

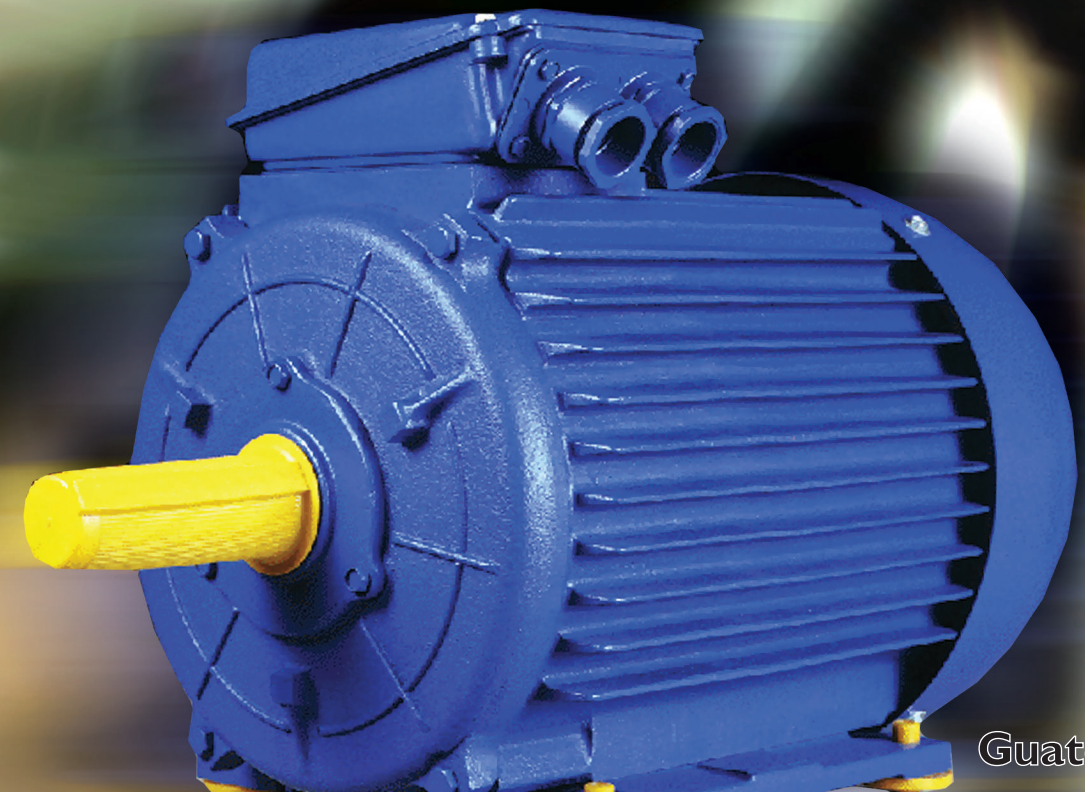
ELECTRICISTA INSTALADOR INDUSTRIAL

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS

MÓDULO 10

MT.3.4.2-45/04

EDICIÓN 01



Instituto Técnico de
Capacitación y Productividad

Guatemala, C.A.

I N D U S T R I A

Instituto Técnico de Capacitación y Productividad





Instituto Técnico de
Capacitación y Productividad

ELECTRICISTA INSTALADOR INDUSTRIAL

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS

MÓDULO NO. 10

MT.3.4.2-45/04

Edición 01
Guatemala, agosto de 2002



COPYRIGHT
Instituto Técnico de Capacitación y Productividad
-INTECAP- 2004

Esta publicación goza de la protección de los derechos de propiedad intelectual en virtud de la Convención Universal sobre Derechos de Autor. Las solicitudes de autorización para la reproducción, traducción o adaptación parcial o total de su contenido, deben dirigirse al Instituto Técnico de Capacitación y Productividad INTECAP de Guatemala. El Instituto dictamina favorablemente dichas solicitudes en beneficio de la Formación Profesional de los interesados. Extractos breves de esta publicación pueden reproducirse sin autorización, a condición de que se mencione la fuente.

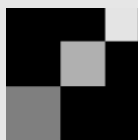
MÓDULO No.: 10
INSTALACIÓN Y MATENIMIENTO DE
MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS
Código: MT.3.4.2-45/04
Edición 01

Las denominaciones empleadas en las publicaciones del Instituto Técnico de Capacitación y Productividad, y la forma en que aparecen presentados los datos, contenidos y gráficas, no implican juicio alguno por parte del INTECAP ni de sus autoridades. La responsabilidad de las opiniones en los artículos, estudios y otras colaboraciones, incumbe exclusivamente a sus autores.

La serie es resultado del trabajo en equipo del Departamento de Industria de la División Técnica, con el asesoramiento metodológico del Departamento de Tecnología de la Formación bajo la dirección de la jefatura de División Técnica.

Las publicaciones del Instituto Técnico de Capacitación y Productividad, así como el catálogo lista y precios de los mismos, pueden obtenerse solicitando a la siguiente dirección:

Instituto Técnico de Capacitación y Productividad
División Técnica - Departamento de Industria
Calle del Estadio Mateo Flores, 7-51 zona 5. Guatemala, Ciudad.
Tel. PBX. 2331-0117 Ext. 647, 644
www.intecap.org.gt divisiontecnica@intecap.org.gt



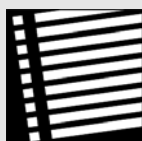
Electricista instalador industrial

OBJETIVO DE LA SERIE

Con los contenidos de los manuales que comprenden esta serie modular, el participante será competente para instalar y proveer mantenimiento a equipo y máquinas eléctricas, así como a circuitos eléctricos de mando, alumbrado, fuerza y señalización en edificios industriales, de acuerdo a especificaciones técnicas de fabricantes y a normas de la Empresa Eléctrica de Guatemala y de la Comisión Nacional de la Energía.

La serie comprende:

MÓDULO	TÍTULO
1	Mecánica de ajustes.
2	Mediciones Eléctricas Básicas.
3	Instalaciones Eléctricas Residenciales.
4	Instalación de Acometidas Eléctricas.
5	Instalación y Mantenimientos de Motores Eléctricos Monofásicos.
6	Circuitos Eléctricos de Señalización.
7	Mediciones Eléctricas Industriales.
8	Instalación y Mantenimiento Circuitos de Generadores y Capacitores.
9	Instalación y Mantenimiento de Circuitos de Transformadores.
10	Instalación y Mantenimiento de Motores Eléctricos Trifásicos.
11	Controles Lógicos Programables Básicos (PLC).
12	Circuitos Electrónicos Básicos.



ÍNDICE

Prerrequisito	1
Objetivo del manual	1
Presentación	3
Diagrama de contenidos	5
Preliminares	7

UNIDAD 1:

MANTENIMIENTO Y INSTALACIÓN DE MOTORES TRIFÁSICOS

Objetivos de la unidad	15
------------------------	----

REALIZAR CONEXIONES DE MOTORES TRIFÁSICOS UTILIZANDO HERRAMIENTA Y EQUIPO ADECUADO, DE ACUERDO A NORMAS DE CALIDAD ESTABLECIDAS

1.1	Motor eléctrico trifásico	17
1.1.1	Definición de motor eléctrico trifásico	17
1.1.2	Partes y funcionamiento del motor eléctrico trifásico	17
1.1.3	Tipos y características del motor eléctrico trifásico	19
1.1.4	Mantenimiento básico del motor eléctrico trifásico	20
1.1.5	Medidas de seguridad	21
1.2	Magnitudes mecánicas y eléctricas en los motores trifásicos	22
1.2.1	Frecuencia de giro	22
1.2.2	Par	22
1.2.3	Potencia	23
1.2.4	Pares de polos	23
1.2.5	Rendimiento	24
1.2.6	Tensiones de servicio	25
1.2.7	Frecuencia de red (hz)	25
1.2.8	Corriente de arranque	26
1.2.9	Factor de potencia	28
1.3	Arranque de un motor trifásico y determinación de sus magnitudes mecánicas y eléctricas	30
1.3.1	Para motores con rotor en cortocircuito	31
1.3.2	Medidas de seguridad	34
1.3.3	Protección ambiental	34

1.4	Conexión de motor trifásico	35
1.4.1	Definición de conexión de motor trifásico	35
1.4.2	Procesos de conexión del motor trifásico	35
1.4.3	Medidas de seguridad	38
1.4.4	Protección ambiental	38

1.5	Arranque estrella-delta del motor trifásico	39
1.5.1	Proceso de arranque en estrella-delta del motor trifásico	40
1.5.2	Medidas de seguridad para arrancar estrella – delta del motor trifásico	41
1.5.3	Protección ambiental	42

1.6	Tipos de motores trifásicos	43
1.6.1	Tipos y características de motores trifásicos	43
1.6.2	Mantenimiento básico	51
1.6.3	Medidas de seguridad	52

1.7	Arranque de motor trifásico (tensiones conmutables, polos conmutables y anillos rozantes)	53
1.7.1	Arranque de un motor trifásico por tensiones conmutables	53
1.7.2	Arrancar motor trifásico de polos conmutables	54
1.7.3	Proceso para arrancar motor trifásico de anillos rozantes	60
1.7.4	Medidas de seguridad	69
1.7.5	Protección ambiental	70

1.8	Conexión de steinmetz	71
1.8.1	Proceso para realizar conexión de steinmetz	71
1.8.2	Medidas de seguridad	74
1.8.3	Protección ambiental	74

**REALIZAR MANTENIMIENTO DE MOTORES TRIFÁSICOS
DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE FABRICANTES**

1.9	Cálculo de conductores para motores trifásicos	75
-----	--	----

1.10	Mantenimiento de motores trifásicos	77
1.10.1	Definición de mantenimiento de motores trifásicos	78
1.10.2	Proceso de mantenimiento de motores trifásicos	78
1.10.3	Medidas de seguridad	80
1.10.4	Protección ambiental	81
1.11	Proceso de mantenimiento de motores trifásicos	82
1.11.1	Técnicas de mantenimiento de motores trifásicos	82
1.11.2	Medidas de seguridad	87
1.11.3	Protección ambiental	87
1.12	Motores de corriente continua	88
1.12.1	Definición de motores de corriente continua	88
1.12.2	Partes y funcionamiento de los motores de corriente continua	88
1.12.3	Tipos y características de los motores de corriente continua	90
1.12.4	Tipo serie	90
1.12.5	Tipo shunt	90
1.12.6	Tipo compound	91
1.12.7	Mantenimiento básico de un motor de corriente continua	91
1.12.8	Medidas de seguridad	92
1.13	Conexión de motores de cc e inversión del sentido de giro	94
1.13.1	Proceso de conexión de motores de cc e inversión del sentido de giro	97
1.13.2	Medidas de seguridad	100
	Actividades	101
	Resumen	104
	Evaluación	105

UNIDAD 2 :

CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE MANDO Y FUERZA PARA MOTORES TRIFÁSICOS

Objetivos de la unidad	109
------------------------	-----

REALIZAR INSTALACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS UTILIZANDO
MANDOS MANUALES, DE ACUERDO A NORMAS DE CALIDAD ESTABLECIDAS

2.1	Control manual	110
2.1.1	Definición de control manual	111
2.1.2	Tipos y características de controles manuales	111

2.1.3	Mantenimiento básico de controles manuales	114
2.1.4	Medidas de seguridad	114
2.2	Equipo y accesorios de motores eléctricos	116
2.2.1	Definición de equipos y accesorios de motores eléctricos	116
2.2.2	Partes y funcionamiento de equipos y accesorios de circuitos eléctricos	117
2.2.3	Tipos y características de los equipos y accesorios de motores eléctricos	121
2.2.4	Mantenimiento básico de equipo y accesorios de motores trifásicos	135
2.2.5	Medidas de seguridad	136
2.3	Cálculo de la protección del circuito manual para Motores monofásicos y trifásicos	145
2.3.1	Fórmulas para la protección del circuito manual	146
2.3.2	Tablas para la protección del circuito manual	149
2.4	Arranque, paro y cambio de giro manuales para motor monofásico	142
2.4.1	Procesos utilizando cuchillas, interruptor de 2 polos y guardamotor	145
2.4.2	Medidas de seguridad	149
2.4.3	Protección ambiental	150
2.5	Arranque y parado de un motor trifásico, utilizando cuchillas interruptor de 3 polos y guardamotor	151
2.5.1	Proceso de arranque y parado de un motor trifásico utilizando cuchillas interruptor de 3 polos y guardamotor	153
2.5.2	Medidas de seguridad	154
2.5.3	Protección ambiental	154
2.6	Cambio de giro manual del motor trifásico utilizando: cuchilla doble tiro, conmutador 1-0-1 y guardamotor	155
2.6.1	Proceso cambio de giro manual del motor trifásico utilizando: cuchilla doble tiro, conmutador 1-0-1 y guardamotor	155
2.6.2	Medidas de seguridad	159
2.6.3	Protección ambiental	159
2.7	Circuito de arranque y-Ä manual de motor trifásico con conmutador	161

2.7.1	Proceso conexión circuito de arranque y-Ä manual de motor trifásico con conmutador	161
2.7.2	Protección ambiental	164
2.8	Circuito manual de dos velocidades para motor trifásico con conmutador	165
2.8.1	Proceso de circuito para motor trifásico con conmutador	165
2.8.2	Medidas de seguridad	169
2.8.3	Protección ambiental	169
REALIZAR INSTALACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS UTILIZANDO MANDOS ELECTROMAGNÉTICOS DE ACUERDO A NORMAS DE CALIDAD ESTABLECIDAS		
2.9	Control electromagnético	170
2.9.1	Definición de control electromagnético	170
2.9.2	Partes y funcionamiento de los controles electromagnéticos	174
2.9.3	Tipos y características de los controles electromagnéticos	175
2.9.4	Mantenimiento básico de los controles electromagnéticos	181
2.9.5	Medidas de seguridad	182
2.10	El contactor	183
2.10.1	Definición de contactor	183
2.10.2	Partes y funcionamiento del contactor	184
2.10.3	Tipos y características del contactor	187
2.10.4	Mantenimiento básico del contactor	190
2.10.5	Medidas de seguridad	192
2.11	Accesorios auxiliares	193
2.11.1	Definición de accesorios auxiliares	193
2.11.2	Tipos y características de accesorios auxiliares	193
2.11.3	Conservacion de accesorios auxiliares	202
2.11.4	Medidas de seguridad	202
2.12	Cálculo de los parámetros de funcionamiento de un contactor para circuitos electromagnéticos para motores monofásicos y trifásicos	203
2.12.1	Fórmulas para el cálculo de un contactor para circuitos electromagnéticos	206
2.12.2	Tablas de cálculo de un contactor para un circuito electromagnético	207

REALIZAR INSTALACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS UTILIZANDO MANDOS ELECTROMAGNÉTICOS DE ACUERDO A NORMAS DE CALIDAD ESTABLECIDAS

2.13	Proceso de conexión de circuitos electromagnéticos	210
2.13.1	Medidas de seguridad	211
2.13.2	Protección ambiental	211

REALIZAR INSTALACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS UTILIZANDO MANDOS AUTOMÁTICOS DE ACUERDO A NORMAS DE CALIDAD ESTABLECIDAS

2.14	Relé	214
2.14.1	Definición de relé	214
2.14.2	Partes y funcionamiento	214
2.14.3	Tipos y características	215
2.14.4	Mantenimiento básico	218
2.14.5	Medidas de seguridad	219

2.15	Cálculo de una protección térmica en motores monofásicos y trifásicos	220
------	---	-----

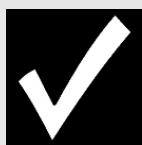
2.16	Proceso de circuitos automáticos de motores	228
2.16.1	Técnicas de circuitos automáticos de motores	228
2.16.2	Medidas de seguridad	231
2.16.3	Protección ambiental	231

REALIZAR INSTALACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS UTILIZANDO MANDOS ESPECIALES DE ACUERDO A NORMAS DE CALIDAD ESTABLECIDAS

2.17	Accesorios	232
2.17.1	Definición de accesorios	232
2.17.2	Tipos y características de accesorios	232
2.17.3	Microswitch	233
2.17.4	Detectores de final de carrera	235
2.17.5	Sensores	236
2.17.6	Guardaniveles	237
2.17.7	Conservación	240
2.17.8	Medidas de seguridad	240

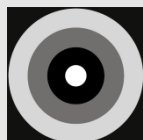
2.18	Proceso de circuitos especiales de motores	242
2.18.1	Técnicas de circuitos especiales de motores	242

2.18.2 Medidas de seguridad	243
2.18.3 Protección ambiental	244
Actividades	246
Resumen	249
Evaluación	251
Glosario	255
Anexo	259
Bibliografía	262



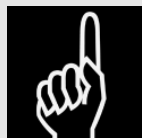
PRERREQUISITO

Haber aprobado los módulos de la carrera de *Electricista Instalador domiciliario* y el módulo de *Mediciones eléctricas industriales* o poseer experiencia comprobable como *Electricista instalador* domiciliario y mediciones en maquinaria y equipo eléctrico trifásico.



OBJETIVO DEL MANUAL

Con los contenidos de este manual, usted adquirirá los conocimientos requeridos para instalar y proveer mantenimiento a motores eléctricos trifásicos, de acuerdo a normas internacionales de calidad.



PRESENTACIÓN

El presente manual de Instalación y Mantenimiento de Motores Eléctricos Trifásicos, constituye material de apoyo para el paquete didáctico del evento del mismo nombre, cuyo contenido se determinó a partir de normas técnicas de competencia laboral establecidas por grupos de trabajo conformados por personal técnico del INTECAP.

Este manual hace referencia a todas aquellas técnicas utilizadas para realizar la Instalación y Mantenimiento de Motores Eléctricos Trifásicos. Su finalidad es proporcionar la información necesaria para realizar los procesos adecuados para la instalación y mantenimiento de motores eléctricos trifásicos, con el apoyo de normas internacionales, como las del American National Standards Institute (ANSI), del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) y también del Código Eléctrico Nacional (NEC), que son algunas de las exigidas para esta especialidad.

El manual consta de dos unidades. **En la primera unidad**, se explican los tipos y características, partes y funcionamiento, procesos de conexión, mantenimiento, medidas de seguridad, elementos de medición y cálculo de protección de los motores trifásicos, así como también, los diferentes tipos de arranque, acoplamiento, magnitudes eléctricas y mecánicas.

En la segunda unidad, se describen los procesos necesarios para realizar instalación de motores eléctricos trifásicos, utilizando mandos manuales, electromagnéticos y automáticos, cálculos de protectores térmicos, medidas de seguridad y protección ambiental, requeridos por las normas internacionales y estándares de calidad.

Cada una de las dos unidades, corresponde a una función específica dentro del área de Instalación y Mantenimiento de Motores Eléctricos Trifásicos de la Ocupación de Electricista Instalador Industrial, por lo que el estudio del presente manual, podría enfocarse únicamente a una o varias de sus unidades, y no necesariamente extenderse a todo el módulo. Esto dependerá lógicamente de las funciones que se realicen en el lugar de trabajo.

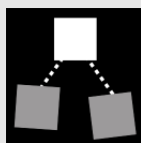
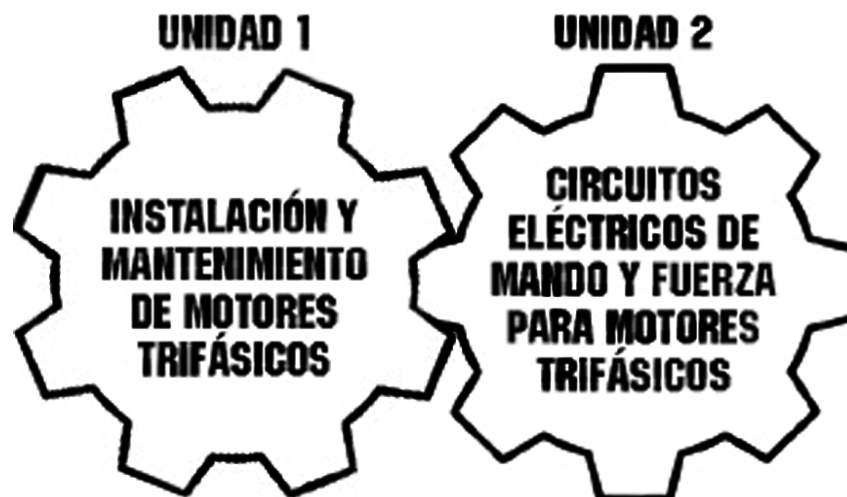


DIAGRAMA DE CONTENIDOS



Tiempo aproximado de estudio: 40 horas

La estimación del tiempo para el estudio del presente manual es de unas 40 horas, aunque depende directamente del ritmo individual de aprendizaje. De acuerdo al plan de formación correspondiente al presente módulo, el tiempo total de clases teóricas y de prácticas en taller correspondientes al período de formación en el centro de capacitación o en la empresa es de 225 horas.





PRELIMINARES

Antes de comenzar el estudio de las 2 unidades que conforman este manual, usted encontrará dos secciones importantes que debe leer cuidadosamente.

En primer lugar, encontrará las normas, NEC (Código Eléctrico Nacional), para motores eléctricos las observaciones de protección ambiental y por último consideraciones sobre orden y limpieza. Es muy importante que no menosprecie estas secciones, tómese suficiente tiempo para analizarlas y comprenderlas, pues son de gran importancia para su salud y seguridad.

A.1 NORMAS DE LA EEGSA

Las normas eléctricas se basan con lo estipulado en la edición XII publicadas en 1998, en ellas se indica claramente las disposiciones referentes a motores eléctricos.

A.1.1 MOTORES DE ASCENSORES

Todos los motores de corriente alterna que operan ascensores o medios de transporte, deberán tener dispositivos de protección para evitar el arranque, si existe alguna de las condiciones siguientes:

- Si la rotación de fases no tiene el sentido correcto.
- Ausencia de alguna de las fases.

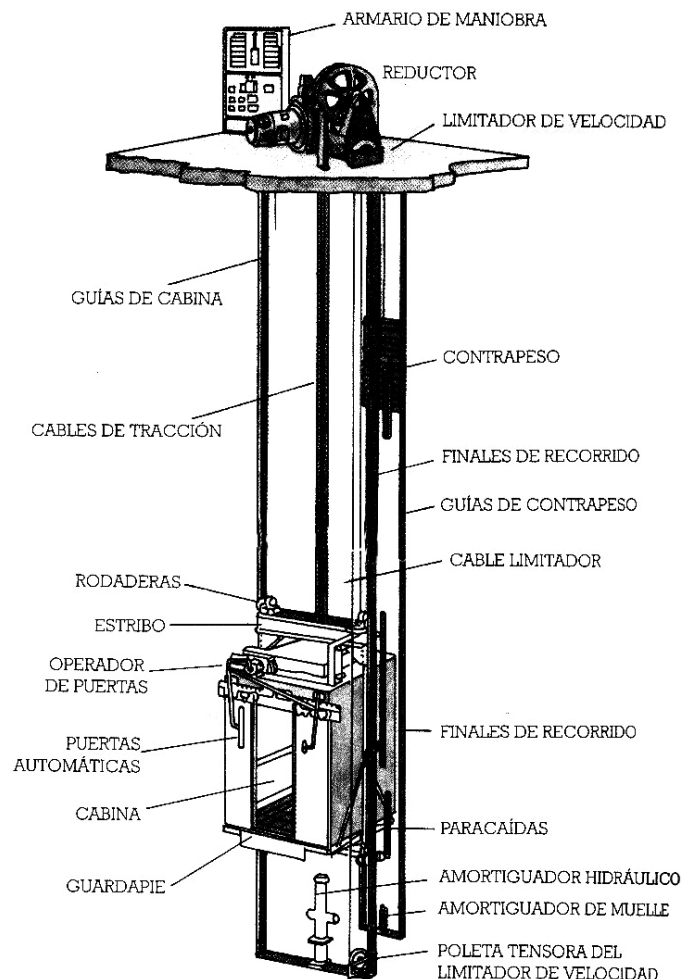


Fig. 1 Partes de un elevador

Si el servicio es de 208Y/120 voltios, los motores de los servicios generales, deberán estar diseñados para este voltaje nominal, debido a que los motores con un voltaje de 240 voltios, no operan eficientemente en un sistema 208Y/120 voltios.

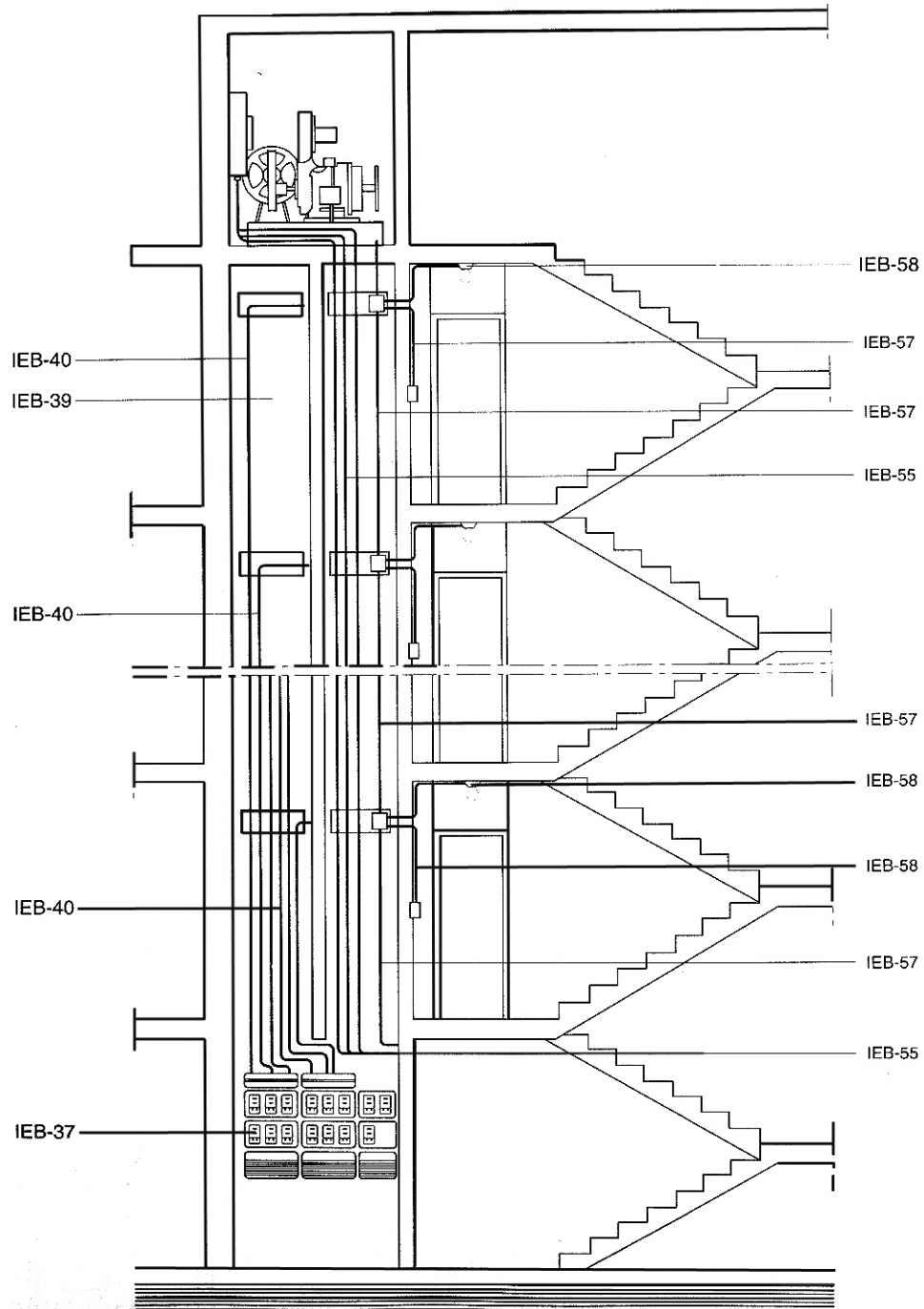


Fig. 2 Plano de los contadores con elevador en una vivienda

A.1.2 FACTOR DE POTENCIA

El consumidor hará funcionar sus equipos (motores, generadores, transformadores, etc.), con un factor de potencia no menor del 85%. La Empresa se reserva el derecho de aplicar tarifas especiales a consumidores que no cumplan con lo establecido para el factor de potencia.

A.1.3 CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

Puede mejorarse el factor de potencia con el uso de capacitores o motores sincrónicos, los cuales deben instalarse por cuenta del usuario.

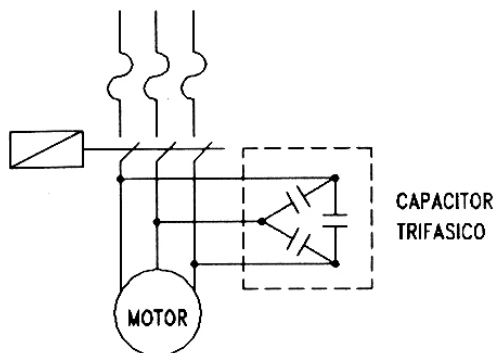


Fig. 3 Conexión de un banco de capacitores, acoplado en un motor de inducción trifásico con contactor tripolar

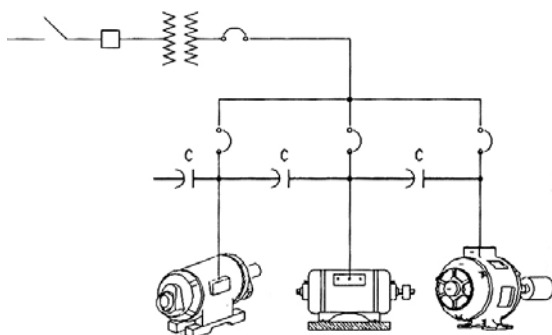


Fig. 4 Compensación individual de varios motores

A.1.4 MOTORES

Las normas de la EEGSA, indican claramente el uso de algunas capacidades máximas de potencias utilizadas en motores, según lo indicado a continuación:

A. MOTORES MONOFÁSICOS

El motor monofásico más grande que se permite conectar a las líneas secundarias de 240 voltios de la empresa, es de 7 HP, siempre y cuando las líneas o el banco de transformadores que sirven la instalación tengan suficiente capacidad.

B. MOTORES TRIFÁSICOS

Cuando se va a conectar un motor trifásico (un molino de maíz por ejemplo), el interesado debe solicitar, previo a firmar el contrato de servicio, la solicitud de determinación de capacidad del transformador y líneas de la empresa, con el fin de no afectar el servicio de los consumidores vecinos.

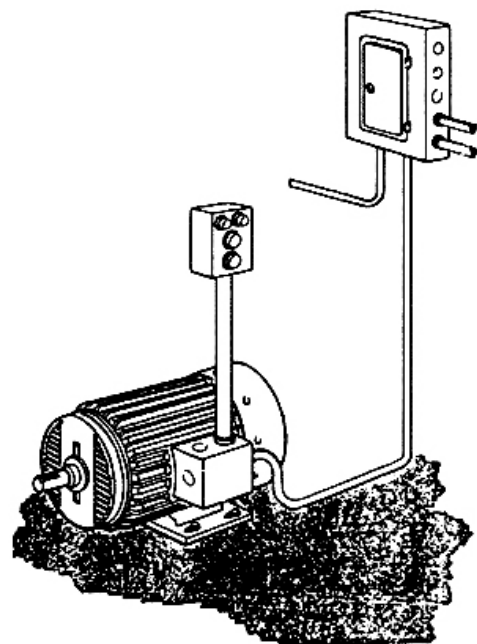


Fig. 5 Instalación de un motor en servicio

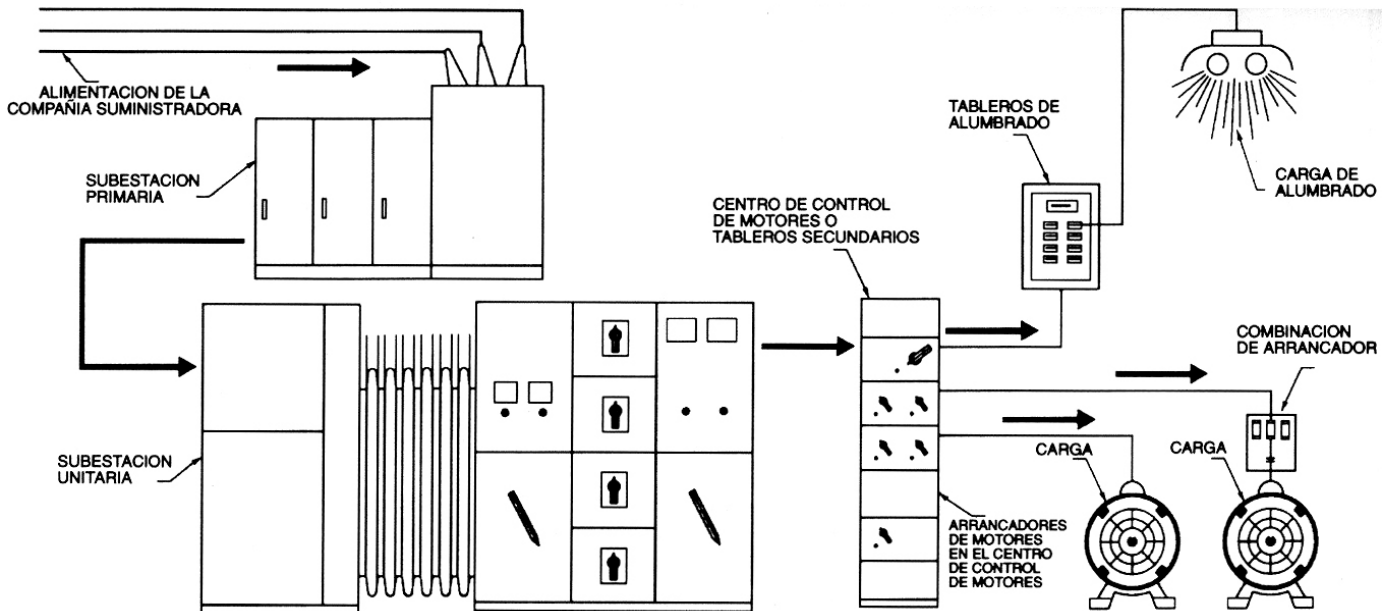


Fig. 6 Motores funcionando en la industria

C. MOTORES MAYORES DE 7 HP

Antes de solicitar un servicio nuevo para conectar motores mayores de 7 HP, el consumidor debe consultar a la empresa.

D. PROTECCIÓN PARA MOTORES TRIFÁSICOS

La Empresa recomienda que todos los motores polifásicos estén protegidos en las tres (3) líneas, con un dispositivo automático que los desconecta cuando falta alguna de las fases.

Esta es una protección adicional, además de los elementos protectores requeridos contra sobrecarga

y sobrecorriente. La empresa no asume responsabilidad por los motores que se quemen por falta de fase.

A.2 LAS NORMAS NEC PARA MOTORES ELÉCTRICOS

Se seleccionaron algunas de las condiciones elementales de motores eléctricos en general (Normas NEC en su SECCION 430).

A.2.1 UBICACIÓN DE LOS MOTORES

a) Ventilación y mantenimiento.

Los motores deben ubicarse de forma que tengan una ventilación adecuada y facilidad de mantenimiento, tal como la lubricación de cojinetes y que el cambio de escobillas, pueda hacerse fácilmente.

b) Motores abiertos.

Los motores abiertos que tiene conmutadores o anillos colectores, deben ser ubicados o estar protegidos, de manera que las chispas no puedan alcanzar los materiales combustibles adyacentes. Esto no prohíbe la instalación de estos motores sobre pisos o soportes de madera.

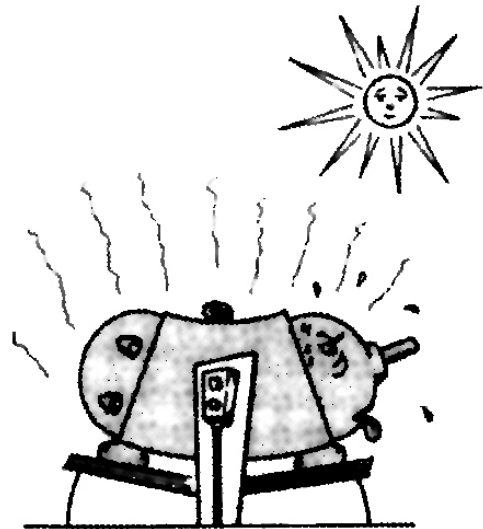
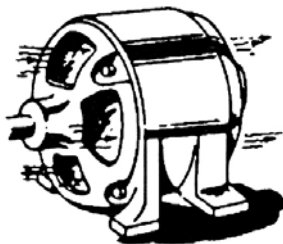


Fig. 7 Motor expuesto sin suficiente ventilación



TIPO ABIERTO

Tiene extremos totalmente abiertos para máxima ventilación



SEMI - PROTEGIDO

Tiene rejillas de protección en las tapas



A PRUEBA DE GOTEO

Tiene partes abiertas y selladas para evitar penetración de agua



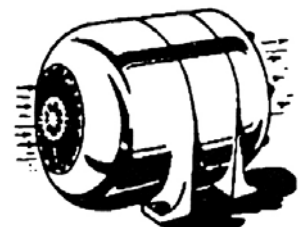
A PRUEBA DE AGUA

Evita la penetración del agua en la parte de abajo



TOTALMENTE CERRADO

Puede ser no ventilado, ventilado externamente o a prueba de explosión para atmósferas peligrosas



ENFRIADO POR VENTILADOR

Es del tipo totalmente cerrado con doble cubierta y ventilador detrás la tapa

Fig. 8 Tipos de carcasa para motores

A.2.2 EXPOSICIÓN A ACUMULACIONES DE POLVO

Donde quiera que el polvo o materiales que floten en el aire pueda depositarse sobre el motor o dentro del mismo, en cantidades tales que perturben seriamente la ventilación o enfriamiento del motor y por consiguiente, se originen temperaturas peligrosas, se emplearán tipos de motores cerrados que no se recalienten al trabajar en las condiciones existentes. En condiciones especialmente severas puede requerirse el uso de motores cerrados ventilados mediante tuberías, o ubicar los motores en locales separados, herméticos al polvo, debidamente ventilados por una fuente de aire limpio.

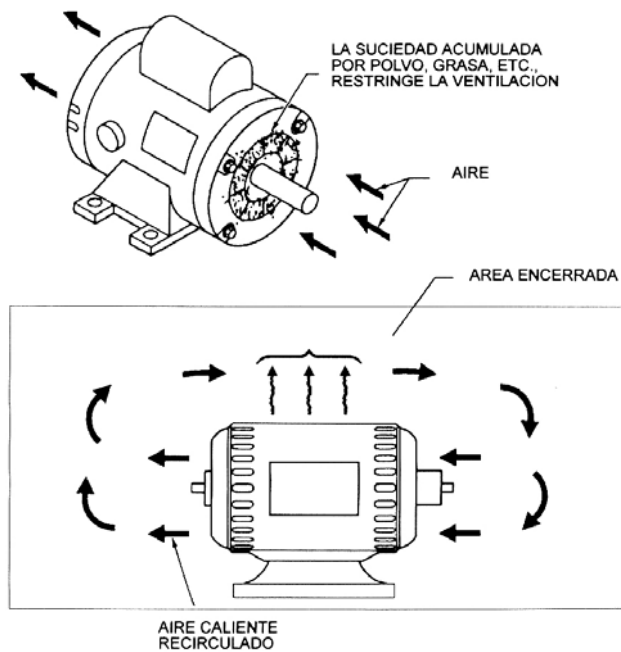


Fig. 9 La ventilación impropia produce problemas de sobrecalentamiento

La puesta a tierra en los motores es muy importante, para evitar daños a las personas, como a las máquinas y equipos electrónicos.

A.2.3 MOTORES ESTACIONARIOS

Los armazones de los motores estacionarios se conectarán a tierra cuando exista una de las condiciones siguientes: 1) si están alimentados por conductores con envoltura metálica; 2) si están ubicados en lugares húmedos y no están separados o resguardados; 3) si están en un lugar (clasificado peligroso: lugares donde pueda existir el peligro de incendio o explosión debido a gases o vapores inflamables, líquidos inflamables, polvo combustible, o fibras o partículas inflamables en suspensión) como se menciona en las secciones 500 a 517 de la NEC, donde se puede consultar para profundizar en el tema; y 4) si el motor funciona con cualquier terminal a más de 150 voltios con respecto a tierra.

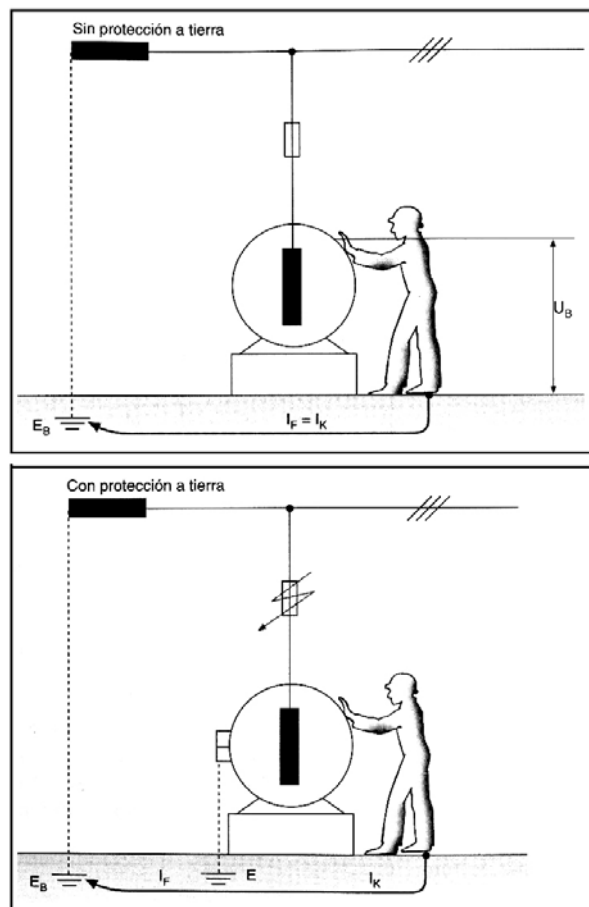


Fig. 10 Ejemplo de una red de protección

Si el armazón del motor no está puesto a tierra, aislarse permanente y efectivamente de tierra.

Utilice siempre en trabajos eléctricos, los elementos de protección adecuados a cada tarea (casco, uso de arnés de seguridad al trabajar en alturas, lentes protectores, botas industriales, ropa adecuada para trabajar, señalización para indicar las operaciones adecuadas, donde no se tiene acceso al lugar, etc.).

A.3 PROTECCIÓN AMBIENTAL

En el trabajo de instalación y mantenimiento eléctrico o electrónico, siempre se estará produciendo un gran número de contaminantes durante el proceso, por tanto, en el área de trabajo siempre debe contar con un sistema de protección ambiental.

Para esto, usted debe depositar todos los desechos de alambre y plásticos de envoltura de los componentes eléctricos o electrónicos, así como los residuos de aislantes que hayan sido extraídos de los cables o alambres, en un recipiente debidamente tapado y destinado para los desechos sólidos.

Clasifique los sólidos dependiendo del material del que están fabricados: metálicos, de plástico o de papel, los cuales podrá vender para ser reciclados.

Los desechos como aceites o lubricantes, pastas para estaño, grasas especiales para los cojinetes, etc, también son elementos contaminantes, si no se almacenan bien sus residuos.



Fig. 11 Símbolo de reciclaje

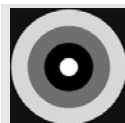
A.4 ORDEN Y LIMPIEZA

Guarde en un recipiente cerrado todos los tornillos tirados en el suelo, estos son de mucha utilidad y lo sacarán de apuros cuando menos lo imagine.

Mantenga limpio y ordenado su banco de trabajo, ya que así le será mucho más fácil, realizar las tareas que se le indiquen. Mantenga en su lugar de trabajo siempre un bote de basura.

UNIDAD 1

MANTENIMIENTO E INSTALACIÓN DE MOTORES TRIFÁSICOS



OBJETIVOS DE LA UNIDAD

Coadyuvar al desarrollo de las siguientes competencias:

- Realizar conexiones de motores trifásicos utilizando herramienta y equipo adecuado, de acuerdo a normas de calidad establecidas.
- Realizar mantenimiento de motores trifásicos, de acuerdo a especificaciones técnicas de fabricantes.

REALIZAR CONEXIONES DE MOTORES TRIFÁSICOS UTILIZANDO HERRAMIENTA Y EQUIPO ADECUADO, DE ACUERDO A NORMAS DE CALIDAD ESTABLECIDAS

1.1 MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO

Los motores eléctricos trifásicos, se fabrican en las mas diversas potencias, desde una fracción de caballo hasta varios miles de caballos de fuerza (HP), se los construye para prácticamente, todas las tensiones y frecuencias (50 y 60 Hz) normalizadas y muy a menudo, están equipados para trabajar a dos tensiones nominales distintas.

Se emplean para accionar máquinas-herramienta, bombas, montacargas, ventiladores, grúas, maquinaria elevada, sopladores, etc.

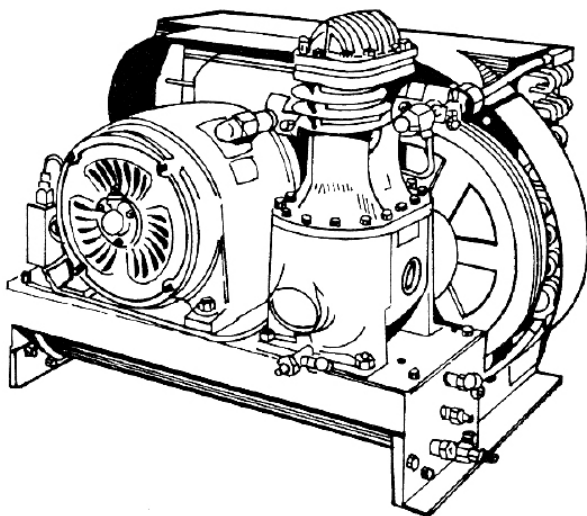


Fig.1.1 Aplicación de motor trifásico

1.1.1 DEFINICIÓN DE MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO

Es una máquina eléctrica rotativa, capaz de convertir la energía eléctrica trifásica suministrada, en energía mecánica. La energía eléctrica trifásica origina **campos magnéticos rotativos** en el **bobinado del estator** (o parte fija del motor).

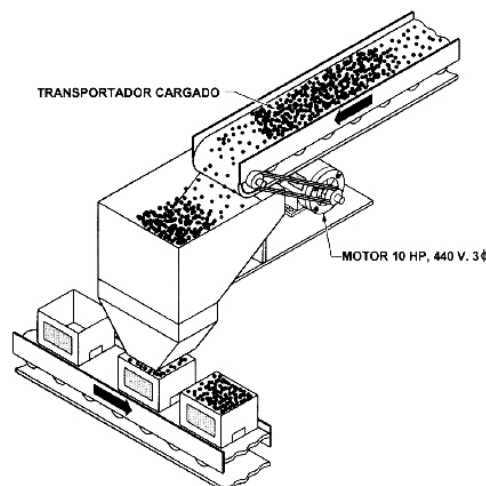


Fig.1.2 Transportadores de material pesado

1.1.2 PARTES Y FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO

Independientemente del tipo de motor trifásico del que se trate, todos los motores trifásicos convierten la energía eléctrica en energía mecánica.

A. PARTES DEL MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO

La fig.1.3 muestra el aspecto exterior de un motor trifásico. Su construcción es similar a la de los motores monofásicos de fase partida, a diferencia de que no están constituidos por un interruptor centrífugo. Las partes principales de un motor trifásico son: **estator**, **rotor** y **escudos**.

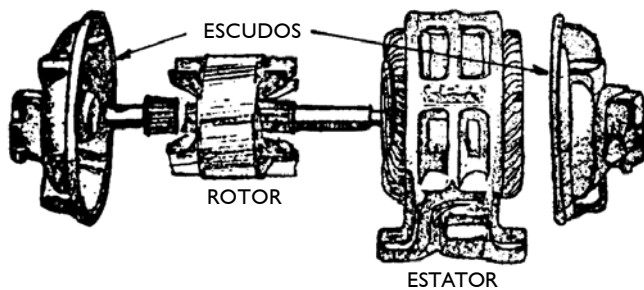


Fig.1. 3 Motor trifásico con sus partes

1. **El estator:** está constituido por un enchapado de hierro al silicio, introducido generalmente a presión, entre una carcasa de hierro colado. El **enchapado** es **ranurado**, lo cual sirve para insertar allí las bobinas, que a su vez se construyen con alambre de cobre, de diferentes diámetros.
2. **El rotor:** es la parte móvil del motor. Está formado por el eje, el enchapado y unas barras de cobre o aluminio unidas en los extremos con tornillos. A este tipo de rotor se le llama de **jaula de ardilla** o en cortocircuito porque el anillo y las barras que son de aluminio, forman en realidad una jaula.

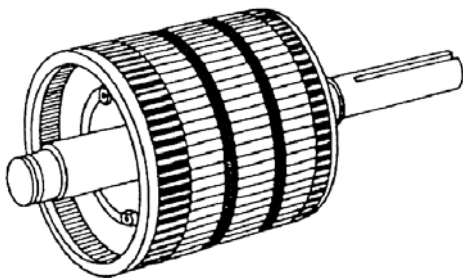


Fig.1.4 Rotores jaula de ardilla

3. **Los escudos:** están hechos con hierro colado (la mayoría de veces). En el centro tienen cavidades donde se incrustan cojinetes de bolas sobre los cuales descansa el eje del rotor. Los escudos deben estar siempre bien ajustados con respecto al estator, porque de ello depende que el rotor gire libremente, o que tenga "arrastres" o "fricciones".

B. FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO

Cuando la corriente atraviesa los arrollamientos de las tres fases del motor, en el estator se origina un campo magnético que induce corriente en las barras del rotor.

Dicha corriente da origen a un flujo que al reaccionar con el flujo del campo magnético del estator, originará un par motor que pondrá en movimiento al rotor. Dicho movimiento es continuo, debido a las variaciones también continuas, de la corriente alterna trifásica.

Solo debe hacerse notar que el rotor no puede ir a la misma velocidad que la del campo magnético giratorio. Esto se debe a que a cada momento recibe impulsos del campo, pero al cesar el empuje, el rotor se retrasa. A este fenómeno se le llama **deslizamiento**.

Después de ese momento vendrá un nuevo empuje y un nuevo deslizamiento, y así sucesivamente. De esta manera se comprende que el rotor nunca logre alcanzar la misma velocidad del campo magnético giratorio.

Es por lo cual recibe el nombre de **asíncrono** o **asincrónico**. El deslizamiento puede ser mayor conforme aumenta la carga del motor y lógicamente, la velocidad se reduce en una proporción mayor.

1.1.3 TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO

Si el **rotor** tiene la misma velocidad de giro que la del **campo magnético rotativo**, se dice que el motor es **síncrono**. Si por el contrario, el rotor tiene una velocidad de giro mayor o menor que dicho campo rotativo, el motor es **asíncrono** o de **inducción**.

Los motores eléctricos trifásicos están conformados por dos grandes grupos:

- **Motores Síncronos¹**
- **Motores Asíncronos²**

A. MOTORES SÍNCRONOS

Este motor tiene la característica de que su velocidad de giro es directamente proporcional a la frecuencia de la red de corriente alterna que lo alimenta. Es utilizado en aquellos casos en donde se desea una velocidad constante.

Los máquinas síncronas funcionan tanto como generadores y como motores. En nuestro medio sus aplicaciones son mínimas y casi siempre están relacionadas en la generación de energía eléctrica. Para el caso referente a la máquina rotativa síncrona, todas las centrales Hidroeléctricas y Termoeléctricas funcionan mediante generadores síncronos trifásicos. Para el caso del motor se usa principalmente cuando la potencia demandada es muy elevada, mayor que 1 MW (mega vatio).

Los motores síncronos se subdividen a su vez, de acuerdo al tipo del rotor que utilizan, siendo estos: rotor de polos lisos (polos no salientes) y de polos salientes.

- ❑ **Motores de rotor de polos lisos o polos no salientes:** se utilizan en rotores de dos y cuatro polos. Estos tipos de rotores están contruidos al mismo nivel de la superficie del rotor (Fig.1.5). Los motores de rotor liso trabajan a elevadas velocidades.

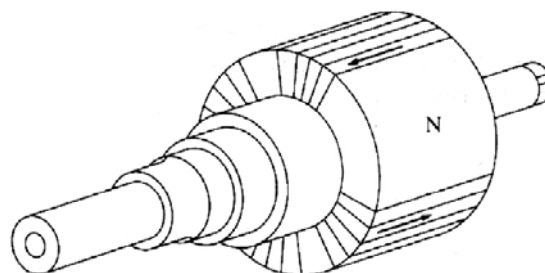


Fig.1.5 Rotor de polos no salientes en un motor síncrono

- ❑ **Motores de polos salientes:** Los motores de polos salientes trabajan a bajas velocidades. Un polo saliente es un polo magnético que se proyecta hacia fuera de la superficie del rotor. Los rotores de polos salientes se utilizan en rotores de cuatro o más polos.

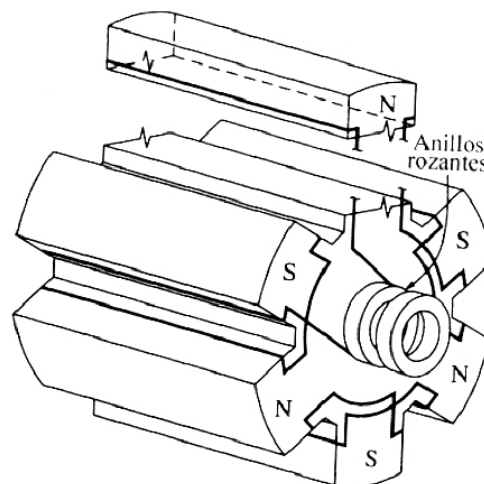


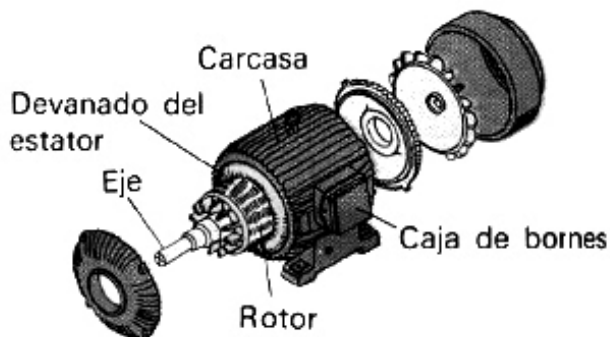
Fig.1.6 Rotor de polos salientes en un motor síncrono

1 Synchron (griego) = mismo tiempo.

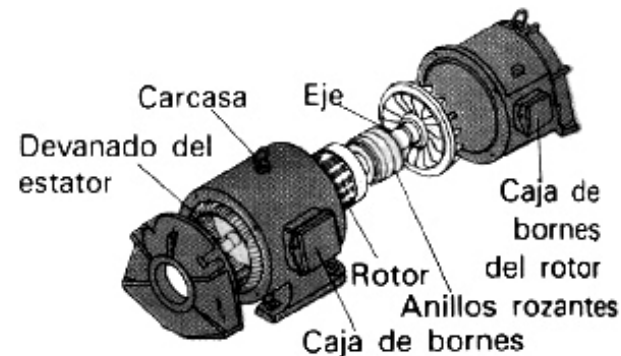
2 Asynchron = distinto tiempo

B. MOTORES ASÍNCRONOS

Los motores asíncronos o motores de inducción, son las máquinas de impulsión eléctrica más utilizadas, pues son sencillas, seguras y baratas. Los motores asíncronos se clasifican según el tipo de rotor, en motores de rotor en jaula de ardilla (o motores con inducido en cortocircuito) y en motores de rotor bobinado o de anillos rozantes.



a) Motor de rotor en jaula ardilla



b) Motor de rotor bobinado con anillos rozantes

Fig.1.7 Motores de inducción asíncronos.

En los motores asíncronos trifásicos, la energía eléctrica se suministra al bobinado del **estator**.

Como consecuencia de ello, aparece un par aplicado al rotor, y éste girará.

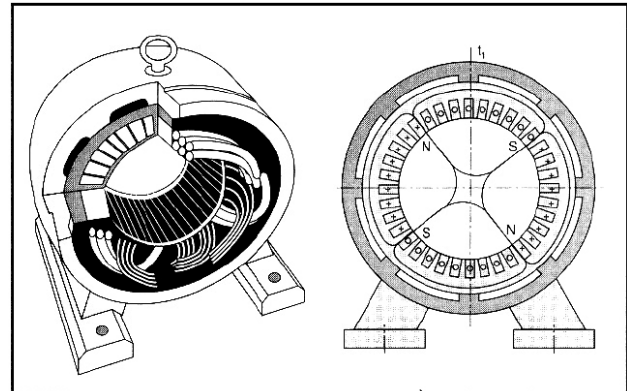


Fig. 1.8 Estator de un motor asíncrono trifásico

Sin lugar a dudas, como toda máquina puesta o no en servicio, la temperatura excesiva del ambiente o causada por un problema con el motor mismo, es un elemento clave a considerar, ya que de ella depende la vida útil de la máquina, por tanto:

1.1.4 MANTENIMIENTO BÁSICO DEL MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO

- 1) Asegúrese de proporcionarle mantenimiento al motor cuando éste esté desenergizado.
- 2) Utilice ropa de trabajo (bata, lentes protectores y guantes) y herramienta adecuada.
- 3) Elimine con un trapo seco, el polvo o la suciedad acumulada en la **carcaza** del motor, ya que éste

reduce la circulación de ventilación hacia adentro del motor.

- 4) Asegúrese de que no exista aceite o grasa derramada en las tapaderas, en los cojinetes o chumaceras.
- 5) Revise que los cojinetes o chumaceras tengan una cantidad adecuada de aceite. Para realizar este procedimiento es necesario, desarmar el motor para realizar el procedimiento de limpieza de los cojinetes.

- 1) Baje todos interruptores electromagnéticos (flipones) y guárdelos en su bolsillo.
- 2) Coloque un rótulo donde se indique que se está trabajando en el mantenimiento del motor.
- 3) Mida tensión en las terminales que alimentan al motor (estas deben indicar cero voltios).
- 4) Mida la intensidad en las terminales que alimentan al motor (estas deben indicar cero Amperios).

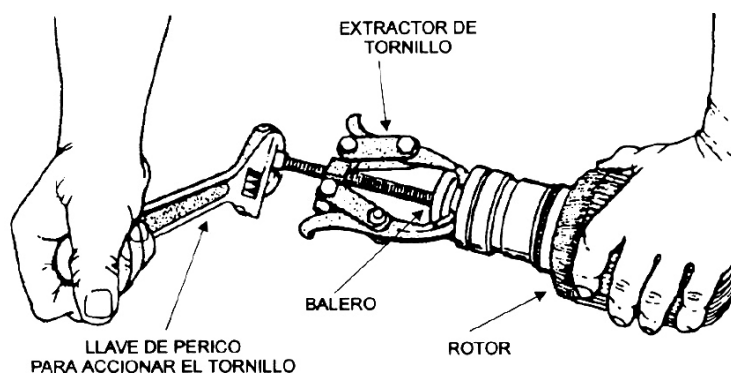


Fig.1.9 Forma de aplicar el extractor de tornillo para cojinetes

1.1.5 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Antes de empezar un mantenimiento básico, tome todas las precauciones posibles, donde no se puedan evidenciar problemas de tipo eléctrico o mecánico en el motor. Por tanto siempre:

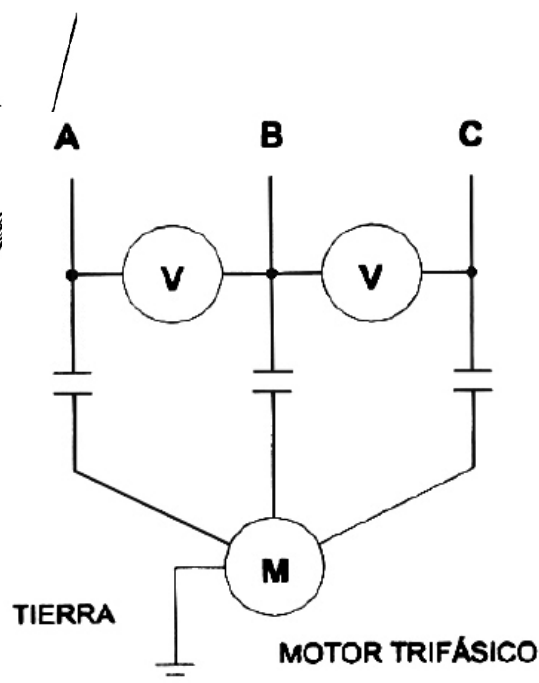


Fig. 1.10 Pruebas con el multímetro en un motor trifásico (medición de tensión)

1.2 MAGNITUDES MECÁNICAS Y ELÉCTRICAS EN LOS MOTORES TRIFÁSICOS

Los factores más importantes para la valoración y selección de los motores es el factor de potencia ($\cos \phi$), el rendimiento η^1 , la intensidad de la corriente I , la tensión V , la frecuencia de giro n , y la potencia P .

1.2.1 FRECUENCIA DE GIRO

En los motores suele indicarse la frecuencia de giro, que es el número de revoluciones del rotor en un tiempo determinado. Es frecuente tomar el tiempo transcurrido como un minuto.

Frecuencia de giro = $\frac{\text{No. de revoluciones}}{\text{Tiempo transcurrido}}$

El símbolo de la frecuencia de giro es "n".

$$\text{Frecuencia (f)} = \frac{1 \text{ ciclo (1)}}{\text{período (1)}}$$

$$\begin{aligned} \text{Frecuencia de giro} &= n \text{ dada en R.P.M.} \\ n &= \frac{60s \times f}{1 \text{ m}} = \text{R.P.M.} \end{aligned}$$

En las máquinas eléctricas se suele indicar la frecuencia de giro n , en R.P.M.

En aplicaciones técnicas se emplean diversos instrumentos para medir la frecuencia de giro. El más sencillo es el **tacómetro de mano**, con el que puede medirse directamente la frecuencia de giro, conectando simplemente el instrumento al eje de la

máquina. La rotación se transmite mediante un embrague de goma o una ruedecilla.

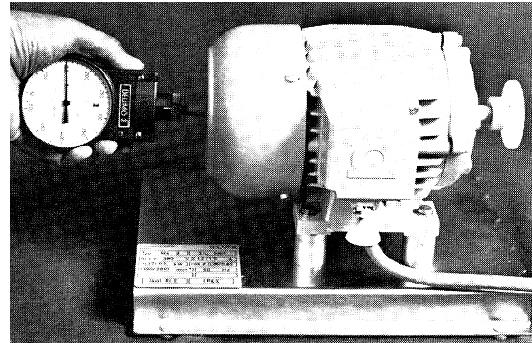


Fig.1.11 Medida de la frecuencia de giro con un tacómetro de mano.

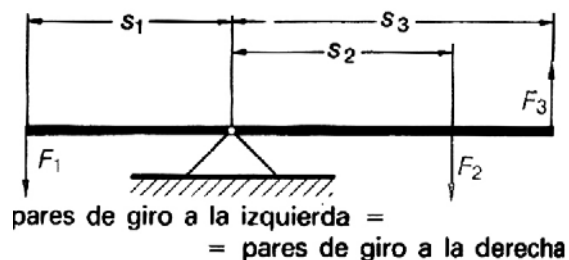
1.2.2 PAR

Se genera un momento de giro cuando una fuerza se aplica fuera del centro de giro de un cuerpo. El producto de la fuerza F (medida en Newton) por un radio r (medida en metros) del brazo de palanca se denomina **par M** de la fuerza.

Par: Símbolo M

$$\begin{aligned} M &= F * r \\ [M] &= N * m \end{aligned}$$

Cuando los pares de giro a la derecha y los de giro a la izquierda son iguales, la palanca se encuentra en equilibrio, o sea, en reposo. Si los dos pares son diferentes, la palanca girará en el sentido del par mayor. En las máquinas eléctricas rotativas, también se representan por pares (Fig.1.12).



$$\text{Par } M = F \cdot s$$

Fig. 1.12 Ley de la palanca

¹ η letra griega minúscula, eta.

En el estator se origina un campo magnético de flujo ϕ . El rotor se compone de un tambor de hierro dulce magnético, con muescas o ranuras en las que se insertan los conductores.

1.2.3 POTENCIA

La potencia mecánica de los motores se expresa, ya sea en caballos de fuerza (HP) o en Kilowatts. La relación entre estas cantidades está dada por la expresión:

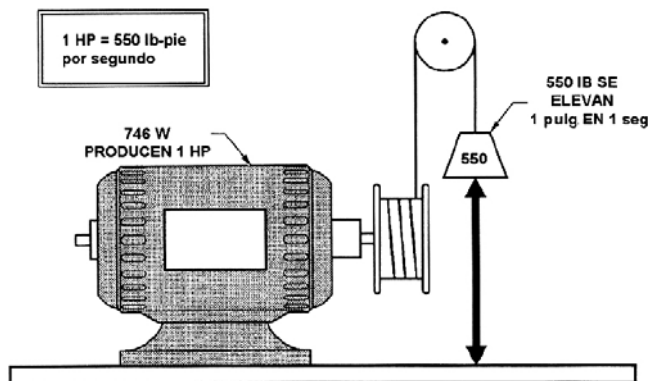


Fig. 1.13 La potencia de un motor se da en HP o en watts

$$\text{HP} = \frac{\text{Kilowatts}}{0.746}$$

Estas medidas cuantifican la cantidad de trabajo que un motor es capaz de desarrollar en un periodo específico de tiempo.

Dos son los factores importantes que determinan la potencia mecánica de salida en los motores: el **par** y la **velocidad**.

Se define la potencia como el cociente del trabajo W (medido en Joule) por el tiempo t (medido en segundos); la ecuación de la potencia es:

$$P = W / t$$

Donde:

P es la potencia, en vatios [W],

W es el trabajo en joules [J],

T es el tiempo que se emplea para efectuar el trabajo, en segundos [s]

Se mide generalmente en joules por segundo (watts), pero también puede medirse en el sistema inglés en libra pie por segundo (lb p/s) o en **caballos de fuerza (HP)**.

Un caballo de fuerza es la unidad de potencia igual a 746 watts o 3300 lb – pie por minuto o 550 lb – pie por segundo.

Un Watt (vatio), es la unidad base de la potencia eléctrica, en los motores grandes la potencia se indica en Kilowatts (Kw), por ejemplo, la salida de un motor de 5 HP es 3.73 Kw, ya que :

$$5 \text{ HP } \frac{746 \text{ w}}{1 \text{ HP}} = 3,730 \text{ w} = 3.73 \text{ Kw}$$

1.2.4 PARES DE POLOS

Una barra de un imán (Fig. 1.14) consta de dos polos: Norte (N) y Sur (S), también puede decirse que la barra de un imán consta de un par de polos.

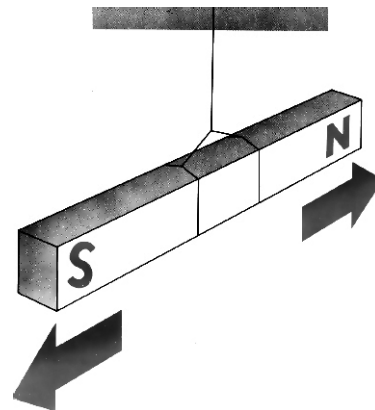


Fig. 1.14 Barra imán

La frecuencia siempre viene registrada en los datos de placa de características del motor, y debido a que la misma depende del número de polos, es relativamente fácil calcular el número de éstos, a partir de la frecuencia.

La ecuación para calcular el **números de polos** de una máquina rotativa es la siguiente:

$$\text{No. de polos} = \frac{120 \cdot f}{n}$$

Y para calcular los **pares de polos** la ecuación es:

$$p = \frac{\text{No. de polos}}{2} = \frac{120 \cdot f}{2n} = \frac{60f}{n}$$

Donde:

p es el número de pares de polos “no tiene unidades de medida”

No. de polos (es el número de polos) “no tiene unidades de medida”

f es la frecuencia eléctrica en Hz

n es la frecuencia de giro en rad/s

120 y 60 son constantes

Número de pares de polos	Número de polos	Número de bobinas	Ángulo entre bobinas	Tiempo de revolución del campo giratorio
1	2	3	120°	1 · T
2	4	6	60°	2 · T
3	6	9	40°	3 · T
4	8	12	30°	4 · T
5	10	15	24°	5 · T
6	12	18	20°	6 · T
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
p	2 · p	3 · p	$\frac{360^\circ}{3 \cdot p}$	p · T

Fig. 1.15 Tabla 1.1 Campos de los motores asíncronos trifásicos

Por ejemplo: el motor de la figura 1.16 muestra cuatro polos o dicho de otra forma dos pares de polos.

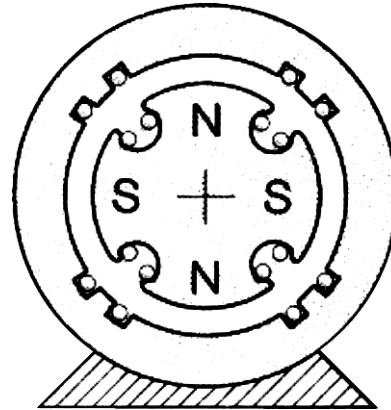


Fig. 1.16 Motor con dos pares de polos.

1.2.5 RENDIMIENTO

En la transformación de energía, por ejemplo en un convertidor, aparecen efectos secundarios que no son intencionados, pero tampoco evitables. Así, la corriente calienta los hilos del devanado; el material del núcleo y los polos se calientan también por magnetización. Además aparecen rozamientos de cojinetes y corrientes de aire. La cantidad de energía desperdiciada en los efectos secundarios se designa como pérdidas.

Solo una parte de la energía primitiva se transforma en la energía deseada; otra parte se transforma en pérdidas de energía, generalmente como calor.

En general, la relación entre utilización y consumo se designa como **rendimiento h**. Si se compara la potencia de salida (potencia utilizable) con la potencia de entrada (potencia aplicada), el rendimiento o eficiencia es la relación entre potencia de salida y potencia de entrada.

Es importante que ambas potencias deben estar expresadas en las mismas unidades.

η = rendimiento
 P_{ab} = potencia de salida
 P_{zn} = potencia de entrada

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zn}}$$

El rendimiento puede ser dado como un número decimal o en tanto por ciento (%). Como la potencia de salida es siempre menor que la potencia de entrada, el rendimiento es siempre menor que 1 o que el 100%.

consumidor	rendimiento
motor de corriente trifásica 1 kw	0,80
motor de corriente alterna 100 w	0,50
transformador 1 kVA	0,90
calentador 100 w	0,95
lámpara de incandescencia 40 w	0,015

Fig. 1.17 Tabla 1.2 Ejemplos de rendimiento

Ejemplo: un motor consume 5 kW de potencia eléctrica y produce 4 kW de potencia mecánica. ¿Cuál es su rendimiento?

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zn}} = \frac{4\text{ kW}}{5\text{ kW}} = 0.8 \text{ ó } 0.8 \times 100 = 80\%$$

1.2.6 TENSIONES DE SERVICIO

Los distintos tipos de motores dependerán eléctricamente de la tensiones a las cuales las diferentes redes de distribución estén normalizados a servir; los voltajes secundarios normalizados en el sistema de la Empresa Eléctrica, es exclusivo para 120/240 voltios,

monofásicos 3 alambres, corriente alterna, 60 Hz. A solicitud del consumidor y después de que la EEGSA haya investigado la posibilidad de prestar un servicio trifásico de 4 alambres, 208/120 voltios; como también las tensiones trifásicas como lo son 240/120 voltios, delta 4 alambres, y para servicios generales en donde los transformadores son proporcionados por el usuarios, se pueden suministrar:

- 1) 480/240 voltios, 3 fases, delta, 4 alambres
- 2) 416Y/240 voltios, 3 fases, estrella aterrizada, 4 alambres
- 3) 480Y/277 voltios, 3 fases

Tensión nominal: Para los motores de inducción o motores asíncronos monofásicos, las tensiones pueden ser de 120 o 240 voltios y para motores asíncronos trifásicos las tensiones pueden ser variadas, por ejemplo: 220, 240, 380, 480 voltios, por mencionar algunos. Por lo general los motores asíncronos trifásicos pueden ser alimentados con tensiones que varíen con respecto al valor nominal indicado en placa, las tensiones de alimentación no pueden ser menores del 5%, ni mayores del 105% de la tensión nominal, ya que estas variaciones de tensión perjudican el buen funcionamiento del motor.

1.2.7 FRECUENCIA DE RED (HZ)

La frecuencia de la corriente alterna queda definida por la rapidez con la que se repite cada período; concretamente, la frecuencia mide el número de períodos comprendidos en un tiempo de $t = 1$ segundo.

La frecuencia se representa por la letra f , y se mide en Hercios o Hertz, unidad que se suele representar por Hz.

La frecuencia puede expresarse fácilmente, si en lugar de un tiempo cualquiera se toma el tiempo exacto T de un período. El número de ciclos será entonces 1.

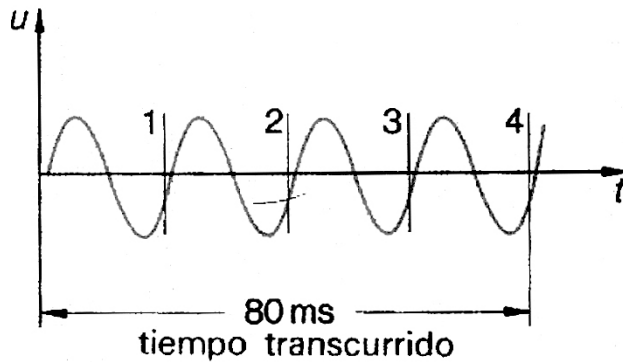


Fig. 1.18 Tensión de frecuencia de 50 Hz

$$F = \frac{1}{T}$$

Frecuencia = $\frac{\text{Un ciclo}}{\text{Período}}$

Las frecuencias usuales son de 50 y de 60 Hz.

El **período T** en segundos, es el tiempo que dura una revolución, una vuelta completa o un **ciclo** (es una oscilación completa de una tensión o una corriente alterna).

Ciclo: la curva representada en la figura 1.19 representa una oscilación. Después de los 360° la curva vuelve a empezar. Este fenómeno es, pues, **periódico**, ya que se repite cuando se suceden varias oscilaciones.

1.2.8 CORRIENTE DE ARRANQUE

La interdependencia entre todas las magnitudes (factor de potencia, $\cos \phi$, rendimiento η , tensión V , frecuencia f , frecuencia de giro n , intensidad I , potencia P , etc.) que influyen en los motores trifásicos, se presentan gráficas con curvas de carga (en función del par M) y curvas en función de la velocidad. La fig. 1.20 muestra dos gráficas con características típicas para motores asíncronos trifásicos. De las características de carga (Fig. 1.20a) se puede deducir el comportamiento del motor en vacío y cuando está cargado (con carga). El factor de potencia $\cos \phi$ en vacío es muy pequeño, pues se precisa de muy poca potencia activa y predomina la potencia reactiva inductiva de los devanados. Al aumentar la carga también aumenta el factor de potencia, $\cos \phi$.

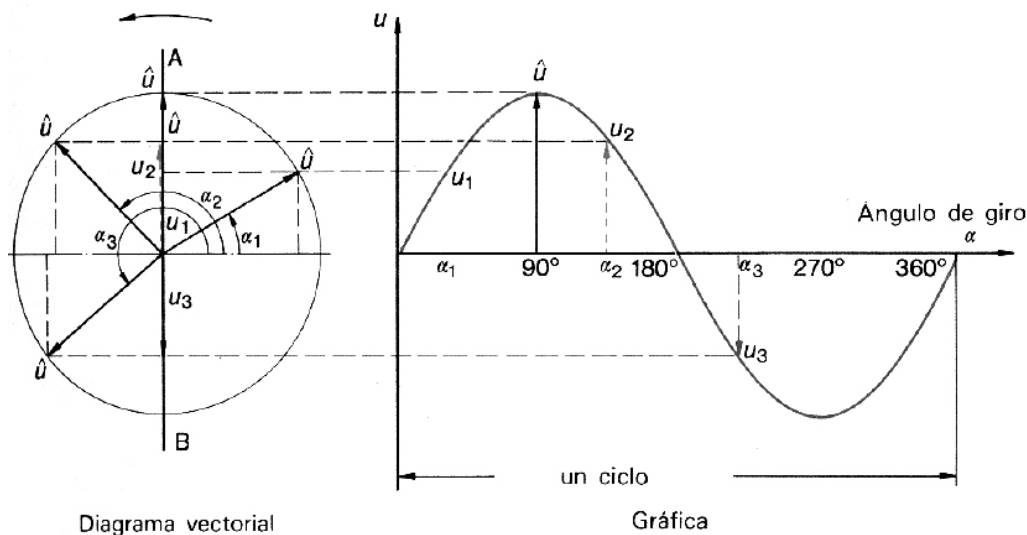
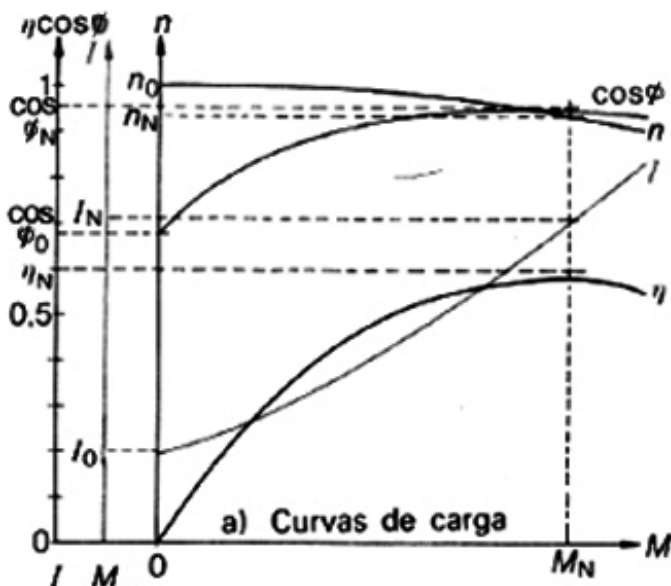
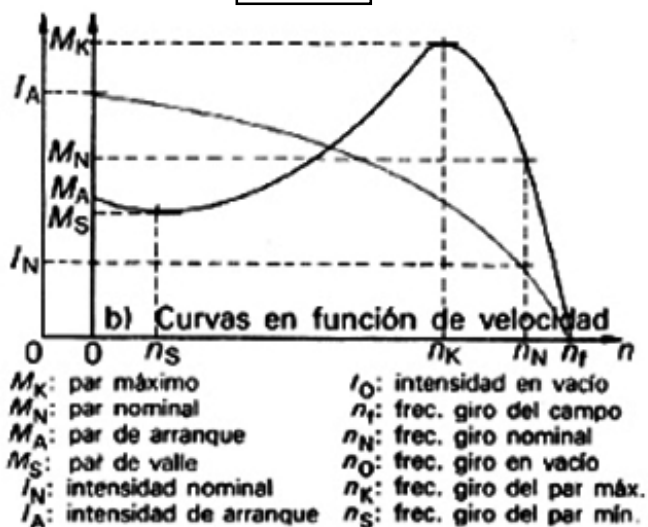


Fig. 1.19 Relación entre la gráfica y el diagrama vectorial



a



b

Fig. 1.20 Curvas características de un motor asíncrono trifásico con barras redondas (Incisos a y b)



Cuando se habla de valores favorables se indica que tanto el rendimiento η como el factor de potencia $\cos \varphi$, son grandes. Como al seguir aumentando la carga a partir de un determinado valor decrece el rendimiento y el aumento del factor de potencia es insignificante, el funcionamiento de régimen nominal se obtiene para aquel punto, en el que el producto del rendimiento η por el factor de potencia $\cos \varphi$ es máximo.

Las características en función de la velocidad (Fig. 1.20), muestran la dependencia de n , la intensidad consumida I y del par M .

La curva que da el par en función de la frecuencia de giro, tiene una forma típica para las máquinas asíncronas trifásicas, con un pico (máximo) y un valle (mínimo).

Si el par resistente es mayor que el máximo de la curva la máquina no podrá vencerlo y se detendrá.

La corriente I precisa para arrancar, es muy intensa e irá decreciendo rápidamente, al aumentar la velocidad. Las características trazadas en la fig. 1.20 pertenecen a un motor asíncrono trifásico con rotor de barras redondas.

Las máquinas de inducción de este tipo presentan un par de arranque reducido y una corriente de arranque I_A de 7 a 10 veces la corriente nominal I_N .



La corriente de arranque I_A es la corriente demandada en el momento exacto de hacer funcionar a el motor y la corriente nominal es la corriente indicada en la placa de características del motor.

$I_A = 7 \times I_N$ y puede llegar hasta

$I_A = 10 \times I_N$

Por ejemplo:

Si un motor asíncrono trifásico en su placa de características indica una corriente nominal de 10 amperios, el valor de la corriente de arranque puede llegar a valores de:

$$I_A = 7 \times I_N = 7 \times 10 \text{ A} = 70 \text{ A}$$

$$I_A = 10 \times I_N = 10 \times 10 \text{ A} = 100 \text{ A}$$

Se concluye que la corriente de arranque puede estar entre 70 a 100 amperios. Se utilizan varios métodos para reducir corrientes de arranque elevadas, corrientes dañinas a la vida del motor, ya que estas debilitan a los embobinados.

Uno de los métodos para reducir la corriente de arranque es por medio del arranque estrella -delta como se muestra el la fig. 1.21; como puede verse en la gráfica, la corriente de arranque en estrella ($I_{A,Y}$) es menor que la corriente en delta ($I_{A,\Delta}$).

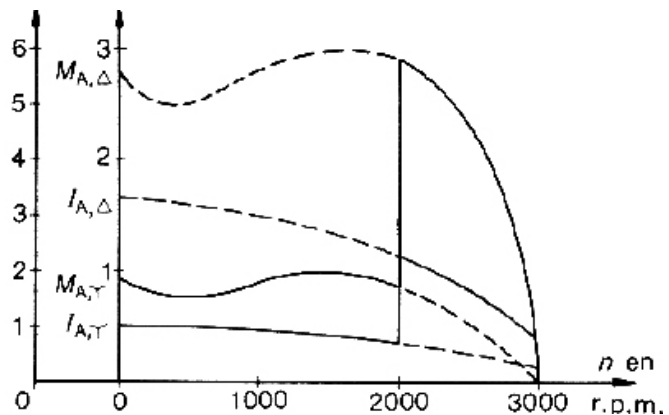
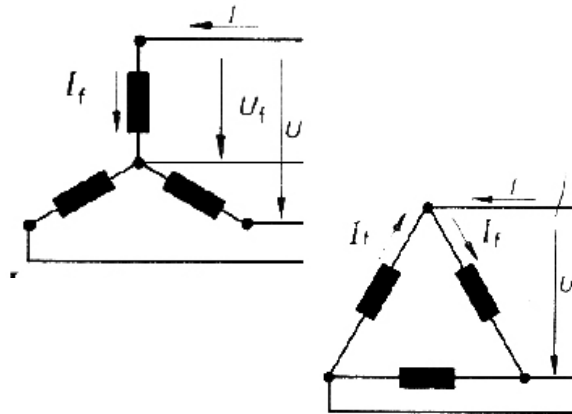


Fig. 1.21 Tensiones, intensidades y par en el circuito de arranque estrella - delta (triángulo)

1.2.9 FACTOR DE POTENCIA

En corriente alterna la potencia no se puede obtener como en corriente continua como el producto de la intensidad I por la tensión V , debido al desfase existente entre ambas.

Si se mide el valor de la potencia de una máquina eléctrica de corriente alterna CA, durante su funcionamiento, con un vatímetro se comprueba que dicho valor resulta diferente del obtenido multiplicando la intensidad de corriente, medida con un amperímetro, por la tensión, medida con un voltímetro.

El vatímetro indica la potencia real, mientras que el producto de $I \cdot V$ indica la potencia llamada aparente (S).

El factor de potencia o factor de eficacia es el cociente de ambas potencias, se denomina $\cos \phi$ (coseno de ϕ), y es adimensional (no tiene dimensiones).

Se tiene:

Factor de potencia = $\cos \phi$ = Potencia real / Potencia aparente

El valor del ángulo ϕ existente entre la intensidad y la tensión de una corriente alterna, se distingue entre:

1. Potencia real o activa:

Cuya expresión general es:

$P_{\text{activa}} = I \times V \times \cos \phi$, y se mide vatios [watts].

2. Potencia aparente:

Dada por la fórmula:

$S_{\text{aparente}} = I \times V$, se mide en Volt x Amperios [VA].

3. Potencia reactiva:

Es obtenida del diagrama de la Figura 1.20, al considerar la potencia aparente como la resultante de la potencia real o activa [W] y está dada por la fórmula:

$Q_{\text{reactiva}} = I \times V \times \sin \phi$, que se mide en Volt x Amperios reactivos [VAR].

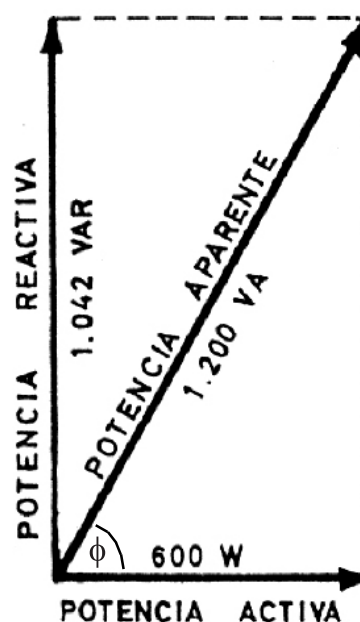


Fig. 1.22. La potencia aparente S es la resultante de la suma geométrica de la potencia activa y de la reactiva por medio del teorema de Pitágoras, como sigue: $1200^2 = 600^2 + 1042^2$

La relación entre la potencia reactiva Q y la potencia aparente S, se llama **factor de inducción**. En la corriente senoidal coincide con el $\sin \phi$.

El valor máximo para el factor de potencia ($\cos \phi$) es 1, obteniéndose este valor, cuando la potencia activa P es igual a la potencia aparente S.

1.3 ARRANQUE DE UN MOTOR TRIFÁSICO Y DETERMINACIÓN DE SUS MAGNITUDES MECÁNICAS Y ELÉCTRICAS

Al energizar el motor, éste absorbe una gran intensidad (intensidad de arranque) pudiendo provocar, si las líneas de alimentación son insuficientes, una caída de tensión apreciable, es capaz de producir perturbaciones en otros receptores y aparatos de iluminación, por lo cual, cuando superan cierta potencia, el arranque ya no debe ser directo.

El arranque de los motores trifásicos en cortocircuito, pueden ser conectados directamente a la red, en forma sencilla, por cuanto solamente los extremos de los devanados del estator tienen salida a la bornera.

Teóricamente no existe razón alguna por la cual un motor no pueda arrancarse conectándolo directamente a la red de alimentación. El inconveniente que se presenta al hacerlo es que la corriente absorbida en el instante del arranque, puede llegar a alcanzar valores de hasta 7 veces la corriente nominal (In dato en la placa del motor).

Estas corrientes altas de por sí no perjudican al motor, siempre y cuando no se mantengan durante mucho tiempo, pero sí pueden ocasionar caídas de tensión en la red principal, a la vez que pueden dar lugar a un gran choque en la máquina accionada en el momento del arranque. Por este motivo es mucho mejor efectuar el arranque del motor a una tensión reducida, con el objeto de reducir la intensidad absorbida en el momento del arranque en la misma proporción.

Para evitar que en estas circunstancias, la aceleración sea muy pequeña, es necesario que los dispositivos elegidos para el arranque tengan en cuenta la carga y se eviten períodos muy largos de aceleración, que pueden ocasionar calentamiento del motor, especialmente cuando esta maniobra debe repetirse con cierta frecuencia.

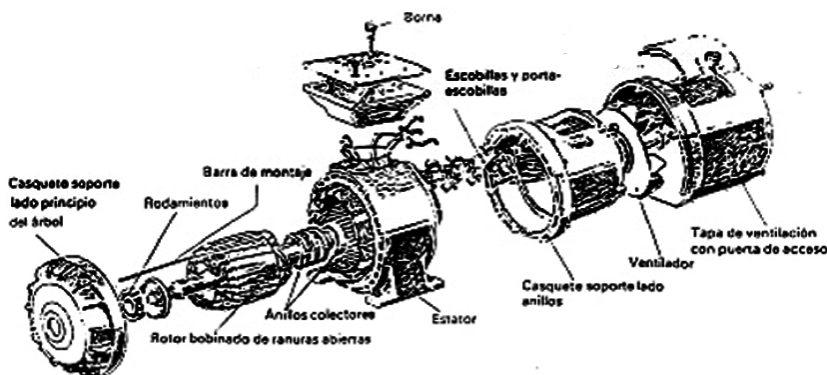


Fig. 1.23 Motor trifásico con rotor bobinado

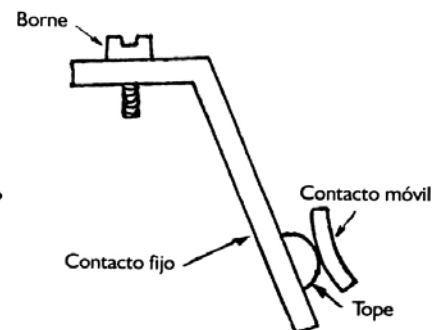


Fig. 1.24 Partes básicas de los contactos de un contactor

En general los diferentes sistemas de arranque tienden a:

a) Aplicar una tensión menor que la nominal al **estator** del motor.

b) Aumentar la resistencia del circuito del rotor.

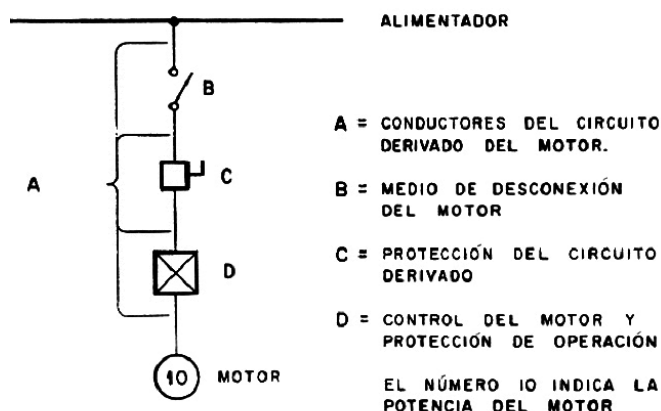
- Arranque por resistencias estáticas.

- Arranque por acoplamiento Estrella-Resistencias-Triángulo.

- Arranque por autotransformador.

■ PARA MOTORES CON ROTOR BOBINADO (o de anillos rozantes)

- Arranque por resistencias rotóricas



COMPONENTES DEL CIRCUITO DERIVADO DE UN MOTOR

Fig. 1.25 Componentes del circuito de control de un motor

Existen diferentes tipos de arranque para los motores trifásicos dentro de los que se pueden mencionar:

■ PARA MOTORES CON ROTOR EN CORTOCIRCUITO

- Arranque directo en un solo sentido.
- Arranque directo por conmutación Estrella-Triángulo.

1.3.1 PROCESO DE ARRANQUE DE UN MOTOR TRIFÁSICO

Este proceso le mostrará la forma correcta de arrancar motores trifásicos, como también de la obtención y medición de sus magnitudes eléctricas y mecánicas.

A. PROCESO DE EJECUCIÓN

A continuación se describe el proceso manual para arrancar un motor trifásico y la determinación de sus magnitudes mecánicas y eléctricas.

■ Materiales que utilizará:

- 1) Dos metros de cable NYY 4 líneas de 1.5 m² de sección transversal
- 2) Seis prensas de plástico para cable
- 3) Una caja de hierro de 15x20x10 cm

- 4) Un interruptor tripolar
- 5) Tres fusibles tipo Diazed de 16 amperios
- 6) Un motor trifásico de 1 HP para 240 V
- 7) Ocho tornillos de hierro con tuercas y roldanas de 7/16" x 1/2"
- 8) Una cinta de aislar

- 3) Tacómetro de contacto u otro en su defecto (foto-tacómetro, tacómetro estroboscópico)

■ **Herramienta que utilizará:**

- 1) Destornillador plano
- 2) Destornillador Phillips
- 3) Navaja curva

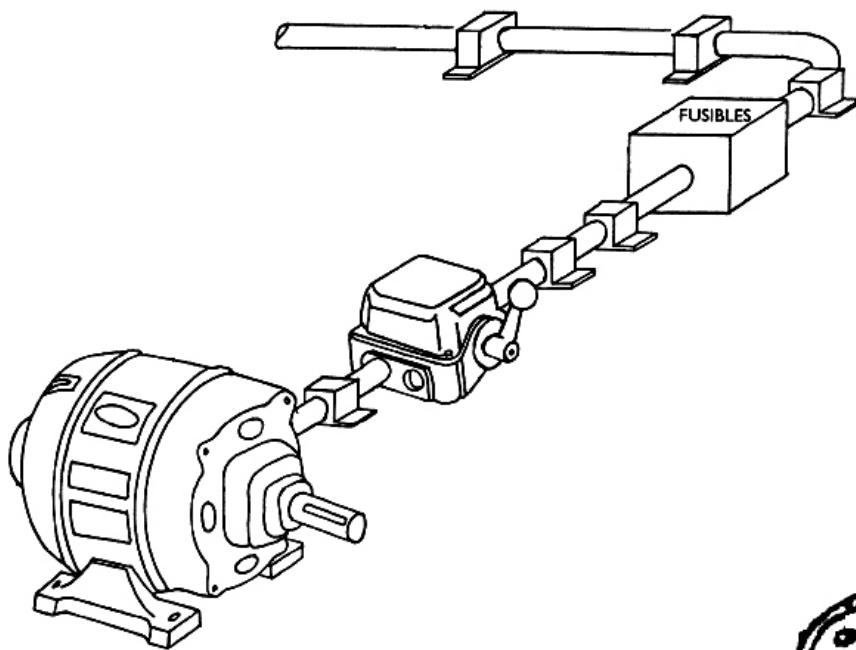


Fig.1.26 Instalación sobrepuesta con cables para motor trifásico



Paso 1

Prepare la herramienta, el equipo y los materiales a utilizar.



