

Las protecciones

4



Toda instalación eléctrica debe contar con una serie de elementos de seguridad que la protejan contra los daños eléctricos que puedan ocurrir tanto por una incorrecta instalación como por un deterioro a lo largo de la vida de esta.

Existen diferentes elementos de protección, desde elementos muy simples hasta algunos más complejos. Pero el ámbito de la seguridad no solo afecta a los dispositivos de la instalación eléctrica, sino que incluyen también al cableado eléctrico, y por supuesto, a la seguridad de las personas.

Contenidos

- 4.1. Fallos en las instalaciones
- 4.2. El fusible
- 4.3. El relé térmico
- 4.4. El interruptor automático electromagnético
- 4.5. El disyuntor guardamotor
- 4.6. Las sondas de temperatura
- 4.7. El interruptor automático magnetotérmico
- 4.8. El interruptor diferencial
- 4.9. La protección contra sobretensiones
- 4.10. La protección contra subtensiones
- 4.11. Técnicas de selección para la protección eléctrica
- 4.12. Protección de motores
- Prácticas de taller

Objetivos

- Comprender la finalidad de los elementos de protección.
- Conocer las diferentes técnicas de detección de problemas eléctricos y su respuesta ante ellos.
- Saber cómo funcionan y cuáles son las características de los principales elementos de protección.
- Saber emplear la protección adecuada en función de las características del elemento a proteger.
- Saber dimensionar adecuadamente los diferentes elementos de protección.

4.1. Fallos en las instalaciones eléctricas

Cuando se diseña, se instala y se prueba una instalación eléctrica, no significa que durante toda su vida útil vaya a funcionar sin problemas.

Existen una serie de factores que pueden producir que la instalación falle.

Los principales fallos que afectan a las instalaciones eléctricas son:

- **Daños en los aislantes de la instalación debido al tiempo de servicio.** Los aislantes de las diferentes partes de la instalación, incluidos los conductores, van sufriendo un envejecimiento y disminución en sus prestaciones, agravado también por el calentamiento que sufren. Todos estos daños dan lugar a una perforación del aislante.
- **Daños en las partes móviles de la instalación debido al tiempo de servicio.** Las partes móviles de las instalaciones (sobre todo en los motores por ser máquinas dinámicas) sufren de envejecimiento y posterior rotura. Este fallo mecánico se puede trasladar a la parte eléctrica. Por ejemplo, un fallo en los cojinetes del eje de un motor puede producir un agarrotamiento del mismo. Al estar en funcionamiento, el motor va a producir un fuerte calentamiento en el mismo, pudiendo llegar incluso a provocar un incendio.
- **Sobreesfuerzos en las condiciones de trabajo.** Al someter a una instalación eléctrica (conductores, motores, transformadores, etc.) a un exceso en las condiciones de trabajo, y por tanto de dimensionamiento, da lugar a que la instalación falle.
- **Alteraciones en su espacio de trabajo.** Toda instalación eléctrica necesita de un área de trabajo. Cualquier alteración sobre dicha área puede producir daños. Por ejemplo, la caída de un árbol sobre una línea eléctrica, la caída de un objeto sobre una parte móvil de una máquina, etc.
- **Acciones externas climatológicas.** La alteración en las condiciones normales de trabajo por cuestiones climatológicas, como descargas atmosféricas (rayos eléctricos), aumento de la humedad, etc.
- **Factores humanos.** Son debidos a maniobras incorrectas. Por ejemplo, apertura de un seccionador en carga, incorrecta sustitución de un fusible por otro de mayor calibre, etc.
- **Factores de origen animal.** Los roedores son una fuente de problemas, debido a que suelen roer los cables eléctricos.

Todos estos fallos producen los siguientes efectos:

- **Cortocircuito.** Es la unión física entre dos o más fases, entre fase y neutro o entre el positivo y el negativo. Produce un aumento muy elevado de la corriente eléctrica, y a su vez un rápido y elevado calentamiento, llegando a producir un incendio.
- **Sobrecarga.** Es todo aumento de la corriente por encima del nivel de diseño y dimensionamiento de la instalación eléctrica. Es peligrosa si se mantiene a lo largo del tiempo. Produce un aumento de la temperatura anormal.
- **Derivación a tierra.** Es cuando un conductor activo entra en contacto con alguna parte metálica de la instalación. Puede producir descargas eléctricas a los usuarios si estos la tocan. Así mismo, puede producir incendios.
- **Sobretensión.** Es el aumento del valor de la tensión eléctrica por encima de su valor nominal. Si los elementos de la instalación no están preparados para dicho incremento, puede producir la destrucción de los mismos.
- **Subtensión.** Es la disminución del valor de la tensión por debajo de su valor nominal. Algunos equipos eléctricos tratan de compensar esta disminución de la tensión con un aumento de la corriente eléctrica, lo que produce una sobrecarga.

Tabla 4.1. Relación de defectos y su método de protección.

Defecto	Protección
Cortocircuito	Fusible Interruptor automático electromagnético Disyuntor motor Interruptor automático magnetotérmico
Sobrecarga	Relé térmico Disyuntor guardamotor Sondas de temperatura Interruptor magnetotérmico
Defecto de aislamiento	Interruptor diferencial
Sobretensión	Limitador de sobretensión
Subtensión	Relé disparador de mínima tensión

Existen otros sistemas avanzados de protección los cuales supervisan varias variables a la vez y reaccionan ante los defectos eléctricos, proporcionando una seguridad más completa.

4.2. El fusible

El fusible es el elemento de protección más antiguo y a la vez el más simple en su concepción. Se empezó a utilizar junto con el inicio de la electricidad moderna. En 1774, Narme publica unos estudios sobre los fusibles. En 1880, Edison patenta un tipo de fusible, y diez años más tarde, Mordey patenta el fusible cerrado. Posteriormente, sucesivas mejoras perfeccionan el fusible hasta nuestros días.



Figura 4.1. Conjunto de fusibles.

Su funcionamiento se basa en colocar un elemento que sea el más débil en la instalación eléctrica. Su misión es que en caso de una sobreintensidad, sea el fusible el que se sacrifique. Por consiguiente, es un elemento destinado a la protección contra cortocircuitos.

Una sobreintensidad es toda aquella corriente eléctrica que supera un valor para el cual se ha diseñado un elemento, receptor o línea eléctrica.

Una sobreintensidad se puede producir por un fallo en la línea eléctrica en la cual se produce un contacto físico entre dos puntos que se encuentran a diferente potencial o bien por un funcionamiento anómalo en un elemento del circuito eléctrico.

Curiosidad

Los primeros fusibles eran de plomo, por ser este un material con un punto de fusión muy bajo (330 °C). Cuando se producía una sobrecarga en la instalación, el fusible se fundía, de aquí la expresión que “se han fundido los plomos”.

El fusible está constituido por un hilo o lámina de un material conductor de la electricidad que tiene un punto de fusión bajo. De esta forma, al ser recorrido por una corriente eléctrica superior a cierto valor, el conductor del fusible se calienta por efecto Joule y una vez alcanzada la tem-

peratura de fusión se rompe interrumpiendo el paso de la corriente y protegiendo al resto de la instalación.



RECUERDA

Una sobrecarga es una corriente ligeramente superior a la de funcionamiento o nominal, mientras que un cortocircuito es una corriente muy elevada.

Un inconveniente de los fusibles radica en su imprecisión. Los fabricantes indican un valor medio de entre una banda de actuación. Esta banda es mayor respecto a los otros sistemas de protección.

Otro problema radica en la independencia de cada fusible respecto al conjunto. En un sistema trifásico, la actuación de un fusible no afecta al resto y esto conlleva que el sistema trifásico pase a tener dos fases, con los inconvenientes que ello supone.

Cuando el fusible actúa, este se destruye, por ello es importante disponer de fusibles de repuesto. Nunca se debe reparar un fusible.

A pesar de estos inconvenientes, el fusible se sigue utilizando ampliamente por su alto poder de corte.

4.2.1. Partes de un fusible

Un fusible se compone de varias partes y aunque su forma física varíe de un tipo a otro, a nivel interno todas funcionan de igual manera.

Las partes son las siguientes:

- Elemento fusible.
- Contactos.
- Cuerpo.
- Arena.
- Elemento de señalización.

El **elemento fusible** es la parte más importante, ya que es esta la que actuará ante una sobreintensidad. Es de un material conductor, principalmente de cobre, cobre plateado o plata. Se dimensiona en función de la corriente que deberá circular de manera permanente y cuando esta se supere se funda en un tiempo determinado. Se fabrica en forma de hilo (para corrientes pequeñas) o de láminas (corrientes más elevadas). Estas láminas están perforadas o tienen variaciones de sección.

Los **contactos** tienen la función de asegurar la continuidad eléctrica entre el elemento fusible y el circuito eléctrico. Los contactos están diseñados para permitir adaptarse a la base portafusible donde se insertará.

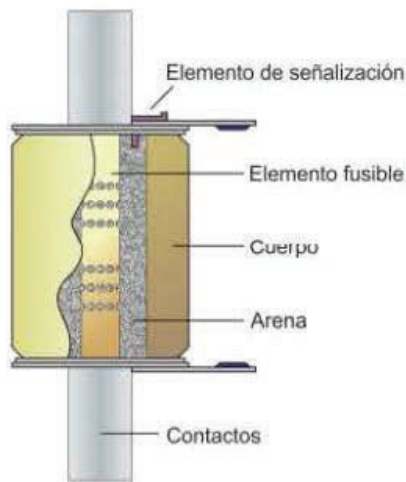


Figura 4.2. Partes de un fusible.

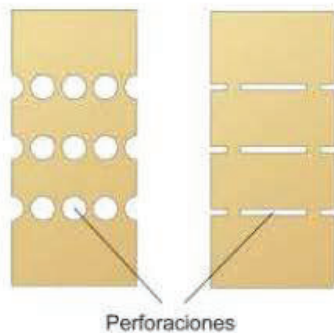


Figura 4.3. Láminas empleadas como elemento fusible.

El **cuerpo** es la envolvente del elemento fusible. Los primeros fusibles carecían de ella y en el momento de un cortocircuito el elemento de fusión salía despedido pudiendo provocar incendios o accidentes a las personas cercanas. Por tanto, realizan una tarea de protección y apantallamiento, y para realizar esta función están fabricadas de material resistente. Suelen estar fabricadas de vidrio, fibra de vidrio, esteatita, porcelana, etc., que son materiales capaces de resistir las presiones térmicas y mecánicas del proceso de ruptura interna.

Durante el cortocircuito y en el momento de la fusión del elemento fusible, se produce un arco eléctrico importante. La **arena** tiene la función de extinguir el arco eléctrico. El material del cual está fabricada es de arena de cuarzo o sílice.

