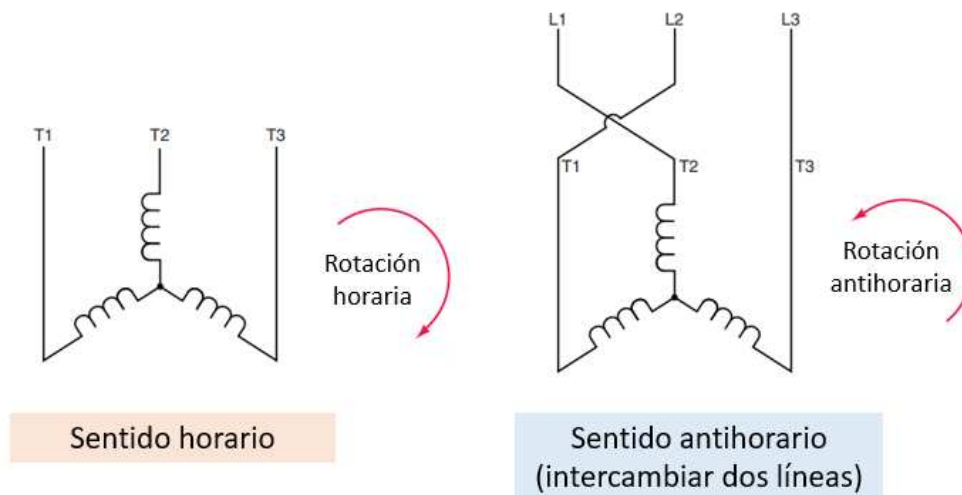
En el siguiente circuito se consigue el arranque directo de un motor eléctrico manualmente con un conmutador de leva sencillo:



Arranque directo de un motor trifásico de forma manual.

14.5 Sentido de giro de los motores trifásicos

Cuando necesitamos que el giro sea al contrario (sentido anti-horario), basta con permutar dos fases de alimentación del motor, como se ve en la Figura 11.18, con lo que el motor gira en sentido opuesto.

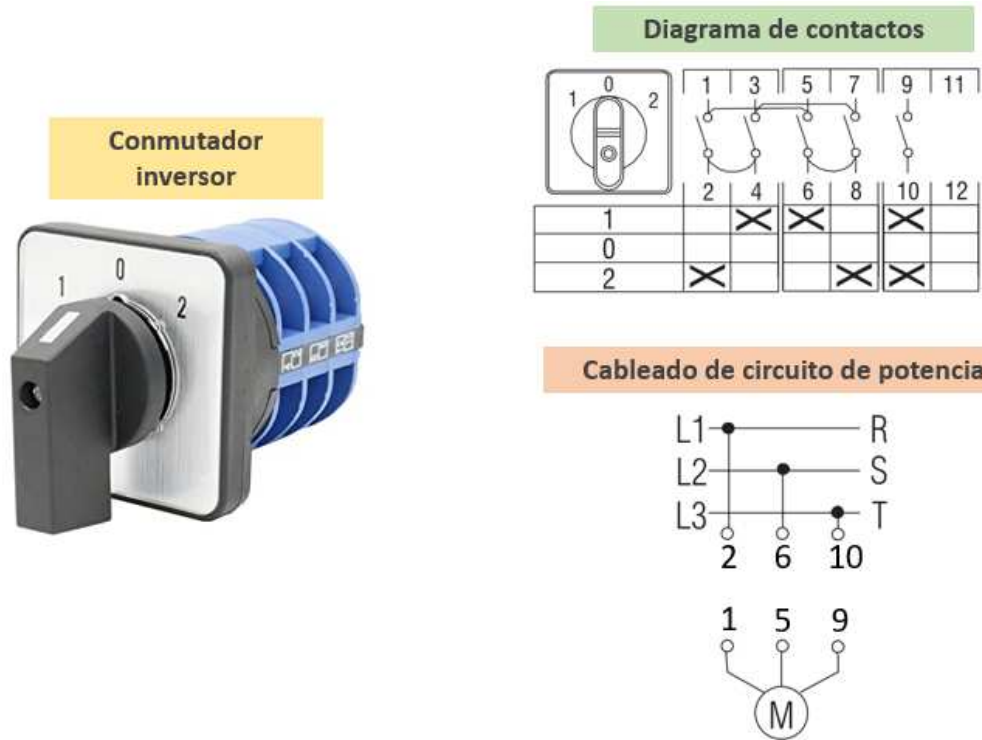


Esquema de conexiones para el cambio de giro en motores trifásicos de corriente alterna.

Hay que tener cuidado de no permutar las tres fases pues en ese caso el motor sigue girando en el mismo sentido.

Cuando una máquina ha de girar en ambos sentidos, necesitamos un conmutador (inversor) que realice la inversión de la alimentación sin tener que manipular las conexiones

Estos conmutadores han de estar dimensionados para la intensidad del motor y poseen tres posiciones, con el cero en el medio para conseguir que la inversión no se realice a contramarcha.



Inversores de giro manuales.