Paso 2

- Monte el motor sujetando con pernos al tablero de madera

- Monte la caja del interruptor a 50 cm del motor

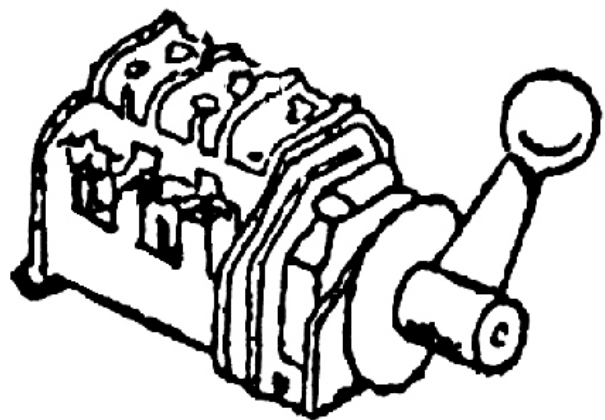


Fig. 1.27 Interruptor Tripolar

■ **Equipo que utilizará:**

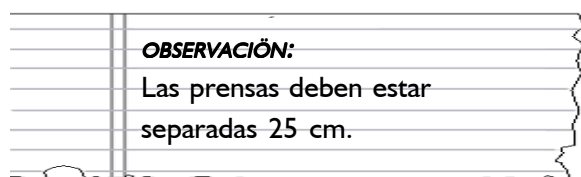
- 1) Amperímetro de gancho
- 2) Multímetro (mediciones de tensión y continuidad)

- Monte la caja de fusibles a 75 cm del interruptor, procurando que todos queden en línea recta



Paso 3

Trace en el tablero, señalando el camino del cable y la posición de las prensas.



- Monte el cable
- Introduzca el cable en las cajas



Paso 4

- Mida continuidad en los fusibles

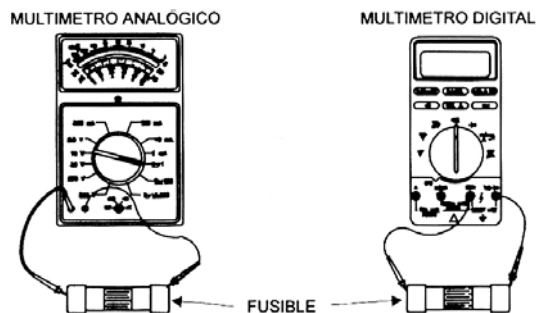


Fig. 1.28 Multímetro usado como Ohmetro para probar continuidad en fusibles

- Conecte los fusibles
- Conecte el interruptor
- Conecte el motor según las indicaciones de la placa (consulte a su facilitador para esta operación)



Paso 5

- Energice el motor
- Mida la tensión y compare el valor obtenido con el valor de la placa de características del motor
- Mida las revoluciones por minuto del motor con el tacómetro y compare el valor obtenido con el valor de la placa de características del motor.

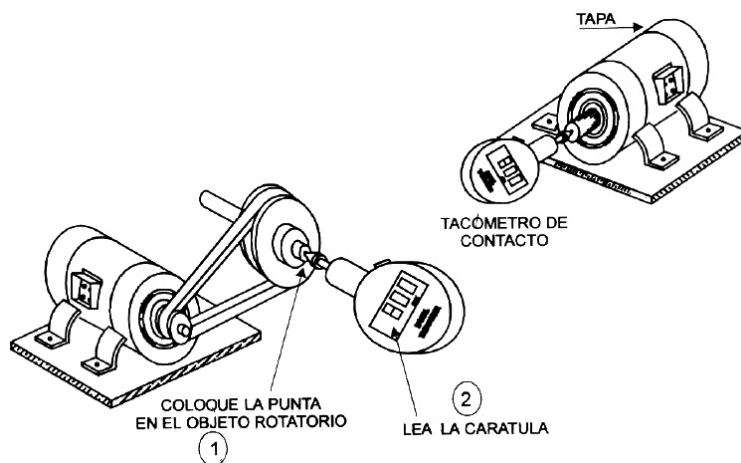


Fig. 1.29 Procedimiento para la medición de la velocidad con el tacómetro de contacto

OBSERVACIÓN:
Los valores medidos para la tensión y la intensidad están dentro de un 5% de margen y el valor de la velocidad del motor sin carga es de sólo un 3%, aunque el valor medido no es en el arranque si no que cuando el motor haya alcanzado la velocidad su funcionamiento normal.

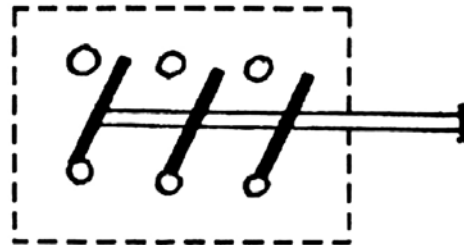


Fig. 1.30 Símbolo eléctrico de un interruptor tripolar



1.3.2 MEDIDAS DE SEGURIDAD

El interruptor utilizado para arrancar el motor en forma manual, se denomina **interruptor tripolar** (tres polos); su función es abrir y cerrar el paso de la corriente en las tres fases al mismo tiempo.

Las piezas de contacto por tope generalmente vienen recubiertas con plata o cadmio, para evitar la oxidación, nunca deberá limpiarlas con lija.

La limpieza de los contactos se efectúa sencillamente con un trapo.

La fig. 1.30 representa el símbolo eléctrico del interruptor tripolar de accionamiento manual.



1.3.3 PROTECCIÓN AMBIENTAL

Es importante contar con un plan de eliminación de desechos para contribuir con el medio ambiente, y el lugar de trabajo, es por ello que es importante tomar en cuenta las recomendaciones siguientes:

- Guarde los pedazos de alambres o cables sobrantes.
- Seleccione los diferentes tipos de materiales según estos sean vidrio, papel, plástico, cobre o aluminio; introdúzcalos en un recipiente para cada material
- Deje limpio y ordenado el lugar de trabajo.

1.4 CONEXIÓN DE MOTOR TRIFÁSICO

Por lo general todo tipo de motor eléctrico, consta de una bornera donde se encuentran las puntas de la bobinas del motor.

Los motores trifásicos traen normalmente 3, 6, 9 y 12 puntas y en casos especiales pueden tener más salidas de conexión.

1.4.1 DEFINICIÓN DE CONEXIÓN DE MOTOR TRIFÁSICO

Todo motor trifásico, ha sido diseñado para ser conectado a un sistema de alimentación trifásico de corriente alterna; las conexiones necesarias se realizan a la bornera de cada motor como se muestra en la fig. 1.31

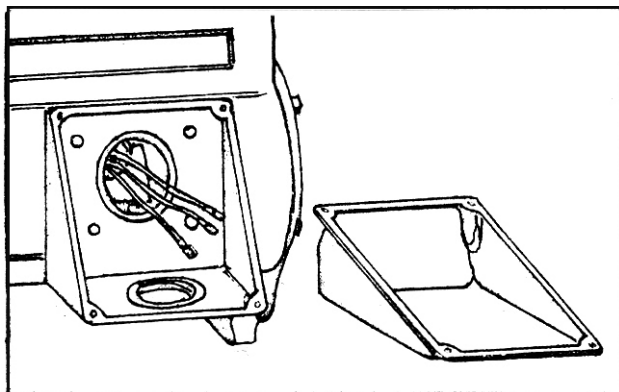


Fig. 1.31 Bornera de un motor

Las conexiones dependerán del diseño del motor, y de la tensión de alimentación; ambas especificadas en la placa de características del motor.

En dicha placa se muestran también los tipos de conexiones para el motor trifásico, como se ve en la figura siguiente.

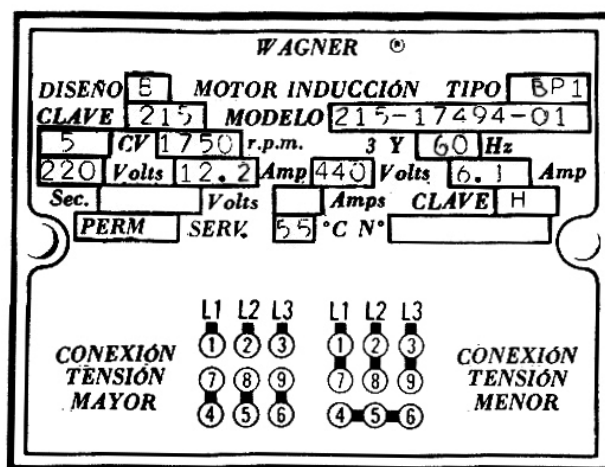


Fig. 1.32 Placa de características de un motor conectado en estrella, previsto para dos tensiones de servicio.

1.4.2 PROCESOS DE CONEXIÓN DEL MOTOR TRIFÁSICO

Este proceso le mostrará la forma correcta de conectar motores trifásicos en conexión Estrella y en conexión Delta o Triángulo.

Los motores trifásicos se pueden conectar en dos formas: en estrella y en triángulo o delta.

El motor tiene en su bobinado tres fases, cada

una de ellas con su principio y su final, las cuales reciben una nomenclatura dependiendo del sistema que se use (americanos o europeos). Vea la figura 1.33.

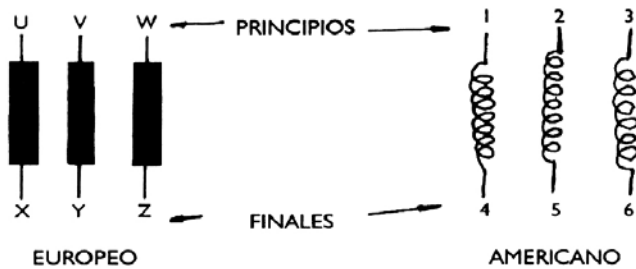


Fig. 1.33 Sistemas europeo y americano para las bobinas de un motor trifásico

A. PROCESO DE EJECUCIÓN PARA LA CONEXIÓN ESTRELLA

A continuación se describe el proceso para conectar un motor trifásico en estrella.

■ Materiales que utilizará:

1. Un motor trifásico de 1 HP para 240 V de seis puntas
2. Un metro de cable No. 12 THW.

■ Equipo que utilizará:

1. Multímetro (mediciones de continuidad)

■ Herramienta que utilizará:

1. Destornillador plano
2. Destornillador Phillips
3. Navaja curva



Paso 1

Prepare la herramienta, el equipo y los materiales a utilizar.



Paso 2

Conecte los principios a la red trifásica, y los finales se conectan entre sí, como en la fig. 1.34.

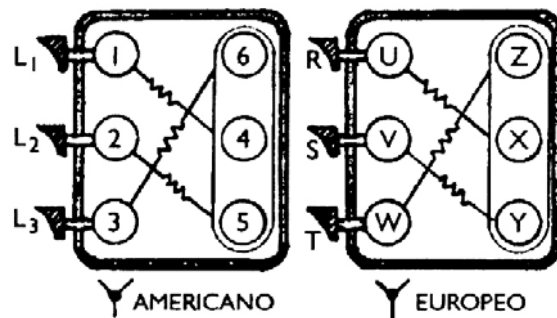


Fig. 1.34 Conexión estrella en el sistema europeo y americano



Paso 3

Conecte los bornes del motor de seis puntas, como se indica en la figura.

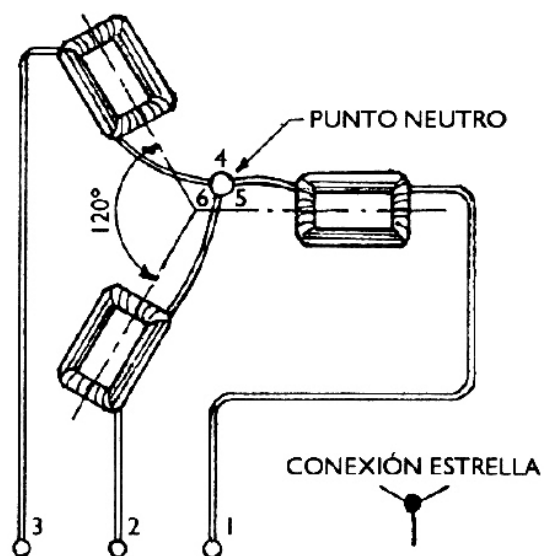


Fig. 1.35 Conexión en estrella

Observación
Cuando el motor trae 6 conductores de salida se pueden hacer dos conexiones (estrella o triángulo) y por tanto, tiene dos tensiones de trabajo, por ejemplo: si está en triángulo con 220 V, se puede conectar en otra red de 220 x 1.73380 V, conectándolo en estrella.



Paso 4

Una vez conectados los finales de cada bobina, mida la continuidad entre cada una de las fases, el indicador deberá marcar continuidad, en caso contrario, revise sus conexiones.

B. PROCESO DE EJECUCIÓN PARA LA CONEXIÓN DELTA

A continuación se describe el proceso para conectar un motor trifásico en delta.

■ Materiales que utilizará:

1. Un motor trifásico de 1 HP para 240 V de seis puntas
2. Un metro de cable No. 12 THW

■ Equipo que utilizará:

1. Multímetro (mediciones de continuidad).

■ Herramienta que utilizará:

1. Destornillador plano
2. Destornillador Phillips
3. Navaja curva



Paso 1

Prepare la herramienta, el equipo y los materiales a utilizar.



Paso 2

Conecte los principios con los finales de cada bobina a la red trifásica como en la Figura 1.36

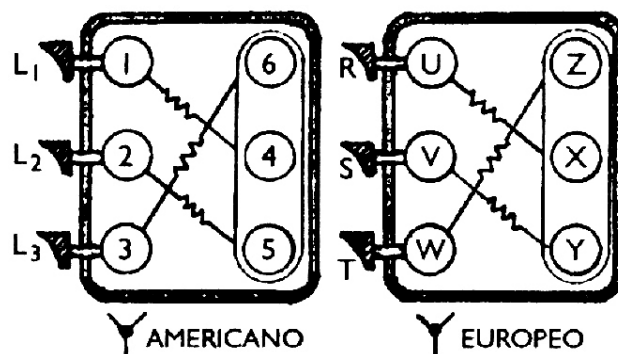


Fig. 1.36 Conexión delta en el sistema europeo y americano



Paso 3

Conecte como se indica en los bornes del motor de seis puntas.

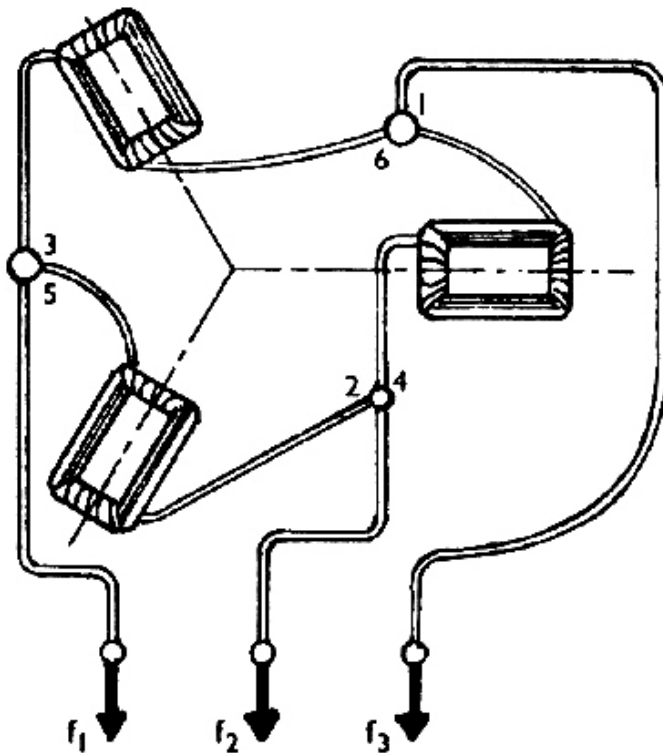


Fig. 1.37 Conexión en delta



Paso 4

Una vez conectados los finales con los principios de cada bobina, mida la continuidad entre cada una de las fases, el indicador deberá marcar continuidad, en caso contrario, revise sus conexiones.



1.4.3 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Recuerde que las conexiones deben realizarse sin energizar los motores, por tanto, cerciórese de que el motor este libre de tensión.



1.4.4 PROTECCIÓN

Mantenga limpio de residuos o basura el lugar de trabajo; si el motor se encuentra sucio límpielo con un trapo seco, ya que el polvo y la humedad reducen el nivel de la ventilación que deben tener los motores para su mejor eficiencia, y que no se sobrecalienten.

1.5 ARRANQUE ESTRELLA-DELTA DEL MOTOR TRIFÁSICO

El arranque estrella-delta permite reducir apreciablemente la intensidad de arranque sin utilizar aparatos complicados. Debe tomarse un motor cuya tensión nominal en triángulo (delta) coincida con la de la red, entonces su tensión nominal en estrella será 1.73 veces superior a la de la red. Al conectar el motor en estrella a la red, éste será alimentado a una menor tensión que la nominal (en estrella) por lo tanto, absorberá una corriente mucho menor que en arranque directo. Tanto la intensidad de la corriente de arranque I_A como el par de arranque M_A se reducirá en una proporción fija, la misma para los dos, sin necesidad de utilizar componentes adicionales de precio elevado. Para ello sólo se precisan **conmutadores** especiales o **contactores**.

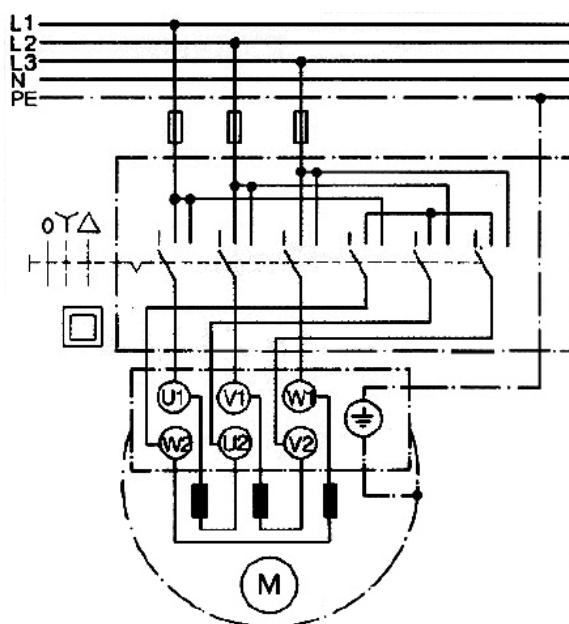


Fig. 1.38 Circuito de arranque estrella-triángulo

El devanado del estator se conecta primero en estrella y después en triángulo. En la conexión estrella (símbolo Y) cada devanado se encontrará sometido a una tensión igual a $V/\sqrt{3}$ y en la conexión triángulo (símbolo Δ), a una tensión V . La intensidad que circula por cada uno de los devanados en la conexión en triángulo será $\sqrt{3}$ veces más intensa que en la conexión en estrella ($I_{f\Delta} = \sqrt{3} I_{fY}$). En la conexión en estrella las corrientes que circulan por cada uno de los devanados serán las mismas que las consumidas por el motor $I_Y = I_f$. En la conexión en triángulo la intensidad de línea será $\sqrt{3}$ veces mayor que la de las corrientes que circulan por los devanados ($I_{\Delta} = \sqrt{3} \cdot I_f$). Por lo tanto, si comparan las intensidades de las corrientes de línea en ambas conexiones se tiene que:

$$I_{\Delta} = \sqrt{3} \times \sqrt{3} I_Y$$

$$I_{\Delta} = 3 \times I_Y$$

I_Y = corriente en la conexión estrella

I_f = corriente de pasa por cada bobinado trifásico (corriente de fase).

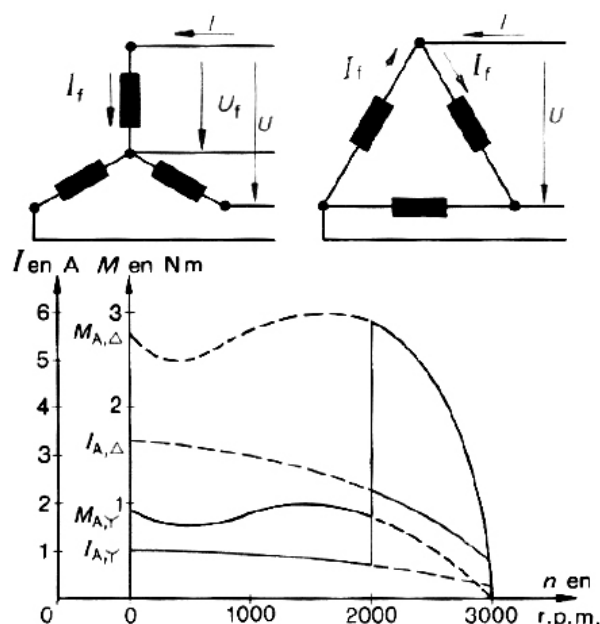


Fig. 1.39 Tensiones, intensidades y para en un circuito de arranque estrella-triángulo

La intensidad de la corriente de arranque del motor en jaula de ardilla conectado en estrella, vale sólo un tercio de la que consume en la conexión en triángulo.

Como la tensión de los devanados conectados en estrella vale $V/\sqrt{3}$ y conectados en triángulo vale V , la tensión para la conexión en estrella será de sólo $(1/\sqrt{3})^2 = 1/3$ del valor de la conexión en triángulo.

1.5.1 PROCESO DE ARRANQUE EN ESTRELLA-DELTA DEL MOTOR TRIFÁSICO

Un dispositivo muy sencillo y fácil de utilizar es el conmutador estrella-triángulo, ideado para evitar corrientes elevadas de arranque en motores trifásicos con carga.

Además, permite elevar el par de arranque del motor su objeto es arrancar el motor en estrella, y cuando este haya alcanzado su velocidad, nominal cambiarlo a triángulo, para que el par motor sea más fuerte.

Si el motor se arranca directamente en triángulo, la corriente subirá hasta límites inadmisibles y el par de arranque no será suficiente.

El conmutador estrella-triángulo puede ser accionado manual o automáticamente (con contactores y relés de tiempo).

La principal aplicación es bajar el amperaje de arranque de un motor, y aumentar a la vez su par de arranque.

A. PROCESO DE EJECUCIÓN

A continuación se describe el proceso para arrancar un motor trifásico con conmutador Y- Δ , manual.

■ Materiales que utilizará:

- 1) Un motor trifásico de 1 HP
- 2) Tres fusibles Diazed de porcelana de 15 Amperios, completos
- 3) Un conmutador Y- Δ de baquelita, de 5 KW de capacidad.
- 4) Dos metros de conductores de alambre de cobre, TW # 12.
- 5) Un tablero de lámina perforada.

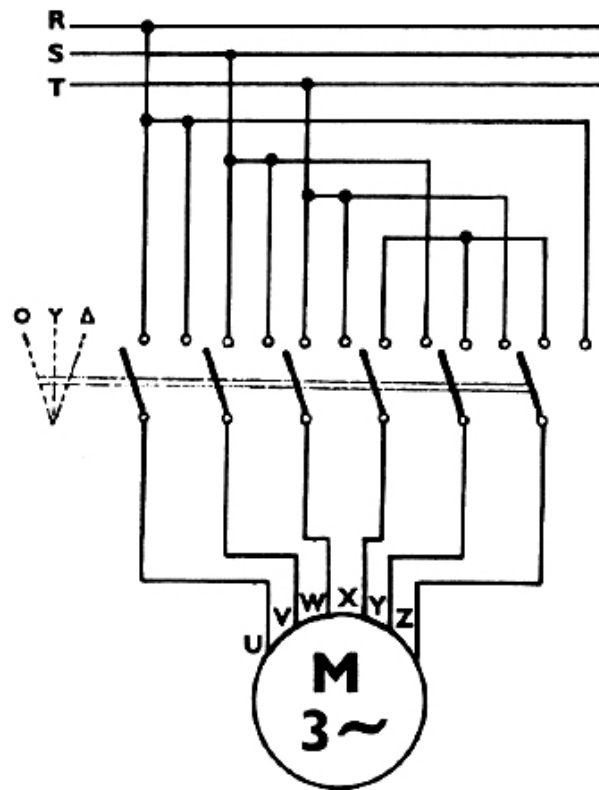


Fig.1.40 Forma de un conmutador estrella-triángulo con accionamiento manual.

■ **Equipo que utilizará:**

- 1) Ohmímetro
- 2) Voltímetro
- 3) Amperímetro

■ **Herramienta que utilizará:**

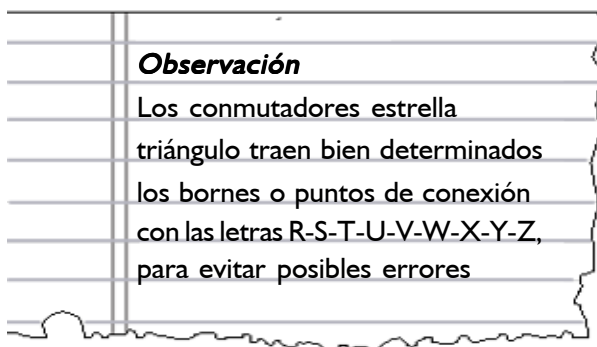
- 1) Destornillador
- 2) Navaja curva
- 3) Alicates
- 4) Pinzas



Paso 1

Realice las conexiones.

- Conecte la alimentación a los fusibles.
- Conecte el conmutador a los fusibles.
- Conecte las líneas del motor al conmutador.



Paso 2

- Conecte el tablero a una fuente de tensión trifásica, igual a la tensión nominal del motor.
- Accione el conmutador, pasando a la posición estrella y cuando haya tomado su velocidad nominal, páselo a triángulo.
- Mida el amperaje en ambas conexiones del motor.
- Accione el inversor de giro, en ambos sentidos, para comprobar el funcionamiento del circuito.

1.5.2 MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA ARRANCAR ESTRELLA-DELTA DEL MOTOR TRIFÁSICO

Para realizar un trabajo seguro es importante que realice lo siguiente:

- Utilice el equipo adecuado, guantes, lentes de protección, ya que estará expuesto a líneas de tensión.
- Asegúrese de conectar correctamente los bornes o puntos de conexión, de acuerdo a las letras de identificación adecuada, para evitar conexiones defectuosas.
- Asegúrese de apretar correctamente los bornes de conexión con los cables de alimentación, para evitar falsos contactos y sobre calentamiento en el motor y en las líneas de alimentación.

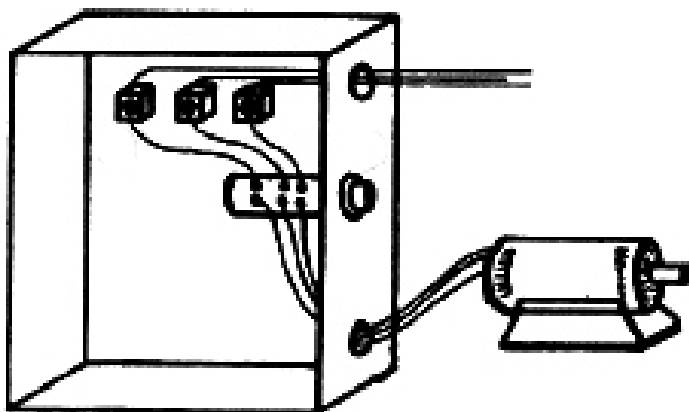
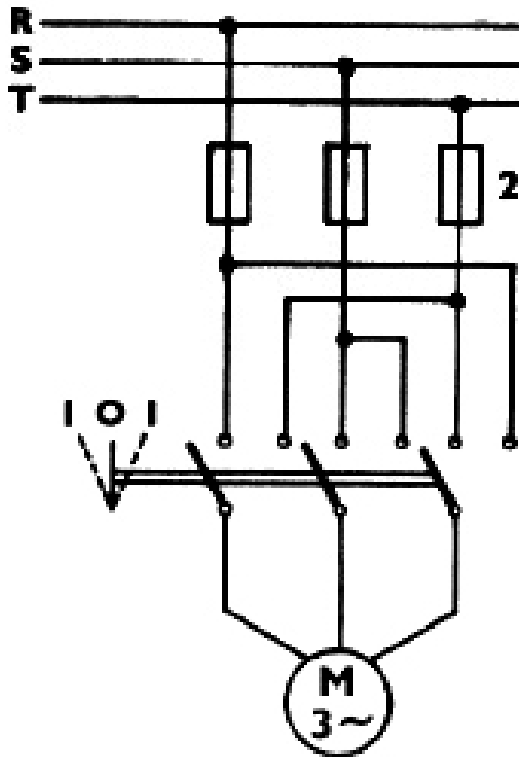
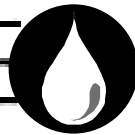


Fig.1.41 Instalación de motor trifásico con accionamiento manual.



1.5.3 PROTECCIÓN AMBIENTAL

- En la conexión de motores es importante que el área de trabajo esté limpia, al igual que las herramientas de trabajo y el equipo.
- No fume en el área de trabajo.
- Guarde el material sobrante en recipientes adecuados, identifique los recipientes con el material contenido en ellos.



Fig.1.42 Símbolo de no fumar

1.6 TIPOS DE MOTORES TRIFÁSICOS

En los generadores y motores para corriente trifásica se originan campos rotativos. Si el rotor tiene la misma velocidad de giro que el campo rotativo del estator, se dice que la máquina eléctrica rotativa trifásica (generador o motor) es síncrona. Si, por el contrario, el rotor tiene una velocidad de giro mayor o menor que dicho campo rotativo, la máquina eléctrica rotativa se llama asíncrona.

Por tanto, las máquinas eléctricas rotativas ya sea motor o generador se dividen en dos grandes grupos que son: las máquinas síncronas y las máquinas asíncronas o de inducción.

1.6.1 TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE MOTORES TRIFÁSICOS

Los motores asíncronos y los motores síncronos, difieren unos de los otros prácticamente, por la velocidad de sincronismo (n).

La velocidad síncrona depende únicamente de la frecuencia de alimentación f y del número de pares de polos, p , con los que está constituida la máquina mediante la siguiente expresión:

$$n = 60 * f/p$$

Donde:

n = velocidad síncrona

f = frecuencia en Hz

p = número de pares de polos

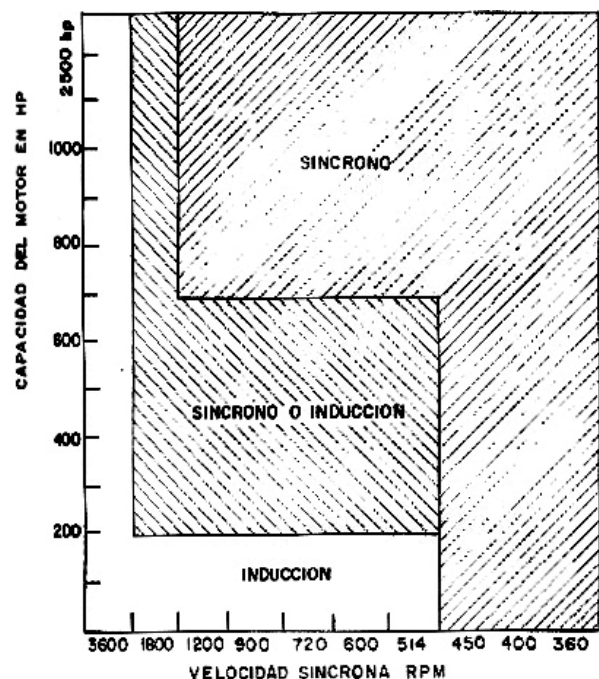


Fig. 1.43 Rangos de utilización de los motores eléctricos

Una de las características de los motores asíncronos o de inducción es que la velocidad de éstos es inferior a la velocidad de sincronismo, esto es debido a que el flujo creado por el estator es más rápido que el movimiento ejercido por el rotor, por lo que este tendrá un movimiento casi constante. Pueden mencionarse dos tipos principales de motores de inducción que son: el motor trifásico con rotor en jaula de ardilla y el motor trifásico con rotor bobinado con anillos rozantes, allí se deriva toda la gama de motores de CA conocidos. Los parámetros mas importantes de cualquier motor trifásico son:

- 1) Potencia: en Watts o en **HP**
- 2) Factor de servicio: es la relación entre la potencia máxima verdadera de la máquina, y su potencia nominal o dicho de otra forma, indica cuanta carga en forma temporal, puede tomar un motor (al operar un motor con una capacidad superior a la de la placa, la temperatura tiende a elevarse tanto como en relación a la potencia).

MAQUINAS IMPULSADAS	MAQUINAS IMPULSADORAS	
	MOTORES ELECTRICOS FASE DIVIDIDA C.A. JAULA DE ARDILLA, OCASIÓN NORMAL Y SINCRONOS CC. DEVANACOS SHUNY MOTORES DE COMBUSTION INTERNA	MOTORES ELECTRICOS MONOFASICOS DEVANADOS SERIE C.A. ALTO DESLIZAMIENTO O ALTO PAR DE ARRANQUE C.A. DE ROTOR DEVANADO C.A. INDUCCION REPULSION C.A. TIPO CAPACITOR C.C. DEVANADO COMPOUND
VENTILACIONES HASTA 10 HP BOMBAS CENTRIFUGAS AGITADORES PARA LIQUIDOS COMPRESORES CENTRIFUGOS TRANSPORTADORES	1.1	1.2
TRANSPORTADORES DE BANDA GENERADORES PRENSAS Y TROQUELADORAS MAQUINAS HERRAMIENTAS MAQUINAS IMPRESORAS	1.2	1.4
MOLINOS DE MARTILLOS PULVERIZADORES COMPRESORES BOMBAS DE PISTON MAQUINAS INDUSTRIALES MAQUINARIA TEXTIL MAQUINAS LADRILLADORAS	1.4	1.6
TRITURADORAS NOTATORIAS TRITURADORAS DE ROCILLOS MOLINOS DE BOLAS ROLADORAS DE LAMINA APAREJOS Y MALACATES	1.6	1.8

Tabla 1.3

Fig. 1.44 Valores de factores de servicio para diferentes máquinas eléctricas rotativas

Por ejemplo: un motor con un factor de servicio de 1.15, puede ser operado indefinidamente sin daño, a 115% de la carga nominal. El factor de servicio de una máquina en general provee un margen de error en el caso de que las cargas sean estimadas equivocadamente. Las magnitudes mecánicas y eléctricas más utilizadas son:

- 1) Velocidad de giro: dada en revoluciones por segundo (R.P.M.)
- 2) Tensión de alimentación: dada como tensión nominal en la placa del motor.
- 3) Intensidad nominal: corriente de funcionamiento del motor a plena carga.
- 4) Frecuencia de suministro de la red: medida en Hz.
- 5) Posición de operación: horizontal, vertical y soportado (colgado).
- 6) Temperatura ambiente del lugar de la instalación.
- 7) Altura de su funcionamiento: medido en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

8) Tamaños NEMA (National Electrical Manufacturers Association) y tipos de carcasas: tipo abierto, semi-protegido, a prueba de goteo, a prueba de agua, totalmente cerrado, enfriado con ventilación.

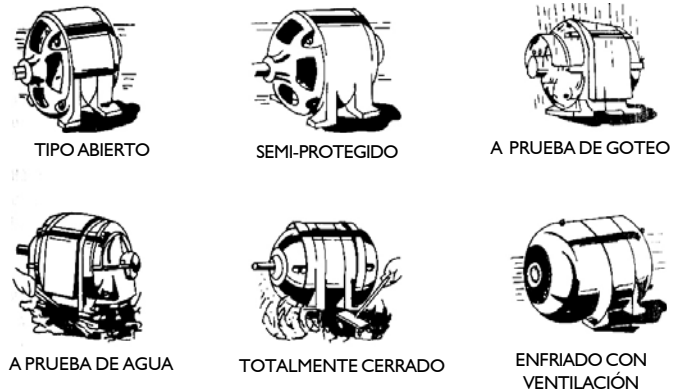


Fig. 1.45 Tipos de carcasas

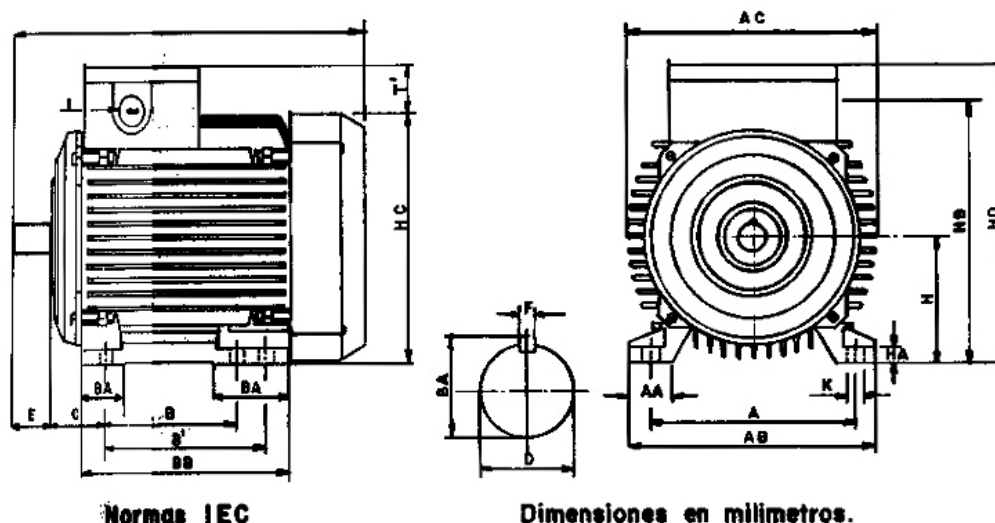
Las máquinas de CA o de inducción hasta hace poco se utilizaban casi exclusivamente para aplicaciones a velocidad constante, sin embargo, el gran avance conseguido en la electrónica de potencia ha permitido la sustitución de los motores de corriente continua por los de inducción, en aplicaciones a velocidad variable.

A. MOTOR TRIFÁSICO PARA UNA SOLA TENSIÓN DE RED

La característica más importante de este tipo de motor trifásico es que tiene únicamente tres bornes de conexión e indica la tensión trifásica con la cual debe ser alimentado.

B. MOTOR TRIFÁSICO PARA TENSIONES CONMUTABLES

Si se desea arrancar un motor trifásico con un interruptor estrella-triángulo a dos tensiones distintas o si las tensiones de las redes están en la relación en triángulo/tensión estrella, se emplean motores de tensiones conmutables. En ellos, cada fase está dividida en la misma relación que las tensiones de alimentación. Según la tensión elegida, las fases parciales se conectarán en serie o en paralelo.



Normas IEC

Dimensiones en milímetros.

CARCAZA	NEMA	(2E)	(J)	(A)	(P)	(2F)	(2F')	(K)	(K')	(B)	(BA)	(U)	Nomenclatura	NEMA
(46)	112	27	140	140	(70)	90	31	49	113	45	14			
(145T)	140	27	166	178	100		39	57	149	56	24			
(145T)	140	27	166	178		125	39	57	149	56	24			
(162T)	190	39	222	221	114		41	68	174	70	28			
(164T)	190	39	222	221		140	41	68	174	70	28			
(213T)	216	42	250	248	140		51	89	230	89	38			
(215T)	216	42	250	248		178	51	89	230	89	38			
(254T)	254	66	311	307	210		64	110	292	106	42			
(256T)	254	66	311	307		254	64	110	292	106	42			
(264T)	280	66	350	351	241		70	110	340	121	48			
(266T)	280	66	350	351		279	70	110	340	121	48			
(324T)	318	66	400	395	267		74	90	360	133	55			
(326T)	318	66	400	395		306	74	90	360	133	55			
(364TS)	356	78	446	441	286		70	80	360	149	60			
(364T)	356	78	446	441	286		70	80	360	149	60			
(366TS)	356	78	446	441		311	70	80	360	149	60			
(366T)	356	78	446	441		311	70	80	360	149	60			

CARCAZA	NEMA	(S)	(R+S)	(D)	(G)	(AE-AF)	(O)	(O+T)	(AA)	(H)	(C)	Nomenclatura NEMA
(46)	30	5	16	71	12.7	156	146	180	21	8	242	
(145T)	50	8	27	90	12.7	186	179	210	21	9	326	
(145T)	50	8	27	90	12.7	186	179	210	21	9	326	
(162T)	60	8	31	112	14.3	225	225	257	27	12	374	
(164T)	60	8	31	112	14.3	225	225	257	27	12	374	
(213T)	80	10	41	132	16.6	262	267	284	27	12	470	
(215T)	80	10	41	132	16.6	262	267	284	27	12	470	
(254T)	110	12	45	160	17	327	312	365	38	14	620	
(256T)	110	12	45	160	17	327	312	365	38	14	620	
(264T)	110	14	51.5	180	25	366	352	404	38	14	690	
(266T)	110	14	51.5	180	25	366	352	404	38	14	690	
(324T)	110	16	59	200	28	405	397	452	51	18	746	
(326T)	110	16	59	200	28	405	397	452	51	18	746	
(364TS)	140	16	64	225	32	460	450	505	2x51	18	800	
(364T)	140	16	64	225	32	460	450	505	2x51	18	800	
(366TS)	140	16	64	225	32	460	450	505	2x51	18	800	
(366T)	140	16	64	225	32	460	450	505	2x51	18	800	

DIMENSIONES GENERALES DE MOTORES.

Fig. 1.46 Dimensiones generales de motores

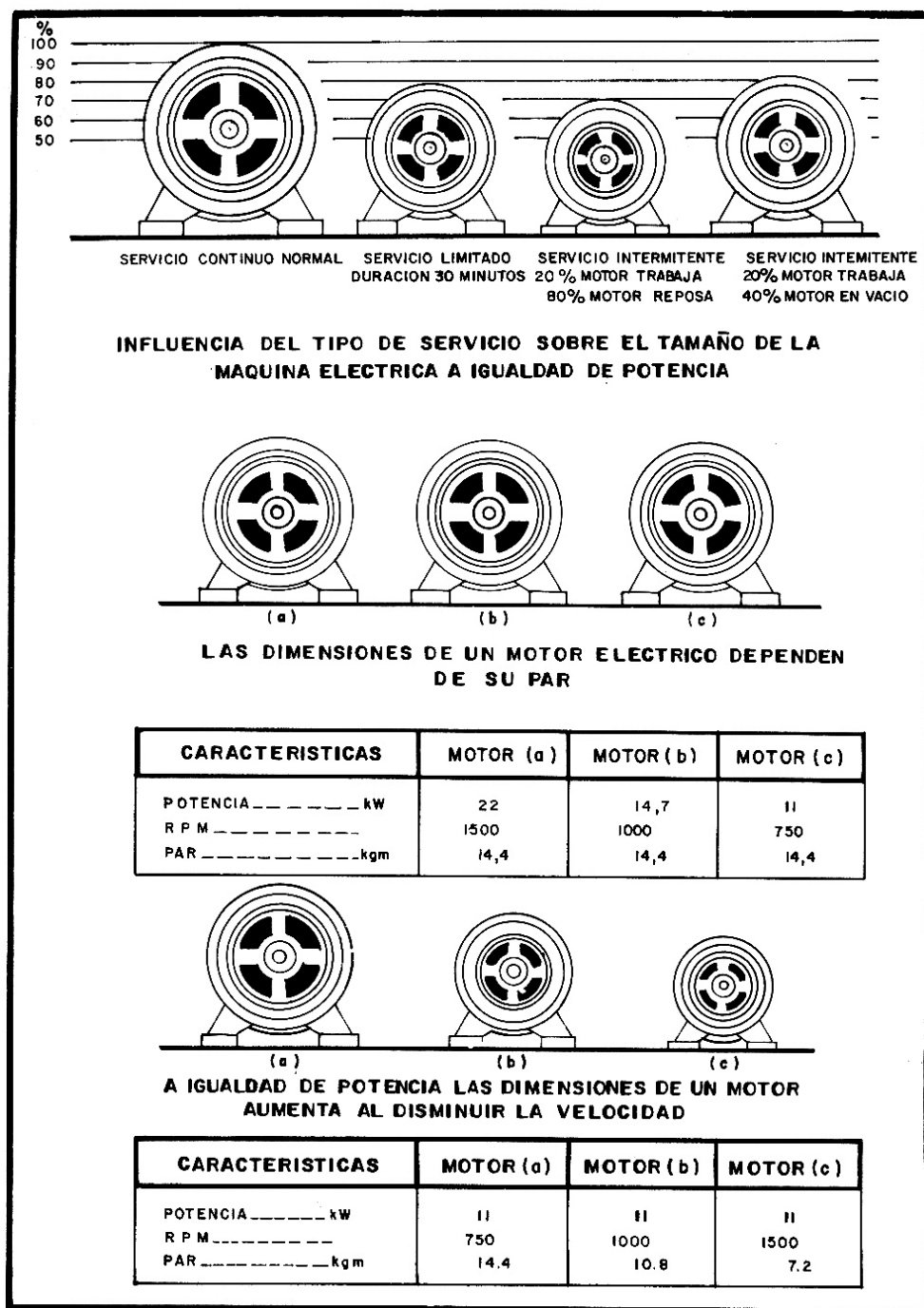


Fig. 1.47 Tamaños comunes de los motores

Si se dispone de un devanado adicional, por el que no circula corriente a la tensión más baja, se puede conectar también, el motor a una tercera tensión como se ve en la fig. 1.48

Un motor conectado según al fig. anterior, puede arrancarse en estrella-triángulo, a 220, 440 ó 500 Voltios. Conectado en estrella puede trabajar también a 380, 760 ó 865 Voltios. Este tipo de motores se emplea principalmente en maquinaria para construcción.

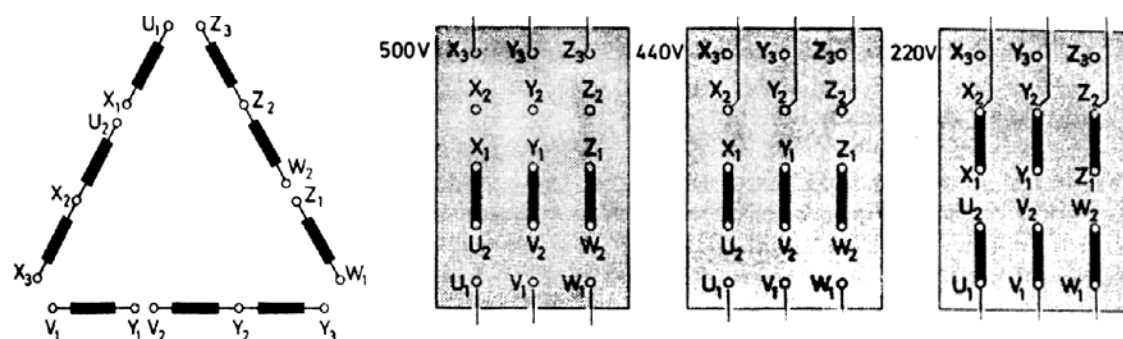


Fig. 1.48 Motor de tensiones conmutables D 500V/D 440V/D 220V

C.MOTOR PARA ARRANQUE ESTRELLA-DELTA

Son varias las características importantes que debe cumplir el motor para lograr este arranque, dentro de las que se pueden mencionar:

El motor debe funcionar perfectamente a la tensión nominal en la conexión delta o triángulo indicadas en la placa; por tanto, los motores que se pueden conectar en conexión (Y-Δ) son:

CONEXION		ESTRELLA	TRIANGULO	DOBLE ESTRELLA	D O B L E TRIANGULO
ESQUEMA					
MOTOR DE 12 BORNES	POSICION DE LAS BOBINAS				
	POSICION DE LOS PUESTOS				
	TENSIONES	V 380 V 440 V 500 V - -	V / 1.73 220 V 250 V 290 V 440 V 500 V	V / 2 190 V 220 V 250 V 380 V 440 V	V / 2 X 1.73 110 V 125 V 150 V 220 V 250 V

Fig. 1.49 Conexiones para diferentes tensiones de trabajo en un motor de 12 puntas
Ref. Reparación de motores asíncronos Intecap verde/24

- Con tensión de red de 220 V.
Los motores en cuya placa de características se lee $V=220/380\text{ V}$.
- Con tensión de red de 380 V
Los motores en cuya placa de características se lee $V=380/660\text{ V}$

Nota: para conectar motores en conexión Y-Δ; éstos deben ser bitensión como arriba se indica; ejemplo: 220/380 V y 127/220 V.

Otra de las características importantes es la cantidad de bornes de salida del motor trifásico, estos se podrán arrancar únicamente con seis puntas o múltiplo de seis, entre los más comunes se indican U – V – W como principios de fases, y X – Y – Z como los finales de fases.

En motores con potencias superiores a 30 ó 40 HP, se presentan tensiones inducidas que permanecen en el motor, aún después de que se ha realizado la desconexión estrella, y si se realiza inmediatamente la conexión triángulo, pueden presentarse en oposición de fase con la red y ser suficientemente altas, como para generar una violenta corriente transitoria.

Este inconveniente se elimina retardando un poco la conexión triángulo de 3 a 7 segundos.

de este tipo son en general motores con rotor en jaula de ardilla; aunque en los motores de anillos rozantes el devanado rotórico debe ser conmutable. Los motores de polos conmutables en ejecución normal, se suministran sólo para conexión directa, a cualquiera de las velocidades.

El devanado se realiza en conexión dahlander para dos velocidades de rotación, en la relación 1:2.

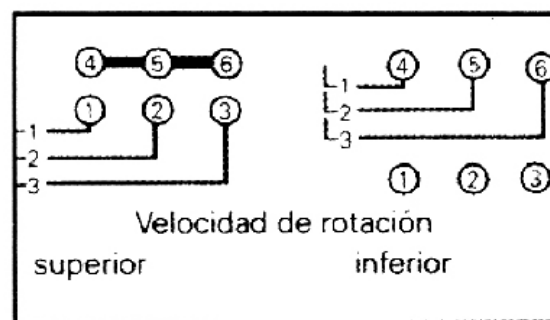


Fig.1.50 Conexión del devanado

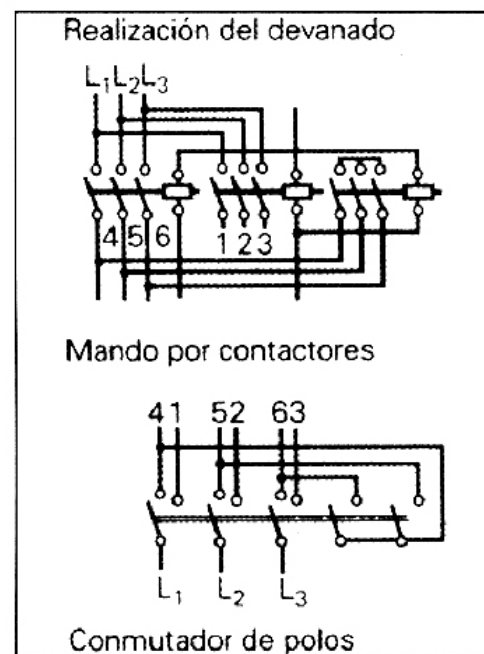


Fig.1.51 Distintos tipos de conmutar

D. MOTOR DE POLOS CONMUTABLES

En los motores trifásicos, variando el número de polos, se puede cambiar la velocidad de giro. Los motores

E. CONEXIÓN DAHLANDER

Es un sistema especial para cambiar el número de polos, y tiene una gran importancia cuando se conmuta entre dos frecuencias de giro diferentes. El devanado estático se compone en este caso de seis bobinas que, según la posición del conmutador, se combinarán en serie o en paralelo, dando lugar a devanados con dos números de polos distintos.

El motor podrá tener dos frecuencias de giro diferentes que, sin embargo, siempre estarán en una relación de 1:2. A la frecuencia de giro baja, y por tanto con el número mayor de polos, el devanado del estator se encuentra conectado en triángulo, con dos bobinas en serie en cada una de las ramas. A la frecuencia de giro elevada, las bobinas se encuentran conectadas en paralelo dos a dos, y todo el devanado se encuentra conectado en estrella. Este circuito se denomina también; conexión en doble estrella.

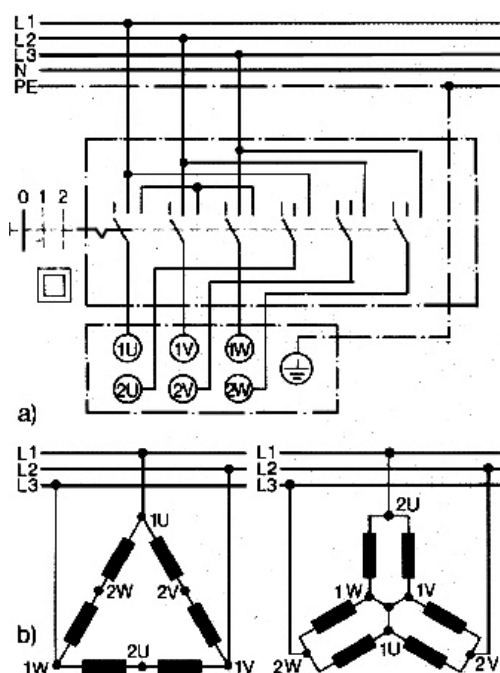


Fig.1.52 Conexión Dahlander
a) Conmutador y caja de bornes ;
b) Conexión de los devanados del estator

Cuando los motores con cambio del motor de polos presentan dos devanados separados, es posible conectar uno o ambos en conexión Dahlander. Este tipo de motores asíncronos, podrán presentar entonces hasta cuatro velocidades distintas de giro.

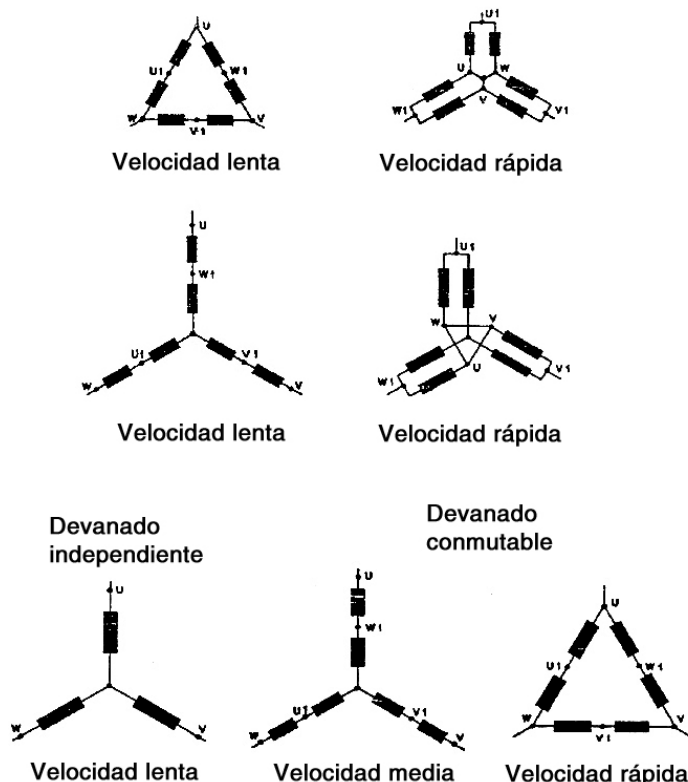


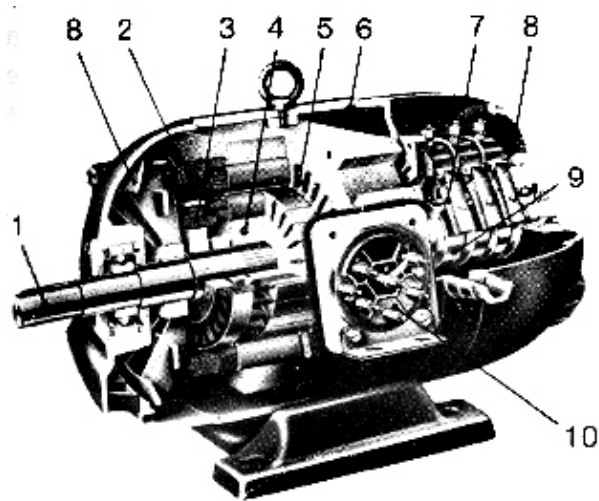
Fig. 1.53 Conexión Dahlander
a) Dos velocidades; b) tres velocidades

Los fabricantes de máquinas con cambio del número de polos en conexión Dahlander diseñan los devanados de modo que la razón de las potencias tome valores entre:

$$\frac{P_{N, \max}}{P_{N, \min}} = (1.5, 1.8)$$

F. MOTOR TRIFÁSICO DE ANILLOS ROSANTES

Los motores trifásicos mas importantes son los asíncronos. Los diversos tipos de motores se caracterizan por las diferentes clases de rotores, dentro de los cuales se encuentra el motor de rotor bobinado o de anillos rozantes.



- | | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| 1 Eje | 6 Carcasa |
| 2 Devanado del estator | 7 Soporte de las escobillas |
| 3 Devanado del rotor | 8 Tapa del cojinete |
| 4 Paquete de chapas del rotor | 9 Anillos rozantes del estator |
| 5 Paquete de chapas del estator | 10 Caja de bornes |

Fig.1.54 Partes de un motor de anillos rozantes

Como el motor en jaula de ardilla, tiene el inconveniente de que durante su funcionamiento no existe modo alguno de influir desde el exterior, sobre la corriente del circuito rotórico.

En cambio esto es posible, en un motor de rotor bobinado y anillos rozantes, en el que puede variarse la resistencia del circuito del rotor, conectando resistores adicionales, pues los extremos de los devanados del rotor son accesibles desde el exterior, a través de los anillos rozantes.

■ **Construcción:** el estator consta de carcasa, paquete de chapas y devanado **estatórico** y el rotor se apoya en la carcasa por medio de cojinetes.

El árbol del rotor lleva el paquete de chapas y los anillos rozantes. El devanado **rotórico** está dispuesto en las ranuras de dicho paquete de chapas. Casi siempre el devanado del rotor tiene tres fases (devanado trifásico), conectadas generalmente en estrella, y raramente en triángulo. A veces, el devanado del rotor esta formado por dos fases (devanado bifásico), conectado en V (conexión delta abierta o triángulo abierto), generalmente por motivos económicos, ya que se ahorra uno de los resistores de arranque como en la fig.1.55 b

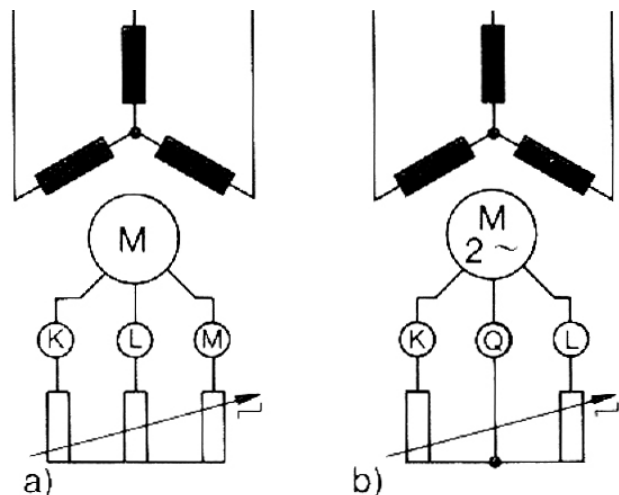


Fig.1.55 Conexión del devanado del rotor

en un motor con anillos rozantes

a) para devanado trifásico, b) para devanado bifásico

El devanado del rotor presenta un gran número de espiras, y la sección de sus conductores es pequeña. Por lo tanto, la resistencia óhmica del devanado de un rotor bobinado y anillos rozantes será mucho mayor que la del rotor en jaula de ardilla.

La conexión trifásica se realiza dentro del devanado, estando el devanador rotórico conectado siempre a tres anillos rozantes. La conexión con los anillos se realiza a través de tres escobillas de carbón. Los bornes de las tres fases del devanado del rotor se denominan K, L y M y el punto neutro Q se saca al exterior a través de los anillos.

Para el devanado bifásico del rotor conecte como se indica en la fig.1.55 b.

En los devanados trifásicos las tensiones existentes entre los tres anillos rozantes son iguales. En los devanados bifásicos la tensión entre los bornes K y Q es igual a la existente entre los bornes L y Q, mientras que la tensión que se mide entre K y L será $\sqrt{2}$ veces mayor que las otras dos.

1.6.2 MANTENIMIENTO BÁSICO

Verifique entre los acoplamientos para un accionamiento directo por medio de un calibrador de hojas, para determinar si están paralelos.

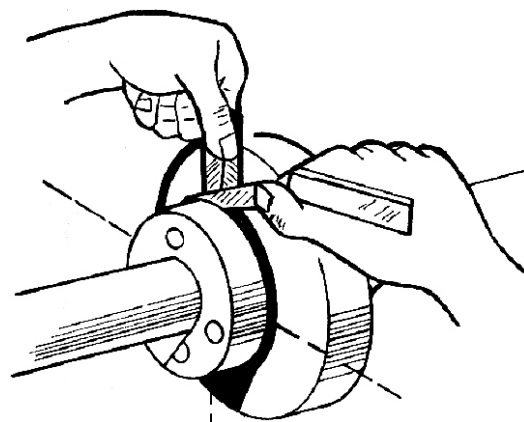


Fig.1.56 Uso de hojas calibradoras

Utilice un vernier para alinear los ejes del motor y el elemento accionado.

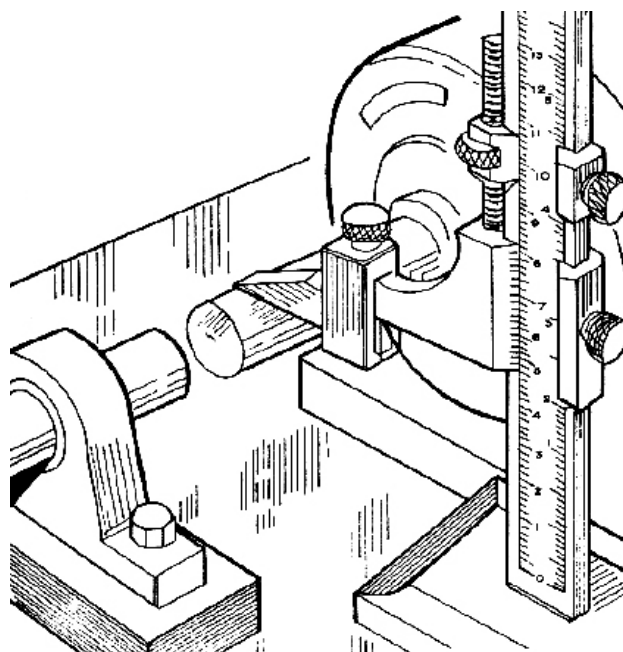


Fig. 1.57 Alineación del eje del motor con la carga

Compruebe que los bobinados del motor no estén conectados a masa (carcaza del motor), por medio de una lámpara de prueba, como se indica en la Fig. 1.58

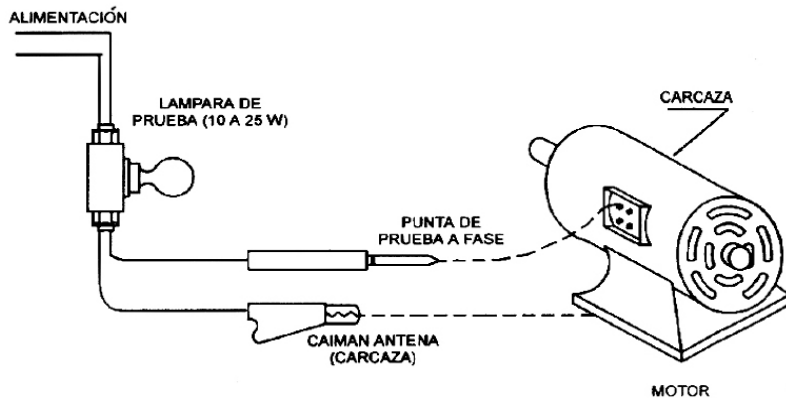


Fig. 1.58 Método de la lámpara de prueba para localización de fallas a tierra

El funcionamiento de una lámpara de prueba es muy similar a la forma de comprobar continuidad, solo que en vez de emitir sonido, al existir continuidad se encenderá una luz.

Compruebe entre cada una de los embobinados a masa y entre cada uno de los bobinados.



1.6.3 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Seleccione el tipo de carcaza del motor de acuerdo al lugar de instalación, dependiendo si se instalará en lugares húmedos o a la intemperie.

Debe vigilar que la conmutación, el arranque del motor de rotor bobinado y anillos rozantes entre un valor al siguiente no se efectué demasiado pronto, pues entonces la corriente consumida tendría intensidades excesivas Fig. 1.59 debe conmutarse únicamente, cuando ya se haya alcanzado una frecuencia constante de giro.

Los resistores de arranque no suelen estar dimensionados para el régimen permanente, ya que de no hacerlo a su debido tiempo, podrían calentarse excesivamente.

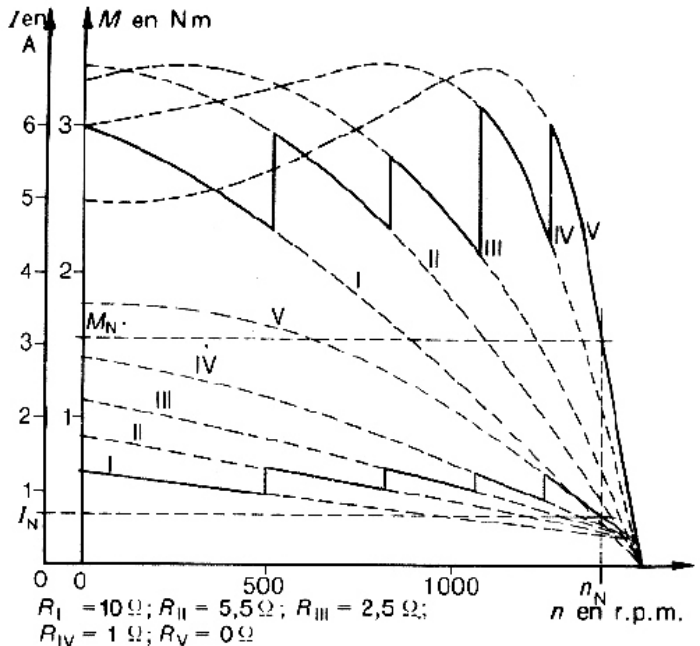


Fig. 1.59 Curvas de arranque en un motor de rotor bobinado y anillos rozantes con reóstato de arranque

1.7 ARRANQUE DE MOTOR TRIFÁSICO (TENSIONES CONMUTABLES, POLOS CONMUTABLES Y ANILLOS ROSANTES)

En el instante inicial de arranque de un motor eléctrico trifásico, aparece una corriente más alta que la corriente nominal, llamada corriente de arranque I_{arr} , pudiendo alcanzar valores muy elevados, hasta valores de 5 a 7 veces la corriente nominal del motor.

Estas corrientes altas de por sí no perjudican el motor, siempre y cuando no se mantengan durante mucho tiempo, sin embargo, pueden ocasionar caída de tensión en la red principal, a la vez pueden dar lugar a un gran choque en la máquina accionada en el momento del arranque, por tanto es imprescindible reducir la tensión de alimentación, ya que cualquier reducción de la tensión estatórica implica una disminución proporcional de la corriente de arranque y una disminución cuadrática del par.

Para evitar que, en estas circunstancias, la aceleración sea muy pequeña, es necesario que los dispositivos elegidos para el arranque tengan en cuenta la carga y se eviten períodos muy largos de aceleración, que puedan ocasionar calentamiento al motor, especialmente cuando ésta maniobra debe repetirse con cierta frecuencia.

En general, los diferentes sistemas de arranque tienden a:

- 1) Aplicar una tensión menor que la nominal al estator del motor.
- 2) Aumentar la resistencia del circuito del rotor.

1.7.1 ARRANQUE DE UN MOTOR TRIFÁSICO POR TENSIONES CONMUTABLES

El arranque más conocido para realizar la conmutación de tensiones es la **conexión Estrella – Delta**.

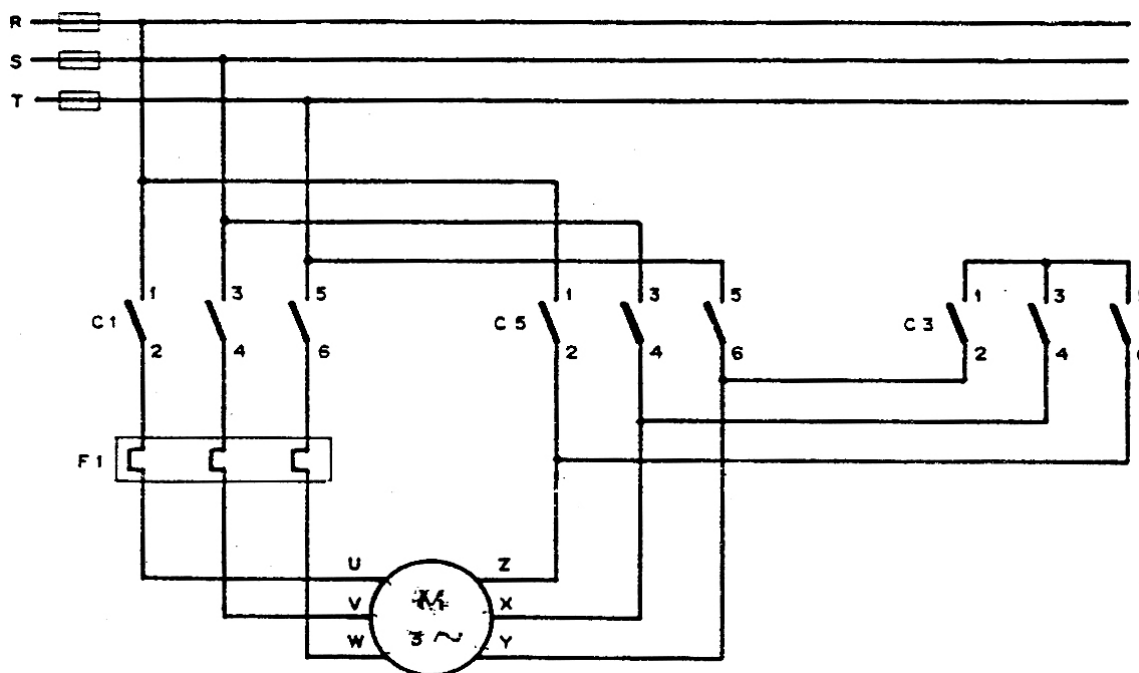


Fig.1.60 Arranque por conmutación Estrella – Delta (circuito de potencia).

El sistema consiste en energizar el motor asíncrono trifásico, conectándolo inicialmente en estrella, mientras se pone en movimiento, y una vez haya alcanzado aproximadamente el 70% de su velocidad de régimen (en algunos segundos, por ejemplo 3 a 10 segundos), se conecta en Delta (triángulo), para este caso, el arranque se realiza automáticamente por medio de tres contactores y un **timer**.

A continuación se presentan los diferentes esquemas de el arranque Estrella – Delta de los distribuidores como lo son: Telemecanique, Klöckner – Moeller y el de Siemens, como también una opción para realizar una inversión de giro.

Este tipo de arranque únicamente es adecuado para motores trifásicos asíncronos con rotor en cortocircuito que tenga 6 o múltiplos de 6 (6, 12, 18, 24,...etc) puntas, en donde la tensión a la cual el motor trabaje en régimen permanente debe ser la tensión nominal del motor conectada en Delta (triángulo).

1.7.2 ARRANCAR MOTOR TRIFÁSICO DE POLOS CONMUTABLES

Los motores asíncronos trifásicos, pueden construirse para mas de una velocidad, bien sea realizándolos con varios bobinados, de distinto número de polos, o bien con un solo bobinado, pero construido de tal forma que pueda conectarse exteriormente con diferente número de polos. Por tal motivo algunos tipos de motores asíncronos trifásicos de varias velocidades se les denomina también, motores de polos conmutables.

En la siguiente figura se ven, esquemáticamente, los diferentes tipos de bobinados y conexión de los mismos, que más se emplean actualmente en la construcción de motores de varias velocidades, siendo el segundo tipo el mas utilizado de todos ellos.

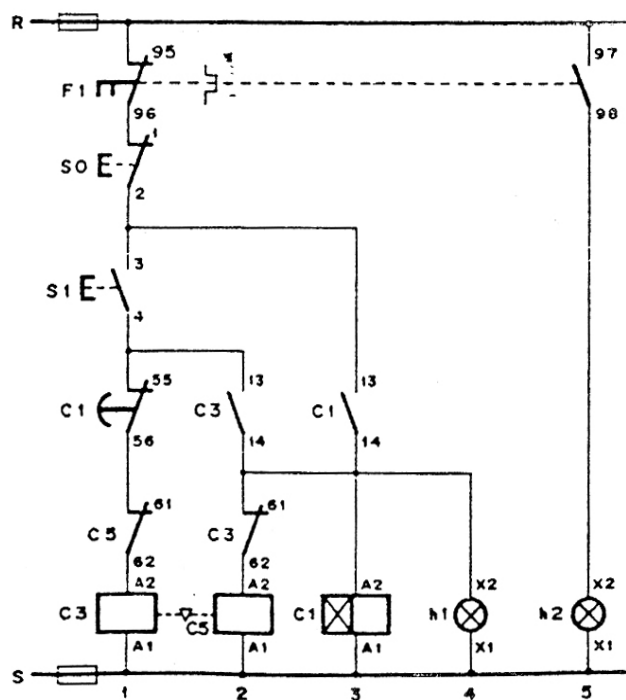


Fig.1.61 Esquema que presenta Telemecanique

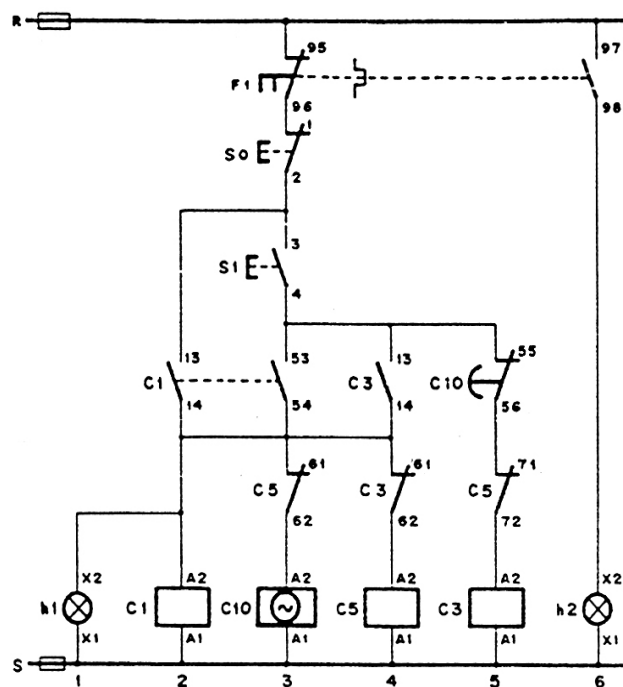


Fig.1.62 Esquema que presenta Klöckner – Moeller

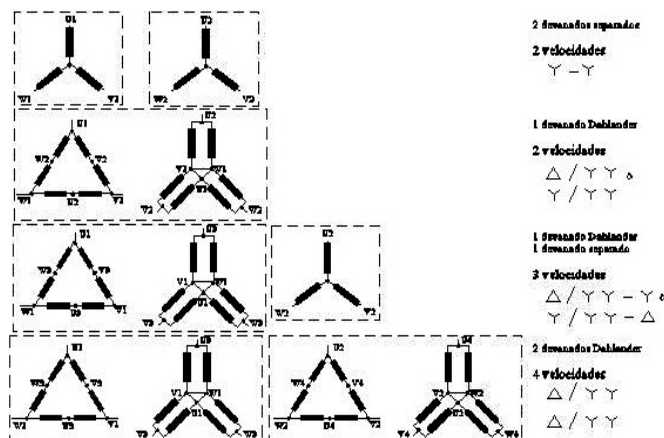


Fig.1.63 Sistemas de conexión de motores asíncronos trifásicos de varias velocidades

Este tipo de motores, cuyo rotor se construye siempre de jaula de ardilla, se suele emplear por lo general para el accionamiento de máquinas herramientas y ventiladores, a los tipos constructivos de la figura 1.63, sus características principales son las siguientes:

✓ Motores con dos devanados independientes.

Estos motores tienen dos velocidades, y se construyen de tal forma, que cada devanado se ejecuta, interiormente, con un número de polos diferentes y por tanto, según se conecte a la red uno u otro devanado, el motor girará con un número de revoluciones diferentes. En este tipo de motores suelen conectarse ambos devanados en estrella y las combinaciones de polos más frecuentes son: 6/2, 6/4, 8/2, 8/6, 12/2 y 12/4.

✓ Motores con un solo devanado, en conexión Dahlander

Estos motores, de dos velocidades, se construyen con un devanado trifásico normal, pero conectado

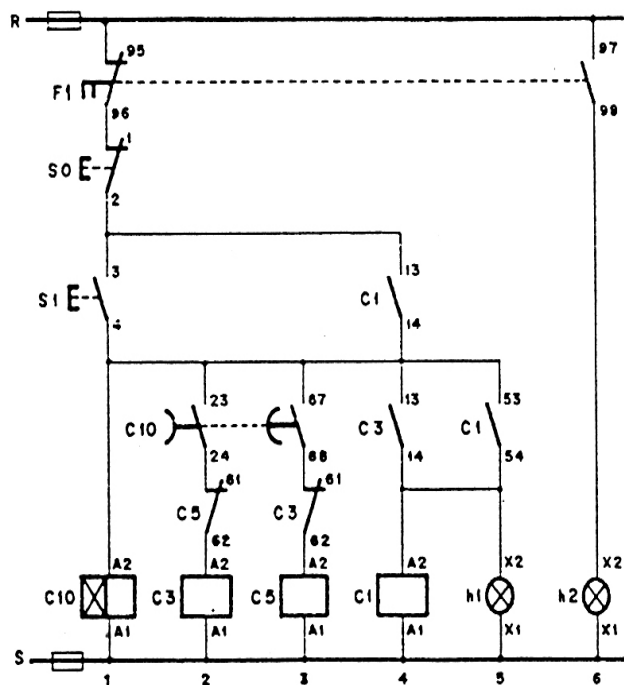


Fig.1.64 Esquema que presenta Siemens

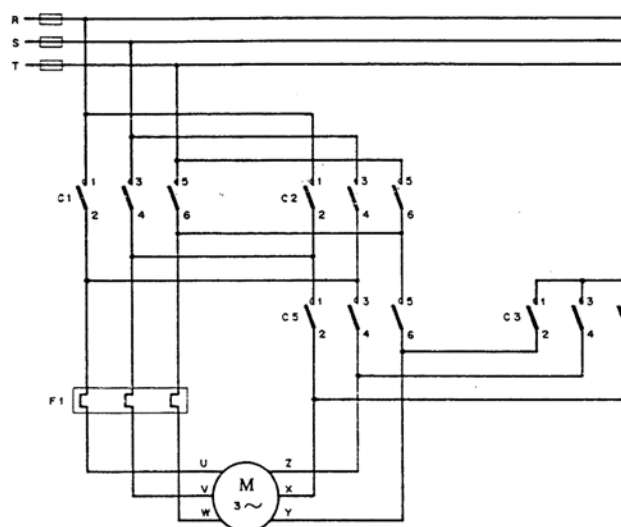


Fig.1.65 Arranque Estrella-Delta con inversión de giro

interiormente de tal forma, que según se conecten los bornes exteriores a la red, el motor tendrá un número de polos u otro distinto, pero siempre doble el uno del otro; por tanto tendrá dos velocidades de rotación, una doble que la otra. Según se aprecia en la figura 1.65, la conexión de sus devanados, se realiza en triángulo o estrella, para la velocidad menor y en doble estrella para la mayor, y las combinaciones de polos más frecuentes son: 4/2, 8/4 y 12/6.

✓ Motores con un devanado Dahlander y otro independiente

Con este tipo de motores se consiguen tres velocidades diferentes, dos con el devanado en conexión Dahlander y la tercera con el devanado independiente, que estará construido con un número de polos distinto a las dos polaridades obtenidas con el primero. Las conexiones mas utilizadas son las representadas en la figura 6 y las combinaciones de polos más frecuentes son: 6/4/2, 8/4/2, 8/6/4, 12/4/2, 12/6/4, 12/8/4, 16/12/8 y 16/8/4.

✓ Motores con dos devanados Dahlander

Con este tipo de motores se consiguen cuatro velocidades, dos con cada devanado, que han de estar diseñados para polaridades diferentes el uno del otro, siendo las combinaciones de polos mas utilizadas: 12/8/6/4 y 12/6/4/2.

A. MOTORES DE DOS VELOCIDADES, EN CONEXIÓN DAHLANDER O DE POLOS CONMUTABLES

El tipo de motor asíncrono trifásico de varias velocidades mas utilizado (casi el único que se emplea actualmente) es el de un solo devanado en conexión Dahlander y por tanto es el que describiremos con detalle a continuación.

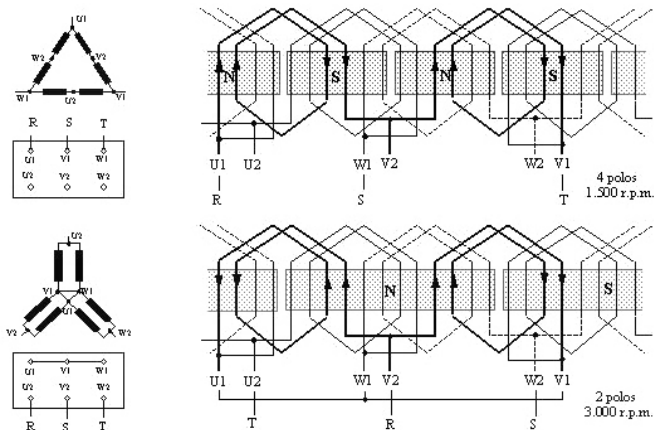


Fig.1.66 Conexiones internas, en triángulo y doble estrella, del devanado de un motor Dahlander, de 4 y dos polos

En la figura 1.66, está representado el devanado de un motor asíncrono trifásico en conexión Dahlander, donde se pueden apreciar tanto las conexiones internas como las conexiones de la placa de bornes a la red, en sus dos posiciones de funcionamiento. Este motor esta diseñado para trabajar con cuatro polos, cuando se conecta en triángulo y dos polos, cuando se conecta en doble estrella, según se aprecia en el devanado de la fase U1-V1 resaltada en el dibujo.

Según se aprecia en la figura 1.66, para el arranque en la velocidad menor, aplique la tensión de la red a los bornes U1, V1 y W1 de la placa de conexiones, por estar ya realizada la conexión triángulo, entre sus tres fases, en el interior del motor. Por el contrario, para la velocidad mayor, realice las siguientes operaciones: primeramente cortocircuite los bornes U1, V1 y W1, y a continuación, aplique la tensión de la red a los bornes U2, V2 y W2, en su placa de conexiones.

La conclusión obtenida de lo anteriormente expuesto es que, para el arranque automatizado de un motor en conexión Dahlander, se necesitan tres contactores. También se aprecia en la figura 1.66, que cuando se conecta el motor para la pequeña velocidad, se forma doble número de polos, por quedar todas las bobinas de una fase conectadas en serie, mientras que para la velocidad mayor, las bobinas de cada fase se conectan por mitades en paralelo, obteniéndose de esta forma, la mitad del número de polos que en el caso anterior.

Seguidamente se describen los esquemas de mando y protección, mas comúnmente empleados, para el accionamiento de motores en conexión Dahlander, mostrados en las figuras 1.67 y 1.68. El primero es un arranque simple, en cualquiera de las dos velocidades y el segundo es el mismo tipo de arranque, pero con los circuitos necesarios para que en cada una de sus dos velocidades, pueda arrancarse el motor en ambos sentidos de giro indistintamente.

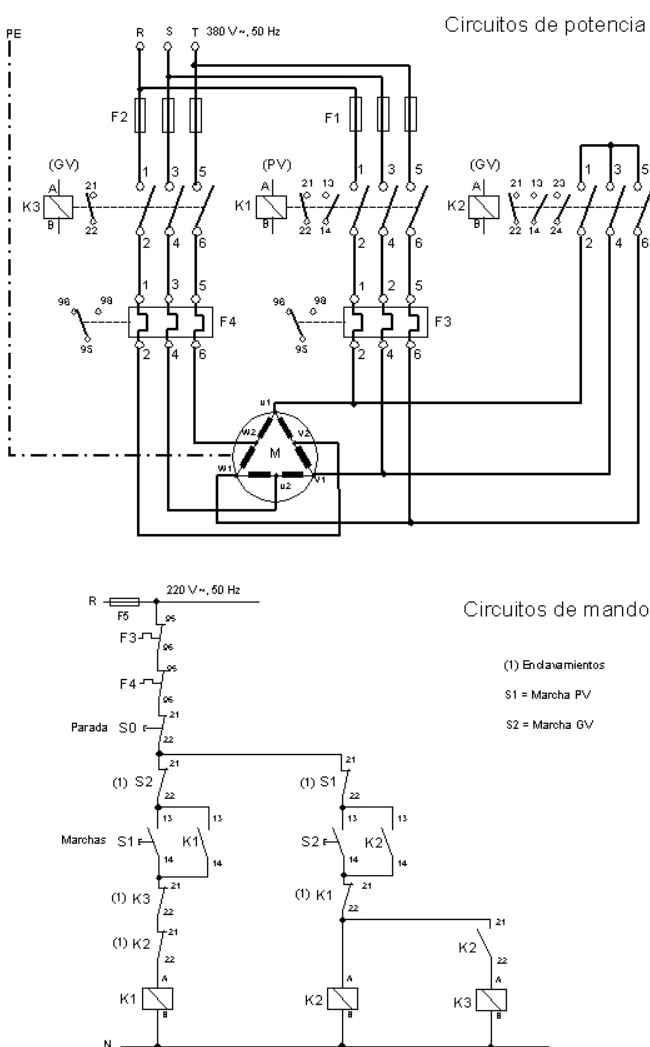


Fig. 1.67 Circuitos de potencia y mando, para arrancar un motor de polos conmutables (conexión Dahlander)

B. ARRANQUE DE UN MOTOR DE POLOS CONMUTABLES, DE DOS VELOCIDADES, SIN INVERSIÓN DE GIRO

Las características eléctricas de los elementos de mando y protección necesarias, para ejecutar este tipo de arranque serán como mínimo las siguientes:

- 1) Contactor K1, para la conexión y desconexión del motor en pequeña velocidad (PV). Será de una intensidad igual o superior a la I_n (corriente nominal) del motor en conexión triángulo.
- 2) Contactores K2 y K3, para la conexión y desconexión del motor en gran velocidad (GV). Serán de una intensidad igual o superior a la I_n del motor conectado en doble estrella.
- 3) Relés térmicos F3 y F4, para la protección contra sobrecargas en ambas velocidades. Calibre cada uno a la I_n del motor que este consume, en la velocidad que protege.
- 4) Fusibles F1 y F2, para la protección contra cortocircuitos. Serán del tipo aM e intensidad igual o superior a la máxima I_n del motor, en cada una de sus dos velocidades.
- 5) Fusible F5, para la protección de los circuitos de mando.
- 6) Botonera, con un pulsador simple de parada S0 y dos pulsadores dobles de marcha S1 y S2.

Seguidamente se describe, de forma resumida, el proceso de arranque, tanto en pequeña como en gran velocidad:

■ Arranque y parada en pequeña velocidad (PV)

- 1) Arranque, por pulsación sobre S1.
- 2) Cierre del contactor de línea K1 y arranque del motor, conectado en triángulo.
- 3) Autoalimentación, por (K1, 13-14).
- 4) Apertura de (K1, 21-22), que actúa como enclavamiento, para que aunque se pulse ahora marcha S2, no se exciten los contactores de gran velocidad K2 y K3.
- 5) Parada, por pulsación sobre S0.

■ Arranque y parada en gran velocidad (GV).

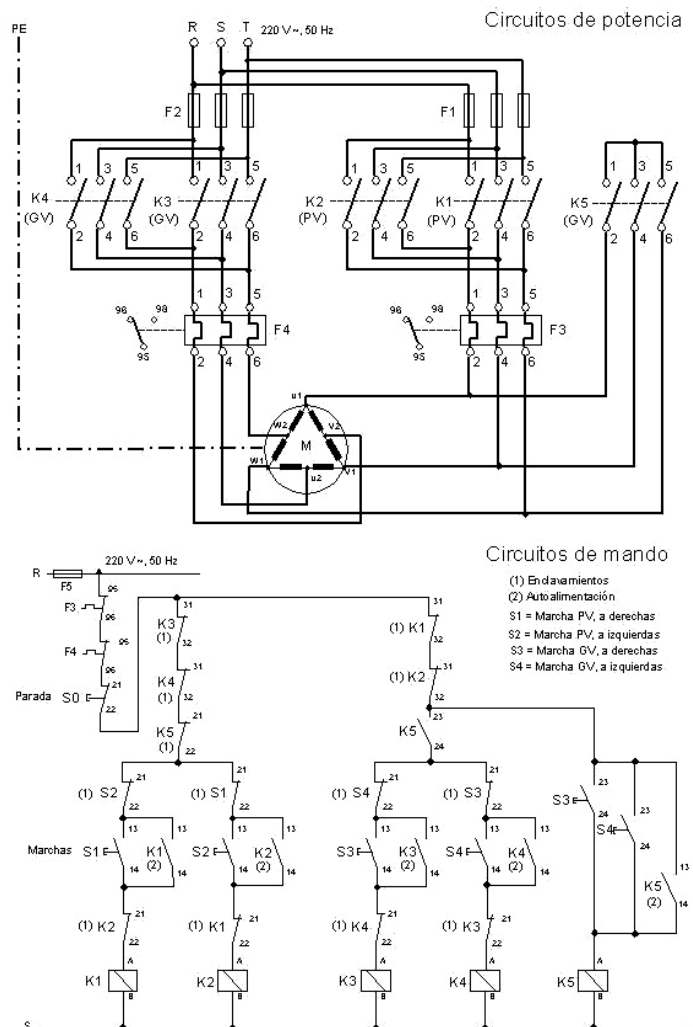
- 1) Arranque, por pulsación sobre S2.
- 2) Cierre del contactor de estrella K2, que forma la estrella del motor, al cortocircuitar: U1, V1 y W1.
- 3) Cierre del contactor de línea K3, por (K2, 21-22), con lo cual el motor se pone en marcha, conectado en doble estrella.
- 4) Autoalimentación, por (K2, 13-14)
- 5) Apertura de (K2, 21-22) y (K3, 21-22), que actúan como enclavamiento, para que nunca pueda cerrarse K1, mientras lo estén K2 o K3.
- 6) Parada, por pulsación sobre S0.

Los contactos auxiliares de la botonera (S1 y S2, 21-22), actúan como enclavamiento doble de botonera, para que si se intentan pulsar a la vez ambos pulsadores de marcha, no pueda excitarse ningún contactor. Estos contactos podrían suprimirse, siempre que existiera un enclavamiento de tipo mecánico, entre los contactores K1 y K2.

C. ARRANQUE DE UN MOTOR DE POLOS CONMUTABLES, DE DOS VELOCIDADES, CON INVERSIÓN DE GIRO

Las características eléctricas de los elementos de mando y protección serán los mismos que en el ejemplo anterior, siempre que se tenga en cuenta que existen dos intensidades nominales del motor, según cual sea su velocidad de funcionamiento.

Fig. 1.68 Circuitos de potencia y mando, para arranque de un motor



de polos conmutables (conexión Dahlander), con inversión de giro. Los circuitos de la figura 1.68, son unos de los mas

utilizados, aunque no los únicos, para el arranque de un motor de polos conmutables en ambos sentidos de giro y en cualquiera de sus dos velocidades.

Entre los dos contactores de cada inversor K1-K2 y K3-K4, se han puesto enclavamientos dobles: uno con contactos auxiliares de los propios contactores (K1, K2, K3 y K4; 21-22) y el otro con contactos de las propias botoneras de marcha (S1, S2, S3 y S4; 21-22). Estos últimos podrá sustituirlos por enclavamientos mecánicos entre cada par de contactores: K1-K2 y K3-K4, evitando en este caso el empleo de pulsadores de triple contacto para las marchas S3 y S4. Además se tienen enclavamientos entre los contactores empleados para la pequeña velocidad K1 y K2, y los restantes K3, K4 y K5, empleados para la gran velocidad, realizados por medio de los contactos auxiliares de los propios contactores (K1, K2, K3 y K4, 31-32) y (K5, 21-22).

A continuación se describe, resumidamente, el funcionamiento del circuito, en cada una de las cuatro posibilidades de marcha.

■ **Arranque y parada en PV (pequeña velocidad), sentido de giro a derechas**

- 1) Arranque por pulsación de S1
- 2) Cierre del contactor de línea K1 y arranque del motor en pequeña velocidad y sentido a derechas, conectado en triángulo.
- 3) Autoalimentación, por (K1, 13-14)
- 4) Parada, por pulsación sobre S0.

■ **Arranque y parada en PV, sentido de giro a izquierdas**

- 1) Arranque, por pulsación de S2
- 2) Cierre del contactor de línea K2 y arranque del motor en pequeña velocidad y sentido de giro a izquierdas, conectado en triángulo.

- 3) Autoalimentación, por (K2, 13-14)
- 4) Parada, por pulsación sobre S0

■ **Arranque y parada en GV, sentido de giro a derechas**

- 1) Arranque, por pulsación de (S3, 13-14 y 23-24).
- 2) Cierre del contactor de estrella K5, que forma la estrella del motor, al cortocircuitar: U1, V1 y W1.
- 3) Cierre del contactor de línea K3, por (K5, 23-24), con lo cual el motor ya se pone en marcha, en gran velocidad y sentido de giro a derechas, conectado en doble estrella.
- 4) Autoalimentación, por (K5, 13-14) y por (K3, 13-14).
- 5) Parada, por pulsación sobre S0.

■ **Arranque y parada en GV, sentido de giro a izquierdas**

- 1) Arranque, por pulsación de (S4, 13-14 y 23-24).
- 2) Cierre del contactor de estrella K5, que forma la estrella del motor, al cortocircuitar: U1, V1 y W1.
- 3) Cierre del contactor de línea K4, por (K5, 23-24), con lo cual el motor ya se pone en marcha, en gran velocidad y sentido de giro a izquierdas, conectado en doble estrella.
- 4) Autoalimentación, por (K5, 13-14) y por (K4, 13-14).
- 5) Parada, por pulsación sobre S0.