El **elemento de señalización**, también llamado **percutor**, tiene como objetivo indicar que el fusible ha actuado y se ha fundido. No todos los fusibles cuentan con un elemento de señalización. Si no disponen de este elemento, se debe retirar el fusible de su base y mediante un polímetro verificar su continuidad.

4.2.2. Funcionamiento

El proceso de fundido se inicia con una sobreintensidad y consta de dos fases. En la primera fase, llamada prearco, la sobreintensidad provoca que, por efecto Joule, se caliente el elemento fusible. Dependiendo del valor de esta sobreintensidad, el elemento fusible irá aumentando su energía térmica hasta que llega al punto de fusión.

La segunda fase, llamada arco, se inicia con la fusión. El elemento conductor, al fundirse, se divide en dos partes y entre ellas y debido a la elevada corriente, se inicia un arco eléctrico por el cual aún sigue circulando la corriente eléctrica. La temperatura sigue aumentando llegando a fundir la arena que lo rodea. Durante este proceso de fundido de la arena lo que ocurre es que la resistencia eléctrica aumenta, y al aumentar la resistencia disminuye la intensidad, con lo cual llega un momento en que se extingue el arco eléctrico.

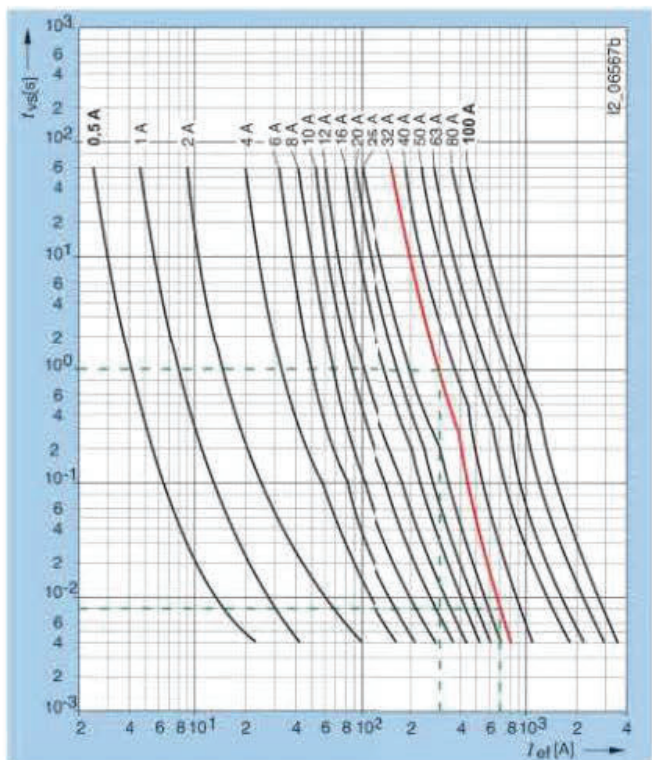


Figura 4.4. Curva de fusible cilíndrico tipo aM de Siemens 3NW8.

El tiempo de actuación del fusible es la suma de los tiempos de prearco y arco. Estos tiempos los proporciona el fabricante de fusibles mediante unas tablas, en las cuales en los ejes aparecen el tiempo de actuación y la corriente de cortocircuito.

En la figura de la gráfica, el fabricante incluye curvas para los diferentes fusibles de esa gama.

Si, por ejemplo, nos fijamos en el fusible de 32 A, cuando circula una corriente de 300 A (3×10^2), se fundirá en un tiempo de 1 segundo (10^0).

Se observa, para todas las curvas, que cuando aumenta la intensidad, disminuye el tiempo de respuesta.

Si para este mismo fusible se aumenta la corriente hasta los 700 A, el tiempo de respuesta baja hasta los 0,08 segundos.



RECUERDA

El tiempo de respuesta de un fusible depende de la intensidad de sobrecarga que circula por él. Por ello, para pequeñas sobrecargas no son adecuados.

4.2.3. Parámetros

A la hora de seleccionar un fusible es preciso conocer los parámetros que definen su comportamiento. Estos son los siguientes:



Figura 4.5. Parámetros sobre un fusible.

- **Tensión nominal.** Es el valor máximo de la tensión al cual puede estar sometido el fusible. No se debe sobrepasar este valor. La tensión nominal del fusible debe ser igual o superior a la tensión del circuito eléctrico, es decir, un fusible de 400 V se puede colocar en un circuito cuya tensión sea de 230 V. Los valores para baja tensión son de: 250, 400, 440, 500, 600 y 690 V.
- **Intensidad nominal.** Es el valor de corriente máxima que puede circular a través de él de manera permanente sin causar ningún daño. También recibe el nombre de **calibre**. Los valores más usuales son: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 355, 400, 500, 630, 800 A.

- **Poder de corte.** Es la máxima corriente que el fusible puede cortar. Es un valor muy alto que alcanza varios cientos de miles de amperios.
- **Intensidad convencional de fusión.** Es el valor de la intensidad para la cual el fabricante asegura que el fusible se fundirá.
- **Intensidad convencional de no fusión.** Es el valor de la corriente que puede circular por el fusible sin que se funda.

Entre la intensidad de fusión y la de no fusión hay un margen en el cual no se puede asegurar cuál será el comportamiento del fusible.

- **Característica *t-i*.** Es la curva en la cual se representa el tiempo de actuación de un fusible respecto a la corriente que circula por él.

4.2.4. Tipos de fusibles

Existen diferentes tipos de fusibles:

Fusibles cilíndricos

Tienen forma cilíndrica, con los contactos eléctricos en ambos extremos.



Figura 4.6. Fusible cilíndrico.



Figura 4.7. Base unipolar para fusible cilíndrico.



Figura 4.8. Base tripolar de fusibles cilíndricos.



Figura 4.9. Base tripolar de fusibles cilíndricos.

Estos fusibles tienen unas medidas comerciales (diámetro x longitud en mm) de:

Tabla 4.2. Datos de catálogo de fusibles cilíndricos.

Medidas (mm)	Intensidad	Tensión nominal	Poder de corte
8 x 31	0,5 a 20 A	400 / 500 / 690 V	80 / 120 kA
10 x 30	0,5 a 32 A		
14 x 51	1 a 50 A		
22 x 38	2 a 125 A		

Los portafusibles son los elementos en los cuales se inserta el fusible y que facilitan el cambio cuando uno de ellos actúa y se funde.

Fusibles de cuchillas o NH

Se emplean en aquellas aplicaciones por donde circulan altas corrientes, existiendo calibres superiores a los 1.000 A. Por ello se utilizan en la protección de edificios terciarios (hospitales, hoteles, etc.) e industriales, así como en los cuadros de distribución de las compañías suministradoras de electricidad.



Figura 4.10. Fusibles de cuchillas de diferentes calibres.



Figura 4.11. Conjunto de base portafusible y fusible de cuchilla.

Los calibres comerciales que se encuentran son de:

Tabla 4.3. Calibres NH.

Talla	Ancho	Intensidad
000	21 mm	10 a 100 A
00	30 mm	10 a 160 A
1	30-50 mm	50 a 250 A
2	50-58 mm	50 a 400 A
3	58-68 mm	200 a 630 A
4	102 mm	500 a 1.000 A
4A	102 mm	500 a 1.250 A



Figura 4.12. Maneta.



Figura 4.13. Maneta con manguito.

Este tipo de fusibles tiene una tensión nominal de 400 / 500 / 690 V y un poder de corte de 80 / 100 kA.

Los fusibles NH requieren de la intervención de un especialista para su manipulación, y debido al riesgo eléctrico, se emplean unas herramientas llamadas **manetas** para poder intervenir en el cambio de un fusible.

RECUERDA

Para instalar o sustituir un fusible de tipo NH o cuchilla se necesitan herramientas adecuadas, entre ellas, las manetas.

Fusibles Diazed

También llamado de botella o tipo D. Es un sistema de fusible de tipo roscado. De origen alemán (Siemens, 1906), **Diazed** es el acrónimo de *Diametral gestuftes zweiteiliges Sicherungssystem mit Edisongewinde* (sistema de fusibles escalonado por diámetros con rosca Edison). En el interior de la base dispone de una reducción del diámetro de tal manera que impide que se coloque un fusible de la intensidad no adecuada al diseño.



Figura 4.14. Fusibles Diazed.

Los calibres comerciales que se encuentran son de:

Tabla 4.4. Calibres Diazed.

Talla	Rosca	Intensidad
DI	E16	2 a 25 A
DII	E27	2 a 25 A
DIII	E33	35 a 63 A
DIV	R1¼"	80 a 100 A

Tabla 4.5. Colores de los tornillos de ajuste.

Calibre	Color	Identificativo
2 A	Rosa	Rosa
4 A	Marrón	Marrón
6 A	Verde	Verde
10 A	Rojo	Rojo
16 A	Gris	Gris
20 A	Azul	Azul
25 A	Amarillo	Amarillo
35 A	Negro	Negro
50 A	Blanco	Blanco
63 A	Cobre	Cobre
80 A	Plata	Plata
100 A	Rojo	Rojo

Este tipo de fusibles tiene una tensión nominal de 500 V y un poder de corte de 50 kA.

Fusibles Neozed

Es una evolución del fusible tipo Diazed, es de un tamaño ligeramente más pequeño y por ello la tensión nominal también es más baja. Básicamente, tiene la misma estruc-

tura interna que el tipo Diazed y al igual que este, también consta de unos anillos de ajuste para imposibilitar el intercambio de calibres. Se emplean para la protección de conductores eléctricos. Reciben el nombre de fusibles DO.



Figura 4.15. Fusible Neozed.

Figura 4.16. Fusible Neozed con su base.



Figura 4.17. Fusibles Neozed con su base tripolar.

Los calibres comerciales que se encuentran son de:

Tabla 4.6. Calibres Neozed.

Talla	Rosca	Intensidad
D01	E14	2 a 16 A
D02	E18	20 a 63 A
D03	M30	80 a 100 A

Este tipo de fusibles tiene una tensión nominal de 500 V y un poder de corte de 50 kA.

**RECUERDA**

Los fusibles Neozed se emplean principalmente para la protección de líneas eléctricas.

4.2.5. Clasificación de los fusibles

Los fusibles se clasifican en función de la manera de responder ante una sobreintensidad. Existen elementos, como los motores eléctricos, donde durante la conexión o arranque se producen unos picos de corrientes que son varias veces la intensidad nominal. En estos casos el fusible no debe actuar. Hay otros, por ejemplo para la protección de equipos electrónicos, donde se desea que actúen lo más rápido posible, para evitar daños, ya que el elemento a proteger es muy sensible.

Los fusibles se clasifican por dos letras, donde la primera letra indica la función de ese fusible y la segunda letra indica el objeto a proteger.

Primera letra, función:

- g: fusible de uso general.
- a: fusible de acompañamiento.