Si debido a una sobrecarga en el motor, salta alguno de los relés térmicos F3 ó F4, el efecto es el mismo que si pulsara S0 (parada), ya que cualesquiera que sea el contacto que se abra (F3 ó F4, 95-96),

1.7.3 PROCESO PARA ARRANCAR MOTOR TRIFÁSICO DE ANILLOS ROZANTES

Con estos tipos de motores se limita la intensidad de arranque sin perjudicar el par, porque se puede disponer de una resistencia elevada en el momento del arranque, y de una resistencia mucho menor cuando el motor haya alcanzado su velocidad de régimen, a este tipo de arranque se le conoce como: Arranque por resistencias rotóricas.

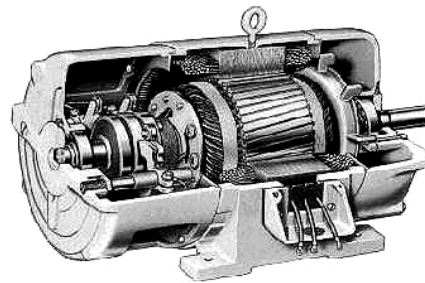


Fig.1.69 Motor de anillos rozantes

Para ello es necesario conectar, en serie con las bobinas del rotor, unas resistencias exteriores que se van eliminando a medida que el motor va acelerando, hasta llegar a cortocircuitar el circuito del rotor, en el momento en que el motor haya alcanzado su velocidad nominal.

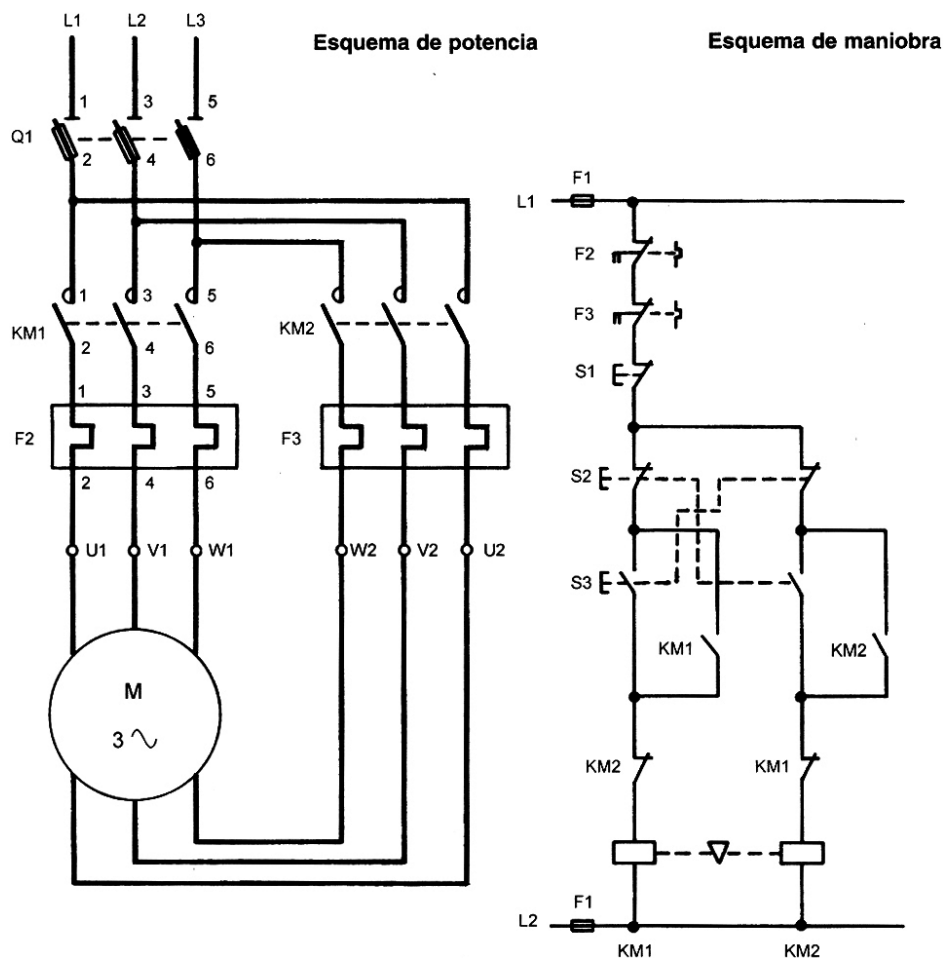


Fig.1.71 Circuitos de potencia y mando, para arrancar un motor trifásico con rotor bobinado

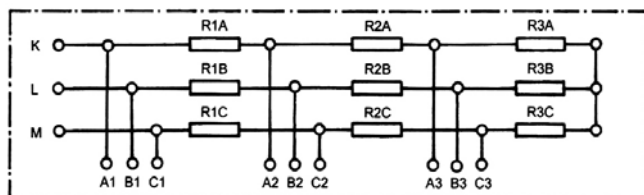


Fig.1.70 Representación de las resistencias rotóricas

Para la eliminación de los grupos de resistencias, se emplean contactores accionados por temporizadores, independientemente de la carga controlada por el motor.

También es posible accionar estos contactores mediante relés. En este caso, el cierre y la apertura de los mismos, está en función de la tensión o frecuencia rotóricas, factores que son proporcionales al deslizamiento del

rotor, y medibles entre los anillos colectores, a los cuales van conectadas las resistencias exteriores.

Es necesario tener presente, que en este sistema de arranque, no se tiene una reducción de la tensión para limitar la corriente pico de arranque, porque el estator se alimenta siempre con la tensión total, y que las resistencias se intercalan en serie con el bobinado del rotor, las cuales se irán eliminando progresivamente en dos o más tiempos, de acuerdo con la necesidad.

Con este método, la corriente pico de arranque se reduce en función de las resistencias rotóricas, mientras que el par de arranque se incrementa.

A medida que la velocidad aumenta, el par decrece, por tanto más rápidamente cuanto mayor sea la resistencia en el circuito del rotor.

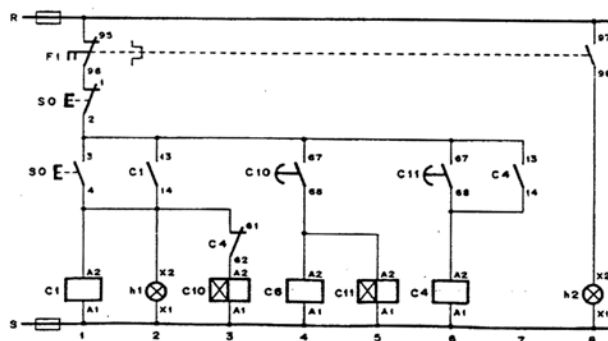
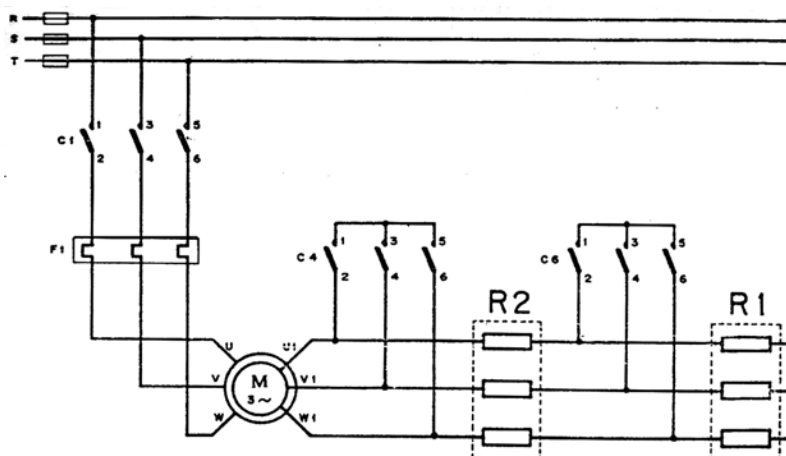


Fig.1.72 Arranque por medio de resistencias rotóricas

Tras cada desconexión de un grupo de resistencias, el par y la intensidad toman los valores correspondientes en la nueva resistencia rotórica intercalada. Este sistema permite adaptar el par durante el arranque, así como las corrientes pico, de acuerdo con las necesidades propias de la instalación.

Existen casos especiales, en los cuales las mismas resistencias se emplean para controlar la velocidad del motor.

En estos casos, las resistencias deben dimensionarse para realizar este trabajo, por cuanto el paso de corriente por ella es mucho más prolongado que en un simple arranque, reduciendo el rendimiento del sistema, por lo cual resulta muy práctico regular la velocidad del motor entre límites de tiempo muy largo.

A. Construcción de arrancadores por resistencias rotóricas:

El arrancador está conformado por las resistencias rotóricas, un contactor para conectar el estator a la línea de alimentación, y dos o más contactores y temporizadores para eliminar las resistencias.

El contactor que conecta el estator a la red debe estar calculado para la intensidad nominal, mientras que los contactores que cortocircuitan las resistencias se calculan en función de la intensidad rotórica y del sistema que se adopte para cortocircuitar cada grupo de resistencias.

Este sistema permite adaptar el par de arranque y las corrientes pico correspondientes, a las necesidades propias de la instalación.

Las resistencias pueden irse eliminando, de acuerdo con un tiempo fijo, o en función de la carga que debe accionar el motor.

Se necesitan seis conductores entre el arrancador y el motor.

Estos arrancadores se construyen normalmente para máquinas que deben arrancar a plena carga y bajo pedido.

La conexión de una resistencia sobre el rotor reducirá su velocidad tanto más, cuanto más elevada sea la resistencia.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<i>Reducción de la intensidad de arranque.</i>	<i>Motor de costo elevado</i>
<i>Mejor par de arranque respecto al motor con rotor en jaula de ardilla.</i>	<i>Requiere un equipo de resistencias adecuado al motor.</i>
<i>Permite arranques de mayor duración que el motor con rotor en jaula de ardilla.</i>	<i>Mayor mantenimiento a causa de los anillos rozantes</i>
<i>Fácil inversión de giro</i>	<i>Mayores dimensiones del motor.</i>

B. Características principales del motor asíncrono con rotor bobinado:

Corriente de arranque..... $I_a \leq 2.5 I_n$.
Par de arranque..... $M_a \leq 2.5 M_n$.
Tiempo medio del arranque.....3 tiempos, 2.5 s.
4 a 5 tiempos, 5 s.

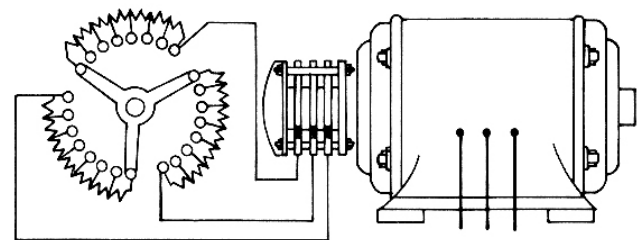


Fig.1.73 Se muestra un arranque de un motor trifásico de anillos rozantes

Aplicación de este arranque:

Para máquinas de arranque en carga, de arranque progresivo, de arranques poco frecuentes.

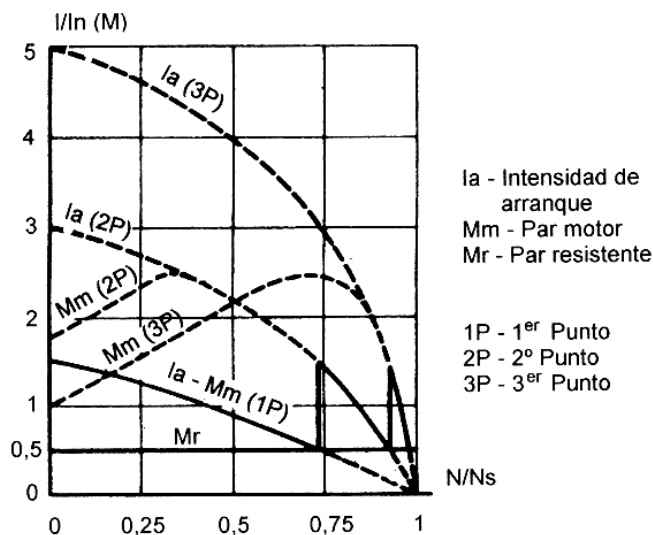


Fig.1.74 Curva de intensidad y par

U_r : Tensión rotórica
 P : Potencia en kW.
 $P1$: Potencia en CV

2) Resistencia unida (R_u).

-En circuito trifásico.

$$R_u = \frac{333 \times P}{I_r^2}$$

$$R_u = \frac{245 \times P1}{I_r^2}$$

P : Potencia en kW
 I_r : Intensidad rotórica
 $P1$: Potencia en CV

-En un circuito bifásico

$$R_u = \frac{500 \times P}{I_r^2}$$

$$R_u = \frac{368 \times P1}{I_r^2}$$

C. Fórmulas eléctricas para el cálculo de los diferentes elementos para el arranque del motor con rotor bobinado.

1) Intensidad rotórica (I_r).

$$I_r = \frac{666 \times P}{U_r}$$

$$I_r = \frac{491 \times P1}{U_r}$$

3) Valor de la resistencia.

$$R_{total} = \frac{R_u - r}{1^a \text{ punta}}$$

R_{total} : Valor de la resistencia por fase.
 r : Resistencia interna del motor.
 1^a punta : Punta de intensidad prevista para el arranque.

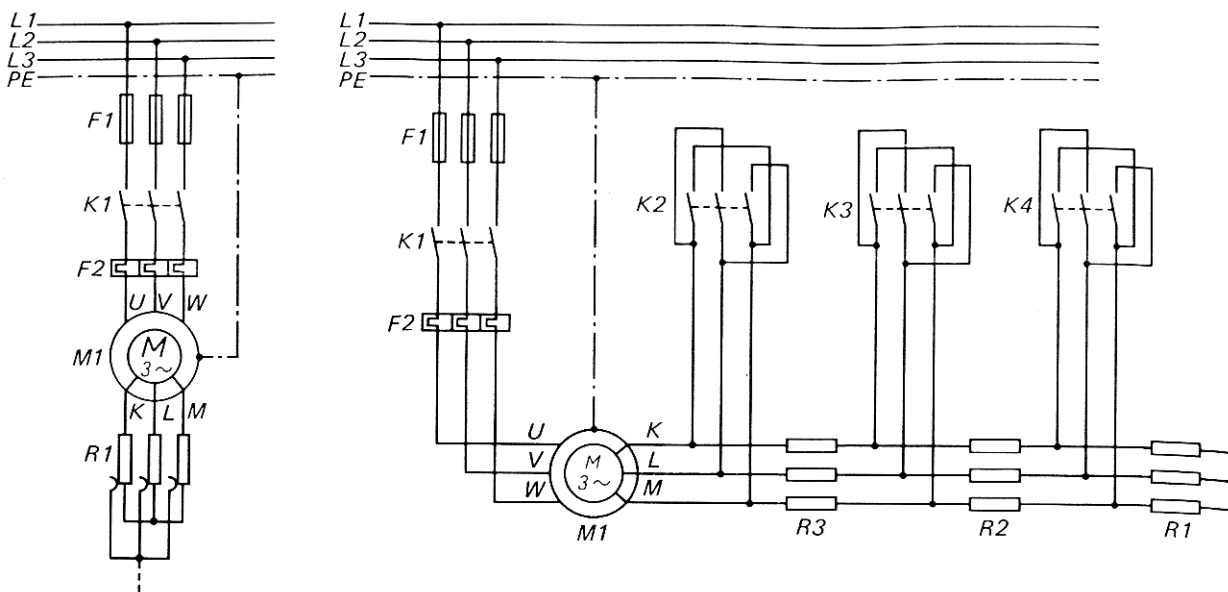


Fig.1.75 Dos diagramas distintos para el arranque de un motor de anillos rozantes

4) Valores intermedios de la resistencia (R_f).

$$R_f = \frac{R_u + r}{\text{Punta}} - r$$

R_f : Resistencia por fase para un tiempo.

R_p : Resistencia total (2° tiempo) o resistencia precedente.

Punta: Punta de intensidad deseada para un tiempo determinado.

5) Punta del último tiempo (Punta).

$$\text{Punta} = \frac{R_p + r}{r}$$

Intensidad media (I_{media}).

$$I_{media} = I_r + \frac{I_p - I_r}{3}$$

D. Proceso de ejecución

A continuación se describe el proceso para arrancar un motor trifásico de polos conmutables y par constante, conexión Dahlander.

■ Materiales que utilizará:

1) Cable TSJ 4x12

2) Riel DIN para acoplar los elementos de control

3) Cinta de aislar

4) Bornera de conexión

5) Motor Dahlander para dos velocidades distintas.

6) Seccionador general con fusibles (interruptor de cuchillas).

Potencias		Velocidades		Intensidades		Relación I_a/I_n		Relación M_a/M_n	
4 polos KW	2 polos KW	4 polos (PV) min ⁻¹	2 polos (GV) min ⁻¹	4 polos (PV) A	2 polos (GV) A	4 polos	2 polos	4 polos	2 polos
0,5	1,8	1.380	2.800	1,3	5	4	4,7	1,9	2
2	8	1.450	2.910	4,2	16,7	5,8	7	2,2	2,3
11	45	1.455	2.930	22	84	6,6	6,8	1,8	2

(a)

Potencias		Velocidades		Intensidades		Relación I_a/I_n		Relación M_a/M_n	
8 polos KW	4 polos KW	8 polos (PV) min ⁻¹	4 polos (GV) min ⁻¹	8 polos (PV) A	4 polos (GV) A	8 polos	4 polos	8 polos	4 polos
0,5	2	700	1.400	1,9	5,1	3	4,5	1,4	1,7
3	12	730	1.460	8,3	26	4,5	7	1,6	2
11	50	725	1.460	25	91	5,4	6,9	1,9	2,1

(b)

Fig.1.76 Valores de referencia de las características de motores en conexión Dahlander. (a) Motor con velocidades de $n_s=1,500/3,000$ min.

(b) Motor con velocidades de $n_s=750/1,500$ min.

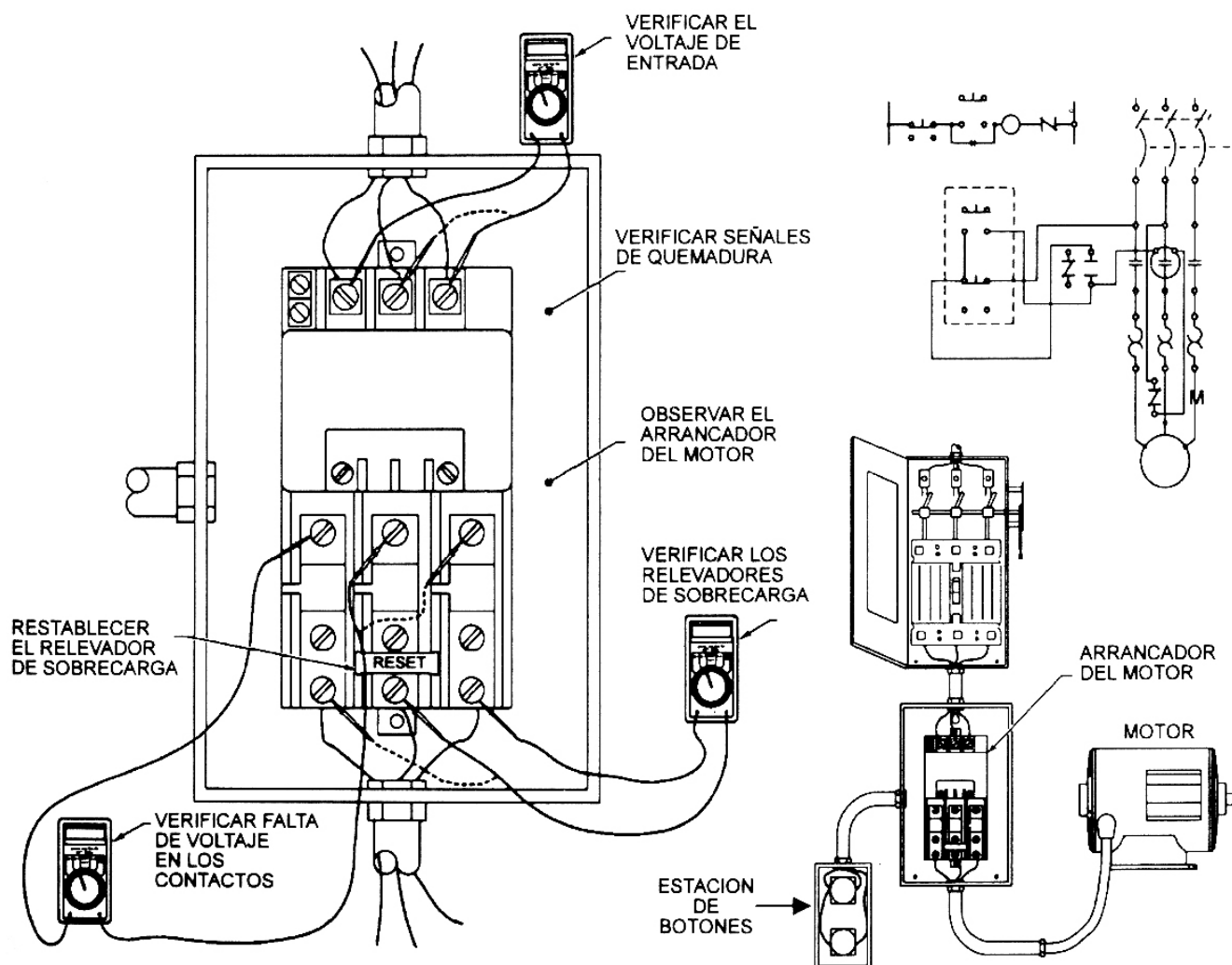


Fig.1.77 Compruebe la tensión de alimentación, por medio de un multímetro

- 7) Los fusibles serán para la mayor intensidad (menor número de polos)
- 8) Multímetro
- 9) Banco de trabajo
- 10) Tres contactores de tres polos (tripolares)
- 11) Dos relés térmicos
- 12) Dos temporizadores (timers)
- 13) Botonera paro-marcha

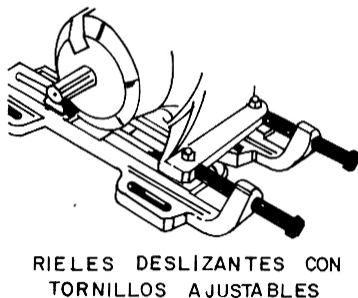
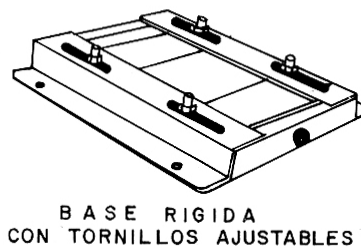
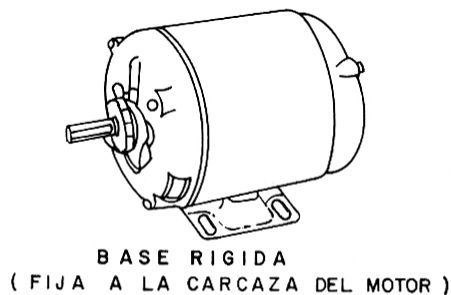


Paso 1

Montar motor y accesorios

- 1) Limpie y ordene el área de trabajo.
- 2) Prepare el equipo, herramienta y materiales a utilizar.
- 3) Mida la tensión de red, compruebe que sea la misma que se indica en la placa del motor (tensión nominal V_n).
- 4) Asegure el motor a sus anclajes o rieles de tal forma que no se produzca ninguna vibración ni corrimiento del motor.

- 5) Trace en el tablero, señalando el lugar que debe ocupar cada elemento de control eléctrico, según la figura siguiente.
- 6) Realice los montajes de los elementos de control (contactores, botoneras, protectores térmicos, timers), así también motor de polos conmutables (motor Dahlander) según los diagramas de fuerza y mando (control) mostrados en la figura siguiente.
- 7) Monte el motor sujetando con pernos al tablero de madera.



TIPOS DE BASES RÍGIDAS PARA MOTORES

Fig.1.78 Forma correcta de anclar un motor



Paso 2

Conectar circuito

- 1) Coloque los fusibles en el interruptor.
- 2) Conecte los diagramas de control y de potencia utilizándolos de acuerdo a los esquemas de las figuras.
- 3) Conecte los elementos de control y equipo utilizado.

ESQUEMA DE POTENCIA

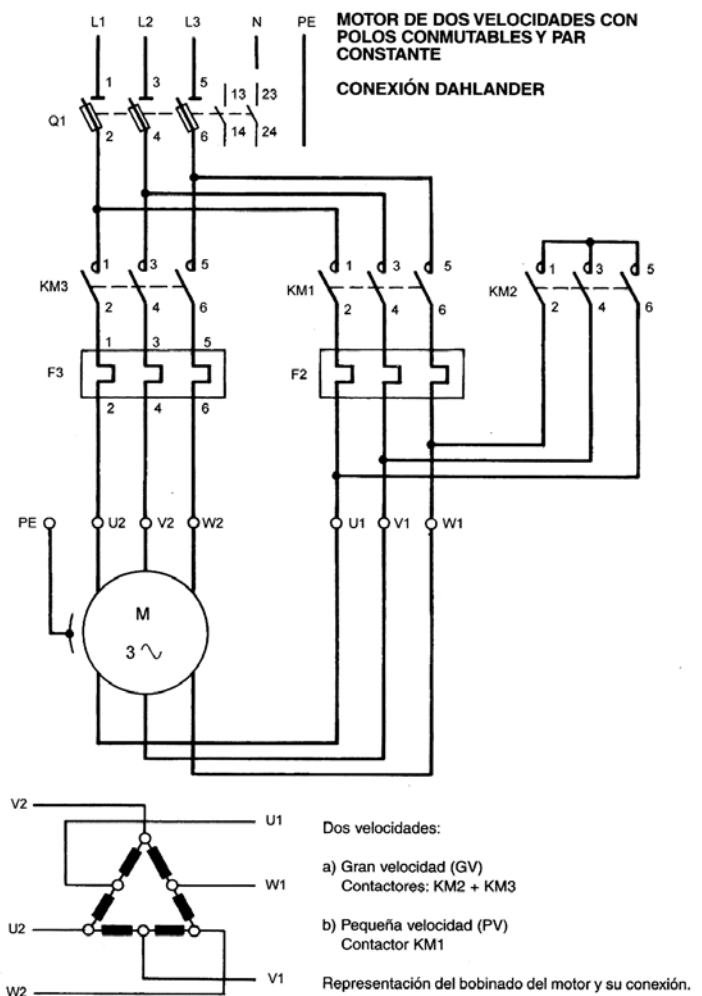


Fig.1.79 Esquema de potencia

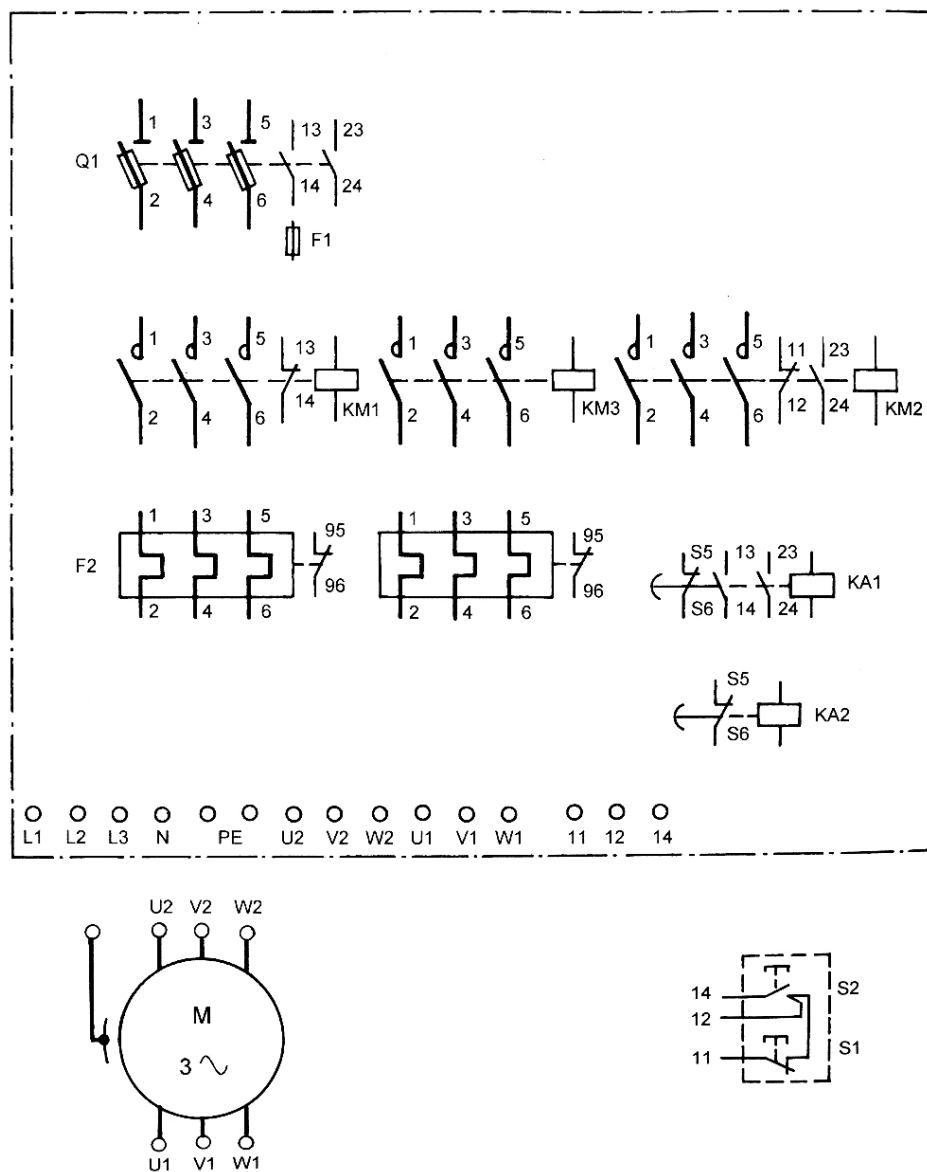


Fig.1.80 Presentación de los elementos eléctricos

4. Realice la conexión puesta a tierra tanto en el motor como del armario, o todas aquellas partes metálicas expuestas.



Paso 3 Energizar circuito

- 1) Compruebe que las conexiones estén bien realizadas y apretadas.
- 2) Verifique con un multímetro la medición de continuidad (en esta prueba no energice ningún elemento).
- 3) Conecte la corriente al circuito.
- 4) Verifique el correcto funcionamiento del motor, a través de la medición de sus magnitudes eléctricas y mecánicas (corriente nominal, revoluciones por minuto, potencia eléctrica, entre otras).
5. Desconecte el motor Dahlander de la red de servicio.



Paso 4

Desarme el circuito, evitando dañar los accesorios y equipos.

Los fabricantes de elementos de control de motores, disponen de formas básicas y sencillas para desarmar: contactores, botoneras; por tanto no forcejee los dispositivos de control.

1. Verifique efectivamente con un multímetro la carencia de tensión, en el momento del desmontaje de los elementos de control de motores.
2. Utilice las herramientas adecuadas y correctamente (destornilladores, pinzas, alicates, llaves, etc.) para desmontar los equipos de control.
3. Limpie y proporcione mantenimiento básico al equipo y herramienta utilizadas.
4. Coloque ordenadamente en una caja plástica, todos los elementos desmontados.

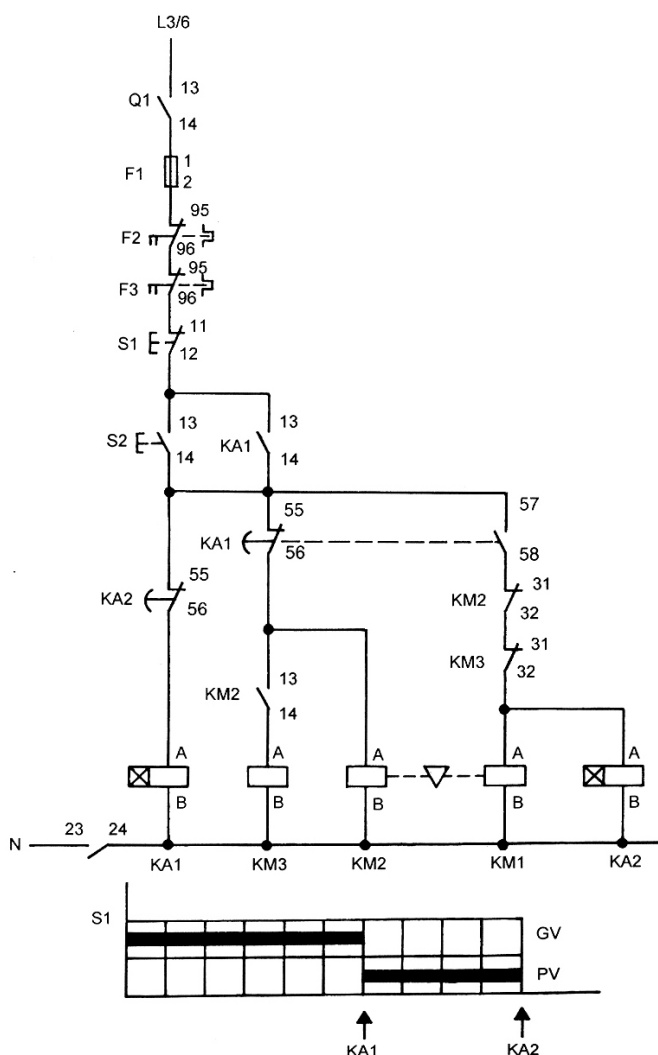


Fig.1.81 Esquema de maniobra del motor Dahlander. Motor de dos velocidades con polos conmutables y par constante conexión Dahlander.

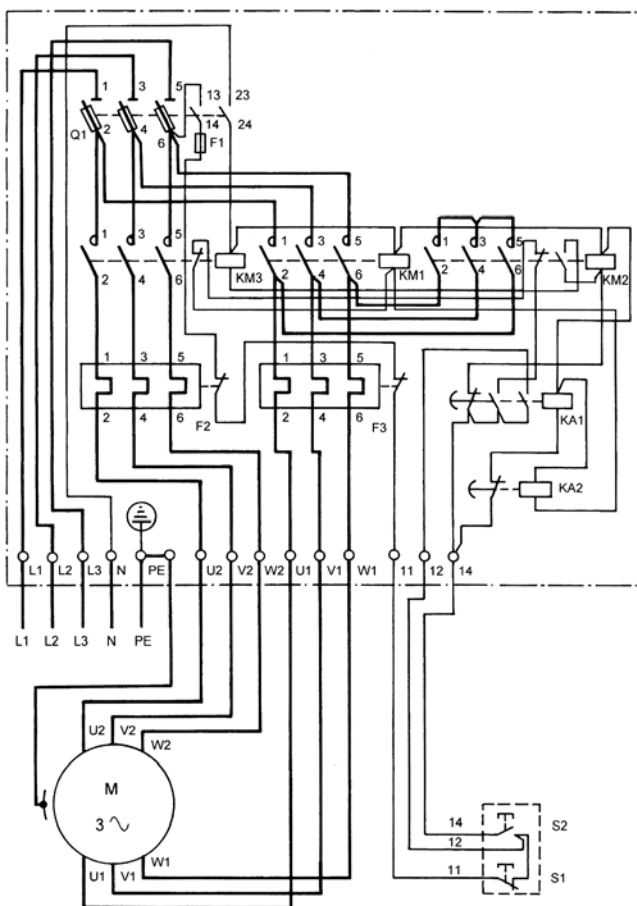


Fig.1.82 Esquema general de conexiones



1.7.4 MEDIDAS DE SEGURIDAD

A continuación se indican las consideraciones mínimas necesarias para realizar la instalación y montaje de motores eléctricos trifásicos de tensiones conmutables, polos conmutables y de anillos rozantes. Por tanto, antes de energizar el motor:

- Utilice la ropa adecuada (guantes de electricista, botas con puntas de acero, lentes protectores, etc.) para evitar cualquier accidente, de tipo eléctrico o mecánico, en el momento del montaje, instalación, y mantenimiento de los motores eléctricos trifásicos.
- Compruebe (con la ayuda de un multímetro) que las conexiones estén realizadas según los diagramas indicados.
- Asegúrese de que las tuercas estén bien apretadas al montar el motor.
- Cerciórese que el motor esté efectivamente conectado a tierra, para evitar cualquier descarga accidental por defectos de aislamiento o fallas en la red.
- Compruebe que los elementos de control tales como: contactores, temporizadores, luces piloto, etc., tengan el tipo (AC o CD), como nivel de tensión (220, 110, 48 ó 24 V) adecuado.



Tenga en cuenta, que este tipo de arranques (t e n s i o n e s

conmutables, polos conmutables y de anillos rozantes) no pueden ser realizadas en cualquier tipo de motor, ya que deben satisfacer ciertas características importantes.

A. Motores que se pueden conectar en conexión Estrella -Delta

- Con tensión de red 220 V.

- Motores de seis puntas.

Cuya placa de características se lee:
 $V=220/380\text{ V}$.

- Con tensión de red 380 V.

Cuya placa de características se lee:
 $V=380/660\text{ V}$.

- Deben ser para dos tipos de tensiones, como por ejemplo: 220/380 V.

Formas de conexión de las bornas del motor.

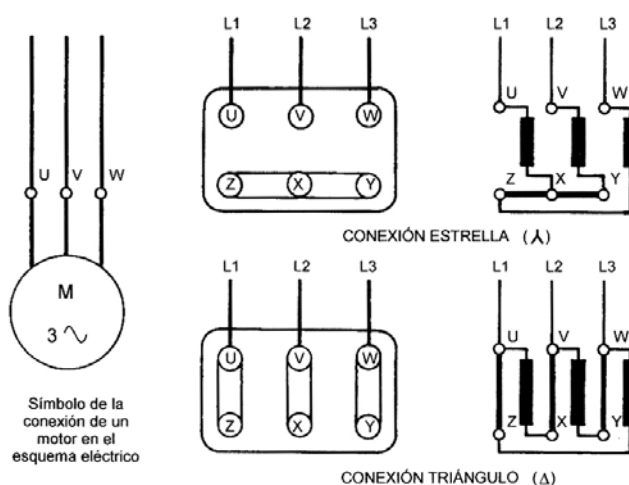
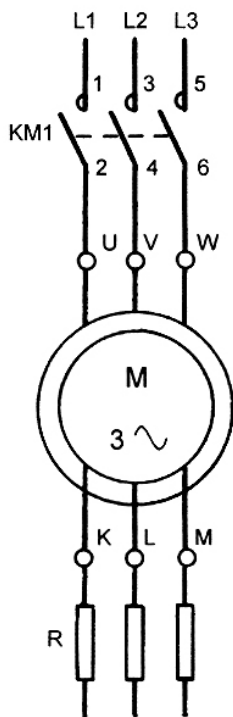


Fig.1.83 Conexión Estrella – Delta

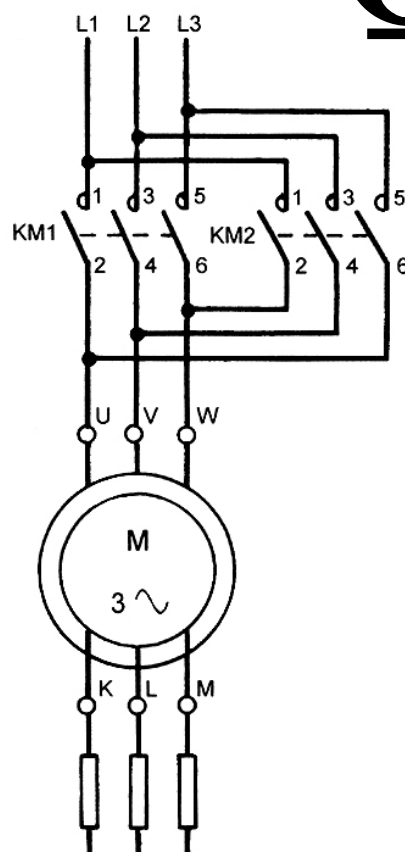
Los motores de rotor bobinado, se arrancan con resistencias rotóricas.

Los motores de polos conmutables deberán indicar "Motor Dahlander" en forma clara en la placa de características, por el contrario no se podrá arrancar por ningún motivo cualquier otro motor.

ARRANQUE NORMAL.



ARRANQUE CON INVERSIÓN DEL SENTIDO DE GIRO.



1.7.5 PROTECCIÓN AMBIENTAL

Existen fallas en los motores, debido a los efectos ambientales, como son: la presencia de agua, humedad, polvo, grasas, aceite, etc., que tienen que ver con aspectos de mantenimiento. Por esta razón se recomienda lo siguiente:

- ✓ Limpie constantemente la superficie del motor, con la ayuda de un paño seco.
- ✓ Limpie los derrames de aceite producidos en el motor o cercanos a éste, ya que no solo producen daños al motor sino también producen gases que contaminan el medio ambiente.

Fig.1.84 Conexión de motor asíncrono con rotor bobinado

1.8 CONEXIÓN DE STEINMETZ

El funcionamiento del motor de inducción o motor asíncrono se basa en un campo magnético giratorio. Por tanto, los motores de inducción monofásicos deberán crear un campo magnético giratorio con la corriente alterna monofásica.

Si en un motor monofásico existe una bobina recorrida por una corriente alterna, en ella aparecerá un campo alterno. Este campo magnético fijo en el espacio cuyo valor varía continuamente, y el sentido se invierte periódicamente; por tanto no se trata de un campo giratorio. En cambio, si la máquina monofásica posee dos devanados desplazados 90° uno del otro y si se emplean componentes adicionales tales como condensadores, resistores o bobinas reactivas, también podrá obtenerse una corriente alterna monofásica y un campo giratorio. La corriente suministrada a través del condensador presenta un desfase respecto a la tomada directamente de la red, por lo que se produce en el motor un campo magnético rotativo.

Como las corrientes en cada una de las fases son de diferente magnitud, la intensidad del campo rotativo varia periódicamente durante cada revolución, es decir, el campo rotativo no es circular como el del motor trifásico sino elíptico. En un campo rotativo elíptico, el par de arranque es menor que en uno circular.

1.8.1 PROCESO PARA REALIZAR CONEXIÓN DE STEINMETZ

Los campos magnéticos de dos bobinas desplazadas 90° una de otra, darán lugar a un campo magnético

giratorio, cuando el desfase entre ambas corrientes sea de aproximadamente 90° .

El sentido de giro del campo depende de los sentidos del tipo de corriente que circula por las bobinas. Es posible obtener campos giratorios de varios polos con una corriente alterna monofásica.

También es posible crear un campo giratorio en un motor asíncrono trifásico, con una corriente alterna monofásica (**conexión Steinmetz**).

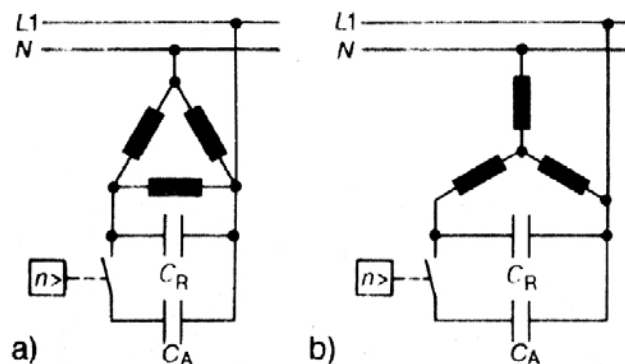


Fig.1.85 Devanados de estator en motor trifásico en conexión Steinmetz

- a) Motor para 380 V/220 V conectado a una tensión alterna 220 V;
b) Motor para 220 V/125 V conectado a una tensión alterna de 220 V

A. PROCESO DE EJECUCIÓN

A continuación se describe el proceso, para arrancar un motor trifásico con la conexión de Steinmetz.

■ Materiales que utilizará:

- 1) Un motor trifásico de 1 HP conectado en triángulo a 220 V.



2. Un condensador de régimen (permanente o de impregnación de aceite) de 70 μF .
3. Un condensador de arranque (electrolíticos) de 140 μF .



Fig.1.86 Condensador permanente o de impregnación de aceite



Fig.1.87 Condensador electrolítico

■ Equipo que utilizará:

1. Ohmímetro
2. Voltímetro
3. Amperímetro

■ Herramienta que utilizará:

1. Destornillador
2. Navaja curva
3. Alicates
4. Pinzas



Paso 1

Realice las conexiones.

Conecte el motor trifásico en la conexión triángulo.

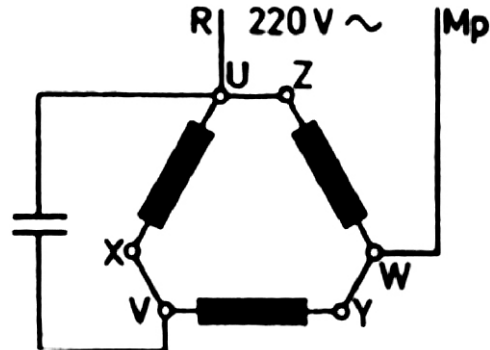


Fig.1.88 Conexión de un motor trifásico a la red monofásica (conexión Steinmetz)

Observación:

Preste especial atención y cuidado a que el motor esté conectado de acuerdo con la tensión de la red; por ejemplo, el motor asíncrono trifásico para tensiones 220 V/ 380 V D-Y, debe conectarse a la tensión de 220 V en triángulo



Paso 2

Conecte los bornes U y W respectivamente a R y Mp (220 V) y V también a R, a través de los condensadores de arranque (en paralelo).



Paso 3

Una vez arrancado el motor, desconecte por medio de un interruptor (contactor) el condensador de arranque.

Observación:
La capacidad del condensador de régimen puede calcularse con la tabla de a figura siguiente:

Tensión de red en V	127	220	380
Capacidad en μF por cada kW de potencia del motor	200	70	20

Fig.1.89 Valores empíricos de la capacidad de los condensadores de régimen en la conexión Steinmetz

Cuando el motor funcione conectándolo a la red monofásica con un condensador de régimen C_R , cuya capacidad se haya obtenido con la tabla de la Figura anterior, su par de arranque se reducirá al 30% del valor normal, o sea, del que tendría conectado a una red trifásica.

La potencia disminuirá al 80% de su valor nominal. Para que el par de arranque sea igual al del funcionamiento trifásico deberá conectar durante la puesta en marcha del motor, un condensador de arranque C_A en paralelo con el condensador de régimen C_R . La capacidad del condensador de arranque deberá ser del doble de la capacidad del de régimen.

$$C_A = 2 \times C_R$$

Los condensadores que se precisan en este circuito, son relativamente caros, debido a sus grandes capacidades y a las elevadas tensiones que deben poder soportar. Por ello, este método de conexión sólo resulta económico para potencias menores que 2 kW.

El flujo magnético f , al igual que en una máquina monofásica con devanado auxiliar, no se mantendrá constante durante una vuelta completa. En el diagrama

vectorial del flujo magnético f , se obtendrá un campo giratorio elíptico.

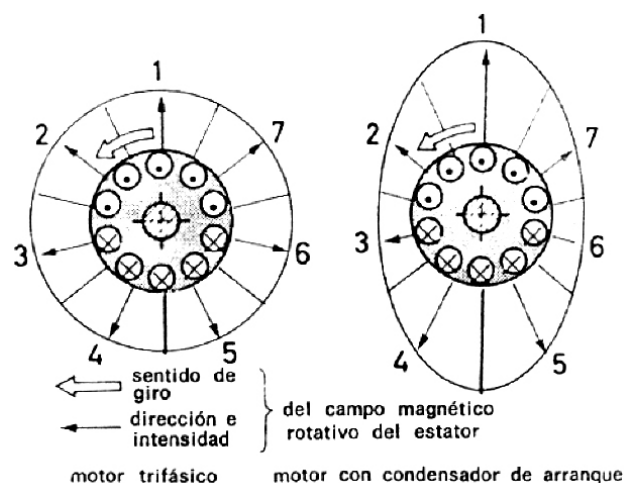


Fig.1.90 Campos rotativos circular y elíptico

El par del rotor en jaula de ardilla se obtiene del mismo modo que al conectarlo a corrientes trifásicas. Por tanto, el rotor girará con una frecuencia de giro n , que diferirá de la frecuencia del campo giratorio n_f en la velocidad de deslizamiento n_s . También existirá pues, un deslizamiento S de valor:

$$S = \frac{n_f - n}{n_f} \times 100 \text{ en } \%$$

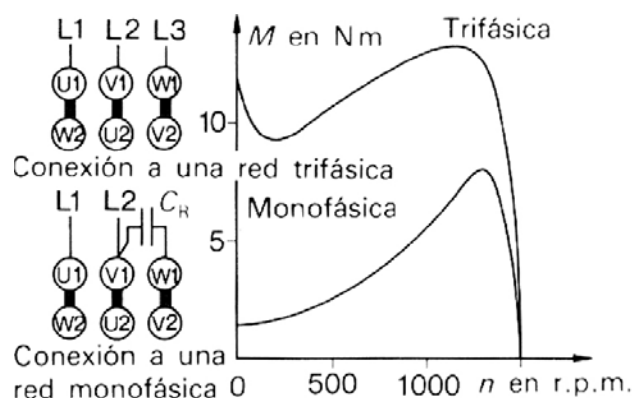


Fig.1.91 Curvas características de un motor trifásico en conexión Steinmetz

Observación:

Debido a que en la mayoría de los casos el campo giratorio existente será elíptico, resultarán motores de peores características de servicio que los motores asíncronos trifásicos. Los mototrifásicos pueden funcionar en conexión Steinmetz, si sólo se les aplica un 70% de su carga nominal y si por cada kW de potencia nominal se utiliza un condensador de 70 mF a 220 V.



1.8.2 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Durante el proceso de instalación de cada uno de los condensadores, cortocircuite las puntas de cada condensador por medio de un destornillador y asegúrese de no tocar el destornillador ni las puntas del condensador, durante el cortocircuito.

Observe que la potencia en la placa del motor monofásico no sea mayor que 3 kW, ya que las compañías de suministro de electricidad solo permiten la conexión de motores monofásicos con potencias de hasta 3 kW, para evitar una excesiva carga asimétrica de la red.

Asegúrese por medio de un multímetro, que la tensión de fase de alimentación del motor trifásico sea igual a la tensión de la red monofásica.



1.8.3 PROTECCIÓN AMBIENTAL

Si un condensador se encontrara dañado, reemplácelo por uno nuevo, con las características similares de faradaje como de la tensión nominal de alimentación.

En lo que debe prestar atención es que no sólo se trata de reemplazarlo y colocar uno nuevo, las buenas prácticas de conservación del ambiente y el manejo de desechos industriales tienen como finalidad mantener un lugar libre de contaminación.

Por tanto:

Guarde todos los capacitores dañados, en un recipiente con tapadera para cerrar y nunca olvide verificar que estén efectivamente dañados.

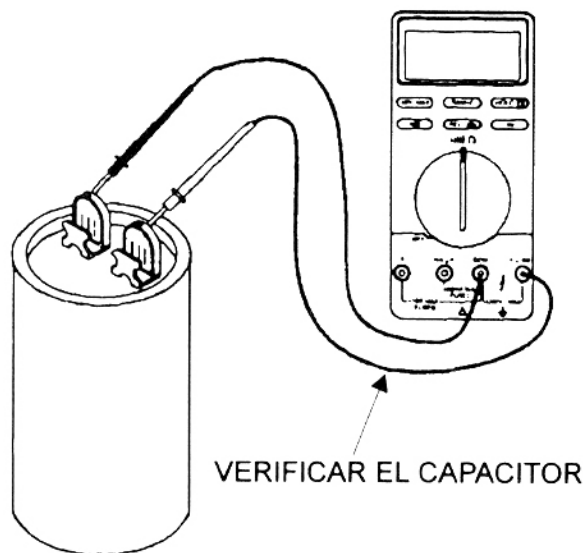


Fig. 1.92 Verificar el capacitor

Coloque un rótulo en el recipiente, indicando que los capacitores o condensadores están dañados.

REALIZAR MANTENIMIENTO DE MOTORES TRIFÁSICOS, DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE FABRICANTES

1.9 CÁLCULO DE CONDUCTORES PARA MOTORES TRIFÁSICOS

Solución:

Para un motor trifásico de jaula de ardilla con par de arranque normal, la corriente a plena carga ver Fig.1.93 a 220 V y 3 HP es 10 amperios, el conductor se calcula para:

$$I = 1.25 I_N = 1.25 \times 10 = 12.5 \text{ A}$$

Cuando se alimenta un motor en forma individual, la capacidad de conducción de corriente (Ampacidad) de los conductores del circuito derivado debe ser al menos del 125% de la corriente a plena carga o nominal del motor.

a. Ejemplo 1:

En la instalación eléctrica de un motor de inducción se usan conductores THW. Calcule el calibre de conductor requerido para alimentar un motor de 3 HP, alimentado con 220 Voltios.

DATOS PARA MOTORES TRIFÁSICOS DE INDUCCIÓN Y ELEMENTOS DEL CIRCUITO DERIVADO								
CAP. MAX. HP.	V	CORR. NOR. AMPS	INTERRUPTOR		ARRANCADOR TAMANO NEMA	CONDUCTOR TW (AWG o MCM)	DIAM. TUBO CONDUIT	
			AMP	MARCO			m.m.	Pulg.
1/4	220	1	15	TE	00	3 Nº 12	13	1/2
1/2	220	2	15	TE	00	3 Nº 12	13	1/2
3/4	220	2.8	15	TE	00	3 Nº 12	13	1/2
1	220	3.5	15	TE	00	3 Nº 12	13	1/2
	440	1.8	15	TEF	00	3 Nº 12	13	1/2
1 1/2	220	5	15	TE	00	3 Nº 12	13	1/2
	440	2.5	15	TEF	00	3 Nº 12	13	1/2
2	220	6.5	20	TE	00	3 Nº 12	13	1/2
	440	3.3	15	TEF	00	3 Nº 12	13	1/2
3	220	9	30	TE	0	3 Nº 12	13	1/2
	440	4.5	15	TEF	0	3 Nº 12	13	1/2
5	220	15	30	TE	1	3 Nº 12	13	1/2
	440	7.5	20	TEF	0	3 Nº 12	13	1/2
7 1/2	220	22	50	TE	1	3 Nº 10	19	3/4
	440	11	20	TEF	1	3 Nº 12	13	1/2
10	220	27	50	TE	2	3 Nº 10	19	3/4
	440	14	30	TEF	1	3 Nº 12	13	1/2
15	220	40	70	TE	2	3 Nº 8	19	3/4
	440	20	30	TEF	2	3 Nº 10	19	3/4
20	220	52	100	TE	3	3 Nº 6	25	1
	440	26	50	TEF	2	3 Nº 8	19	3/4
25	220	64	100	TE	3	3 Nº 4	32	1 1/4
	440	32	50	TEF	3	3 Nº 8	19	3/4
30	220	78	125	TFJ	3	3 Nº 2	32	1 1/4
	440	39	70	TEF	3	3 Nº 8	19	3/4
40	220	104	200	TFJ	4	3 Nº 0	51	2
	440	52	100	TEF	3	3 Nº 6	25	1
50	220	125	200	TFJ	4	3 Nº 0	51	2
	440	63	100	TEF	3	3 Nº 4	32	1 1/4
60	220	150	225	TFJ	5	3 Nº 2/0	51	2
	440	75	125	TFJ	4	3 Nº 2	32	1 1/4
75	220	185	300	TJJ	5	3 Nº 4/0	64	2 1/2
	440	93	150	TFJ	4	3 Nº 2	32	1 1/4
100	220	246	400	TJJ	5	3 Nº 300MCM	64	2 1/2
	440	123	200	TFJ	4	3 Nº 0	51	2
125	220	310	400	TJJ	5	3 Nº 3/0	51	2
	440	155	225	TFJ	5	3 Nº 3/0	51	2
150	220	360	600	TKM	5	3 Nº 4/0	64	2 1/2
	440	180	300	TJJ	5	3 Nº 4/0	64	2 1/2
200	220	480	800	TKM	5	3 Nº 300MCM	64	2 1/2
	440	240	400	TJJ	5	3 Nº 300MCM	64	2 1/2

Fig. 1.93 Corriente a plena carga de motores trifásicos.
Para longitudes de conductor de hasta 60 m.

Consultando la tabla, de la capacidad de corriente para conductores, para tres conductores en tubo conduit, para una corriente de 12.5 A, se requiere un conductor THW No. 14, sin embargo el mínimo permisible es el No. 12 THW.

Cuando se alimenta más de un motor, la capacidad de corriente (Ampacidad) del conductor es la suma de 1.25 veces la corriente de plena carga del motor mayor, y suma de las corrientes a plena carga del resto de los motores.

$$I_{T_{PC}} = 1.25 I_{MPC} + \dot{O}_{MPC}$$

Donde:

$I_{T_{PC}}$ = Corriente total a plena carga en amperes,

I_{MPC} = Corriente a plena carga del motor de amperes,

$\dot{O}_{MPC}$ = Corriente a plena carga de otros motores en amperes.

b. Ejemplo 2:

Calcule el calibre del conductor THW requerido, si al circuito derivado del motor de 3 HP, 220 Volts, trifásicos del ejemplo anterior, se le agrega, otro motor trifásico similar, de 2 HP.

Solución:

El motor más grande de los dos es el de 3 HP, que como se determinó en el ejemplo anterior, es de 10 A. Para el motor de 2 HP a 220 Volts, la corriente a plena carga es de 7.1 A por lo tanto, la corriente total es:

$$\begin{aligned} I_{T_{PC}} &= 1.25 I_{MPC} + \dot{O}_{MPC} \\ &= 1.25 \times 10 + 7.1 \\ &= 19.6 \text{ Amperes} \end{aligned}$$

Ahora consulte la tabla de conductores, para 3 conductores THW en tubo conduit. Se requiere un conductor No. 12 THW.

CALIBRE	TIPO VF T.W. 'T' TWH 60° C				VINANEL 900 RH, 'RVH' V 75° C			
A.W.G. K.C.M.	1 a 3 CONDS. TUBO	4 a 6 CONDS. TUBO	6 a 9 CONDS. TUBO	1 CONDS. AIRE	1 a 3 CONDS. TUBO	4 a 6 CONDS. TUBO	6 a 9 CONDS. TUBO	1 CONDS. AIRE
14	15	12	10	20	15	12	10	20
12	20	16	14	25	20	16	14	25
10	30	24	21	40	30	24	21	40
8	40	32	28	55	45	36	31	65
6	55	44	38	80	65	52	45	95
4	70	56	49	105	85	68	59	125
2	95	76	66	140	115	92	80	170
0	125	100	87	195	150	120	105	230
00	145	116	110	225	175	140	122	265
000	165	132	115	260	200	160	140	310
0000	195	156	132	300	230	184	161	360
250	215	172	150	340	255	204	178	405
300	240	192	168	375	285	228	199	445
350	260	208	182	420	310	248	217	505
400	280	224	196	455	335	268	234	545
500	320	256	224	515	380	304	266	680

Fig. 1.94 Capacidad de corriente para conductores de cobre basada en una temperatura ambiente de 30° C

CALIBRE		VINANEL NYLON 'KH' RVH										VINANEL 900 Y TW. T' TWH									
AWG		1" 1/2	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	1" 1/2	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"		
Y	KCM	13	19	25	32	38	52	63	76	102	13	29	25	32	38	52	63	76	102		
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
14		16	26	42							11	18	30								
12		12	20	31	53						9	14	23	39							
10		8	12	20	34	46					6	11	17	30	40						
8		4	7	11	20	27	44				3	6	9	16	21	34					
6		3	4	7	12	16	27	40			1	3	5	8	11	18	27				
4		1	2	4	7	10	16	25	38			1	3	6	8	14	20	32			
2			1	3	5	7	12	17	27	46		1	2	4	6	10	15	23	28		
1/0				1	3	4	7	11	17	29			1	2	3	6	9	14	17		
2/0				1	2	3	6	9	14	24				1	3	5	8	12	15		
3/0					1	3	5	7	12	20				1	2	4	6	10	12		
4/0					1	2	4	6	10	16				1	1	3	5	8	10		
250					1	1	3	5	8	13					1	3	4	7	8		
300						1	3	4	7	11					1	2	4	6	7		
400							1	3	5	9						1	3	4	6		
500								1	3	7							1	2	4		

Tabla 1.7

Fig. 1.95 Cantidad de conductores en tubería conduit de acero pared gruesa y tipo comercial

1.10 MANTENIMIENTO DE MOTORES TRIFÁSICOS

Antes de proporcionar cualquier tipo de mantenimiento es necesario conocer el tipo de motor que se está utilizando, el tipo de servicio de las máquinas eléctricas rotativas en general (motores monofásicos y trifásicos) se clasifica por su clase de servicio:

1. S1- Servicio continuo:

La máquina trabaja a carga constante, de modo que alcanza la temperatura de régimen permanente.

2. S2- Servicio temporal o de corta duración:

La máquina trabaja un tiempo breve en régimen de carga constante, no llega a alcanzar una temperatura estable. Permanece entonces parada hasta alcanzar de nuevo la temperatura ambiente.

3. S3, S4 y S5 – Servicios intermitentes:

Consisten en una serie continua de ciclos iguales, compuestos por períodos de carga constante (S3), incluyendo el tiempo de arranque (S4) o arranque y frenados (S5), seguidos de períodos de reposo sin que alcance nunca una temperatura constante.

4. S6, S7 y S8 – Servicios ininterrumpidos:

Similares respectivamente a S3, S4 y S5 pero sin períodos de reposo.

Cuando verifique este dato en placa, podrá comprender mejor el porqué del desgaste físico de las partes del motor.

ORDEN O FICHA DE TRABAJO	Motores Polifásicos
Trabajo No. _____ Cliente _____ Dirección _____ Fecha de Recepción _____ Fecha de entrega prometida _____ Envío por _____ Envío encomienda _____ Telegrama _____ Teléfono _____	Marca _____ R.P.M. _____ H.P. _____ Tipo _____ Frecuencia _____ Modelo _____ Temp. _____ Voltios _____ Carcasa _____ Serie _____ Amperios _____ Estilo _____ Fases _____
Aparatos Recibidos: Marca _____ C.V. _____ volios _____ R.P.M. _____ Serie No. _____ Tipo No. _____ Motor No. _____	No. de bobinas _____ No. de Ranuras _____ Tamaño del hilo _____ No. de Espiras _____ Bobinas por grupo _____ No. de Polos _____
Trabajo a efectuar Bobinar inducido _____ Bobinar inductor _____ Hacer bobinas _____ Aislar Colector _____ Cambiar Colector _____ Cambiar cojinetes _____ Embalaje _____ Otros trabajos _____	Conexión _____ No. de grupos _____ Paso del bobinado _____ Capas _____
Fecha de acabado _____ Materiales empleados _____ Q. _____ Mano de Obra _____ Q. _____ Embalaje _____ Q. _____ Costo Total _____ Q. _____	Trabajo a carga de _____ Revisado por: _____

Fig.1.96 Formatos para realizar chequeo de motores

1.10.1 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO DE MOTORES TRIFÁSICOS

Se definen el mantenimiento básico de los motores trifásicos como una o varias rutinas necesarias para aumentar la vida útil de un motor, para evitar que ellos lleguen a fallar más temprano de lo esperado.

Gran cantidad de motores terminan usualmente dañados antes de lo determinado, usualmente por un mantenimiento inadecuado o carencia del mismo.

Un buen programa de mantenimiento debe estar diseñado para prevenir el desarrollo de problemas en motores y detectarlos, estos pueden conducir a una falla inesperada y por tanto, a gastos costosos.

Por tanto, una parte del mantenimiento involucra tareas de rutina que ayudan a los motores a funcionar seguros y correctamente.

La otra parte comprende inspecciones y pruebas para cerciorarse de porqué los motores no están funcionando como debieran.

Un típico mantenimiento de rutina tiene como propósito evitar el desarrollo de problemas.

Existen tres áreas principales para el mantenimiento de rutina:

1. Lubricación de cojinetes
2. Conservación del motor limpio.
3. Mantenimiento de las escobillas y conmutadores de los motores que los tengan.

1.10.2 PROCESO DE MANTENIMIENTO DE MOTORES TRIFÁSICOS

A continuación se describe el procedimiento necesario para realizar el mantenimiento adecuado a los motores trifásicos.

■ **Materiales que utilizará:**

1. Aceite lubricante para cojinetes
2. Trapo seco
3. Lija para metal
4. Cinta de aislar vulcanizada

■ **Equipo que utilizará:**

1. Megóhmetro
2. Multímetro
3. Secadora
4. Termómetro de contacto
5. Brocha o cepillo pequeño

■ **Herramientas que utilizará:**

1. Destornilladores
2. Alicates
3. Pinzas
4. Martillo de hule
5. Extractor de cojinetes
6. Calibrador para entrehierros



**PASO 1****Limpieza y revisión de conexiones bien aisladas**

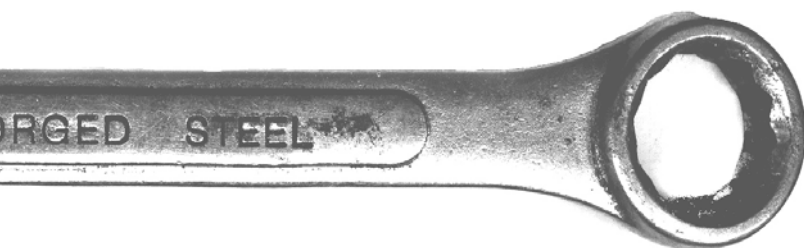
Empiece por quitar la cubierta del ventilador, limpie los orificios con un trapo; verifique las conexiones y encintados, estos pueden estar dañados, retire las conexiones quemadas y malos empalmes o encintados.

Examine, si la carcasa está más caliente de lo normal y haga que el eje sea revisado en busca de aflojamiento de cojinetes o torceduras (realice este procedimiento cuando el motor esté parado). La limpieza del motor ayuda a que trabaje más fresco y tenga mayor duración, la suciedad interviene en el flujo de aire a través del motor abierto o cerrado y aísla partes del mismo, ocasionando falsos contactos.

Para no disipar el calor, limpie la suciedad en los ventiladores, no utilice chorros de aire por que puede forzar la suciedad a los devanados y causar daños al aislamiento.

**PASO 2****Revisión de cojinetes**

No lubrique los cojinetes mas veces que lo recomendado en el manual del fabricante del motor, no utilice otros aceites para los cojinetes originales, demasiado aceite lubricante aumentará el calor y se purgará (escurrir), es preferible que el motor se encuentre tibio y operando.



Asegúrese que ningún tipo de suciedad le entre al cojinete a la grasa y limpie el lubricante en exceso, o derramado.

Observe y escuche durante esté trabajando, si al agregar el lubricante a los cojinetes se produce un cambio de ruido, esto indica un problema del cojinete y tendrá que reemplazarlo.

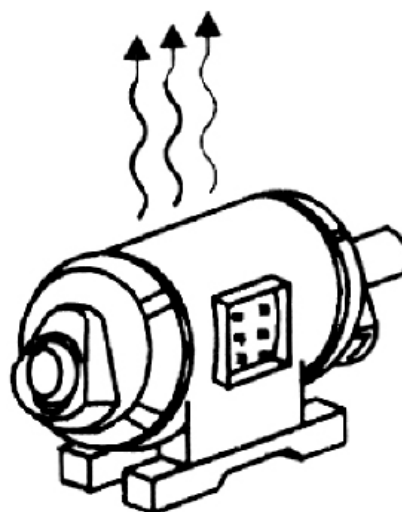
CALOR PRODUCIDO

Fig.1.97 Calentamiento del motor

**PASO 3****Revisión del aislamiento**

Otro tipo de mantenimiento es la medición de aislamiento, utilizando un megóhmetro, este realiza mediciones con la ayuda de un generador, el cual proporciona tensiones mas elevadas que las tensiones de alimentación.

Este equipo se utiliza cuando el motor está desenergizado, realizando pruebas de aislamiento, generalmente las mediciones más que una lectura de

un dato constituye una interpretación, por ejemplo una lectura normal entre un bobinado y carcasa, proporciona una lectura habitual de un valor alto de ohmios o tiende a infinito, una

lectura baja indicará un error de aislamiento. Algunas clases de aislamiento pueden dañarse por el aceite derramado de los cojinetes, revise siempre los devanados del estator.

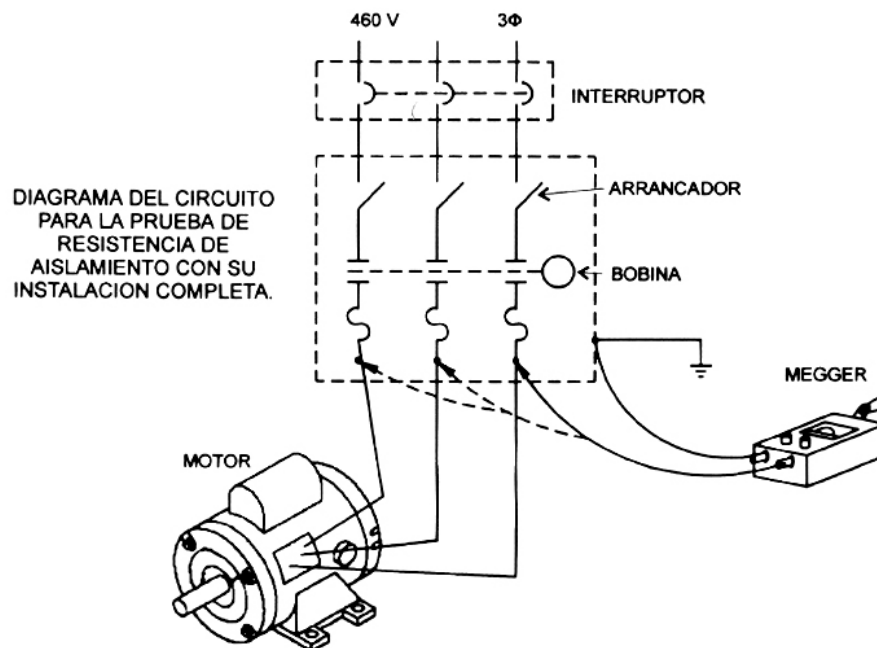


Fig.1.98 Diagrama de conexiones para la prueba de resistencia de aislamiento



1.10.3 MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Todos los motores deben ser desarmados en algún momento, para darles mantenimiento periódico, por tanto asegúrese de que la energía eléctrica esté interrumpida a la hora de desarmar el motor.
- Utilice ropa adecuada en el momento de realizar mantenimiento al motor, por ejemplo: lentes o gafas en el momento de limpiar la suciedad, casco, guantes, mascarillas; recuerde que lo más importante es su seguridad.

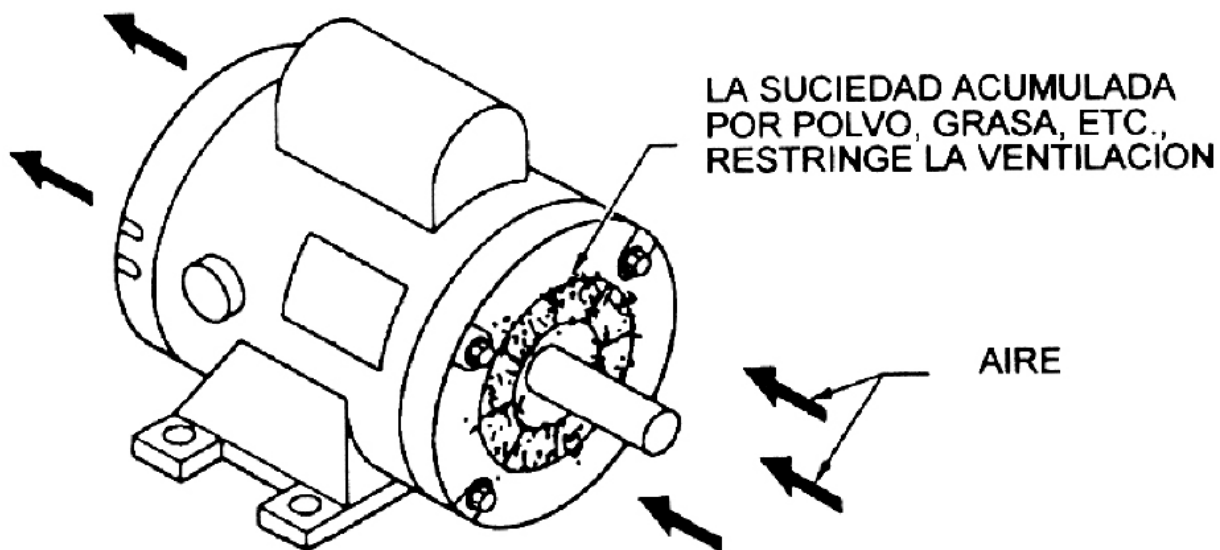


Fig.1.99 Suciedad acumulada en un motor

- Mientras realiza el mantenimiento de motores trifásicos, no haga uso de fuego, ya que durante estos procesos estarán presentes materiales inflamables.



1.10.4 PROTECCIÓN AMBIENTAL

Recoja todo aquel residuo o sobrante de materiales desechables como aceites o lubricantes, cojinetes en mal estado, motores inservibles, fajas, tornillos, pedazos de lija, etc., todos ellos ocupan un lugar entre los conocidos desechos industriales.

Tenga en consideración lo siguiente:

- No derrame aceite en el suelo, utilice un recipiente plástico, cierre con una tapadera roscable y deposítelo en la basura.
- Tome el tiempo necesario para separar los distintos materiales y selecciónelos (cobre, aluminio, papel, vidrio, etc.)
- Mantenga su basurero tapado, para evitar moscas u otros insectos.

1.11 PROCESO DE MANTENIMIENTO DE MOTORES TRIFÁSICOS

En las empresas industriales, son comunes motores eléctricos de distintos tamaños, los cuales deben recibir en forma regular mantenimiento preventivo eléctrico. Generalmente, deben practicarse las técnicas de mantenimiento de motores trifásicos, a todos aquellos motores considerados como: en estado crítico, grandes y costosos, difíciles de reemplazar, etc.

Por tanto, debe tener presente que los enemigos de los motores eléctricos son: la suciedad, el calor, la humedad y la vibración, todos éstos factores causan daño excesivo al aislamiento de los motores, a los cojinetes y chumaceras, a los contactos y a la mayoría de las partes en movimiento; por lo tanto, nunca olvide realizar:

- Una inspección visual.
- Pruebas de aislamiento como respaldo.

1.11.1 TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO DE MOTORES TRIFÁSICOS

Se pueden desarrollar pruebas básicas para probar el estado del motor una de ellas es la prueba de aislamiento, esta ofrece una evaluación excelente de las condiciones del aislamiento del motor.

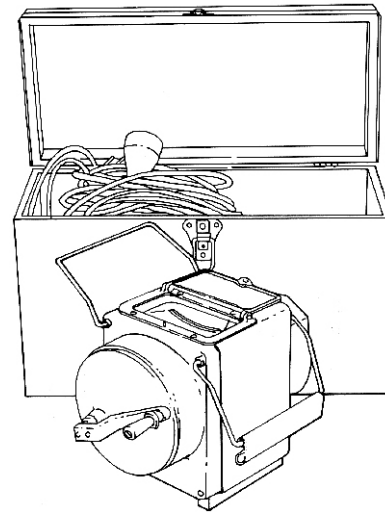


Fig.1.100 Megger manual y su caja para probar resistencia de aislamiento.

Una de las pruebas básicas de aislamiento de motores eléctricos es la prueba conocida como “Prueba de aislamiento SPOT”, esta es la prueba de resistencia de aislamiento más simple, durante ésta el voltaje de salida de la máquina probada se eleva hasta el valor deseado, y en un tiempo determinado se toma la lectura de resistencia de aislamiento. Los niveles de voltajes de prueba recomendados se dan en la tabla siguiente:

Valores de niveles de voltaje de prueba recomendados para pruebas de resistencia de aislamiento (en mantenimientos de rutina para equipos hasta 4,160 V o mayores)	
Voltaje del equipo por probar (En C.A.)	Voltaje de las pruebas (En C.D.)
Hasta 100 V	100 V y 250 V
440 V a 550 V	500 V y 1000 V
2400 V	1000 V a 2000 V o Mayores
4160 V y Mayores	1000 V a 5000 V o Mayores

Para obtener el valor de la resistencia, es práctica común que la prueba de resistencia de aislamiento spot se desarrolle por un tiempo de 60 seg., porque en muchos casos, la lectura de la resistencia de aislamiento continua elevándose durante un período de tiempo mayor, por lo que si la prueba siempre se suspende a los 60 segundos, se establece un parámetro consistente para cada máquina.

La prueba SPOT, se usa cuando se desea obtener una evaluación rápida de referencia de las condiciones de un motor, las lecturas se deben tomar:

- Entre cada fase del motor y tierra.
- Entre las tres fases unidas
- Temporalmente a tierra.

Si los valores de lectura están arriba de los valores mínimos aceptables, el motor se considera en condiciones satisfactorias de operación para un período de tiempo preseleccionado (por lo general de 6 meses a 1 año).

Para motores de hasta 460 V de tensión nominal, el valor mínimo aceptable de la resistencia es de 1 Megohm. También se establece que no debe ser menor del valor obtenido con la expresión:

$$R_{\text{aislamiento}} > \frac{\text{Tensión en terminales}}{\text{Potencia en kVA} + 100} \text{ (Megohms)}$$

Por ejemplo, si se desea probar un motor de 200 HP a 480 voltios trifásicos, con un factor de potencia igual a 0.8. Determine el valor de resistencia de aislamiento mínimo obtenido con la expresión anterior; sería:

Solución:

Considere realizar la conversión de HP a kVA, como sigue:

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ W}$$

$$\text{y } \cos\phi = 0.8$$

por tanto,

$$200 \text{ HP} \times \frac{746 \text{ W}}{(1 \text{ HP})} = 149,200 \text{ W} = 149.2 \text{ kW}$$

$$P = S \times \cos\phi;$$

despejando S

(la potencia aparente en kVA),
se tiene:

$$S = \frac{P}{\cos\phi} = \frac{149.2 \text{ kW}}{0.8} = 186.5 \text{ kVA}$$

Sustituyendo ahora en la ecuación:

$$R_{\text{aislamiento}} > \frac{480}{(186.5 + 100)} = 1.67 \text{ Megohms}$$

El valor de resistencia de aislamiento debería ser mayor, dependiendo del tipo de aislamiento; sin embargo, los valores aceptables pueden variar de acuerdo con otros factores, tales como: voltajes nominales de los motores, altura de operación sobre el nivel del mar, potencia nominal del motor y las características del ambiente en el lugar de la instalación; de particular importancia son los efectos de la temperatura, la humedad y la limpieza del área donde está instalado el motor.

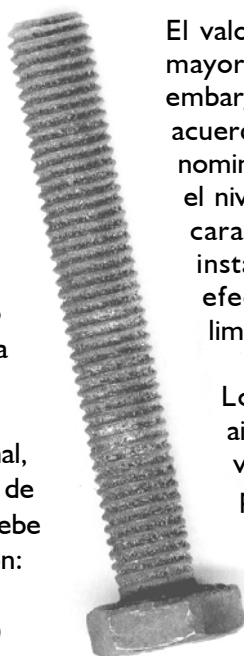
Lo más importante con esta prueba de aislamiento tipo SPOT, es la tendencia de los valores comparativos de las lecturas de la prueba de año. Estas lecturas proporcionan una excelente guía de las condiciones del motor.

Una de las causas por las que un motor de CA puede tener problemas para arrancar es que existan fallas en su alimentación, y esto va desde identificar si hay potencial entre terminales y si los voltajes entre fases son iguales, hasta determinar el estado en que se encuentran los fusibles, en el caso de motores que usan fusibles como medio de protección.

En estas situaciones, la falla o avería se puede localizar:

- Con el fusible fuera del circuito.
- Con el fusible en el circuito.

Para localizar posibles fallas en los fusibles, se puede usar la lámpara de prueba, o bien un ohmetro o un multímetro. La lámpara de prueba es de tipo en serie,



y si se enciende es que hay continuidad; en caso contrario, el fusible estará abierto (quemado).

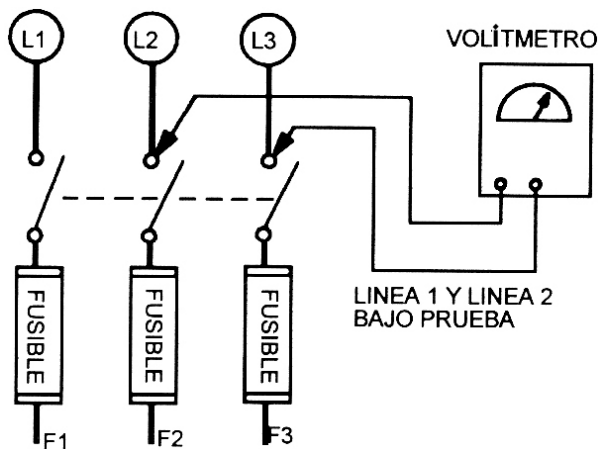


Fig.1.101 Como probar una línea de alimentación con un voltímetro.

Antes de realizar cualquier medición con el Óhmetro ajuste la aguja a cero antes de realizar una medición, para evitar malas lecturas (incertezas).

- 1) Si no hay lectura en el voltímetro, esto indica que el fusible está en mal estado.
- 2) Si hay lectura de voltaje el fusible está en buen estado.

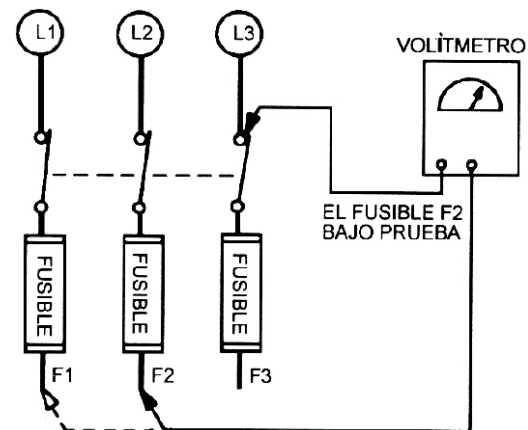


Fig.1.102 Como probar un fusible abierto usando un voltímetro.

El Óhmetro se conecta en la escala más baja y se toma la lectura. Si el fusible está abierto, la lectura es infinita, si la lectura es cero, hay continuidad y el fusible está en buenas condiciones.

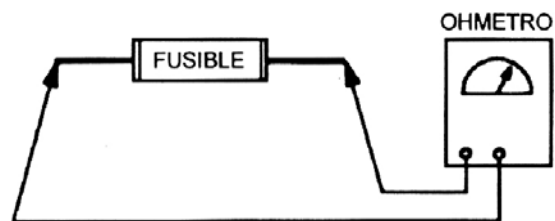


Fig. 1.103 Como probar un fusible usando un Ohmetro.

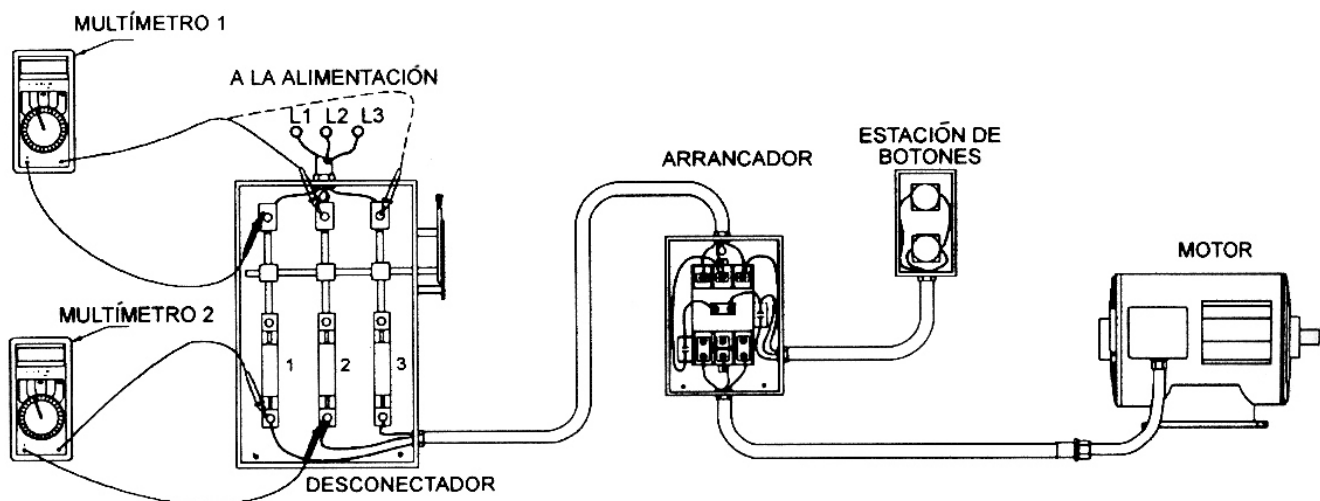


Fig.1.104 Conexión para verificar el suministro del voltaje al circuito.

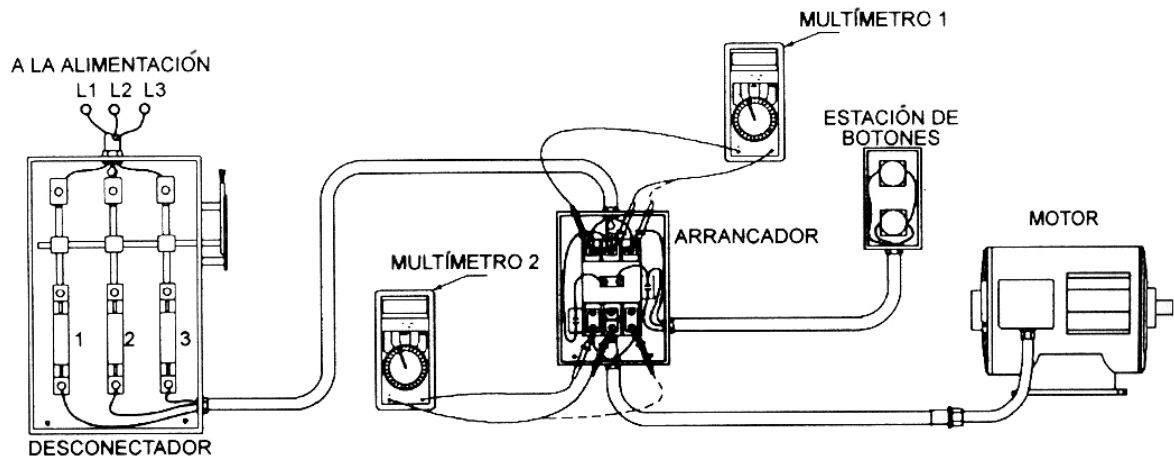


Fig. 1.105 Conexión para verificar el suministro de voltaje al arrancador.

Para verificar el suministro de voltaje al circuito, conecte el multímetro 2 de forma que se verifiquen los fusibles 1 y 2. Conecte el multímetro 1, como se muestra en la figura 1.104.

Para verificar el suministro de voltaje al arrancador, conecte el multímetro 1 y el multímetro 2, de forma que se verifique el voltaje de salida del arrancador del motor.

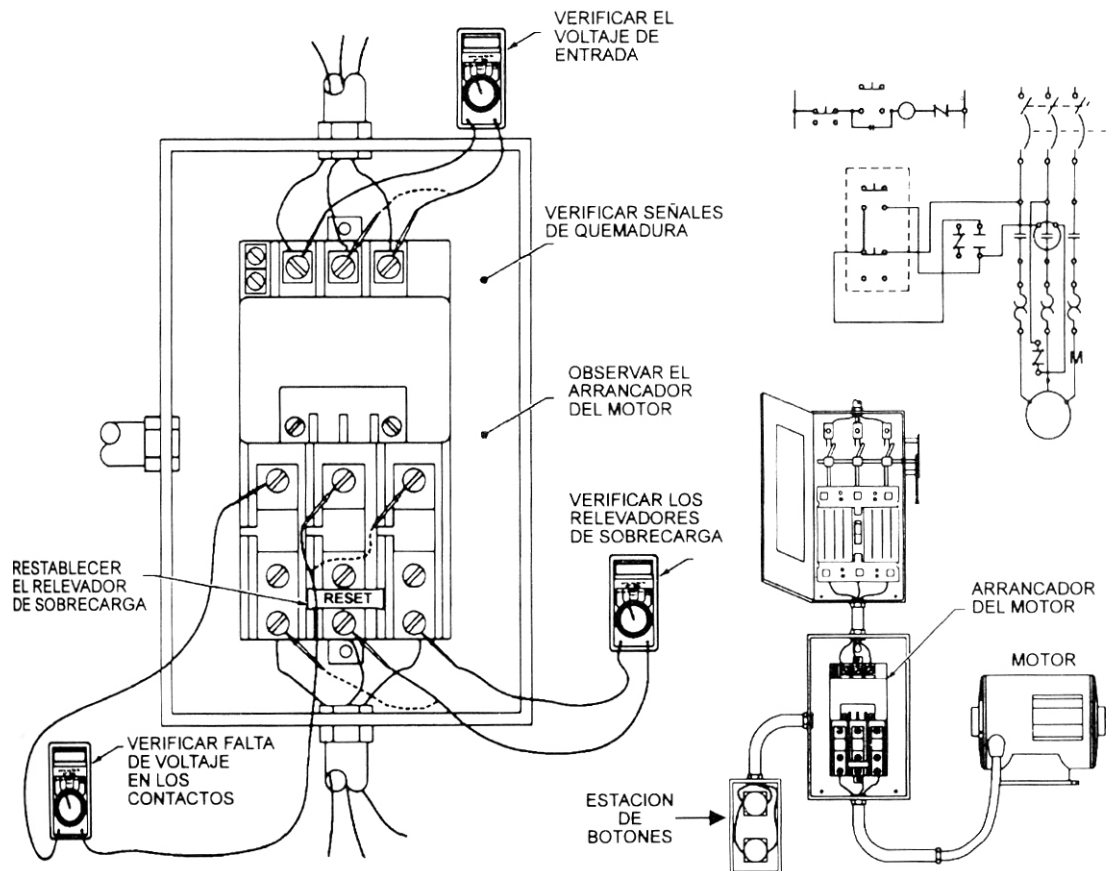


Fig. 1.106 Conexión para verificar los problemas de un arrancador.

En la figura 1.106 se muestran los pasos para la verificación, cuando el arrancador de un motor presenta problemas. Los pasos para realizar el mantenimiento son siguiente:

■ Paso 1

Inspeccione el arrancador del motor y los elementos de sobrecarga. Dar mantenimiento o reemplazar el arrancador, si muestra daño por calentamiento, arco eléctrico, por suciedad, o bien si está quemado.

■ Paso 2

Restablezca los elementos de sobrecarga, si no hay

indicación visual de daño. En caso de daño visual, reemplace los relevadores de sobrecarga.

■ Paso 3

Observe el arrancador del motor por varios minutos, si el motor arranca después de restablecer los relevadores de sobrecarga. Si persiste un problema en los relevadores de sobrecarga, estos se dispararán nuevamente.

■ Paso 4

Verifique el voltaje de alimentación. Si la lectura del voltaje no está dentro del 10% del voltaje del motor, el voltaje no se considera aceptable.

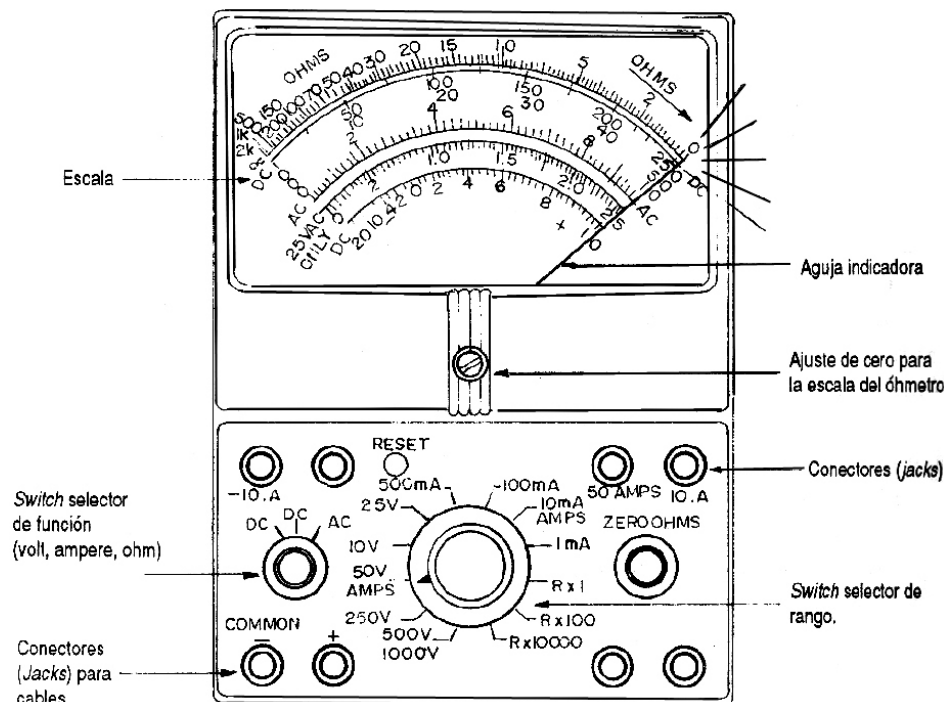


Fig. 1.107 Ajuste de cero del multímetro.

■ Paso 5

Si el voltaje de entrada al arrancador está presente y en el valor correcto, entonces se energiza el arrancador y se verifican los contactos del arrancador. Si no hay lectura de voltaje, abrir el arrancador, poner en posición fuera (off) y reemplace los contactos.

■ Paso 6

Si no hay voltaje en los contactos del arrancador, Verifique el relevador de sobrecarga.

■ Paso 7

Si la lectura de voltaje es 0 V, entonces desconecte la alimentación (off) y reemplace los relevadores de sobrecarga.

■ Paso 8

Si la lectura de voltaje es aceptable y el motor no opera, el problema debe estar en el arrancador.

■ Paso 9

Antes de realizar cualquier medición con el Óhmetro ajuste la aguja a cero, antes de realizar una medición, para evitar malas lecturas (incertezas).



1.11.2 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Antes de realizar cualquier conexión para la realización de pruebas, desconecte el motor a prueba, ya que puede causar accidentes.

Para las pruebas realizadas de aislamiento, debe tener cuidado al utilizar el Megger, ya que por ninguna razón debe tocar los bornes de los cables de conexión mientras realiza la prueba, para evitar descargas de tensión, ya que los cables del Megger están sometidos a 500 V, 1000 V, 2500 V y 5000 V, de corriente directa.



1.11.3 PROTECCIÓN AMBIENTAL

Cuando realice mantenimiento a los motores y necesite cambiar los fusibles quemados, deposite los fusibles en un recipiente cerrado y deséchelos en el bote de basura.