Segunda letra, objeto a proteger:

- G: uso general
- M: motor.
- L: líneas eléctricas.
- R: semiconductores, equipos electrónicos.
- Tr: transformadores.
- C: condensadores.
- Pv: aplicaciones fotovoltaicas.

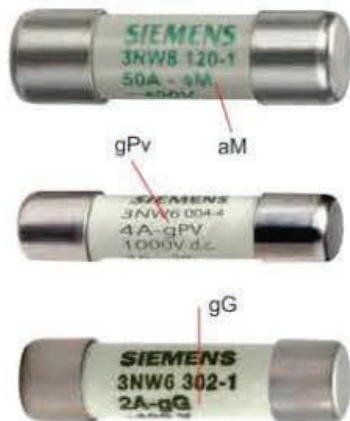


Figura 4.18. Clases de fusibles.

4.2.6. Simbología eléctrica

Hay varias formas de asociar un cartucho fusible.

Cuando un fusible forma parte de la instalación tal cual, se le denomina fusible.

Cuando ese fusible va asociado a un sistema de corte se tienen dos variantes:

- **Seccionador fusible.** Permite la apertura del circuito. El seccionador no está preparado para poder cortar con carga, por tanto **debe utilizarse siempre en vacío**. Además, un seccionador (por normativa) debe disponer de un corte visible, es decir que debe estar a la vista los polos del seccionador.
- **Interruptor seccionador fusible.** Permite la apertura del circuito. Está preparado para poder cortar el circuito con carga. Este elemento combina las características del interruptor (trabajo en carga) con las del seccionador (corte visible).

**RECUERDA**

Antes de actuar sobre un seccionador, asegúrate de que la carga no esté conectada de la red eléctrica. Recuerda que un seccionador puede trabajar en tensión pero no debe circular la corriente eléctrica a través de él.



Figura 4.19. Fusible.



Figura 4.20. Seccionador fusible.



Figura 4.21. Interruptor seccionador fusible.

La simbología eléctrica que representa a los fusibles es la siguiente:

Tabla 4.7. Representación gráfica del fusible.

Elemento	Símbolo
Fusible	
Seccionador fusible	
Interruptor seccionador fusible	

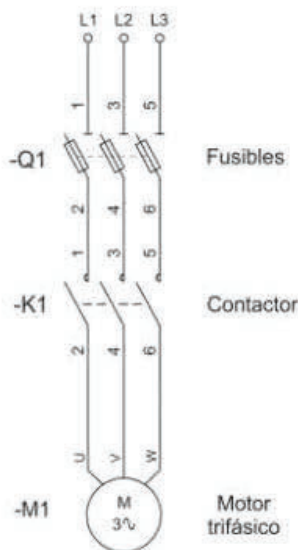


Figura 4.22. Esquema de protección de un motor con fusibles.

Aclaración

La letra identificativa F se emplea con los dispositivos de protección. Un fusible tal cual es un elemento de protección. La letra identificativa Q se emplea con los aparatos de maniobra de altas intensidades y entre ellos se encuentran los seccionadores y los interruptores de potencia. Un interruptor o seccionador fusible entraría en el grupo Q.

La conexión de un fusible a un motor trifásico se realiza antes del contactor, tal y como queda reflejado en la Figura 4.22. Este esquema de conexión protege al motor solo ante cortocircuitos, pero no ante sobrecargas, por tanto es una protección incompleta.

La protección con fusibles para motores se suele complementar con el empleo, por ejemplo, del relé térmico.

4.3. El relé térmico

El relé térmico es uno de los elementos de protección del motor eléctrico. Es un dispositivo de acción lenta que reacciona por efecto de la temperatura sobre una lámina metálica. Se emplea para la detección y protección de sobrecargas en el motor eléctrico. Un motor eléctrico puede soportar ligeras sobrecargas de una manera temporal sin que sufra en exceso. Si esa sobrecarga perdura en el tiempo entonces sí que es dañino pudiendo averiarlo.

Al ser un sistema de protección no total, se debe combinar con otro sistema con el cual se complemente y le ofrezca protección contra cortocircuitos.



Figura 4.23. Relés térmicos marca Schneider y Siemens.

Los motivos del disparo del relé térmico están relacionados con las siguientes situaciones:

- **Sobrecarga del motor por un exceso de trabajo.** El motor intenta llegar a su régimen de trabajo aumentando la corriente y, por consiguiente, calentándose en exceso.

- **Sobrecarga por un defecto del motor.** El motor sufre un fallo, por ejemplo por un deterioro en los rodamientos del eje, o por una curvatura del eje, etc.
- **Fallo de una de las fases de alimentación de la red eléctrica.** El motor intenta compensar esta pérdida con un aumento de la intensidad en las demás fases. Este aumento de corriente produce un calentamiento que será dañino si se prolonga en el tiempo. Este fallo consiste en que la línea pasa de trifásica a bifásica.
- **Disminución de la tensión de alimentación del motor.**
- **Desequilibrio de las fases de alimentación de la red eléctrica.**
- **Excesivo número de arranques y paros en un corto intervalo de tiempo.** Durante el arranque, el motor tiene una pequeña sobrecarga. Si no se le da tiempo a disipar ese exceso de calor temporal se puede ir acumulando y provocar el disparo del relé.

4.3.1. Partes de un relé térmico

Un relé térmico se compone de las siguientes partes:

- **Bornes de conexión del contactor.** Es la conexión directa con el contactor.
- **Bornes de conexión del motor trifásico.** Son los bornes de salida del relé térmico. Sobre estos, se conectarán las tres fases del motor.
- **Pulsador de stop.** Accionándolo se abre el contacto auxiliar NC. Este contacto se conecta en serie con la bobina del contactor y actuando sobre él, se actúa sobre el contactor, parando el motor.



Figura 4.24. Partes del relé térmico.

- **Selector de rearme.** Permite seleccionar entre un rearme manual/automático.
- **Función de prueba.** Permite probar el correcto funcionamiento provocando un disparo del relé.
- **Contacto auxiliar NC.** Contacto normalmente cerrado. Se utiliza como elemento de paro del contactor.
- **Contacto auxiliar NO.** Contacto normalmente abierto. Se utiliza principalmente como elemento de señalización para indicar el disparo del relé térmico por sobrecarga del motor.
- **Dial de ajuste de corriente asignada.** Dial giratorio para el ajuste de la corriente. Permite la calibración de disparo del relé.

Suelen tener una tapa transparente con un cierre que permite su precintado como medida de protección contra manipulaciones indebidas.

4.3.2. Funcionamiento

El principio de funcionamiento del relé térmico se basa en emplear una **lámina compuesta de dos metales de diferente coeficiente de dilatación térmica**. Los metales al calentarse se dilatan. El metal de la lámina con mayor capacidad de dilatación va a forzar el que la lámina se curve. Y con este movimiento se produce la desconexión del relé.

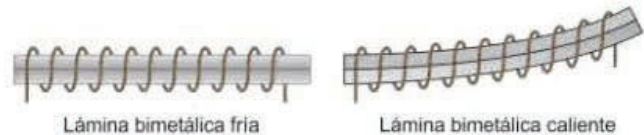


Figura 4.25. Lámina bimetalica y su curvado.

Una vez que se produce la desconexión del motor, la lámina bimetalica del relé deja de calentarse y poco a poco se enfría hasta que vuelve a recuperar su posición inicial.

A este tiempo se le denomina **tiempo de reposición**. Los fabricantes proporcionan tablas en las cuales se refleja cuál es el tiempo de reposición en función de la corriente que produjo el disparo.

Un relé térmico trifásico contará con tres láminas, una para cada fase.

La mayoría de los relés actuales cuentan con una lámina de compensación. Esta lámina, que también es bimetalica, tiene por objeto compensar las variaciones de la temperatura ambiente.

Cuando el relé térmico dispara, solo actúa sobre los contactos auxiliares. Por los contactos de potencia el motor eléctrico sigue conectado a la red eléctrica de alimentación.

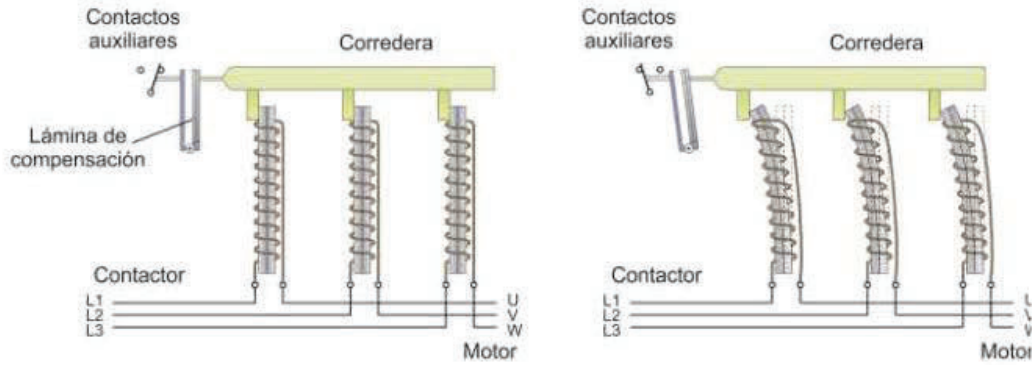


Figura 4.26. Proceso de disparo del relé térmico.

Para provocar el paro del motor se emplea la ayuda de los contactos auxiliares para dar la orden de paro. El relé térmico no tiene capacidad de corte.

RECUERDA

Una vez que se dispara el relé térmico, no es posible volver a arrancar inmediatamente el motor eléctrico. Se debe enfriar la lámina bimetálica para que recupere su posición inicial y permita la conexión de sus contactos internos.

Tabla 4.8. Clases de disparo de relés térmicos según corriente y tiempo.

Clase	Tiempo de disparo (en frío)			
	1,05 I	1,2 I	1,5 I	7,2 I
10 A			< 2 min	≤ 10 s
10	> 2 horas	< 2 horas	< 4 min	≤ 10 s
20			< 8 min	≤ 20 s
30			< 12 min	≤ 30 s

4.3.3. Clases de disparo de un relé térmico

El relé térmico es un dispositivo de protección de los motores eléctricos contra las sobrecargas. Durante el arranque de los motores, se producen unos picos de corriente que son varias veces la intensidad nominal del motor. El relé térmico debe ignorar estas sobrecargas y permitir que el motor arranque. El tiempo de esta sobreintensidad dependerá del tiempo de arranque y no todas las máquinas arrancan en el mismo intervalo. Para adaptar las condiciones de arranque, los relés térmicos se clasifican según su curva de respuesta en:

- **Relé de clase 10.** Permiten el arranque con un tiempo máximo de 10 segundos.
- **Relé de clase 20.** Permiten el arranque con un tiempo máximo de 20 segundos.
- **Relé de clase 30.** Permiten el arranque con un tiempo máximo de 30 segundos.

Estos valores se han fijado considerando un arranque de 7,2 veces la intensidad nominal del motor.

En la siguiente tabla se representan las clases de relés en función de la intensidad de regulación del relé y del tiempo de actuación.



Figura 4.27. Relé térmico.

Estas son las clases más empleadas, pero existen más clases de disparo (clases 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40).

RECUERDA

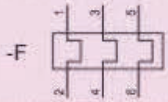
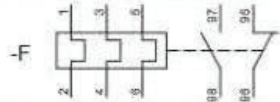
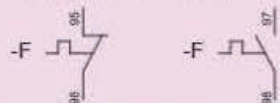
La clase de disparo del relé térmico más empleada es la clase 10, con un tiempo de respuesta de menos de 10 segundos, que es menor que el tiempo de arranque normalmente empleado por la mayoría de las aplicaciones con motores trifásicos.

La clase 30 es poco usada en Europa pero muy empleada en Estados Unidos.

4.3.4. Simbología eléctrica

La simbología eléctrica que representa a los fusibles es la siguiente:

Tabla 4.9. Representación gráfica del relé térmico.

Elemento	Símbolo
Relé térmico (fuerza)	
Relé térmico (fuerza y contactos)	
Relé térmico (contacto auxiliar NC y NO)	

El símbolo del relé térmico se identifica con la letra F y se compone de dos partes: contacto de fuerza y para la maniobra, los contactos auxiliares.

Los contactos de auxiliares emplean la numeración de 9 para la primera cifra y para la segunda cifra los pares 5-6 para el contacto normalmente cerrado y el 7-8 para el contacto normalmente abierto.



RECUERDA

Un relé térmico se ajusta a la intensidad nominal del motor eléctrico a proteger.

4.3.5. Selección y ajuste de un relé térmico

Para seleccionar un relé térmico adecuado, lo primero es buscar de la gama de contactores cuál es su respectiva gama de relés térmicos, ya que es el relé el que se acopla a la salida del contactor. No todos los relés térmicos de un fabricante sirven para todos sus contactores.

El dato más importante a la hora de seleccionar un relé térmico lo proporciona el motor a proteger. Conociendo el motor se conoce su corriente nominal y a partir de aquí se selecciona el contactor y el relé térmico.

Hay fabricantes de material eléctrico industrial que proporcionan unas tablas donde se relacionan tanto el contactor como el relé térmico.



Figura 4.28. Relé térmico con contactor.

O bien, conociendo la corriente nominal del motor se selecciona un relé acorde al contactor en función de esta intensidad. El fabricante proporciona los datos de regulación de intensidad de un relé mediante un margen (margen de regulación).

Tabla 4.10. Datos del catálogo Siemens para la selección de elementos.

Motor trifásico AC3		Contactor		Relé térmico			
kW	A	24 V _{DC}	230 V _{AC}	A			
0,25	1	3RT2015-1BB41	3RT2015-1AP01	07-1	3RU2116-0JBO		
0,37	1,25			0,9-1,25	3RU2116-0KBO		
0,55	1,6			1,1-1,6	3RU2116-0ABO		
0,75	2			1,4-2	3RU2116-0BB0		
1,1	3,2			2,2-3,2	3RU2116-0DB0		
1,5	4			2,8-4	3RU2116-0EB0		
2,2	6,3			4,5-6,3	3RU2116-0GB0		
							

La corriente a la cual se ha de ajustar el relé térmico debe ser a la intensidad nominal del motor. Un valor más elevado no proporciona una protección eficaz contra las sobrecargas.

Si un relé correctamente ajustado se dispara con relativa frecuencia, indica que el motor eléctrico va justo de potencia y que se debería cambiar el motor por uno de mayor potencia o bien disminuir la carga del motor.

4.3.6. Esquema eléctrico del relé térmico

El esquema eléctrico básico de uso de un relé térmico consiste en, la parte fuerza, colocarlo entre el contactor y el motor eléctrico a proteger. Cuando un relé térmico se dispara, actúa sobre los contactos auxiliares, por tanto se utiliza el contacto normalmente cerrado para provocar la desconexión del contactor.

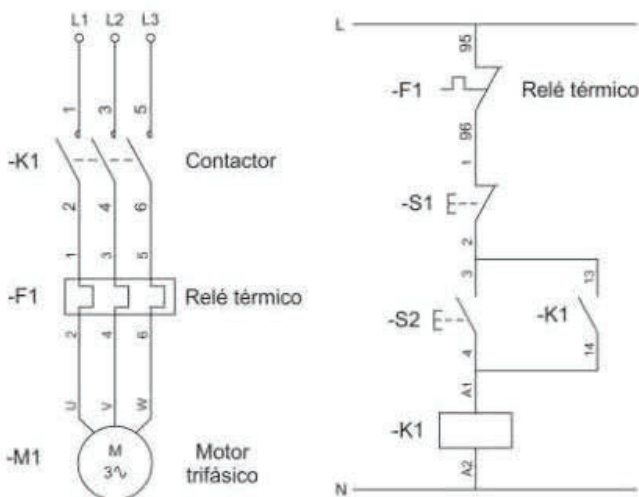


Figura 4.29. Esquema de protección de un motor con relé térmico.

Aunque este es el esquema básico (Figura 4.29), no se emplea tal cual. Como se ha visto, el relé térmico solo proporciona protección contra sobrecargas y se debe com-

pletar con algún elemento que le proporcione protección contra los cortocircuitos, como puede ser el fusible o el interruptor automático electromagnético.

Para emplear un relé térmico trifásico con un motor conectado a una red monofásica o bifásica, se hace circular la corriente eléctrica por todos los contactos de fuerza del relé térmico y del contactor, tal y como se muestra en la Figura 4.30. En este caso se ha completado la protección con unos fusibles.

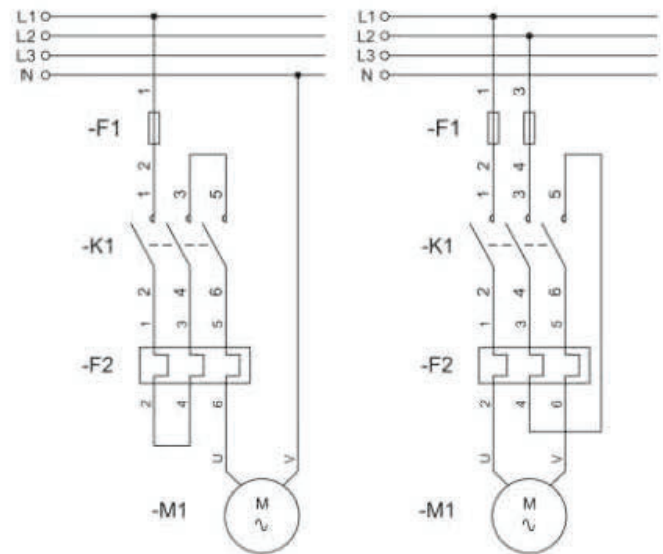


Figura 4.30. Esquema de protección de un motor con relé térmico y fusibles conectado a red monofásica y bifásica.

4.4. Interruptor automático electromagnético

El interruptor automático electromagnético, también llamado disyuntor electromagnético o disyuntor magnético, es un elemento de protección contra los cortocircuitos.



Figura 4.31. Interruptores electromagnéticos Siemens.

Se basa en emplear unos disparadores para abrir el circuito eléctrico mediante el efecto electromagnético. Un disparador por cada fase. El disparador consiste en un núcleo de hierro dentro de un campo magnético. Está calibrado para que cuando circule una corriente muy elevada debido a un cortocircuito, una parte móvil se mueve por efecto de ese campo electromagnético hacia una parte fija. Con en este movimiento se provoca el disparo y apertura del circuito.

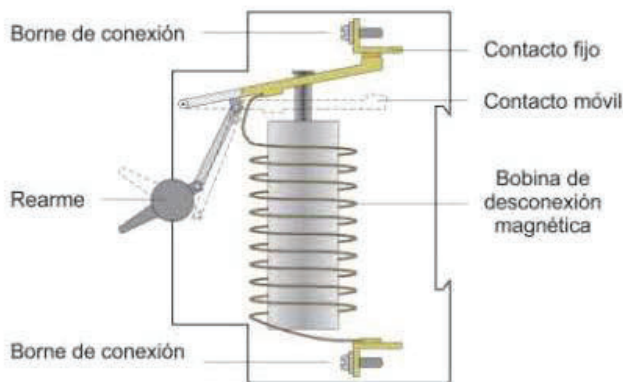


Figura 4.32. Partes internas del interruptor electromagnético.

El corte del disyuntor electromagnético es de tipo omnipolar, es decir que el salto de algún disparador magnético provoca la apertura de todos los polos.

Como su uso es de solo protección contra los cortocircuitos, se debe emplear algún elemento de protección contra las sobrecargas.

El disyuntor electromagnético se emplea como sustituto de los fusibles y acompañando a los relés térmicos. Respecto a los fusibles, los disyuntores electromagnéticos son más rápidos en su respuesta.

4.4.1. Parámetros

Las características principales que definen a un disyuntor electromagnético son las siguientes:

- **Poder de corte.** Es la máxima corriente que el disyuntor magnético puede cortar bajo tensión. Es un valor de kiloamperios.
- **Poder de cierre.** Es el valor máximo de corriente que puede establecer un disyuntor magnético bajo tensión nominal. Se expresa como el número de veces del poder de corte.
- **Tensión asignada de empleo.** Es el valor de la tensión para la cual está diseñado el disyuntor para funcionar correctamente.
- **Corriente nominal.** Es el valor de la corriente para la cual está diseñado el disyuntor para trabajar sin causarle ningún daño. También se denomina **calibre**.
- **Umbral de funcionamiento de los disparadores electromagnéticos.** Es el valor de la corriente a partir de la cual se produce el disparo electromagnético. Se expresa como el número de veces de la corriente nominal del disyuntor.

4.4.2. Selección de un interruptor automático electromagnético

El proceso de selección es similar al descrito para el relé térmico. El fabricante suele proporcionar datos en función del motor a proteger, si no es así, basta con calcular la intensidad nominal del motor.

Posteriormente se debe verificar que el resto de parámetros son los adecuados.

Tabla 4.11. Datos de catálogo Siemens para selección de elementos.

Motor trifásico AC3		Interruptor automático magnético	Contactador	
kW	A		24 V _{DC}	230 V _{AC}
0,25	1	3RV2311-0JC10	3RT2015-1BB41	3RT2015-1AP01
0,37	1,25	3RV2311-0KC10		
0,55	1,6	3RV2311-1BC10		
0,75	2	3RV2311-1CC10		
1,1	3,2	3RV2311-1DC10		
1,5	4	3RV2311-1EC10		
2,2	6,3	3RV2311-1GC10		



RECUERDA

Aunque sea la corriente el parámetro principal para la selección de un disyuntor electromagnético, el resto de parámetros (tensión, poder de corte, etc.) son igual de importantes y el no tenerlos en cuenta puede ser motivo de una mala protección, pudiendo ocasionar incluso un accidente.