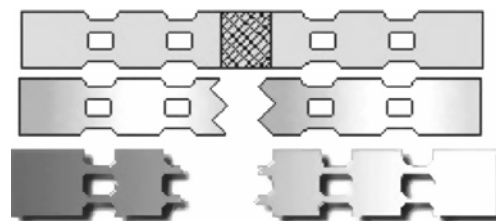


Fig. 1.108 Fusibles quemados.

1.12 MOTORES DE CORRIENTE CONTÍNUA

Los motores de corriente continua son máquinas utilizadas como motores o como generadores, dependiendo de la dirección del flujo de potencia a través de ella. En esta unidad se definirán los diferentes tipos y características de los motores de corriente continua, así como también las ventajas, y las desventajas de cada uno de ellos.

1.12.1 DEFINICIÓN DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA

Se define a un motor eléctrico de corriente continua, como una máquina eléctrica que convierte la potencia eléctrica en mecánica y utiliza el principio de inducción magnética, o sea que la alimentación del motor es eléctrica y se aplica un voltaje de corriente directa en las terminales.

1.12.2 PARTES Y FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA

Las partes principales de un motor de corriente continua pueden tener algunas variantes, de acuerdo

con el tamaño del motor. Aquí conviene recordar que pueden haber motores de corriente directa de gran potencia para aplicaciones industriales, motores de pequeña (o muy pequeña) potencia como los utilizados en juguetes y motores de alta precisión en su control para algunas aplicaciones específicas, como es el caso de la robótica.

A. PARTES DE UN MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA

Independientemente del tipo de motor, las partes principales del motor de corriente continua son:

- La armadura.
- El núcleo laminado sobre el cual se devana la armadura.
- Las escobillas.
- El conmutador.
- La carcasa.
- Los polos de campo.
- Las tapas y las chumaceras.

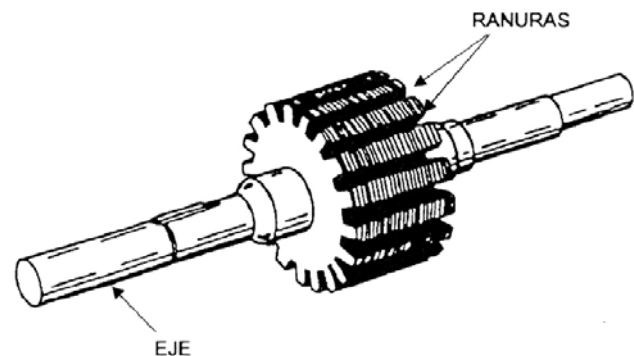


Fig.1.109 Núcleo de la armadura.

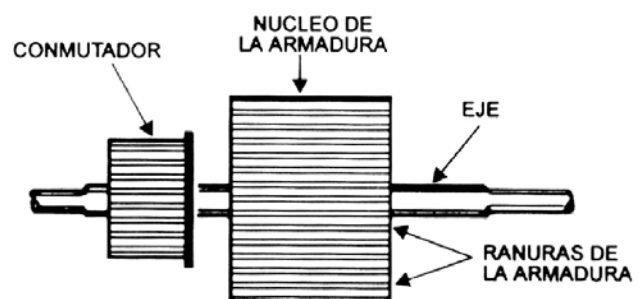


Fig.1.110 Armadura con el conmutador

1) LA ARMADURA

La armadura consiste de un número de bobinas de alambre devanadas y alojadas en las ranuras de un núcleo circular laminado. El núcleo está hecho de un material ferroso, que no sólo soporta a las bobinas, sino que también, incrementa su inductancia.

2) EL NÚCLEO LAMINADO

SOBRE EL CUAL SE DEVANA LA ARMADURA

Este núcleo está formado por laminaciones de acero al silicio, troqueladas, formando un paquete compacto y montadas sobre la flecha o eje. La **armadura** está **ranurada**; de manera que en estas ranuras se alojan las bobinas, mismas que se conectan en el conmutador o colector.

3) LAS ESCOBILLAS

Al circular la corriente eléctrica a través de la armadura, ésta se comporta como un electroimán. El paso de la corriente se hace a través de unos elementos que se conocen como las escobillas, que van alojadas en portaescobillas, los cuales van a su vez, generalmente montados sobre un puente sujeto al escudo frontal.

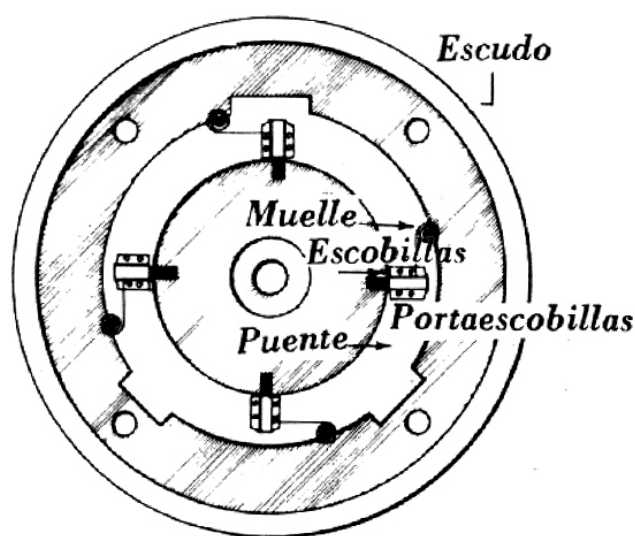


Fig.1.111 Escudo frontal con el puente de los portaescobillas.

4) EL CONMUTADOR

Consiste de barras de cobre de forma rectangular, que están montadas sobre la flecha o eje y están aisladas unas de otras, formando un círculo alrededor del eje. Es también llamado colector.

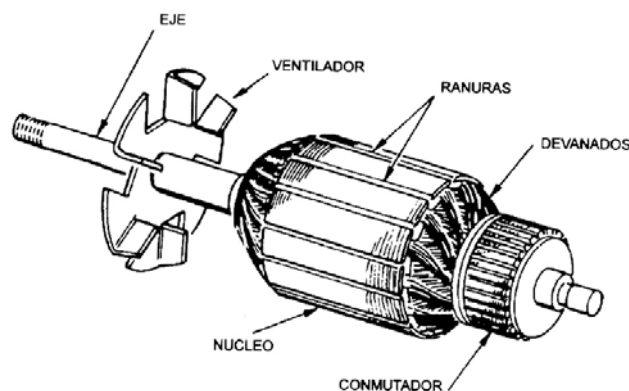


Fig.1.112 Armadura mostrando el montaje del conmutador

5) LA CARCAZA

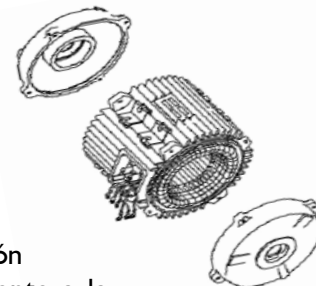
La carcasa en los motores de corriente continua cumple con dos funciones: una mecánica de soporte de los polos, y la otra de contención de las bobinas de campo, así como de la armadura, a través de las tapas en las que se encuentran montadas las chumaceras, sobre las que gira la flecha. Las carcasas se fabrican de hierro, de tal forma que sirven para completar el circuito magnético creado por los polos.

6) LOS POLOS DE CAMPO

Están contruidos de hierro, ya sea sólido o laminado, formado por paquetes de laminas delgadas llamadas **laminaciones**. Los polos de hierro soportan a los devanados de campo y completan el circuito magnético entre la carcasa y la armadura.

7) LAS TAPAS Y CHUMACERAS

Las tapas de un motor se denominan anterior y posterior. Tienen la función de soportar mecánicamente a la



armadura y a la vez, permitir su rotación por medio de las chumaceras. Las chumaceras usadas en los motores de corriente continua se montan alrededor de la flecha de la armadura y soportan el peso de la misma.

B. FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA

En los motores de corriente continua, la corriente de excitación y la corriente del inducido se suministran desde el exterior. Existen también motores de corriente continua, de potencias de hasta 20 kW, que no necesitan corriente de excitación, por estar su sistema inductor formado por imanes permanentes. Dichos imanes o la corriente de excitación, originan un campo magnético en el estator. Como circula corriente por los conductores del inducido, se origina un par motor en dicho inducido. Al girar el inducido, la corriente alimenta a otras bobinas del mismo, con lo que dicho inducido sigue girando.

Al girar el inducido, el campo del inducido tiende a girar para colocarse en la misma dirección que el campo de excitación. Pero con la corriente alimenta a otras bobinas en cuanto se produce un giro, el campo del inducido se mantiene siempre en su dirección primitiva.

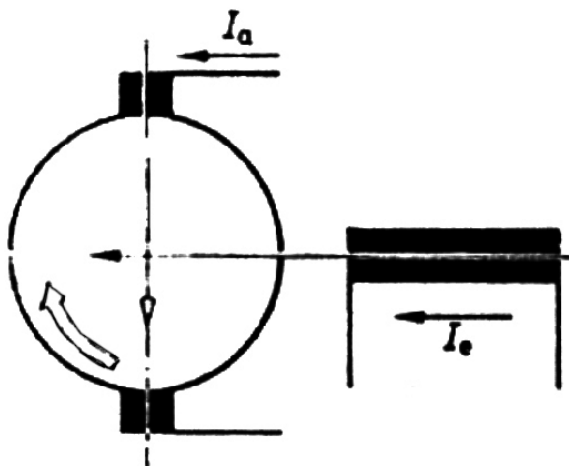


Fig.1.113 Los campos de excitación y del inducido hacen girar al rotor

1.12.3 TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA

Hay tres tipos de motores de corriente continua: serie, shunt, compound. Los tres son de aspecto exterior semejante, y sólo difieren entre sí por la construcción de las bobinas inductoras y por la manera de conectarlas al arrollamiento del inducido.

1.12.4 TIPO SERIE

El motor en serie, tiene las bobinas inductoras formadas por unas pocas espiras de hilo grueso, conectadas en serie con el arrollamiento del inducido. Este motor posee un par de arranque elevado y una característica de velocidad suave (todo aumento de carga provoca una disminución de la velocidad, y viceversa).

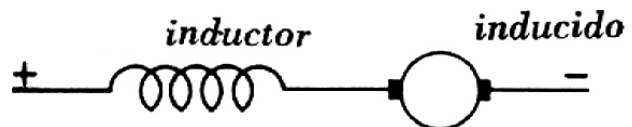


Fig.1.114 Conexión de los arrollamientos inductor e inducido en un motor en serie.

1.12.5 TIPO SHUNT

El motor shunt, tiene las bobinas inductoras compuestas por muchas espiras de hilo fino,

conectadas en paralelo con el arrollamiento del inducido. Este motor posee un par de arranque mediano y una característica de velocidad dura (la velocidad es prácticamente independiente de las variaciones de la carga).

Los motores shunt de cierta potencia suelen estar provistos de un pequeño arrollamiento adicional en serie con el inducido, el cual, tiene por objeto evitar el embalamiento eventual del motor o bien conseguir una ligera reducción de la velocidad cuando la carga aumenta. Los arrollamientos de estos motores están conectados como en un motor compound.

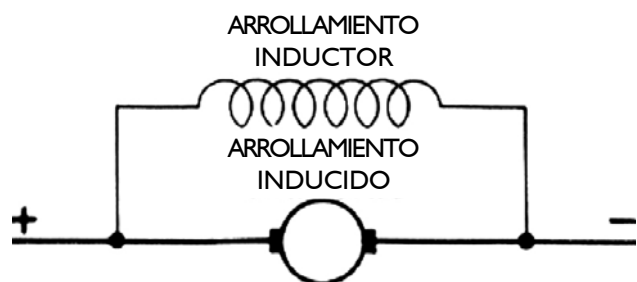


Fig.1.115 Conexión de los arrollamientos inductor e inducido en un motor derivación.

1.12.6 COMPOUND

El motor compound, cada bobina inductora está formada por dos arrollamientos independientes, uno de los cuales va conectado en serie con el inducido, y el otro en paralelo con el inducido y el arrollamiento serie. De este modo, el campo inductor resultante es

una combinación de los campos creados por cada arrollamiento inductor parcial, y el motor compound reúne las características de los motores en serie y derivación.

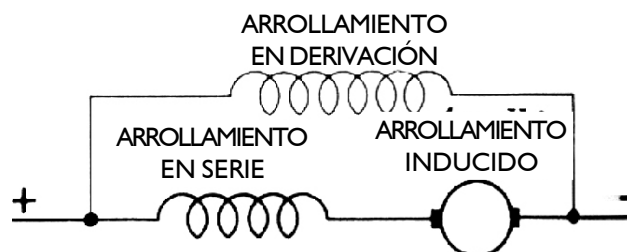


Fig.1.116 Conexión de los dos arrollamientos inductores y del arrollamiento inducido en un motor compound.

1.12.7 MANTENIMIENTO BÁSICO DE UN MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA

Frecuentemente las condiciones del ambiente agresivo como, humos o vapores corrosivos, aire salino, suciedad excesiva, polvo y otros agentes contaminantes varían los valores nominales de temperatura (dato de la placa). Por cada 10°C que un motor opera sobre su valor nominal de temperatura, la vida del aislamiento se reduce a la mitad.

Por tanto:

- 1) Asegúrese de dar mantenimiento al motor cuando esté desenergizado.
- 2) Utilice ropa de trabajo.
- 3) Limpie toda las partes del motor
- 4) Mueva el eje de abajo hacia arriba, comprobando si los cojinetes se encuentran desgastados. Si fuera así, extráigalos del motor y sustitúyalos por unos nuevos de las mismas características.
- 5) Por último limpie el lugar en donde realizó el mantenimiento.

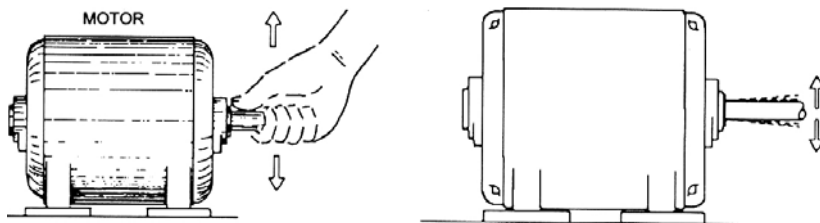


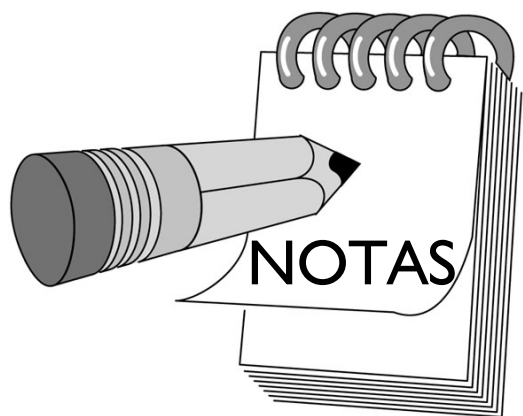
Fig.1.117 Prueba de las chumaceras en un motor



1.12.8 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Aplique las siguientes medidas de seguridad antes de realizar el mantenimiento de un motor de corriente continua:

- Coloque un rótulo cerca del área en donde trabaje; en el que se indique que se está trabajando en el mantenimiento del motor.
- Baje los interruptores del lugar en donde se encuentre el motor y guárdelos en su bolsillo.
- Mida la tensión en las terminales que alimentan al motor (estas deben indicar cero voltios).
- Mida la intensidad en las terminales que alimentan al motor (estas deben indicar cero amperios).

[illegible]This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

1.13 CONEXIÓN DE MOTORES DE CC E INVERSIÓN DEL SENTIDO DE GIRO

Hasta ahora se utilizaron distintas disposiciones de los electroimanes para los diferentes tipos de motores alimentados por una fuente de voltaje fijo.

Esto era necesario en la época en la que se utilizaban los primeros motores, porque no se disponía de fuentes de voltaje variable, este tipo de motores se describen a continuación.

A. MOTOR TIPO SERIE

Como se muestra en la siguiente figura, el motor en serie es un motor cuyo electroimán de campo es un devanado conectado en serie con la armadura. Por lo tanto, cuando la corriente de armadura varía, la fuerza del electroimán de campo cambia y, como consecuencia, K_1 y K_2 alteran sus valores.

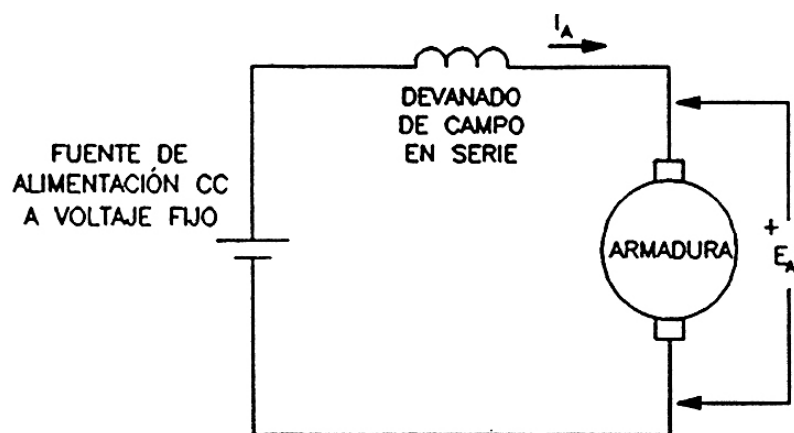


Fig. 1.118 Motor tipo serie

La grafica siguiente muestra la característica velocidad en función del par de un motor c.c. serie, cuando el voltaje de armadura está fijo. Esta curva indica que la velocidad disminuye de manera no lineal, cuando el par crece, es decir, cuando la corriente de armadura aumenta.

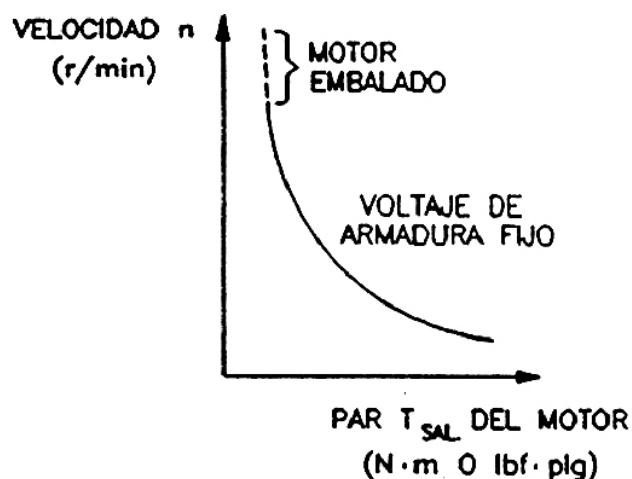


Fig. 1.119 Característica velocidad en función del par del Motor serie

Cuando el motor en serie es alimentado por medio de una fuente de c.c. de voltaje fijo, proporciona un fuerte par de arranque y un amplio rango de velocidades de funcionamiento. Sin embargo, la velocidad, el par y la corriente de armadura dependen de la carga mecánica aplicada al motor. Los motores en serie también tienen una característica de funcionamiento no lineal.

Como consecuencia, resulta difícil hacer funcionar un motor en serie con velocidad constante, cuando la carga mecánica fluctúa. Asimismo, se debe limitar la corriente de armadura durante el arranque del motor (cuando se lo energiza), para evitar dañarlo. Finalmente, un motor en serie nunca debe funcionar sin carga mecánica, porque su velocidad puede

aumentar hasta alcanzar valores muy elevados (motor embalado), que pueden dañar el motor.

En la actualidad, los motores serie pueden funcionar con fuentes de voltaje fijo, como los motores de arranque de los automóviles, o con fuentes de voltaje variable, como los sistemas de tracción.

B. MOTOR SHUNT

El motor shunt es un motor cuyo electroimán de campo es un devanado en derivación, conectado en paralelo con la armadura.

Como lo muestra la figura siguiente, dicho devanado y la armadura se conectan a la misma fuente c.c. de voltaje. La misma figura indica que para un voltaje de armadura fijo, las constantes k_1 y k_2 permanecen estables y la característica velocidad en función del par es muy similar a la obtenida para un motor c.c. con excitación independiente, alimentado por una fuente c.c. de voltaje fijo. Al igual que para el motor c.c. con excitación independiente, las características (K_1 y K_2) de un motor shunt se pueden cambiar, variando la corriente de campo por medio de un reóstato. Sin embargo, resulta muy difícil variar la velocidad de un motor shunt cambiando el voltaje de armadura, porque se altera la corriente de armadura.

De este modo se modifican las características del motor y se crea una oposición a la variación de la velocidad.

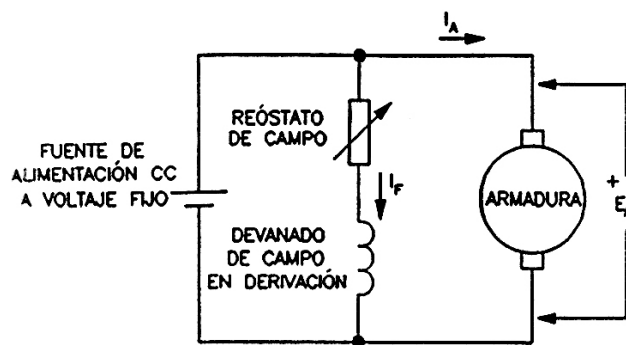


Fig.1.120 Motor Shunt

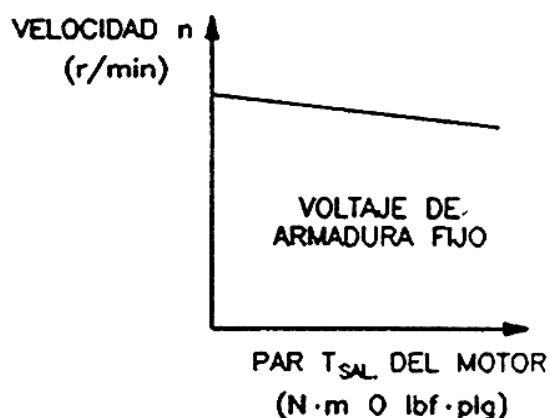
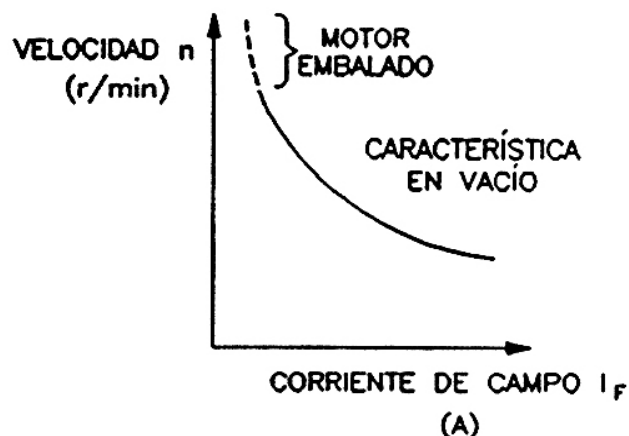


Fig.1.121 Característica velocidad del motor Shunt.

La ventaja principal de un motor shunt es que requiere una única fuente c.c. de voltaje fijo, para alimentar la armadura y el devanado en derivación. Además, la velocidad cambia muy poco, cuando la carga mecánica varía. No obstante, un motor shunt tiene un rango de velocidades limitado, porque no es fácil variar la velocidad cambiando el voltaje de armadura. Asimismo, se debe limitar la corriente de armadura durante el arranque del motor (cuando se lo energiza), para evitar dañarlo. Por último, cuando el devanado en derivación se abre accidentalmente, la corriente

de campo I_f se hace cero, la velocidad aumenta rápidamente y el motor se **embala**, como lo sugiere la característica velocidad, en función de la corriente de campo de la figura anterior.

C. MOTOR COMPOUND

Es posible combinar los devanados en serie y en derivación para obtener una característica particular de la velocidad en función del par. Por ejemplo, para obtener la característica de velocidad decreciente, cuando el par del motor aumenta, se puede conectar un devanado en serie con la armadura, para que el flujo magnético que dicho devanado produce, se adicione al flujo magnético que crea el devanado en derivación.

Como resultado, el flujo magnético aumenta automáticamente con el incremento de la corriente de armadura. Este tipo de motor c.c. se llama motor compound acumulativo porque los flujos magnéticos producidos por los devanados en serie y en derivación, se suman entre sí. Los devanados paralelos y en serie también se pueden conectar para que los flujos magnéticos se resten uno del otro. Con esta conexión se obtiene el motor compound diferencial, que se usa raramente porque el motor se vuelve muy inestable, cuando la corriente de armadura aumenta. La figura siguiente muestra un motor compound.

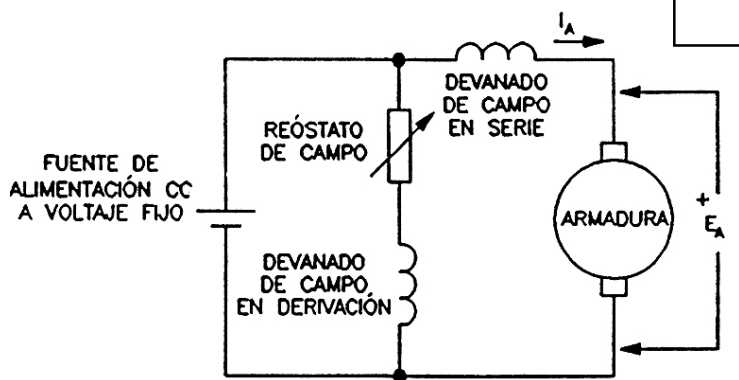


Fig.1.122 Motor compound.

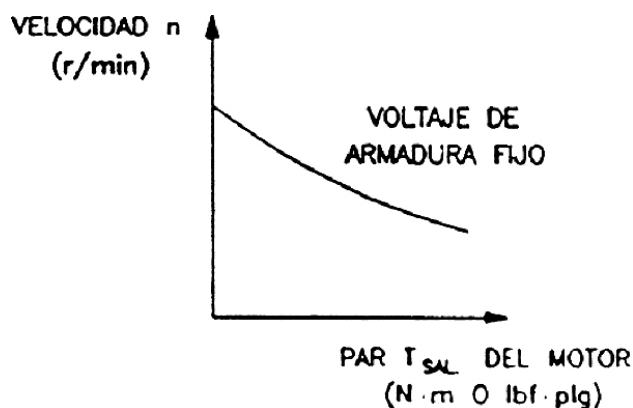


Fig.1.123 Característica velocidad en función del par.

D. SENTIDO DE GIRO DEL MOTOR

Según la regla de la mano izquierda, el sentido de la fuerza que actúa sobre un conductor recorrido por una corriente y situado en un campo magnético, depende de los sentidos del campo y la corriente.

Esto significa en el caso del motor de corriente continua que su sentido de giro dependerá del sentido de la corriente I_e que circula por el devanado de excitación (inductor) y del de la corriente I_a por el devanado de inducido. Cuando se desee invertir el sentido de giro deberá invertirse el sentido de una de estas corrientes.

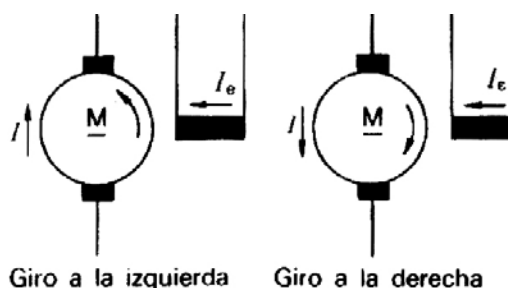
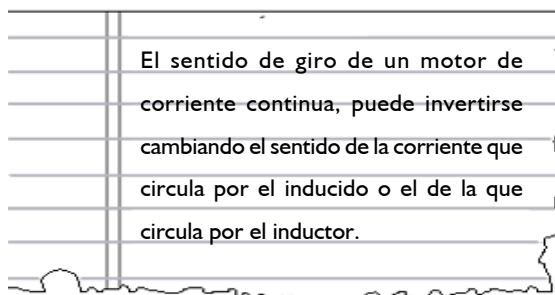


Fig.1.124 Sentido de giro de un motor de corriente continua.



Cuando deba cambiarse frecuentemente el sentido de giro de un motor de corriente continua, se invertirá el sentido de la corriente de inducido, con lo que se evitan las elevadas tensiones que aparecen por autoinducción, cuando se conmuta el devanado de excitación.

1.13.1 PROCESO DE CONEXIÓN DE MOTORES DE E INVERSIÓN DEL SENTIDO DE GIRO

Para cambiar el sentido de rotación de un motor de corriente continua hay que invertir la corriente en el inducido o en el inductor. En los motores en serie lo normal es invertir el sentido de la corriente en el inducido, como se indica en la figura siguiente.

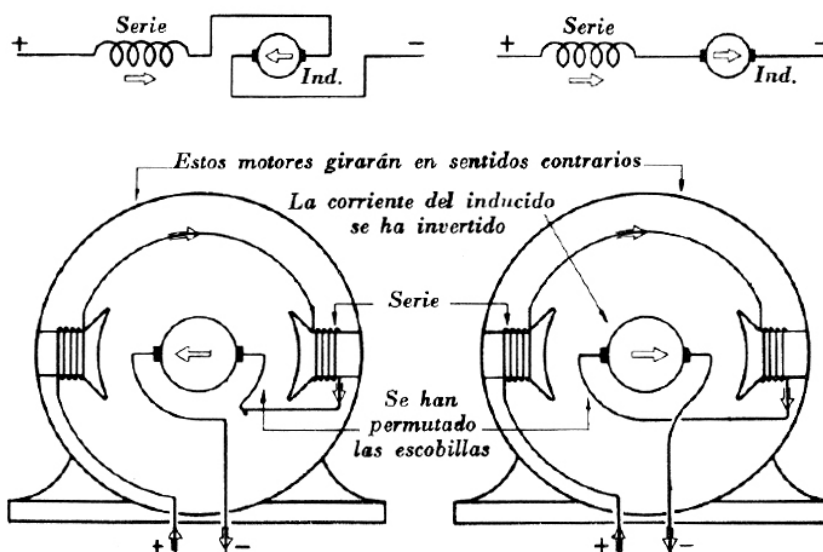


Fig.1.125 Modo de cambiar el sentido de giro de un motor en serie bipolar (inversión de la I en el inducido)

Basta permutar los portaescobillas para conseguir la inversión deseada.

La figura siguiente representa el mismo motor de la figura anterior, en el que se ha conseguido el cambio del sentido de rotación por inversión de la corriente en el inductor. En este caso se han permutado los terminales del arrollamiento inductor.

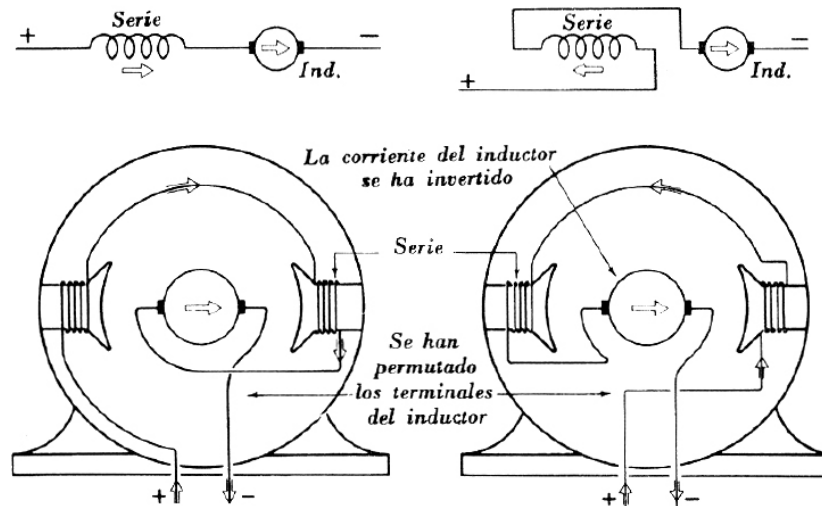


Fig.1.126 Otro sistema para invertir el sentido de giro de un motor en serie bipolar (inversión de la corriente en los polos)

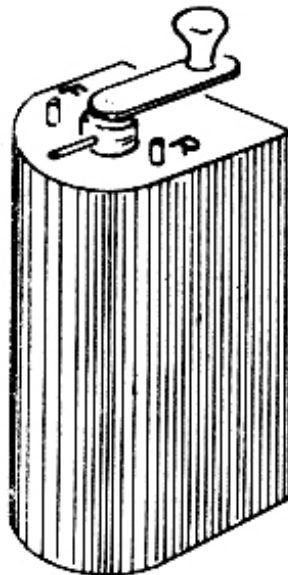


Fig.1.127 Pequeño inversor de tambor

A. PROCESO DE EJECUCIÓN:

A continuación se describe el proceso para arrancar manualmente un motor en serie con un inversor de tambor.

■ Herramienta que utilizará:

- 1) Destornilladores
- 2) Navaja
- 3) Alicates
- 4) Pinza

■ Materiales que utilizará:

- 1) Un inversor de giro manual tipo tambor (manivela).
- 2) Dos fusibles Diazed de porcelana de 16 Amperios (base y tapón)
- 3) Doce metros de alambre de cobre de TW No.12
- 4) Un tablero de lámina perforada.
- 5) Riel DIN para acoplar los elementos de control.
- 6) Cinta de aislar
- 7) Bornera de conexión
- 8) Banco de trabajo
- 9) Tornillos

■ Equipo que utilizará:

- 1) Multímetro
- 2) Tacómetro

PASO 1

Monte los accesorios para accionamiento manual.

- Busque posición de accesorios.
- Asegure accesorios con tornillos.

PASO 2

Realice la conexiones, como se indica en la figura siguiente.

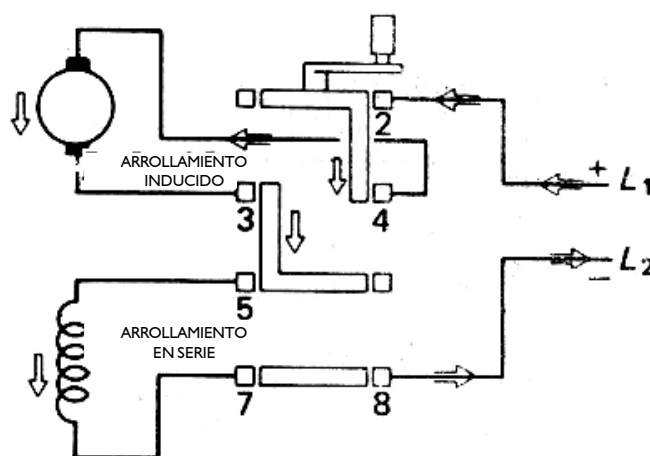


Fig.1.128 Motor en serie conectado a un inversor de tambor
(marcha adelante)

PASO 3

Compruebe las conexiones, midiendo continuidad en el circuito del motor en serie.

Observación:

El motor debe estar completamente parado antes de mover la manivela en cualquier dirección. Cuando el motor en serie está parado, la manivela se encuentra en el punto central; para la marcha en un sentido se mueve la manivela hacia la derecha, y para la marcha en sentido inverso se dispone primeramente la manivela en la posición de paro, y luego mueva hacia la izquierda.

PASO 4

Energice el motor, cambiando la posición de la manivela de la posición de paro hacia la derecha.

Mida con el tacómetro, las revoluciones del motor en serie y compárelas con las indicadas en la placa de características.

Pare el motor en serie, regresando la manivela a la posición del centro (paro), y luego mueva la manivela hacia el sentido inverso (izquierda).

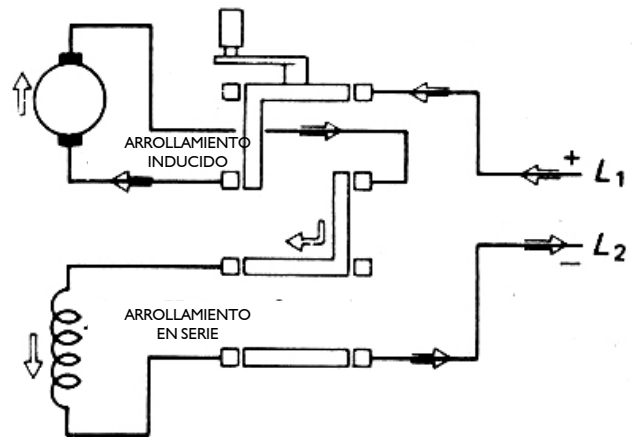


Fig.1.129 Motor en serie conectado a un inversor de tambor (manivela)

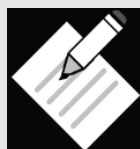
PASO 5

Desenergice el motor en serie, verificando con el multímetro la ausencia de tensión.



1.13.2 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Durante las distintas conexiones, usted estará en presencia de voltajes elevados. No realice ninguna conexión en los circuitos bajo tensión.



ACTIVIDADES

1. CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES TRIFÁSICOS

El facilitador organizará el total de participantes en grupos de 4 ó 5 personas, sometiendo a sorteo los siguientes temas relacionados con la Clasificación de los motores trifásicos.

- Asíncronos
- Síncronos
- De anillos rozantes
- De inducción.

Tomen 10 minutos del período de clase, para organizarse e informarse sobre el tema asignado para aclarar posibles dudas.

Realicen una investigación sobre el tema señalado y realicen una exposición en grupo la semana siguiente, presentando lo siguiente:

- Trabajo de investigación.
- Varias hojas de cartulina o papel rotafolio, indicando las características más importantes del tema investigado y péguenlas en el aula o taller, donde se realiza la capacitación.
- Dos fuentes de información sobre el tema investigado.

2. DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES DE UN MOTOR

Debajo de la figura mostrada, escriba en los espacios en blanco, el tipo de motor y los nombres de las partes señaladas. Hágalo en forma individual y compruebe sus respuestas con las de sus demás compañeros.

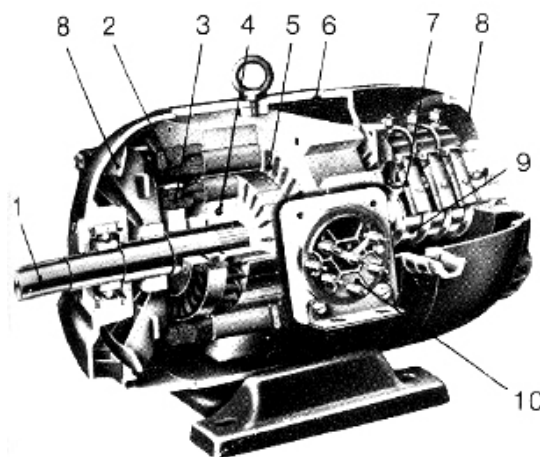


Fig.1.130 Partes de un motor

Tipo de Motor: _____

1.	_____
2.	_____
3.	_____
4.	_____
5.	_____
6.	_____
7.	_____
8.	_____
9.	_____
10.	_____

3. MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE MOTORES TRIFÁSICOS

En grupos de 5 personas, realicen una investigación en empresas o talleres que realicen mantenimiento y reparen motores trifásicos, solicitando información sobre:

1. Los pasos necesarios para realizar mantenimiento y reparar motores trifásicos.
2. Las pruebas que realizan las empresas o talleres a los motores trifásicos y las diferentes formas de realizar estas pruebas.
3. Los diferentes materiales utilizados para realizar mantenimiento en motores trifásicos.
4. Los equipos e instrumentos utilizados en dichas pruebas.
5. Los tipos de motores reparados.

Presenten un informe escrito indicando:
Las empresas o talleres donde obtuvieron información.

1. ¿Cuáles son las pruebas más utilizadas en motores monofásicos?
2. ¿Cuáles son las pruebas más utilizadas en motores trifásicos?
3. ¿Qué tipo de motores reparan con mayor frecuencia?

4. TIPOS DE MOTORES TRIFÁSICOS Y CONEXIONES COMUNES UTILIZADOS EN ELEVADORES Y GRADAS ELÉCTRICAS

Realice una investigación en tres diferentes edificios o centros comerciales, donde se encuentren instalados elevadores (ascensores) y gradas eléctricas.

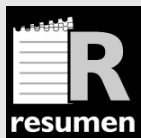
Diríjase al departamento de mantenimiento, con la persona responsable para la siguiente información.

- Los tipos de motores que utilizan.
- Tome los datos nominales de la placa del motor (voltaje, frecuencia, par, potencia, etc.)
- Tipo de arranque utilizado en el motor.
- Diagrama eléctrico unifilar de conexión, de elevadores y de gradas eléctricas.
- Dibuje las conexiones internas de los motores utilizados.

5. APLICACIÓN DE CONEXIÓN STEINMETZ

En grupos de 5 personas realicen una investigación donde se describan 3 aplicaciones distintas, características, ventajas y desventajas de las conexiones estudiadas.

1. Conexión delta
2. Conexión estrella
3. Conexión Dahlander
4. Conexión de Steinmetz
5. Conexión de motores de e inversión del sentido de giro.



RESUMEN

Los motores eléctricos trifásicos son fabricados en muy diversos tamaños, potencias (HP), tensiones, frecuencias y diseñados para trabajar en distintos tipos de ambientes de trabajo; por excelencia el motor eléctrico es el encargado de convertir la energía eléctrica (alterna o directa) suministrada, en energía mecánica rotativa.

Para el caso de la energía eléctrica trifásica, origina dentro de los embobinados del motor, campos magnéticos rotativos en el estator, que producen el movimiento giratorio en el rotor.

El motor trifásico de rotor en cortocircuito, su construcción es similar a los motores monofásicos de fase partida, pudiéndose diferenciar de los anteriores por que carecen de interruptor centrífugo.

Existen dos tipos de motores trifásicos que son: los motores Síncronos y los motores Asíncronos; se diferencian uno del otro principalmente porque, el rotor tiene la misma velocidad de giro que el campo magnético rotativo, se dice que tiene una velocidad síncrona y si el rotor no gira a la misma velocidad del campo rotativo se dice que es asíncrona.

Los motores asíncronos o motores de inducción, son las máquinas de impulsión eléctrica mas utilizadas, se clasifican según el tipo de rotor: motores de rotor en forma de jaula de ardilla o motores de inducción y los motores de rotor bobinado o de anillos rozantes.

Los motores síncronos tienen la característica de que su velocidad de giro dependen de la frecuencia de la red que lo alimenta, sus aplicaciones son muy específicas, por ejemplo cuando se desean velocidades constantes.

Los diferentes motores ya sean trifásicos, monofásicos o de corriente directa, pueden ser arrancados

directamente de la red eléctrica; sin embargo, no es recomendable, no solamente por la seguridad personal, sino que también por la excesiva corriente que se provoca en el momento del arranque, por tanto existen diferentes métodos para reducir la corriente en el momento del arranque del motor.

El motor más empleado es el trifásico con rotor en cortocircuito (motor de inducción) para el que existen diversas formas de arranque como el de arranque directo y el indirecto.

Otros motores son los trifásicos con rotor bobinado, cuyo arranque se realiza por medio de resistencias rotóricas.

Para el arranque de motores de corriente continua se aplican básicamente dos tipos: arranque directo e inversión de giro manual o por medio de contactores. La corriente de arranque a tensión nominal es mayor en los motores CD comparada con un motor en AC de la misma potencia.

En un arranque estrella – delta, el voltaje de trabajo debe de coincidir con la tensión que soporta en delta, además la corriente de arranque del motor en el arranque estrella – delta es un tercio del valor correspondiente al arranque directo.

Para la elección de un motor eléctrico, es necesario hacer varias consideraciones importantes, dentro de las que se mencionan: el lugar en donde se colocará el motor, la tensión del que va a tomar la energía, que potencia en HP es necesaria según su carga y con esto conlleva también, su instalación eléctrica, cálculo de conductores, medios de control, elementos de protección, costos de instalación, mantenimiento, reciclaje, protección ambiental, entre otros.



EVALUACIÓN

- Un motor es una máquina eléctrica rotativa, donde la energía eléctrica trifásica origina campos magnéticos en el:
A) Contactor
B) Rotor
C) Estator
D) Embobinado
- En un motor sincrónico, el rotor tiene el (la) _____ velocidad de giro que el campo magnético rotativo.
A) Duplo
B) Misma
C) Triple
D) Mitad
- Los motores _____ tienen la característica de que su velocidad de giro es directamente proporcional a la frecuencia de la corriente alterna que lo alimenta.
A) Asíncronos
B) Shunt
C) Compound
D) Síncronos
- Los motores asíncronos o _____ son las máquinas de impulsión eléctrica más utilizadas por ser sencillos, seguros y baratos.
A) De inducción.
B) Síncronos
C) Tipo Serie
D) Compound
- El producto de la fuerza F (medida en Newton) por un radio r (medida en metros) del brazo de palanca se denomina _____ de la fuerza.
A) Frecuencia de giro
B) Par
C) Número de polos
D) Potencia
- La potencia mecánica de un motor de 2 Kw, es igual a _____ HP.
A) 2.5
B) 1.49
C) 2.68
D) 1.5
- Para un motor que consume 10 kW de potencia eléctrica y produce 7.5 kW de potencia mecánica, el rendimiento es igual a _____ %.
A) 75
B) 80
C) 90
D) 65
- En los motores de inducción o motores asíncronos monofásicos, las tensiones nominales pueden ser de _____ ó _____ Voltios.
A) 110 - 120
B) 120 - 240
C) 240 - 380
D) 380 - 480

9. En una máquina eléctrica de CA se mide durante su funcionamiento, el valor de la potencia real con un:
- A) Amperímetro
 - B) Voltímetro
 - C) Vatímetro
 - D) Fasímetro
10. La intensidad que circula por cada uno de los devanados en la conexión en _____ será $\sqrt{3}$ veces mas intensa que en la conexión en estrella.
- A) Serie
 - B) Delta
 - C) Paralelo
 - D) Estrella
11. La intensidad de la corriente de arranque del motor en jaula de ardilla conectado en estrella es igual a _____ de la que consume en delta.
- A) $1/3$
 - B) $1/2$
 - C) $\sqrt{3}$
 - D) 2
12. El _____ evita corrientes elevadas de arranque en motores trifásicos con carga y ayuda a que el par motor sea más fuerte.
- A) Contactor
 - B) Guardamotor
 - C) Conmutador
 - D) Fusible
13. El motor trifásico para una sola tensión de red tiene _____ bornes de conexión con la tensión trifásica a la cual debe ser alimentado, indicada.
- A) 6
 - B) 3
 - C) 5
 - D) 10
14. Cuando se desea arrancar un motor trifásico con un interruptor estrella-triángulo a dos tensiones distintas se emplean motores:
- A) Para una sola tensión
 - B) De polos conmutables
 - C) Para tensiones conmutables
 - D) En motores de nueve puntas
15. En los motores trifásicos, cuando se varia el número de _____ se puede variar la velocidad de giro.
- A) Polos
 - B) Bornes
 - C) Escobillas
 - D) Chapas
16. La conexión _____, es un sistema especial para cambiar el número de polos, y tiene una gran importancia cuando se conmuta entre dos frecuencias de giro diferentes.
- A) Steinmetz
 - B) Estrella-Delta
 - C) Dahlander
 - D) Delta-Estrella

17. El motor _____ es un motor cuyo electroimán de campo es un devanado en derivación, conectado en paralelo con la armadura.

- A) Tipo serie.
- B) Compound
- C) Shunt
- D) Dahlander

18. El sentido de rotación de un motor de corriente _____ puede invertirse cambiando el sentido de la corriente que circula por el inducido o el de la que circula por el inductor.

- A) Continua
- B) Alterna
- C) Pulsante
- D) Monofásica

19. El _____ es una parte del motor de CC que consiste de barras de cobre de forma rectangular, que están montadas sobre la flecha o eje y aisladas, formando un círculo alrededor del eje.

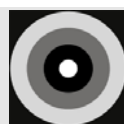
- A) Conmutador
- B) Núcleo
- C) Estator
- D) Colector

20. El motor _____ es un tipo de motor en el cual se puede variar la resistencia del circuito del rotor conectando resistores adicionales.

- A) Compound
- B) Jaula de ardilla
- C) Anillos rozantes
- D) Inducción.

UNIDAD 2

CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE MANDO Y FUERZA PARA MOTORES



OBJETIVOS DE LA UNIDAD

Coadyuvar al desarrollo de las siguientes competencias:

- Realizar instalación de motores eléctricos, utilizando mandos manuales de acuerdo a normas de calidad establecidas.
- Realizar instalación de motores eléctricos, utilizando mandos electromagnéticos de acuerdo a normas de calidad establecidas.
- Realizar instalación de motores eléctricos, utilizando mandos automáticos de acuerdo a normas de calidad establecidas.
- Realizar instalación de motores eléctricos, utilizando mandos especiales de acuerdo a normas de calidad establecidas.

REALIZAR INSTALACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS UTILIZANDO MANDOS MANUALES, DE ACUERDO A NORMAS DE CALIDAD ESTABLECIDAS

2.1 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 mas 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 serian necesarios para asegurar la maniobra de los aparatos.

Los elementos de mando manuales deben:

- ◆ Ser sencillos, seguros, robustos y disponer de resistencia al choque.
- ◆ Garantizar la seguridad del personal y la de la máquina que controla.
- ◆ Permitir arranques y paradas mediante varios puestos de mando.
- ◆ Evitar al operario desplazamientos y movimientos inútiles y fatigosos.
- ◆ Impedir arranques no previstos después de un corte de corriente.

Las condiciones de utilización y las características de los circuitos controlados son criterios que determinan la elección de los auxiliares de mando manual.

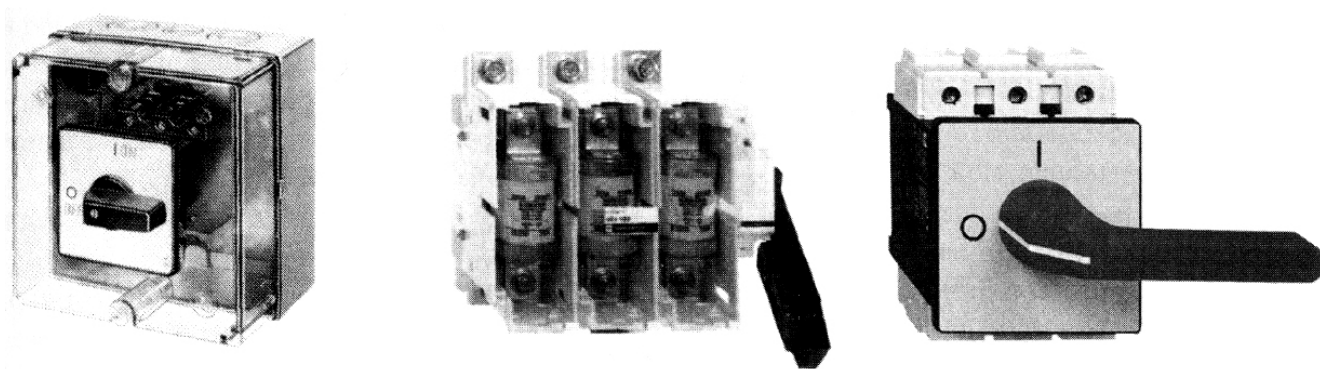


Fig. 2.001 Diferentes tipos seccionadores

2.1.1 DEFINICIÓN DE CONTROL MANUAL

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.

Los contactos de doble corte o apertura, si son normalmente abiertos (NO), se forzan contra los contactos fijos para completar el circuito eléctrico. Cuando el contactor manual es desenergizado, los contactos móviles se forzan para retirarse de los contactos fijos y el circuito se abre otra vez. Cuando se usan contactos normalmente cerrados (NC), si se

usan contactos de doble interrupción o corte, el procedimiento se invierte.

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.

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.

2.1.2 TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE CONTROLES MANUALES

Las normas NEMA (National Electrical Manufacturers Association, Asociación Nacional de Manufacturas Eléctricas), ha dividido los controladores de motor en clases de la A a la E. Las clases usadas de manera más común, la A, la B y la E se describen como sigue:

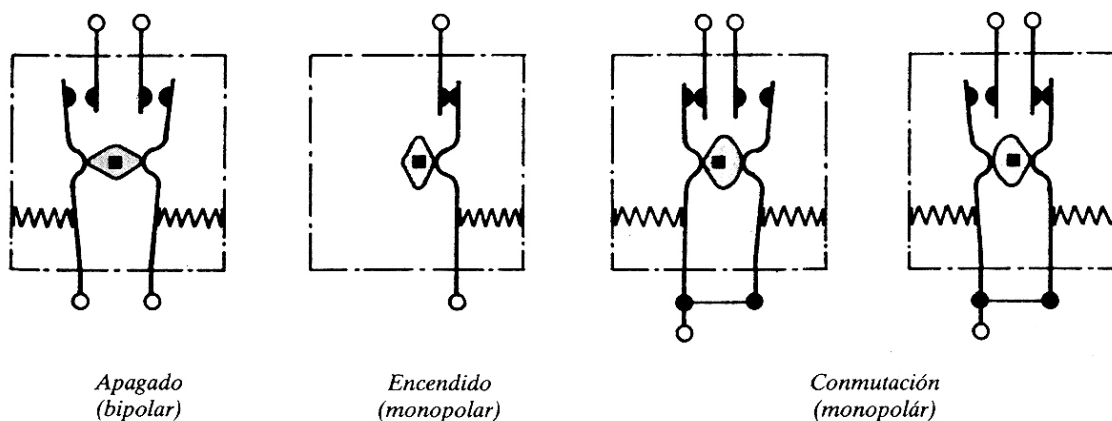


Fig. 2.002 Diferentes tipos de accionamiento manual.

■ **Clase A:**

Controladores manuales o magnéticos, de corriente alterna, con ruptura al aire y sumergidos en aceite, para servicio a 600 volts o menos, capaces de interrumpir sobrecargas de operación hasta de 10 veces inclusive la capacidad nominal de su motor, pero no cortocircuitos o fallas mas allá de las sobrecargas de operación.

■ **Clase B:**

Controladores manuales o magnéticos, de corriente continua, con ruptura al aire, para servicio a 600 volts o menos y capaces de interrumpir sobrecargas de operación pero no cortocircuitos o fallas mas allá de las sobrecargas de operación.

■ **Clase E:**

Controladores magnéticos de corriente alterna, con ruptura al aire o sumergido en aceite para servicio a voltajes entre 2200 y 4600 volts y capaces de interrumpir cortocircuitos o fallas mas allá de las sobrecargas de operación. Esta clase se subdivide en clases E1 y E2; la primera utiliza contactos para arrancar e interrumpir, mientras que la última emplea fusibles para interrumpir.

■ **Clases C y D:**

Estas dos clases son controladores de corriente alterna y de corriente continua respectivamente, capaces de interrumpir corrientes de falla mas allá de las sobrecargas de operación. Estos dispositivos no se usan de manera muy amplia y cuando no se establecen designaciones de clase para 600 volts o menos, se entiende que se trata de las clases A o B.

■ **Arrancadores tipo combinación:**

La protección contra cortocircuitos que se extiende desde la máxima corriente de falla que se puede tener con el sistema de potencia hasta magnitudes de corriente de 10 veces la capacidad de plena carga del arrancador, debe ser proporcionada por un dispositivo en el lado de la línea del arrancador. Esto se logra normalmente

usando arrancadores tipo combinación para 600 volts o menos, donde la capacidad para interrumpir corrientes de falla se aplica a la combinación como un todo. Los arrancadores de combinación se fabrican con protección contra fallas en forma de un interruptor de desconexión tipo fusible, un interruptor de circuito al aire, o una combinación coordinada de fusibles y un interruptor de circuito. Con los arrancadores de combinación se pueden obtener capacidades de interrupción asimétrica de hasta 100,000 A.

Los contactores de levas pertenecen al grupo de los interruptores de accionamiento manual que con la rotación del eje conectan los diferentes circuitos eléctricos. Los discos de levas, 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.

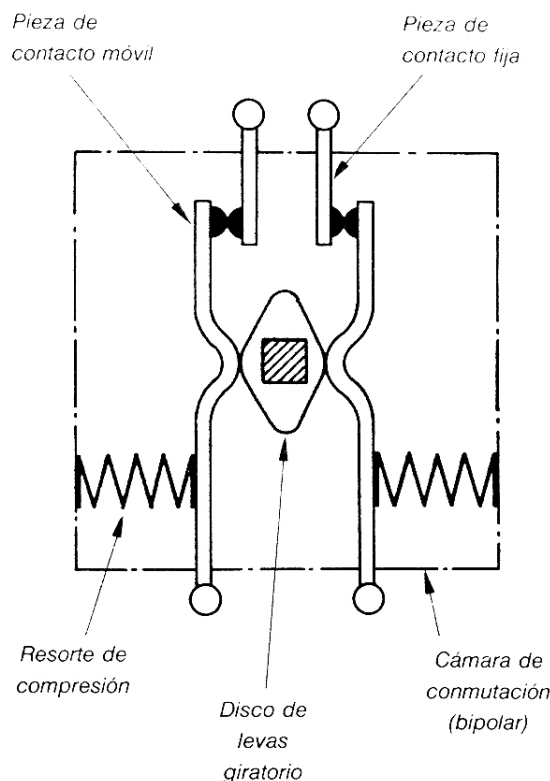


Fig. 2.003 Estructura del contactor de levas.

Representación del desarrollo de un interruptor de levas (diagrama de contactos). El aspa indica “Contacto cerrado”. Están cerrados: en la posición de conexión 1, el contacto entre los



bornes 1 y 2, también entre los bornes 7 y 8; en posición de conexión 2, el contacto entre los bornes 3 y 4, también entre los bornes 5 y 6 y, en posición de conexión 3 y el contacto entre los bornes 9 y 10.

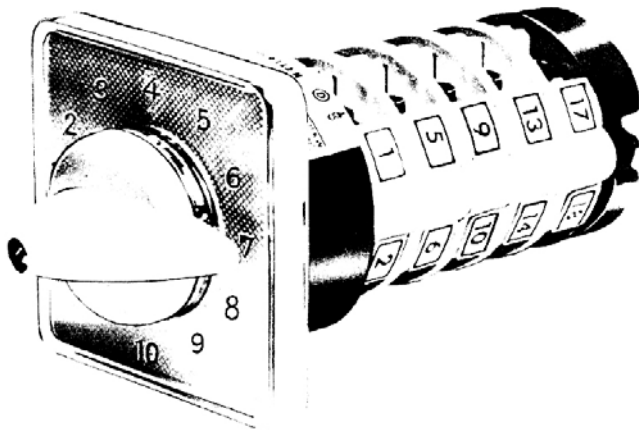


Fig. 2.005 Interruptor de Levass (diagrama de contactos)

2.1.3 MANTENIMIENTO BÁSICO DE CONTROLES MANUALES

Retire el polvo acumulado, si fuera preciso limpiar, no utilice lija en los contactos, ya que sólo causará su desgaste y reducirá su vida de operación, por el contrario sopletee con aire seco o limpie las partes con una esponja suave.



2.1.4 MEDIDAS DE SEGURIDAD

El interruptor de levass debe utilizarse únicamente como interruptor de carga y no como interruptor de mando, en instalaciones de corriente alterna y corriente trifásica.

Se colocan los interruptores de mantenimiento en máquinas y equipos eléctricos para poder efectuar trabajos de mantenimiento, observando las normas de seguridad.

Cada persona que coloque su candado en el dispositivo de bloqueo, quedará protegida y evitará que se conecte la instalación por personal no autorizado.

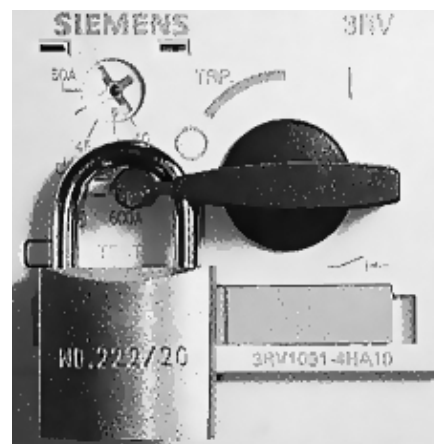
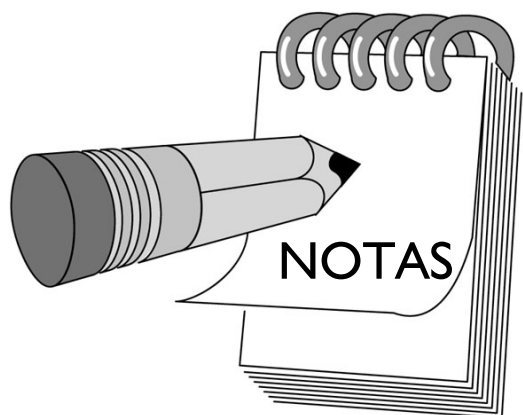


Fig. 2.006 Interruptor de bloqueo por candado.

[illegible][illegible]

2.2 EQUIPO Y ACCESORIOS 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.

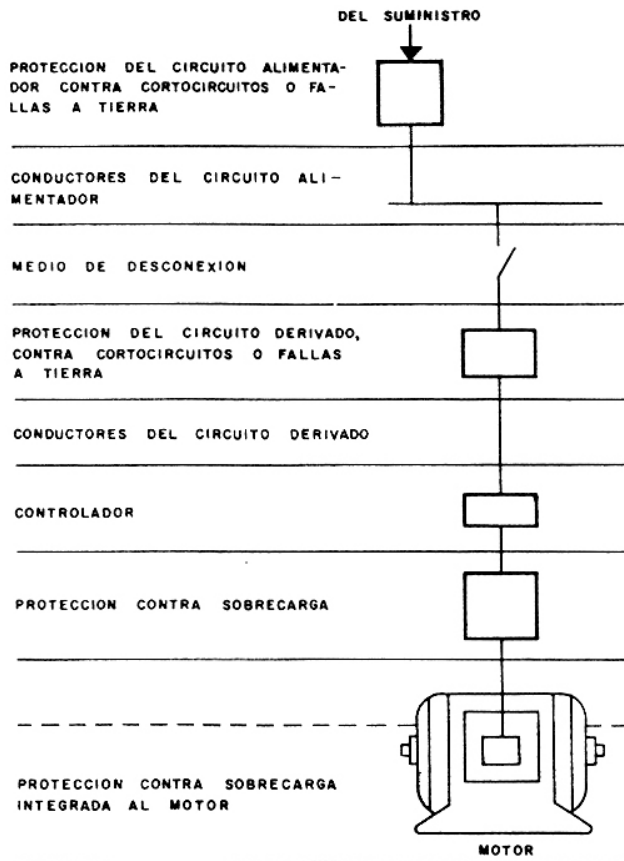


Fig. 2.007 Elementos del circuito derivado de un motor

El control de motores eléctricos se ha asociado tradicionalmente con el estudio de los dispositivos eléctricos que intervienen para cumplir con las funciones que realiza la máquina rotativa propiamente dicha; es importante decir que el motor en sí, es sólo un medio de hacer funcionar una máquina como por ejemplo, una empaquetadora, embotelladora, movimiento de fajas, elevadores, etc., por tanto, es necesario protegerlo por medio de dispositivos y accesorios que permitan la detección de fallas y buen funcionamiento del motor.

2.2.1 DEFINICIÓN DE EQUIPOS Y ACCESORIOS DE MOTORES ELÉCTRICOS

Los equipos y accesorios de un motor eléctrico son todos aquellos dispositivos que se usan normalmente para arrancar, parar, invertir el sentido de giro, proteger, señalizar, detectar fallas, controlar, etc., un motor en cualquier condición de operación.

Para el caso del controlador, puede ser un simple desconectador para arrancar y parar el motor (switch), puede ser también una estación de botones para arrancar al motor en forma local o a control remoto, puede ser un dispositivo que arranque al motor por pasos, invirtiendo su sentido de rotación o bien, haciendo uso de las señales de los elementos por controlar como puede ser temperatura, presión, nivel de un líquido o cualquier otro cambio físico que requiera arrancar o parar un motor y que evidentemente le confieran un mayor grado de complejidad al circuito de control.

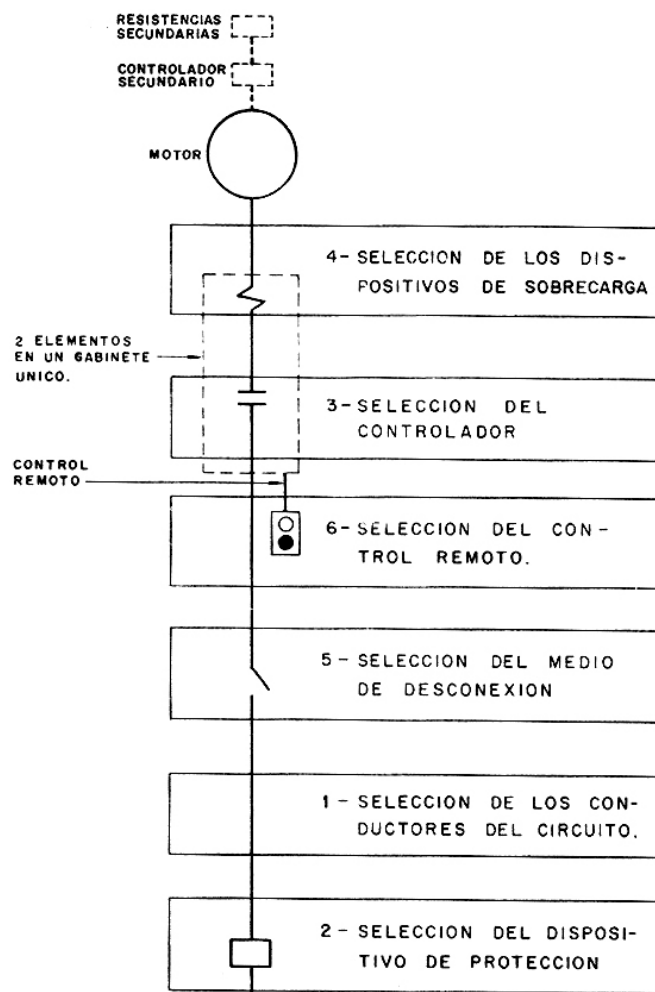


Fig. 2.008 Pasos a seguir en el cálculo de los elementos de alimentación y control a un motor de CA

Todos los elementos del motor eléctrico (hierro activo, hierro inactivo y devanados) requieren de algún tipo de protección para asegurar que el motor siga en operación, en forma segura y económica. El grado de protección depende de la combinación particular de las condiciones de servicio y la importancia de la aplicación. La protección puede ser en la forma de una carcasa o alojamiento, una advertencia por medio de sonido o de luz, o la desconexión del motor de la fuente de alimentación, antes de que pueda ocurrir algún daño. El daño se produce debido al deterioro y a la

desintegración del aislamiento usado en los devanados, a causa de una falla de una parte mecánica, o por una combinación de ambas. Tanto el deterioro eléctrico como el mecánico y la desintegración, pueden ser la causa o el efecto de una falla en el motor. La protección de los motores estará en función de los equipos y accesorios con los que cuente el mismo, con el objeto de obtener una operación segura.

2.2.2 PARTES Y FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS Y ACCESORIOS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Cada circuito de control, por simple o complejo que sea, está compuesto de un cierto número de componentes básicos conectados entre sí, para cumplir con una función determinada como: arrancar, parar, invertir el sentido de giro, señalar, detectar fallas, controlar, etc., un motor en cualquier condición de operación.

El principio de operación de estos componentes es el mismo y su tamaño varía dependiendo del tamaño del motor que van a controlar. Aun cuando la variedad de componentes eléctricos es muy amplia, los principales elementos de control son los que a continuación se mencionan:

- 1) Desconectores (switches).
- 2) Interruptores termomagnéticos.
- 3) Desconectores (switches) tipo tambor.
- 4) Estaciones de botones.
- 5) Relevadores de control.
- 6) Contactores magnéticos.
- 7) Fusibles y relevadores.
- 8) Lámparas piloto.

- 9) Switch de nivel, limite y otros tipos.
- 10) Resistencias, reactores, autotransformadores y capacitores.

1) DESCONECTADORES (SWITCHES):

Constituyen uno de los medios más elementales de control de los motores eléctricos, ya que conectan o desconectan un motor de la fuente de alimentación, se construyen con navajas para dos líneas (motores monofásicos) o tres (motores trifásicos), las navajas se abren o cierran simultáneamente por medio de un mecanismo manual (vea la Figura siguiente). Por lo general se encuentran alojados en una caja metálica y tienen un fusible por conductor. Están diseñados para conducir la corriente nominal por un tiempo indefinido y para soportar la corriente de cortocircuito por periodos breves de tiempo.

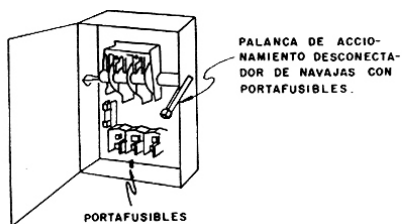
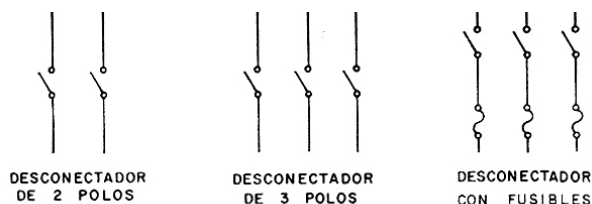


Fig. 2.009 Representaciones físicas y esquemáticas de los desconectadores

2. INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS:

Un interruptor Termomagnético manual permite abrir y cerrar un circuito, en forma análoga a las cuchillas desconectoras, excepto que en estos interruptores se pueden abrir en forma automática, cuando el valor de la corriente que circula por ellos excede a un cierto valor de temperatura previamente fijado. Después de que estos interruptores abren (disparan) se deben restablecer en forma manual, tienen la ventaja sobre los desconectadores de que no requieren del uso de fusibles.

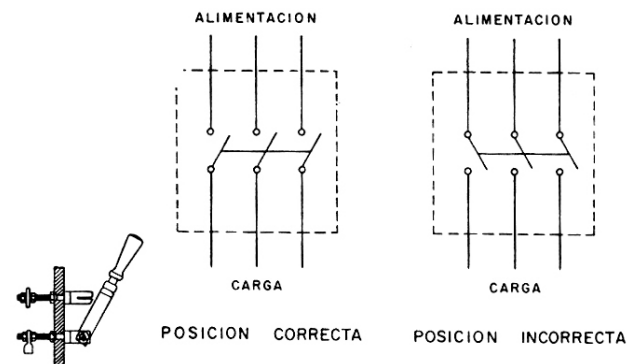


Fig. 2.010 Posición correcta de las cuchillas desconectoras

La altura con respecto al nivel del suelo, a la cual se debe montar la caja que contiene al desconectador, no debe ser inferior a 1.80 metros.

La regla aplicada a los desconectadores es aplicable a los interruptores termomagnéticos, en cuanto a la altura de instalación sobre el nivel del suelo, aun cuando estos en muchas ocasiones van montados en tableros de fuerza en baja tensión.

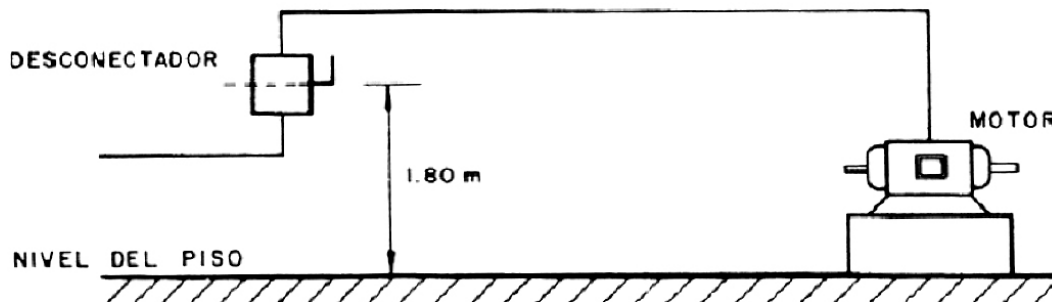


Fig. 2.011 Altura de la caja desconectora

3. DESCONECTADOR (SWITCH)

TIPO TAMBOR:

Son dispositivos manuales que tienen un grupo de contactos fijos e igual número de contactos móviles. Estos contactos permiten obtener las posiciones de abierto y cerrado, con una secuencia determinada por medio de una manija rotatoria. Se usan en motores de pequeña potencia o como dispositivos de control en motores con arrancadores magnéticos.

4. ESTACIONES DE BOTONES:

Un botón es básicamente un switch que se activa por medio de la presión de los dedos de manera que dos o más contactos cierran o abren, cuando se quita la presión de los botones. Normalmente se usan resortes en los botones, para regresarlos a su posición original después de ser presionados.

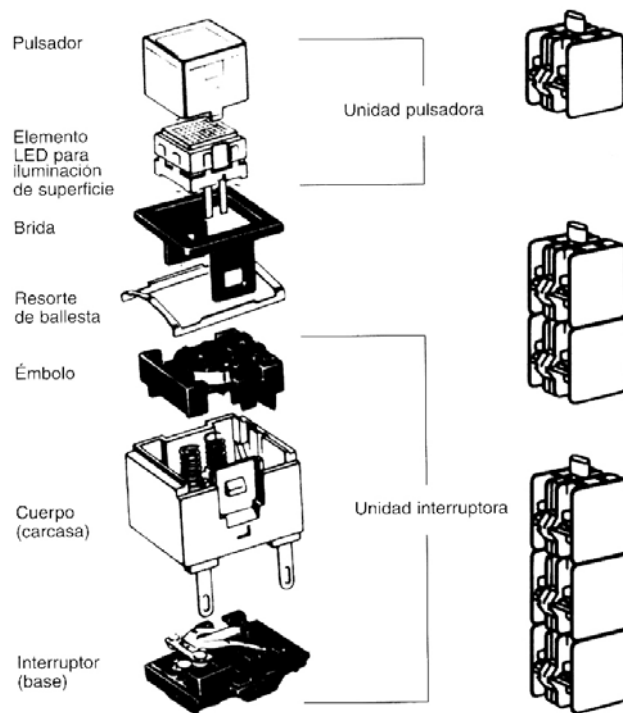


Fig. 2.012 Constitución de un pulsador

En una estación eléctrica se puede usar más de una estación de botones, de manera que se puede

controlar un motor desde tantos puntos como estaciones se tengan disponibles y se pueden fabricar para uso normal o para uso pesado, cuando se usan con mucha frecuencia.

DESCRIPCION	CONTACTOS	LEYENDA
UN BOTON	N.A.	ARRANCAR
	N.C.	PARAR
		PARAR CON SEGURO
DOS BOTONES	N.A.	ARRANCAR-PARAR
	N.C.	ARRANCAR-PARAR (CON SEGURO EN PARAR)
	N.A.	SUBIR-BAJAR
	N.C.	ADELANTE-REVERSA
TRES BOTONES	N.C.	SUBIR-BAJAR-PARAR
	N.A.	ADELANTE-ATRAS-PARAR
	N.C.	RAPIDO-LENTO-PARAR
DOS BOTONES CON LAMPARA NEON	N.A.	ARRANCAR-PARAR
DOS BOTONES CON DOS LAMPARAS NEON	N.A.	ROJA
	N.C.	AMARILLA
	DISPOSITIVO DE SEGURO (PARA BOTON PARAR)	

Fig. 2.013 Datos de estaciones en caja NEMA 1 de uso general

5. RELEVADORES DE CONTROL:

Un relevador es un switch electromagnético que se emplea como dispositivo auxiliar en los circuitos, y se emplea como dispositivo auxiliar en los circuitos de control de arrancadores de motores grandes o directamente como arrancadores en motores pequeños.

El relevador electromagnético abre y cierra un conjunto de contactos cuando su bobina se energiza. La bobina produce un campo magnético fuerte que atrae una armadura móvil, accionando los contactos.

Los relevadores de control se usan por lo general en circuitos de baja potencia y puede incluir relevadores de tiempo retardado que cierran y abren sus contactos en intervalos de tiempo definidos.

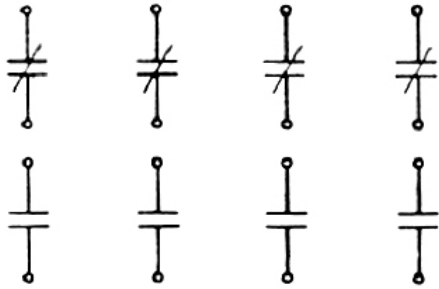


Fig. 2.014 Relevador con cuatro contactos normalmente abiertos y cuatro normalmente cerrados

6. RELEVADORES TÉRMICOS:

También conocido como relevador de sobrecarga, es un dispositivo sensible a la temperatura cuyos contactos abren o cierran, cuando la corriente del motor excede a un límite preestablecido. La corriente circula a través de un elemento de calentamiento que alcanza la temperatura del relevador. Los relevadores térmicos son dispositivos de retardo de tiempo en forma inherente, debido a que la temperatura no puede seguir en forma instantánea a los cambios de corriente.

7. CONTACTORES MAGNÉTICOS:

Es esencialmente un relevador de control grande que está diseñado para abrir y cerrar un circuito de potencia, posee un relevador de bobina que activa a un conjunto de contactos y se usan para controlar motores desde $\frac{1}{2}$ HP, hasta varios cientos de HP y poseen por lo general, un sistema de extinción de arco por sopleo magnético, para evitar que se dañen los contactos por las repetidas operaciones de apertura y cierre a que se ven sujetos.

Existen también contactores que operan con corriente alterna, sostenidos mecánicamente, estos son dispositivos electromecánicos que proporcionan un medio seguro y eficiente en los circuitos de interrupción.

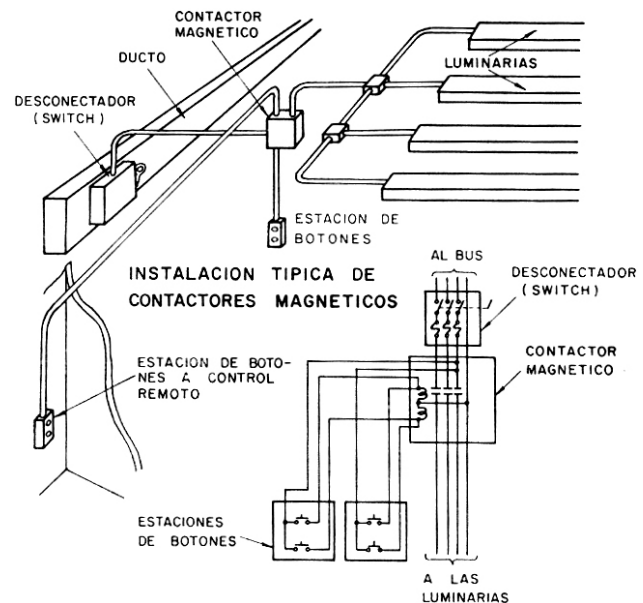


Fig. 2.015 Diagrama de alambreado

8. LÁMPARAS PILOTO:

Las lámparas piloto se usan como elementos auxiliares de señalización para indicar posición de “dentro” o “fuera” de una componente remota en un sistema de control.

9. SWITCH LÍMITE Y SWITCH DE TIPO ESPECIAL:

Un switch límite es un dispositivo de baja potencia que tiene un dispositivo de contacto tipo grapa, cuya acción depende de la posición de un elemento mecánico, este elemento puede ser sensitivo a distintos tipos de señales como son la presión, la temperatura, el nivel de líquidos, la dirección de rotación, etc.

Algunos otros tipos de switch denominados especiales son:

- ◆ Interruptor de flotador
- ◆ Interruptor de presión
- ◆ Termostatos
- ◆ Reloj de control de tiempo
- ◆ Válvulas de solenoide

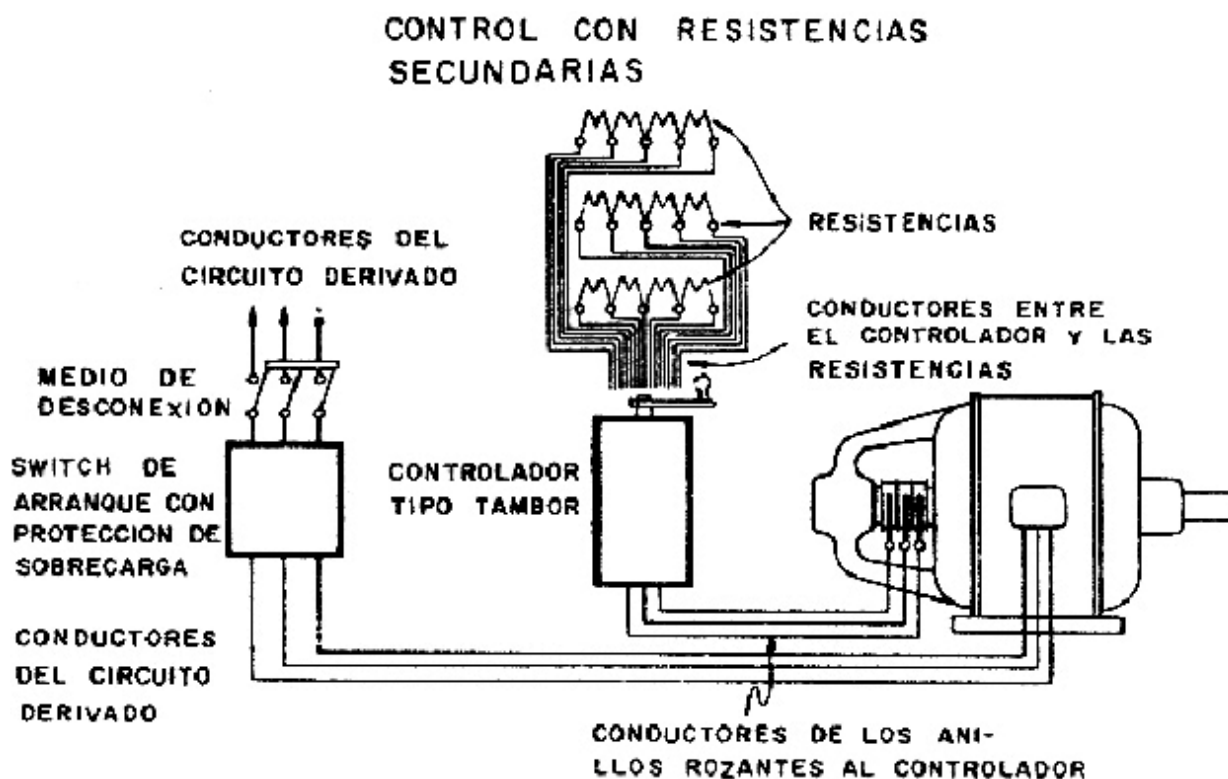


Fig. 2.016 Motor de CA de rotor devanado para control de velocidad

10. RESISTENCIAS, REACTORES, AUTOTRANSFORMADORES, TRANSFORMADORES Y CAPACITORES:

Algunas cargas industriales se deben arrancar en forma gradual, como es el caso de máquinas que procesan productos frágiles, en otras aplicaciones industriales, no se pueden conectar los motores directamente a la línea, debido a que la corriente de arranque es muy elevada, en este tipo de casos, el voltaje de arranque aplicado al motor se debe reducir, ya sea conectando resistencias (también reactancias) en serie con la línea de alimentación al motor, o bien empleando autotransformador.

2.2.3 TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS Y ACCESORIOS DE MOTORES ELÉCTRICOS

Son el conjunto de maniobras, protección, medida, regulación y control, incluidos los accesorios de canalizaciones eléctricas utilizados en las instalaciones de baja y alta tensión. Los equipos y accesorios eléctricos se definen a partir de los valores asignados

a algunas de sus magnitudes funcionales (tensión, corriente, potencia, temperatura, etc.). Estos valores son los llamados valores nominales o asignados.

Se denomina valor nominal de una cualidad determinada de un aparato al valor de la magnitud que define al aparato para esa cualidad.

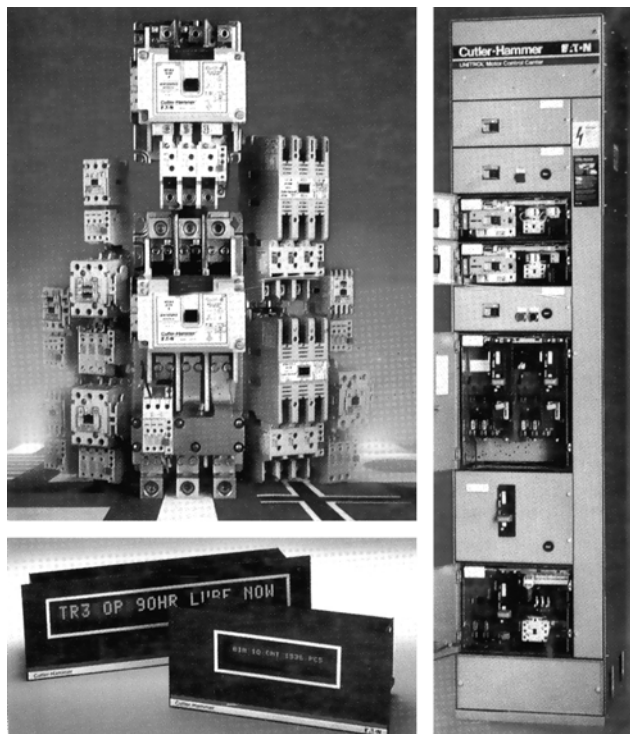


Fig. 2.017 Accesorios eléctricos

El fabricante de los accesorios define los criterios de diseño y la normativa vigente, sobre cuales deben ser los valores nominales para las distintas magnitudes de cada aparato.

Las magnitudes básicas de los accesorios eléctricos son: la tensión, corriente nominal y la máxima intensidad térmica, sin embargo son varios los conceptos que influyen en todos los dispositivos de control y maniobras de motores eléctricos.

1) Tensión nominal: es la máxima tensión asignada por el fabricante para el material del que está construido el dispositivo. Suele estar ligada al aislamiento y a otras características funcionales dependientes de la tensión.

2) Corriente nominal: es la máxima corriente que se puede mantener de forma indefinida, sin que supere la máxima temperatura establecida en las normas, ni se produzca ningún tipo de deterioro. Existen valores normalizados, por ejemplo, para interruptores automáticos y diferenciales: 6 A, 10 A, 16 A, etc.

3) Máxima intensidad térmica: máxima corriente que puede circular por un dispositivo durante un tiempo prolongado (especificado por el fabricante), sin producir calentamiento excesivo que genere daños.

4) Máxima corriente de sobrecarga: valor máximo de la corriente que se puede soportar durante una sobrecarga. Este valor debe ir asociado al tiempo de duración de la sobrecarga.

5) Nivel de aislamiento: se define por los valores de las tensiones utilizadas en los ensayos de aislamiento a frecuencia industrial y ante ondas tipo rayo. Estos valores indican la capacidad del aparato para soportar dichas sobretensiones.

6) Poder de cierre: máximo valor de intensidad sobre la que puede cerrar correctamente un interruptor, contactor o relé.

7) Poder de corte o capacidad nominal de ruptura: máximo valor de la intensidad que un interruptor, contactor, relé o fusible es capaz de abrir sin sufrir daños.

8) Calentamiento: los accesorios eléctricos están sometidos al calentamiento derivado del efecto Joule y de las pérdidas causadas por efectos magnéticos (corriente parásitas) y pérdidas en los aislantes (pérdidas dieléctricas).

9) Aislamiento: los accesorios eléctricos padecen los problemas derivados de la influencia del ambiente y las alteraciones producidas por el tiempo en los materiales aislantes sólidos líquidos y gaseosos.

10) Esfuerzos mecánicos: el problema de los esfuerzos mecánicos tiene su origen en las fuerzas electrodinámicas que se manifiestan entre conductores próximos, cuando son recorridos por corrientes eléctricas y en las dilataciones que experimentan al calentarse.

El objetivo principal de los accesorios de maniobra es establecer o interrumpir la corriente en uno o varios circuitos bajo las condiciones previstas de servicio, sin daños para el dispositivo de maniobra y sin perturbar el funcionamiento de la instalación.

Su aplicación es la de conexión y desconexión de consumidores. Revisión periódica de la instalación y los elementos del sistema.

Tipos de maniobras: existen dos tipos de maniobras; según que circule corriente o no (o la tensión entre contactos sea insignificante) por el elemento de maniobra, cuando se produzca ésta: maniobra en vacío y con carga.

Dispositivos de maniobra:

- Seccionador (maniobras en vacío)
- Interruptor (maniobra en carga)
- Contactor (maniobra en carga)

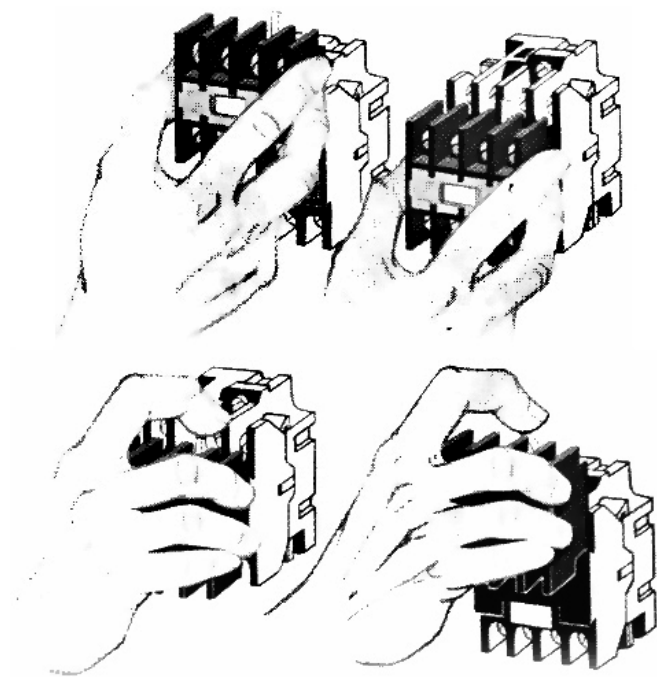


Fig. 2.018 Acoplamiento de contactos auxiliares



Fig. 2.019 Seccionadores

a. PROTECCIONES (FUSIBLES, FLIP-ON)

La protección contra **sobreintensidad**, debe ser uno de los elementos más importantes dentro de los protectores de los motores eléctricos en general.

La sobreintensidad se provoca por dos tipos de corrientes:

- Corrientes de sobrecarga
- Corrientes de cortocircuito

Los elementos de protección contra sobreintensidades en una instalación eléctrica, pueden definirse como aparatos destinados a cortar el paso de la corriente, cuando se estima que alcanza valores que pueden dañar el circuito o los receptores conectados (motor eléctrico).

Por su construcción, los fusibles pueden dividirse en cortacircuitos de rosca, cilíndricos y de cuchillas.

Como modelo de fusible de rosca, se describe el tipo Diazed, este cortacircuito fusible consta de dos partes:

1. Fusible propiamente dicho.
2. Base portafusible.

A su vez el fusible propiamente dicho consta de tres piezas, que están dibujadas separadamente en la siguiente Figura:

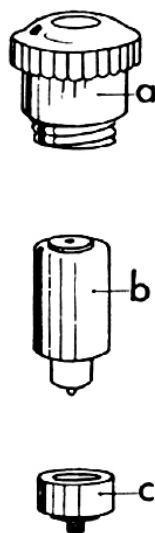


Fig. 2.020 Cortacircuito fusible Diazed, Siemens.
a) Tapón roscado b) Cartucho fusible c) Tornillo de ajuste

El tapón roscado fija el cartucho fusible a la base portafusible y lleva un dispositivo que indica, cuando el fusible está quemado.

El cartucho fusible es un cilindro hueco de material aislante, en cuyo interior se encuentra un hilo fusible, en los extremos del cartucho, este lleva piezas de contacto que quedan fijadas al apretar el tapón roscado.

El tornillo de ajuste tiene su parte superior (de material aislante) con una abertura ajustada a las dimensiones del extremo inferior del cartucho fusible, la parte inferior se rosca sobre un agujero roscado situado en la base portafusible.

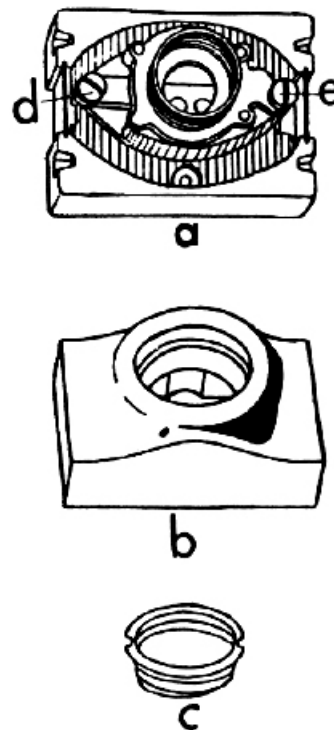


Fig. 2.021 Base portafusible de cartucho Diazed Siemens
a) Zócalo b) Tapa c) Casquillo roscado d) Tornillo de conexión a la pieza de contacto, con el tornillo de ajuste. e) Tornillo de conexión al casquillo roscado.

La base portafusible está constituida también por cinco piezas:

- a) Un zócalo, cubierto con una tapa que está asegurada al zócalo, por medio de un casquillo roscado

b). El tornillo e de la base va unido al casquillo roscado, mientras que el c) lo está a la pieza de contacto con el tornillo de ajuste. los conductores y las conexiones, después de su fijación sobre el panel o tablero, van introducidos en los zócalos de los fusibles y unidos a los bornes d) y e) de las bases portafusibles; de esta forma, las conexiones resultan visibles y pueden vigilarse y desmontarse por la parte anterior, sin necesidad de desmontar la base portafusible.

El conjunto cartucho fusible-tornillo de ajuste está provisto de tal manera que a cada tornillo de ajuste, corresponde un cartucho fusible y solamente uno, calibrado a una intensidad aproximada. De esta forma, se evitan recambios erróneos.

A cada intensidad le corresponde un cartucho fusible de diferente diámetro y a cada tensión, un cartucho fusible de distinta longitud.

Los fusibles cilíndricos son los cortacircuitos más utilizados. Tienen el cuerpo de material aislante con capas de material conductor (normalmente, cobre estañado o tratado con algún antioxidante) en forma de casquillo, insertadas en el cuerpo aislante. El material fusible va instalado entre los casquillos, por la parte interior del cuerpo de forma tubular.