4.4.3. Simbología eléctrica

La simbología eléctrica que representa al disyuntor electromagnético es la siguiente:

Tabla 4.12. Representación gráfica del disyuntor magnético.

Elemento	Símbolo
Disyuntor electromagnético (fuerza)	
Disyuntor electromagnético (fuerza y contactos auxiliares)	
Disyuntor electromagnético (contacto auxiliar NC y NO)	

4.4.4. Esquema eléctrico del disyuntor electromagnético

En el esquema del circuito de fuerza, el disyuntor magnético se coloca entre el contactor y la red de energía eléctrica. En el esquema del circuito de maniobra se emplea un contacto abierto de este disyuntor magnético.

El disyuntor electromagnético es un dispositivo que, en condiciones de reposo, sus contactos se encuentran abiertos. Por ello, a la hora de utilizarlo se deben cerrar sus contactos. Al cerrar sus contactos, todos ellos cambian de estado, cerrando los abiertos y abriendo los cerrados. El contacto 13-14 (NO) del disyuntor ahora estará cerrado, permitiendo activar el contactor si se acciona el pulsador de marcha (S2).

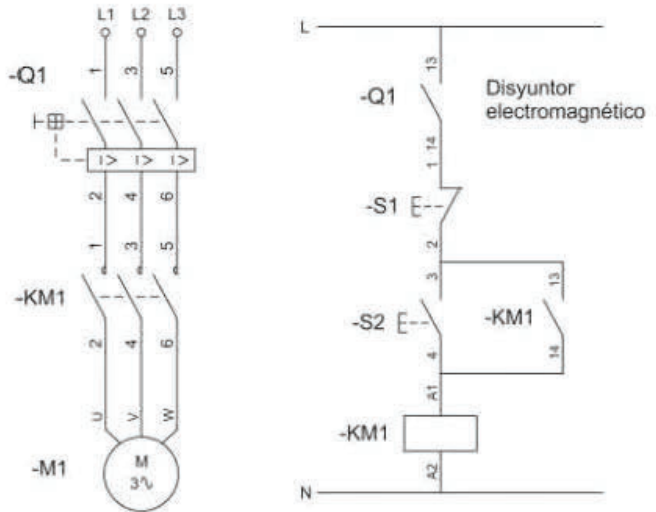


Figura 4.33. Esquema de protección de un motor con un disyuntor magnético.

Si el disyuntor se dispara por un problema eléctrico, los contactos de fuerza se abren parando el motor y por medio del contacto 13-14 del disyuntor (que actuará como un paro) cortará la alimentación eléctrica a la bobina del contactor, desactivándolo.



RECUERDA

El disyuntor electromagnético proporciona una protección parcial al motor eléctrico basada en las sobrecorrientes de cortocircuito.

Aunque este es el esquema básico (Figura 4.33), no se emplea tal cual. Como se ha visto, el disyuntor electromagnético solo proporciona protección contra cortocircuitos y se debe completar con algún elemento que le proporcione protección contra las sobrecargas, como puede ser el relé térmico.

4.5. El disyuntor guardamotor

También recibe el nombre de **interruptor automático del motor**. El disyuntor guardamotor es un sistema de protección para motores eléctricos que combina las ventajas del disyuntor electromagnético con las ventajas del relé térmico. Por tanto, es un sistema de protección completo frente a las sobrecargas y cortocircuitos.

Así mismo, puede actuar como interruptor manual, lo que permite abrir o cerrar el circuito a voluntad. Es por ello que es un elemento con capacidad de corte.



Figura 4.34. Diversos modelos de disyuntores guardamotores (Schneider GV2M, GV-7 y Siemens 3RV).

4.5.1. Partes de un disyuntor guardamotor

Un disyuntor guardamotor se compone de las siguientes partes:

- **Bornes de conexión del contactor.** Es la conexión directa con el contactor. La mayoría de los fabricantes tienen una pieza de conexión entre ambos.
- **Bornes de conexión de alimentación eléctrica.** Es la conexión con la red eléctrica que alimentará al motor eléctrico.

- **Dial de ajuste de corriente.** Dial giratorio para el ajuste de la corriente. Permite la calibración de disparo del disyuntor por sobrecarga (térmico).
- **Función de prueba.** Permite probar el correcto funcionamiento provocando un disparo del disyuntor.
- **Contactos auxiliares.** Se utilizan para desconectar el circuito de mando una vez salta el disyuntor y para operaciones de señalización (disparo del disyuntor). Los contactos auxiliares suelen ser un complemento del disyuntor. Pueden ser para un montaje frontal o lateral.
- **Precinto.** Suelen tener una tapa transparente con un cierre que permite su precintado como medida de protección contra manipulaciones indebidas.

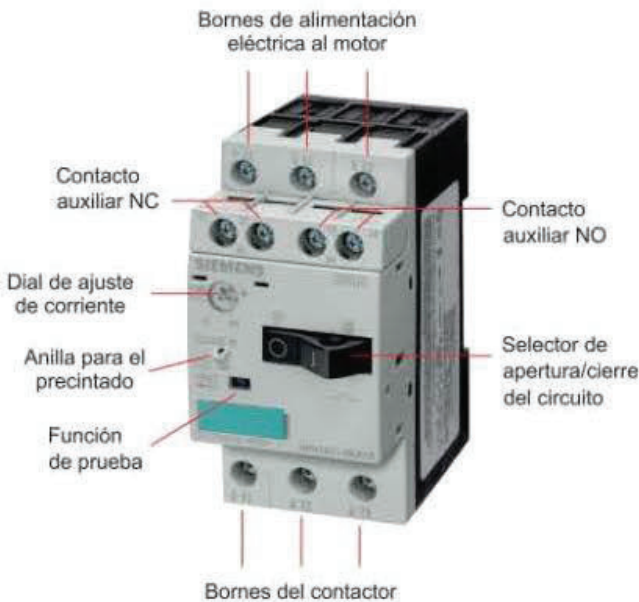


Figura 4.35. Partes de un disyuntor guardamotor.

- **Selector de conexión y desconexión.** Es un selector que permite el cierre/apertura del circuito y que así pueda llegarle corriente eléctrica al motor. Existen modelos que sustituyen el selector por una serie de palancas.

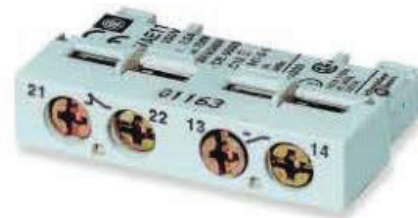


Figura 4.36. Contactos auxiliares de montaje frontal.



Figura 4.37. Contactos auxiliares de montaje lateral.

4.5.2. Simbología eléctrica

La simbología eléctrica que representa al disyuntor guardamotor es la siguiente:

Tabla 4.13. Representación gráfica del disyuntor guardamotor.

Elemento	Simbolo
Disyuntor guardamotor (fuerza)	
Disyuntor guardamotor (fuerza y contactos auxiliares)	
Disyuntor guardamotor (contacto auxiliar NC y NO)	

4.5.3. Esquema eléctrico del disyuntor guardamotor

El esquema eléctrico básico de uso de un disyuntor guardamotor consiste en, la parte fuerza, colocarlo entre el contacto y la red de energía eléctrica. En la parte de maniobra se emplea un contacto abierto de este disyuntor guardamotor en serie con la bobina del contactor.

El disyuntor guardamotor es un dispositivo que, en condiciones de reposo, sus contactos se encuentran abiertos. Por ello, a la hora de utilizarlo se deben cerrar sus contactos, y se accionará el selector, llevándolo a la posición de “start”. Al cerrar sus contactos, todos ellos cambian de estado, cerrando los abiertos y abriendo los cerrados. El contacto 13-14 (NO) del disyuntor ahora estará cerrado, permitiendo activar el contactor si se acciona el pulsador de marcha (S2).

Si el disyuntor se dispara por un problema eléctrico, los contactos de fuerza se abren parando el motor y por medio del contacto 13-14 del disyuntor (que actuará como un paro) cortará la alimentación eléctrica a la bobina del contactor, desactivándolo.

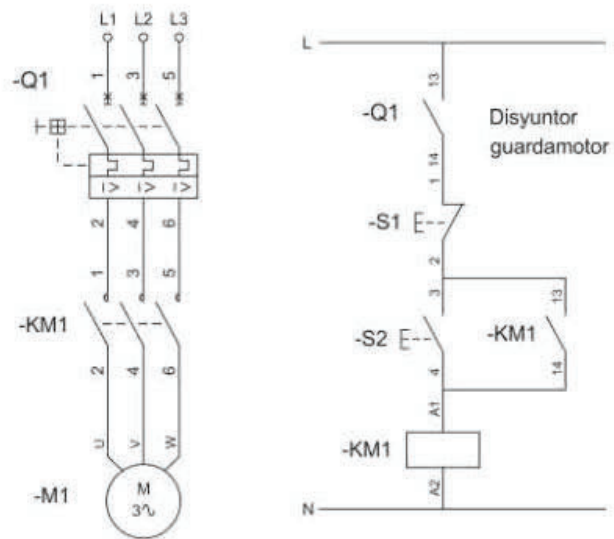


Figura 4.38. Esquema de protección de un motor con un disyuntor guardamotor.

RECUERDA

El disyuntor guardamotor proporciona una protección al motor completa, tanto contra cortocircuitos como contra sobrecargas.

El contacto auxiliar cerrado (NC) se emplea en tareas de señalización, de esta manera cuando el disyuntor se dispara, provoca un aviso para identificar el motivo de la parada.

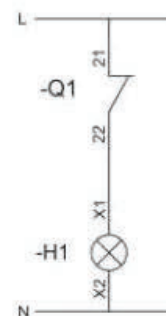


Figura 4.39. Esquema de señalización con un disyuntor motor.

NOTA TÉCNICA

El disyuntor guardamotor es el sistema de protección para motores eléctricos que más se emplea actualmente, principalmente porque abarca tanto a las sobrecargas como a los cortocircuitos, y todo ello en un solo dispositivo, lo que redundará en unos montajes más compactos.

4.5.4. Selección y ajuste de un disyuntor guardamotor

Para seleccionar un disyuntor guardamotor adecuado, lo primero es buscar de la gama de contactores cuál es su respectiva gama de disyuntores guardamotor ya que ambos elementos pueden acoplarse mediante unas piezas que proporciona el mismo fabricante. Aunque es posible utilizar dispositivos de diferentes fabricantes.

El dato más importante a la hora de seleccionar un disyuntor guardamotor lo proporciona el motor a proteger. Conociendo el motor se conoce su corriente nominal y a partir de aquí se selecciona el contactor y el disyuntor.

Hay fabricantes de material eléctrico industrial que proporcionan unas tablas donde se relacionan tanto el contactor como el disyuntor guardamotor.

También, conociendo la corriente nominal del motor, se selecciona un disyuntor guardamotor acorde al contactor en función de esta intensidad. El fabricante proporciona los datos de regulación de intensidad de un disyuntor mediante un margen (margen de regulación) para el disparo térmico.

La corriente a la cual se ha de ajustar el disyuntor debe ser a la intensidad nominal del motor. Un valor más elevado no proporciona una protección eficaz contra las sobrecargas.

Si un disyuntor guardamotor correctamente ajustado se dispara con relativa frecuencia, indica que el motor eléctrico va justo de potencia y que se debería cambiar el motor por uno de mayor potencia o bien disminuir la carga del motor.

Los motores con una alta tasa de frecuencia de trabajo (varios arranques y paros en un intervalo corto de tiempo) implican una dificultad en su protección, no obstante existen gamas de motores diseñados para tales fines.



Figura 4.40. Disyuntor y contactor.



RECUERDA

Un disyuntor guardamotor se ajusta a la intensidad nominal del motor eléctrico a proteger.

4.6. Las sondas de temperatura

La protección mediante sondas térmicas es un método que consiste en medir directamente la temperatura en el interior del motor eléctrico. Toda sobrecarga se traduce en un aumento de temperatura, que si el motor no es capaz de disipar a la larga daña o acorta la vida del motor. Las sondas de temperatura se emplean como método de protección contra las sobrecargas.

Tabla 4.14. Datos del catálogo Siemens para la selección de elementos contactor-guardamotor.

Motor trifásico AC3		Contactor		Disyuntor guardamotor		
kW	A	24 V _{DC}	230 V _{AC}	A		
0,25	1	3RT2015-1BB41	3RT2015-1AP01	07-1	3RU2021-0JA10	
0,37	1,25			0,9-1,25	3RU2021-0KA10	
0,55	1,6			1,1-1,6	3RU2021-1AA10	
0,75	2			1,4-2	3RU2021-1BA10	
1,1	3,2			2,2-3,2	3RU2021-1DA10	
1,5	4			2,8-4	3RU2021-1EA10	
2,2	6,3			4,5-6,3	3RU2021-1GA10	

Las sondas de temperatura son unas resistencias (PTC o NTC) que varían su resistencia eléctrica interna en función de la temperatura. Generalmente, son de tipo PTC (resistencia de coeficiente positivo, es decir que a mayor temperatura mayor resistencia) y también reciben el nombre de termistancias PTC o termistores. Un motor eléctrico puede llevar una o varias sondas.



Figura 4.41. Relés para termistores Schneider (LT3) y Siemens (3RN10).

Las sondas térmicas se introducen en el motor durante el bobinado del mismo. Es por ello que a la hora de adquirir un motor eléctrico se ha de decidir si se desea que cuenten con dichas sondas.

Las sondas realizan la tarea de medición pero es necesario contar con un dispositivo externo que se encargue de leer esos valores y decidir si se ha de cortar la alimentación eléctrica al motor. Este dispositivo es el **relé de protección del motor por termistancia**.

Existe otra serie de sondas llamadas PT-100, estas sondas son de mayor calidad que las PTC, además de ser más lineales en su respuesta. Las sondas PT-100 se emplean en motores de mayor tamaño.

La protección con sondas térmicas es adecuada en aquellos motores que van a funcionar de una manera intermitente, con arranques y frenados muy repetidos en el tiempo.

4.6.1. Simbología eléctrica

Al estar la sonda en el interior del motor, este se representa de la siguiente manera:

Tabla 4.15. Representación gráfica.

Elemento	Símbolo
Motor trifásico con sonda de temperatura	

4.6.2. Conexión de un relé de termistores

Los relés para las sondas de temperatura constan básicamente de las siguientes conexiones:

- **Bobina (A1 y A2).** Se debe alimentar la bobina para que el relé esté en condiciones de trabajar.
- **Sondas (T1 y T2).** Un relé puede controlar una o varias sondas.
- **Contactos.** Cuentan con un contacto cerrado (para maniobra) y otro abierto (para señalización).
- **Rearme manual.** Consta de un pulsador (*test/reset*) para poder rearmar el relé una vez que se dispara. Otra posibilidad es el rearme a distancia mediante los contactos (Y1 e Y2) cuando se puentean por medio de un contacto de un pulsador (NO).

En algunos relés, el rearme es automático una vez que el motor se ha enfriado y su temperatura se sitúa por debajo de un valor mínimo.

- **Lámparas de señalización.** Suelen contar normalmente con dos pilotos de señalización, uno para el estado de servicio *ready* y otra para cuando el relé se dispara *tripped*

RECUERDA

Para poder emplear la protección por sondas de temperatura, el motor debe estar preparado e incorporar dichas sondas.

4.7. El interruptor automático magnetotérmico

El interruptor automático magnetotérmico es un elemento de protección contra sobrecargas, tanto sobrecargas como cortocircuitos. Su funcionamiento es similar al del disyuntor motor, con la salvedad de que el interruptor automático magnetotérmico no cuenta con ningún sistema de regulación externa, siendo calibrado internamente de fábrica. El valor de disparo se indica por su calibre o intensidad nominal.

Consta internamente de dos tipos de disparadores que dan lugar a la apertura del circuito:

- **Disparador magnético.** Consta de un electroimán, el cual al ser recorrido por una fuerte corriente eléctrica provoca el movimiento de un dispositivo mecánico

generando la apertura del circuito. Protege contra los cortocircuitos.

- **Disparador térmico.** Costa de unas láminas bimetálicas que, por efecto de la temperatura debido a una sobrecarga, provocan el disparo y apertura del circuito.



Figura 4.42. Partes del interruptor automático magnetotérmico.

Aparte de la protección también ofrece un comportamiento como interruptor manual, el cual por medio de una palanca permite la conexión y la desconexión de la red eléctrica. Esta palanca también realiza la función de mecanismo de rearme para cuando el magnetotérmico se dispara. No obstante, si perdura el origen de la sobreintensidad, el interruptor magnetotérmico no podrá rearmarse, volviendo instantáneamente a disparar.

ARGOT TÉCNICO

En el argot técnico del electricista, al interruptor automático magnetotérmico se le conoce comúnmente por magnetotérmico.

4.7.1. Parámetros

Las características que definen a un interruptor automático magnetotérmico son las siguientes:

- **Corriente nominal.** También denominado **calibre**. Es el valor de la corriente a partir de la cual se produce el disparo y apertura del circuito.
- **Tensión nominal.** Es el valor máximo de voltaje para el cual está diseñado.
- **Número de polos.** Es la cantidad de conductores eléctricos que el interruptor automático magnetotérmico maneja. Existen cuatro tipos: unipolares, bipolares, tripolares y tetrapolares.

mico maneja. Existen cuatro tipos: unipolares, bipolares, tripolares y tetrapolares.



Figura 4.43. Interruptores magnetotérmicos según sus polos: unipolar, bipolar, tripolar y tetrapolar.

- **Poder de corte.** Es la máxima corriente que el dispositivo puede cortar. Es un valor muy alto que alcanza varios cientos de miles de amperios.
- **Curva de respuesta.** Es una gráfica en la cual se muestra el modo de comportamiento frente a una sobreintensidad en función del tiempo. Existen los siguientes tipos:
 - Curva B: se emplean para sobreintensidades bajas (disparan en su zona magnética entre 3 y 5 veces la intensidad nominal), por ejemplo en la protección de líneas generadoras y en receptores sin picos de corriente.
 - Curva C: se emplean para sobreintensidades medias (entre 5 y 10 la intensidad nominal), por ejemplo en la protección de líneas para receptores y pequeños motores eléctricos. Permiten evitar disparos de receptores con pequeños picos de corriente.
 - Curva D: se emplean para sobreintensidades elevadas (entre 10 y 20 veces la intensidad nominal), por ejemplo para la alimentación de las líneas de alimentación de grandes motores eléctricos con fuertes picos de arranque.
 - Curva ICP: el ICP es un limitador de corriente. Se emplean en viviendas y van sellados por la compañía suministradora de energía. Su calibre va en

función de la potencia contratada. Disparan entre 5 y 8 veces la corriente nominal.

Todos ellos disparan en su zona térmica para valores comprendidos entre 1,1-1,4 la intensidad nominal.

4.7.2. Tipos de interruptores automáticos magnetotérmicos

Según el tipo de corriente, pueden ser:

- **De corriente alterna.** Son los diseñados para funcionar bajo corriente alterna. Por ejemplo, para la protección de las instalaciones domésticas e industriales.
- **De corriente continua.** Son los diseñados para funcionar bajo corriente continua. Por ejemplo, para la protección de las instalaciones generadoras de tipo fotovoltaico.



Figura 4.44. Magnetotérmicos para corriente continua.



Figura 4.45. Magnetotérmico DPN.

Existe un tipo de interruptor automático magnetotérmico llamando DPN. Este tipo de magnetotérmico ofrece protección solo para la fase, aunque el corte lo realiza sobre fase y neutro. Otra característica importante es el hecho de ocupar la mitad del espacio físico.

4.7.3. Simbología eléctrica

La simbología eléctrica que representa al interruptor automático magnetotérmico está en función del número de polos y por tanto oscila entre un polo (unipolar) y cuatro polos (tetrapolar). En el caso de dos polos, hay dos variantes: una para dos fases y la otra para fase y neutro.

Su representación es la siguiente:

Tabla 4.16. Representación gráfica del interruptor automático magnetotérmico.

Elemento	Símbolo
Unipolar	
Bipolar	
Fase + neutro	
Tripolar	
Tetrapolar	
Unifilar	

4.8. El interruptor diferencial

El interruptor diferencial, también llamado disyuntor por corriente diferencial, es un elemento de seguridad destinado a proteger a las personas contra las corrientes eléctricas perjudiciales en caso de fallo de aislamiento.



Figura 4.46. Interruptor diferencial tetrapolar.

4.8.1. Funcionamiento

El funcionamiento del interruptor diferencial consiste en hacer pasar el cableado principal, que es el que une la alimentación eléctrica con la carga del receptor, por un núcleo

toroidal y formar un bobinado por cada hilo. Se crea, además, otro bobinado secundario.

En condiciones normales (sin corrientes de fuga) la corriente I_1 es igual a I_2 . Esas corrientes, al circular por el bobinado principal del núcleo toroidal, crean un campo magnético. Pero al ser iguales y de sentido contrario, ambos campos se anulan.