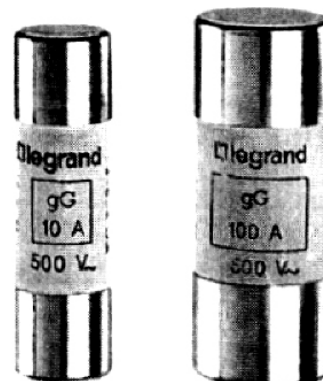


Fig. 2.024 Fusible cilíndrico

Se fabrican distintas medidas de estos fusibles, como se ve en la figura siguiente:

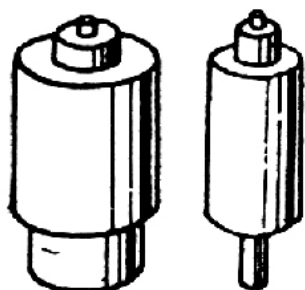


Fig. 2.022 Cartuchos fusibles para la misma tensión (igual longitud) y distinta intensidad (distinto diámetro)

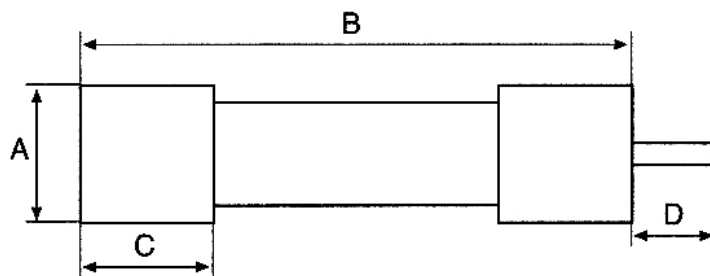


Fig. 2.025 Medidas de fusibles cilíndricos

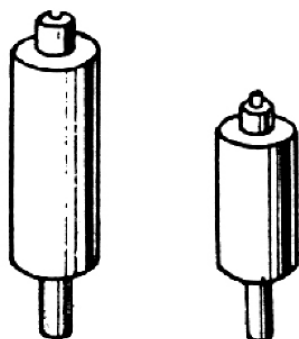
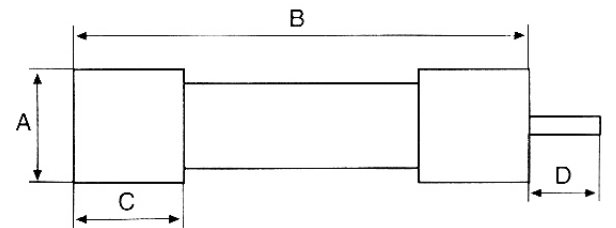


Fig. 2.023 Cartuchos fusibles para la misma intensidad (igual diámetro) y diferente tensión (distinta longitud).

Algunas marcas fabrican una versión más pequeña de estos fusibles, con dimensiones de 6.3x23 cm e intensidades de 4, 6 y 10 A, para usos miniaturizados o especiales. Estos tipos de fusibles no son aptos para intensidades nominales superiores a 125 A.

Mención aparte merecen las bases para estos fusibles cortacircuitos. Existen bases de muchas marcas; casi todas ellas de tipo seccionable: al actuar sobre una

lengüeta que lleva incorporada; la base que es completamente cerrada, se abre, dejando el cortacircuitos fusible a la vista y fuera de las partes con tensión, lo que facilita su sustitución.



	A	B	C	D
8,5 × 31,5	8,5	31,5	6,3	—
10 × 38 (mm)	10,3	38	10	—
14 × 51 (mm)	14,3	51	13	7,5
22 × 58 (mm)	22,2	58	16	7,5

Fig. 2.026 Dimensiones de cortacircuitos fusibles cilíndricos

Por otro lado, los fusibles cortacircuitos de cuchilla son los más indicados para intensidades superiores a 125 A, aunque se fabrican en intensidades sensiblemente inferiores. Tiene un cuerpo en forma de prisma rectangular y de material aislante (generalmente material plástico o porcelana).

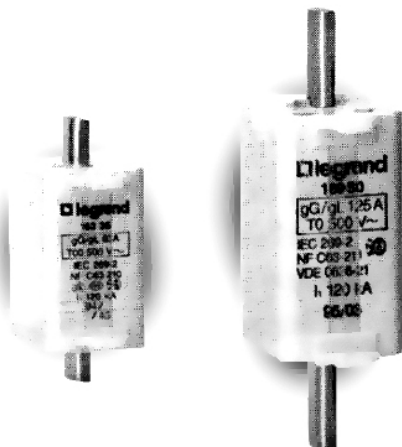


Fig. 2.027 Fusibles de cuchilla

Se fabrican distintas tallas de estos fusibles, cuyas dimensiones se especifican en la siguiente figura.

FUSIBLES CORTACIRCUITOS DE CUCHILLA

TALLA	INTENSIDADES (A)
00	16, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160
0	63, 80, 100, 125, 160
1	125, 160, 200, 250
2	200, 250, 315, 400
3	500, 630
4	630, 800, 1.000, 1.200

Fig. 2.028 Dimensiones de fusibles cortacircuitos de cuchilla

Otro tipo de cortacircuitos existentes en el mercado se citan a continuación:

■ **Metropol:** es de reducidas dimensiones, cuerpo rectangular aislante y casquillos de material conductor, usados en instalaciones de iluminación y poca potencia.

■ **Tubulares:** con cuerpo de cristal de diferentes tamaños, calibres y medidas, y con aplicaciones genéricas en electrónica de baja potencia y aparatos electrodomésticos.

Se distinguen dos tipos de fusibles, dependiendo de la rapidez con la que el fusible cortacircuitos abra el circuito o instalación:

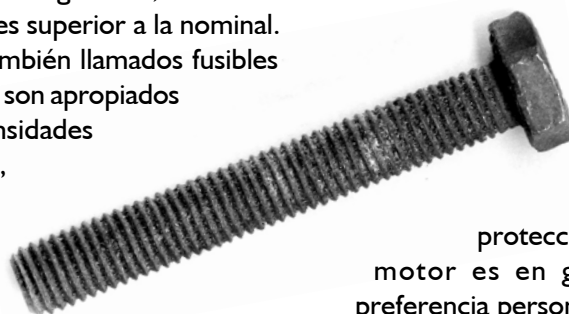
- Categoría g.
- Categoría a.

Los fusibles categoría “g”, comúnmente llamados fusibles rápidos, son de uso general en circuitos que no tengan muchas sobrecargas transitorias durante el funcionamiento. Su poder de corte debe ser de un



tiempo no superior al 0.1 segundos, con una intensidad aproximada 5 veces superior a la nominal. Los fusibles categoría “a”, también llamados fusibles lentos o de acompañamiento, son apropiados para proteger de sobreintensidades y cortocircuitos a receptores, con sobreintensidades transitorias durante el funcionamiento. Son aptos para motores y cargas inductivas. Su poder de corte, no supera un segundo de tiempo, para una circulación 5 veces superior a la intensidad nominal. Estos fusibles irán acompañados de una protección suplementaria para sobreintensidades, tipo relé térmico.

Por su servicio, los fusibles se dividen en cuatro grandes grupos (ver figura siguiente).



- c) Que sea posible su recambio bajo tensión, sin peligro alguno.

La selección de fusibles o de un interruptor de circuito para protección contra falla de arrancadores de motor es en gran medida, una cuestión de preferencia personal. Cada uno de estos dispositivos tiene ciertas ventajas sobre los demás. Los fusibles son simples y compactos, y se pueden conseguir para capacidades interruptivas mayores que los interruptores de circuito y con características de limitaciones de corriente. Por otro lado, los fusibles requieren su remplazo después de que operan la falla de un fusible, pueden producir la operación monofásica de motores trifásicos y debe mantenerse en la bodega, fusibles de repuesto.

TIPO	SERVICIO
L	Cables y conductores eléctricos
M	Aparatos de maniobra (contactores, relés, etc.)
R	Semiconductores (diodos, tiristores, etc.)
Tr	Transformadores

Fig. 2.029 Fusibles y sus aplicaciones.

Existen distintos tipos de fusibles, entre los cuales se mencionan los siguientes:

gF: fusión rápida, para protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

gT: fusión lenta, para protección contra cortocircuitos y contra sobrecargas ocasionales y transitorias (sin riesgo), ej.: arranque de motores.

Cada tipo de protección dependerá de las condiciones particulares de funcionamiento, de la instalación o elemento que se quiera proteger. Para elegir el más adecuado consulte los catálogos de los fabricantes.

A continuación se exponen algunos tipos constructivos de cortacircuitos fusibles para baja tensión, que cumplen las condiciones impuestas por el reglamento eléctrico vigente para baja tensión, es decir:

- Montados sobre material aislante
- Construidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse.

gl: uso general, para sobrecargas adicionales y transitorias (sin riesgo).

aM: acompañamiento, para protección adicional contra cortocircuitos, asociados a otros elementos de protección.

aR: son cortacircuitos de acompañamiento aplicados a los semiconductores, su aplicación más característica es la de protección de rectificadores para motores de corriente continua.



gTr: fusibles cortacircuitos que se utilizan en la protección general de transformadores.

Los interruptores termomagnéticos: están diseñados para abrir el circuito en forma automática, cuando ocurre una sobrecarga accionado por una combinación de un elemento térmico y un elemento magnético.

El elemento térmico consta esencialmente de la unión de dos elementos metálicos de diferente coeficiente de dilatación, conocido también como para térmico, el cual, al paso de la corriente, se calienta y por lo tanto se deforma, habiendo un cambio de posición que es aprovechado para accionar el mecanismo de disparo del interruptor. Operan desde el punto de vista de tiempo de apertura con curvas características de tiempo - corriente.

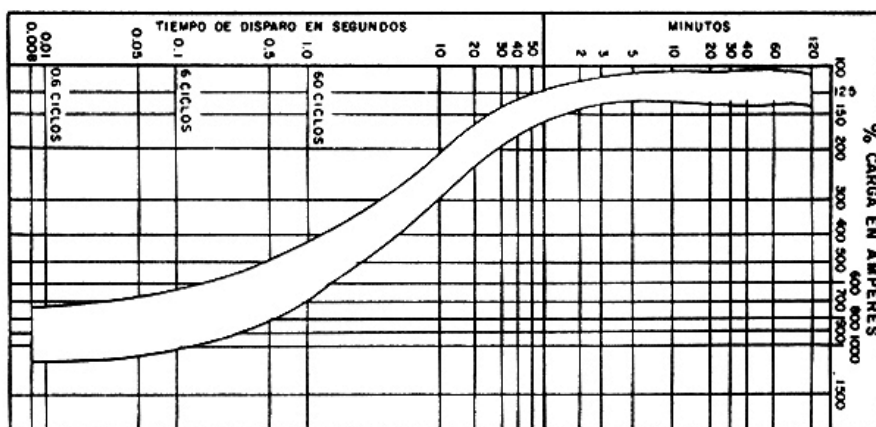


Fig. 2.030 Curvas de disparo características de interruptores termomagnéticos

El elemento magnético consta de una bobina cuyo núcleo es movable y puede operar o disparar el mecanismo del interruptor, el circuito se abre en forma instantánea cuando ocurre sobre una corriente, operan

con sobrecargas con elemento térmico y por sobrecorrientes, con el elemento magnético para fallas.

Existen distintos tipos de interruptores termomagnéticos llamados instantáneos para uno de los dos tipos que se usan normalmente en las instalaciones eléctricas, son energizados por el circuito magnético, de la corriente de sobrecarga o de corto circuito y se usan normalmente como elementos de protección de los circuitos derivados de motores, ya que la protección contra sobrecarga del motor es el elemento térmico en un elevador, que se considera por separado.

Los interruptores termomagnéticos especiales se diseñan para soportar un 100% de la corriente nominal de carga y para disparar entre 101 y 120% de la corriente nominal de carga.

Los otros tipos de interruptores termomagnéticos de tiempo inverso, son el equivalente al fusible de tiempo retardado, tienen un elemento magnético que responde en forma instantánea a las corrientes de cortocircuito severas o valores excesivos de sobrecarga en el arranque.

El elemento térmico proporciona protección para los circuitos derivados (a excepción de los circuitos derivados para motores grandes) cuando se presentan sobrecargas, esta protección la

realiza por medio de dispositivos térmicamente activados, tal como ocurre con los elementos bimetalicos.

Para los circuitos derivados de motores, la protección contra sobrecarga se separa frecuentemente.

Los interruptores termomagnéticos se fabrican según sus aplicaciones y capacidad para prestar servicio:

1) Tipo industrial: son elementos de protección cuyas funciones son conectar y desconectar manualmente el circuito al cual se encuentran instalados y protegerlo contra sobre cargas sostenidas y corto circuito.

TENSION C. A. TENSION C. D.	NÚMERO DE POLOS	CORRIENTE EN AMPERES
240 Volts C.A. 125/250 volts C.A.	2	15, 20, 30, 40, 50, 70, 100
	3	15, 20, 30, 40, 50, 70, 100
480 volts C.A. 250 volts C.D.	3	15, 20, 30, 40, 50, 70, 100
600 volts C.A. 250 volts C.D.	2	15, 20, 30, 40, 50, 70
	3	15, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 125, 150.

Fig. 2.031 Tensiones y capacidades de interruptores termomagnéticos

2) Centros de carga: usados para distribución de corriente y protección de los circuitos de alumbrado en residencias, oficinas, comercios, edificios y pequeñas industrias, en los siguientes tipos:

120/240 volts		
Tipo de montaje	Número de circuitos	Capacidad en Amperes.
Sobreponer	2	40
Embutir		
Sobreponer	4	70
Embutir		
Sobreponer	8	100
Embutir		

Fig. 2.032 Características de centros de carga

■ Trifásicos, 4 hilos con un neutro sólido 120/240 V.

Para 12 circuitos 100 A

Para 20 circuitos 100 A

Para 30 circuitos 100 A

■ Monofásicos ,3 hilos con un neutro sólido 120/240 V.

Los interruptores termomagnéticos para estos centros de carga y tableros de alumbrado se fabrican en las siguientes capacidades:

Volts C.A.	Número de Polos	Capacidad en Amperes
120	1	15, 20, 30, 40, 50
120/240	2	15, 20, 30, 40, 50, 70, 100
240	3	15, 20, 30, 50, 70

Fig. 2.033 Características de centros de carga

Estos interruptores bajo condiciones severas de cortocircuitos o sobre carga operan su protección magnética en 8/1000 de segundo. Bajo condiciones no severas/temporales de sobrecarga se efectúa el disparo térmico al persistir la sobrecarga.

3) Tableros de alumbrado: son usados para la distribución de corrientes y protección de circuitos de alumbrado y motores pequeños en hospitales, edificios, oficinas e industria en general.

Número de Circuitos	Capacidad en Amperes
14	100
20	100
30	200
42	200
Con Interruptor general de dos polos	
14	70
20	100
30	200
42	200

Fig. 2.034 Datos para tablero de alumbrado monofásicos 2 fase, 3 hilos, 2 neutro CA

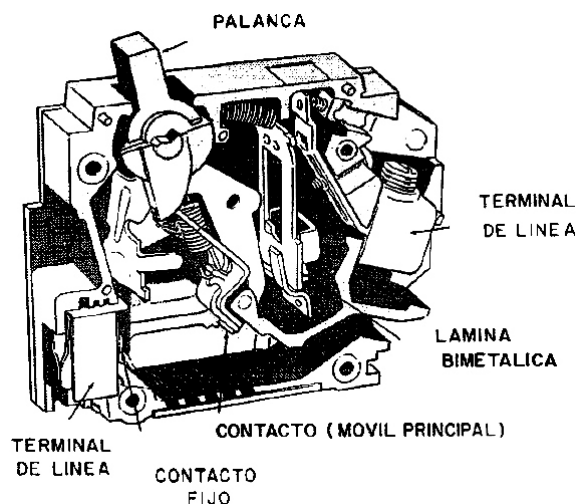


Fig. 2.035 Partes constitutivas de un interruptor termomagnético

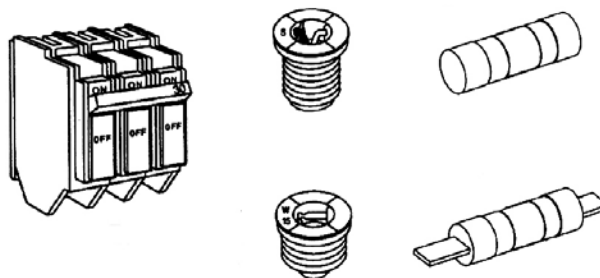


Fig. 2.036 Distintos tipos de dispositivos de protección comunes

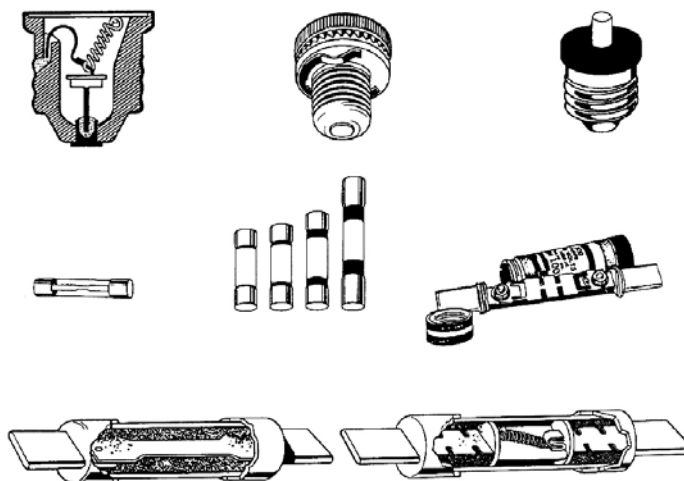
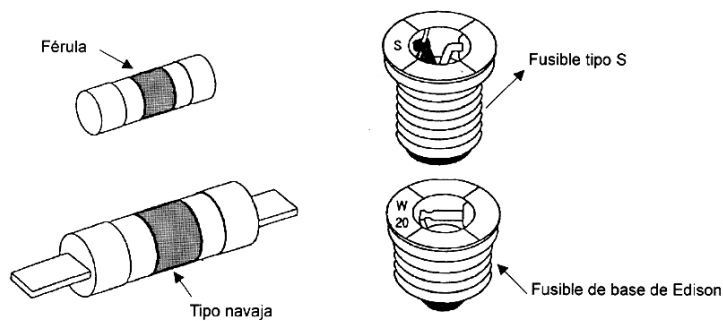


Fig. 2.037 Distintos tipos de dispositivos de protección comunes

FUSIBLES



INTERRUPTORES

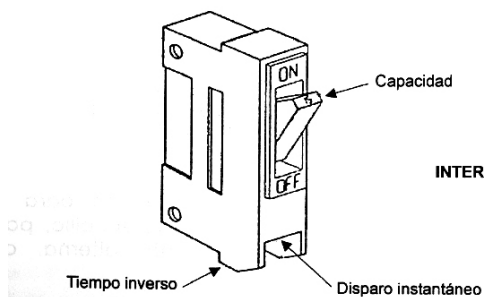


Fig. 2.038 Distintos tipos de dispositivos de protección comunes

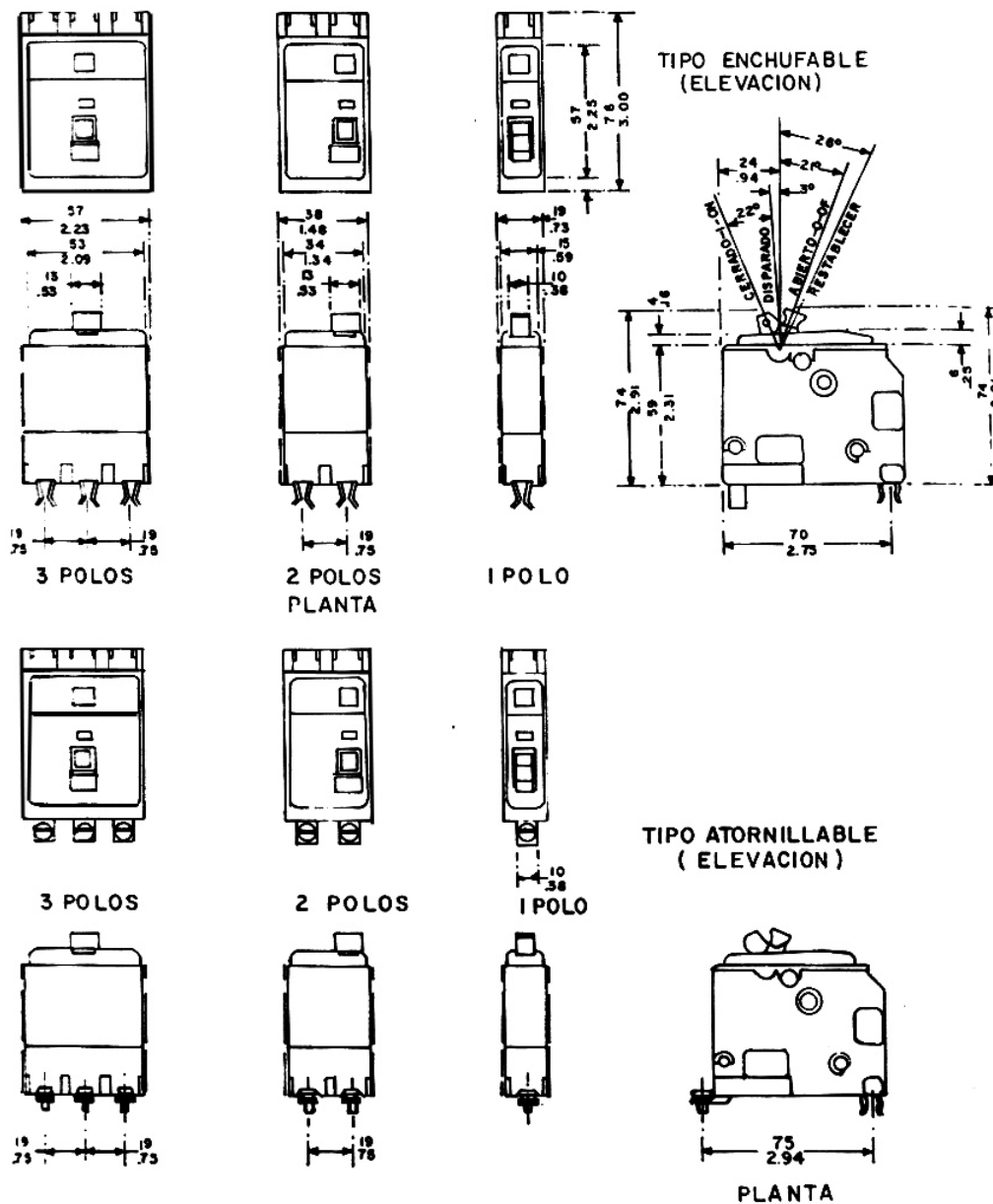


Fig. 2.039 Dimensiones generales de interruptores termomagnéticos

b. CUCHILLAS INTERRUPTORES (VARIOS POLOS-CAMBIO DE GIRO-2 VELOCIDADES)

Los interruptores para maniobra en carga se utilizan, principalmente, en instalaciones de distribución en la cuales, los conductores de salida a maniobrar, provistos de cortacircuitos fusibles, van conectados detrás de

las barras colectores. Se emplean para conexión y desconexión de corrientes de magnitud aproximada a la intensidad nominal y excepcionalmente, de magnitud hasta 2 a 4 veces de intensidad nominal, según sea la naturaleza y características de la carga. A continuación los tipos constructivos más utilizados en las instalaciones industriales.

Interruptores de palanca: se emplean para corrientes nominales comprendidas entre 20 y 2000 A, están contruidos en forma de una cuchilla que penetra entre dos resortes de contacto, cerrando de esta forma el circuito. Pueden ser unipolares, bipolares, tripolares, etc., la forma constructiva de las piezas que constituyen los contactos es muy variada y su tamaño depende de la intensidad de corriente que admite el interruptor.

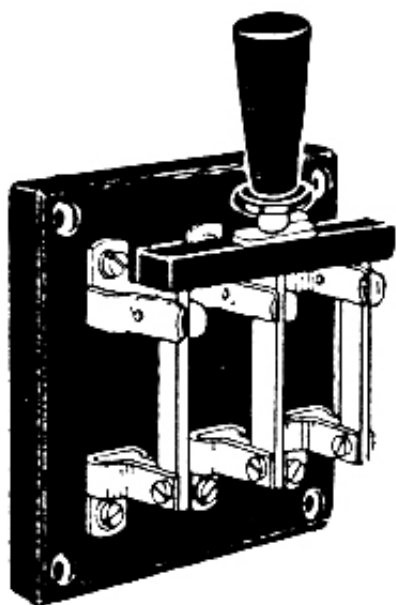


Fig. 2.040 Interruptor tripolar de palanca C.E.M.E

En la figura se aprecia un interruptor tripolar, las tres cuchillas de contacto están unidas entre sí, por medio de un travesaño de material aislante, el cual se sujeta a la empuñadura; de esta forma puede manejarse sin peligro el interruptor. Las cuchillas están contruidas de latón o de cobre y encajan simultáneamente en los resortes de contacto; para intensidades superiores a 400 A, los interruptores acostumbran a contruirse con doble cuchilla por polo.

Los contactos están montados a suficiente distancia entre sí para que, en circunstancias normales, no se produzca ningún arco entre ellos; para grandes intensidades nominales, los interruptores se disponen con tantas cámaras apagachispas independientes como polos.

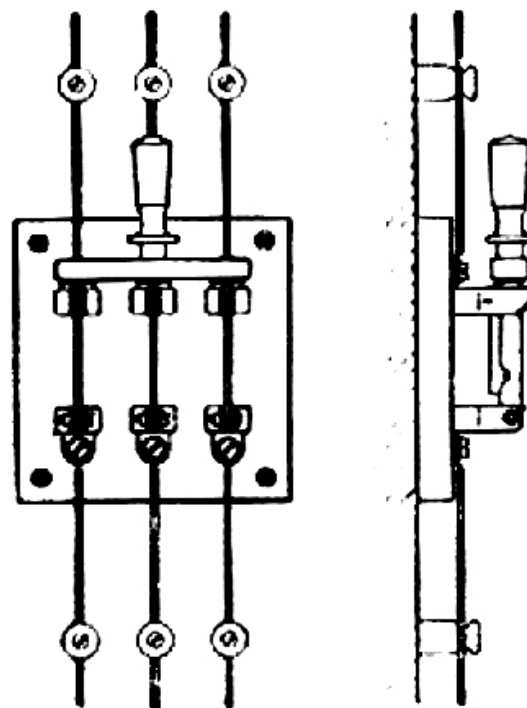


Fig. 2.041 Interruptor de palanca montado sobre una base aislante.

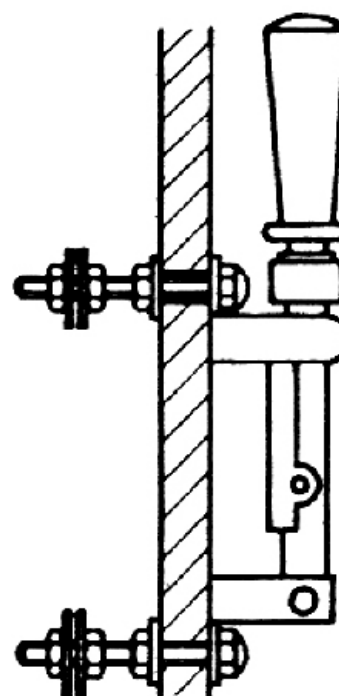


Fig. 2.042 Interruptor de palanca, con espigas de fijación para montaje directo sobre cuadros.

Muchas veces, los interruptores de palanca se montan sobre una base aislante, en otras ocasiones, con espigade fijación, para el montaje directo sobre cuadros eléctricos.

Los interruptores de palanca se construyen de ruptura lenta y de ruptura rápida. Para desconectar el interruptor de ruptura lenta, es preciso que transcurra cierto tiempo desde que inicia la maniobra, hasta que se abre completamente el interruptor, por el contrario, el interruptor de ruptura rápida, se monta un muelle o resorte entre la palanca y la cuchilla de contacto, al accionar sobre la empuñadura, el muelle se va distendiendo hasta que la cuchilla se separa bruscamente del contacto fijo.

El empleo del tipo ruptura de los interruptores depende de las condiciones inductivas del circuito. En corriente continua, y para la extinción del arco, la desconexión rápida resulta mas ventajosa. En corriente alterna, monofásica o trifásica, la medida de la dificultad de las condiciones de extinción del arco, motivadas por la autoinducción del circuito es el factor de potencia y en corriente continua, la constante de tiempo electromagnética.

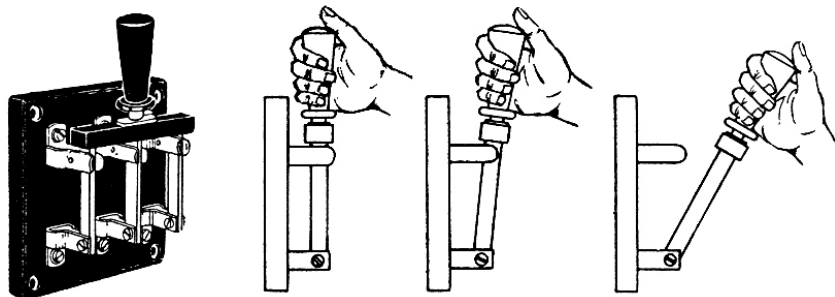


Fig. 2.043 Funcionamiento de un interruptor de palanca de ruptura lenta.

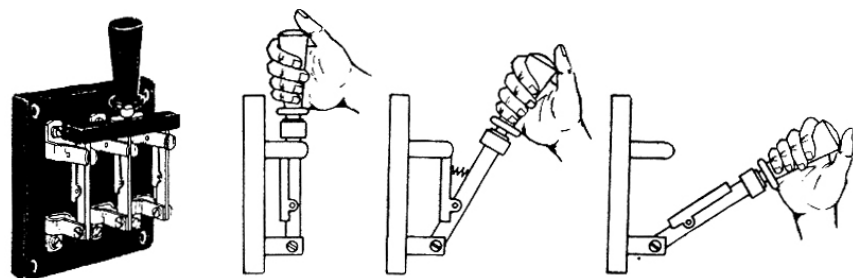


Fig. 2.044 Funcionamiento de un interruptor de palanca de ruptura rápida.

c. ESTRELLA DELTA - GUARDAMOTOR

Los guardamotores o interruptores protectores de motores, además de facilitar la conexión y desconexión de los motores, según las necesidades de servicio, protegen sus devanados contra un calentamiento inadmisible cuando se produce una sobrecarga.

Normalmente, esta protección se realiza por medio de relés térmicos dispuestos en cada polo del interruptor, estos relés son calentados por la corriente que pasa por los conductores de alimentación del motor y cuando el calentamiento rebasa un límite determinado, provoca la desconexión del motor en todas sus fases. El tiempo de desconexión es tanto mas corto, cuanto mas elevada sea la sobrecarga y cuanto mayor sea su calentamiento previo, debido a la corriente de servicio. Se produce también la desconexión en el caso de marcha con fallo en una fase, puesto que un motor cargado consume una corriente excesiva, procedente de las otras dos, cuando se interrumpe uno de los conductores de alimentación o cuando se funde uno de los cortocircuitos. Los relés térmicos también se desconectan cuando se produce cortocircuitos a tierra y se rebasa la intensidad limite del relé

térmico afectado, cuyo valor en este caso es algo más elevado que en el disparo tripolar.

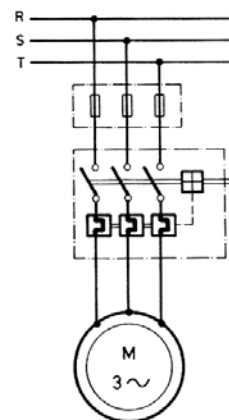


Fig. 2.045 Esquema de conexiones de un interruptor de trinquete, utilizado como guardamotor.

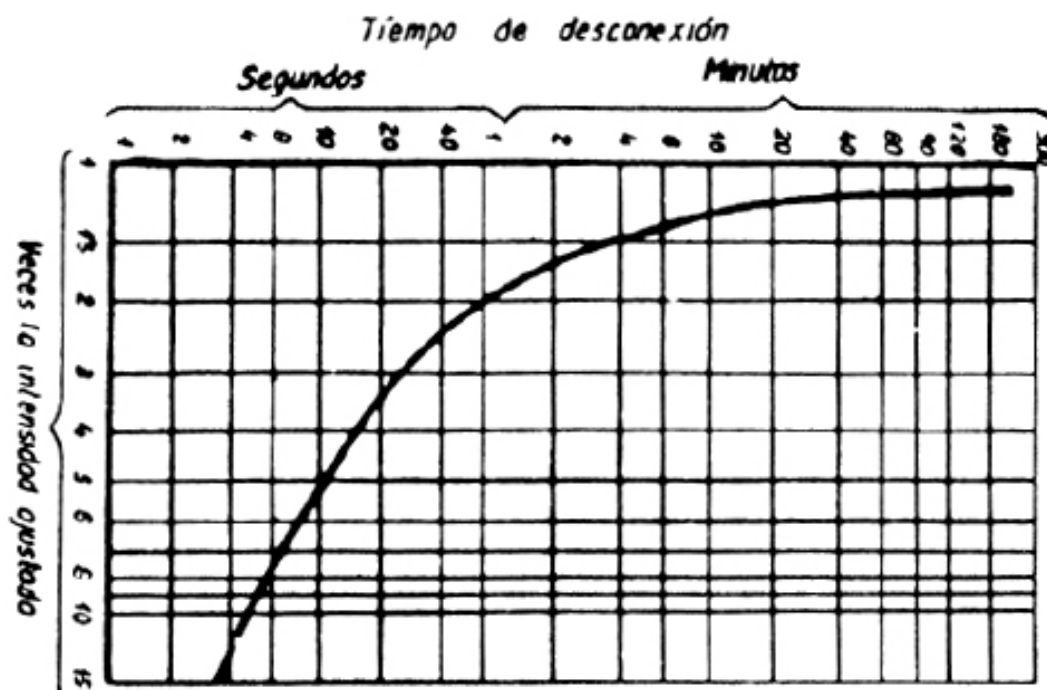


Fig. 2.046 Curva de funcionamiento de un relé térmico de protección contra sobrecargas.

2.2.4 MANTENIMIENTO BÁSICO DE EQUIPO Y ACCESORIOS DE MOTORES TRIFÁSICOS

El principio básico para el mantenimiento de los interruptores y fusibles es de mantener limpio y ordenado el lugar y el sitio donde estén instalados, los fusibles deben

ser revisados periódicamente, por lo menos una vez al mes, al igual que las cajas de cuchillas y de flipones, recuerde que no debe limpiar los contactos con tensión presente.



2.2.5 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Los equipos y accesorios serán utilizados de acuerdo al tipo de ambiente donde opere el motor, es decir lugares donde existan: vapores químicos, gases inflamables, vapores de aceite, alta humedad, polvo, gases explosivos, pelusa, arena, polvo arenoso, polvo de cemento, etc.

Otros factores críticos que afectan el buen funcionamiento del motor y que necesitan atención, pueden ser: lugares encerrados, operación a velocidades que excedan los límites de sobre velocidad, a voltajes y frecuencias que sobrepasen los límites normales, voltajes desbalanceados, vibraciones producidas por fuentes externas, etc.

Cuando los interruptores se montan en centrales o en locales destinados especialmente a instalaciones eléctricas, en que su maniobra se realiza por personal no especializado, como es el caso en instalaciones de viviendas, talleres, etc., proteja todas las piezas bajo tensión contra contactos accidentales, por tanto cubra los interruptores con cajas protectoras de material aislante, como se muestra gráficamente en la siguiente figura.

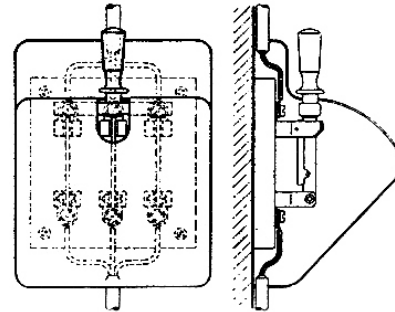


Fig. 2.047 Interruptor de palanca, con caja protectora de material aislante.

No olvide que los interruptores para motores, protegen a los motores contra sobrecargas y no contra cortocircuitos. Por consiguiente, coloque cortacircuitos fusibles o interruptores de potencia como protección.

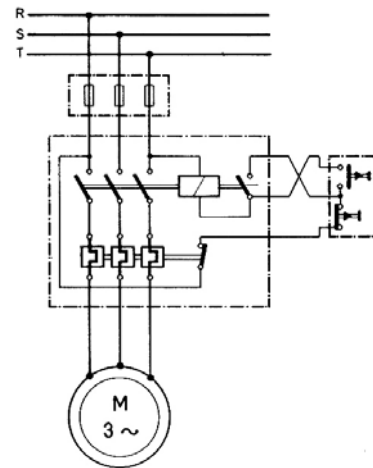


Fig. 2.048 Esquema de conexiones de un contactor protector, utilizado como guardamotor.

Si se daña un fusible, no lo intercambie por un alambre cualquiera, ni por otro fusible que no sea el indicado, usted primero se acostumbrará a esta nueva situación antes de reemplazarlo por uno de características semejantes al original.

2.3 CÁLCULO DE LA PROTECCIÓN DEL CIRCUITO MANUAL PARA MOTORES MONOFÁSICOS Y TRIFÁSICOS

Para determinar la protección del circuito manual de motores, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

Protección de personas: Medidas de protección según VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker) 100, parte 410, (paginas 158-162).

Protección de cortocircuito: Línea de alimentación del motor, interruptor del motor o contador guardamotor o relé de protección y bobinados motor. Para ellos los dispositivos de protección serán: fusibles, interruptor de protección de línea y desconectador de potencia.

Protección contra sobrecarga: Para la línea de alimentación se utilizan: interruptor protector de línea y desconectador de potencia. Para el motor se utilizan: interruptores y protectores térmicos.

Los motores pueden permanecer 2 minutos partiendo de las temperaturas de trabajo, con una sobrecarga igual a $1.5 I_N$. Entre dos ciclos de sobrecarga tiene que haber un intervalo de 45 minutos de régimen nominal. Las exigencias a las protecciones del motor son las siguientes:

Posibilidad de carga permanente con intensidad nominal.

Posibilidad de variar la intensidad de ajuste.

Su curva característica debe envolver la curva térmica del motor.

La intensidad tiene que estar controlada en todos los circuitos amperimétricos.

CLASES DE PROTECCIÓN DEL MOTOR

■ Guardamotor:

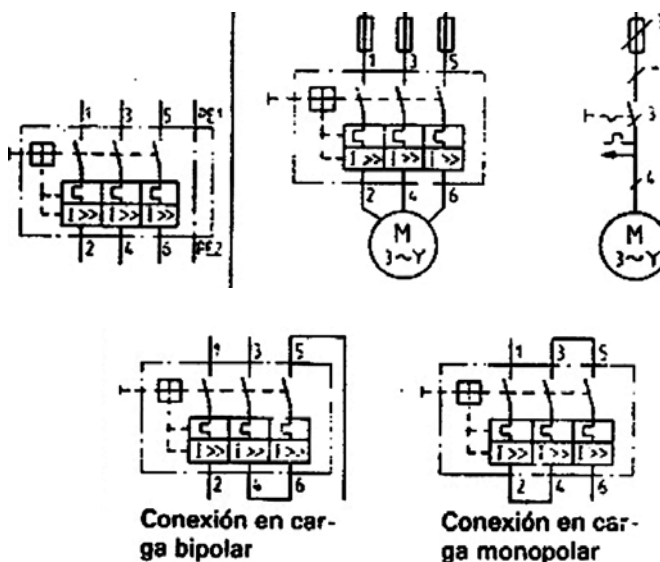


Fig.2.049 Guardamotor

■ Relé de protección del motor: en los mandos de dispositivos de contacto permanente, los relés de protección de los motores deben ir montados con un bloqueo mecánico de conexión ulterior, para evitar la posterior conexión una vez enfriado el bimetálico. El bloque puede anularse mediante un pulsador de desbloqueo.

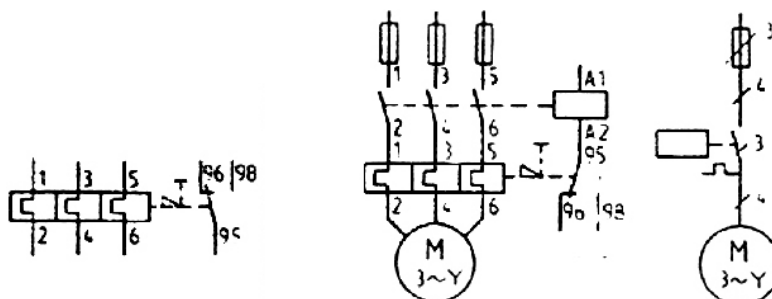


Fig. 2.050 Relé de protección del motor.

- **Protección térmica del motor:** llamada también protección total del motor.
- **Termómetro de resistencia:** vigila la temperatura de los devanados y cojinetes.
- **Termostato:** es un sensor de temperatura bimetalica con contactos de reposo o trabajo incorporados en los devanados que conectan el contactor del motor.

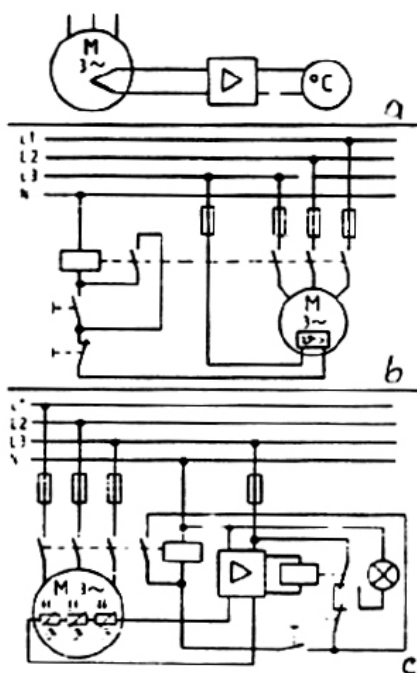


Fig. 2.051 Protección térmica del motor (protección total del motor).
a) Termómetro de resistencia b) Termostato
c) Protección del motor por termistor

2.3.1 FÓRMULAS PARA LA PROTECCIÓN DEL CIRCUITO MANUAL

Magnitudes características/selección del órgano de protección:

- 1) Intensidad de servicio I_B .

- 2) Intensidad nominal I_N del órgano de protección $I_N \geq I_B$.
- 3) Selección de la sección del conductor.
- 4) Capacidad de carga I_Z .
 $I_Z \geq I_N$
- 5) Condición 1:
 $I_B \leq I_N \leq I_Z$
- 6) Condición 2:
 $I_2 \leq 1.45 I_Z$
- 7) Disparo del órgano de protección por sobrecarga.

ejemplo



$$I_B = 24 \text{ A}$$

$$I_N = 25 \text{ A}$$

$$q = 4 \text{ mm}^2$$

$$I_Z = 34 \text{ A}$$

$$24 \text{ A d}'' 25 \text{ A d}'' 34 \text{ A}$$

$$I_2 \text{ d}'' 49.3 \text{ A}$$

Intensidad de prueba mayor.

$$I_2 = 1.75 * 25 \text{ A}$$

$$I_2 = 43.75 \text{ A}$$

Intensidad nominal I_N en A	Hasta 4	Más de 4 a 10	Más de 10 a 25	Más de 25
Intensidad de prueba mayor I_2 en A	$2.1 * I_N$	$1.9 * I_N$	$1.75 * I_N$	$1.6 * I_N$

Tabla 2.1

Valores de la intensidad de prueba mayor I_2 para fusibles de la clase de servicio gL e interruptores de protección de línea del tipo L, según la tabla 4 de la VDE 0636

■ **Explicación para la condición:**

Las condiciones 1 y 2 anteriores tienen que aplicarse cuando:

- 1) Se instalan órganos de protecciones distintas a las de la tabla siguiente (temperatura > a 30 °C)
- 2) Hay acumulación (múltiples líneas paralelas).
- 3) Se trata de cables enterrados.

Sección nominal en mm ²	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
	Cu A	Al A	Cu A	Al A	Cu A	Al A
0,75	-	-	6	-	10	-
1	6	-	10	-	10	-
1,5	10	-	10 ¹⁾	-	20	-
2,5	16	10	20	16	25	20
4	20	16	25	20	35	25
6	25	20	35	25	50	35
10	35	25	50	35	63	50
16	50	35	63	50	80	63
25	63	50	80	63	100	80
35	80	63	100	80	125	100
50	100	80	125	100	160	125
70	125	-	160	125	200	160
95	160	-	200	160	250	200
120	200	-	250	200	315	200
150	-	-	250	200	315	250
185	-	-	315	250	400	315
240	-	-	400	315	400	315
300	-	-	400	315	500	400
400	-	-	-	-	630	500
500	-	-	-	-	630	500

¹⁾ Para líneas con sólo 2 conductores cargados se puede seguir eligiendo un órgano de protección de 16 A hasta que no se fije internacionalmente de forma definitiva su capacidad de carga.

Fig. 2.052

Norma VDE 0100, parte 400 (temperatura ambiente t d" 30 °C)

P en kW	Conexión directa		Arranque Y - D		Rotor anillos rozantes ¹	
	Cortacirc. En A	Sec. Cond. mm ²	Cortacirc en A	Sec. Cond. mm ²	Cortacirc. En A	Sec. Cond. mm ²
0.25	4	1.5	*	*	*	*
0.37	4	1.5	*	*	*	*
0.55	6	1.5	*	*	*	*
0.75	6	1.5	*	*	*	*
1.1	10	1.5	*	*	*	*
1.5	10	1.5	*	*	*	*
2.2	16	1.5	*	*	*	*
3	20	1.5	*	*	*	*
4	25	2.5	16	1.5	*	*
5.5	35	4	20	1.5	*	*
7.5	50	6	25	2.5	50	6
11	63	10	35	4	50	6
15	80	16	50	6	63	10
18.5	100	25	63	10	80	16
22	125	35	80	6	100	25

Tabla 2.2
Coordinación de cortacircuitos y conductores, para motores trifásicos de 380 V¹.

¹ Tiempo de arranque ≤ 5 s; int. Arranque $< 6 \times I_N$; máximo 3 conex. Por hora.

² Tiempo de arranque ≤ 15 s; int. Arranque $< 2 \times I_N$ máximo 10 conex. Por hora.

2.3.2 TABLAS PARA LA PROTECCIÓN DEL CIRCUITO MANUAL

Denominación	Símbolo	Explicación	Aplicación
Seccionador (desconectador)		• Conexión y desconexión de circ. con intensid. despreciablemente pequeñas • Tramo de seccionamiento visible al desconectar	• Desconexión de tensión de aparatos y partes de la instalación
Desconectador de tierra		• Puesta a tierra y puesta en cortocircuito de utillajes y partes de la instalación	• Montaje en otro conmut. • Puestas a tierra y puestas en cortocircuito • Instalaciones de media tensión
Seccionador fusible automát.		• Portafusibles con fusible • Brazo de contacto móvil en el puente	• Ejecuciones especiales de seccionadores • Instalaciones de baja tensión
Conmutador bajo carga		• Corrientes de carga en condiciones normales • Para condiciones de sobrecarga predeterminadas • No tiene poder de corte de la intensidad de cortocircuito	• Conexión y desconexión de utillajes (no motores) y parte de la instalación • Combinación con fusibles • Instalaciones de baja tensión
Seccionador bajo carga		• Conexión en estado de carga • Tramo de seccionamiento visible	• Conexión de líneas aéreas, tramos de cable, transformadores, líneas en anillo • Instalaciones de media tensión
Seccionador bajo carga con fusibles HH incorporados		• Desconexión de todos los polos en caso de cortocircuito (p. ej., en caso de fallo de un fusible)	• Fusibles HH con protección de cortocircuito • Instalaciones de media tensión
Seccionador-fusible bajo carga		• Fusibles en el interruptor como parte del puente • Conmutación en carga sin peligro	• Ejecución especial de seccionadores bajo carga • Instalaciones de baja tensión
Disyuntor		• Con limitación de intensidad y tiempo de apertura rápido • Tiempo corto de disparo • Conmutación en todas las condiciones del servicio	• Maniobra de motores y transformadores • Conmutador de utillajes e instalaciones
Interruptor automático de potencia		• Disparador térmico por sobrecarga regulable • Disparador magnético rápido en cortocircuito	• Se instala en los circuitos de maniobra intercalado en serie con el contactor • Interruptor principal con protección de sobrecarga y cortocircuito
Seccionador de potencia		• Tramos de seccionamiento visibles al desconectar • Desconex. de todos los polos en cortocircuito (p. ej., en caso de fusión de un fusible)	• Instalaciones con elevadas potencias de cortocircuito conjuntamente con fusibles • Instalaciones de tensión media

Fig. 2.053
Interruptores y su aplicación.

2.4 ARRANQUE, PARTIDA Y CAMBIO DE GIRO ANUALES PARA MOTOR MONOFÁSICO

Un gran número de motores de capacidades comparativamente pequeñas, se fabrican para operar con alimentación monofásica. La mayoría de ellos se producen en potencias en fracciones de HP (Horse Power) y se denominan técnicamente como motores pequeños. Los motores monofásicos desarrollan una gran variedad de servicios útiles en: aplicaciones del hogar, la oficina, las fabricas y los comercios, así como otros usos diversos.

Existen diferentes tipos de motores de CA monofásicos, entre los que pueden mencionarse

los siguientes motores: de fase partida, de polos sombreados, universales, entre otros.

El motor de fase partida es un motor de corriente alterna monofásica, y se utiliza cuando el par de arranque necesario es moderado. La "National Electrical Manufacturers Association" (NEMA) define al motor de fase partida como: un motor de inducción monofásico provisto de un arrollamiento auxiliar desplazado magnéticamente respecto al arrollamiento principal y conectado en paralelo con este último.

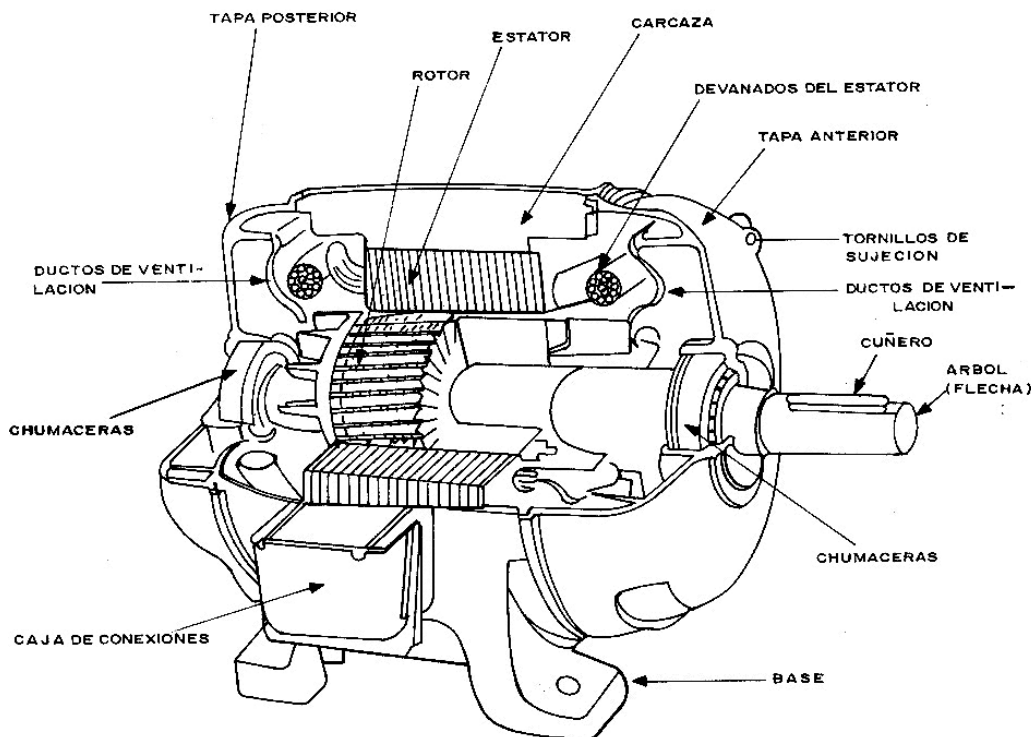


Fig. 2.054 Aspecto constructivo y partes constitutivas de un motor de inducción tipo jaula de ardilla

El motor de fase partida está generalmente provisto de tres arrollamientos independientes, todos ellos necesarios para el correcto funcionamiento del mismo. Un de éstos se halla en el **rotor**, y se designa con el nombre de *arrollamiento de jaula de ardilla*. Los otros dos se hallan en el **estator**, (arrollamiento de *trabajo o principal*, a base de un conductor de cobre grueso aislado, dispuesto generalmente en el fondo de las ranuras estatóricas y un arrollamiento de *arranque o auxiliar*, a base de conductor de cobre fino aislado, situado normalmente encima del arrollamiento de trabajo) dispuestos como se indica en la figura siguiente:

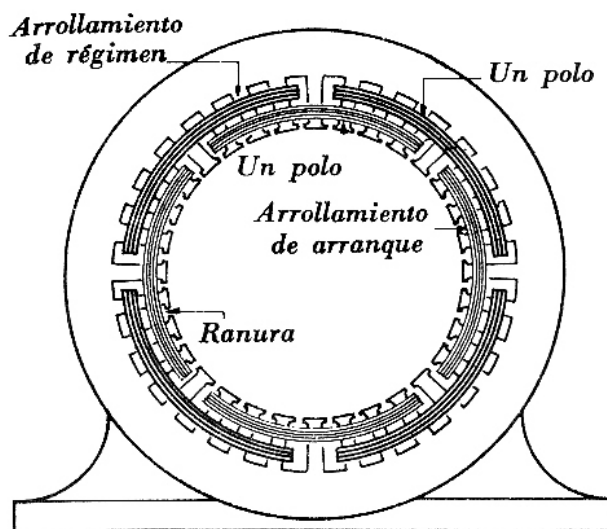


Fig. 2.055 Se muestran los dos devanados estatóricos de un motor de fase partida.

Los motores de fase partida puede funcionar a dos tensiones de servicio distintas. A la izquierda de la figura siguiente, se muestra un esquema de conexiones para 120 V, a la derecha se muestran las conexiones necesarias para las terminales para 120 V (arriba), y 240 V (abajo).

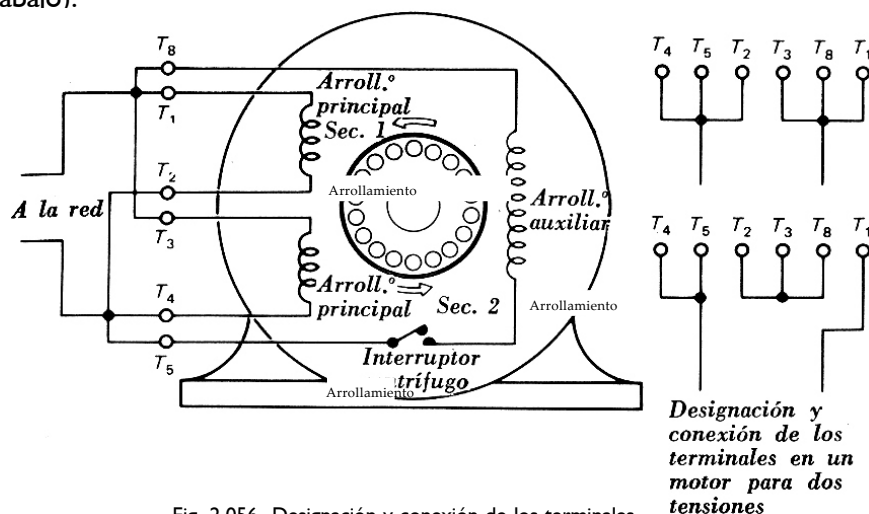


Fig. 2.056 Designación y conexión de los terminales en un motor fase partida para dos tensiones.

Dentro del título de fase partida, se agrupan los motores con la utilización de capacitores (condensadores) dentro los cuales pueden mencionarse los siguientes motores: a) con capacitor de arranque, b) con capacitor permanente, y c) con capacitor de arranque y permanente.

El motor con condensador de arranque actúa únicamente durante el momento de arranque, o sea un 75 a 80 % de la velocidad de régimen.

El motor con condensador permanente, nunca se desconecta, es decir, que actúa tanto durante el período de arranque como durante todo el de servicio.

Los motores con doble condensador, son aquellos en los cuales constan tanto de condensadores de arranque como de condensadores permanentes.

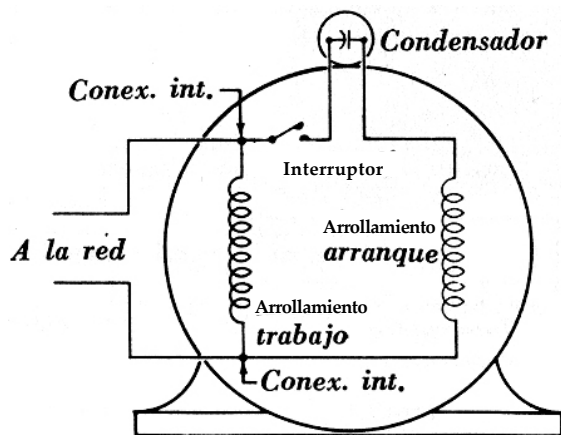


Fig. 2.057 Motor de fase partida con condensador de arranque.

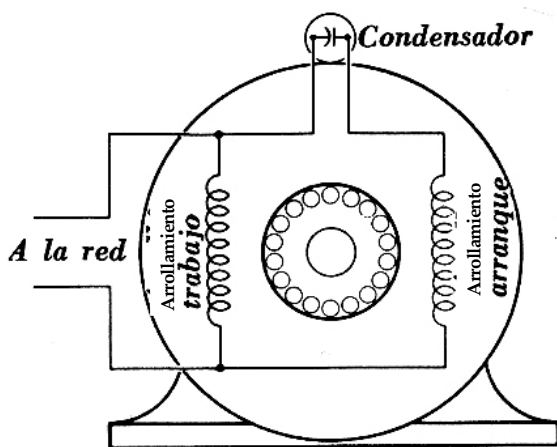


Fig. 2.058 Motor de fase partida con condensador de permanente.

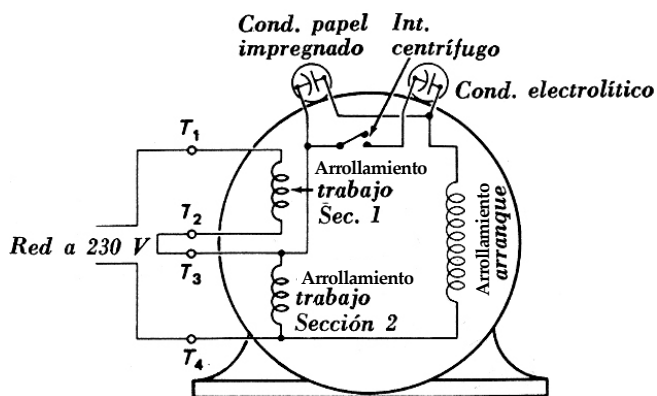


Fig. 2.059 Motor de fase partida con doble condensador.

Los condensadores con impregnación de aceite, están provistos para ser utilizados permanentemente, los cuales se utilizan en el arranque en motores de fase partida; los diversos fabricantes utilizan distintas clases de aceites o de líquidos sintéticos como sustancia de impregnación, como por ejemplo el askarel, sus valores construyen con capacidades comprendidas entre 2 y 50 iF (microfaradios).



Fig. 2.060 Condensadores con impregnación de aceite (utilizados permanentemente).

El otro tipo de condensador es el tipo electrolítico, el cual está diseñado para prestar únicamente un servicio intermitente de breve duración (unos cuantos segundos). Los condensadores electrolíticos, empleados para el arranque de motores tiene una capacidad que puede oscilar entre 2 y 800 iF.

Como este condensador no puede prestar servicio permanente, es preciso que un interruptor lo deje automáticamente fuera de servicio en cuanto el motor alcance una determinada velocidad.

La utilización de ambos tipos de condensadores (electrolítico y de papel impregnado en aceite) confiere al motor un elevado par de arranque.



Fig. 2.061 Condensador electrolítico (utilizados en el arranque).

2.4.1 PROCESOS UTILIZANDO CUCHILLAS, INTERRUPTOR DE 2 POLOS Y GUARDAMOTOR

La inversión del sentido de giro resulta una operación muy sencilla en un motor de fase partida, pues basta para ello cambiar la conexión de los terminales del arrollamiento de trabajo o del arrollamiento de arranque. En vez de hacer salir los terminales de los arrollamientos al exterior, éstos se conectan a sus respectivos bornes de la placa.

A veces es necesario conectar el motor de manera que gire siempre en un mismo sentido, por regla general al contrario al de las agujas del reloj (mire el motor por el extremo opuesto al de accionamiento). En todo motor monofásico se designarán los terminales del arrollamiento principal con las letras T₁, T₂, T₃ y T₄ y los del arrollamiento auxiliar con las letras motor de fase partida T₅, T₆, T₇ y T₈.

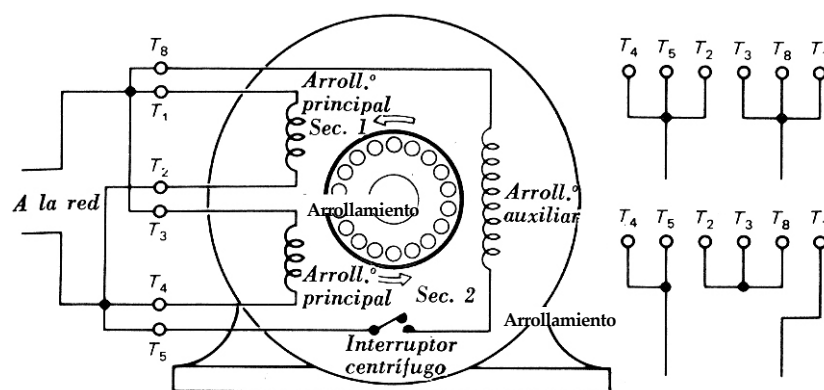


Fig. 2.062 A la izquierda, esquema de conexiones para 115 V, a la derecha, conexión de los terminales para 115 V (arriba) y 230 V (abajo). El sentido de giro es a izquierdas. Si desea invertirlo cambie T₅ y T₈.

PROCESO DE EJECUCIÓN

A continuación se describe el proceso de arranque, parado y cambio de giro manuales de un motor monofásico, utilizando cuchillas, interruptor de dos polos y guardamotor.

■ Materiales que utilizará:

- 1) Alambre TW # 12
- 2) Cable TW # 14
- 3) Fusible según capacidad de motor
- 4) Motor de fase partida
- 5) Amperímetro de gancho
- 6) Banco de trabajo
- 7) Flipón 2x20A
- 8) Guarda motor monofásico
- 9) Riel DIN para acoplar los elementos de control.
- 10) Cinta de aislar
- 11) Seccionador general con fusibles (interruptor de cuchillas).

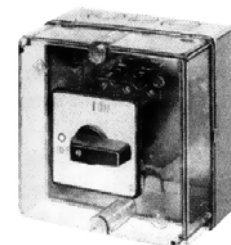
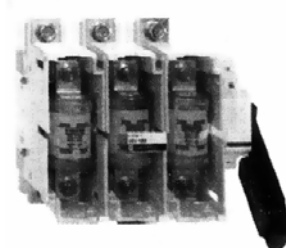
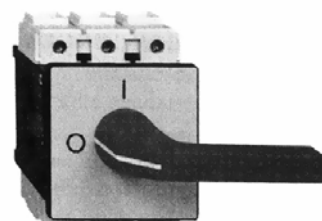


Fig. 2.063 Ejemplos reales de seccionadores

■ Herramientas que utilizará:

- 1) Alicates de 8"
- 2) Pinza de punta cónica de 6"
- 3) Navaja curva
- 4) Destornillador plano de 1/4" de Ø de 4"
- 5) Destornillador phillips de 1/4" de Ø de 4"
- 6) Pinza punta cónica de 6"

■ Equipo que utilizará:

- 1) Amperímetro de gancho
- 2) Multímetro (mediciones de tensión y continuidad)
- 3) Tacómetro

■ Paso 1

Prepare el equipo, herramientas y materiales que utilizará en esta práctica.

■ Paso 2

Monte el motor sujetando con pernos al tablero de madera, de manera que pueda impedirse la vibración del motor o cualquier otro elemento eléctrico o mecánico, como se muestra en la figura siguiente.

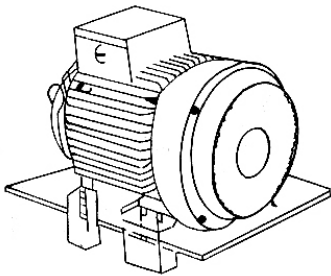


Fig. 2.064 Forma de anclar un motor

■ Paso 3

Asegure el seccionador general con fusibles (interruptor de cuchillas), el interruptor, el

Seccionador con fusibles incorporados.

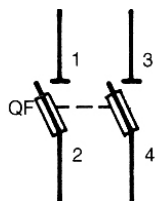


Fig. 2.066 Seccionador con fusibles incorporados.

guarda motor monofásico, el motor y la tubería, como se observa en la siguiente figura.

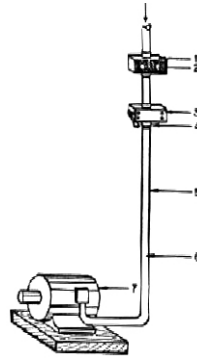


Fig. 2.065 Montaje de accesorios para la instalación de un motor de fase partida con arrancador manual.

1. Base portafusibles
2. Fusibles
3. Interruptor
4. Conectores ducton
5. Tubo ducton
6. Alambre
7. Motor de fase partida

■ Paso 4

Conecte la protección :

Durante la instalación de los elementos de protección, desconecte la alimentación, bajando el interruptor termomagnético y asegúrese de que nadie lo suba, colocando un rótulo o candado al panel. Introduzca los fusibles al seccionador de la red de alimentación.

Conecte las salidas de los fusibles al interruptor de dos polos, seguidamente realice las conexiones necesarias para conectar el guardamotor para luego alimentar el motor monofásico de fase partida.

Se utiliza además de seccionador como portafusibles.

Tiene la ventaja de que permite intervenir en los fusibles cuando están desconectados de la red, es decir, sin tensión.

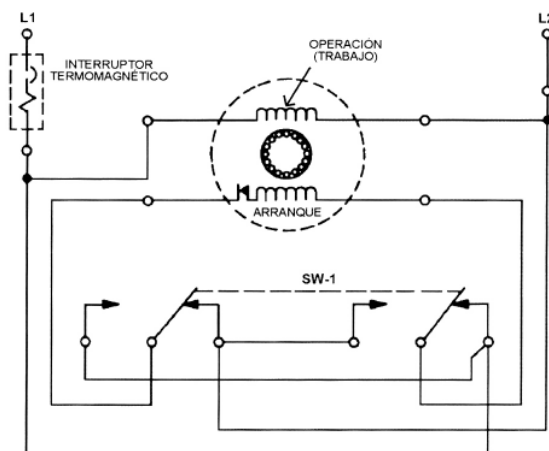
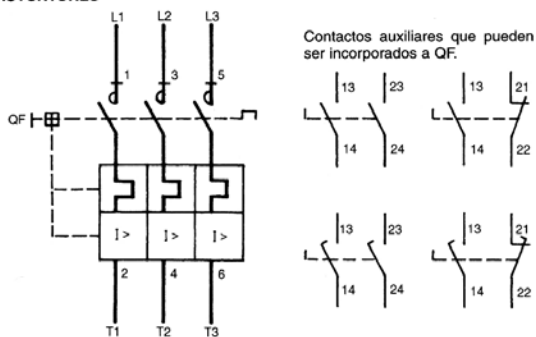


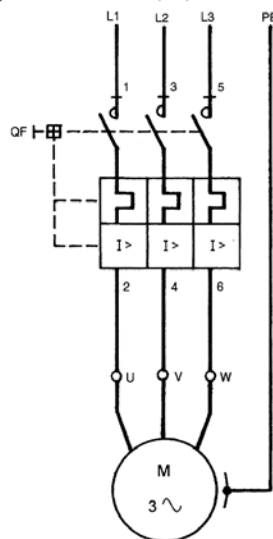
Fig. 2.067 Inversión del sentido de rotación de un motor de fase partida de forma manual, por medio de un interruptor de dos polos.

INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS DISYUNTORES



EJEMPLOS DE APLICACIÓN DIRECTA

a) En corriente alterna (c.a.).



b) En corriente continua (c.c.).

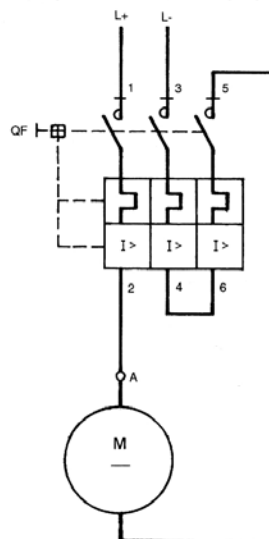


Fig. 2.068 guardamotor o disyuntor

Paso 5

Realice las uniones adecuadas con la tubería y luego introduzca el cable y conecte según lo indicado en los diferentes diagramas.

Conecte los fusibles.

Conecte el motor según las indicaciones de la placa (realice la conexión en el motor según lo que le indique su facilitador para esta operación).



En la medida que el motor se pare y tienda a dejar de girar, observe si lo hace en el sentido contrario a las manecillas del reloj.

A continuación, opere el interruptor SW-1 a la otra posición ON y energice nuevamente el motor.

El motor debe operar en la dirección opuesta, verifique esto para desconectar el motor y observe en qué dirección gira a medida que disminuya la velocidad.

Paso 6

Energice el motor

Mida la tensión y compare el valor obtenido con el valor de la placa de características del motor

Mida la intensidad compare el valor obtenido con el valor de la placa de características del motor.

Mida las revoluciones por minuto del motor con el tacómetro y compare el valor obtenido con el valor de la placa de características del motor.

Observación:

Los valores medidos para la tensión y la intensidad están dentro de un 5% de margen y el valor de la velocidad del motor sin carga es de sólo un 3%, aunque el valor medido no es en el arranque si no que cuando el motor haya alcanzado la velocidad de su funcionamiento normal.

Paso 7

Use el switch SW-1 para invertir el sentido de rotación del motor.

Efectúe las conexiones de acuerdo a lo indicado en el diagrama, verificando que estén correctamente realizadas.

Opere el interruptor poniéndolo en la posición ON para hacer girar el motor.

Después de unos cuantos minutos (3 por ejemplo), opere el interruptor a la posición OFF.

Paso 8

Desarme el circuito evitando dañar los accesorios y equipos.

Verifique efectivamente con un multímetro la carencia de tensión, en el momento del desmontaje de los elementos de control de motores.

Utilice las herramientas adecuadas y correctamente (destornilladores, pinzas, alicates, llaves, etc..) para desmontar los equipos de control.

Limpie y proporcione mantenimiento básico al equipo y herramienta utilizadas.

Coloque ordenadamente todos los elementos desmontados en una caja plástica.



2.4.2 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Las medidas de seguridad que tiene que aplicar son:

- Evite trabajar con tensión, comprobando con un multímetro la carencia de energía eléctrica.

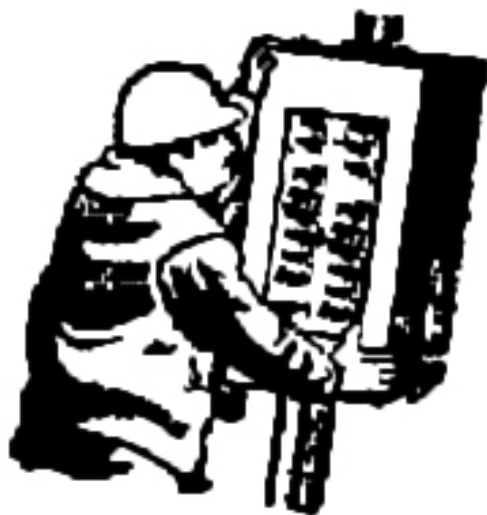


Fig. 2.069 Electricista revisando un tablero de distribución

- Nunca debe tocar las piezas en movimiento de los motores, ni de la carga. Si necesita tocarlos asegúrese de que el motor esté apagado y de que nadie lo pueda accionar.

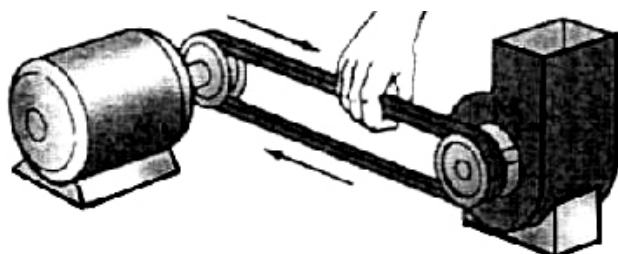


Fig. 2.070 No toque piezas en movimiento de motores y carga

- Use ropa adecuada para el trabajo y cabello corto. Las poleas, fajas o engranajes en movimiento en cualquier descuido aprisionan objetos como corbatas, cabello largo, etc, y causan accidentes.

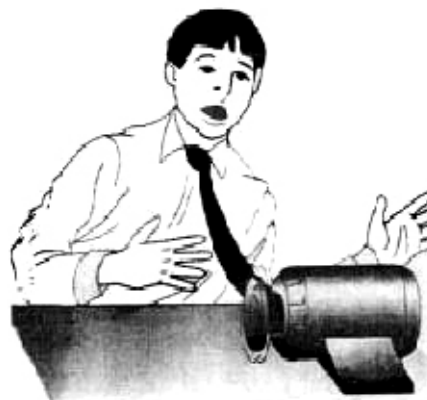


Fig. 2.071 Utilice ropa adecuada para el trabajo para evitar accidentes

- Asegúrese de que antes de arrancar un motor, todos los tornillos estén bien apretados y de no dejar piezas sueltas. Al momento de funcionar los motores los tornillos flojos y las piezas sueltas salen volando y causan accidentes.

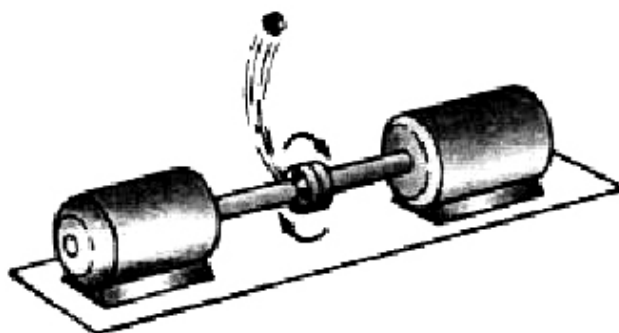


Fig. 2.072 Apriete bien los tornillos y no deje piezas sueltas cuando de mantenimiento a motores y su carga.

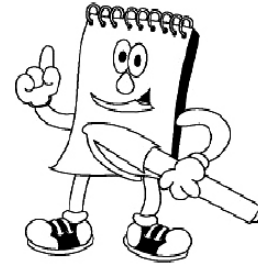
- Los elementos de control de motores, disponen de formas básicas y sencillas para realizar el armado y desarmado, como por ejemplo contactores, botoneras, etc, por tanto, no forcejee los dispositivos de control.
- Las piezas de contacto por tope generalmente vienen recubiertas con plata o cadmio, para evitar la oxidación, nunca deberá limpiarlas con lija.
- La limpieza de los contactos se efectúa sencillamente con un trapo.
- Es importante que en el momento realizar cualquier trabajo siempre se trabaje con el mayor orden posible, para evitar que las herramientas y equipos de medición se extravíen o que las personas tropiecen con obstáculos irresponsablemente colocados.



2.4.3 PROTECCIÓN AMBIENTAL

Es importante contar con un plan de eliminación de desechos para contribuir con el medio ambiente, y el lugar de trabajo, es por ello que es importante tomar en cuenta las recomendaciones siguientes:

Tome nota de las siguientes recomendaciones



- Guarde los pedazos de alambre o cables sobrantes.
- Seleccione los diferentes tipos de materiales según estos sean vidrio, papel, plástico, cobre o aluminio; introdúzcalos en un recipiente para cada material
- Deje limpio y ordenado el lugar de trabajo.
- Lleve un registro mensual de los residuos peligrosos que genera.
- Maneje separadamente los residuos que son incompatibles.
- Envase los residuos en recipientes seguros, debidamente identificados, etiquetados y bien cerrados.
- Almacene de manera segura, los residuos en un lugar previamente establecido para ello.

2.5 ARRANQUE Y PARADO DE UN MOTOR TRIFÁSICO

Entre el grupo de interruptores de motores están incluidos los aparatos de corte, que pueden interrumpir intensidades de corte del orden de 6 a 8 veces la intensidad nominal, aunque esta circunstancia se considera excepcional, ya que sus contactos están provistos para soportar sobrecargas o puntas de corriente, solamente durante cortos periodos de tiempo. Son los más empleados en la maniobra directa de motores eléctricos, recomendándose esperar a desconectar, una vez ha transcurrido el período de arranque, pero con la facultad de desconectar a plena sobreintensidad en caso de emergencia (por ejemplo, una avería en el motor accionando). Entre los aparatos de corte que pertenecen a este grupo, pueden citarse:

- a) Interruptores de tambor
- b) Contactores
- c) Guardamotor

Los interruptores para maniobra en carga se utilizan, principalmente, en instalaciones de distribución en las cuales, los conductores de salida a maniobrar, provistos de cortacircuitos fusibles, van conectados detrás de las barras colectoras. Se emplean para conexión y desconexión de corrientes de magnitud aproximada a la intensidad nominal y excepcionalmente, de magnitud hasta 2 a 4 veces de intensidad nominal, según sea la naturaleza y características de la carga. A continuación se estudian los tipos constructivos más utilizados en las instalaciones industriales.

Los interruptores de palanca, se emplean para corrientes nominales comprendidas entre 20 y 2,000 A y son de uso general.

Estos interruptores están contruidos en la forma de una cuchilla que penetra entre dos resortes de contacto, cerrando de esta forma el circuito. Pueden ser unipolares, bipolares, tripolares, etc., la forma constructiva de las piezas que constituyen los contactos es muy variada y su tamaño depende de la intensidad de corriente que admite el interruptor.

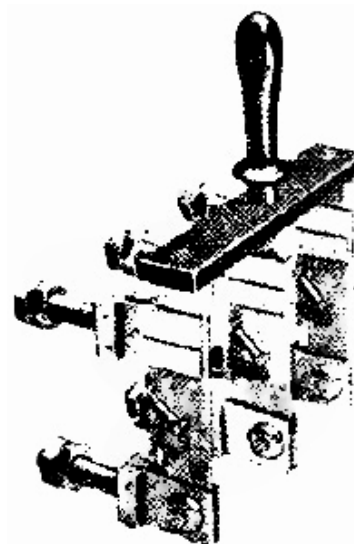


Fig.2.073 Interruptor tripolar de palanca.

Como puede apreciarse en la figura anterior, en la que se representa un interruptor tripolar, las tres cuchillas de contacto están unidas entre sí por medio de un travesaño de material aislante, el cual se sujeta a la empuñadura; de esta forma, puede manejarse el interruptor sin peligro. Las cuchillas están contruidas de latón o de cobre y encajan simultáneamente en los resortes de contacto; para intensidades superiores a 400 A, los interruptores acostumbran a contruirse con doble cuchilla por polo. Los contactores están montados a suficiente distancia entre sí, para que en

circunstancias normales, no se produzca ningún arco entre ellos; para grandes intensidades nominales, los interruptores se disponen con tantas apagachispas independientes, como polos.

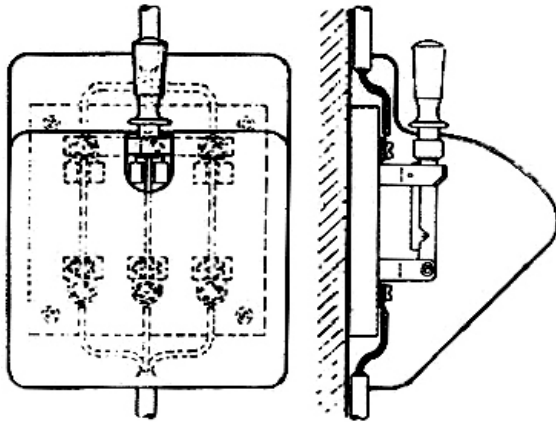


Fig.2.074 Interruptor de palanca, con caja protectora de material aislante.

El interruptor utilizado para arrancar y parar el motor se denomina tripolar, su función es abrir y cerrar el paso de la corriente, en las 3 fases al mismo tiempo. Las piezas de contacto por tope generalmente vienen recubiertas con plata o cadmio, para evitar la oxidación, nunca se deben limpiar con lija.

La limpieza de los contactos se realiza sencillamente con un trapo.

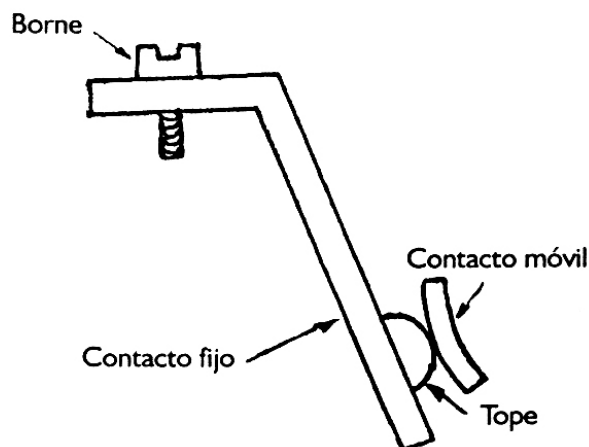


Fig.2.075 Piezas del contactor.

La figura siguiente representa el símbolo eléctrico del interruptor tripolar de accionamiento manual.

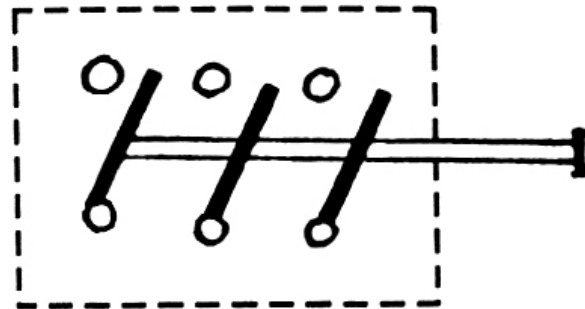


Fig.2.076 Interruptor tripolar de accionamiento manual.

Las figuras siguientes muestran el interruptor, su parte interna así como completamente armado.

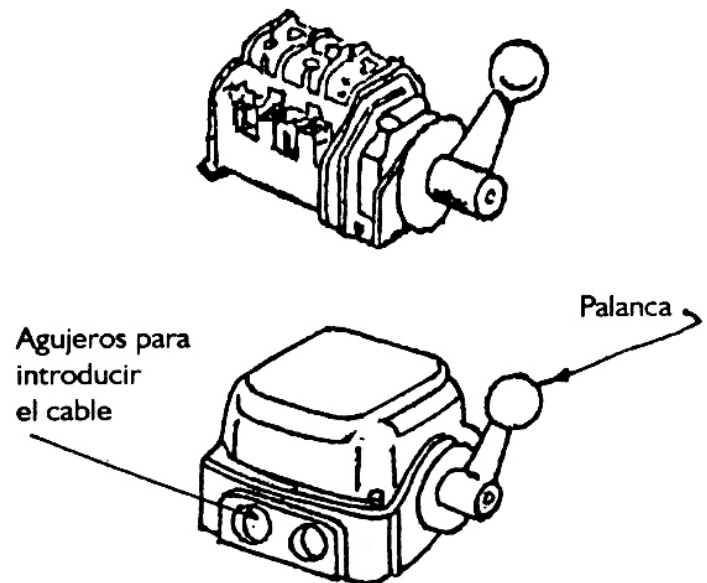


Fig.2.077 Interruptor parte interna y completamente armado.

Los interruptores de motores más utilizados son los contactores y los guardamotors.

Los guardamotores o interruptores protectores de motores, además de facilitar la conexión y desconexión de los motores, protegen sus devanados contra un calentamiento inadmisibles cuando se produce una sobrecarga.

Normalmente, esta protección se realiza por medio de relés térmicos dispuestos en cada polo del interruptor, estos relés son calentados por la corriente que pasa por los conductores de alimentación del motor y cuando el calentamiento rebasa un límite determinado, provoca la desconexión del motor en todas sus fases.

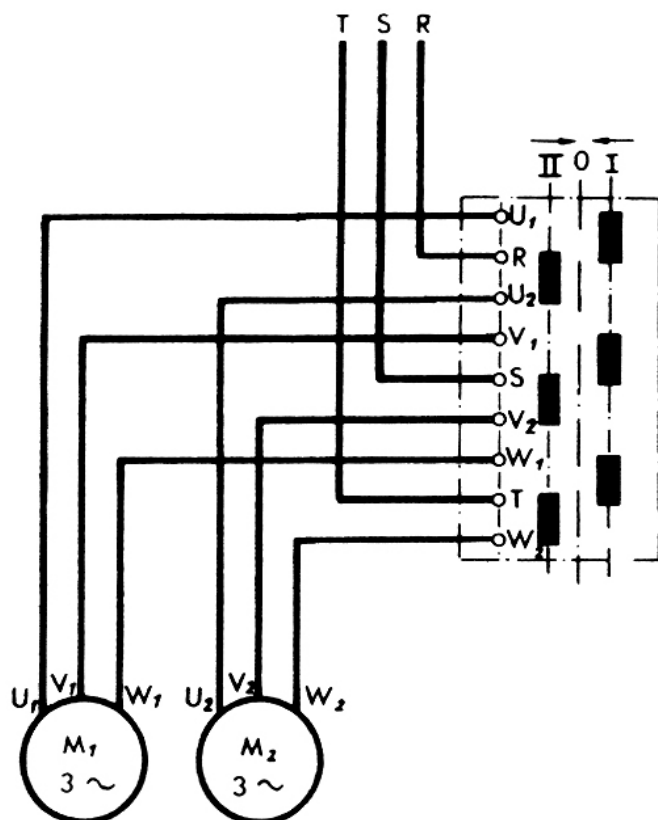


Fig.2.078 Esquema de conexiones de un interruptor de trinquete, utilizado como guardamotor.

2.5.1 PROCESOS UTILIZANDO CUCHILLAS, INTERRUPTOR DE 3 POLOS Y GUARDAMOTOR

En este esquema se representa el arranque directo de un motor por medio de un interruptor de cuchillas. En esta forma de mando, el operario debe de accionar directamente el circuito de potencial, lo que implica peligro, cosa que se ha de eliminar siempre que sea posible. Aquí se inserta esta forma de mando por dos motivos: para su conocimiento y por ser el esquema que representa de manera más esquemática, la forma directa de arranque de un motor, por medio de un interruptor. La instalación lleva un fusible, que no se deberá suprimir nunca de una instalación o aparato receptor.

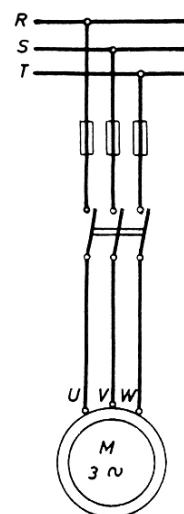


Fig.2.079 Arranque directo

En la figura siguiente se representa el mismo esquema o circuito de mando de un motor estudiado anteriormente, con la diferencia que en lugar de emplear un interruptor de cuhillas solidarias se emplea un interruptor de tipo rotativo, que resulta de accionamiento mas simple y que implica menos peligro para el operario que lo manipula.

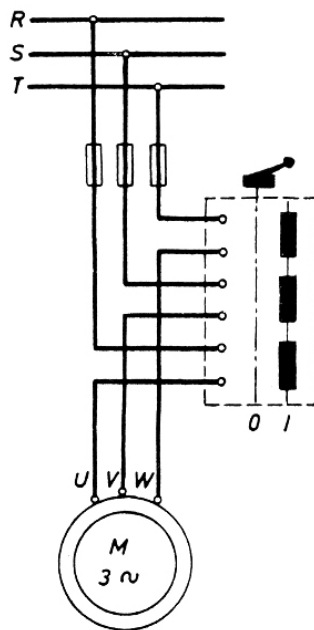


Fig.2.080 Arranque con interruptor tipo rotativo



2.5.2 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Todos los equipos de mando y control deben incluir protecciones necesarias. Es habitual que el equipo eléctrico (máquinas, instalaciones, etc.)

esté sometido a condiciones de trabajo para las que no ha sido proyectado, por lo que resulta necesario protegerlo, con el objeto de evitar fallas en el funcionamiento y reducir al máximo posibles averías.

El objetivo es reducir o evitar fallo en su funcionamiento, así como posibles averías, por eso el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) establece en la Instrucción MI BT 020 que “todo circuito debe estar protegido contra los defectos de las sobreintensidades que se puedan presentar en el mismo”.

Por otro lado es importante que fije los conductores en una masa sólida que no se mueva y no vibre.



2.5.3 PROTECCIÓN AMBIENTAL

El ruido y vibraciones producido por los motores pueden ser molestos para el ambiente de trabajo, por lo tanto, tome en cuenta las siguientes consideraciones:

- Revise constantemente conductores del motor, de modo que estén perfectamente ajustados.
- Proteja los conductores impregnándolos con barniz aislante, así evitará que los conductores se muevan y vibren.

2.6 CAMBIO DE GIRO MANUAL DEL MOTOR TRIFÁSICO

Los motores trifásicos hasta determinadas potencias arrancan sin ningún sistema de arranque. Su funcionamiento se basa en la creación de un campo magnético giratorio, debido a la variación de las corrientes en las 3 fases. El sentido de giro del motor queda determinado por el orden en el que se produzcan esas variaciones de fases. Lógicamente si se invierte dicho orden, el sentido de giro también se invertirá.

De acuerdo a lo anterior, prácticamente lo que se hace es intercambiar 2 cualquiera de las 3 fases que alimentan el motor y eso bastará para que el sentido de giro cambie. Las secuencias de la figura siguiente, dan tres posibilidades para cambiar el sentido de giro de un motor trifásico.

Algunas veces, por motivos económicos o bien, porque realmente no es necesario hacer un sistema de giro accionado con contactores se usan inversores

2.6.1 PROCESOS DE CUCHILLA DOBLE TIRO, CONMUTADOR 1-0-1 Y GUARDAMOTOR

de giro con accionamiento manual. Dichos inversores o conmutadores vienen contruidos por diferentes piezas y en diferentes formas. Su funcionamiento se basa en los cambios mostrados en las siguientes figuras.

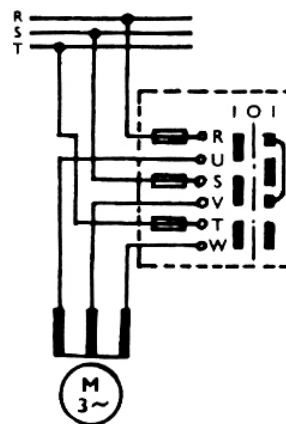


Fig.2.081 Con interruptor de inversor

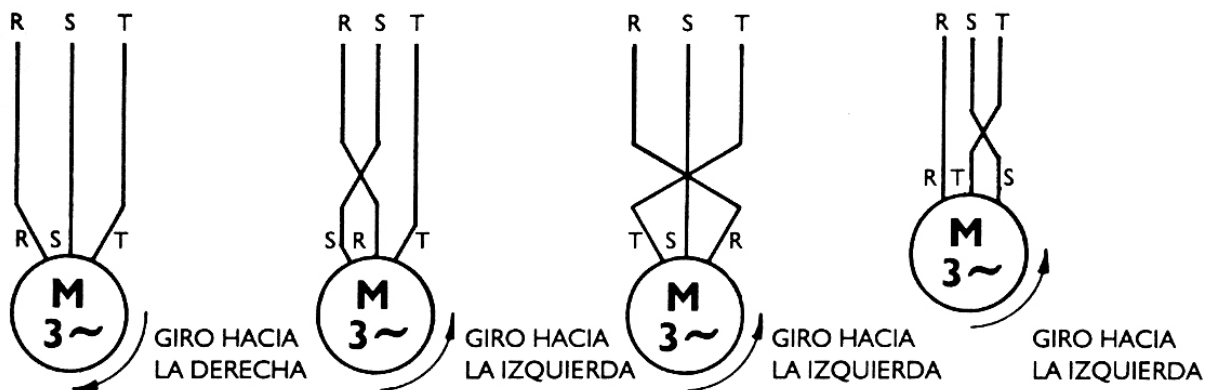


Fig. 2.082 Formas de cambiar el sentido de giro de un motor trifásico.

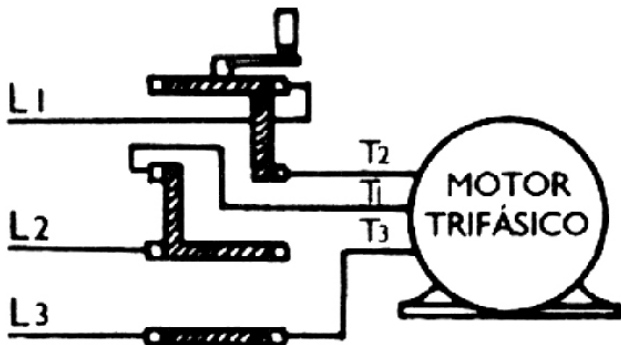


Fig.2.083 Motor trifásico con combinador de inversión dispuesto para giro en sentido contrario al de las agujas del reloj.

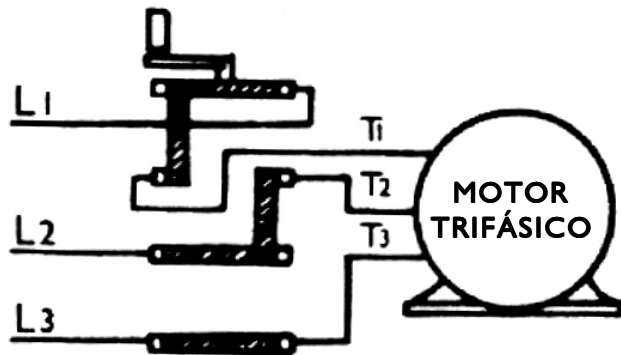


Fig. 2.084 Motor trifásico con combinador de inversión dispuesto para rotación en el sentido de las agujas del reloj.

Observaciones:

1. Observe que el inversor tiene 3 posiciones (101)
2. La primera da a conocer claramente que:
R se conecta a U
S se conecta a V
T se conecta a W
3. Mientras que la segunda posición:
R se conecta a V
S se conecta a U
T se conecta a W
Con lo cual, el sentido de giro cambiará.

Los inversores de giro manual se construyen de diferentes formas, pero todos actúan bajo el mismo principio de funcionamiento. Generalmente los bornes traen identificados con letras o números, para realizar correctamente la conexión.