Cuando ocurre un fallo de aislamiento en el receptor (carga eléctrica) existe una corriente de derivación I_D y, por tanto, ya no se cumple que $I_1 = I_2$, sino que ahora $I_1 = I_2 + I_D$. Estas corrientes (I_1 e I_2) crean sus respectivos campos magnéticos en el núcleo toroidal, pero al ser de diferente valor, el campo resultante ya no se anula sino que tendrá un determinado valor. Este campo magnético induce una corriente en el bobinado secundario que produce el disparo del circuito de apertura interrumpiendo el paso de corriente a la carga.

Esta corriente de fuga o de derivación I_D se llama sensibilidad y su valor se determina en miliamperios. El Reglamento de Baja Tensión, por ejemplo, fija que ese valor para viviendas debe ser como máximo de 30 mA, lo que significa que cuando se produzca una corriente de derivación a tierra igual o superior a 30 mA, el interruptor diferencial se disparará, protegiendo el sistema.

El interruptor diferencial tiene un botón de prueba llamado "test", el cual por medio de una resistencia interna simula una derivación de corriente y provoca el disparo del interruptor diferencial. Los fabricantes de estos dispositi-

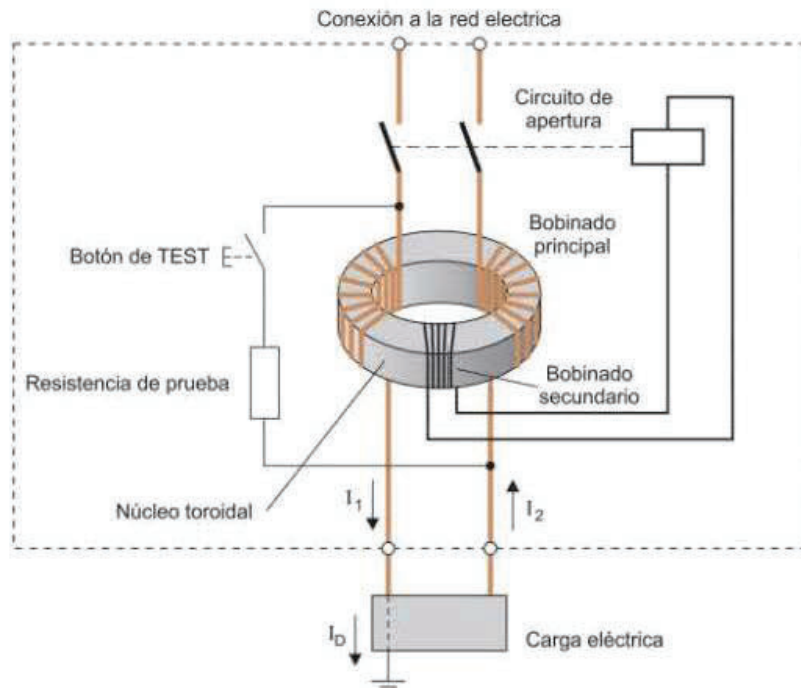


Figura 4.47. Partes internas de un interruptor diferencial.

vos recomiendan realizar pruebas periódicas para verificar el correcto funcionamiento.

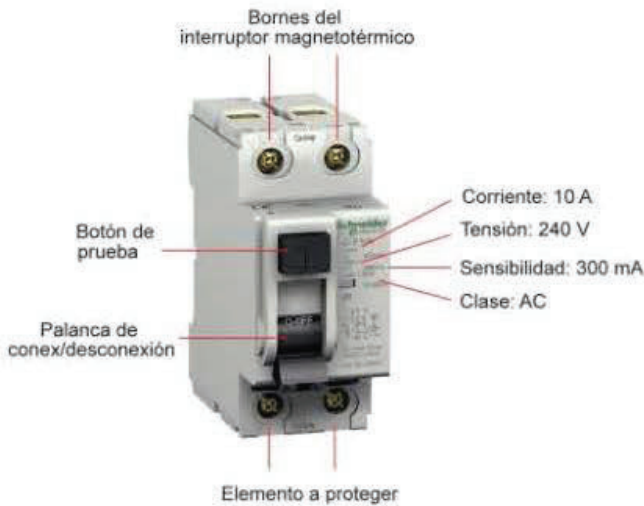


Figura 4.48. Interruptor diferencial Schneider bipolar de la serie multi9.

Existen en el mercado unos interruptores diferenciales que cuentan con un dispositivo de reenganche, el cual, ante un defecto, se dispara provocando la apertura del circuito, pero una vez cesa el defecto se rearmen automáticamente, volviendo a estar en servicio la instalación. Estos dispositivos son interesantes en todas aquellas aplicaciones que no cuentan con supervisión y un disparo intempestivo o inoportuno provoca dejar fuera de servicio a la instalación.



Figura 4.49. Interruptor diferencial con rearme automático.



RECUERDA

Los dispositivos de protección anteriormente vistos estaban destinados hacia la protección de las líneas de suministro y de los receptores eléctricos, sin embargo el interruptor diferencial está diseñado para la protección de las personas.

4.8.2. Parámetros

Las características que definen a un interruptor diferencial son las siguientes:

- **Corriente nominal.** También denominado calibre. Es el valor de la corriente eléctrica a partir de la cual se produce el disparo y apertura del circuito
- **Tensión nominal.** Es el valor máximo del voltaje al cual está diseñado el aparato para funcionar.
- **Sensibilidad.** Es el valor de la corriente de fuga a partir de la cual se provoca el disparo y apertura del circuito eléctrico. Los valores típicos son 10 mA, 30 mA y 300 mA.



RECUERDA

Un valor de sensibilidad bajo no significa que el aparato ofrezca mejor protección, sino que responde ante corrientes de fuga de menor valor. Un valor bajo puede ocasionar disparos no deseados, con la consiguiente desconexión de la línea.

- **Poder de corte.** Es la máxima corriente que el dispositivo puede cortar. Es un valor muy alto que alcanza varios cientos de miles de amperios.
- **Número de polos.** Es la cantidad de conductores eléctricos que el interruptor diferencial maneja. Existen dos tipos: bipolares y tetrapolares.



Figura 4.50. Interruptores diferenciales tetrapolar y bipolar.

- **Clase.** Existen las siguientes clases de interruptores diferenciales:
 - Clase AC: diseñado para funcionar con corrientes senoidales. Es el utilizado en las viviendas.
 - Clase A: diseñado para corrientes alternas o pulsantes. Es el utilizado por rectificadores, variadores de velocidad, etc.

- Clase S: son interruptores diferenciales con retardo en la respuesta para actuar de forma selectiva con otros mecanismos de protección.

El interruptor diferencial es un elemento de protección que siempre debe ir acompañado de algún otro elemento que proporcione al conjunto protección contra cortocircuitos, generalmente un interruptor automático magnetotérmico. El calibre del diferencial debe ser superior al del magnetotérmico, para que así, en caso de una sobreintensidad muy elevada, actúe antes el magnetotérmico.



NOTA TÉCNICA

A los interruptores diferenciales cuya sensibilidad sea igual o mayor de 300 mA se les denominan "diferenciales de baja sensibilidad". Se emplean sobre todo en industrias.

A los interruptores diferenciales cuya sensibilidad sea igual o inferior a 30 mA se les denominan "diferenciales de alta sensibilidad". Se emplean obligatoriamente en viviendas. Se rigen por el REBT-ITC-25 donde especifica que el valor máximo es de 30 mA aunque se pueden instalar otros con sensibilidad superior en serie con al menos uno de 30 mA.

4.8.3. Simbología eléctrica

La simbología eléctrica que representa al interruptor diferencial es la siguiente:

Tabla 4.17. Representación gráfica del interruptor diferencial.

Elemento	Símbolo
Interruptor diferencial bipolar	
Interruptor diferencial tetrapolar	
Interruptor diferencial unifilar	

4.9. La protección contra sobretensiones

Una **sobretensión** es un aumento no esperado del voltaje eléctrico que puede ser transitorio (operaciones de maniobra en la red eléctrica, descargas atmosféricas, etc.) o permanente (descompensación en la red eléctrica), y que da lugar a un pico de tensión que el equipo no puede soportar y acaba siendo destruido, provocando incluso un incendio.

Para evitar estos daños, está el **descargador o limitador de sobretensiones**, el cual actúa en paralelo con la línea a proteger y en caso de detectar una subida de tensión, deriva ésta hacia tierra.

Existen varios tipos de descargadores: varistores, descargadores de gas, etc. Aunque en este tema solo nos centraremos en los descargadores de tipo varistor por ser los que más se emplean en la protección de equipos.

Un descargador o limitador es una resistencia variable con la tensión (también llamado varistor), la cual con bajos valores de tensión tiene una resistencia muy alta y con valores de alta tensión tiene una resistencia muy pequeña que facilita la conexión a tierra.



Figura 4.51. Cartucho descargador.

Cuando un descargador actúa ante una sobretensión, en función de este valor de voltaje, su vida útil disminuye o incluso finaliza. Para conocer el estado, los descargadores incluyen un sistema de visualización, de tal manera que cuando marca que ya no es útil para el trabajo debe ser sustituido.



RECUERDA

No solo las sobretensiones se pueden producir por descargas atmosféricas, por ejemplo un corte o defecto de conexión del neutro en la línea de alimentación trifásica provoca una sobretensión en la instalación.

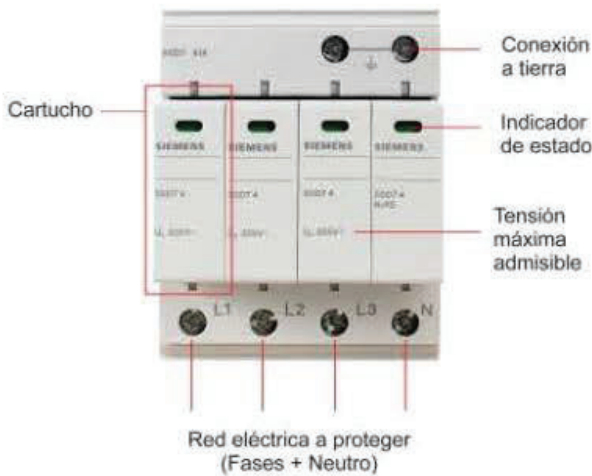


Figura 4.52. Partes de un descargador de sobretensiones.

Para facilitar la sustitución, los descargadores van montados sobre unas bases de tal manera que facilitan la operación de mantenimiento.

Los limitadores deben contar con un interruptor automático magnetotérmico instalado justo antes de él a modo de protección adicional.

4.9.1. Parámetros

Las características que definen a un descargador de sobretensiones son las siguientes:

- **Corriente máxima de descarga** (onda 8/20 μ s). Es el valor máximo de la corriente de descarga que es capaz de soportar sin sufrir daños. Si se sobrepasa, el limitador actúa de manera correcta pero queda destruido y se debe sustituir.
- **Tensión nominal.** Es el valor del voltaje al cual está diseñado el aparato para funcionar.



Figura 4.53. Descargadores de sobretensiones: bipolar, tripolar y tetrapolar.