A. INSTALACIÓN DE MOTOR TRIFÁSICO CON CAMBIO DE GIRO (ACCIONAMIENTO MANUAL)

Aplicación de los inversores de Giro:

Los sistemas de inversión de giro para motores trifásicos tienen su aplicación en máquinas, cuya dirección de movimiento tiene que cambiarse.

Como ejemplos pueden citarse: los tornos, que necesitan hacer girar el cabezal móvil en las 2 direcciones, el carro transversal también en ambas direcciones, así como movimientos para adelantar y atrasar la herramienta. Las grúas eléctricas, que se mueven a lo largo y a lo ancho de un taller y suben y bajan la carga.

Los elevadores son otro ejemplo, cuyo movimiento para subir y bajar en un edificio necesitan cambios en el sentido de giro del motor.

Como estas podrían mencionarse muchísimas otras máquinas que utilizan como elementos importante en su trabajo, la inversión de su sentido de rotación.

A continuación se describe el proceso de instalación con cambio de giro por medio de accionamiento manual.

PROCESO DE EJECUCIÓN:

■ Materiales que utilizará:

- 1) Un inversor de giro manual de baquelita con capacidad de 5 KW
- 2) Tres fusibles Diazed de porcelana de 16 Amperios, base y tapón.
- 3) Doce metros de alambre de cobre, TW # 12

4) Un tablero de lámina perforada.

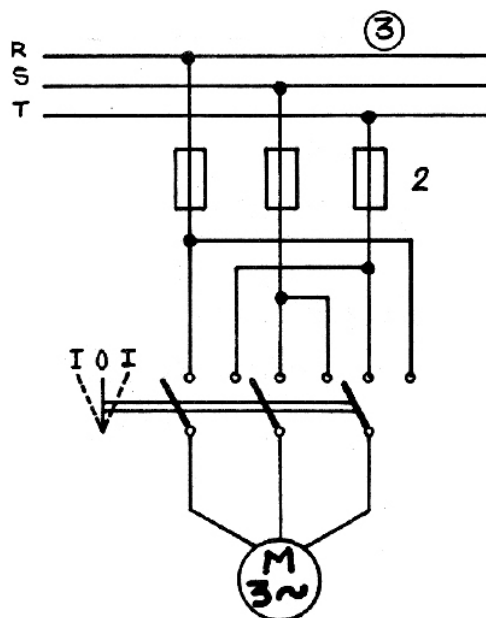


Fig.2.085 Instalación de motor trifásico con cambio de giro, accionamiento manual

■ **Herramienta que utilizará:**

- 1) Destornillador
- 2) Navaja curva
- 3) Alicates
- 4) Pinzas

Paso 1
Monte los accesorios para accionamiento manual

- Busque posición de accesorios.
- Asegure accesorios con tornillos.

Paso 2
Conecte el inversor de giro.

- Haga conexiones
- Pruebe el circuito.

B. MONTAJE DE ACCESORIOS PARA ACCIONAMIENTO MANUAL

Esta operación se realiza cuando se quiere instalar conmutadores de sentido de giro para motores trifásicos, cuyo accionamiento sea manual.

PROCESO DE EJECUCIÓN:

Paso 1
Buscar posición para accesorios.
- Coloque los fusibles en el fondo del tablero, de manera que representen una vista estética.
- Monte el conmutador manual, en uno de los costados del tablero.

Paso 2
Asegure accesorios con tornillos.

PRECAUCIÓN:

Evite que la presión ejercida por los tornillos sea excesiva, pues las bases de los fusibles pueden dañarse.

C. CONEXIÓN DEL INVERSOR DE GIRO

Cuando se quiere utilizar un motor, cuyo sentido de giro sea en ambas direcciones, se puede usar este inversor, cuyo accionamiento es puramente manual.

PROCESO DE EJECUCIÓN:

Paso 1
Haga conexiones
- Conecte los fusibles a la alimentación de corriente.
- Conecte el inversor a los fusibles.

PRECAUCIÓN:

Compruebe perfectamente cuales son los bornes de alimentación del inversor, para evitar posibles accidentes.

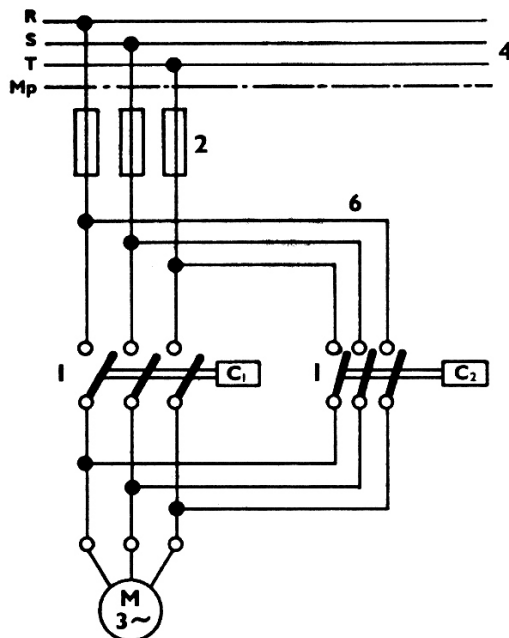
- Conecte el motor al inversor.



Paso 2

Pruebe el circuito.

- Conecte el tablero a una fuente de tensión trifásica de tensión igual a la nominal del motor
- Accione el inversor de giro, en ambos sentidos, para comprobar el funcionamiento del circuito.



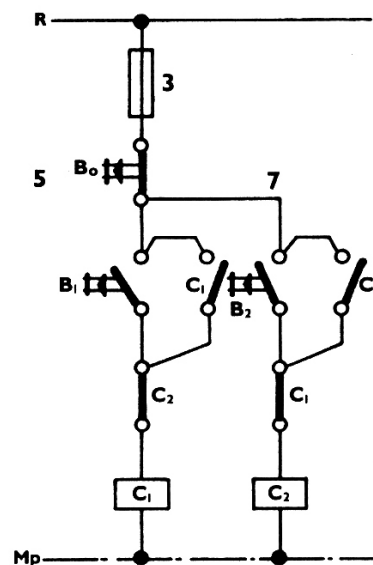
D. INSTALACIÓN SOBREPUESTA DE MOTOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO CON CAMBIO DE GIRO

A continuación se describe la instalación sobrepuesta del motor asíncrono trifásico con cambio de giro manual.

PROCESO DE INSTALACIÓN:

■ Materiales que utilizará:

- 1) Dos contactores de baquelita No.1
- 2) Tres fusibles de porcelana de 10 amperios, tipo Diazed



PIEZA	CANT.	DENOMINACIÓN	MATERIALES	DIMENSIONES	OBSERV.
1	2	Contactores	Baquelita	No. 1	
2	3	Fusibles	Porcelana	10 Amp.	Tipo Diad.
3	1	Fusible	Porcelana	2 Amp.	Tipo Diad.
4	2	Regletas borns	Baquelita	6 borns c/u	
5	3	Pulsadores	Metal-plástico		
6	6	Metros	Alambre Cu.	AWG # 12	Cir. fuerza
7	3	Metros	Alambre Cu.	AWG # 16	Cir. mando

Fig. 2.086 Instalación sobrepuesta de motor asíncrono trifásico con cambio de giro

- 3) Un fusible de porcelana de 2 amperios, Tipo Diazed
- 4) Dos regletas borns de baquelita de 6 bornes c/u.
- 5) Tres pulsadores de metal-plástico
- 6) Seis metros de alambre de cobre AWG # 12, Circuito de fuerza
- 7) Tres metros de alambre de cobre AWG # 16, Circuito de mando

■ **Herramienta que utilizará:**

- 1) Destornillador
- 2) Navaja curva
- 3) Alicates, Ohmímetro
- 4) Tiza
- 5) Encaminador



Paso 1

Monte los accesorios para accionamiento con contadores

- Busque posición para accesorios
- Haga marcas en el tablero.
- Encamine agujeros en tablero.
- Sujete accesorios.



Paso 2

Conecte los circuitos.

- Haga conexiones del circuito de fuerza usando alambre TW # 12.
- Haga conexiones del circuito de mando.
- Pruebe continuidad en el circuito.



Paso 3

Energice el circuito.

- Conecte el circuito de mando.
- Conecte la carga.



26.2 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Antes de conectar el motor al inversor:

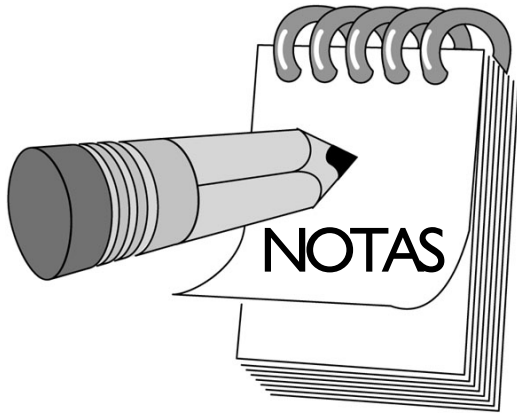
Es importante que se asegure perfectamente, de cuales son los bornes de alimentación del inversor, ya que de lo contrario, puede ocasionar accidentes al realizar las conexiones.



2.6.3 PROTECCIÓN AMBIENTAL

Cuando realice una instalación realice lo siguiente:

- Enrolle el alambre sobrante y guárdelo en un lugar adecuado.
- La herramienta y los elementos de trabajo, límpielos de la grasa u otros contaminantes, ordénelos y póngalos en la caja de herramientas.

[illegible][illegible]

2.7 CIRCUITO DE ARRANQUE MANUAL DE MOTOR TRIFÁSICO CON CONMUTADOR

El conmutador estrella triángulo, es un dispositivo para evitar corriente elevadas de arranque en motores trifásicos con carga. Además, permite elevar el par de arranque del motor.

Su objeto es arrancar el motor en estrella, y cuando ha adquirido velocidad, cambiarlo a triángulo, para que el par motor sea más fuerte.

Si el motor se arranca directamente en triángulo, la corriente subirá hasta límites inadmisibles y el par de arranque no será suficiente.

El conmutado estrella triángulo puede ser con accionamiento manual o automático (con contactores y relés de tiempo).

A continuación se ilustra la forma de un conmutador estrella triángulo con accionamiento manual.

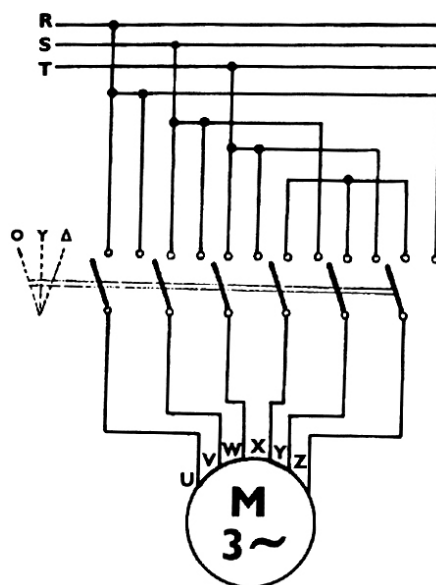


Fig. 2.087 Conmutador Y-Δ.

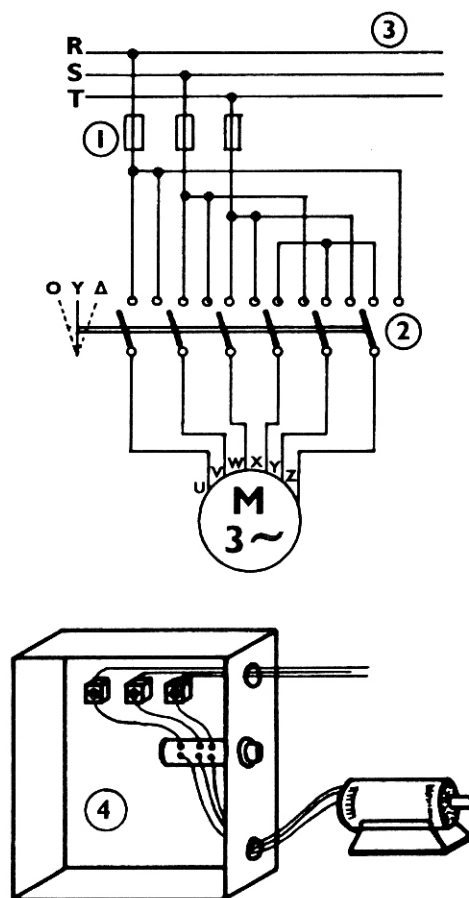
2.7.1 PROCESO DE CONEXIÓN

A. Conexión de conmutador Y-D

A continuación se describe el proceso de conexión del circuito de arranque Y-D, con accionamiento manual, de un motor trifásico con conmutador.

■ **Materiales que utilizará:**

- 1) Tres fusibles Diazed de porcelana de 15 A completos
- 2) Un conmutador Y-D de baquelita de 5 KW de capacidad.
- 3) Conductor de alambre de cobre, TW # 12
- 4) Un tablero de lámina perforada.



PIEZA	CANT.	DENOMINACIÓN	MATERIALES	DIMENSIONES	OBSERV.
1	3	Fusibles Diazed	Porcelana	15 Amp.	Completos
2	1	Conm. Y - Δ	Baquelita	5 KW capac.	
3	2	Mts. conduct.	Alambre Cu.	TW # 12	
4	1	Tablero	Lámina perforada		

Fig.2.088 Instalación y conexión de un motor trifásico con conmutador Y-Δ manual

■ **Herramienta que utilizará:**

- 1) Destornillador
- 2) Navaja curva
- 3) Alicata

PROCESO DE EJECUCIÓN



Paso 1

Monte los accesorios para accionamiento manual.

- Busque posición de accesorios.
- Asegure accesorios con tornillos.



Paso 2

Conecte el conmutador

- Haga conexiones
- Pruebe el circuito.

B. CONEXIÓN DE CONMUTADOR Y-Ä

Esta operación se realiza siempre que sea necesario utilizar el aditamento mencionado, cuya principal aplicación es bajar el amperaje de arranque de un motor, y aumentar a la vez, su par de arranque.

PROCESO DE EJECUCIÓN



Paso 1

Haga las conexiones

- Conecte la alimentación a los fusibles.
- Conecte el conmutador a los fusibles.
- Conecte las líneas del motor al conmutador.

	Observaciones:
	Los conmutadores estrella delta traen bien determinado los bornes o puntos de conexión con las letras R-S-T-U-V-W-X-Y-Z, para evitar posibles errores.



Paso 2

Pruebe el circuito

- Conecte el tablero a una fuente de tensión trifásica igual a la tensión nominal del motor.
- Accione el conmutador, pasando a la posición estrella y cuando halla tomado su velocidad nominal, páselo a triángulo.
- Mida el amperaje en ambas conexiones del motor.

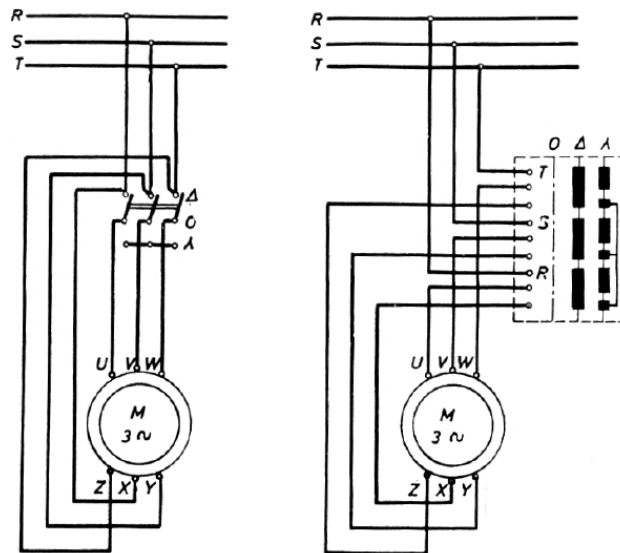


Fig. 2.089 Arranque de motor en conexión Y-Δ



2.7.3 PROTECCIÓN AMBIENTAL

- Asegúrese de conectar la tensión adecuada a la tensión nominal del motor.
- Asegúrese de que en el momento de realizar la conexión del motor, el accionamiento manual se encuentre en la posición “cero”.
- No olvide que el arranque debe empezar por la conexión estrella y nunca por la conexión delta, porque una carga conectada en delta consume el triple de potencia que consume en estrella.
- En el proceso de instalación no deje residuos de materiales sobrantes, recoja todos los sobrantes y deposítelos en los recipientes adecuados.

2.8 CIRCUITO MANUAL DE DOS VELOCIDADES PARA MOTOR TRIFÁSICO CON CONMUTADOR

A menudo se desea cambiar la velocidad de los motores para realizar diferentes trabajos en las plantas industriales. Esto puede hacerse cambiando el número de polos en los devanados del estator de los motores de CA.

2.8.1 PROCESO DE CIRCUITO

■ Materiales que utilizará:

- 1) Un tubo de P.V.C. de 6 m de longitud, $\frac{3}{4}$ " $\varnothing$
- 2) Cuatro uniones de P.V.C., $\frac{3}{4}$ " $\varnothing$
- 3) Una caja de registro de P.V.C. de $\frac{3}{4}$ " x 2"
- 4) Cuatro vueltas a 90° de P.V.C. de $\frac{3}{4}$ " $\varnothing$
- 5) Solvente de P.V.C. $\frac{3}{4}$ de litro
- 6) Seis abrazaderas de P.V.C. de $\frac{3}{4}$ " y 2 orejas.
- 7) Dieciséis tarugos de $\frac{1}{4}$ " x $\frac{3}{4}$ " Prs. Fibra
- 8) Dieciséis tornillos de $\frac{1}{4}$ " x $\frac{3}{4}$ "
- 9) Tres contactores de 110 V CA, 3 contactos
- 10) Un pulsador trip, 1 Stop, 2 start, 1 cerrado
- 11) Un arranque manual, 2 posiciones diferentes, conex. D.
- 12) Conductor de cobre, AWG 14 TW, rojo y blanco.
- 13) Un motor trifásico de 1 H.P.

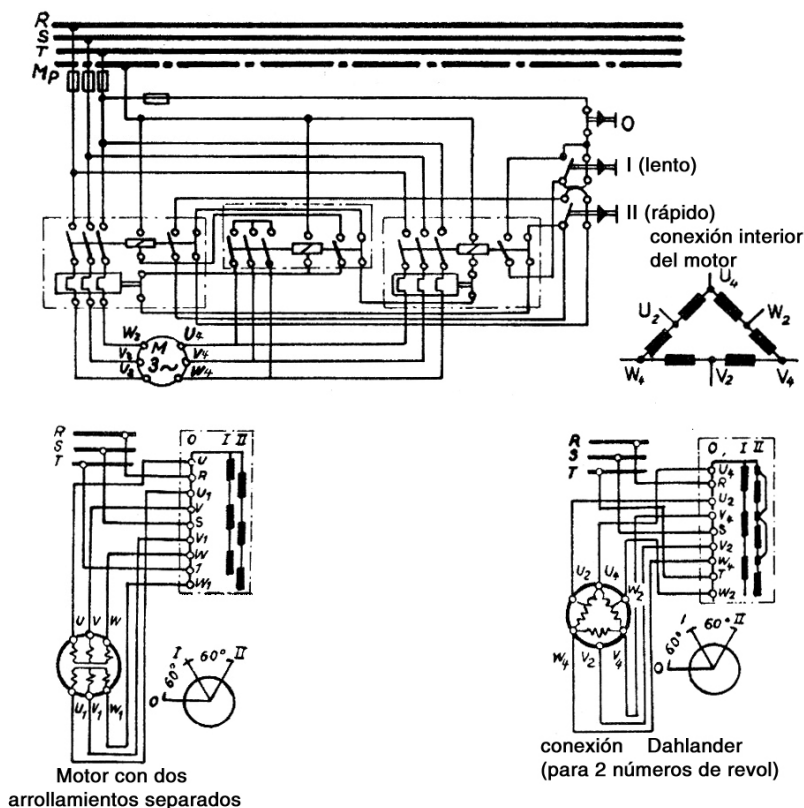


Fig. 2.090 Instalación sobrepuesta con tubo P.V.C. para motor trifásico de 2 velocidades

■ **Equipo que utilizará:**

- 1) Barreno eléctrico
- 2) Amperímetro
- 3) Tacómetro

■ **Herramienta que utilizará:**

- 1) Metro
- 2) Arco y sierra
- 3) Tela de lija
- 4) Destornillador
- 5) Guía de acero

A. PROCESO DE EJECUCIÓN



Paso 1

Monte la tubería y los accesorios de PVC.

- Mida y acere el tubo
- Limpie la tubería
- Acople tubería con accesorios
- Fije tubería



Paso 2

Montar y conectar accesorios para accionamiento manual.

- Alambre tubería
- Monte y conecte arrancador manual
- Monte y conecte motor



Paso 3

Energice el circuito.

- Alimente arrancador
- Arranque motor en primera velocidad (lento).
- Haga pruebas y mediciones.
- Arranque motor en segunda velocidad (rápido).
- Haga pruebas y mediciones.



Paso 4

Monte y conecte los equipos para accionamientos con contactores.

- Alimente y conecte todos los accesorios y equipos.
- Energice circuito y compruebe funcionamiento.

B. OPERACIÓN: MONTAJE DE TUBERÍA Y ACCESORIOS P.V.C.

Consiste en hacer uniones en tubería P.V.C. por medio de juntas con adherentes, a través de coplas (uniones), curvas de 90° en cajas de registro. Se utiliza en instalaciones eléctricas, subterráneas, empotradas; expuestas al agua o algunos componentes químicos.

Proceso de Ejecución:



Paso 1

Mida y acere el tubo.



Paso 2

Acople tubería con accesorios.

- Prepare superficies a unir limpiándolas con telas de lija.

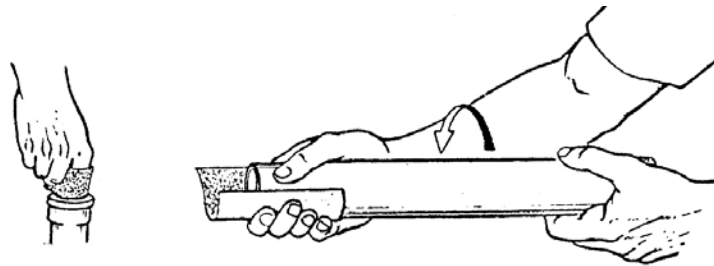


Fig. 2.091 Limpieza de superficies de tuberías.

- Aplique adherente en la superficie del tubo.
- Efectúe la unión, introduciendo el tubo en la campana y girando hasta llegar al tope.

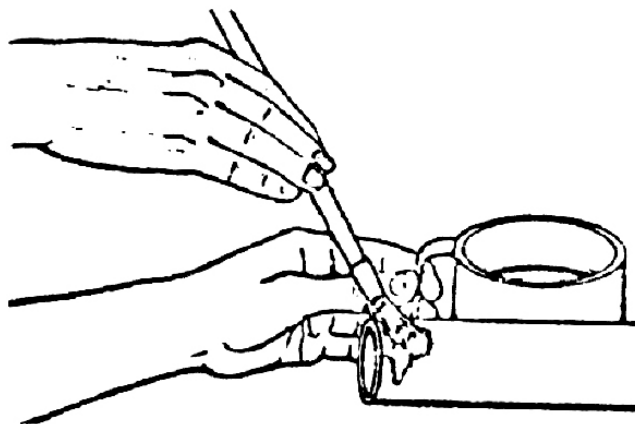


Fig. 2.092 Aplicación de adherente en la boca del tubo.

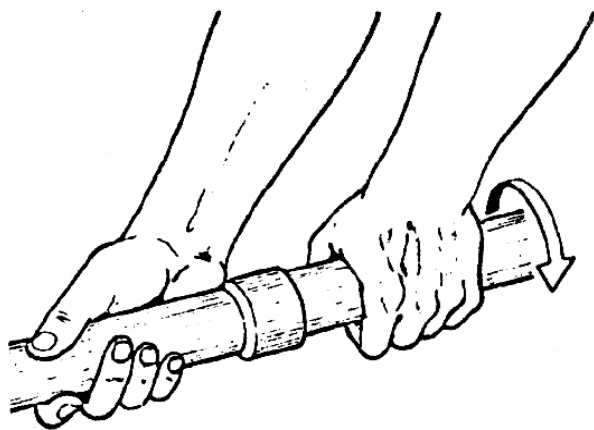


Fig.2.093 Fije la unión.

Observación:

No mueva las piezas, hasta que se consolide la unión.



Paso 3

Fije la tubería.

- Colocando tarugos en la pared, fije tubería y accesorios por medio de tornillos.

C. OPERACIÓN: ENERGIZAR CIRCUITO

Después de conectar un circuito, es necesario energizarlo, para poder ponerlo en funcionamiento y comprobarlo haciéndole sus mediciones y pruebas finales.

PROCESO DE EJECUCIÓN:



Paso 1

Alimente el arrancador accionando el flip-on de alimentación.

Observación:

- Compruebe que el selector esté señalando “desconectado” (posición “0”) como aparece en la siguiente figura.
- Compruebe que el voltaje sea el correcto.
- Asegúrese que tenga lubricante.

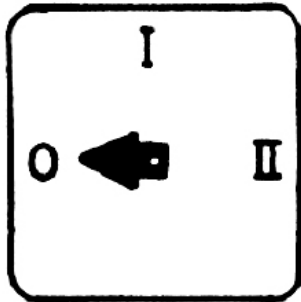


Fig. 2.094 Selector en posición "0".



Paso 2

Arranque motor en primera velocidad (lenta).

- Colocando el selector en la posición I, como aparece en la figura siguiente.

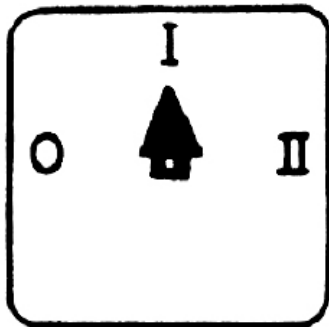


Fig. 2.095 Selector en posición "I".



Paso 3

Haga pruebas y mediciones.

- Mida amperaje en cada una de las líneas de alimentación.

- Mida revoluciones por minuto.

- Compruebe que no existan ruidos extraños vibraciones o calentamiento excesivo, en caso contrario, pare el motor y revíselo.



Paso 4

Trabaje con el motor en velocidad rápida.

- Colocando el selector del interruptor manual en posición II, como se ve en la figura siguiente.

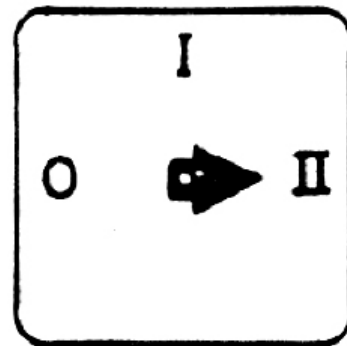


Fig. 2.096 Selector en posición "II".



Paso 5

Haga pruebas y mediciones.

- Mida el amperaje en cada una de las líneas de alimentación.

- Mida revoluciones por minuto.
- Compruebe que no existan ruidos extraños, vibraciones o calentamiento excesivo en caso contrario pare el motor y revíselo.
- Asegúrese que tenga lubricante, en caso contrario, pare y lubrique.

presencia de este, ya que tienen efectos secundarios para la salud al absorber los olores, de ser posible utilice mascarilla cuando utilice el adherente de tubos.

- Cuando alimente el arrancador y accione el flip-on de alimentación, asegúrese de que el selector este señalando “desconectado”, y se encuentre en la posición “O”.



2.8.2 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Cuando realice la instalación del circuito manual de dos velocidades para el motor trifásico con conmutador, realice lo siguiente:

- Permanezca con gafas protectoras todo el tiempo, ya que estas lo protegen de las partículas que pudieran desprenderse del tubo al cortarlo y al lijarlo, así también, cuando aplique adherente al tubo, ya que este, es corrosivo.
- Cuando aplique adherente a los tubos, tape el envase inmediatamente después de utilizarlo, permanezca el tiempo menos posible en



2.8.3 PROTECCIÓN AMBIENTAL

- Deseche a la basura todos los residuos que le hayan sobrado; como pedazos de tubo, lijas, etc.
- Guarde los sobrantes del tubo, que considere necesarios, en un lugar seco y evite temperaturas altas.
- Cuando utilice el adherente para tubos, tápelo inmediatamente y guárdelo en un lugar fresco y seco, evite temperaturas altas. Limpie cualquier derrame de éste.

REALIZAR INSTALACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS UTILIZANDO MANDOS ELECTROMAGNÉTICOS

2.9 CONTROL ELECTROMAGNÉTICO

Los motores eléctricos constituyen una de las principales fuentes de energía mecánica para distintas aplicaciones industriales, comerciales y de la vida diaria.

En muchos casos, el motor está incluido como parte integral de algunas máquinas. Por lo anterior, se debe considerar lo necesario, en el diseño, construcción, instalación y mantenimiento del equipo, para controlar a estos motores en función de la aplicación a desarrollar.

2.9.1 DEFINICIÓN DE CONTROL ELECTROMAGNÉTICO

El concepto “Control del motor” se refiere básicamente a las funciones disponibles de un controlador de motor, en la forma en como es aplicado, por ejemplo, control de velocidad, inversión de sentido de rotación, aceleración, desaceleración, arranque y parado.

Los controladores de los motores eléctricos fueron desarrollados para definir y controlar las operaciones y acciones de los motores, tales como arranques y

paros, inversión del sentido de rotación del eje y el cambio en la velocidad del motor. Como los controladores son cada vez más sofisticados, se han desarrollado y mejorado dispositivos de protección para los operadores y el equipo. La función primaria del controlador de un motor eléctrico es arrancar y parar motores, proteger al motor, la carga y al operador, el cambio de sentido de rotación del eje o flecha y el cambio en la velocidad de operación.

El control de la energía eléctrica, es básico cuando se usa maquinaria industrial. La electricidad industrial está relacionada en primer lugar, con el control del equipo industrial y sus procesos relacionados.

Cuando se trabaja con equipo eléctrico industrial, es necesario y fundamental, tener la habilidad para leer diagramas esquemáticos; aunque hay distintos tipos de diagramas relacionados con el equipo eléctrico. Existen otros diagramas relacionados con este equipo, como son: el diagrama de bloques, de interconexión, de alambrado, de disposición, los isométricos y los diagramas de construcción.

Como en la mayoría de las aplicaciones de la electricidad, la simbología representa una forma de expresión o un lenguaje para las personas relacionadas con el tema.

El lenguaje de control de motores, consiste en símbolos que permiten expresar una idea o para formar el diagrama de un circuito, que pueda ser comprendido por personal calificado, existen disposiciones de tipo convencional, para el uso de símbolos usados en el control de motores eléctricos para la industria.

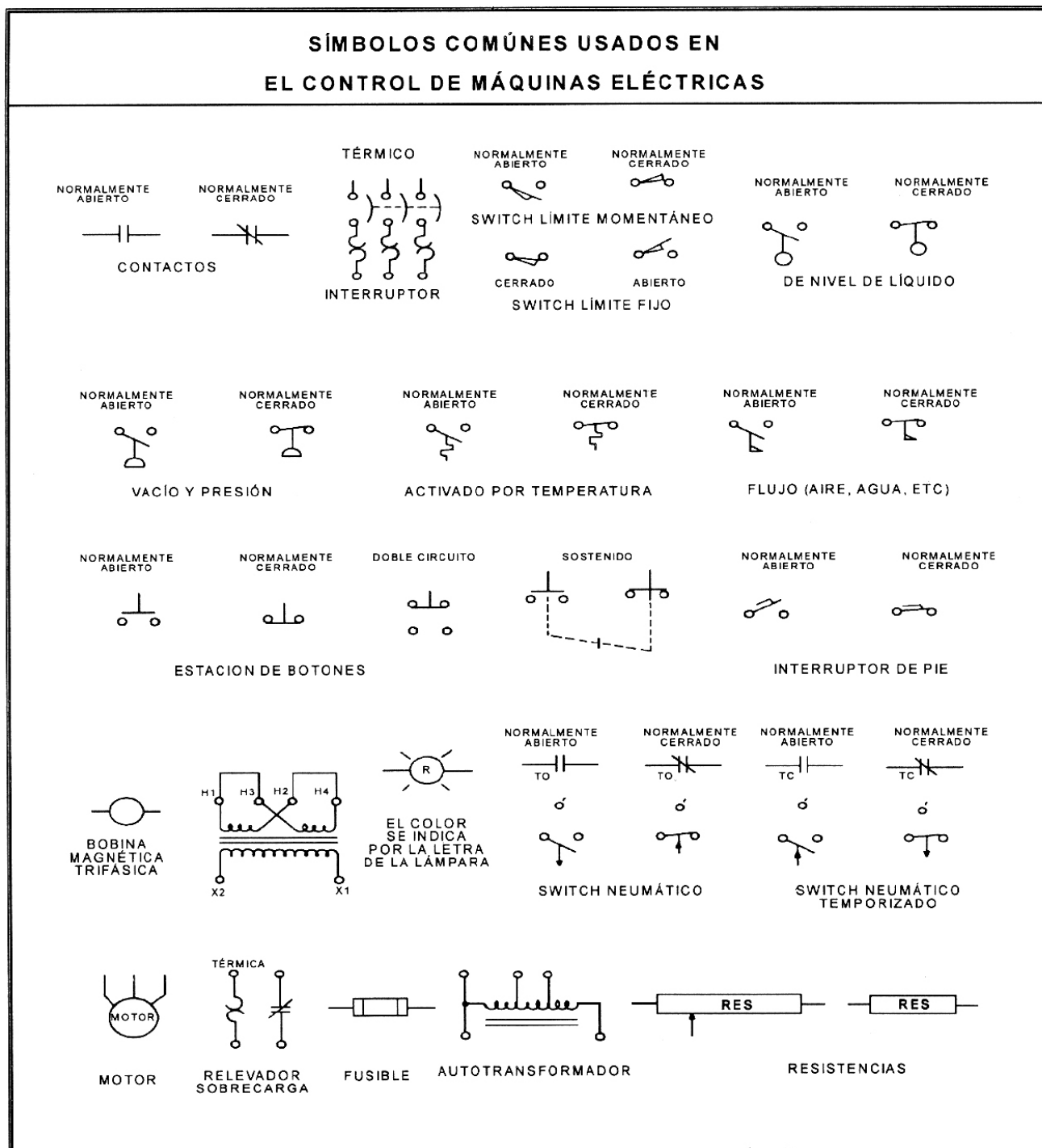


Fig.2.097 Lenguaje de control de motores.

SÍMBOLOS GRÁFICOS PARA DIAGRAMAS ELÉCTRICOS

	CONDUCTORES QUE SE CRUZAN
	CONDUCTORES CONECTADOS
	BOBINA DE OPERACIÓN
	CONTACTOR
	CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO
	CONTACTO NORMALMENTE CERRADO
	DESCONECTADOR
	ESTACIÓN DE BOTONES NORMALMENTE ABIERTO (CIERRE MOMENTÁNEO)
	ESTACIÓN DE BOTONES NORMALMENTE CERRADO (DE APERTURA MOMENTÁNEA)
	FUSIBLE
	ELEMENTO TÉRMICO

Fig.2.098 Símbolos de diagramas eléctricos.

CONTINUACIÓN DE LA TABLA 1

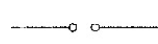
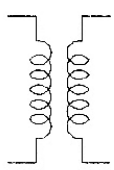
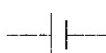
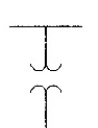
	MOTOR DE INDUCCIÓN JAULA DE ARDILLA
	MOTOR DE INDUCCIÓN DE ROTOR DEVANADO
 	INTERRUPTOR
	TRANSFORMADOR
	BATERÍA
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL
	DIODO
	TIRISTOR O RECTIFICADOR CON SEMICONDUCTOR

Fig.2.099 Símbolos de diagramas eléctricos.

A. Diagramas de línea (Diagramas de escalera)

La forma básica de comunicación en el lenguaje de control electromagnético, es mediante el uso de los llamados diagramas de línea o de escalera. Los cuales consisten de una serie de símbolos interconectados por medio de líneas, para indicar el flujo de corriente a través de los distintos dispositivos.

El diagrama de línea indica en un tiempo relativamente corto, una serie de información que se relaciona y que podría tomar muchas palabras para su explicación. El diagrama de línea muestra básicamente dos cosas: (1) la fuente de alimentación (que se muestra a veces con línea mas grueso); (2) cómo fluye la corriente a través de las distintas partes del circuito, como son: estaciones de botones, contactos, bobinas, etc., que se muestran en los diagramas, por lo general con líneas mas delgadas.

El diagrama de línea está orientado a mostrar la parte de los circuitos que es necesaria para la operación del controlador. Debe además proporcionar simplicidad, haciendo énfasis únicamente en la operación del circuito de control.

circuito de control en su forma mas simple. Un diagrama de línea no muestra la localización de cada componente y su relación con otras componentes en el circuito. Los diagramas de línea se usan para diseñar, modificar o expandir circuitos.

Un diagrama de línea (diagrama de escalera) es un diagrama que muestra la lógica de un

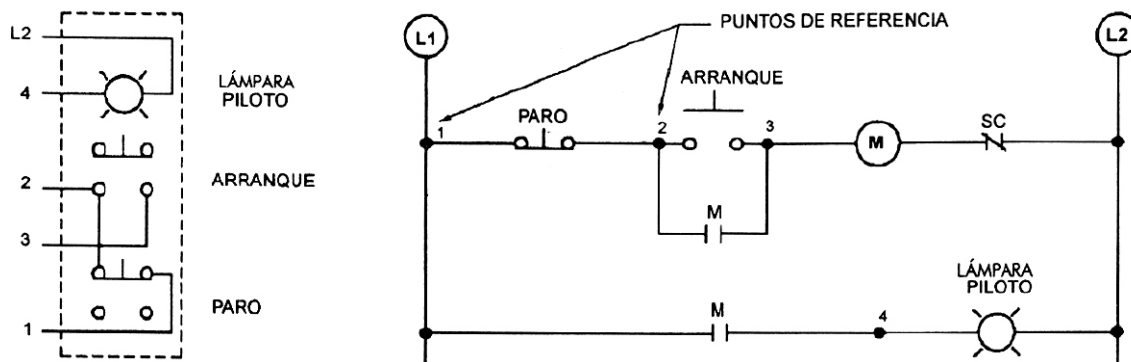


Fig.2.100 Diagrama de escalera (izquierda), diagrama de línea (derecha).

2.9.2 PARTES Y FUNCIONAMIENTO DE LOS CONTROLES ELECTROMAGNÉTICOS

El controlador puede ser un simple desconectador (switch) para arrancar y parar al motor, también una estación de botones para arrancar a este en forma local o a control remoto. Un dispositivo que arranque al motor por pasos o para invertir su sentido de rotación, puede hacer uso

de las señales de los elementos por controlar, como son temperatura, presión, nivel de un líquido o cualquier otro cambio físico que requiera el arranque o parado del motor, y que evidentemente le dan un mayor grado de complejidad al circuito.

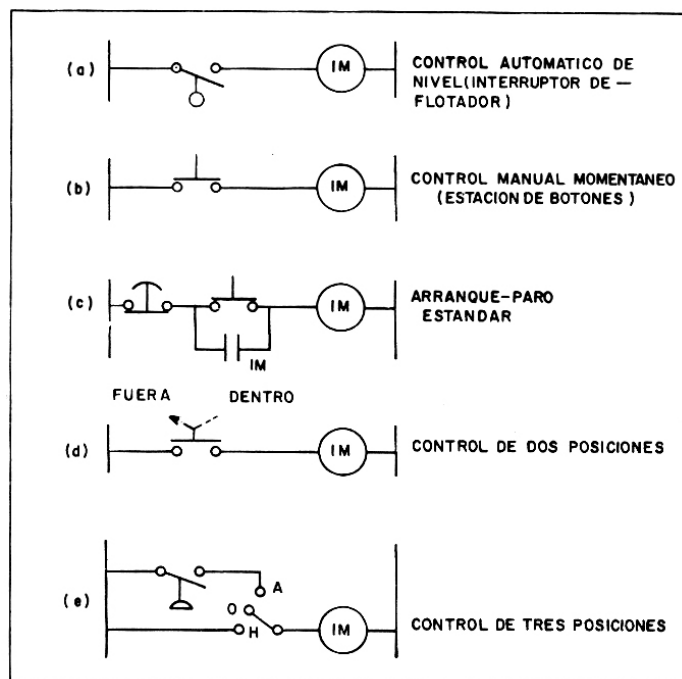


Fig.2.101 Funciones básicas de control

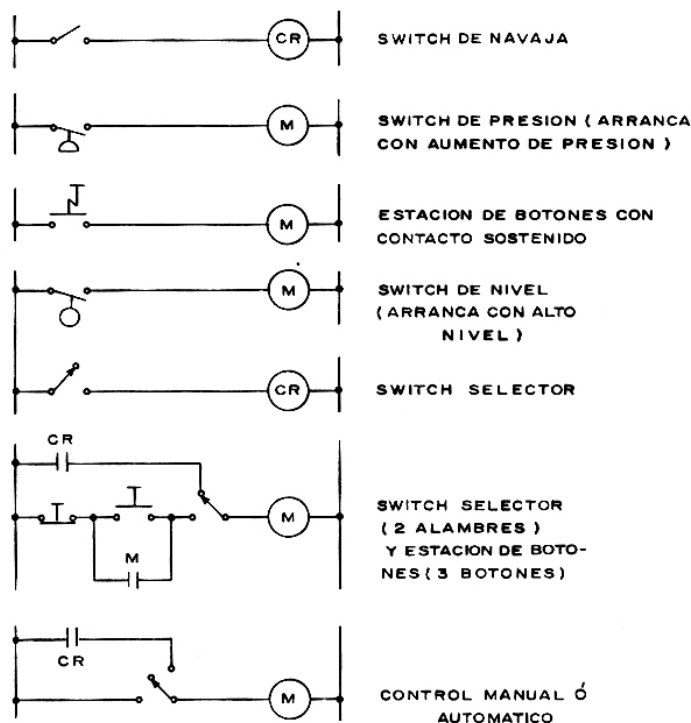
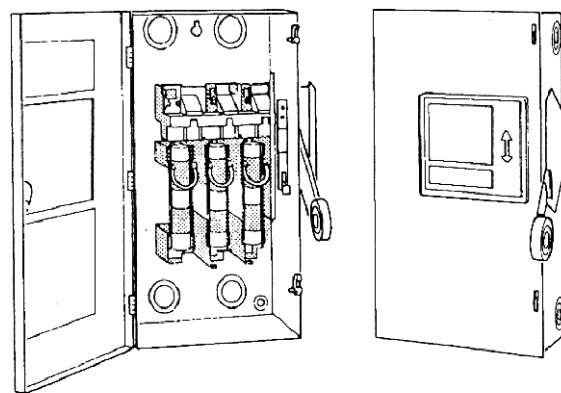


Fig.2.102 Métodos básicos de control industrial.

2.9.3 TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS CONTROLES ELECTROMAGNÉTICOS

Cada circuito de control, por simple o complejo que sea, está compuesto por un cierto número de componentes básicas conectadas entre si, para cumplir con un comportamiento determinado. El principio de operación de estos componentes es el mismo, y su tamaño varía dependiendo de la potencia del motor que va a controlar, aun cuando la variedad de componentes para los circuitos de control es amplia. Los principales elementos eléctricos para este fin, se mencionan a continuación:

- Desconectadores (switches).
- Interruptores termomagnéticos.
- Desconectadores (switches) tipo tambor.
- Estaciones de botones.
- Relevadores de control.
- Relevadores térmicos y fusibles.
- Contactores magnéticos.
- Lámparas piloto.
- Switch de nivel, límite y otros tipos.



DESCONECTADOR CON FUSIBLES

Fig.2.103 Desconectador con fusibles.

A. DESCONECTADORES (SWITCHES)

Los desconectadores también conocidos como switches, constituyen uno de los medios mas elementales de control de los motores eléctricos, ya que conectan o desconectan a un motor de la fuente de alimentación, se construyen con navajas para dos líneas (motores monofásicos) o tres líneas (motores trifásicos), las navajas abren o cierran simultáneamente por medio de un mecanismo. Por lo general se encuentran alojados en una caja metálica y tienen un fusible por conductor. Están diseñados para conducir la corriente nominal por un tiempo indefinido y para soportar la corriente de cortocircuito por períodos breves de tiempo.

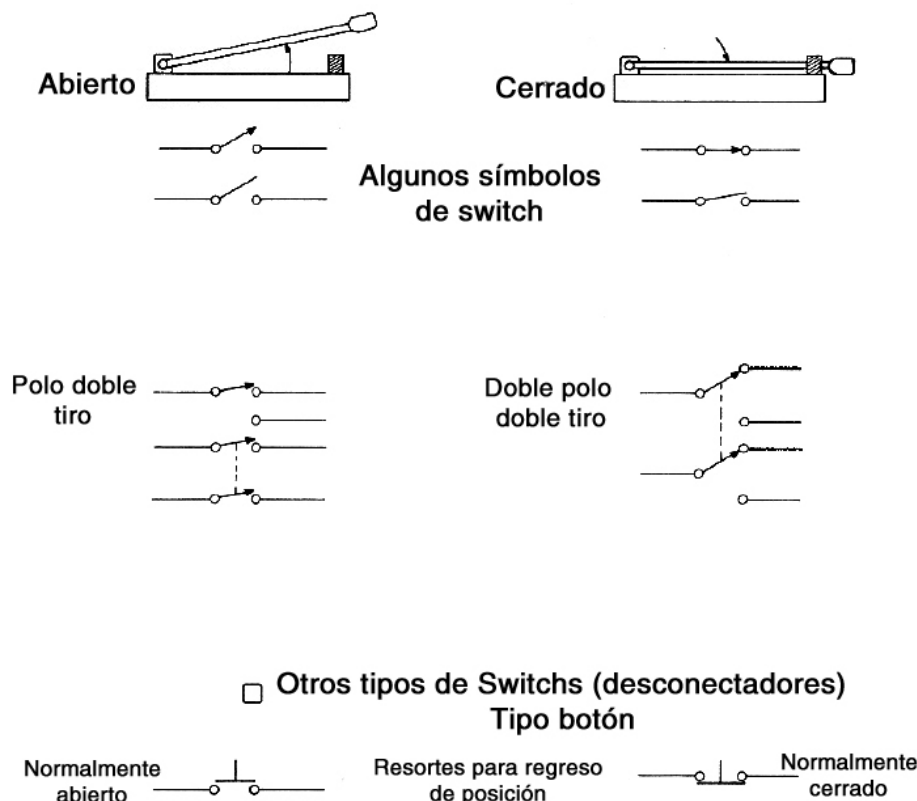


Fig.2.104 Switches



Fig.2.105 Desconectores

B. INTERRUPTORES ELECTROMAGNÉTICOS

Un interruptor Termomagnético manual, permite abrir y cerrar un circuito, en forma análoga a las cuchillas desconectoras (switches), excepto que en estos interruptores se puede abrir en forma automática, cuando el valor de la corriente que circula por ellos, excede a un cierto valor previamente fijado. Después de que estos interruptores abren (disparan), se deben establecer en forma manual, tienen la ventaja sobre los desconectores (switches)

en que no requieren el uso de fusibles. Las normas técnicas para instalaciones eléctricas establecen que las navajas del desconector estén colocadas o montadas en tal forma, que cuando se abran, tiendan a seguir el sentido de la gravedad como se muestra en la figura siguiente:

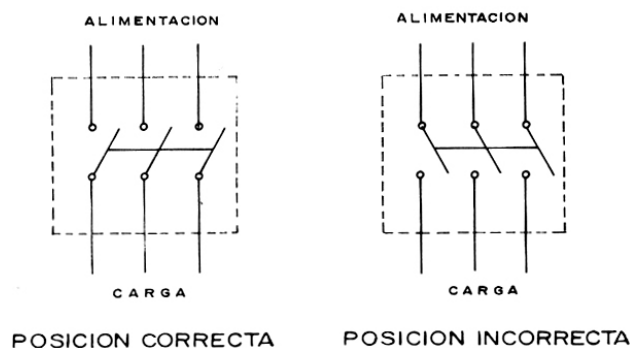


Fig.2.107 Navajas del desconector.

La altura con respecto al nivel del suelo a la que se debe montar la caja que contiene al desconector, no debe ser inferior a 1.80 m.

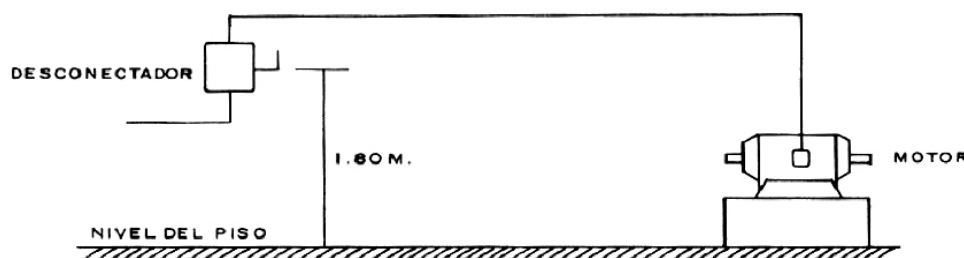


Fig.2.106 Nivel de desconector.

La regla aplicada a los desconectores es aplicable a los interruptores termomagnéticos en cuanto a la altura de instalación sobre el nivel del suelo, aun cuando estos en muchas ocasiones van montados en tableros de fuerza en baja tensión.

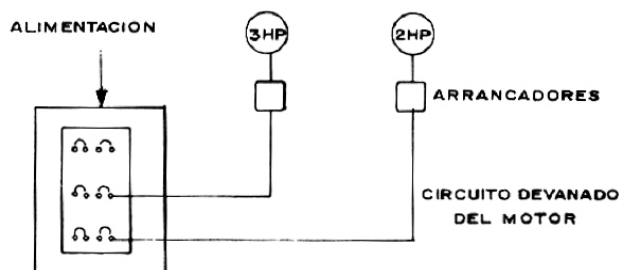


Fig.2.108 Tablero de distribución.

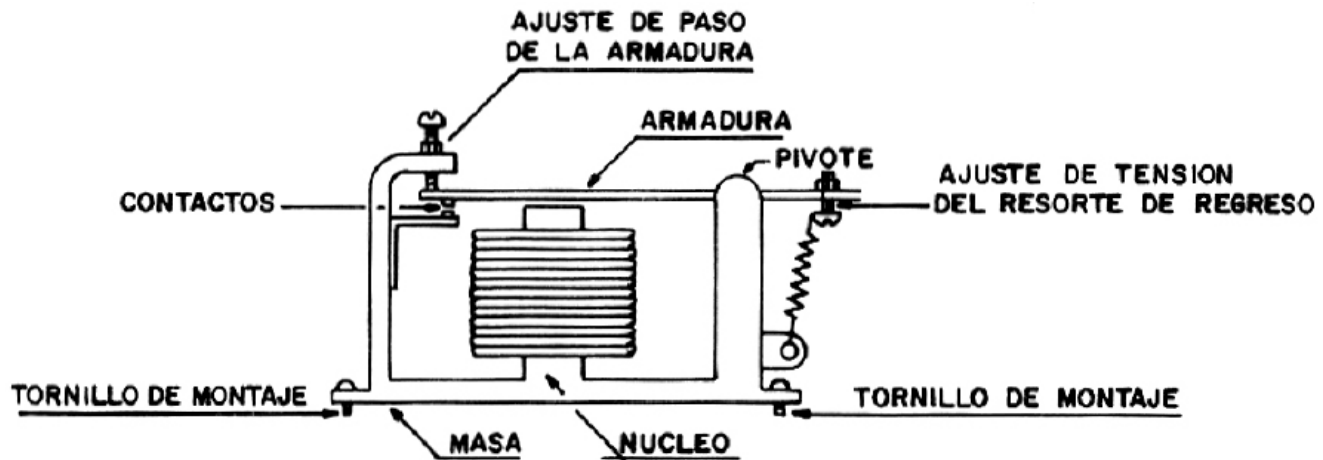


Fig.2.109 Partes de un relevador electromagnético.

C. DESCONECTADOR (SWITCH) TIPO TAMBOR

Los desconectadores tipo tambor son dispositivos manuales que tienen un grupo de contactos fijos e igual número de contactos móviles. Estos contactos permiten obtener las posiciones de abierto y cerrado, con una secuencia determinada por medio de una navaja rotatoria. Se usan en motores de potencia pequeña o como dispositivos de control en motores con arrancadores magnéticos.

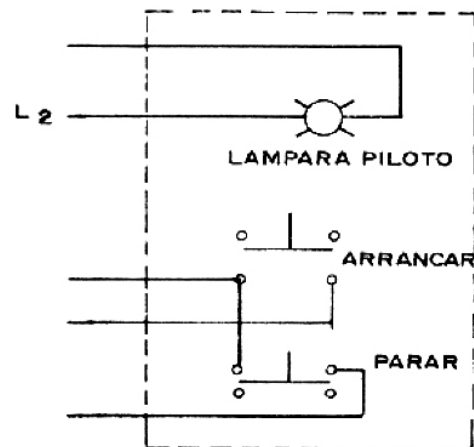


Fig.2.110 Diagrama de alumbrado de una estación de botones con lámpara piloto.

D. ESTACIÓN DE BOTONES

Una estación de botones es básicamente un desconectador (switch) que se activa por medio de la presión de los dedos, de manera que dos o más contactos cierran o abren, cuando se quita presión de los botones. Normalmente se usan resortes en los botones para regresarlos a su posición original después de ser presionados.

En una instalación eléctrica se puede usar más de una estación de botones, de manera que se pueda controlar un motor desde tantos puntos, como estaciones se tengan y se pueden fabricar para uso normal o para uso pesado, cuando se usan con mucha frecuencia.

E. RELEVADORES DE CONTROL

Un relevador de control es un switch electromagnético que se emplea como dispositivo auxiliar en los circuitos de control de arrancadores de motores grandes o directamente como arrancadores en motores pequeños.

El relevador electromagnético abre y cierra un conjunto de contactos cuando su bobina se energiza. La bobina produce un

campo magnético fuerte que atrae una armadura móvil, accionando los contactos. Los relevadores de control se usan por lo general en circuitos de baja potencia y pueden incluir relevadores de tiempo retardado, que cierran y abren sus contactos en intervalos de tiempo definidos.

La representación de los relevadores se hace por medio de símbolos convencionales, como se muestra a continuación:

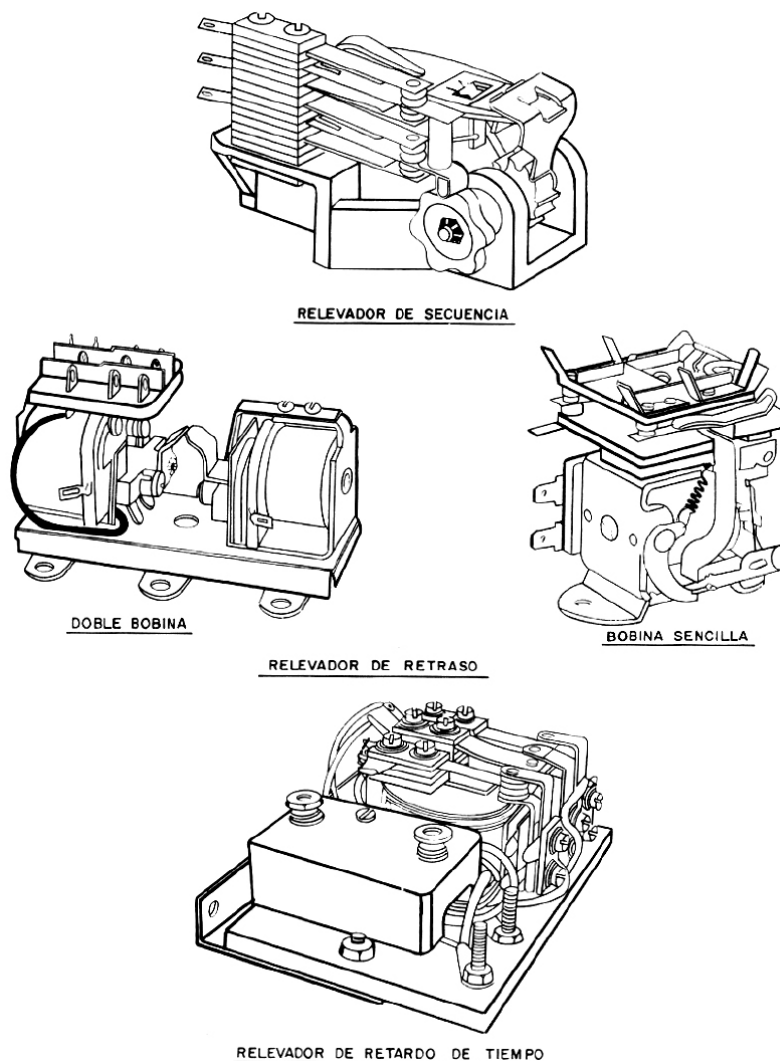


Fig.2.111 Tipos de relevadores.

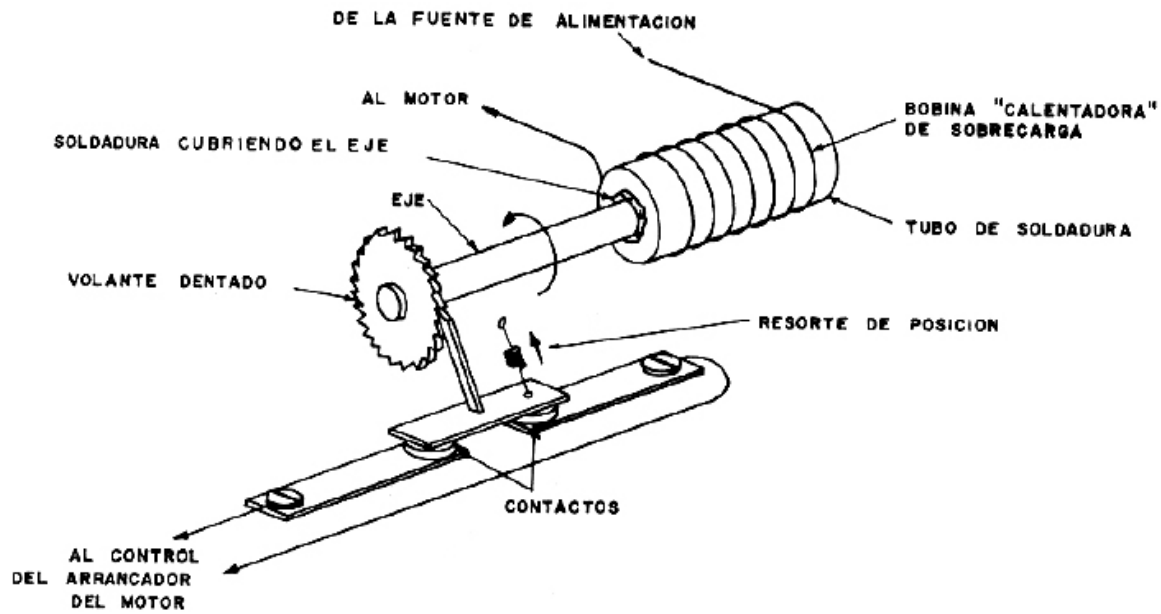


Fig.2.112 Diagrama esquemático de un relevador de sobrecarga.

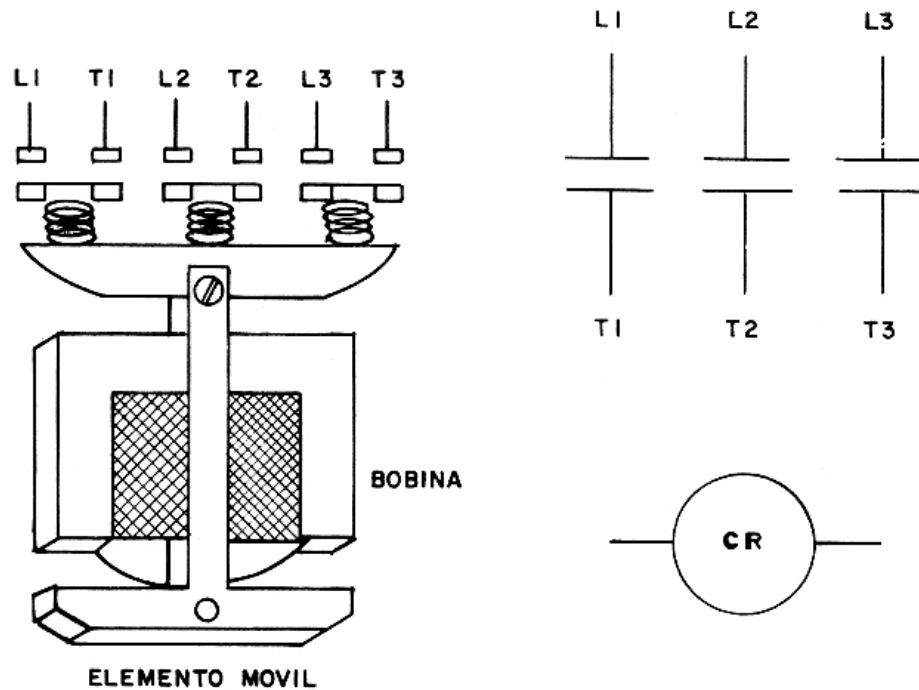


Fig.2.113 Relevador de control con tres contactos normalmente abiertos.

F. RELEVADORES TÉRMICOS Y FUSIBLES

Un relevador térmico es también conocido como un relevador de sobrecarga, es un dispositivo sensible a la temperatura, cuyos contactos abren o cierran cuando la corriente del motor excede a un límite preestablecido. La corriente circula a través de un elemento de calentamiento pequeño que alcanza la temperatura del relevador. Los relevadores térmicos son dispositivos de retardo de tiempo en forma inherente, debido a que la temperatura no puede seguir en forma instantánea a los cambios de la corriente.

G. CONTACTOS MAGNÉTICOS

Un contacto magnético es esencialmente un relevador de control grande que está diseñado para abrir y cerrar un circuito de potencia, posee un relevador de bobina que activa a un conjunto de contactos y se usan para controlar motores desde ½ HP hasta varios cientos de HP.

H. LÁMPARAS PILOTO

Las lámparas piloto se usan como elementos auxiliares de señalización para indicar posición de “dentro o fuera” de un componente remoto, en un sistema de control.

I. SWITCH (INTERRUPTOR) LÍMITE Y SWITCH INTERRUPTOR) DE TIPO ESPECIAL

Un switch límite es un switch de baja potencia que tiene un dispositivo de contacto tipo grapa,

cuya acción depende de la posición de un elemento mecánico, este elemento puede ser sensitivo a distintos tipos de señales como son la presión, la temperatura, el nivel de líquidos, la dirección de rotación, etc.

Algunos tipos de switch denominados especiales:

- Interruptor de flotador.
- interruptor de presión.
- Interruptor térmico.
- Relevadores de control de tiempo
- Interruptores de velocidad cero.

2.9.4 MANTENIMIENTO BÁSICO DE LOS CONTROLES ELECTROMAGNÉTICOS

Con un mantenimiento apropiado, se puede esperar una vida útil apropiada de los sistemas de control.

Como mantenimiento preventivo para el buen funcionamiento de los instrumentos de control se debe tener presente lo siguiente:

- Las principales causas que originan fallas en los sistemas de control son :La humedad, el aceite, el polvo y el desgaste de partes móviles.

Es por ello que debe proteger los sistemas de control contra la humedad y derrames de aceite, limpie los instrumentos de control con una brocha de cerdas suaves para eliminar el polvo y reemplace las partes que hayan sido desgastadas.

- Limpie constantemente los bornes del motor, con una brocha seca de cerdas suaves.
- Revise constantemente que no hayan tornillos flojos, elementos caídos, sucios o faltantes en el motor y en el tablero.
- Limpie los tableros y contactos de relevadores, en caso necesario.
- Revise constantemente el buen funcionamiento de las luces piloto y reemplace las luces dañadas.



2.9.5 MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Cuando realice la limpieza a los sistemas de control, desenergice el motor, tome las medidas que garanticen que sólo las personas que trabajan en la instalación o

mantenimiento del equipo puedan volver a conectarlo.

- Para informar a otros técnicos o usuarios de la instalación o mantenimiento, pueden emplearse letreros o etiquetas que debe pegar sobre los dispositivos protectores, o portafusibles. Estas etiquetas o letreros generalmente son de color rojo o amarillo.
- Cuando deba trabajar en las proximidades de partes de circuitos sometidas a tensión, tome las medidas necesarias que impidan un posible contacto con las mismas. (En la Norma VDE 0101 y VDE 0105 existen normas exactas sobre las aproximaciones permitidas a instalaciones sometidas a tensión).

2.10 EL CONTACTOR

Los contactores se emplean para el mando local o a distancia de máquinas de cualquier género. Sobre todo, se utilizan en los sistemas de mando en los que la potencia de acoplamiento y la frecuencia de maniobras plantean severas exigencias, por ejemplo, en máquinas herramientas y laminadores. El contactor resulta un elemento indispensable en la automatización, para el mando de las secuencias de trabajo.

En el desarrollo de la industria, fueron creados nuevas necesidades en las instalaciones eléctricas. La simple acción de abrir o cerrar un circuito mediante un interruptor manual, se hizo insuficiente; un contactor lo que en realidad hace es precisamente eso, pero secuencias de trabajo que pueden llegar a las 5,000 conexiones por hora, cosa imposible de realizar con un interruptor, manual. Los contactores pueden cortar intensidades de corriente del orden de 10 a 15 veces la intensidad nominal del aparato.

2.10.1 DEFINICIÓN DE CONTACTOR

El contactor es un aparato de corte con mando a distancia, que vuelve a la posición de reposo, cuando deja de actuar la fuerza que lo mantenía conectado, este puede ser:

- a) Un **contactor** propiamente dicho, cuando la posición de reposo corresponde a la apertura de sus contactos.
- b) Un **ruptor**, cuando la posición de reposo corresponde al cierre de sus contactos.

En ambos casos, el aparato debe preverse para maniobras frecuentes bajo carga y sobrecarga normales.

En lo que sigue, y mientras no se diga expresamente lo contrario, se hará referencia siempre al *contactor*, propiamente dicho, cuyo empleo en la industria está mucho más extendido, que el del ruptor definido anteriormente.

A continuación, se definen algunos conceptos del contactor:



Polo de un aparato.

Conjunto de elementos de un aparato que corresponden a un conductor de línea o de fase.



Contacto de reposo.

Contacto auxiliar de un aparato que tiene sólo una posición de reposo. Este contacto permanece cerrado, cuando el aparato está en su posición de reposo. También se llama *contacto de apertura*.



Contacto de cierre.

Contacto auxiliar de un aparato que tiene sólo una posición de reposo. Este contacto permanece abierto, cuando el aparato está en su posición de reposo. También se llama *contacto de cierre*.



Contacto de acción temporizada.

Aparato en el que la acción sucede cierto tiempo después del instante en el que se realizan las condiciones pretendidas para su funcionamiento. Se denomina también *contacto de acción diferida* o *contacto de acción retardada*.



Poder de ruptura.

Designa la mayor intensidad de corriente que un aparato es capaz de cortar bajo las condiciones de empleo dadas, sin deteriorarse. Para corriente monofásica se expresa por el valor eficaz de la

componente simétrica de la corriente y para corriente trifásica, por la media aritmética de los valores eficaces de las componentes simétricas de las corrientes en las diferentes fases.



Tensión de restablecimiento.

Valor de la tensión que aparece en los bornes del aparato de corte, después de la desconexión del circuito. Se expresa en valor eficaz. Para un contactor la tensión de restablecimiento es la diferencia existente entre la tensión nominal y la tensión, que puede subsistir entre los polos del contactor, inmediatamente después de la extinción del arco.

- 5) Pieza de conexión
- 6) Muelles de presión.
- 6a) Muelles.
- 7) Contactos principales móviles.
- 8) Contactos principales fijos.
- 9) Bornes principales.
- 10) Bornes de alimentación de la bobina.
- 11) Cámaras apagachispas.

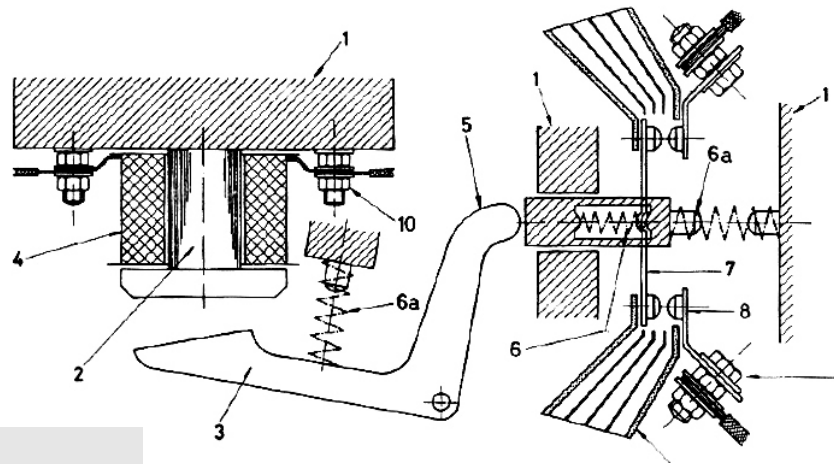


Fig.2.115 Representación esquemática de un contactor electromagnético.

2.10.2 PARTES Y FUNCIONAMIENTO DEL CONTACTOR

En todo contactor electromagnético, cabe distinguir los siguientes elementos constructivos:

- 1. Circuito magnético
- 2. Contactos
- 3. Resortes
- 4. Cámara de extinción.
- 5. Soporte.

A su vez, el circuito magnético esta constituido por tres elementos principales:

- a) Núcleo
- b) Armadura o martillo.
- c) Bobina

A. Partes de un contactor electromagnético:

- 1) Soporte.
- 2) Núcleo magnético.
- 3) Armadura.
- 4) Bobina

B. Partes de un contactor electromecánico:

- 1). Leva de accionamiento del interruptor fin de carrera FCC.
- 2) Leva de accionamiento del interruptor fin de carrera FCCD.
- 3) Engranaje de accionamiento.
- 4) Eje del servomotor, con tornillo sin-fin.
- 5) Armadura del relé de mínima RM.
- 6) Gatillo.
- 7) Palanca de accionamiento de la leva 8.
- 8) Leva de accionamiento de los contactos principales.

Aunque su accionamiento electromecánico es seguro, resulta complicado, por esta razón casi no se emplea, habiendo sido sustituido en la mayoría de los casos por el accionamiento electromagnético.

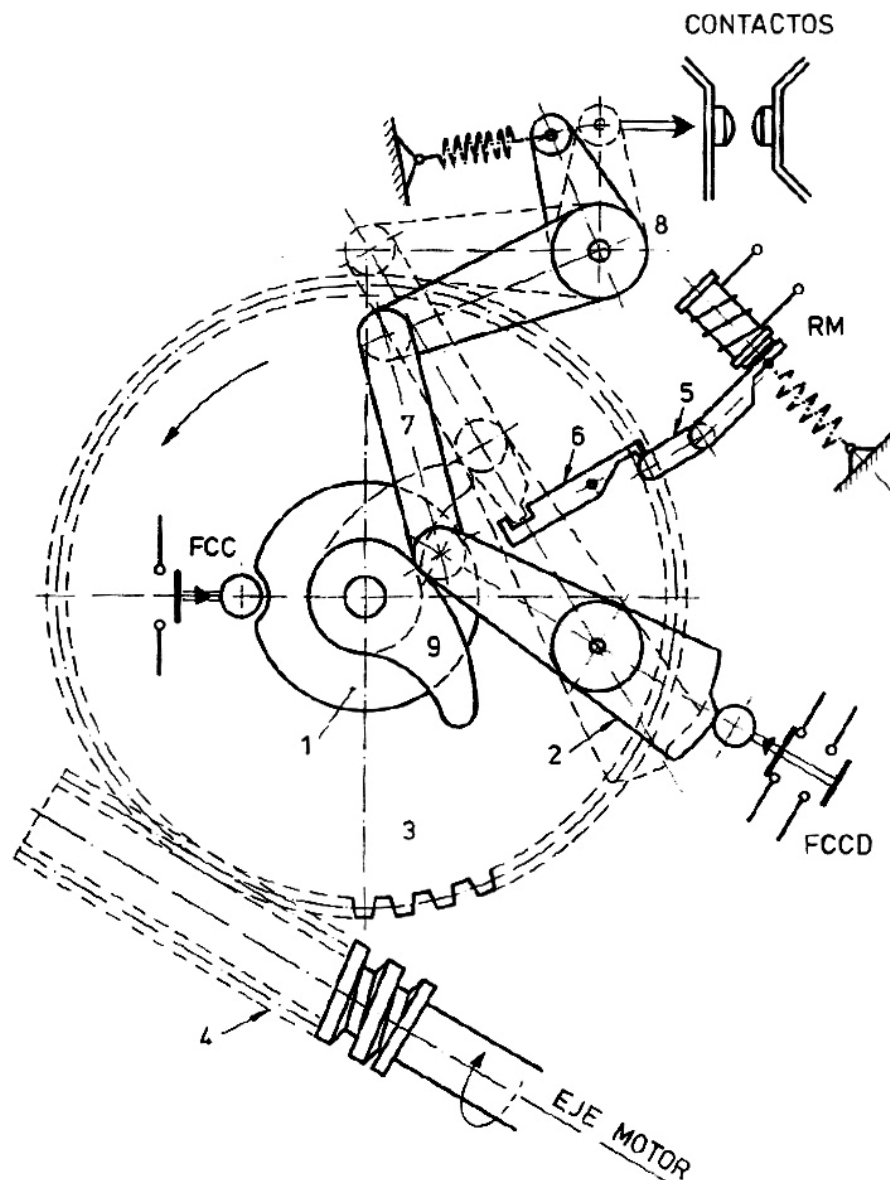


Fig.2.116 Mecanismo de cierre y disparo de un contactor electromecánico.

C. Estructura del contactor ACEC tipo K2C:

- | | |
|--|---|
| 1) Cámara apagachispas basculante y amovible | 5) Agujeros para fijación del contactor. |
| 2) Armadura de soplado de plancha. | 6) Soporte de hierro fundido |
| 3) Bobina de soplado magnético. | 7) Interruptores auxiliares. |
| 4) Contactos fijo y móvil con plaquitas de contacto de plata | 8) Dedos elásticos y regulables para mando de los interruptores auxiliares. |
| | 9) Resortes |
| | 10) Armadura móvil |

- 11) Conexiones flexibles en laminas, recubiertas de una funda completa
- 12) Bornes principales de conexionado.

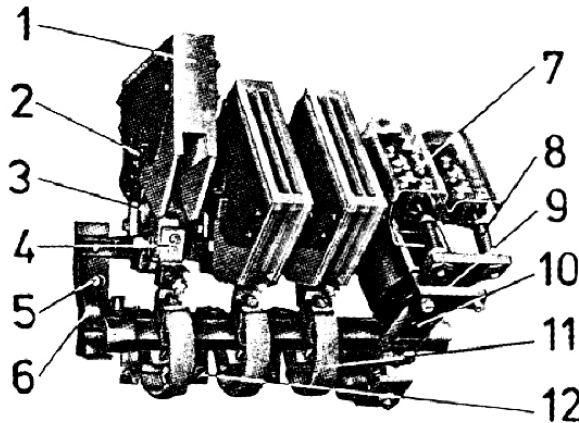


Fig.2.117 Estructura del contactor ACEC tipo K2C.

D. Estructura del contactor AGUT Tipo CK.

- 1) Contactos fijos y móviles de diseño especial, con plaquitas de contacto de plata-óxido de cadmio, soldados.
- 2) soporte de contactos fijos moldeado con material aislante, altamente resistente a las líneas de fuga.
- 3) Bobina completamente encapsulada para su completa protección mecánica y atmosférica.
- 4) Bornes para embornar pretinas y terminales.
- 5) Soporte de base metálico, con alojamiento en cada esquina para bloque de dos contactos auxiliares.
- 6) Extintores de arco De-ion, alojados en tapa frontal moldeada con material aislante, altamente resistente al arco.
- 7) Bornes tipo mordaza, de gran capacidad y fácilmente accesibles.
- 8) Soporte portacontactos móviles y portamartillo, moldeado con material aislante altamente resistente al arco.
- 9) Circuito magnético en forma de U y con entrehierro fijo.

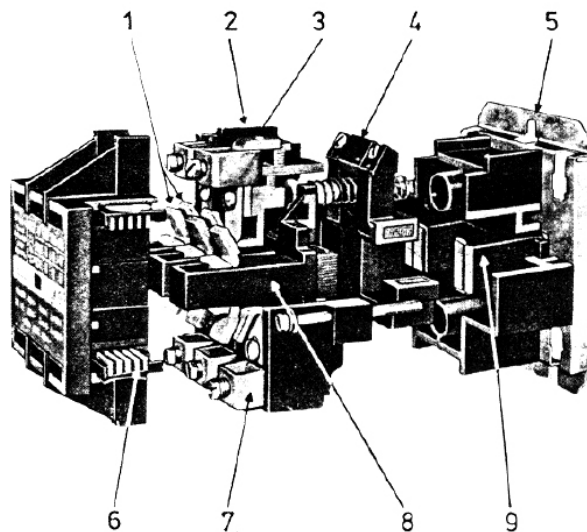


Fig.2.118 Estructura del contactor AGUT Tipo CK.



El núcleo es una pieza de chapa magnética, si la alimentación se realiza con corriente alterna, o de hierro dulce, si se efectúa con corriente continua; se encuentra en el interior de la bobina y al ser excitado por esta, atrae a la armadura, construida con el mismo material del núcleo y destinada a transmitir el movimiento a los contactos. La bobina está construida por un carrete, sobre el que se arrollan varias espiras de hilo esmaltado, que al ser recorridas por la corriente eléctrica, crean el flujo magnético capaz de imantar al núcleo.

Los contactos son las piezas encargadas de realizar la función principal del contactor, es decir, abrir y cerrar circuitos eléctricos; se puede decir que constituyen la parte del contactor. En un mismo aparato se pueden distinguir dos clases de contactos:

- *Contactos principales*, destinados a abrir y cerrar los circuitos principales o de potencia.
- *Contactos auxiliares*, empleados para lograr diversas combinaciones entre aparatos y cuya función es secundaria respecto a los contactos principales, éstos son de menor tamaño, ya que están destinados a abrir y cerrar circuitos de mando, señalización, etc. es decir, circuitos auxiliares.

Los contactos auxiliares pueden ser de reposo o normalmente cerrados, que permanecen abiertos cuando los contactos principales están cerrados, y de trabajo o normalmente abiertos, que permanecen cerrados cuando los contactos principales están también cerrados.

Tanto los contactos principales como los auxiliares, pueden ser contactos fijos, si están solidarios al soporte

y contactos móviles, arrastrados por la armadura en su movimiento. Los resortes regulan las presiones de los contactos móviles sobre los contactos fijos y consiguen la apertura brusca del contactor, cuando se desexcita la bobina. Las cámaras de extinción o cámaras apagachispas, allí quedan alojados los contactos, de forma que el arco producido por la corriente de ruptura, es alargado por la cámara, dividido y finalmente extinguido. Se denomina soporte, al conjunto de dispositivos mecánicos que permiten fijar entre sí, las diferentes piezas que constituyen el contactor y a este, en su lugar de trabajo.

En la siguiente figura se muestra el mecanismo de cierre y de disparo de un contactor electromecánico. El eje 4 del motor, provisto de tornillo sin-fin, hace girar la corona dentada en el sentido de la flecha la cual, arrastra en su movimiento a las levas 1 y 9, esta última actúa sobre la leva 2, que impulsa la palanca 7 y hace girar la leva 8, que cierra los contactos.

El extremo de 7 queda encastrado en el gatillo 6, siendo necesario para que vuelvan al estado de reposo, que la palanca-armadura del relé RM actúe sobre dicho gatillo, disparándolo.

2.10.3 TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DEL CONTACTOR

Los contactores se pueden clasificar según distintos criterios:

A. Por el tipo de accionamiento:

1) *Contactores electromagnéticos:*

Si el accionamiento se debe a la fuerza de atracción de un electroimán.

2) *Contactores electromecánicos:*

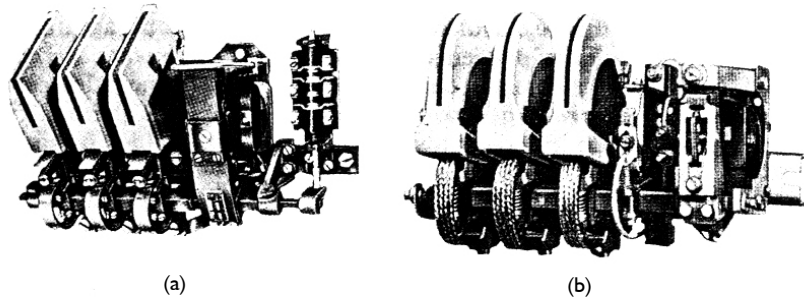
Si el accionamiento se realiza por medios mecánicos (resortes, balancines, etc.)

3) Contactores neumáticos:

Cuando son accionados por la presión de un gas (nitrógeno, aire, etc.).

4) Contactores hidráulicos:

Cuando la fuerza de accionamiento procede de un líquido, que puede ser agua, aceite, etc.



B. Por la disposición de sus contactos:

1. Contactores al aire:

En los que la ruptura se produce en el seno del aire.

2. Contactores al aceite:

En los que la ruptura tiene lugar en el seno de un baño de aceite. Los contactores al aceite permiten mayores intensidades, a igualdad de tamaño de los contactos, que los contactores al aire, debido al efecto refrigerante del aceite. Además, tanto los contactos como el arco quedan a resguardo del ambiente exterior. Pero en estos contactores, los contactos se desgastan rápidamente, el aceite debe renovarse periódicamente, necesitan mayor mantenimiento, etc. Todos estos inconvenientes hacen que, actualmente el empleo de estos contactores, esté limitado a casos muy especiales, utilizándose universalmente los contactores al aire, anteriormente definidos.

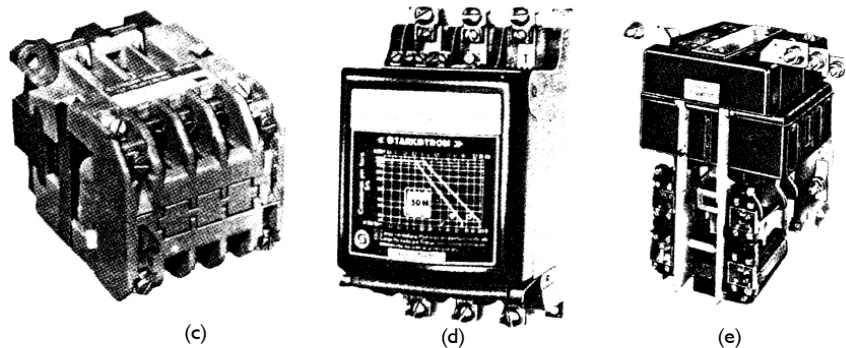


Fig.2.119 Diversos tipos de contactores existentes.

- a) Contactor ACEC, serie K, para 100 A.
- b) Contactor AGUT, tipo CG 43, para 65 A
- c) Contactor English-Electric tipo MC3 para 12 A.
- d) Contactor Starkstrom tipo DLS 100, para 100 A.
- e) Contactor Klockner-Moeller tipo DIL, para 500 A.

C. Por la clase de corriente:

- 1) Contactores de corriente continua.
- 2) Contactores de corriente alterna.

D. Por los límites de tensión:

1) Contactores de baja tensión:

Hasta 1,000 V.

2) Contactores de alta tensión:

A partir de 1,000 V.

Tanto los contactores neumáticos como los hidráulicos, constan esencialmente, de émbolos que comprimen un resorte que, al dispararse, accionan los contactos instantáneamente. En ambos tipos de contactores deben preverse fuentes auxiliares neumáticas o hidráulicas, respectivamente, que resultan prohibitivas económicamente, en instalaciones con limitado número de contactores; además, los accesorios necesarios (depósitos de aire comprimido o de líquido, tuberías, etc.) hacen estos aparatos complicados y voluminosos. Por estas razones, los contactores neumáticos e hidráulicos apenas se emplean actualmente.

En lo que se refiere a los contactores electromecánicos, estos disponen de un **servomotor** que carga un resorte que es el que finalmente cierra los contactos. El desenganche de los contactos se

realiza de forma parecida. El accionamiento por servomotor no presenta tantos inconvenientes, como el accionamiento por medios neumáticos o hidráulicos.

La fuente auxiliar de energía es eléctrica y está a disposición de cualquier empresa industrial. Pero el volumen sigue siendo excesivo para las actuales tendencias, de reducir el espacio al mínimo posible, y mecánicamente, aun es demasiado complicado para resultar económico. Este sistema es el accionamiento preferido para los interruptores automáticos de gran potencia, con mando a distancia, pero en el caso de los contactores, estos solamente se emplean en instalaciones de gran potencia.

Por su relativo interés, a continuación se describen brevemente los fundamentos del mando electromecánico de contactores.

El sistema eléctrico de estos aparatos, funciona de la siguiente forma:

En la siguiente figura se expresa el esquema de conexionado correspondiente al motor de accionamiento, que se alimenta a través de dos contactos conmutadores del relé auxiliar de cierre.

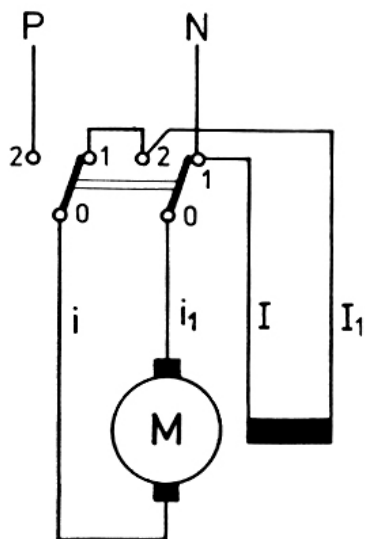


Fig.2.120 Esquema de conexionado del servomotor de un motor electromecánico.

En la posición de reposo (0-1), independientemente, de si los contactos principales están o no conectados, los devanados inductor (I_1) e inducido (i_1) se encuentran conectados en oposición y en cortocircuito, como muestra la figura siguiente.

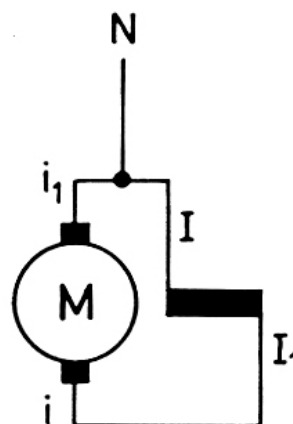


Fig.2.121 Posición de reposo del servomotor de un contactor electromecánico.

En la posición de marcha (0-2), acción de conectar, ambos devanados quedan conectados en serie, como en la siguiente figura. El mando se realiza, por ejemplo, mediante pulsadores.

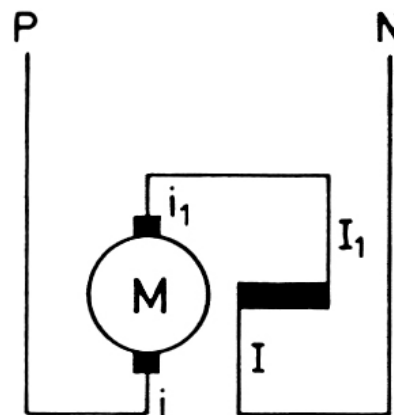


Fig.2.122 Posición de marcha del servomotor de un contactor electromecánico.

En la parte superior de la siguiente figura se representa el esquema de funcionamiento del relé auxiliar de cierre. En la posición del contactor abierto, el contacto

FCCD (fin de carrera conexión-desconexión) accionado por la leva 2, mantiene cerrado el circuito (1-2). Al pulsar sobre PC (pulsador de cierre), se excita el relé RAC, que pone en marcha el motor; este hace girar la leva 1, del contacto FCC, que cierra su circuito (1-2) y el relé se autoalimenta a través de su propio contacto. Al cerrarse el contactor, la leva 2, libra el interruptor de fin de carrera FCCD, que abre su circuito (1-2) dejándolo mantenido por su propio circuito de autoalimentación, con el objeto de que realice un giro completo de 360° y vuelve a su posición inicial, quedando dispuesto para una nueva conexión.

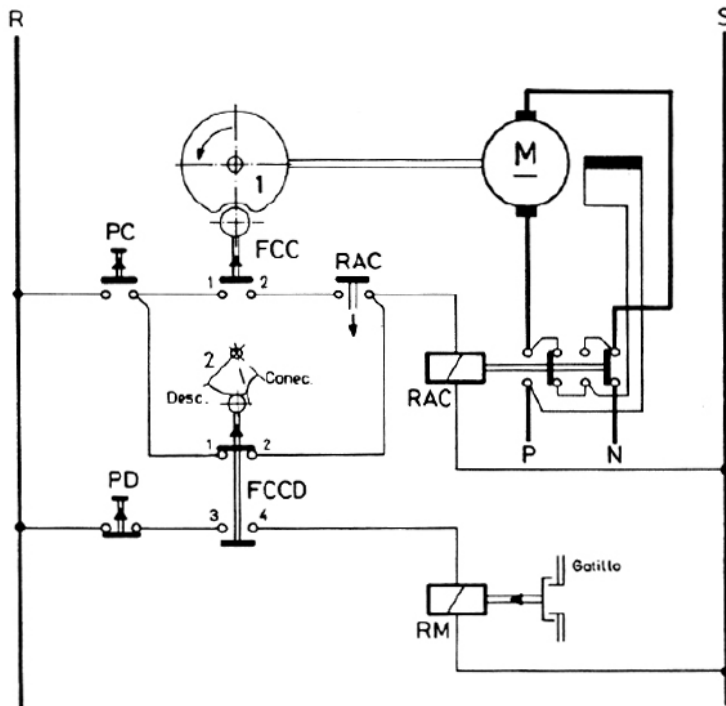


Fig.2.123 Esquema de funcionamiento del relé auxiliar de cierre de un contactor electromecánico.

La desconexión se efectúa por medio de un relé de mínima RM, que actúa sobre un gatillo que dispara el juego de palancas que mueve el eje de contactos. Cuando el contactor se halla desconectado, el final de carrera FCCD cierra su circuito (3-4) excitado RM. Bien por mínima tensión o por falla de ella, desconecta y el resorte actúa sobre el gatillo, provocando el disparo del contactor. Para la desconexión manual se dispone de un pulsador PD, que corta el circuito de alimentación del relé.

2.10.4 MANTENIMIENTO BÁSICO DEL CONTACTOR

En la instalación, realice una comprobación inicial, para asegurarse de lo siguiente:

1. Para los contactores suministrados sin caja, debe comprobarse que la parte móvil no haya sido torcida y desplazada y además, extraiga cualquier cuerpo extraño que hubiera podido introducirse entre los contactos, en el entrehierro del circuito magnético, etc.
2. Para los contactores suministrados con caja o en armario, debe comprobar si estos elementos de protección corresponden al ambiente donde deban instalarse los contactores.
3. Compruebe la perfecta sujeción de la bobina, pues las vibraciones a que pueda estar sometida, influyen negativamente sobre el funcionamiento del contactor.

Si los contactores han sido bien elegidos, su funcionamiento es satisfactorio y no necesitan ninguna atención especial durante largos periodos de tiempo, sin embargo se incluyen algunas recomendaciones de tipo general.

- 1) Engrase periódicamente las bisagras, las tuercas y los tornillos de cierre.



2) Compruebe el buen estado de los dispositivos de estanqueidad y la calidad de las juntas.

3) Compruebe el perfecto estado de los prensaestopas y el relleno de las botellas terminales de los cables de alimentación.

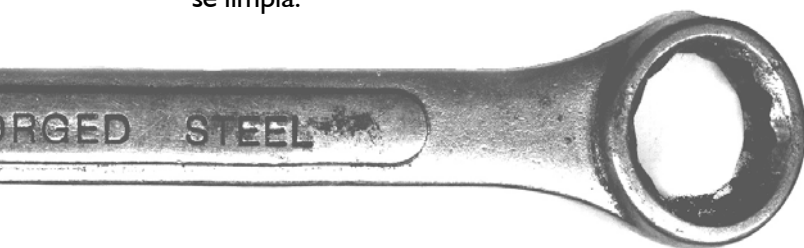
4) Compruebe el estado de la pintura.

5) Cuando se tenga la seguridad de que ha producido una condición anormal de funcionamiento (sobre carga importante o prolongada, cortocircuito, sobretensión, etc.) o el aparato haya sufrido sacudidas o vibraciones prolongadas o después de cualquier accidente ocasional, resulta imprescindible realizar una revisión completa del contactor o del equipo de contactores.

6) Los circuitos magnéticos se ajustan en fábrica y no debe efectuarse en ellos ninguna manipulación. Solamente se realizará una limpieza periódica de las superficies polares, para eliminar cualquier partícula que hubiera podido interponerse entre ellas y ser causa de retardo en la desconexión del contactor, e incluso, hacer que quede pegado. Para proceder a la limpieza emplee una pieza de tela que esté algo desgastada, para no rayar dichas superficies.

7) Limpie el contactor de polvo y suciedad, empleando un cepillo de cerdas blandas.

8) Elimine la grasa y otras suciedades procedentes de salpicaduras, emplee disolventes apropiados, cuidando de no empapar la pieza que se limpia.



9) Evite la oxidación de las superficies polares, no debe aplicar nunca aceite, sino limpiarlas periódicamente.

10) Los contactos principales se ajustan en fábrica y el usuario no debe efectuar ninguna manipulación en ellos durante la puesta en marcha. Para conseguir una duración mecánica de los contactos, estos deben estar ajustados en todo momento, para ello revise periódicamente, para que cumplan las condiciones siguientes:

- a) Los contactos deben conectar y desconectar simultáneamente. Si un contacto conecta con retraso con respecto a los restantes, es él quien abre y cierra el circuito y por consiguiente, se desgasta mas rápidamente que los demás.
- b) Aunque la presión de contactos viene regulada de fábrica, debe reajustarse si los resortes viejos han perdido sus características iniciales, debido al calentamiento, oxidación, etc.
- c) Si las superficies del contacto se alteran, deben limpiarse mediante suave lijado con lija muy fina. *Los contactos de plata no deben lijarse nunca*, ya que por ser conductora, la capa de óxido que se forma en su superficie, no es perjudicial, por esto no es necesario eliminarla mediante lijado, ya que solo conseguiría reducir su grueso útil y por consiguiente, la vida de la pieza de contacto.
- d) Cambie las piezas de contacto cuando observe la desaparición de la parte activa conductora.

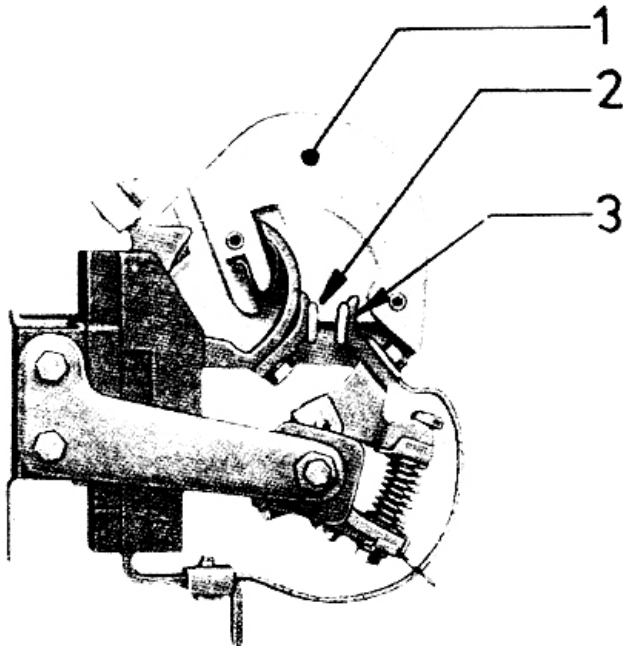


Fig.2.124 Contactor Agut: 1. Cámara de ruptura.
2. Contacto fijo. 3. Contacto móvil.



2.10.5 MEDIDAS DE SEGURIDAD

■ Para la puesta en servicio, inicial es necesario ante todo, atenerse estrictamente a las normas preventivas de accidentes para la seguridad personal, debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- 1) Revise que los contactores sean realmente los que necesita.
- 2) Revise que los contactores incluyan esquemas e instrucciones de servicio.
- 3) No efectúe maniobras en circuito aun no controlados.

- 4) No manipule en un circuito si no se tiene completa seguridad de que en el ó en los próximos, no existe tensión.
- 5) Para las comprobaciones, deben emplearse instrumentos y herramientas aisladas y en perfecto estado.
- 6) No maniobrar manualmente los contactores bajo tensión, estas maniobras deben realizarse siempre por medio de sus propios órganos de accionamiento.

■ La puesta en servicio debe realizarse según un programa basado en el estudio de los esquemas y en el conocimiento del funcionamiento y de las limitaciones de los contactores. Realice las siguientes operaciones:

- 1) Accione los contactores sin tensión, probándolos a mano, para comprobar que los movimientos están libres de impedimento y que la presión de los contactos es adecuada.
- 2) Compruebe que las regulaciones de los relés de protección y los fusibles, corresponden a los motores protegidos.
- 3) Compruebe que las secciones de los cables de alimentación, corresponden a las normalizadas, para las potencias de los motores accionados por los contactores.
- 4) Compruebe que sea correcto el paso de conductores de entrada y salida, así como su conexión a los bornes correspondientes.
- 5) Compruebe que las cámaras de extinción de arcos estén en posición de trabajo, antes de la puesta en marcha de los contactores correspondientes.

2.11 ACCESORIOS AUXILIARES

En la denominación de aparatos auxiliares de maniobra y mando se incluyen aquellos elementos que normalmente van asociados a los contactores y otros elementos principales de mando, que actúan como órganos auxiliares de mando en la instalación.

2.11.1 DEFINICIÓN DE ACCESORIOS AUXILIARES

Son elementos utilizados en los circuitos eléctricos que muestran el estado de éstos, o simplemente indican alguna maniobra que se debe realizar o se ha realizado, así como de los problemas que pueden surgir en el circuito, tanto de mando como de potencia.

Por lo general, los aparatos auxiliares están montados directamente sobre la máquina o dispositivo a controlar y constituyen los órganos de detección de las órdenes, las cuales dependen a su vez, de la voluntad del operador, de la variación de una magnitud física, de la posición de un móvil, etc.

Para cada función existen numerosos modelos, de forma que puedan responder a los múltiples casos y aplicaciones que se presentan en la industria.

Como están expuestos a los choques, a las proyecciones de líquidos y a los ambientes polvorientos, estos elementos deben elegirse y montarse cuidadosamente, ya que muy frecuentemente, la seguridad de la instalación depende de su buen funcionamiento.

2.11.2 TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE ACCESORIOS AUXILIARES

De una manera general, se puede decir que los aparatos auxiliares de maniobra y mando se pueden dividir en dos grandes grupos.

Aparatos para mando provocado, muy frecuentemente manual (pulsadores, conmutadores, combinadores, etc.)

Aparatos para mando automático (contactos de mando mecánico, interruptores de boyra, termostatos, etc.). En una primera clasificación, los elementos auxiliares se agruparán de la forma siguiente:

- Elementos de mando manual.
- Elementos de mando automático.
- Elementos de señalización.

Es indispensable señalar cualquier estado de funcionamiento de los elementos de mando y control de los equipamientos eléctricos, así como el estado de funcionamiento del mismo equipamiento; para conseguirlo se recurre a dispositivos de señalización.

Estos pueden ser:

- De señalización acústica.
- De señalización óptica.
- De señalización luminosa.

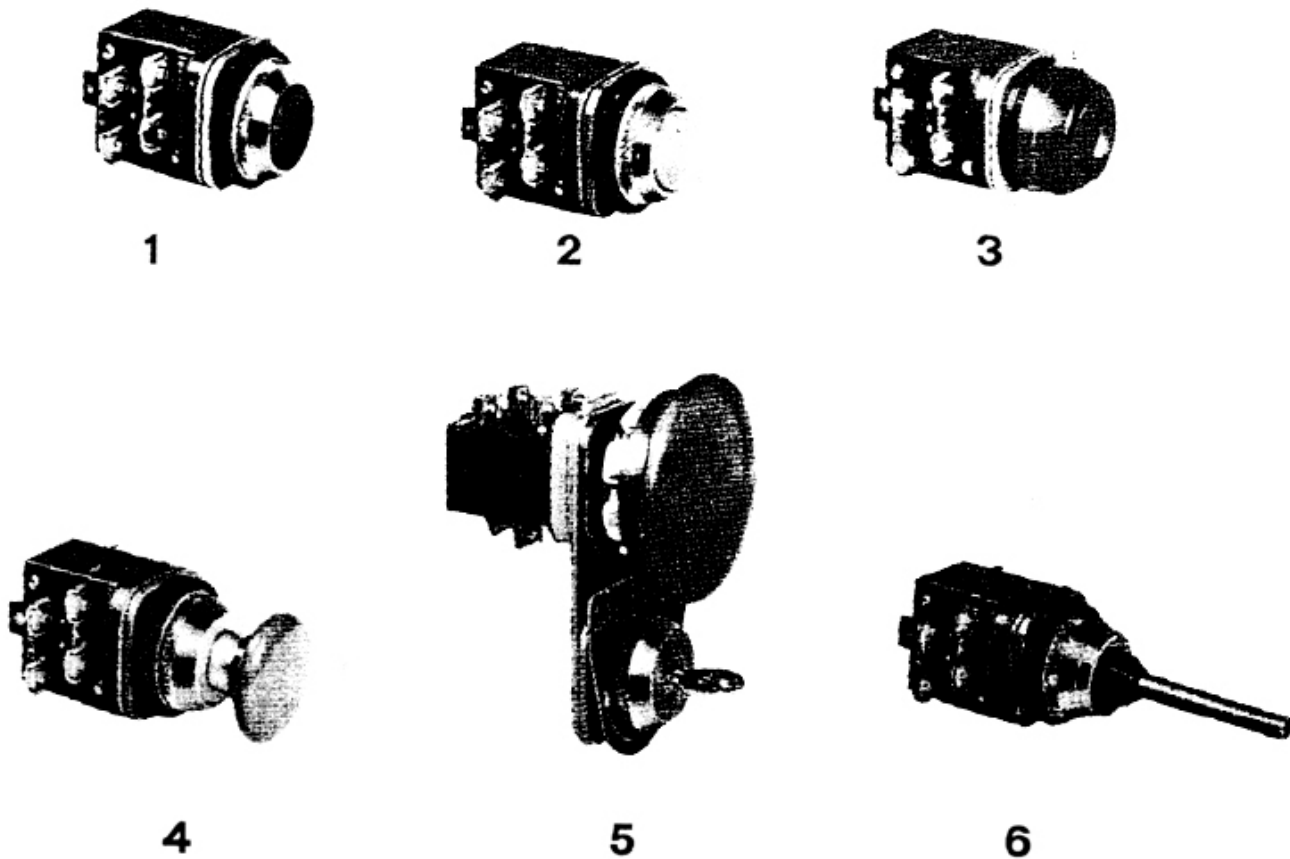


Fig.2.125 Distintos tipos de pulsadores para mando por impulsos.

- (1) De cabeza rasante.
- (2) De cabeza saliente
- (3) Con capuchón de protección.
- (4) De cabeza de seta
- (5) De enclavamiento con llave
- (6) De mando por varilla.

A. LUCES PILOTO

Son elementos de señalización óptica, consiste en encender una bombilla piloto, ya sea de incandescencia, de neón o de Led, para evidenciar un estado o la puesta en marcha de algún

receptor, así como el disparo de un relé térmico, etc. En algunos casos el empleo de Led permite tener tres colores en un sólo elemento: rojo (seccionador cerrado), verde (seccionador abierto), y ámbar (seccionador en posición intermedia).

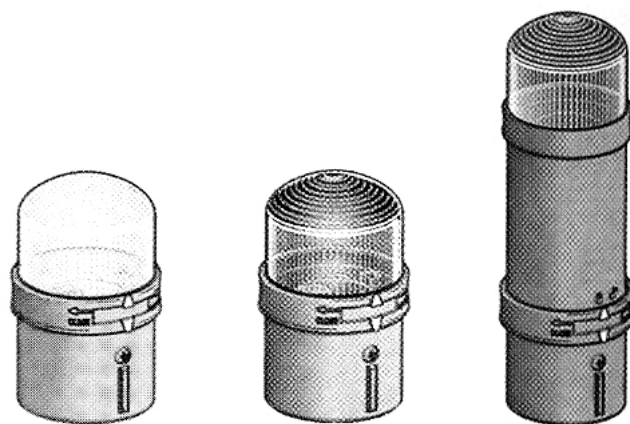


Fig.2.126 Ejemplo de luces piloto.

- 1) Lámparas de incandescencia, alimentada a plena tensión.
- 2) Lámpara con atmósfera de gas (neón, argón, xenón, etc.), alimentada a plena tensión.
- 3) Lámpara de incandescencia montada en serie con una resistencia.
- 4) Lámpara de incandescencia o de gas, alimentada por un transformador. Un pequeño transformador permite la utilización de lámparas resistentes a los choques y vibraciones, alimentadas a la tensión de 6 V. El cambio de lámpara es fácil y se efectúa con toda seguridad, por el hecho de la baja tensión de alimentación.

Tabla.2.5 Colores normalizados para lámparas y pulsadores y significado.

Color	Significado	Aplicaciones
Rojo	Accionamiento en caso de peligro	Paro de emergencias Extinción de incendios
	Paro (OFF)	Paro general, paro de algún motor, paro de partes de alguna máquina, desconexión de algún aparato de mando, rearme combinado con función de paro.
Amarillo	Intervención	Intervención para interrumpir condiciones anómalas o no deseadas.
Verde	Marcha (ON)	Marcha general, arranque de motores, arranque de partes de máquinas, conexión de aparatos de mando.
Azul	Otras condiciones no cubiertas anteriormente	En algunos casos podrá darse a este color un significado especial.
Negro Gris Blanco	No tienen ningún significado especial.	Se podrán usar para cualquier significado, a excepción de pulsador de paro.

Los sistemas de luces piloto empleados, actúan por medio de lámparas, alimentadas a plena o baja tensión y cuyo color y estado (apagada-encendida), indica el estado de funcionamiento del pulsador. Entre estos dispositivos se pueden citar:

B. BOTONERAS

Las **botoneras** o **pulsadores** se emplean para la maniobra de contactores y combinaciones de ellos, para abrir o cerrar circuitos auxiliares para señalización, para el mando de relés, etc.

En la figura siguiente se muestra esquemáticamente la estructura de un pulsador; consta esencialmente de dos elementos principales.

1. Botón pulsador.
2. Cámara de contactos.

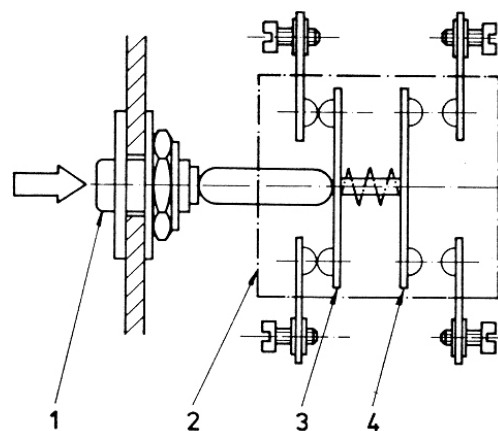


Fig.2.127 Constitución de un pulsador.

Al accionar el *botón pulsador o cabeza de pulsador* (1), este actúa sobre el *vástago de la cámara de contactos* (2), que es mecánicamente solidaria con contactos de apertura (3) o de cierre (4), situados en el interior de dicha cámara, realizándose de esta forma, las operaciones de mando previstas.

Las cajas de pulsadores o botoneras son unidades de mando empotrables. Según la función que realizan, se dividen en:

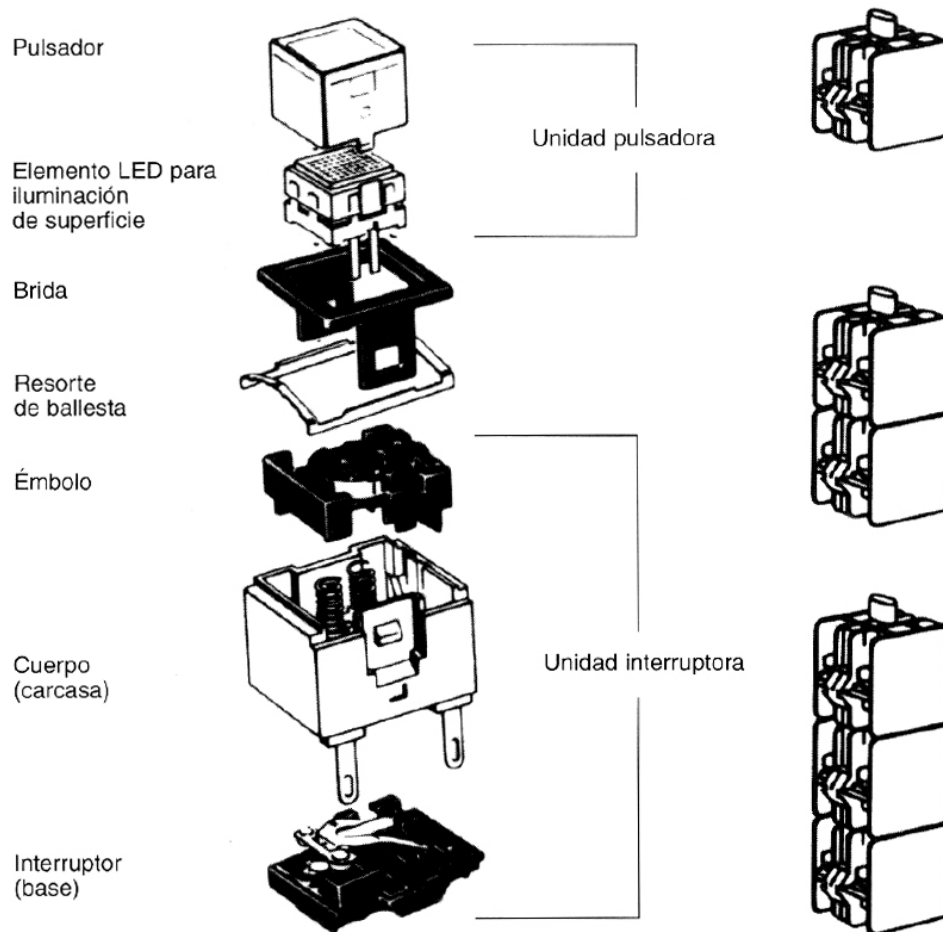


Fig.2.128 Constitución de un pulsador (Catalogo OMRON)

- a) Las que sólo conectan y desconectan durante el impulso, y posteriormente, vuelven a su posición inicial contactos momentáneos).
- b) Los que quedan en posición activada cuando se acciona la cabeza de mando (contactos mantenidos o de enganche). Precisan de una segunda intervención para anular la anterior. Son en realidad, interruptores.

Las cajas de pulsadores se usan en maniobras con contactores para abrir o cerrar circuitos auxiliares, para el mando de relés, para señalización, etc. En la figura anterior se aprecia la constitución de un pulsador consta básicamente de:

- 1) Un botón de pulsador.
- 2) Una cámara de contactos.

Al accionar el botón pulsador éste actúa sobre los contactos, cambiándolos de posición: los abiertos pasarán a la posición de cerrados y los cerrados a la posición de abiertos.

Las botoneras atendiendo a las condiciones de mando, pueden ser:

- 1) Eléctricas
- 2) Mecánicas
- 3) De montaje
- 4) Ambientales.

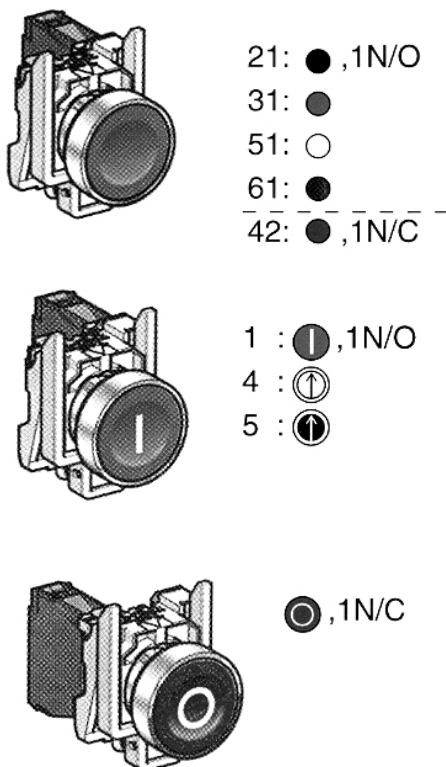


Fig.2.129 Tipos de botoneras.

Según las condiciones eléctricas de mando (arranque, parado, cambio de giro, etc.) se clasifican por las posibilidades de las cámaras de contactos, pudiendo estar constituida cada cámara, por dos contactos abiertos (NO), dos contactos cerrados (NC) o un contacto abierto y un contacto cerrado, a veces resulta necesaria la unión mecánica de varias cámaras, el accionamiento de todas ellas a la vez, se consigue por medio de un vástago accionado por la cabeza del pulsador, la figura siguiente muestra diferentes combinaciones posibles de contactos.

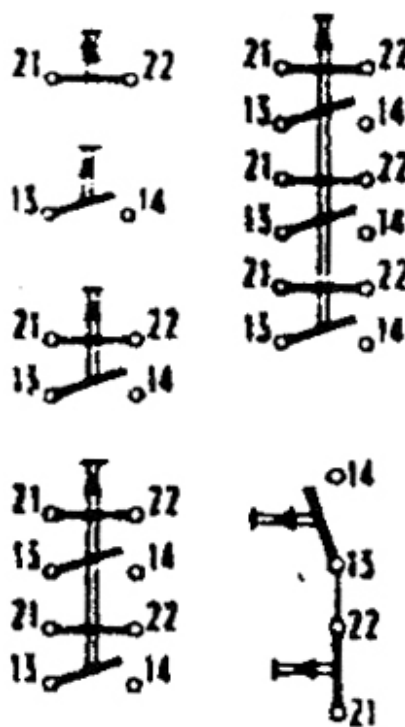


Fig.2.130 Combinaciones de contactos accionados por un solo pulsador (Catálogo Klockner-M.).

Atendiendo a las condiciones mecánicas de mando, estas pueden ser a su vez:

- 1) Salientes: se recomienda manejarlos con guantes.
- 2) Rasantes: evitan cualquier maniobra inesperada.
- 3) De seta: intervención rápida, se suelen usar para activar paradas de urgencia (para evitar accidentes).

- 4) De varilla: se pueden accionar en cualquier sentido.
- 5) Con capuchón: se usan en ambientes polvorientos (fundición, cementeras, obras, etc.).

Por las condiciones de montaje se pueden clasificar en:

- 1) Colgantes: suelen gobernar máquinas de elevación.
- 2) Salientes: a menudo en cajas de pulsadores.
- 3) Empotrados: suele ser en placas empotradas.
- 4) En fondo de panel.
- 5) Manipuladores: estos pulsadores aseguran en un sólo tiempo el mando de numerosos equipos (máquinas herramientas, aparatos de elevación, etc.).

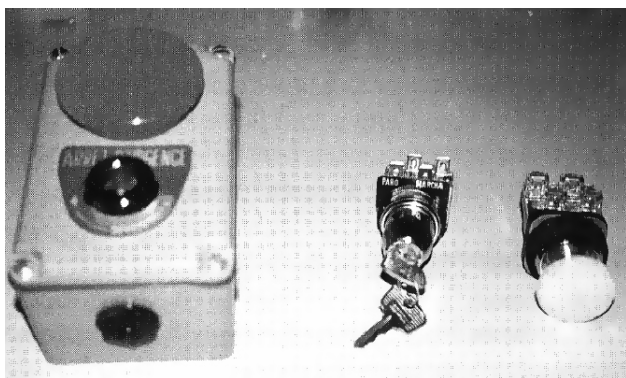


Fig.2.131 Sistemas de montaje de los pulsadores.

Teniendo en cuenta las condiciones ambientales, las botoneras se instalan de acuerdo a la siguiente clasificación:

- 1) Cajas aislantes: para interiores y actividad normal.
- 2) Fundición de hierro: para interiores y servicio pesado.

- 3) Construcciones especiales: para actividades a la intemperie (para proteger las botoneras de la lluvia, rayos solares, polvo, etc)
- 4) Antideflagrantes: están contruidos para soportar actividades propias de ambientes inflamables.

Dispositivos de señalización para pulsadores

A los pulsadores pueden incorporarse diversos dispositivos de señalización, para indicar su estado de funcionamiento: pulsador parado o en marcha, primera o segunda velocidad, conexión en estrella o en delta del circuito principal. De una manera general, estos dispositivos de señalización, pueden dividirse en dos grupos:

- a) Señalización óptica
- b) Señalización luminosa.



Placas para pulsadores luminosos

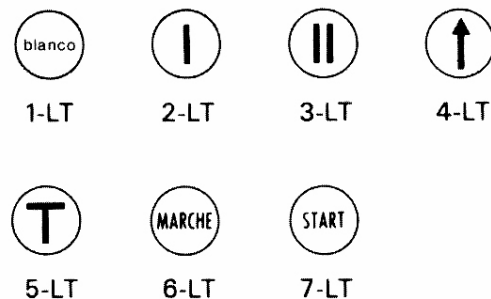


Fig.2.132 Indicaciones ópticas.

Los dispositivos de señalización óptica pueden realizarse de dos formas diferentes:

- 1) Por medio de discos indicadores adheridos sobre los propios pulsadores, con diferentes marcas y colores, según la función a cumplir por el pulsador, y su estado de funcionamiento. Cuando se trata de discos de colores, se reservan los colores rojo y negro para indicar el estado de reposo, y el verde para el estado de marcha; si se trata de marcas, la "O" es para el estado de reposo y la "I" para el de marcha; además existen otras marcas para indicar conexión en estrella o en delta, diferentes marchas (indicadas con I, II, etc.), refrigeración, frenado, etc. En la siguiente figura, se muestran algunos de estos discos de señalización, así como su montaje en los pulsadores.

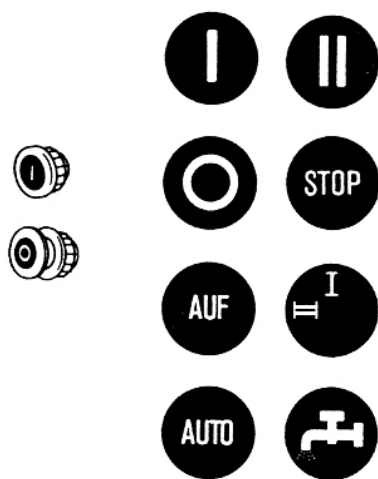


Fig.2.133 Discos de señalización óptica para pulsadores.

Por medio de placas indicadoras situadas fuera del botón pulsador, pero en la caja, panel, etc., de los que forma parte. En la figura siguiente se representan algunas de estas placas indicadoras y su forma de montaje sobre el pulsador.

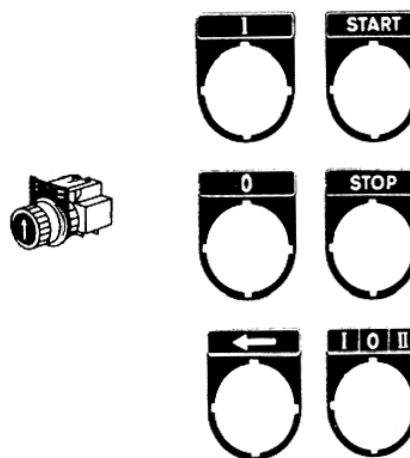


Fig.2.134 Placas de señalización óptica para pulsadores.

C. COMBINADORES

Se utilizan los combinadores para el mando semiautomático, en varios tiempos de los aparatos de elevación (tornos, puentes grúas, etc.).

Gracias a los múltiples contactos de que disponen, gobiernan el arranque, la aceleración y el frenado de los motores.

Están diseñados para que se manejen manualmente, mediante giros de palancas y manivelas. Su aplicación principal es en el campo del mando y control de aparatos elevadores (grúas, montacargas, etc.).

Por sistema de mando se dividen los combinadores en:

- 1) Mando de uno, dos, etc., combinadores mediante palanca. La maniobra se realiza con la ayuda de una palanca o de una maneta tipo pistola.
- 2) Mando de combinadores mediante pedales. Suelen ser de impulso o enganche y están destinados al mando a través de contactores de máquinas herramientas (bobinadoras, esmeriladoras, taladradoras, prensas, soldadoras, etc.). Se usan preferentemente cuando el operario tiene las dos manos ocupadas.

3) Mando de combinadores mediante **servomotor**. Este tipo de mando se utiliza para el gobierno a distancia de los arranques o regulaciones automáticas de velocidad, controladas por el relé, o como programador en los equipos automáticos que repiten las secuencias de maniobra.

4) Mando de combinadores mediante llaves. La apertura o cierre de contactos se realiza con una llave, mediante un giro elemental de 90°. Este tipo de mandos evita posibles accionamientos de operarios no autorizados.

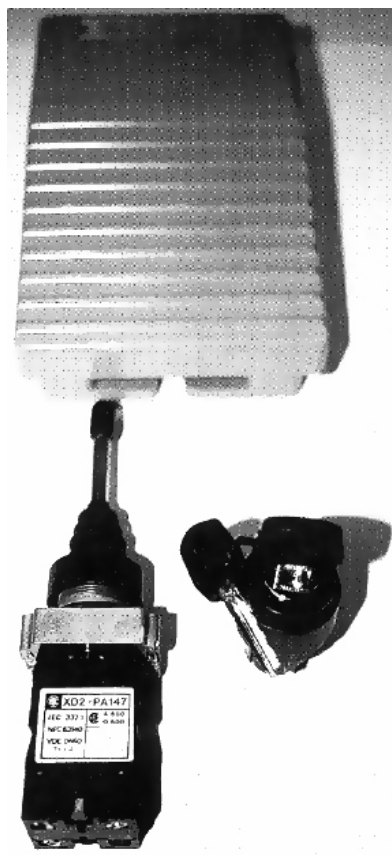


Fig.2.135 Tipos de mandos especiales.

Los equipos combinadores de mando se diseñan para:

- 1) Mandos de regulación.
- 2) Mandos de arranque con regulación.

Por su construcción se dividen en:

- 1) **Combinadores de segmentos:** Están constituidos por una serie de segmentos interconexiónados eléctricamente y dispuestos

sobre un cilindro rotativo de tal forma que pueden realizar, según la posición de este, las conexiones necesarias entre los dedos de contactos fijos.

- 2) **Combinadores de mando de levas:** en este caso también existe un tambor giratorio, pero estos combinadores se

diferencian del anterior, en que dicho tambor está constituido por el apilamiento de una serie de levas construidas con material aislante, las cuales actúan mecánicamente sobre una serie de contactos móviles, abriendo y cerrando circuitos.

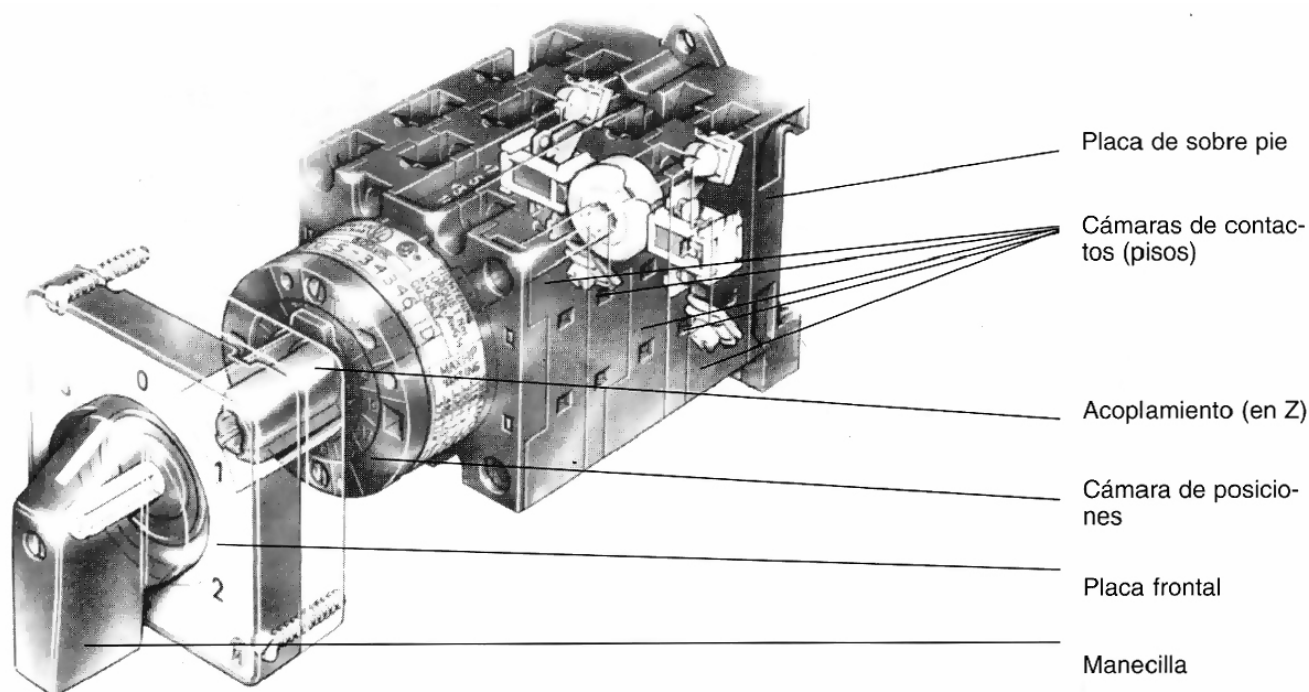


Fig.2.136 Combinador de mando de levas.

D. SEÑALES SONORAS (ACÚSTICAS)

Se suelen realizar con timbres, sirenas y zumbadores. Indican situaciones de funcionamiento peligrosas.

2.11.3 CONSERVACIÓN DE ACCESORIOS AUXILIARES

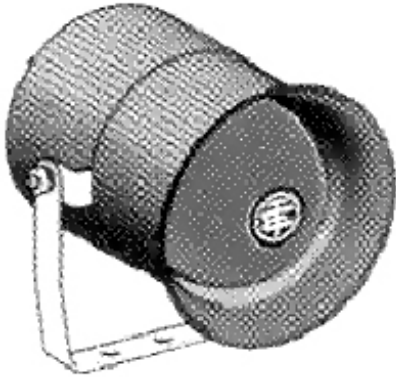


Fig.2.137 Sirena.

Se debe realizar mantenimiento preventivo a los accesorios, registrando los distintos elementos de la instalación eléctrica, con el fin de establecer su renovación cuando sea necesario.

Realice el mantenimiento preventivo en elementos en los que se haya detectado anomalías. También efectúe limpieza, medidas y cambios de elementos deteriorados o en los que se prevea una probable avería.



2.11.4 MEDIDAS DE SEGURIDAD

El mantenimiento preventivo a los accesorios se hará, siempre que sea posible, con la instalación desconectada, es decir, sin tensión. Por tanto, en el caso de una empresa industrial este trabajo se hará aprovechando las paradas de producción o en un día festivo.

2.12 CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE UN CONTACTOR PARA CIRCUITOS ELECTROMAGNÉTICOS

Para la elección de un contactor, con vistas a una aplicación determinada, se han de tener en cuenta dos criterios:

- 1) Criterios de construcción del fabricante.
- 2) Criterios de utilización, que se refieren al usuario.

Los criterios de construcción más importantes, son los siguientes:

- 1) Calentamiento
- 2) Duración (mecánico y eléctrico)
- 3) Poder de ruptura y poder de conexión.
- 4) Cualidades dieléctricas.

	Criterios de construcción	Criterios de utilización
1	Calentamiento	Corriente de servicio
2	Duración	Clase de servicio
3	Poderes de ruptura y conexión	Categoría de servicio
4	Cualidades dieléctricas	Tensión de servicio.

Relación entre los criterios de construcción y de utilización que se han mencionado.

A continuación, se estudiarán separadamente los criterios citados anteriormente. Para comprender el sentido de estos párrafos, es necesario definir previamente los conceptos de corriente nominal térmica y de corriente de servicio, aplicados a los contactores.

Se denomina **corriente nominal térmica**, a la corriente que pueden soportar los contactores principales de un contactor durante 8 horas, en ausencia de **arcos de ruptura**, permaneciendo dentro de los límites fijados por el calentamiento. Las corrientes nominales térmicas están normalizadas, según se expresa en la siguiente tabla, y también se denominan calibres.

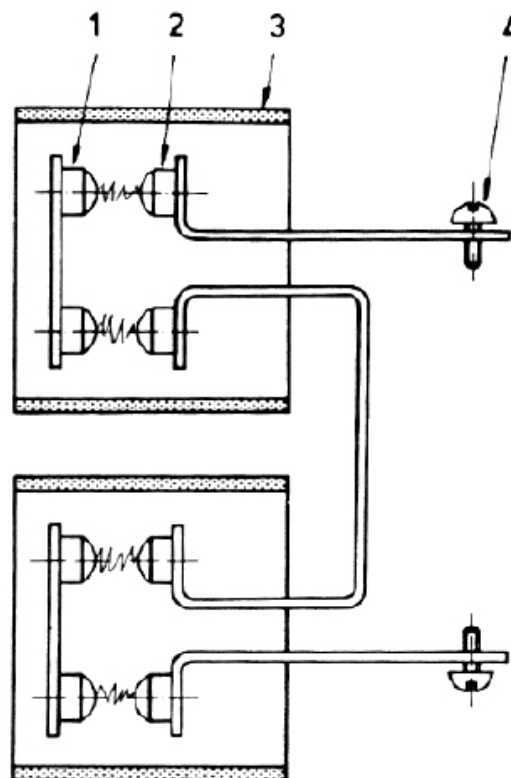


Fig.2.138 Contactor capaz de soportar arcos de ruptura.
(1) Contacto móvil (2) Contacto fijo (3) Soporte meta
(4) Tornillo de fijación

6	20	63	250	800	2500
8	25	80	315	1000	3150
10	32	100	400	1250	4000
12	40	16	500	1600	6300
16	50	200	630	2000	800

Intensidades normalizadas (calibres) para contactores.

Nota:

Se emplean preferentemente los valores con negrita.

La **corriente de servicio** es la corriente máxima que puede controlar un contactor en las condiciones de utilización fijadas por las exigencias del servicio, respondiendo a los imperativos (poderes de ruptura y de conexión, calentamiento, etc.) definidos por la Norma o establecidos por el constructor, para una determinada aplicación.

a) Una corriente nominal térmica, intrínsecamente relacionada con el contactor y fijada por el constructor, de acuerdo con los valores normalizados de la tabla anterior.

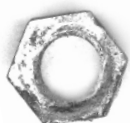
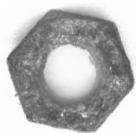
b) Varias corriente de servicio, que dependen de las condiciones de carga.

contactos, antes de que sea necesario revisar o reemplazar las partes mecánicas. El valor que expresa la duración mecánica supone un mantenimiento normal y un ajuste de las partes mecánicas (sin reparación ni reposición), cada décima parte del número total de maniobras. A continuación, se exponen en una tabla las duraciones mecánicas mínimas para contactores, prescritas por las Normas alemanas VDE.

Aparato clase	Duración mecánica de maniobras	Ejemplos de aparatos
C1	10^5	Conmutadores manuales Presostatos Grandes contactores Contactores en aceite
C3	3×10^5	Conmutadores manuales Contactores en aceite Contactores al aire
D1	10^6	Contactores en aceite
D3	3×10^6	Contactores al aire Contactores auxiliares de mando
E1	10^7	Contactores para servicio intermitente Contactores especiales

Duración mecánica de los contactores.

En lo que respecta a la duración o vida de los contactores, hay que distinguir entre duración mecánica y duración eléctrica; en todos los casos, se hace referencia a los contactos principales del contactor.



La **duración mecánica** es el número de m a n i o b r a s (conexión + desconexión) que puede afectar un contactor, sin corriente en los

La **duración eléctrica** es el número de maniobras (conexión + desconexión) que puede efectuar un contactor, con corriente en los contactos, antes de que sea necesario revisar o reemplazar los contactos. Como puede suponerse, la duración eléctrica de un contactor es inferior a su duración mecánica, ya que ahora deben tenerse en cuenta además, los efectos en los contactos de los arcos de ruptura. La duración eléctrica depende de la carga y de la categoría de servicio, pero en todos los casos, los contactos deben resistir, sin reparación ni reposición, 1/20 del número de maniobras correspondiente la duración mecánica del contactor.

A. Frente a un determinado problema a resolver, se debe considerar lo siguiente:

- a) La naturaleza del dispositivo a maniobrar (resistencia, motor de jaula o de anillos, inductancia, condensador, transformador, horno de inducción, etc.).
- b) La naturaleza de la corriente (corriente continua o alterna), los valores de la tensión y de la intensidad.
- c) El número de maniobras por hora y el factor de marcha (ED).
- d) El régimen transitorio de cierre del circuito, que implica a veces, puntas de intensidad muy importantes.
- e) La naturaleza del ambiente al que están expuestos los contactores (temperatura ambiente particularmente elevada, atmósfera salina o corrosiva, clima tropical). Ahora bien, al utilizar el contactor como aparato de maniobra, resulta que sus polos son muy raramente atravesados, en servicio continuo, por intensidades constantes. El contactor está generalmente sometido a ciclos de cierre, en el curso de los cuales los polos son atravesados por intensidades variables, seguidos de tiempos de reposo.

B. Clasificación de los contactores según el tiempo de conexión (pasando corriente por los contactos).

Desde el punto de vista del usuario (criterio de utilización), la clase de servicio de un contactor caracteriza las posibilidades de éste, en lo que se refiere a los siguientes puntos.

- a) Frecuencia de maniobras (número de maniobras por hora)
- b) Robustez mecánica.

c) Duración de los contactos.

De acuerdo con estas consideraciones previas, las Normas para contactores establecen cuatro clases de servicios para estos aparatos:



1. Empleo permanente interrumpido.

Empleo durante el cual, los contactos principales pueden permanecer cerrados durante un tiempo ilimitado. Siendo recorridos por su corriente de utilización. El contactor permanece conectado sin interrupción, por tiempo indefinido, superior a 8 horas, siendo recorridos los contactos principales, por la corriente de servicio.



2. Empleo de 8 horas.

Empleo durante el cual, los contactos principales del contactor pueden permanecer cerrados durante un tiempo suficiente, para alcanzar el equilibrio térmico, pero que no sobrepase las ocho horas, sin interrupción. Al final de este tiempo el contactor debe haber efectuado al menos una desconexión en carga.



3. Empleo temporal.

Empleo durante el cual los contactos principales del contactor pueden permanecer cerrados (estando recorridos por la corriente de utilización), durante un tiempo insuficiente, para que el circuito principal haya alcanzado el equilibrio térmico, seguido de un tiempo de reposo suficiente, para que el circuito principal se enfríe, hasta adquirir la temperatura ambiente. En servicio temporal se consideran valores normales (VDE) de 10, 30, 60, 90 minutos.





4. Empleo Intermitente.

Este servicio, presenta periodos de trabajo y de reposo, de duración constante y definida, es decir, ciclos de trabajo iguales, compuesto cada uno de ellos por un tiempo de conexión y un tiempo de desconexión, siendo insuficiente la duración de cada tiempo, para que el circuito principal alcance el equilibrio térmico.

Para la clasificación de los aparatos, dentro del empleo intermitente y según el número de maniobras que pueden efectuar en una hora, se establecen las cinco clases de usos siguientes:

Clase 0.1:	Número de maniobras por hora ≤ 12
Clase 0.3:	Número de maniobras por hora ≤ 30
Clase 1:	Número de maniobras por hora ≤ 120
Clase 3:	Número de maniobras por hora ≤ 300
Clase 10:	Número de maniobras por hora $\leq 1,200$

2.12.1 FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE UN CONTACTOR PARA CIRCUITOS ELECTROMAGNÉTICOS

Dado que para un mismo número de maniobras por hora, las condiciones de uso del contactor son diferentes, según el tiempo de duración de la conexión y desconexión, cada una de las clases de servicio anteriores se subdivide a su vez en cuatro regímenes de marcha (ED), expresada en tanto por ciento, cuyo cálculo se expresa a continuación:

$$\text{Factor de marcha (ED) en \%} = \frac{\text{Tiempo de marcha}}{\text{Ciclo completo}} * 100 =$$

$$\text{Ciclo completo} = \text{tiempo de marcha} + \text{tiempo de frenado.}$$

En la tabla siguiente se indican los factores de marcha a considerar en cada una de estas cinco clases de uso.

FACTOR DE MARCHA	CLASE 0.1 CICLO COMPLETO 600 seg. = 10 minutos		CLASE 0.3 CICLO COMPLETO 120 seg. = 2 minutos		CLASE 1 CICLO COMPLETO 24 seg.		CLASE 3 CICLO COMPLETO 6 seg.		CLASE 10 CICLO COMPLETO 3 seg.	
	Marcha seg.	Paro seg.	Marcha seg.	Paro seg.	Marcha seg.	Paro seg.	Marcha seg.	Paro seg.	Marcha seg.	Paro seg.
60%	360	240	72	48	14.4	9.6	3.6	2.4	1.8	1.2
40%	240	360	48	72	9.6	14.4	2.4	3.6	1.2	1.8
25%	150	450	30	90	6	18	1.5	4.5	0.75	2.25
15%	90	510	18	102	3.6	20.4	0.9	5.1	0.3	2.7

Fig.2.139

Factores de marcha en cada una de las cinco clases de uso.

2.12.2 TABLAS DE CÁLCULO DE UN CONTACTOR PARA UN CIRCUITO ELECTROMAGNÉTICO

Atendiendo a los valores de las corrientes a establecer o cortar en funcionamiento normal, se consideran las categorías de servicio que se indican en la siguiente tabla. Estas categorías de servicio vienen representadas por unas aplicaciones perfectamente definidas del aparato, que se resumen a continuación.

Categorías	Aplicaciones características
AC 1	Cargas inductivas o débilmente inductivas, hornos de resistencias.
AC 2	Arranque de motores de anillos, inversión de marcha (1).
AC 3	Arranque de motores de jaula de ardilla, corte a motor lanzado.
AC 4	Arranque de motores de jaula de ardilla, inversión de marcha (1). Marcha a intermitencias.
DC 1	Cargas no inductivas o débilmente inductivas, hornos de resistencias.
DC 2	Arranque de motores shunt, corte lanzados.
DC 3	Arranque de motores shunt, inversión de marcha (1). Marcha a intermitencias (2).
DC 4	Arranque de motores serie, corte de motores serie lanzados.
DC 5	Arranque de motores serie, inversión de marcha (1). Marcha a intermitencias (2).

Categorías del aparato según las aplicaciones.

(1) Por inversión de marcha se entiende el frenado o inversión rápida del sentido de rotación del motor, permutando las conexiones de alimentación cuando éste esté en funcionamiento.

(2) Por marcha a intermitencias, se entiende el efectuar varios cierres breves y frecuentes del circuito de un motor, con la finalidad de obtener un pequeño desplazamiento del órgano correspondiente.

NOTA: La aplicación de los contactores en los circuitos rotóricos o en circuitos capacitivos, se clasifica en servicios especiales.

Además, se ha de hacer resaltar que, en el funcionamiento de un contactor, cabe distinguir tres períodos distintos:

- Número de la conexión.
- Tiempo de trabajo conectado en servicio normal.
- Momento de la desconexión.

Para una misma intensidad en servicio normal, designada como I_n , puede suceder que, tanto la corriente en el momento de establecerse la conexión, designada como I_k , como la corriente de apertura I_c , sean iguales o muy superiores a la corriente nominal.

Las posibles relaciones entre estos tres valores (I_n , I_k , I_c) quedan reflejados en las cuatro clases de servicio que pueden presentarse.

Al escoger el tipo de aparato más adecuado para una determinada aplicación, deberá considerarse la categoría del mismo, de acuerdo con la clasificación de las tablas siguientes, para corriente alterna y continua, respectivamente.

CATEGORIA	CIERRE			APERTURA			APLICACIONES CARACTERÍSTICAS
	I_k	U_n	$\cos \varphi_k$	I_c	U_c	$\cos \varphi_c$	
AC1	I_n	U_n	0.95	I_n	U_n	0.95	Cargas no inductivas o débilmente inductivas. Hornos de resistencias.
AC2	$2.5 I_n$	U_n	0.65	$2.5 I_n$	U_n	0.65	Arranque de motores de anillos. Inversión de marcha(I).
AC3	$6 I_n$	U_n	0.35	I_n	$0.17 U_n$	0.35	Arranque de motores de jaula, corte de motores lanzados.
AC4	$6 I_n$	U_n	0.35	$6 I_n$	U_n	0.35	Arranque de motores de jaula. Inversión de marcha(I) Marcha a intermitencias.

Fig.2.140 Para corriente alterna.

CATEGORIA	CIERRE			APERTURA			APLICACIONES CARACTERÍSTICAS
	I_k	U_k	L/R	I_c	U_c	L/R	
DC1	I_n	U_n	1	I_n	U_n	1	Cargas no inductivas o débilmente inductivas. Hornos de resistencia.
DC2	$2.5 I_n$	U_n	2	I_n	$0.10 U_n$	-	Arranque de motores shunt, corte de motores shunt lanzados.
DC3	$2.5 I_n$	U_n	2	$2.5 I_n$	U_n	2	Arranque de motores shunt, inversión de marcha(II), Marcha a intermitencias(II).
DC4	$2.5 I_n$	U_n	7.5	I_n	$0.30 U_n$	10	Arranque de motores serie, corte de motores serie lanzados.
DC5	$2.5 I_n$	U_n	7.5	$2.5 I_n$	U_n	7.5	Arranque de motores serie, inversión de marcha(II), marcha a intermitencias.

Fig.2.141 Para corriente continua

REALIZAR INSTALACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS UTILIZANDO MANDOS ELECTROMAGNÉTICOS DE ACUERDO A NORMAS DE CALIDAD ESTABLECIDAS

2.13 PROCESO DE CONEXIÓN DE CIRCUITOS

A. Mando por interruptor de posición mantenida

Comúnmente llamado de 2 hilos, porque 2 cables unen el contactor con el elemento de mando (1) (2) (interruptor). Según su posición, el interruptor abre o cierra el circuito de alimentación de la bobina del contactor. En el caso de un mando automático la puesta en marcha, puede efectuarse en cualquier instante. En posición “marcha” si hay un corte en la red de alimentación, la instalación se para, reanudándose de nuevo cuando la alimentación en la red se restablece.

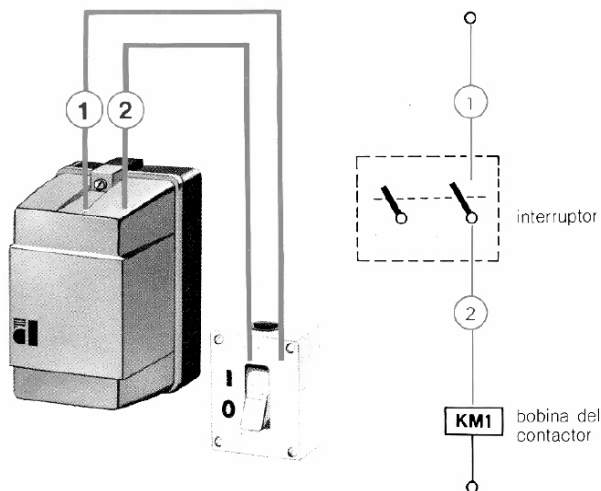


Fig.2.142 Esquema de mando.

B. Mando por 2 pulsadores “marcha” y “parada” de impulsión y de retorno automático.

Comúnmente llamado mando de 3 hilos, porque generalmente 3 cables unen el contactor con el elemento de mando (caja de pulsadores) (1) (2) (3).

Es un sistema que necesita un contacto de auto-alimentación, indicado con las referencia 13-14 en los esquemas.

Funcionamiento de circuitos electromagnéticos: Un impulso sobre el pulsador “marcha”, excita al contactor y cierra el contacto KM1, manteniendo a la bobina en tensión, un impulso sobre el pulsador “parada”, corta el círculo; el contactor queda desexcitado, toma su posición de reposo y abre el contacto KM1.

Para su nueva puesta en marcha, es necesario dar un impulso al pulsador “marcha”.

En estas condiciones, si hay un corte en la red de alimentación, la instalación se para.

Es preciso dar una nueva orden de marcha, después de que la alimentación en la red se ha restablecido.

Este sistema de mando, evita todos los riesgos de arranques inesperados de las máquinas, que representan un peligro para el personal.

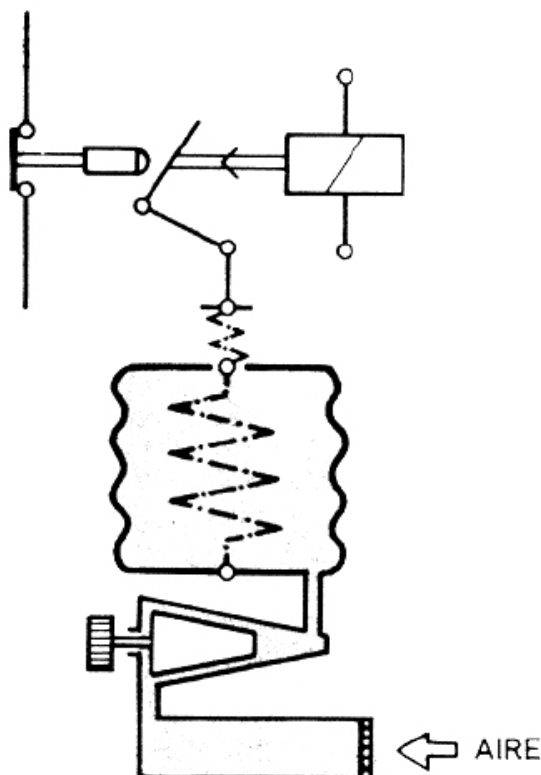


Fig.2.143 Esquema de mando.



2.13.1 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Este sistema de mando debe prescribirse de junta, para las máquinas que representan un peligro para el personal (riesgos de arranques inesperados y accidentes graves). Por ello es importante que realice lo siguiente:

- Cuando limpie y realice mantenimiento, desconecte el motor de la red, para evitar accidentes graves.
- Realice pruebas de paro en el circuito de corte en la red de alimentación, periódicamente, así estará seguro que el circuito responderá eficientemente en caso de accidentes.



2.13.2 PROTECCIÓN AMBIENTAL

Para que los circuitos de mandos electromagnéticos se conserven en buen estado y buen funcionamiento, tome en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Limpie y proporcione mantenimiento básico al equipo y herramienta utilizada.
- Limpie y ordene el área de trabajo.
- Almacene adecuadamente el equipo, herramienta y material utilizado.

REALIZAR INSTALACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS UTILIZANDO MANDOS AUTOMÁTICOS, DE ACUERDO A NORMAS DE CALIDAD ESTABLECIDAS

2.14 EL RELÉ

Es un protector que corresponde a la corriente, reacciona ante la corriente de sobrecarga del motor, y se localiza normalmente en forma externa al motor, a menudo retirado a cierta distancia. Puede funcionar como dispositivo de interrupción de línea o como dispositivo de control del circuito, usado para activar alarmas o circuitos interruptores.

La protección del motor contra el sobrecalentamiento, la proporcionan los elementos sensores, al detectar la corriente de línea del motor, la temperatura interna del motor, o ambas. Se puede proporcionar más de un tipo de protección, la selección depende de las causas probables de sobrecalentamiento, el tamaño del motor, la distancia entre el motor y su control, las variaciones de la temperatura ambiente, el tipo de carga y el grado de protección deseado.

2.14.1 DEFINICIÓN DE RELÉ

Es un dispositivo (que puede ser eléctrico, mecánico, neumático, etc.), accionado por una variación en las características de funcionamiento de otros dispositivos (eléctricos, mecánicos, etc.), en el mismo circuito eléctrico o en otro u otros circuitos eléctricos distintos. El relé es un aparato destinado a producir modificaciones repentinas predeterminadas, en uno o varios circuitos de salida cuando se cumplen ciertas condiciones, en los circuitos de entrada.

En la figura siguiente, se representa un interruptor de potencia, cuya conexión se efectúa a mano; al cerrar dicho interruptor queda sujeto por un trinquete

solidario, a la armadura de un relé y en estado de tensión mecánica, debido a la acción del muelle antagonista. En este caso, el relé está constituido por una bobina con algunas espiras de pletina de cobre, atravesada por toda la corriente del circuito, es decir, conectada en serie con este circuito.

En condiciones normales, la corriente atraviesa el relé, resulta insuficiente para que la fuerza atractiva de éste atraiga la armadura, pero si se presenta una sobrecarga, es decir, una corriente anormal de elevado valor, la bobina del relé atrae a la armadura, se suelta el trinquete solidario a ésta y el interruptor, por efecto del muelle antagonista en tensión, se desconecta de la línea; de esta forma se protege el circuito contra la sobrecarga.

2.14.2 PARTES Y FUNCIONAMIENTO DE UN RELÉ

El relé con temporización neumática, consta esencialmente, de tres partes principales:

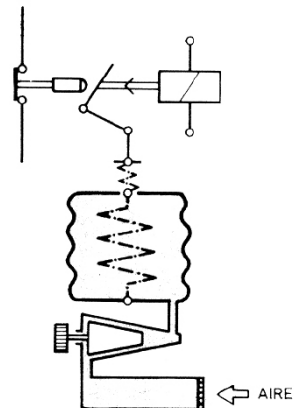


Fig.2.143 Principio de funcionamiento de un relé con temporización neumática.

- 1) Un *Temporizador neumático*, que comprende un filtro por donde penetra el aire comprimido, un vástago de latón en forma de cono, solidario con un tornillo de regulación para el paso de aire, un fuelle de goma y un resorte situado en el interior del fuelle. El tornillo de regulación asegura la regulación progresiva de la temporización.
- 2) Una *Bobina electromagnética* para corriente continua o alterna, según los casos.
- 3) Un juego de *contactos* de ruptura brusca y solidarios al temporizador neumático por medio de un juego de levas y palancas.

El relé presentado a continuación es de retardo a la desconexión. El sistema más extendido es el relé con disposición constructiva parecida a la de un contactor, es decir, mediante un electroimán y una serie de contactos, abiertos o cerrados, solidarios a la armadura de aquél.

Pero existen también otros modelos, para aplicaciones especiales, entre los que cabe destacar los relés estáticos. Su funcionamiento es el siguiente: cuando se desexcita la bobina, el contacto solidario con ella tarda cierto tiempo en soltarse, debido a la acción del temporizador neumático. Al soltarse este contacto, actúa sobre un microrruptor, que desconecta el circuito mandado.

El conjunto se encierra en una cubierta, que deja accesibles solamente los bornes de contacto y el tornillo de regulación y se monta sobre una base-soporte. En la figura siguiente puede apreciarse la disposición exterior de un relé con temporización neumática.

La temporización puede ser a la excitación o a la desexcitación de la bobina o combinando ambos efectos. En este último caso, el relé lleva dos cabezas independientes de temporización, una para retardar la excitación, otra para retardar la desexcitación, cada una de estas cabezas tiene su propia regulación.

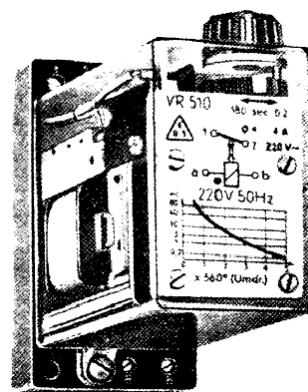


Fig.2.144 Relé con temporización neumática de Dold und.

A. Estructura del Relé ACEC de corriente continua para tensión nominal hasta 600 voltios y corriente nominal de 10 A.

- 1) Base rígida de fijación del relé.
- 2) Armadura fija.
- 3) Borne de conexión.
- 4) Bloque de contactos auxiliares.
- 5) Tornillo de ajuste.
- 6) Bobina de atracción.
- 7) Tornillo de ajuste del entrehierro.
- 8) Armadura móvil.

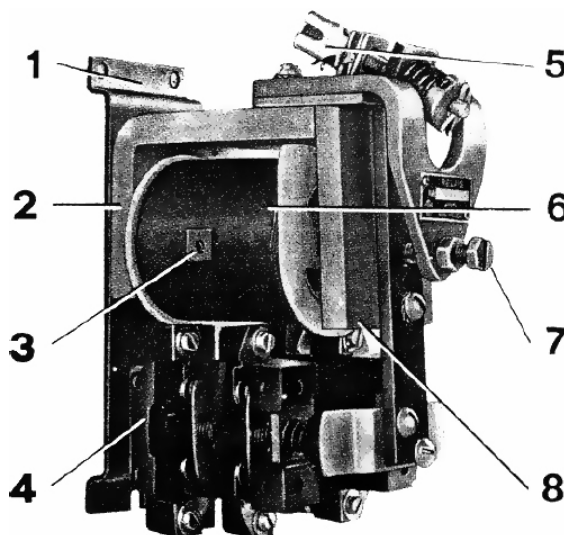


Fig.2.145 Estructura del relé de mando ACEC.

B. Diversos tipos de Relés con temporización magnética.

- 1) Culata
- 2) Núcleo de hierro.
- 3) Camisa o manguito de cobre.
- 4) Bobinados
- 5) Armadura

En este caso, se trata de relés, cuya bobina es alimentada exclusivamente, por corriente continua. Si solamente se dispone de corriente alterna, esta se rectifica y se filtra previamente. La temporización magnética se consigue insertando en el núcleo magnético del relé, un tubo de cobre. Este tubo puede tener el espesor de algunos milímetros y rodear al núcleo en toda su longitud, constituyendo una camisa (Fig.2.146, el tubo puede ser de un diámetro igual al de la base del carrete de la bobina y una longitud limitada, en este caso se denomina *manguito*; el manguito puede estar fijado adelante, es decir, en la parte de la armadura (Fig.2.147) o detrás, es decir, en la parte opuesta a la armadura (Fig.2.148). En ambos casos, los efectos de retardo serán distintos.

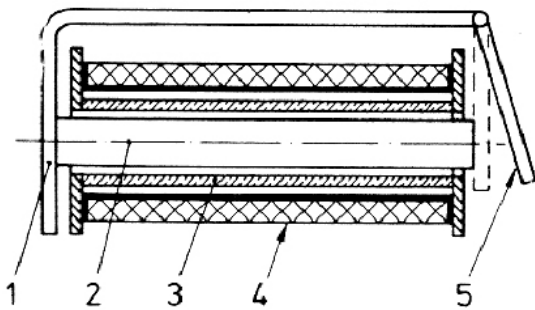


Fig.2.146 Relé con camisa de cobre. (retardo a la desconexión)

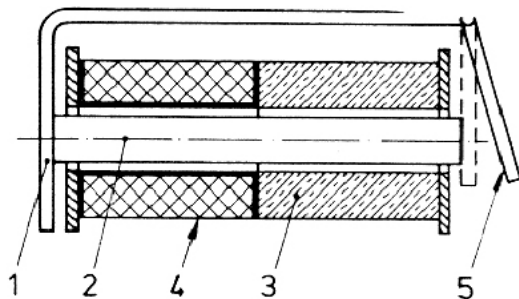


Fig.2.147 Relé con manguito de cobre, lado armadura (retardo a la conexión y a la desconexión)

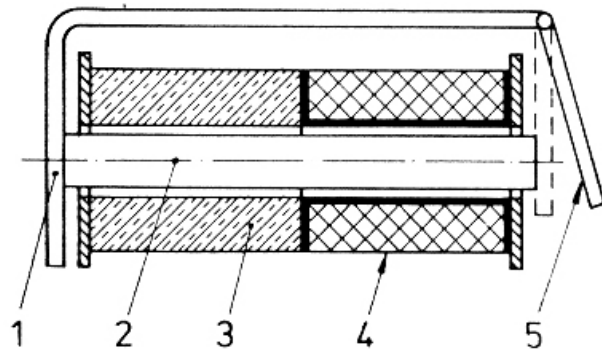


Fig.2.148 Relé con manguito de cobre, lado culata (retardo a la desconexión).

C. Estructura de un relé de armadura basculante.

1. Bobina
2. Terminales de la bobina para el circuito de mando
3. Núcleo
4. Armadura basculante
5. Contactos de conexión
6. Terminales para el circuito de trabajo.

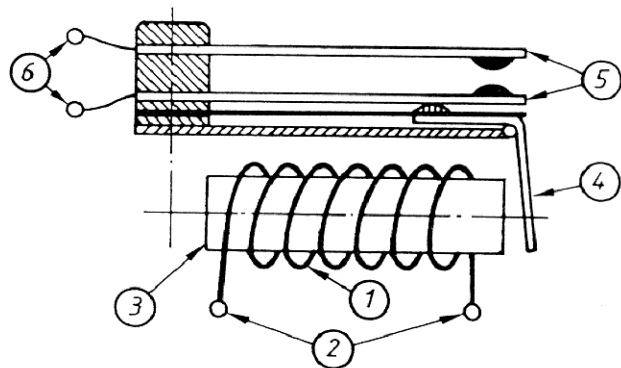


Fig.2.149 Estructura del relé de armadura basculante.

Al conectar la corriente de excitación que fluye a través de los terminales 2 en la bobina 1, en el núcleo 3 se genera un campo magnético que atrae la armadura basculante 4. Por medio de la atracción de la armadura basculante presiona el contacto de conexión de trabajo 5 hacia él de arriba y se cierra el circuito de trabajo, a través de los bornes 6. Al desconectar la corriente de

excitación el contacto de conexión regresa a su posición de partida, que se compone de material de resorte, desconecta el circuito de trabajo.

Al ensamblar varios elementos de conmutación se pueden accionar varios contactos simultáneamente.

Relé térmico tripolar de sobrecarga AEC

1. Zócalo aislante que puede montarse sobre contactos.
2. Bornes principales de conexión.
3. Bornes de los circuitos auxiliares.
4. Bimetal de desconexión térmica.
5. Botón de rearme del relé.
6. Botón de ajuste del bimetálico.
7. Palanca para el paso de funcionamiento automático a manual y viceversa.
8. Dispositivo mecánico de desconexión.

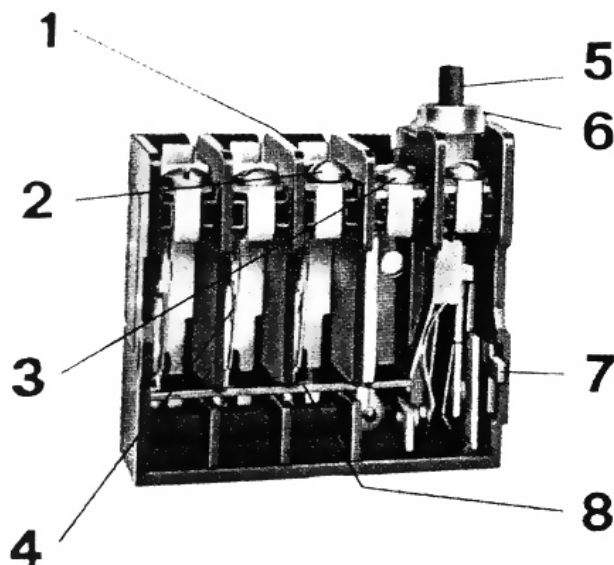


Fig.2. 150 Relé térmico tripolar.

2.14.3 TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE RELÉS

Se tiene una primera clasificación de los relés, de acuerdo con el tipo de instalación:

1) *Relés de protección:* destinados a proteger un circuito eléctrico contra las condiciones anormales de funcionamiento (sobrecargas, sobretensiones, etc.)

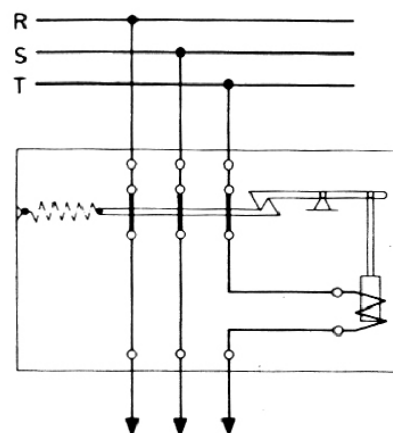


Fig.2.151 Conexión de un relé de protección.

2) *Relés de mando:* cuya misión es el mando de las diversas partes de una instalación eléctrica.

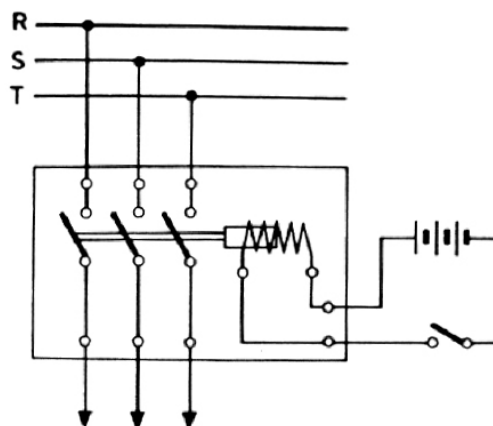


Fig.2.152 Conexión de un relé de mando.

3. Relés de medición: cuyo conexionado es parecido al del relé de protección, aunque, en esta ocasión, no se desconecta el interruptor de potencia, sino que el funcionamiento del relé determina una modificación de las características de funcionamiento del circuito eléctrico. Se les llaman también relés de regulación.

Por lo general, los relés de protección y de medición son automáticos, es decir, que su conexión y desconexión no son voluntarias, sino que dependen de las condiciones de funcionamiento de la red, mientras que los relés de mando son manuales, es decir, de conexión y desconexión voluntaria.

A. Clasificación de los relés de acuerdo con la función que deben realizar en un circuito eléctrico y que depende de sus propias características de construcción:

1) Relés de funcionamiento continuo: Su funcionamiento depende, con cierta precisión, del valor de la magnitud medida, entre éstos, se incluyen:

- a) **Relés limitadores:** Su funcionamiento depende del valor determinado de la magnitud medida (ejemplos: relés de máxima intensidad, relés de mínima impedancia, etc).
- b) **Relés de comparación de módulos de magnitudes de acción:** su funcionamiento depende de la comparación de las magnitudes de alimentación, sin tener en cuenta su desfase (ejemplo: relé de máxima intensidad de porcentaje).
- c) **Relés de fase:** Su funcionamiento depende del desfase entre las magnitudes de alimentación (ejemplo: relé direccional).
- d) **Relés analógicos:** estos dispositivos eventualmente, en un campo limitado, producen una señal de salida, cuyo valor es proporcional al de la magnitud medida.

2) Relés de funcionamiento por todo o nada: se establecen para funcionar, ya sea con aplicación brusca, dentro de amplios límites de la magnitud de utilización, ya sea por efecto de la supresión brusca de dicha magnitud de instalación. Se incluyen los siguientes tipos de relés:

- a) **Relé elemental:** Cuyos cambios de estado no estan voluntariamente retrasados:
 - a.1 **Relé elemental:** Es decir, de funcionamiento simple.
 - a.2 **Relé con contactos de paso:** Poseen uno o más contactos destinados a abrir o cerrar momentáneamente uno o más circuitos en uno en ambos sentidos de funcionamiento.
 - a.3 **Relé de inmovilización de posición:** Dotados de diversos dispositivos de mantenimiento, en estado de reposo o en estado de trabajo.

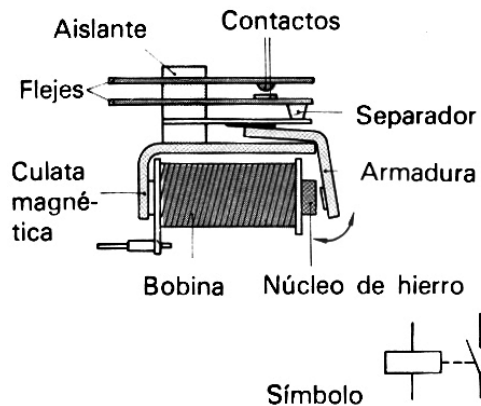


Fig.2.153 Relé elemental.

- b) **Relés temporizados:** es decir, aquellos relés en los que interviene el parámetro tiempo:
 - b.1 **Relé elemental:** Es decir, de funcionamiento simple.
 - b.2 **Relé de duración de acción limitada:** destinados a cerrar o a abrir.

c) Relés secuenciales: Permiten realizar un programa de conmutaciones durante cierto tiempo.

c.1 Relé autoperiódico: Destinado, por sus propias características, y una vez alimentados, a cerrar periódicamente uno o varios circuitos periódicamente. Recibe el nombre especial de vibrador, cuando la frecuencia de cierre es superior a 10 Hz y de intermitente, cuando dicha frecuencia de cierre es inferior a 10 Hz.

c.2 Relés de programa: Una vez alimentados permiten realizar un programa, previamente determinado, de cierres y de aperturas de uno o más circuitos. El programa previamente determinado puede o no ser regulable. Se denominan; relés de ciclo único, cuando el programa se realiza una sola vez y relés de ciclo renovado, cuando el programa se realiza varias veces.

c.3 Relé integrador: Cierra o abre uno o más circuitos cuando ha recibido un número determinado de impulsos.

c.4 Relés convertidores: Relés sin contactos, que permiten pasar de un sistema de señales a otro sistema de señales.

Por lo general, los relés de protección y los relés de mando, son de funcionamiento “por todo o nada”, mientras que los relés de medición, son de funcionamiento continuo.

Los relés de mando, son de constitución más sencilla que los relés de medida y que los relés de protección.

■ Relés de mando.

Los relés de mando son también relés de funcionamiento por todo o nada y se definen a continuación:

“Un relé de todo o nada es un relé establecido para funcionar dentro de amplios límites de la magnitud de influencia, siendo de importancia secundaria su valor de ajuste o de regulación.”

A los relés de mando se les denomina también relés auxiliares o contactores auxiliares.

■ Relés de medición:

Son dispositivos que permiten medir valores eléctricos y cuyo funcionamiento determina una modificación de los acoplamientos, pero no una separación del aparato receptor de la red, lo que caracteriza a los relés de protección.

Los principales de ellos son sensibles a la corriente o a la tensión, algunos también pueden ser sensibles a la frecuencia. Los siguientes son ejemplos de relés de medida:

- *Relés amperimétricos o relés de intensidad:* funcionan para valores máximos o para valores mínimos de la intensidad de corriente. Su objeto es permitir el paso de una a otra característica, durante el arranque de motores en varios tiempos, establecer las conmutaciones necesarias, para el paso de una u otra característica, según la carga medir el valor de la intensidad de excitación de los motores shunt, etc.
- *Relés voltimétricos o relés de tensión.* Estos funcionan tanto para valores máximos, como para valores mínimos de tensión.

Todos los relés voltimétricos como los amperimétricos, son en su construcción,



electromagnéticos. Por lo general, están constituidos por un núcleo de hierro alrededor del cual, se monta un bobinado recorrido por la corriente a controlar, la armadura es mecánicamente solidaria con los contactos del circuito de mando. Cuando la corriente o tensión alcanza el valor de regulación del relé, la armadura es atraída y actúa sobre los contactos. Cuando la corriente o la tensión decrecen, la parte móvil se desconecta para un valor inferior en un 20%, al valor ajustado.

■ Relés de protección.

En las instalaciones industriales, el material eléctrico está frecuentemente sometido a condiciones severas de trabajo, por lo que resulta necesaria su protección, con el objeto de evitar fallos en su funcionamiento o reducir al mínimo, las posibles averías. Las perturbaciones contra las que se deben aplicar en general medidas de protección, son las siguientes:

Sobrecargas prolongadas, cortocircuitos, sobrecargas repentinas, aceleración y desaceleración demasiado rápidas, falla de fase en los motores trifásicos, fallas en los motores de accionamiento debido a:

- ✓ La excesiva elevación de temperatura.
- ✓ Los esfuerzos mecánicos elevados que resultan de una excesiva velocidad o de vibraciones mecánicas.

Los relés de protección de motor, debido a su construcción, ofrecen una protección eficaz en caso

de falla de las fases y protegen los motores en ejecución (Norma VDE 0660 apartado 104). Cuando se deforman los bimetales en el circuito principal del relé, debido a una sobrecarga trifásica del motor, actúan los tres sobre un puente de disparo diferencial. Una palanca de disparo conjunta conmuta, al alcanzar el valor límite, el contacto auxiliar. El puente de disparo diferencial está adosado de forma estrecha y regular por bimetales. En el caso de un fallo de fase, cuando uno de los bimetales no se deforma igual que los restantes o bien retorna a su posición de frío, diferente de los otros dos, entonces, el puente de disparo diferencial, recorrerá tramos diferentes. Este recorrido diferencial, se transforma por medio de una transmisión, en un recorrido adicional de disparo y este se efectúa de forma más rápida.

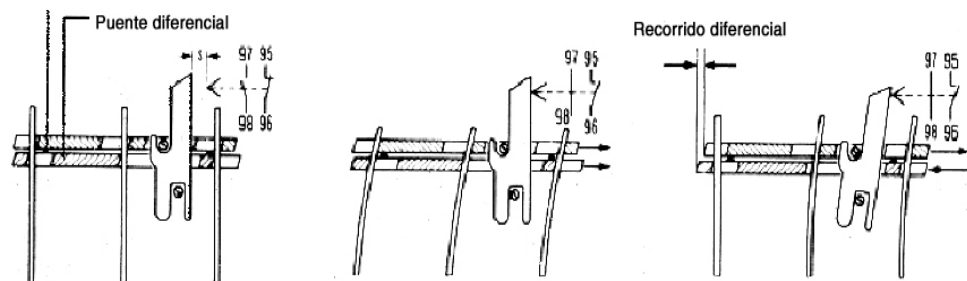


Fig.2.154 Relé de protección de motor.

2.14.4 MANTENIMIENTO BÁSICO DE RELÉS

Los relés son dispositivos importantes en un motor, por lo tanto merecen un adecuado mantenimiento para que puedan realizar su función eficientemente.

Para mantener en buenas condiciones los relés, realice lo siguiente:

- Proteja el relé, para que no haya penetración de humedad, reducción de enfriamiento motivado por una disminución de velocidad o taponamiento, calentamiento pasajero procedente del exterior, desgaste de los ejes y los cojinetes, ya que esto puede provocar que el relé no se desconecte a tiempo aunque el motor esté en peligro.

- Saque cualquier cuerpo extraño que pudiera haberse introducido en el entrehierro del circuito magnético o entre los contactos.

Es necesario utilizar fusibles y/o relés instantáneos, en el circuito principal para evitar las consecuencias de los cortacircuitos, tanto para la protección del motor como para el relé.

La regulación correcta del relé corresponde exactamente a la intensidad del motor.

Un relé regulado demasiado bajo impide desarrollar la potencia total del motor, un relé demasiado alto no ofrece una protección completa contra sobrecargas.

Si un relé regulado como es debido desconecta muy a menudo es necesario disminuir la carga del motor o reemplazarlo por uno más potente.



2.14.5 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Para relés, contactores, interruptores y otros elementos en chasis:

- Nunca manipule manualmente los relés o contactos bajo tensión. Todo accionamiento debe hacerse siempre por medio de sus propios órganos de accionamiento.

- Verifique que sus partes móviles no estén torcidas o desplazadas.

- Para realizar las verificaciones utilice herramientas, aparatos e instrumentos bien aislados y en perfecto estado.

- En ausencia de tensión, accione los relés, contactores y otros elementos con movimiento, probándolos a mano para verificar que los movimientos estén libres de impedimento y la tensión de contacto sea adecuada.

- Compruebe que las secciones de los conductores correspondan exactamente con las normalizadas y calculadas, para las potencias de los motores u otros aparatos que se deban alimentar.

2.15 CÁLCULO DE UNA PROTECCIÓN TÉRMICA

La circulación de una corriente por un conductor genera calor en el interior del conductor. Este calor produce un aumento de la temperatura del conductor, y si es demasiado alta, produce la degradación del conductor. Si la intensidad no supera la intensidad máxima admisible del conductor, se puede asegurar que la temperatura no llegará (con un margen de seguridad) a degradar los conductores.

El calentamiento de un conductor no es instantáneo. Como la energía calorífica (Q) generada es proporcional al tiempo (t) y al cuadrado de la corriente (I^2).

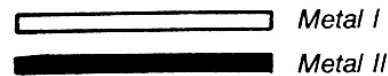
$$Q = R \times I^2 \times t$$

El tiempo que se tarde el conductor en alcanzar una temperatura peligrosa es inversamente proporcional al cuadrado de la corriente:

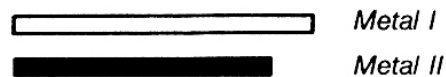
$$t = \frac{Q_{\text{máx}}}{R \times I^2}$$

De lo que se deduce, que una vez producida una sobrecarga, se puede esperar un tiempo antes de desconectar la línea. Esto es muy importante, ya que, por ejemplo, permite el arranque de un motor por que en éste se produce una sobrecarga de corta duración.

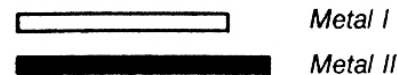
El disparador de sobreintensidad **bimetálico** consta de dos franjas metálicas con diferente dilatación térmica, obtenido por ejemplo, por laminado en caliente o soldadura a presión.



*a temperatura ambiente,
franjas de igual longitud*



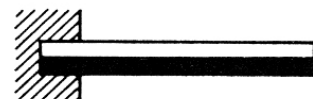
calentamiento



enfriamiento

Fig.2.155 Variando la temperatura, divergen la longitud de las franjas

Tras unir y fijar las franjas metálicas resulta:



*a temperatura ambiente,
ninguna deformación*



*al calentarse, deformación
para abajo*



*al enfriarse, deformación
para arriba*

Fig.2.156 Comportamiento de el bimetel a diferentes temperaturas

El protector térmico o relevador térmico protege el motor contra sobrecargas sostenidas (sc). El relevador tiene tres elementos térmicos individuales conectados uno por fase. Un contacto normalmente cerrado T forma parte también, del conjunto relevador, que abre cuando el relevador se calienta demasiado y permanece abierto, hasta que el relevador se restablece manualmente.

La capacidad de este dispositivo de protección contra sobrecarga está asociado también, al llamado factor de servicio, que identifica la sobrecarga continua que un motor de una potencia dada, puede soportar con seguridad. Por ejemplo, un motor de 10 HP con un factor de servicio de 1.0 puede operar con seguridad con sólo 10 HP, ya que la obtención de la capacidad del factor de servicio se multiplica por la cantidad de potencia de la máquina.

Por ejemplo, algunos otros motores de 10 HP pueden también impulsar con seguridad, cargas de 11 ó 12 HP en forma continua, en estos casos se dice que se tienen factores de servicio de 1.1 y 1.2 respectivamente.

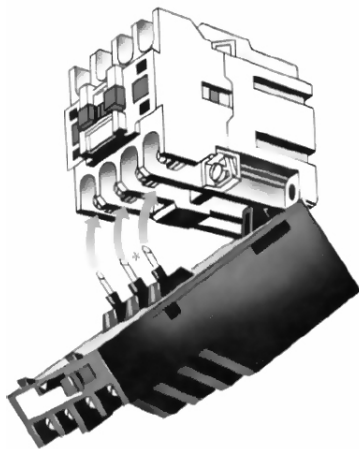


Fig.2.157 Montaje del relé térmico

Para la correcta selección de un relé o relevador térmico, se necesita conocer las siguientes características del receptor:

A. Tiempo máximo que puedes oportar una sobreintensidad no admisible, sin quedar fuera

de servicio, lo que implica elegir la clase de disparo del relé térmico; la clase de disparo establece el tiempo máximo de intervención del relé térmico, en función de la corriente que lo atraviesa.

TIEMPO DE DISPARO

Clase	1,5 Ir	7,2 Ir
10 A	< 2 min	2 – 10 s
10	< 4 min	4 – 10 s
20	< 8 min	6 – 20 s
30	< 12 min	9 – 30 s

Fig.2.158 Clases de relés térmicos y tiempos de disparo

B. Corriente de servicio (I_s), es la que consume en condiciones nominales. Para poder elegir la corriente del térmico (I_r), la corriente de servicio debe estar incluida dentro de un margen, tal como se muestra en la siguiente figura.

Clase				10 A			
Margen I_r	0,10	0,16	0,26	0,40	0,63	1	1,25
	0,16	0,25	0,40	0,63	1	1,6	2
Clase				20 A			
Margen I_r	2,5	4	5,5	7	9	12	17
	4	6	8	10	13	18	25

Fig.2.159 Margen de la corriente de servicio

Los pasos que debe seguir son los siguientes:

1. Determine la clase de disparo más adecuada del relé térmico.
2. Elija el margen de regulación de la corriente del térmico, para la corriente elegida.

Los fabricantes suelen adjuntar una información técnica en la que se presenta la corriente del térmico I_r en función del tiempo t .

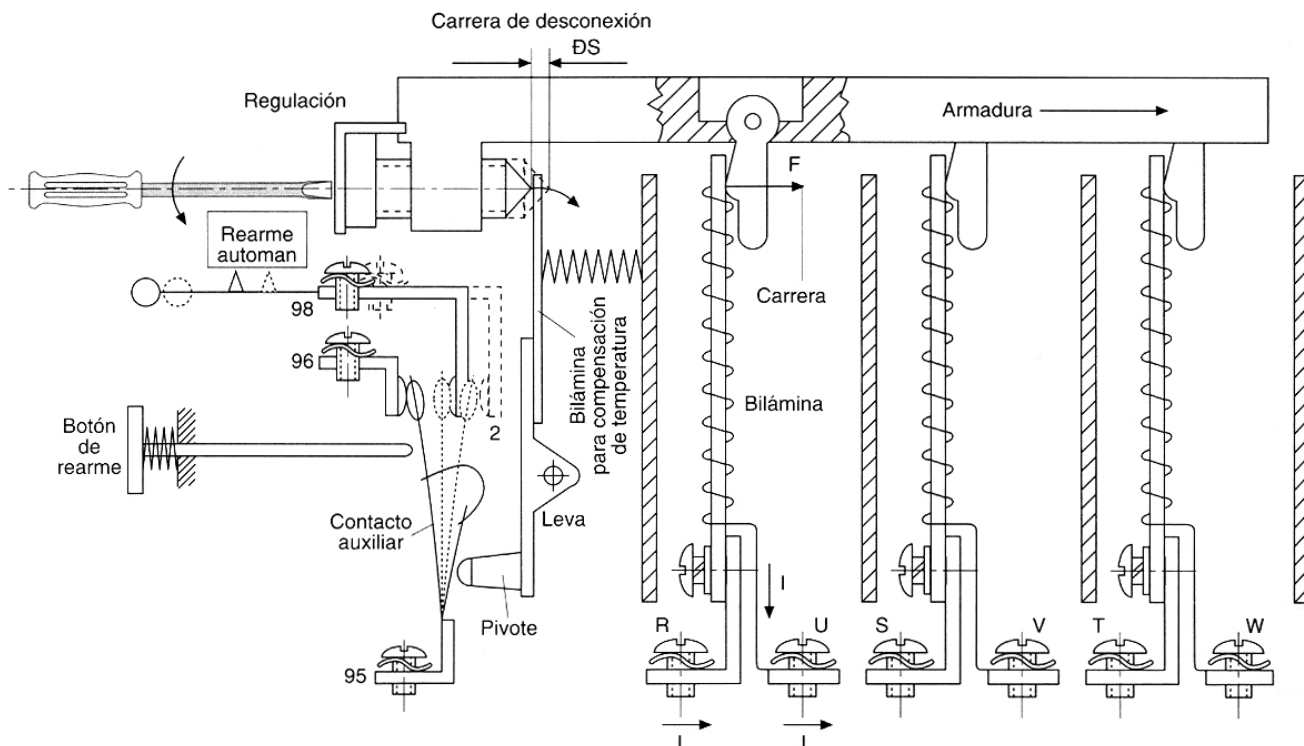


Fig.2.160 Constitución de un relé térmico

LETRA DE CLAVE	KVA POR C.P. CON ROTOR BLOQUEADO	LETRA DE CLAVE	KVA POR C.P. CON ROTOR BLOQUEADO
A	0 — 3.14	L	9.0 — 9.99
B	3.15 — 3.54	M	10.0 — 11.19
C	3.55 — 3.99	N	11.2 — 12.49
D	4.0 — 4.49	P	12.5 — 13.99
E	4.5 — 4.99	R	14.0 — 15.99
F	5.0 — 5.59	S	16.0 — 17.99
G	5.6 — 6.29	T	18.0 — 19.99
H	6.3 — 7.09	U	20.0 — 22.39
J	7.1 — 7.99	V	22.4 — y más
K	8.0 — 8.99		

Fig.2.161 Letras clave para indicar los kVA por C.P. de los motores con rotor bloqueado

Las letras de código en los motores eléctricos, representan una medida de la corriente que demandan durante el arranque o sea "a rotor bloqueado" lo que significa con velocidad inicial cero y son consideradas como un elemento que interviene en la selección de la protección del motor.

Es común que las letras de código se expresen en unidades de KILOVOLTAMPERES/CABALLOS DE POTENCIA (KVA/HP). En consecuencia, si la potencia de un motor en HP y la letra de su código se leen en

sus datos de placa, se pueden calcular en forma muy sencilla, los kVA de arranque y la corriente máxima de arranque. Para un motor trifásico la potencia aparente en VA es:

$$VA = 1.73 V_L I_L$$

Donde

VA = Potencia aparente S en Volt-Amperes

V_L = Voltaje de fase a fase (tensión de línea) en volts.

I_L = Corriente de línea en Amperes.

ejemplo 1



Calcule para un motor trifásico de inducción de 5 HP, 60 Hz, 220 Volts con letra de clave H.

- La mínima y máxima corriente de arranque posible,
- La corriente normal de operación a plena carga,
- La máxima corriente de arranque, como una relación de la corriente nominal.



Solución:

A) De la Figura anterior, para la letra de código H el motor tiene de 6.3 a 7.09 kVA/HP, por lo tanto:

Los kVA mínimos que demanda son:

$$\text{kVA mínimos} = \frac{6.3 \text{ kVA} \times 5 \text{ HP}}{\text{HP}} = 31.5 \text{ kVA}$$

Los kVA máximos que demanda:

$$\text{kVA máximos} = \frac{7.09 \text{ kVA} \times 5 \text{ HP}}{\text{HP}} = 35.45$$

Como se trata de un motor trifásico, entonces su potencia se puede expresar como:

$$S = \sqrt{3} \times V \times I_L \text{ (VA)}$$

De donde para el caso de la mínima corriente de línea

$$I_{\text{MIN}} = \frac{S_{\text{MIN}}}{\sqrt{3} \times V} = \frac{31.5 \times 1000}{\sqrt{3} \times 220} = 82.66 \text{ A}$$

$$I_{\text{MAX}} = \frac{S_{\text{MAX}}}{\sqrt{3} \times V} = \frac{35.45 \times 1000}{\sqrt{3} \times 220} = 93.03 \text{ A}$$

DATOS PARA MOTORES TRIFASICOS DE INDUCCION Y ELEMENTOS DEL CIRCUITO DERIVADO								
CAP. MAX.		CORR. NOR. AMPS	INTERRUPTOR		ARRANCADOR TAMANO NEMA	CONDUCTOR TW (AWG o MCM)	DIAM. TUBO CONDUIT	
HP	V		AMP	MARCO			m.m.	Pulg.
1/4	220	1	15	TE	00	3 Nº 12	13	1/2
1/2	220	2	15	TE	00	3 Nº 12	13	1/2
3/4	220	2.8	15	TE	00	3 Nº 12	13	1/2
1	220	3.5	15	TE	00	3 Nº 12	13	1/2
	440	1.8	15	TEF	00	3 Nº 12	13	1/2
1 1/2	220	5	15	TE	00	3 Nº 12	13	1/2
	440	2.5	15	TEF	00	3 Nº 12	13	1/2
2	220	6.5	20	TE	00	3 Nº 12	13	1/2
	440	3.3	15	TEF	00	3 Nº 12	13	1/2
3	220	9	30	TE	0	3 Nº 12	13	1/2
	440	4.5	15	TEF	0	3 Nº 12	13	1/2
5	220	15	30	TE	1	3 Nº 12	13	1/2
	440	7.5	20	TEF	0	3 Nº 12	13	1/2
7 1/2	220	22	50	TE	1	3 Nº 10	19	3/4
	440	11	20	TEF	1	3 Nº 12	13	1/2
10	220	27	50	TE	2	3 Nº 10	19	3/4
	440	14	30	TEF	1	3 Nº 12	13	1/2
15	220	40	70	TE	2	3 Nº 8	19	3/4
	440	20	30	TEF	2	3 Nº 10	19	3/4
20	220	52	100	TE	3	3 Nº 6	25	1
	440	26	50	TEF	2	3 Nº 8	19	3/4
25	220	64	100	TE	3	3 Nº 4	32	1 1/4
	440	32	50	TEF	2	3 Nº 8	19	3/4
30	220	78	125	TFJ	3	3 Nº 2	32	1 1/4
	440	39	70	TEF	3	3 Nº 8	19	3/4
40	220	104	200	TFJ	4	3 Nº 0	51	2
	440	52	100	TEF	3	3 Nº 6	25	1
50	220	125	200	TFJ	4	3 Nº 0	51	2
	440	63	100	TEF	3	3 Nº 4	32	1 1/4
60	220	150	225	TFJ	5	3 Nº 2/0	51	2
	440	75	125	TFJ	4	3 Nº 2	32	1 1/4
75	220	185	300	TJJ	5	3 Nº 4/0	64	2 1/2
	440	93	150	TFJ	4	3 Nº 2	32	1 1/4
100	220	246	400	TJJ	5	3 Nº 300 MCM	64	2 1/2
	440	123	200	TFJ	4	3 Nº 0	51	2
125	220	310	400	TJJ	—	—	—	—
	440	155	225	TFJ	5	3 Nº 3/0	51	2
150	220	360	600	TKM	—	—	—	—
	440	180	300	TJJ	5	3 Nº 4/0	64	2 1/2
200	220	480	800	TKM	—	—	—	—
	440	240	400	TJJ	5	3 Nº 300 MCM	64	2 1/2

Fig.2.162 Datos para motores trifásicos de inducción y elementos del circuito derivado

B) La corriente nominal de operación a plena carga se obtiene de la tabla de la siguiente Figura, de la corriente a plena carga de motores.

De manera que para 5 HP a 220 V, la corriente es 15 A.

C) La máxima corriente de arranque como una relación de la corriente nominal es:

$$\frac{I_{MAX}}{I_{NOM}} = \frac{93.03}{15} = 6.202$$

Es decir, aproximadamente 6.2 veces mayor que la corriente de operación.

ejemplo 2



Calcule las características principales para los alimentadores de los motores trifásicos de inducción a 60 Hz, cuyos datos principales se dan a continuación:

- Motor de 5 HP, 220 V con letra de código A y corriente nominal de 15.9 A, jaula de ardilla.
- Motor de 25 HP, 440 V con una corriente nominal de 36 A.



Solución:

Para el motor jaula de ardilla de 5 HP, 220 V con letra de código A, el circuito derivado se puede proteger por medio de un interruptor termomagnético de $1.5 \times 15.9 = 23.85$ A, debido al bajo valor que da su letra de código a rotor bloqueado.

El máximo ajuste del dispositivo de sobrecarga (elemento térmico) es $1.15 \times 15.9 = 18.29$ A.

Para el motor de 25 HP a 440 V, como no se dan datos de letra de código, puede suponer un factor de servicio de 1.2, con lo que el

elemento de protección contra sobrecarga se puede ajustar a un valor: $1.25 \times 36 = 45$ A. Se puede usar un fusible de tiempo no retardado para proteger el circuito y cuyo valor es $3 \times 36 = 108$ A.

Por lo general, los dispositivos de protección contra sobrecargas se ajustan a 125% de la corriente de la placa a plena carga, para factores de servicio de hasta 1.15. si el motor se ve afectado en forma adversa gradualmente, hasta un máximo de 140%.

El dispositivo de protección contra sobrecargas se debe seleccionar, para disparar con una capacidad no mayor del siguiente porcentaje de la corriente a plena carga del motor. Cuando el relevador de sobrecarga seleccionado, de acuerdo con las recomendaciones anteriores, no es suficiente para arrancar el motor o para conducir la carga, se pueden seleccionar los siguientes valores más altos de relevadores de sobrecarga, con la limitante de que no excedan los siguientes porcentajes de las corrientes a plena carga de los motores.

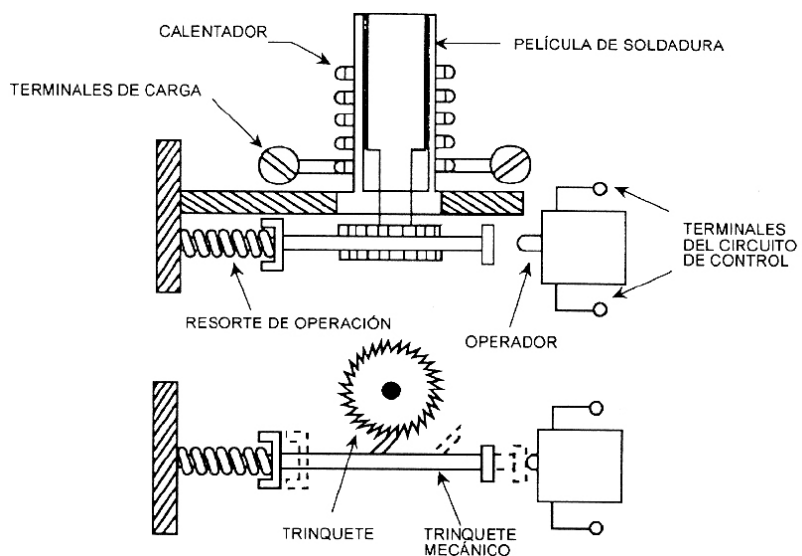


Fig.2.163 Elemento de un relevador de sobrecarga

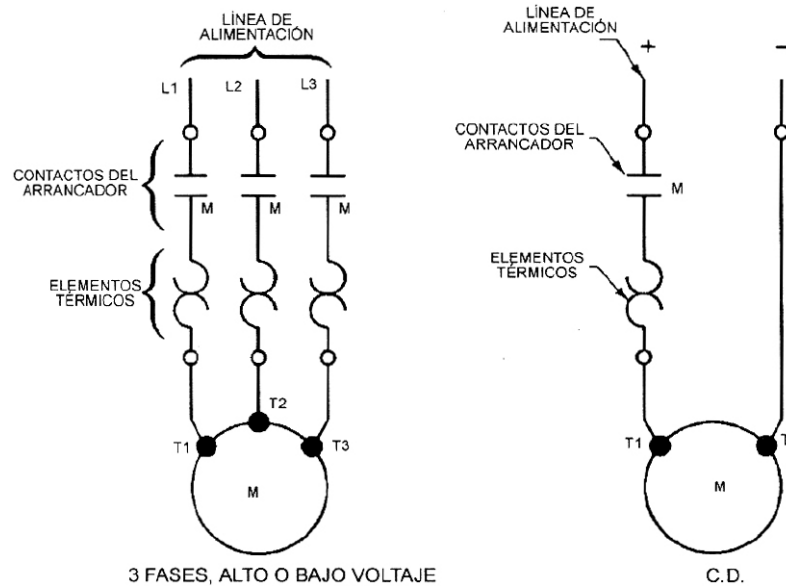


Fig.2.164 Se requiere de un elemento térmico por cada línea de fuerza

ejemplo 3

Un motor tiene una corriente de plena carga de 25 A, la temperatura ambiente es de 55 °C. Calcule la corriente de disparo por sobrecarga requerida.

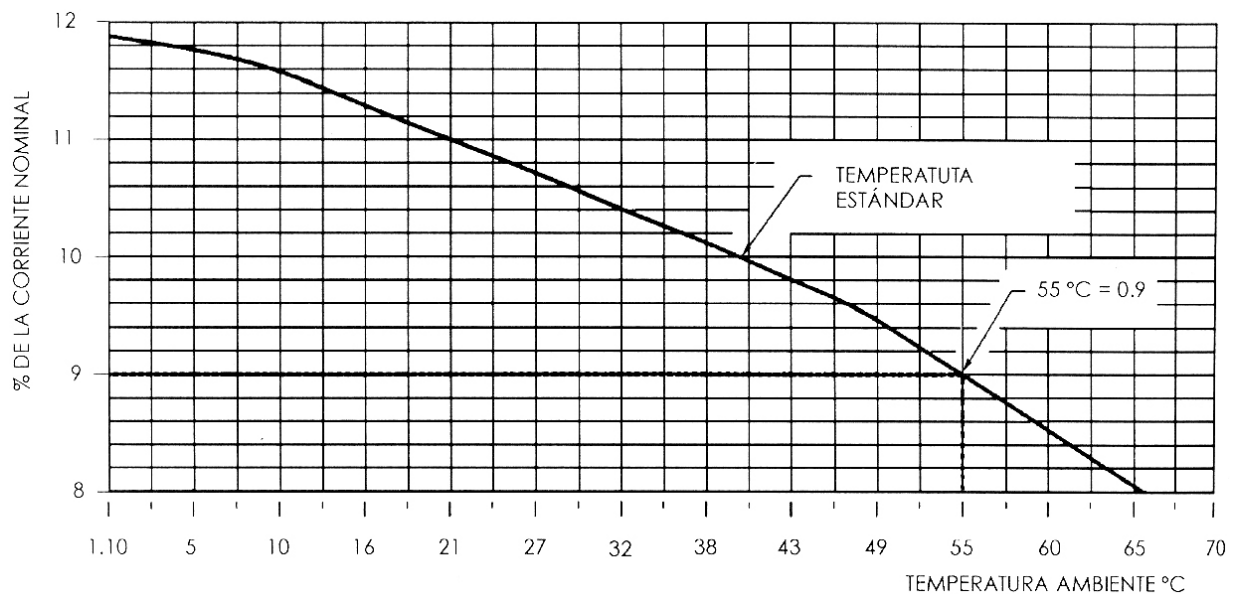


Fig.2.165 Corrección por temperatura ambiente para elementos térmicos

Solución

El procedimiento es el siguiente:

1. Determine la temperatura ambiente, en ese caso es de 55 °C.
2. De la gráfica de la Figura anterior, determine el porcentaje de corriente nominal para la temperatura, en este caso es de 0.9
3. Multiplique la corriente a plena carga (del dato de placa del motor) por el factor de la corriente.

La corriente de disparo por sobrecarga es $= 25 \times 0.9 = 22.5 \text{ A}$.

Motores con factores de servicio no menores de 1.15	140%
Motores con elevación de temperatura no superior a 40 °C	140%
Para otros motores	130%

En el caso de los elementos térmicos, los fabricantes publican tablas de selección para consulta, cuando se ordenan dispositivos de sobrecarga. Cuando se usa relevador de sobrecarga, el ajuste de corriente del relevador se seleccionan para proteger al motor contra sobrecargas sostenidas. En la figura anterior, el contacto T abre después de un lapso de tiempo que depende de la magnitud de la corriente de sobrecarga. En esta relación de tiempo, de disparo contra el valor de ajuste de la corriente de disparo, se dan curvas como la siguiente:

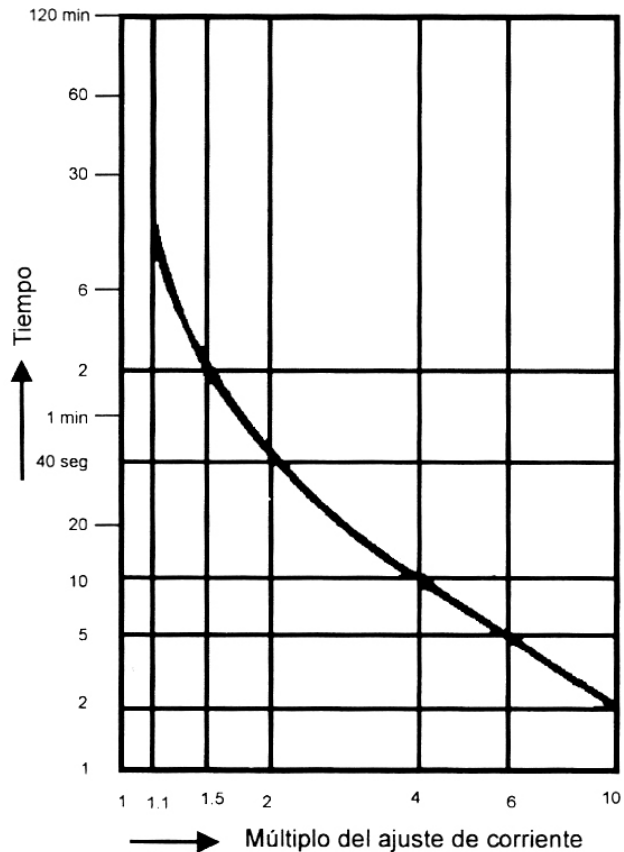
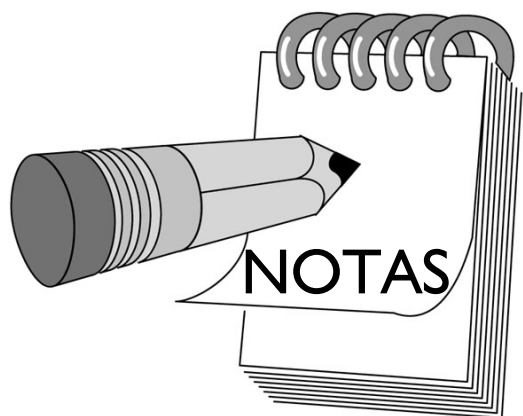


Fig.2.166 Curva típica de un relevador de sobrecarga

De la figura anterior, puede observar que a la corriente nominal (múltiplo 1), el relevador nunca dispara, pero a 2 veces el valor de la corriente nominal, el térmico está normalmente provisto de un botón de restablecimiento, para recerrar al contacto T después de una sobrecarga. Para esto, es preferible esperar algunos minutos, antes de presionar el botón de recierre, para permitir que se enfríe el relevador.

[illegible]This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

2.16 PROCESO DE CIRCUITOS AUTOMÁTICOS DE MOTORES

En esta unidad, estudiará lo relativo a los llamados bloqueos, secuencias para instalaciones múltiples de motores, así como de las áreas peligrosas que se deben tratar como circuito especiales, en virtud de que intervienen otros elementos no convencionales. El bloqueo o interbloqueo consiste simplemente en conectar dos o más circuitos juntos. Los circuitos, ya sea de fuerza o de control se dice que están bloqueados cuando un circuito controla al otro circuito, todos los bloqueos se deben realizar en una forma segura, muchas veces el bloqueo puede incluir circuitos múltiples, la seguridad de un electricista o del personal de mantenimiento es lo que debe tener la mayor importancia.

Existen diferentes clases de bloqueos según sea la función a controlar o la actividad a desarrollar con los motores eléctricos, en los circuitos siguientes se muestran bloqueos para el arranque secuencial de motores. Esta secuencia se refiere a una carga preferencial y se debe cuidar que el bloqueo de los dos equipos, se ejecute en forma segura. Esto quiere decir, por ejemplo, que cuando los medios de desconexión estén en la posición de "Fuera", por ejemplo en el circuito de M1, todos los contactos en el arrancador del Motor M1 deben estar desenergizados.

2.16.1 TÉCNICAS DE CIRCUITOS AUTOMÁTICOS DE MOTORES

A continuación se mencionarán una serie de circuitos, que tiene como finalidad estudiar el manejo y

funcionamiento de los contactos auxiliares de los contactores.

Se dice que existe una secuencia forzada cuando el funcionamiento de una máquina supedita al funcionamiento de otras, de manera que, si no se maniobra en el orden establecido, no deben funcionar. En estos sistemas los contactos cerrados de los relés térmicos se conectan en serie, a fin de que una sobrecarga, en cualesquiera de los motores, interrumpa completamente el circuito. Todo motor o carga que se ponga en funcionamiento debe llevar necesariamente, aunque no se indiquen expresamente, la señalización de marcha y la de paro con emergencia.

A. CIRCUITO DE POTENCIA DE UN SISTEMA SECUENCIAL:

Como puede observar en la figura siguiente, cada motor tiene su propio circuito de potencia, exactamente igual al de un motor de arranque directo. La secuencia forzada se obtiene por la forma en que se controlen las bobinas de los contactores.

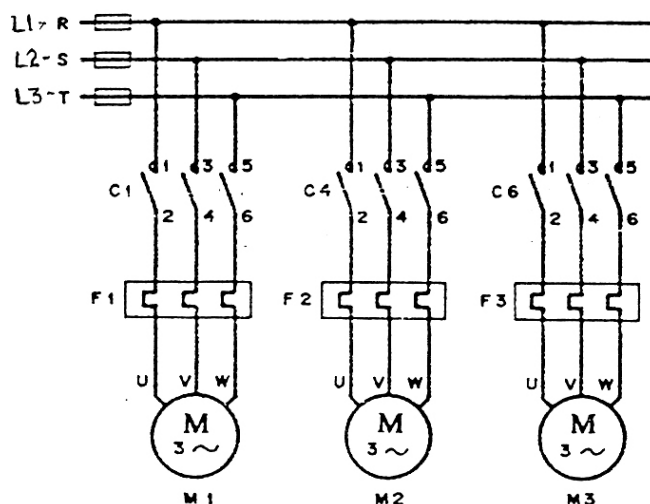


Fig.2.167 Circuito de potencia de un sistema secuencial

1) Mando de tres motores en secuencia forzada para prender (M1, M2, M3) y un solo pulsador de parado.

Elementos necesarios:

- 3 contactores
- 3 relés térmicos
- 1 pulsador NC
- 3 pulsadores NA
- 6 pilotos luminosos

Ciclo de funcionamiento:

Al pulsar S1 se cierra el circuito de alimentación de la bobina de C1, energizándose y autoalimentándose a través de su auxiliar de sostenimiento (13-14).

Al quedar energizada la bobina de C1, se cierra también el contacto auxiliar abierto de C1 53-54 que prepara la maniobra de C4. solamente después de ésta maniobra se puede pulsar S2, que cerrará el circuito de la bobina de C4. autososteniéndose con su auxiliar de retención 13-14 y cerrando al mismo tiempo el otro auxiliar (53-54) que prepara la siguiente maniobra (energizar C6).

Tan solo después de haber quedado energizada la bobina de C4, se puede pulsar S3, el cual cerrará el circuito de alimentación de la bobina de C6, quien al energizarse queda autosostenida por su auxiliar de sostenimiento 13-14. en ese momento quedan en funcionamiento los tres motores.

Si se pulsa S0 se abre el circuito de alimentación de las tres bobinas, desenergizándose totalmente el sistema. Por otra parte, el circuito permite que, al producirse una sobrecarga en cualesquiera de los tres motores, se interrumpa todo el sistema, ya que los contactos auxiliares cerrados de los tres relés térmicos están conectados en serie, de manera que al abrirse uno solo de ellos, se desenergizará toda la secuencia. Sin embargo, solamente se cerrará el contacto auxiliar abierto de aquel relé térmico cuyo contacto se abrió, señalizando, por consiguiente, en el cual de los tres motores se ha producido la sobrecarga.

Para que la secuencia quede nuevamente en condiciones de trabajo, se debe rearmar el relé térmico que actuó.

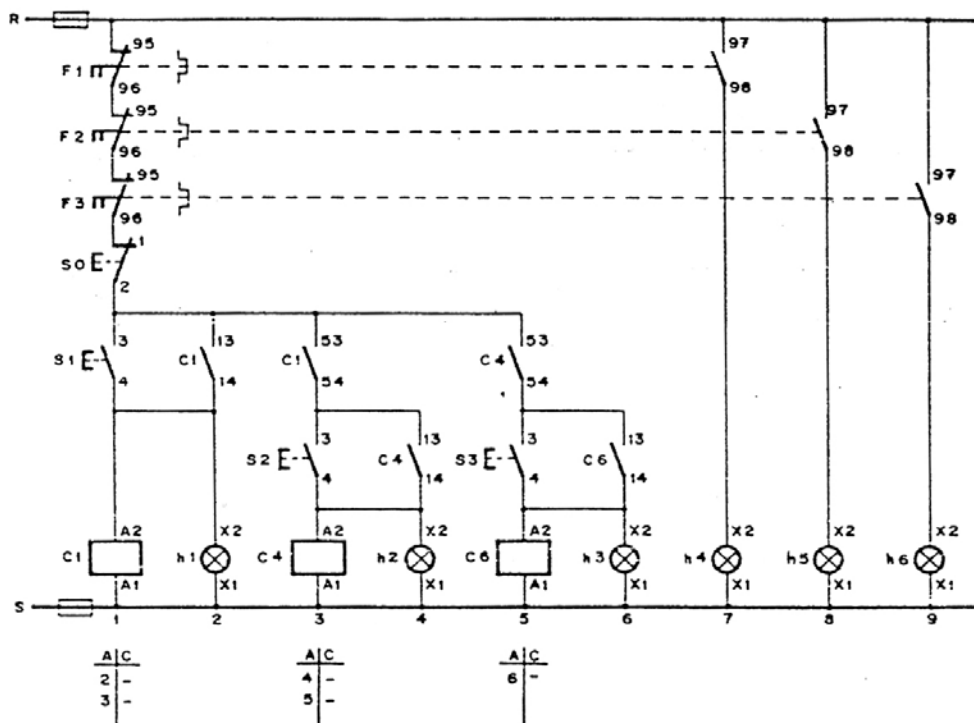


Fig.2.168 Circuito de tres motores en secuencia forzada.

2) Parado automático por detector inductivo

Elementos necesarios:

- 1 contactor principal
- 1 contactor auxiliar
- 1 relé térmico
- 1 pulsador NC
- 3 pulsadores NA
- 2 pilotos luminosos

Ciclo de funcionamiento:

Al pulsar S1 se cierra el circuito de alimentación de la bobina de C1, autososteniéndose por 13-14. El contacto temporizado cerrado

(55-56) sigue cerrado y sólo se abrirá después del tiempo programado a partir del momento en que se energizó la bobina C1, desconectando automáticamente todo el sistema. El pulsador de parada puede desenergizar el sistema en cualquier momento.

El relé térmico debe actuar normalmente ante una sobrecarga.

3) Mando de dos motores en forma secuencial y automática mediante temporizador, de modo que cuando se ponga en marcha m2, m1 se haya apagado previamente por acción del contacto temporizado nc.

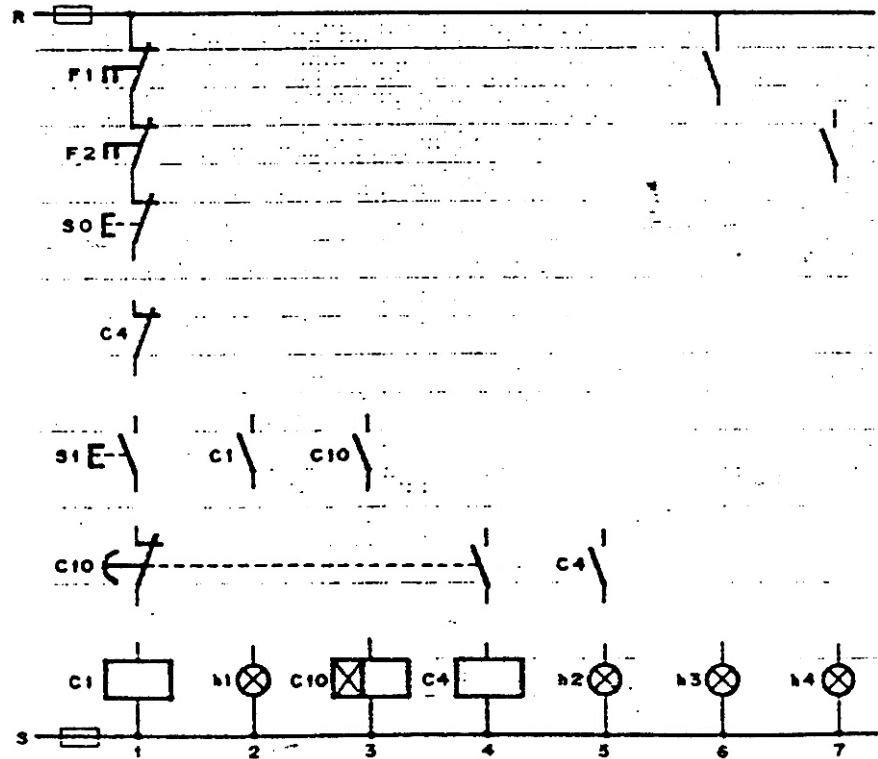


Fig.2.169 Circuito: mando de dos motores en forma secuencial y automática mediante temporizador.

Elementos necesarios:

- 2 contactores principales
- 1 contactor auxiliar
- 2 relés térmicos
- 1 bloque temporizado al trabajo
o 1 temporizador neumático al trabajo
- 1 pulsador NC
- 1 pulsador NA
- 4 pilotos luminosos

Orientaciones para completar el esquema:

El pulsador de marcha (S1) podrá cerrar el circuito de C1 solamente si C4 está desenergizado.

El contacto temporizado NC debe desenergizar la bobina de C1 antes que el contacto temporizado NA energice la bobina de C4. Durante el ensayo del montaje, se comprobará que el funcionamiento de los contactos temporizados está de acuerdo con lo indicado, si al puntear el contacto instantáneo NC de C4, transcurrido el tiempo prefijado, se desenergiza C1 y se energiza C4.

4) Mando de dos motores en forma secuencial y automática mediante temporizador electrónico, de modo que cuando se ponga en marcha m2, m1 se haya apagado previamente por acción de un contacto temporizado nc.

Elementos necesarios:

- 2 contactores principales
- 2 contactores auxiliares
- 2 relés térmicos
- 1 temporizador electrónico al trabajo.
- 1 pulsador NC
- 1 pulsador NA
- 4 pilotos luminosos

Temporizadores electrónicos: los contactos instantáneos del contactor auxiliar que está en serie con el temporizador, por acción de éste se convierten en contactos instantáneos.

www.FreeLibros.me

REALIZAR INSTALACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS UTILIZANDO MANDOS ESPECIALES DE ACUERDO A NORMAS DE CALIDAD ESTABLECIDAS

2.17 ACCESORIOS

Cuando una instalación eléctrica se automatiza, es necesaria la utilización de elementos encargados del mando y gobierno como los contactores y el empleo de una serie de aparatos auxiliares, requeridos por un sistema de control, que en función de las órdenes recibidas por el usuario, controlen los órganos de salida o actuadores del sistema.

2.17.1 DEFINICIÓN DE ACCESORIOS

En general, los accesorios son un tipo de controladores o los elementos encargados de generar las señales que gobiernan los actuadores, en función de las señales de orden de entrada. Desde este punto de vista, un controlador abarca desde un pequeño interruptor horario que conecta una carga (señal de gobierno) a la hora programada (orden de entrada), hasta un sistema basado en sofisticados controladores digitales que incluyen microprocesadores.

El controlador o regulador de un proceso, toma decisiones en función de la programación establecida, sobre la base de las señales de entrada. Las órdenes de entrada de controlador, fundamentalmente son de dos tipos:

A. Consignas del usuario. Son introducidas directamente por el operador o el usuario de la instalación. Estas señales pueden proceder desde un simple pulsador que emite orden de conexión de la carga, hasta un complicado teclado para la introducción de datos, tales como la

temperatura de confort deseada en una estancia o la hora de desconexión de una determinada carga.

B. Información del sistema. Para una gestión eficaz del sistema a controlar, es necesario que el controlador disponga de información acerca de las magnitudes que se desean controlar (sistema de control de lazo cerrado). Por lo tanto, el sistema de control recibe información del exterior, a través de los sensores o detectores instalados en el sistema.

En respuesta a la aplicación o función que realiza un controlador, el sistema de control proporciona la siguiente ayuda:

C. La señal de salida del controlador en respuesta a las órdenes introducidas, permite modificar el estado de la instalación y va dirigida a los actuadores del sistema.

D. La señal de información destinada al operador o usuario de la instalación, informa acerca del estado o de las incidencias que ocurren en la instalación. Estas señales controlan desde simples pilotos luminosos, leds de indicación o sirenas, hasta sofisticados paneles de visualización, como por ejemplo, el de un ordenador.

2.17.2 TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE ACCESORIOS

En función de la tecnología utilizada por los accesorios o controladores, se pueden clasificar entre controladores analógicos y controladores digitales:

Controladores digitales. Se fundamentan en la capacidad de cálculo de los microprocesadores que llevan incorporados.

Controladores analógicos. Los controladores analógicos son utilizados en los sistemas de gestión de procesos continuos.

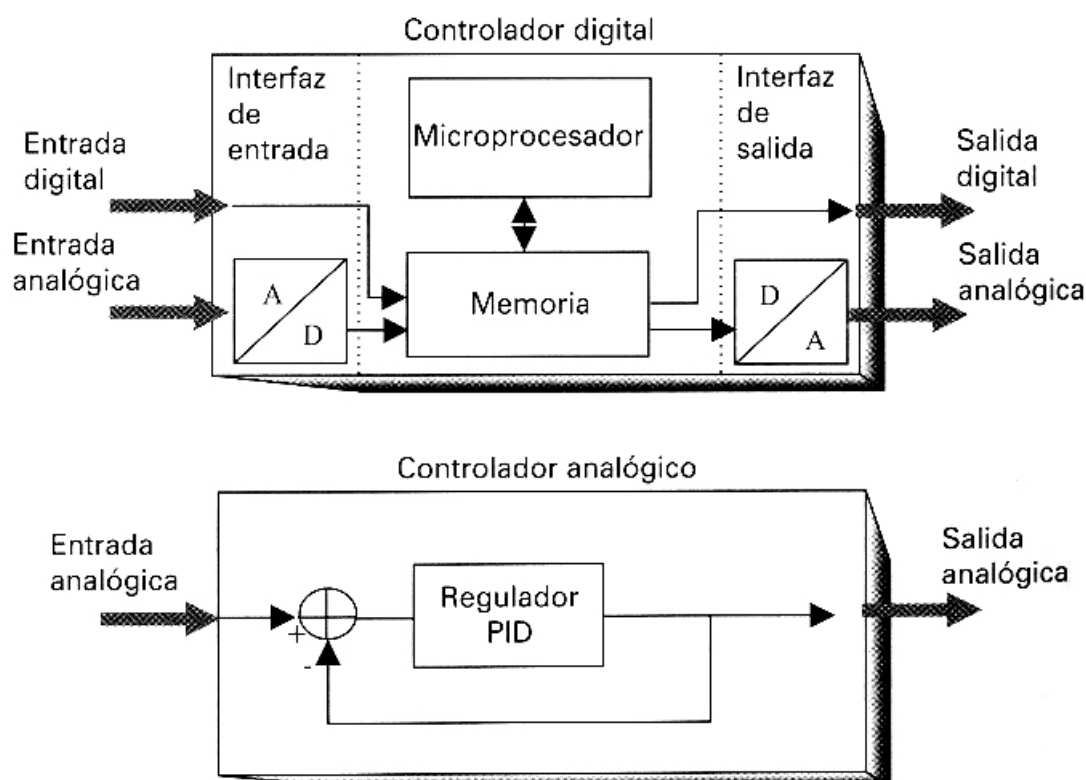


Fig.2.171 Controladores.

2.17.3 MICROSWITCH

Son dispositivos de control piloto para el motor, que protegen al operador de condiciones inseguras. Estos dispositivos piloto incluyen sensores de temperatura, interruptores (switch de presión), paros de emergencia y switch límite. Cuando los dispositivos piloto detectan una condición adversa, paran el motor.

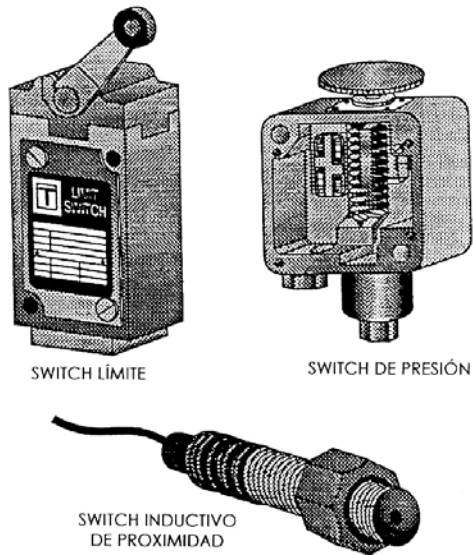


Fig.2.172 Tipos de switch.

Los desconectadores, también conocidos como switch, constituyen uno de los medios más elementales de control, ya que conectan o desconectan el motor de la fuente de alimentación. Se construyen con navajas para dos líneas (motores monofásicos) o tres líneas (motores trifásicos), las navajas abren o cierran simultáneamente por medio de un mecanismo. Por lo general, se encuentran alojados en una caja metálica y tienen un fusible por conductor. Están diseñados para conducir corriente nominal por un tiempo indefinido y para soportar la de cortocircuito por periodos breves de tiempo.

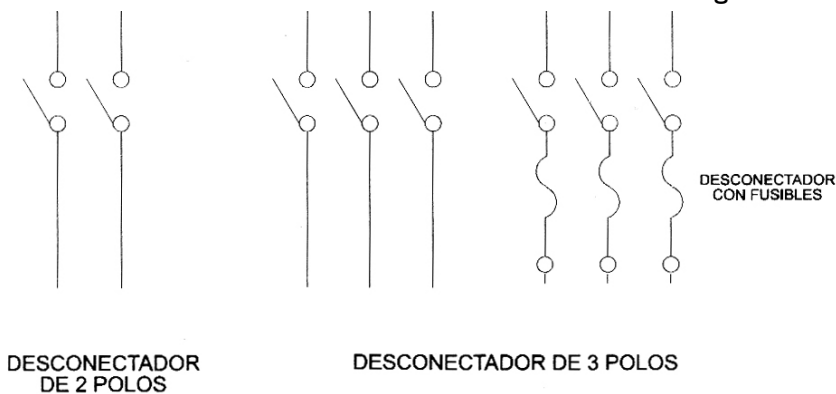


Fig.2.173 Desconectadores (switch)

Los circuitos de control están diseñados para desarrollar una función específica. La lógica, es la manera o forma en como funciona un circuito. Las funciones de lógica común se aplican a distintos circuitos eléctricos, los nombres para las funciones lógicas comunes incluyen **and**, **or**, **not**, **nor** y **nand**.

La función lógica depende de la relación entre las señales de entrada y salida de un circuito. Las entradas son los switches que arrancan o paran el flujo de corriente a las salidas. Las salidas son las cargas que usan la electricidad entregadas por los switches para producir trabajo. Las cargas típicas son; lámparas, motores, elementos de calefacción y selenoides.

Un circuito es activado cuando los contactos del switch son switcheados manualmente (estación de botones), mecánicamente (switch límite) o automáticamente.

A. Switch electrónico para los motores de inducción de arranque con capacitor:

Una tendencia muy definida de la evolución electrónica en los llamados sistemas de potencia, ha sido la sustitución de dispositivos, mecánicos con dispositivos electrónicos de estado sólido. La idea básica es, desde luego, mejorar la confiabilidad y también cambiar el comportamiento, pasando la operación mecánica de algunas componentes a operación electrónica.

Con relación a los motores de corriente alterna, algunas veces parece algo incongruente usar un switch centrífugo en los motores de inducción de arranque con capacitor, entonces se intenta eliminar los contactos del switch. El uso de contactos mecánicos ha sido común por muchos años, es confiable, pero ciertamente requieren de más mantenimiento.

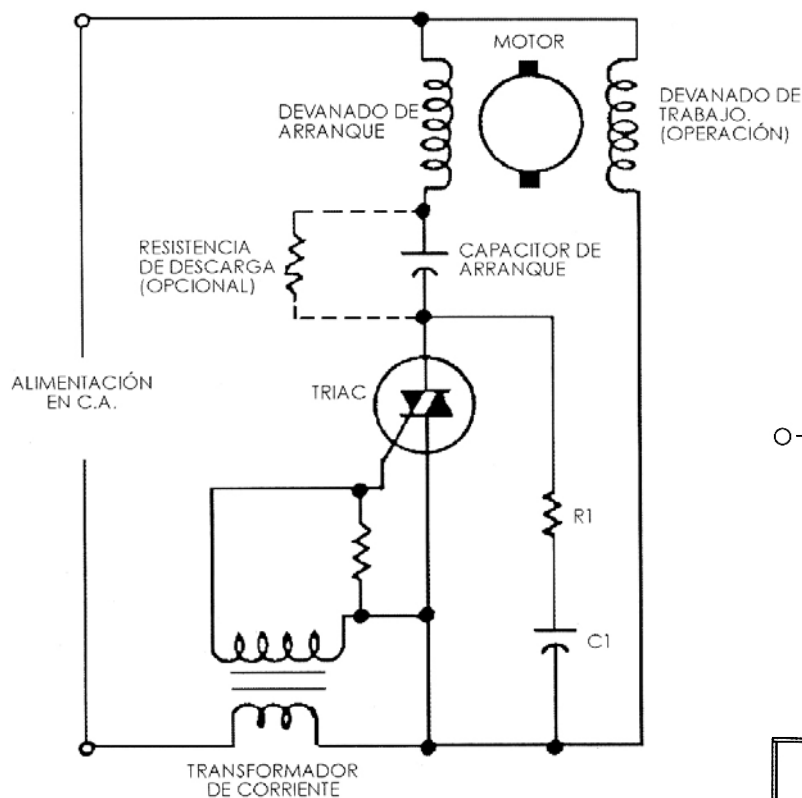


Fig.2.174 Switch electrónico (triac) para motores de inducción de arranque con capacitor.

por lo que los elementos que están sometidos al contacto sufren desgaste mecánico. Transmiten al sistema de control datos sobre la presencia-ausencia, el posicionamiento, etc.

La principal aplicación es la detección de apertura y cierre, para la detección de cualquier móvil, que pueda presentar contacto físico con el detector.

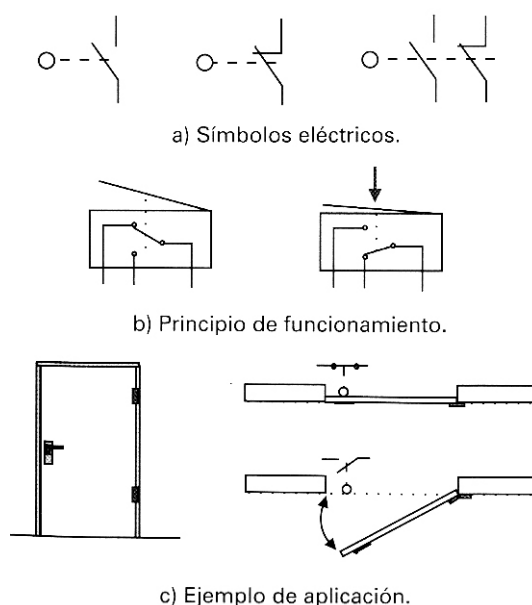


Fig.2.175 Final de carrera

2.17.4 DETECTORES DE FINAL DE CARRERA

Los detectores electromecánicos son dispositivos que ofrecen una salida libre de tensión, cuyo principio de funcionamiento es similar al de los pulsadores y su construcción física es adecuada para la detección de elementos móviles.

Algunos detectores electromecánicos son los de finales de carrera y los contactos de vigilancia.

El principio de funcionamiento de estos dispositivos es que presentan una posición estable, en ausencia de presión del objeto a detectar, y una posición inestable. Es necesario el contacto físico con el objeto a detectar,

A. SELECTORES DE FINAL DE CARRERA

Son aparatos destinados a producir un recorrido lineal y abrir o cerrar contactos en diferentes puntos de este recorrido. Estos intervienen siempre que se quiera parar una máquina o invertir el sentido de desplazamiento de un órgano de la misma. Por lo tanto estos finales de carrera han de ser de plena seguridad.

Importa, pues, que sean capaces en todo instante, de desempeñar el papel que se les encomiende. Son de realización muy diferente, según la naturaleza del órgano mecánico que los acciona. Así, pues, se distinguen:

Los de seguridad, llamados también de puerta. Son interruptores de final de carrera destinados a interrumpir o cerrar un circuito de mando cuando el desplazamiento de un determinado elemento móvil alcanza un valor límite prefijado.

El ángulo de trabajo de las levas puede variarse fácilmente mediante tornillos accesibles que al aflojarlos, permiten variar el desplazamiento de las levas hasta el punto deseado.

Los selectores de carrera constan principalmente, de un bloque de contactos colocado en el interior de una caja, accionados por un dispositivo de ataque que varía según la forma del órgano de accionamiento. Se componen esencialmente de un tambor de levas, las cuales accionan unos microinterruptores en función del número de revoluciones del mecanismo. Estos microinterruptores actúan sobre las bobinas de los contactores de acuerdo con los movimientos que se deseen controlar. En las figuras siguientes se muestran los distintos tipos de finales de carrera disponibles.

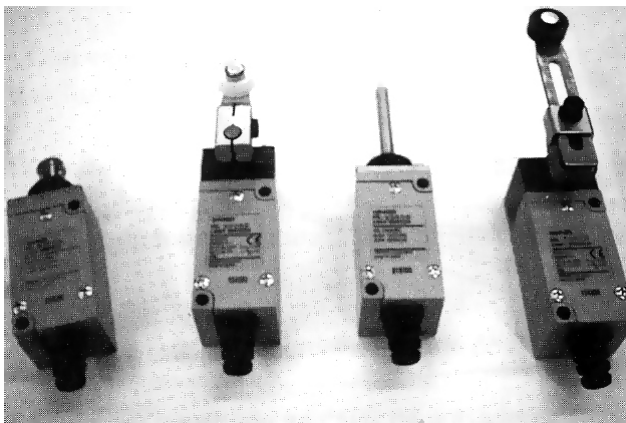


Fig.2.176 Distintos tipos de finales de carrera.

B. FINALES DE CARRERA DE LIRA

Son los particularmente empleados en mecanismos de elevación. Constan de un tambor en el que se acoplan dos levas regulables que accionan sendos contactos montados sobre barras aisladas y sujetas a la caja.

El eje del tambor de levas puede apoyarse al armario mediante casquillos de bronce o cojinetes de bolas. El rozamiento de las levas con los contactos se realiza a través de un rodillo de material plástico para evitar su desgaste.

Los contactos están ampliamente dimensionados para trabajar sobre las bobinas de los contactores, pero no para accionar directamente el motor.

2.17.5 SENSORES

Son elementos capaces de transformar la naturaleza de la magnitud que se desea controlar, como la temperatura, es más fácilmente tratable por el sistema de control, por ejemplo tensión o corriente eléctrica. El número de sensores disponibles para la medida de las distintas magnitudes físicas es tan elevado que no se puede proceder racionalmente a su estudio sin clasificarlos previamente de acuerdo con algún criterio.

Los criterios más comunes de clasificación son:

- Según el tipo de señal de salida.
- Según el aporte de energía.
- Según la magnitud de medida.

Según el tipo de la señal de salida los sensores pueden ser:

A. Sensores analógicos o continuos:

Proporcionan una señal de salida que depende directamente del valor de la magnitud medida, es decir, estos



sensores proporcionan una señal de salida continua, que puede variar en todo el margen de medida del sensor, en función del valor de la magnitud medida.

B. Sensores digitales o discretos:

En general, a diferencia de un sensor de tipo continuo, un sensor digital sólo proporciona un número finito de valores de salida que dependen de la magnitud medida. El caso mas simple de sensor digital es un sensor binario que solo presenta dos estados posibles de salida ("1" o "0") lo que proporciona información del tipo encendido-apagado, abierto-cerrado, On-Off, etc. El sensor digital por excelencia es el pulsador, que puede considerarse como un sensor de presión ya que cuando se ejerce la presión suficiente, el contacto cambia de posición.

Otra clasificación de los sensores se fundamenta en la necesidad de estos de aportación de energía externa para su funcionamiento. Así, según el aporte de energía los sensores se pueden dividir en moduladores o en generadores.

C. Sensores moduladores.

En los sensores moduladores o activos de la energía de la señal de salida procede en su mayor parte de una fuente de energía auxiliar. Un claro ejemplo de estos sensores es la resistencia RTD, ya que para su funcionamiento es necesaria una alimentación de tensión que permita la conversión de variación de resistencia en una variación de corriente o tensión.

D. Sensores generadores.

En los sensores generadores la energía de salida es suministrada por la entrada. Un ejemplo de estos sensores son los termopares, que no necesitan alimentación externa para suministrar una tensión

que depende de la temperatura de su unión. La principal clasificación de los sensores se realiza en función de la magnitud que es capaz de medir. Entre los principales se encuentran:

- 1) Sensor de temperatura.
- 2) Sensor de luminosidad.
- 3) Sensor de presión.
- 4) Sensor de humedad.
- 5) Sensor de posición.
- 6) Sensor de gas.

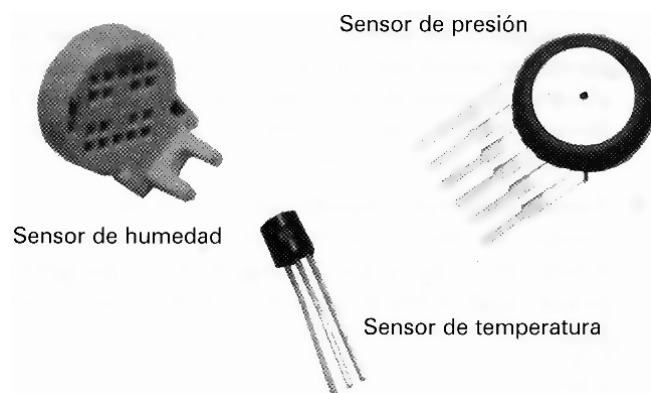


Fig. 2.177 Construcción externa de algunos sensores convencionales.

2.17.6 GUARDANIVELES

Es llamado también interruptor de flotador, este es un switch de baja potencia de mando que convierte una acción de tipo mecánico dada por el nivel o posición del agua, en una señal eléctrica que actúa sobre el motor para arrancar o parar. Su uso más frecuente se encuentra en equipos para bombeo o bien del tipo hidroneumático y su función principal es mantener los valores límite (definidos por el límite máximo y el límite mínimo) en cisternas o depósitos de agua.

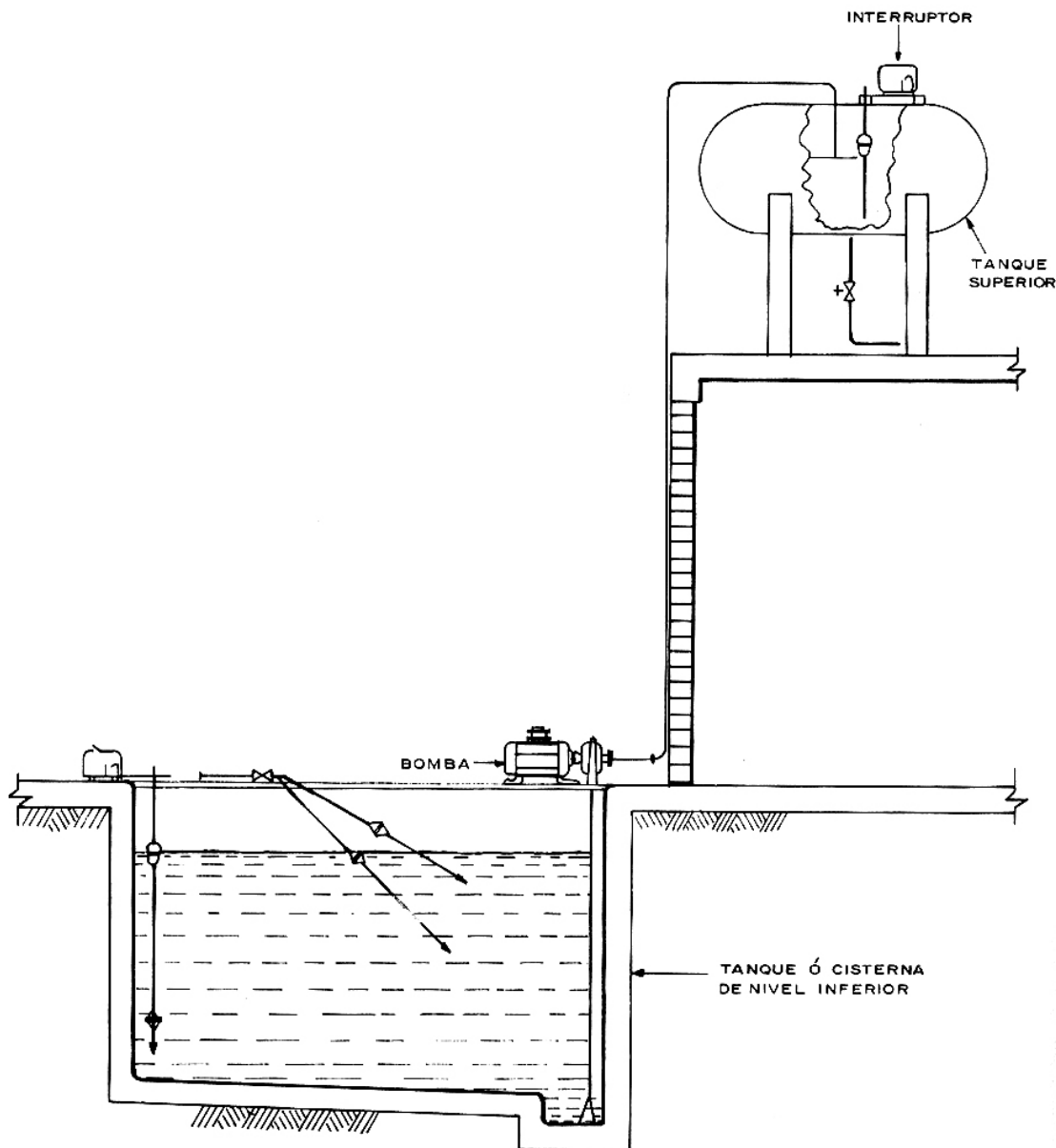


Fig.2.178 Aplicación de interruptores de guardaniveles.

Existen distintas versiones constructivas de estos interruptores, pero todos se basan en el mismo principio y están constituidos por un conjunto de contactos que se accionan de alguna forma por dispositivos mecánicos, ajustando los rangos de apertura y cierre de estos contactos.

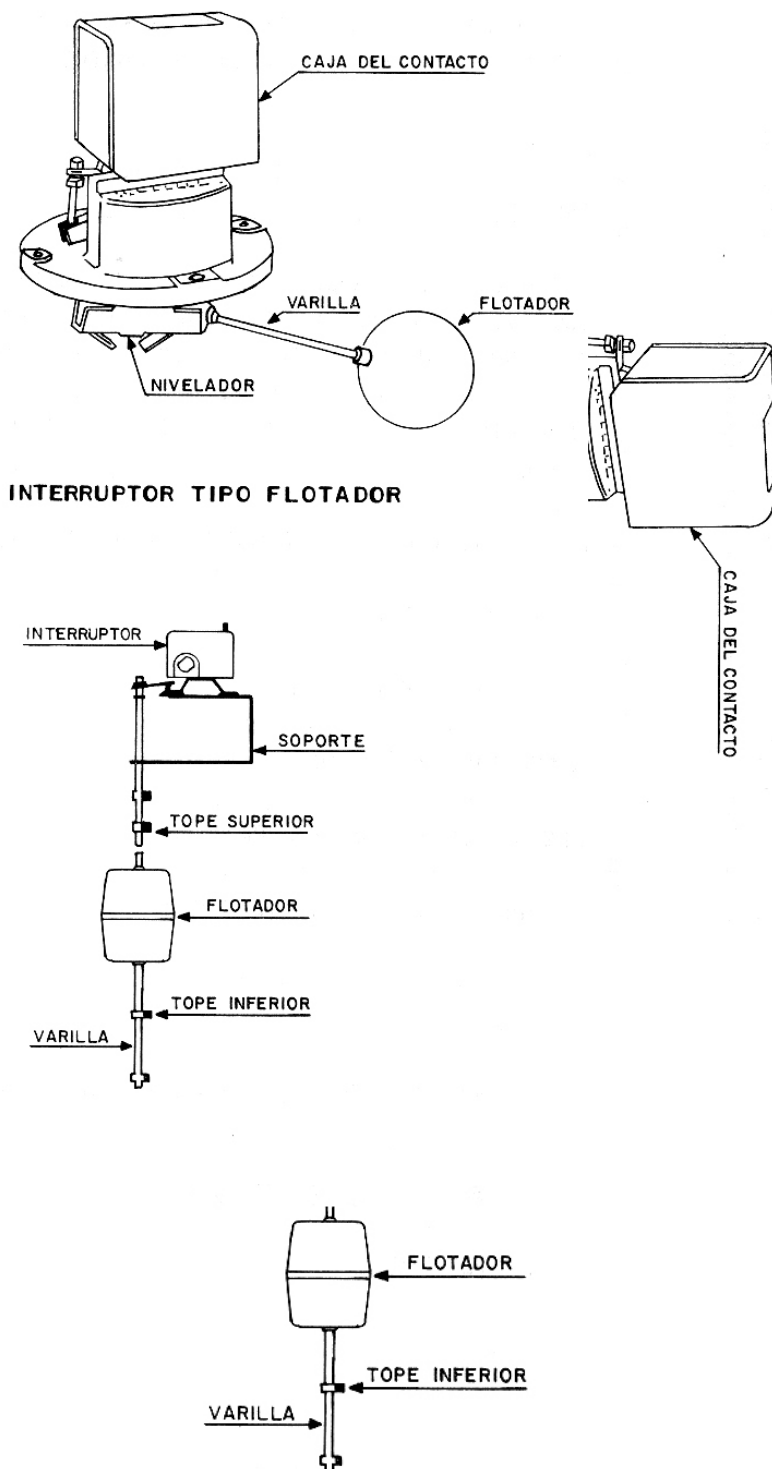


Fig.2.179 Detalle de la instalación de un interruptor de flotador.

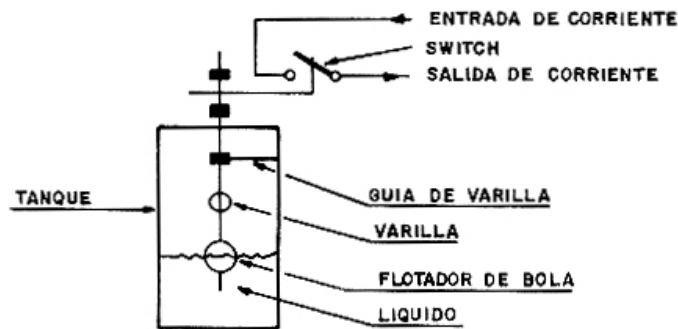


Fig.2.180 Diagrama de operación de un switch flotador.

2.17.7 CONSERVACIÓN

Cuando se trata de accesorios de los controladores de motores, se deben comprender y usar correctamente estos dos términos. Los términos protección de sobrecorriente y protección contra sobrecarga, de igual manera son importantes en las instalaciones eléctricas con el control de motores.

Se debe instalar una protección contra sobrecorriente en el circuito de fuerza o potencia para proteger los conductores que alimentan al motor, y pueden ser fusibles o interruptores termomagnéticos, en tanto que la protección contra sobrecarga se instala en el circuito para proteger los devanados del motor y puede existir en la forma de relevadores de sobrecarga o elementos térmicos.

partes del cuerpo estén sometidas a distinto potencial.

- No efectúe maniobras en circuitos que no estén bajo control.
- No manipule nunca un circuito cuando este bajo tensión.
- Toda instalación sobre la cual se trabaje debe estar correctamente señalizada, y debe disponer de los cerrojos de seguridad que establecen las normas de seguridad.
- No manipule los accesorios o contactos bajo tensión. Todo accionamiento debe hacerse siempre por medio de sus propios dispositivos de accionamiento.
- Verifique que el color y el marcado de todos los conductores sea el correcto.
- Protéjase contra **el arco eléctrico** (ya que afecta a los órganos visuales y a las superficies corporales próximas al arco) utilizando gafas protectoras.



2.17.8 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Una maniobra supone la modificación de una varias condiciones de explotación de la red eléctrica y en numerosas ocasiones se realiza en circuitos en tensión. Para llevar a cabo una maniobra es necesario utilizar los elementos protectores adecuados. En función de los efectos nocivos posibles se distinguen entre:

- Protéjase contra el paso de corriente a través del cuerpo, utilizando guantes aislantes, y evite que dos

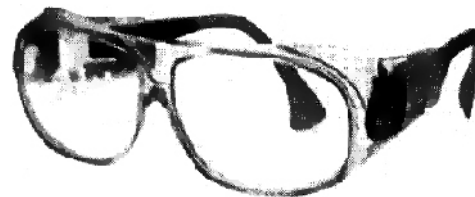
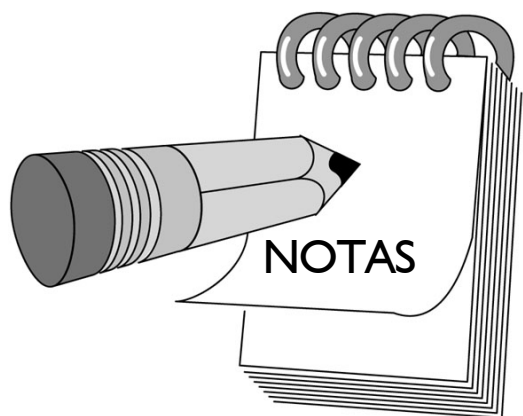


Fig.2.181 Gafas protectoras.

[illegible]This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

2.18 PROCESO DE CIRCUITOS ESPECIALES DE MOTORES

En esta unidad estudiará lo relativo a los llamados bloqueos, secuencias para instalaciones múltiples de motores, así como de las áreas peligrosas que se deben tratar como circuito especiales, en virtud de que intervienen otros elementos no convencionales.

2.18.1 TÉCNICAS DE CIRCUITOS ESPECIALES DE MOTORES

A continuación se indican varias de las técnicas especiales para arrancar motores, preferentemente del tipo trifásico.

A. ARRANQUE DE UN MOTOR CON DEVANADO PARTIDO (PART-WINDING)

Potencia: Este tipo de motores arrancan en dos etapas, la primera de las cuales utiliza solo la mitad del devanado del motor, aportando la mitad de la potencia total. El seccionador portafusibles de cabecera se puede sustituir por un disyuntor automático. Nótese la necesidad en este tipo de motores de instalar dos protecciones contra sobrecargas puesto que existen consumos nominales diferentes en cada una de las etapas del arranque. Se recomienda el uso de dos relés térmicos y un disyuntor magnético en cabecera. El calibre de los relés térmicos es la mitad de la intensidad nominal ($I_n / 2$)

Control: Se ha omitido una protección contra cortocircuitos del circuito de control, necesaria individualmente o colectivamente para varios circuitos de control, mediante fusibles o mediante aparatos magnetotérmicos. El arranque se realiza mediante un pulsador de marcha y en paralelo un contacto de cierre para mantener accionado el contactor de la primera etapa una vez soltemos el pulsador. La segunda etapa del arranque se produce transcurrido un tiempo ajustable mediante un temporizador neumático montado mecánicamente encima del contactor de la primera etapa.

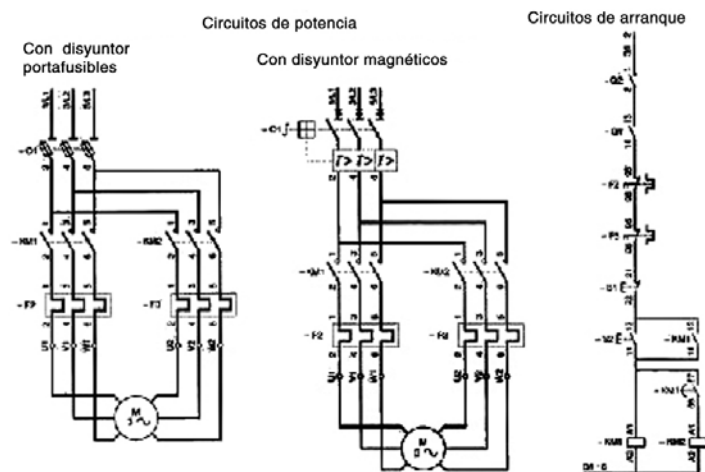


Fig.2.182 Circuito de arranque de un motor en devanado partido (part-winding)

B. TRASFORMADORES DE CONTROL

Los transformadores reductores de control se instalan cuando los componentes del circuito de control diseñados para el voltaje nominal de alimentación. El voltaje primario del transformador es el voltaje de la línea de alimentación en tanto que el secundario, es el requerido para las componentes de control. En la siguiente figura se muestra la disposición física del circuito de fuerza y el de control, así como el esquemático para la instalación de un motor trifásico con transformador de control, para obtener bajo voltaje en el circuito de control.

ALIMENTACION TRIFASICA A 440 VOLTS.

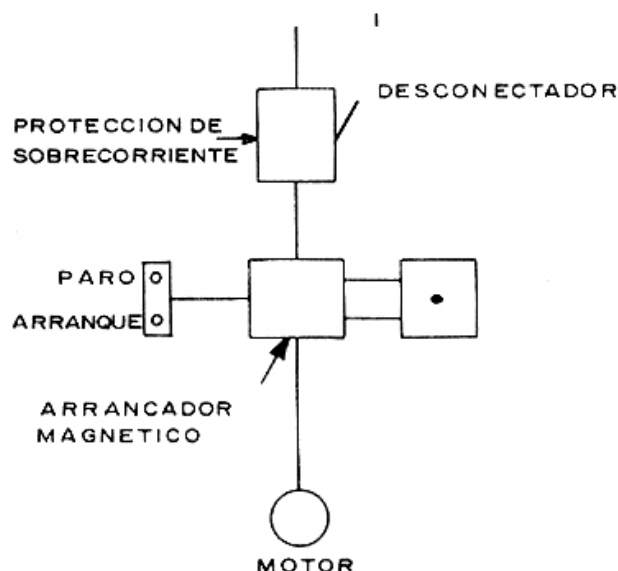


Fig.2.183 Disposición física para el circuito de fuerza y de control para la instalación de un motor con transformador de control.

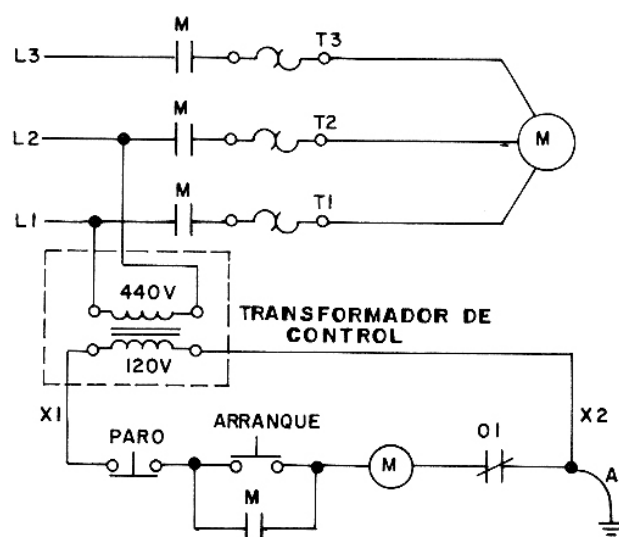


Fig.2.184 Diagrama esquemático de la instalación de un motor con transformador de control.



2.18.2 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Las siguientes medidas de seguridad le serán útiles para el trabajo con líneas de alta tensión:

- Debe ser parte de su rutina usar guantes de hule y zapatos de suela de hule o botas, especialmente si está trabajando alrededor de la electricidad en un ambiente normal o mojado.
- Antes de realizar las conexiones de los circuitos, desconecte todas las partes sometidas a tensión.
- Asuma que todos los cables no están protegidos y que el contacto con una línea de alta tensión puede resultar en la muerte por electrocución.
- No use escaleras de metal, tubos, cables o antenas cerca de líneas de alto voltaje.
- No toque o se acerque a líneas de alto voltaje que hayan caído al suelo.

Al medir el trabajo eléctrico, aplique las siguientes medidas de seguridad:

- Asegúrese que son correctas las conexiones que realizó de acuerdo al diagrama del circuito.

- Conecte los aparatos de medición antes de encender la fuente de alimentación del circuito.
- No haga cambios en las conexiones con el circuito energizado.
- Realice correctamente las mediciones con los aparatos.
- Asegúrese de que el cronómetro se active al mismo tiempo que la máquina, y que se apague de igual manera.
- Asegúrese de que la escala utilizada para hacer la medición, en los aparatos de medición, sea adecuada.
- Cuando trabaje con corriente alterna tome en cuenta el factor de potencia.



2.18.3 PROTECCIÓN AMBIENTAL

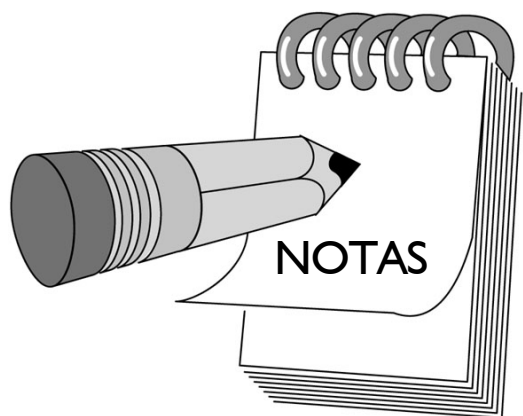
- Los transformadores sometidos a tensión por lo general emiten vibraciones y el nivel de ruido es

excesivo por ello es necesario protegerse el aparato auditivo.

- Cuando el nivel de ruido en un puesto o área de trabajo sobrepase los 80 decibeles (db) será obligatorio el uso de elementos o aparatos individuales de protección auditiva.
- La protección de los pabellones del oído, los elementos de protección auditiva serán siempre de uso individual. Vea la figura siguiente.



Fig.2.185 Protección auditiva individual.

[illegible][illegible]



ACTIVIDADES

1. MEDIDAS DE SEGURIDAD PERSONAL Y PROTECCIÓN AMBIENTAL

Elabore un listado de las medidas de seguridad personal y de protección ambiental que usted considera deben observarse durante la instalación y mantenimiento de motores monofásicos y trifásicos, relacionadas con el uso del equipo, herramientas, materiales e instalaciones de trabajo en la empresa. Luego, escríbalas en una hoja de rotafolio y déjela en un lugar visible dentro del aula o del taller donde se realiza la capacitación.

2. TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO DE MOTORES TRIFÁSICOS

En grupos de cinco participantes, realicen una demostración sobre la forma en la que debe realizarse el proceso de mantenimiento de motores trifásicos, considerando todos los pasos que esto conlleva. Deben auxiliarse de la maquinaria, equipo y herramienta necesarias para el efecto.

3. CONEXIONES TRIFÁSICAS

Presenten un informe escrito al facilitador, indicando cada una de las fases del proceso, con sus respectivas conclusiones.

1. El facilitador organizará grupos de 4 participantes y sorteará 4 tipos diferentes tipos de conexiones para el arranque, parada y cambio de giro de un motor trifásico, utilizando:
 - a. Cuchillas desconectoras.
 - b. Guardamotor
 - c. Interruptores
 - d. Conexión Estrella -Delta
2. Realicen una demostración sobre la forma en la que debe realizarse el proceso de conexión, en un tiempo máximo de 15 minutos, considerando todos los pasos que esto conlleva. Deben auxiliarse de la maquinaria, equipo y herramienta necesarias para el efecto.
3. Elaboren el diagrama de la conexión según lo indicado en este manual.

4. Identifiquen las características más importantes de la conexión asignada, al finalizar anótenlas en una hoja de rotafolio y péguenla en la pared del taller donde realizan la práctica.

5. Presenten un informe escrito al facilitador, indicando cada una de las fases del proceso, con sus respectivas observaciones, investiguen si existe una forma alternativa de efectuar este proceso y descríbanla.

4. TIPOS DE SENSORES

En grupos de tres participantes, realicen una investigación bibliográfica sobre los tipos de sensores que existen, de acuerdo a la siguiente clasificación:

- a. Según el tipo de señal de salida (analógicos, digitales),
- b. Según el aporte de energía (moduladores, generadores).
- c. Según la magnitud de medida (temperatura, luminosidad, presión, humedad, posición, gas, etc.).

Indiquen lo siguiente:

- Definición y descripción de cada uno de los tipos de sensores.

- Función de cada uno de los sensores.
- Explicación de la aplicación de cada uno de los sensores.

Deben entregar un reporte a su facilitador con los resultados de su investigación.

5. FALSO VERDADERO

Escriba una **F** entre los paréntesis situados al final de cada proposición, si la proposición es falsa, o una **V** si es verdadera. Compare sus respuestas con el contenido del manual.

1. La prueba de corto circuito se lleva a cabo para determinar experimentalmente, el valor de la tensión nominal de un motor.....()
2. El envejecimiento del aislamiento es un proceso químico que ocurre más rápidamente a temperaturas más bajas.....()
3. El Nivel Básico de Aislamiento (BIL) el cual es un tipo de aislamiento capaz de proteger de un impulso de alto voltaje, por ejemplo de 110 voltios.....()

4. Las plantas deshidratadoras de zeolita se usan ampliamente para el secado de la pintura de los motores eléctricos()

5. Los contactos se limpian de humedad y polvo e impurezas mecánicas o partículas, haciendo girar el aceite a alta velocidad con un aparato llamado integrador centrífugo.....()

6. El motor Compound tiene como característica principal, el ser compacto, o sea, la parte activa y los aisladores están dispuestos de tal manera, que su apariencia externa es la de una mini-subestación.....()

7. La medición de la resistencia de aislamiento se efectúa por lo general, con un aparato llamado TTR.....()

8. La humedad, la elevación de la temperatura y los ambientes corrosivos y contaminados, son los principales enemigos de un motor.....()

9. Existen tres tipos de mantenimiento aplicados los motores eléctricos, estos son: predictivo, programado y registrado.....()

6. COMPLETANDO ORACIONES

Pruebe sus conocimientos completando las siguientes oraciones, compare sus respuestas con el contenido de la unidad 2:

1) Tenga siempre en cuenta que la maniobra de _____ para ajustar las tensiones, ha de efectuarse cuando el aparato está totalmente fuera de servicio, con el primario y el secundario desconectados.

2) La prueba de _____ se lleva a cabo para medir las pérdidas en el hierro, a la tensión nominal de funcionamiento.

3) La temperatura superior del motor nunca debe exceder de _____ °C., la consecuencia de sobrepasar estos límites podría ser que el motor entre en cortocircuito, tenga baja eficiencia, etc.

4) Las _____ debidas a sobrecargas atmosféricas establecen sin duda, la situación más difícil para los aislamientos del motor.

5) La prueba de potencial aplicado, tiene como propósito verificar la capacidad de los _____ a resistir sobretensiones de 60 Hz, entre los elementos conectados al contactor bajo prueba y las partes aterrizadas.



RESUMEN

El mando de los motores eléctricos consiste en realizar el arranque, la regulación de velocidad, el frenado, la inversión del sentido de marcha, así como también, el mantenimiento en operación de los mismos.

En los casos más sencillos el arranque, la regulación de velocidad y el frenado, se realizan por medio de dispositivos accionados manualmente: interruptores de cuchillas, guardamotors, interruptores de polos, reóstatos de arranque y de regulación, combinadores, etc. Estos dispositivos son llamados mandos manuales. En los sistemas de potencia elevada, el mando manual resulta difícil y en ocasiones, imposible de utilizar a causa de los grandes esfuerzos necesarios para asegurar la maniobra de los aparatos. Los controles manuales se han clasificado según las Normas NEMA, donde se analizan las características de estos, de acuerdo a su construcción y tipo de aplicación. El mantenimiento apropiado de estos controles depende de su vida útil

En todas las instalaciones eléctricas industriales donde se utilicen motores eléctricos, la instalación de los mismos, requiere del uso de medios de conexión y desconexión, así como de control.

El control de motores eléctricos está asociado al estudio de los dispositivos eléctricos que intervienen en el cumplimiento de las funciones que realiza la maquinaria rotativa propiamente dicha, por tanto, es necesario protegerlo y asegurarse de que el motor no falle.

Los controladores de un motor eléctrico son dispositivos que se utilizan normalmente, para arrancar un motor en forma determinada, en condiciones normales de operación, y pararlo cuando así se requiera.

El controlador puede ser un simple desconectador para arrancar y parar el motor (switch), puede ser también una estación de botones para arrancar al motor en forma local o a control remoto, puede ser un dispositivo que arranque al motor por pasos o invierta su sentido de rotación o bien, haciendo uso de las señales de los elementos a controlar, como pueden ser la temperatura, presión, nivel de líquidos o cualquier otro cambio físico que se requiera para arrancar o parar un motor y que evidentemente, provean de un mayor grado de complejidad al circuito de control.

El principio de operación de estos componentes (controles) es básicamente el mismo y su tamaño varía, dependiendo del tamaño del motor que van a controlar, entre los principales elementos de control están: los desconectadores (switches), interruptores termomagnéticos, relevadores, estación de botones, contactores, fusibles, lámparas, switch de nivel, autotransformadores, etc.

Debe tomarse en cuenta la protección de cortocircuito y contra sobrecarga de los motores, para ello se utilizan interruptores y protectores térmicos, la cantidad de estos está en función de la tensión nominal, y de la cantidad de maniobras a las que estos son sometidos.

Los arranques pueden ser de tipo manual y electromagnético, pueden utilizarse distintos dispositivos, de acuerdo al tipo de motor (monofásicos o trifásicos).



Los dispositivos auxiliares son utilizados en los circuitos eléctricos que muestran el estado del motor eléctrico, o simplemente avisan de alguna maniobra que se debe realizar o se ha realizado, así como de los problemas que pueden surgir en el circuito, tanto de mando como de potencia. El buen funcionamiento y mantenimiento de los dispositivos que constituyen los controles de mando, son importantes para asegurar la vida de los operadores y de la máquina, así como también, proteger el ambiente.

Los motores eléctricos constituyen una de las principales fuentes de energía mecánica para las distintas aplicaciones industriales, comerciales y de la vida diaria; por lo que se debe considerarse como elementos importantes esenciales y costosos, para la operación de una industria, por tanto, es necesario el diseño, construcción, instalación y mantenimiento del equipo, necesario para controlar a estos motores, en función de la aplicación a desarrollar.

El “Control del motor” se refiere básicamente a las funciones disponibles de un controlador de motor y a la forma como es aplicado, como por ejemplo, el control de velocidad, inversión de sentido de rotación, aceleración, desaceleración, arranque y parada.

Los contactores se emplean para el mando local o a distancia de máquinas de cualquier género. Sobre todo, se utilizan en los sistemas de mando en los que la potencia de acoplamiento y la frecuencia de maniobras plantean exigencias severas. El contactor resulta un elemento indispensable en la automatización, para el mando de las secuencias de trabajo, puede llegar hasta 5,000 conexiones por hora, pudiendo también cortar intensidades de corriente del orden de 10 a 15 veces la intensidad nominal del aparato, cosa imposible de realizar con un interruptor manual.

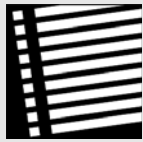


EVALUACIÓN

1. Un relevador de tipo _____ es también conocido como un relevador de sobrecarga:
A) Térmico
B) Magnético
C) Electromagnético
D) Neumático
2. Los contactos _____ están diseñados para abrir y cerrar los circuitos de potencia:
A) Auxiliares
B) Principales
C) Electromagnético
D) Hidráulicos
3. Contactores _____ que por el tipo de accionamiento, pueden accionarse por la presión de un gas (nitrógeno, aire, etc.):
A) Electromagnéticos
B) Electromecánicos
C) Neumáticos
D) Hidráulicos
4. Los controladores manuales o magnéticos de corriente _____ con ruptura al aire y sumergidos en aceite, para servicio a 600 volts o menos, son capaces de interrumpir sobrecargas de operación hasta de 10 veces.
A) Continua
B) Alterna
C) Mixta
D) Directa
5. Los fusibles deben ser reemplazados después de que operan una falla, en caso contrario pueden producir un (a) _____ en motores trifásicos.
A) Cortocircuito
B) Sobretensión
C) Sobrecarga
D) Operación monofásica
6. Los fusibles categoría _____, también llamados fusibles lentos o de acompañamiento, son apropiados para proteger receptores de sobre intensidades y cortocircuitos.
A) “g”
B) “b”
C) “a”
D) “f”
7. Los _____ son dispositivos de control piloto para el motor, que protegen al operador de condiciones inseguras.
A) Microswitches
B) Switches
C) Desconectores
D) Guardamotors
8. El interruptor _____ es utilizado para arrancar el motor en forma manual, su función es abrir y cerrar el paso de la corriente en 3 fases al mismo tiempo.
A) Bipolar
B) Termomagnético
C) De presión
D) Tripolar

9. La pérdida de energía en un motor denominada _____, es debida a la circulación de corrientes en los bobinados y depende del estado de carga del transformador.
- A) Corrientes de Foucault
 - B) Histéresis
 - C) Voltajes de Faraday
 - D) Efecto Joule
10. La corriente _____ es la máxima corriente que puede mantener un accesorio eléctrico sin que supere la máxima temperatura, sin que se produzca ningún tipo de deterioro.
- A) De sobrecarga
 - B) Nominal
 - C) De servicio
 - D) De cortocircuito
11. El _____ es un dispositivo utilizado para evitar corrientes elevadas de arranque en motores trifásicos con carga, y permite elevar el par de arranque del motor.
- A) Interruptor de dos polos
 - B) Guardamotor
 - C) Interruptor de tres polos
 - D) Conmutador estrella triángulo
12. Los contactores _____ son accionados por medio de resortes, balancines, etc.
- A) Electromecánicos
 - B) Electromagnéticos
 - C) Neumáticos
 - D) Hidráulicos
13. De acuerdo a los colores normalizados para lámparas y pulsadores, el color _____ se aplica a una intervención para interrumpir condiciones anómalas o no deseadas.
- A) Rojo
 - B) Negro
 - C) Amarillo
 - D) Verde
14. En las luces piloto y pulsadores, el color _____ significa accionamiento en caso de peligro y se aplica en paros de emergencias y extinción de incendios.
- A) Azul
 - B) Rojo
 - C) Negro
 - D) Verde
15. El _____ reacciona ante la corriente de sobrecarga protegiendo el motor, se localiza normalmente en forma externa al motor, y es utilizado para activar alarmas o circuitos interruptores:
- A) Guardamotor
 - B) Fusible
 - C) Relé
 - D) Contactor
16. El tiempo que tarda un conductor en alcanzar una temperatura peligrosa, se calcula con la fórmula _____.
- A) $t = \frac{Q_{\max}}{R \cdot I^2}$
 - B) $t = \frac{Q_{\max}}{R^2 \cdot I}$
 - C) $t = \frac{Q_{\min}}{R \cdot I^2}$
 - D) $t = \frac{R \cdot Q_{\max}}{I^2}$

17. Para un motor trifásico de inducción de 8 HP, 220 V y letra de clave L, las corrientes mínima y máxima de arranque posible son de _____ y _____ A respectivamente.
- A) 72.0 - 79.92
 - B) 180 - 201.4
 - C) 188.9 - 209.7
 - D) 62.0 - 71.50
18. Para un motor trifásico de inducción de 5 HP, 220 V y con letra de código G, la máxima corriente de arranque, como una relación de corriente nominal, es de _____ A.
- A) 7.23
 - B) 5.50
 - C) 4.97
 - D) 6.48
19. Los _____ llamados interruptores de flotador, convierten una acción mecánica dada por el nivel del agua en una señal eléctrica, que actúa sobre el motor para arrancar o parar.
- A) Detectores final de carrera
 - B) Microswitches
 - C) Guardaniveles
 - D) Relés
20. Los _____ son dispositivos electromecánicos diseñados para la detección de elementos móviles, al tener contacto físico con el objeto a detectar.
- A) Sensores
 - B) Microswitches
 - C) Guardaniveles
 - D) Detectores final de carrera



GLOSARIO

Arco eléctrico: Efecto producido al circular la corriente a través del aire.

Arco de ruptura: Arco producido cuando se rompe el medio o medios en los cuales se realizó la conexión.

Arranque secuencial de motores: El control secuencial se refiere al arranque de un motor después de otro en un orden predeterminado, por ejemplo, un sistema de transformadores compuesto por cuatro secciones, las secciones deben arrancar en el orden o la secuencia correcta. Si por alguna razón el motor no arranca, el siguiente motor tampoco lo hará.

Asfixia: Sofocación causada por la falta de oxígeno en todos los órganos, que afecta principalmente al cerebro.

Bimetálico: Palabra compuesta por el prefijo “bi” y metálico que significa compuesto por dos metales.

Bobina: Componente de los circuitos eléctricos formado por un hilo conductor aislado y arrollado repetidamente, en forma variable, según su uso.

Bobinado del estator: Arrollado correspondiente al estator (parte estática del motor).

Caballo de fuerza: Medición de potencia en un motor, equivalente a 746 W.

Campo magnético rotativo: Campo magnético generado en los bobinados del estator, producido al alimentar un motor con corriente alterna trifásica, desplazada 120°.

Carcaza: Parte metálica exterior del motor que protege y aísla el motor, de las partes eléctricas; es el encargado de sostener a los escudos, ubicados en la parte lateral del motor.

Ciclo de una onda sinusoidal: Se describe en términos de sus alteraciones, una positiva y otra negativa. Período de tiempo en el que se verifica una serie de acontecimientos o fenómenos hasta llegar a uno, a partir del cual, vuelven a producirse en el mismo orden.

Conexión: Unión o enlace efectuada para energizar uno o varios elementos.

Conmutador: Componente eléctrico utilizado para que una corriente cambie de conductor, que consiste de un conjunto de láminas de cobre llamadas delgas, aisladas entre sí y conectadas a las bobinas del inducido; sobre dicho conjunto rozan las escobillas que conducen la corriente del inducido.

Contactador: Elemento electromagnético, que consta de una bobina, contactos principales y en algunos casos, de contactos auxiliares.

Corrientes de cortocircuito: Corrientes que aparecen en un circuito cuando ocurre una unión entre dos o más fases o entre una fase y el neutro. Toma valores muy grandes en tiempos muy pequeños.

Corrientes de sobrecarga:

Corrientes que aparecen durante el funcionamiento normal de las instalaciones, cuando la potencia que absorben los aparatos supera a la prevista para los conductores. El efecto térmico que producen se manifiesta a lo largo del tiempo, produciendo deterioros muy graves. Se necesita de una protección que corte el paso de la corriente.



Cos ϕ : Coeficiente denominado factor de potencia; es una medida del desfase entre la corriente y tensión eléctrica.

Desexcitación: Acción que consiste en quitar la excitación o la corriente eléctrica de alimentación de un elemento.

Deslizamiento: Efecto producido en un motor trifásico de inducción, en donde la velocidad del motor es menor a la velocidad síncrona.

Enchapado ranurado: Estructura en forma apilada, construida con material ferromagnético.

Escudo: Parte del motor que sostiene los cojinetes y permiten que gire el motor.

Estator: Parte estacionaria de un motor eléctrico.

Fusión: Proceso por el que se destruye el contactor, debido a las altas temperaturas que en él se generan.

HP: Siglas en inglés Horse Power inscritas en la placa del motor, que indican la potencia que caracteriza al motor.

Instalación: Unir o empalmar terminales en un lugar determinado, para realizar un circuito eléctrico.

Interruptor tripolar: Interruptor provisto de tres polos

Jaula de ardilla: Rotor de un motor que tiene rotor con forma de jaula, en cortocircuito.

Laminaciones: Polos de campo fabricadas con hierro, en paquetes de láminas delgadas, que soportan a los devanados de campo.

Mantenimiento: Conjunto de acciones que se deben de llevar a cabo para evitar posibles daños a los equipos.

Máquina eléctrica: Aparato alimentado con o genera corriente eléctrica, para desarrollar un trabajo.

Motor: Aparato generador de fuerza que proporciona movimiento a una máquina o mecanismo.

Motor Asíncrono: Motores eléctricos donde el rotor gira a distinta velocidad que el campo magnético giratorio del estator.

Motor Síncrono: Motor en donde el rotor gira a la misma velocidad que el campo magnético giratorio del estator.

Período T: Medida del tiempo en segundos; es el inverso de la frecuencia en Hertz.

Polos: Partes magnéticas de un imán o electroimán.

Reactancia: Oposición que presentan las bobinas y los condensadores al paso de la corriente eléctrica alterna.

Reenganche: Conexión inmediata, posterior a una desconexión.

Rendimiento η : Relación que existe entre una señal de salida respecto a una de entrada.

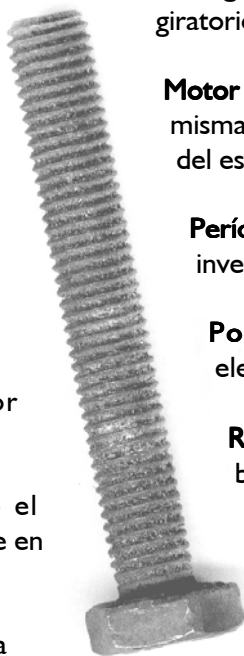
Rotor: Parte giratoria de un motor.

Sobreintensidad: Valor excesivo de la intensidad en un conductor o un receptor, puede ser debido a una sobre carga o un cortocircuito. Es toda corriente cuyo valor es superior al nominal.

Tacómetro de mano: Instrumento de medición de las revoluciones que da un motor.

Temporizadores: Dispositivos que permiten evaluar el tiempo transcurrido desde el cumplimiento de una condición determinada.

Tensión estatórica: Voltaje que se encuentra en el estator.



Tensión nominal: Voltaje con que opera un equipo, herramienta o máquina.

Timer (Temporizador): Dispositivo eléctrico o electrónico que se utiliza en las maniobras de contactores, en las que se exigen tiempos de retardo en desconexión o retardo en conexión.

Velocidad: Relación que se tiene de un desplazamiento en factor del tiempo.



ANEXO

TEMPORIZADORES

Los **temporizadores** son dispositivos que permiten evaluar el tiempo transcurrido desde el cumplimiento de una condición determinada.

Se puede definir la temporización como un retardo calculado de la ejecución de una acción. En diversas operaciones y procesos industriales, se deben retardar ciertas acciones, de una duración bien definida. Desde la electrificación de la empresa industrial, estas acciones están comandadas por el cierre o la apertura de un contacto: de aquí, la importancia de los relés temporizadores. La precisión de los retardos tiene una gran influencia sobre la calidad de los productos obtenidos; por ejemplo, en soldadura eléctrica, la calidad de cada punto de soldadura depende de la exacta duración del paso de la corriente.

Existe un gran número de sistemas de temporización, basados en diferentes principios físicos; cada uno de estos sistemas, cubre una zona de retardos diferentes. Según las Normas (VDE), los sistemas de temporización se clasifican de acuerdo al tipo de contactos y el accionado por un órgano motor,

1) Sistemas basados en la temporización de los propios contactos. En este caso, un relé puede comprender, simultáneamente, uno o varios contactos temporizados eventualmente, con retardos diferentes y uno o varios contactos de acción instantánea. Dentro de estos sistemas, se incluyen los siguientes:

- a) De temporización neumática
- b) De temporización electromecánica.

2) Sistemas basados en la temporización por un órgano motor. En este caso, todos los contactos están temporizados, para un mismo valor de retardo. Se incluyen los siguientes sistemas:

- a) Temporización magnética
- b) Temporización electrónica
- c) Temporización térmica
- d) Temporización mecánica

A. CARACTERÍSTICAS COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS DE TEMPORIZACIÓN

Todos los relés temporizados tienen las siguientes características generales:

1) Tipo de temporización. Para simplificar la explicación, se tomará como ejemplo un relé electromagnético, cuya bobina (circuito de mando) está en reposo o excitada, mientras que sus contactos (circuitos mandados), están en estado de reposo o de trabajo, bajo estas condiciones y tal como se ilustra en la gráfica siguiente, se trazan los diagramas de funcionamiento, en los que el tiempo se localiza en las abscisas (ejes x), y el estado de los aparatos en las ordenadas (ejes y); en dicha figura se pueden distinguir tres tipos principales de temporización:



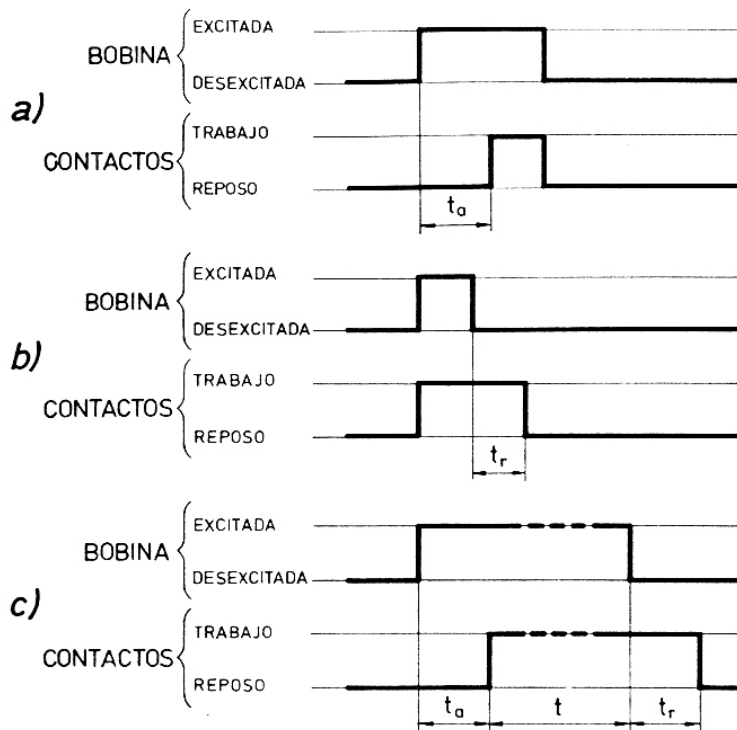


Fig. A1 Diagramas de funcionamiento de diversos tipos de relés temporizados. a) Temporización con retardo a la conexión; b) Temporización con retardo a la desconexión; c) Temporización con retardo a la conexión y a la desconexión.

A) Retardo de la atracción de la armadura. Llamado también de retardo de conexión o relé de acción diferida (Figura A1a). Los contactos pasan de la posición de reposo a la de trabajo, con un retardo t_a , con relación al principio de la excitación de la bobina. Cuando no está alimentada, los contactos quedan en reposo.

B) Retardo de la desexcitación de la armadura. También llamado retardo a la desconexión o relé de minutería (Figura A1b). Cuando se alimenta la bobina, la armadura es atraída y los contactos basculan. Cuando cesa de alimentarse la bobina, los contactos no vuelven inmediatamente al estado de reposo, sino que lo hacen con un retardo t_r .

C) Retardo a la atracción y a la desexcitación (Figura A1c), es la combinación de los casos precedentes. Es de notar que el retardo a la desexcitación solamente puede realizarse, si existe una reserva de energía, que se ha constituido durante la puesta en tensión del relé, con el objeto de prolongar su funcionamiento. Esta energía puede adoptar diversas formas:

- a) Mecánica: compresión de un gas o de un resorte (temporización neumática)
- b) Magnética: relés de manguito.
- c) Térmicas: relés de bilamina.
- d) Eléctrica: relés de condensador.

En todos los casos, el impulso de corriente en la bobina (vea la Figura anterior), debe tener suficiente duración para que pueda constituirse una reserva de energía.

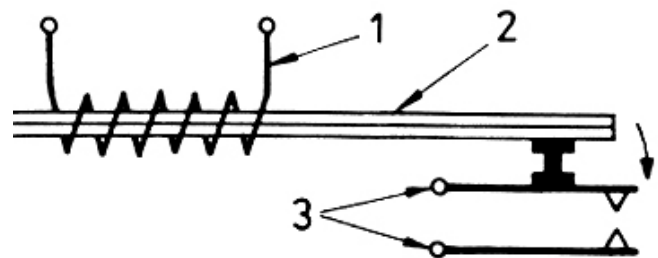


Fig. A2 Relé térmico de bilamina (caldeo). 1. Bobina de mando, 2. Bilamina, 3. Bornes de salida.

2) Corte de la alimentación. En cualquier estudio de una instalación con relés temporizados, hay que tener en cuenta lo que sucede en el caso de un corte de la alimentación (voluntario o fortuito). En caso de corte son posibles dos casos:

- a) El aparato debe reanudar su funcionamiento automáticamente.
- b) El aparato debe esperar una orden para reanudar nuevamente su funcionamiento.

Se provocan estas condiciones utilizando enclavamientos mecánicos o eléctricos, dispositivos de memoria, etc.

Contactos. Siempre deben utilizarse relés de ruptura brusca, con el objeto de evitar los malos contactos que resultan de la acción progresiva de numerosos dispositivos temporizados.

B. TEMPORIZACIÓN TÉRMICA

Los relés térmicos o dispositivos que utilizan procedimientos térmicos para la temporización, pueden incluirse en los siguientes grupos:

- a) Relés de biláminas
- b) Relés de barras dilatables
- c) Relés con hilos de dilatación
- d) Relés en atmósfera de gas
- e) Relés con termistancias.

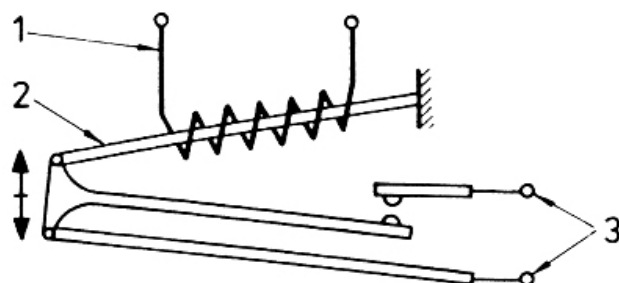


Fig. A3 Relé térmico de barras dilatables. 1-Bobina de mando (caldeo).
2-Barra dilatable. 3-Bornes de salida.

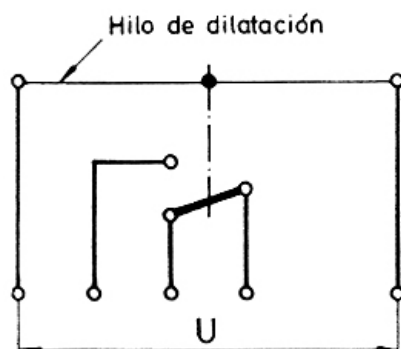


Fig. A4. Relé térmico con hilos de dilatación

Los relés de mando con temporización térmica, tienen aplicaciones específicas, que derivan de sus propias características de funcionamiento.

Generalmente, estos relés están temporizados al cierre y a la apertura de los contactos, porque debe tenerse en cuenta el período de enfriamiento después del corte de la corriente de mando. Solamente el relé de termistancia evita la temporización a la desexcitación. Por consiguiente y en general, para obtener un nuevo funcionamiento idéntico, debe dejarse en reposo el relé durante cierto tiempo, para que éste se enfríe. Se aprovecha esta circunstancia para realizar protecciones contra sobrecargas debidas a un **reenganche** demasiado rápido.



BIBLIOGRAFÍA

1. Chapman Stephen, **"Máquinas eléctricas"** Tercera edición, Colombia, Editorial McGraw Hill, 2000. 768 pp.
2. Comité de Electricidad. **"Código Eléctrico Nacional"** 1ra. edición. Caracas, Venezuela. Editorial Codelectra. 1991. 962 pp.
3. Ediciones Ceac. **"Nueva Biblioteca del Instalador Electricista"**. Primera edición. España. Grupo editorial Ceac S.A. 2000. 381 pp.
4. Fink, Donald G./ H. Wayne Beaty, **"Manual de Ingeniería Eléctrica"** Tomo I, Decimotercera edición. Versión española; Jorge Humberto Romo Muñoz. México. Editorial McGraw-Hill. 1250 pp.
5. Gingrich, Harold W. **"Máquinas Eléctricas, Transformadores y Controles"** Primera edición, Versión Española; Alfonso Rodríguez. México. Editorial Prentice-Hall. 1979. 365 pp.
6. Harper, Enríquez. **"Control de Motores Electricos"**, Primera edición. México. Editorial Limusa S.A. 2002. 314 pp.
7. Harper, Enríquez. **"El ABC de las Máquinas Eléctricas"**, Tomo III, Primera edición. México. Editorial Limusa S.A. 1999. 397 pp.
8. Harper, Enríquez. **"Fundamentos de Control de Motores eléctricos en la Industria"**, Primera edición. México. Editorial Limusa S.A. 2000. 187 pp.
9. Harper, Enríquez. **"Manual de Electricidad Industrial II"**, Primera edición. México. Editorial Limusa S.A. 2000. 293 pp.
10. Harper, Enríquez. **"El libro práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos"**. Primera edición. México. Editorial LIMUSA, S.A. de C.V. 2001. 252 pp.
11. Harper, Enríquez. **"Manual de Electricidad Industrial"**, Tomo I, Primera edición. México. Editorial Limusa S.A. 1999. 276 pp.
12. Harper, Gilberto Enríquez. **"Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de mediana y alta Tensión"** 2da. Edición. México. Editorial Limusa S.A. 2000. 507 pp.

13. Intecap **"Motores Trifásicos y Corriente Continua"**, 66 pp.
14. Intecap, **"Electromecánica, Instalaciones para Mando de Motores Eléctricos"**, 118 pp.
15. Kämper Michael, **"Manual de Esquemas, Automatización y Distribución de Energía"**, Primera edición, Alemania, Editorial Moeller, 1999.
16. Klaue, Jürgen, Heinrich Hübscher y Appelt, Werner **"Electrotecnia Curso Elemental"**. Tercera edición. Versión española; D. Jorge Romano Rodríguez. España. Editorial Reverté S.A. 1983. 298 pp.
17. Müller, Wolfgang Cooperación técnica República Federal de Alemania. **"Electrotécnica de Potencia, Curso Superior"**. Primera edición. Versión española; D. Jorge Romano Rodríguez. España. Editorial Reverté S.A. 1984. 409 pp.
18. Schillo, A. **"Material Número Conductor"** Primera edición. Versión española; Dr. Carlos Sáenz de Magarola. España. Editorial Reverté S.A. 1968. 218 pp.
19. Thaler, George J. y Wilcox, Milton L. **"Máquinas Eléctricas"**. Primera edición. Versión española; Ing. Mario del Valle. México. Editorial Limusa – Willey, S.A. 1969. 675. pp.
20. Vilorio José, **"Cálculo y Construcción de Circuitos con Contactores"** Primera edición, España, Editorial Paraninfo, 1999, 385 pp.
21. Werner Dzieia, Gerhard Brechmann. Hörnemann, Ernst. **"Tablas de Electrotécnica"**. Primera edición. Versión española; José Compañía Bueno. España. 1988. 326 pp.



MÓDULO No. 10
INSTALACIÓN Y MATENIMIENTO DE
MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS
Código: MT.3.4.2-45/04
Edición 01

Este manual ha sido reimpreso
en el ***Centro de Reproducción Digital***
por Demanda Variable del Intecap.
CRDDVI.

Prohibida su reproducción total o parcial,
sin previa autorización escrita.