- **Tensión máxima admisible.** Es el valor máximo del voltaje que se puede aplicar de manera permanente sin que el limitador sufra.
- **Tensión de protección.** Es el valor máximo del voltaje de la sobretensión. Se sitúa en valores de miles de voltios (kV).
- **Número de polos.** Es la cantidad de conductores eléctricos que tiene la línea eléctrica y que se conectarán al descargador. Existen tres tipos: bipolares, tripolares y tetrapolares.

Existe una clasificación de los limitadores en función del tipo de corriente de los receptores, así, aunque la mayoría de los descargadores son para receptores en corriente alterna, existe una gama de limitadores de sobretensiones destinadas a aplicaciones en corriente continua. Este tipo de protección se emplea sobre todo para aplicaciones solares fotovoltaicas. Cuenta con tres bornes de conexiones: positivo, negativo y la toma a tierra.

4.9.2. Tipos de protecciones contra sobretensiones

Existen tres tipos de protecciones contra sobretensiones, las cuales se pueden combinar entre sí para aumentar la eficiencia de la protección.

La protección de **tipo 1** se coloca lo más cercana al punto de origen de la sobretensión y tiene una gran capacidad de absorción. Se coloca en las cabeceras de los cuadros y tiene un valor de intensidad máxima alto.

La protección de **tipo 2** se coloca en los cuadros secundarios y tiene una capacidad de absorción media.

Cuando el receptor es sensible a las sobretensiones (equipos electrónicos, informáticos, etc.) se puede completar con el **tipo 3**. Este tipo se coloca lo más cercano posible



Figura 4.54. Descargadores para instalaciones fotovoltaicas.

al receptor a proteger y tiene una gran rapidez en su respuesta aunque su capacidad de absorción es baja.

4.9.3. Mantenimiento

Los limitadores de sobretensión se deben sustituir en los siguientes casos:

- **Por destrucción.** Cuando una fuerte sobretensión, por ejemplo por descarga atmosférica (caída de un rayo) con una intensidad superior a su corriente máxima afecta al limitador, este actúa protegiendo a la instalación pero queda internamente destruido, siendo necesaria su sustitución.
- **Por envejecimiento.** Un limitador tras sucesivas pequeñas descargas agota su vida útil. Un limitador tiene una muy pequeña corriente de fuga (un poco menor de 1 mA) y en cada descarga ese valor aumenta. Ese paso de corriente se traduce en un calentamiento y a la larga este calentamiento va mermando sus características, lo que hace necesario la sustitución. Internamente cuenta con un bimetálico que al llegar a unos valores de calentamiento no admisibles produce la rotura interna y desconexión del sistema, y además, cuenta con una señalización para indicar este estado de no operatividad. Normalmente, el indicador de estado suele estar de color blanco o verde (depende del fabricante) y cuando ya no está operativo, ese indicador suele pasar a rojo.

En ambos casos (por destrucción y por envejecimiento) una vez queda destruido el limitador, este se comporta como un cortocircuito y dará lugar a que actúe el interruptor magnetotérmico asociado. Y no se podrá rearmar hasta que no se realice la sustitución del limitador.

4.9.4. Simbología eléctrica

Los limitadores de sobretensión se identifican con la letra F y su simbología eléctrica en función del número de polos es:

Tabla 4.18. Representación gráfica del limitador de sobretensiones.

Elemento	Simbolo
Limitador de sobretensión (bipolar, tripolar y tetrapolar)	

4.10. La protección contra subtensiones

Una **subtensión** es un valor del voltaje inferior a la tensión nominal de la línea. Esta desviación de la tensión puede ser de modo transitorio (cuando ocurre de manera esporádica y posteriormente recupera su valor) o de modo permanente (es constante a lo largo del tiempo).

Las bajadas de tensión pueden deberse a varios factores: fallos en la línea de alimentación, cortocircuitos accidentales, maniobras en las líneas de alimentación, arranque de grandes motores eléctricos, etc.

El efecto de una disminución de la tensión sobre un motor eléctrico puede tener las siguientes consecuencias:

- Al disminuir la tensión en un motor, disminuye el par motor y si la carga arrastrada (par resistente) es elevado puede parar el motor.
- Si el motor está parado y con una disminución de la tensión, el motor puede que no arranque o que arranque y en fase de aceleración se pare, dependiendo de las características de la carga arrastrada.
- Al recuperar la tensión nominal el motor se acelera. Estos cambios bruscos de ritmo afectan a los devanados (sobrecalentamiento) y a las partes móviles acusando con el tiempo una fatiga mecánica.

Como medida de protección están los **relés y disparadores de mínima tensión**, los cuales reaccionan ante una disminución de la tensión.

Estos dispositivos consisten en un electroimán que, ante un corte o una disminución en la tensión, acciona un dispositivo mecánico que produce el disparo.

Cuando estos elementos detectores de mínima tensión se asocian físicamente con otro elemento de corte tal como un disyuntor guardamotor o disyuntor electromagnético, reciben el nombre de **disparadores de mínima tensión**. En este caso, es el disparador de mínima tensión el que provoca el disparo del disyuntor.



Figura 4.55. Disparadores de mínima tensión y relé.

Sin embargo, cuando actúan de manera independiente (sin asociarse físicamente con otro elemento) y al detectar una disminución o ausencia de tensión eléctrica, emplean sus contactos internos para las maniobras de desconexión y protección provocando el corte del circuito eléctrico (por ejemplo, estando en serie con la bobina del contactor). En este caso, reciben el nombre de relés de mínima tensión o relés de voltaje.



Figura 4.56. Partes del relé de mínima tensión.

4.10.1. Simbología eléctrica

La simbología eléctrica que representa al disparador de mínima tensión es:

Tabla 4.19. Representación gráfica de dispositivos de mínima tensión.

Elemento	Símbolo
Relé de mínima tensión	
Relé de mínima tensión con retardo	
Relé de mínima tensión con contactos de acción anticipada	
Relé de mínima tensión trifásico	

Al ser elementos de protección, se identifican con la letra F.

En la Figura 4.57, el disparador está controlando la tensión de la línea eléctrica y en caso de disminución de la tensión provoca el disparo del interruptor automático Q1.

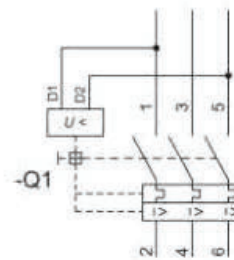


Figura 4.57. Disparador de mínima tensión asociado a un disyuntor.

En la Figura 4.58, el disparador de mínima tensión se activará ante el salto del relé térmico, se accione el paro de emergencia o bien se provoque el disparo actuando sobre el pulsador de paro S2.

En la Figura 4.59, un relé de mínima tensión (F2) controla el estado de la línea de alimentación. Una disminu-

ción de la tensión provoca la desactivación de la bobina del contactor KM1.

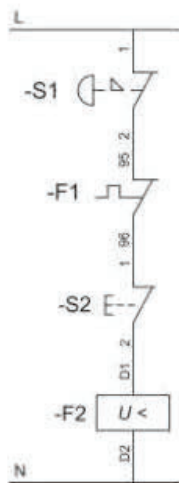


Figura 4.58. Con seguridades.

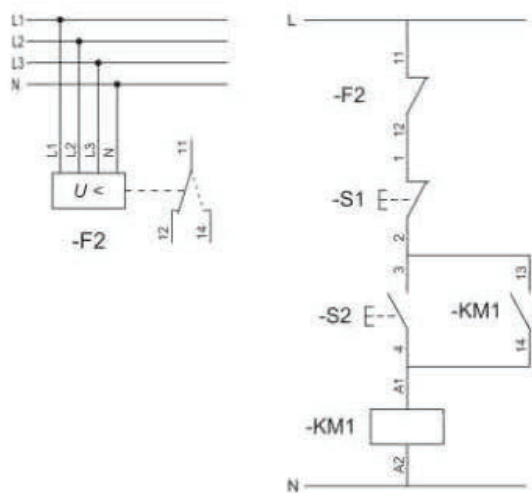


Figura 4.59. Relé de mínima tensión trifásico.

4.11. Técnicas de selección para la protección eléctrica

Un sistema de protección completo comprende el uso de varios elementos de protección. A la hora de diseñar correctamente el modo de funcionamiento de las protecciones, se deben tener en cuenta principalmente dos criterios: que puedan hacer frente al problema y, además, que actúe el elemento de protección más cercano al problema.

Para diseñar adecuadamente el sistema de protección se deben aplicar las técnicas de selectividad y las de filiación.

4.11.1. Selectividad

La **selectividad** es la capacidad del conjunto de elementos de protección de actuar lo más cerca posible a la zona de fallo. De esta manera, el disparo del elemento de protección solo se limita a la zona afectada, dejando las otras zonas operativas.

Por ejemplo, en un proceso productivo, un fallo eléctrico de una máquina no debe parar toda la producción porque ha saltado el interruptor magnetotérmico general. Debería saltar la protección de la máquina, es decir limitarse a la zona del problema.

La selectividad se puede conseguir de varias maneras:

- **Tiempo.** Los elementos de protección más próximos al elemento a proteger serán más rápidos que los de protección general. Esto se consigue conociendo el tiempo de respuesta del elemento de protección y empleándolo en consecuencia. Aquí se emplean elementos con tiempo de retardo.

- **Corriente.** Se consigue empleando elementos de protección escalonados según la corriente de disparo, siendo los más pequeños los más próximos al elemento a proteger.

Es importante para un correcto diseño verificar que se cumple la selectividad en las instalaciones eléctricas, para ello los fabricantes de dispositivos de protección proporcionan los datos necesarios.

Por ejemplo, en la Figura 4.60 se muestran dos interruptores automáticos magnetotérmicos que están en serie con un receptor eléctrico. En la línea de alimentación se produce un cortocircuito. El elemento de seguridad que debería actuar sería el B por estar más cercano al punto de origen del fallo.

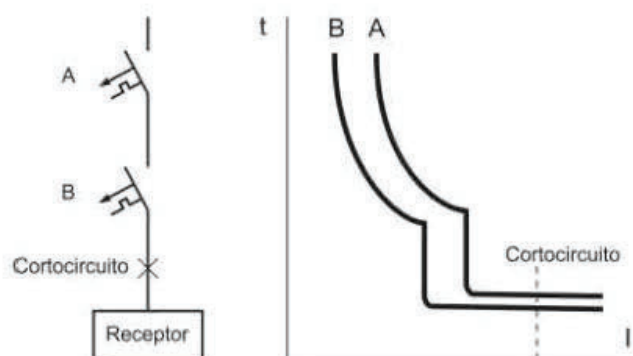


Figura 4.60. Selectividad.

Si el sistema procede de esta manera se dice entonces que existe selectividad entre ellos.

Se puede observar por las curvas de respuesta que en caso de cortocircuito, la primera gráfica con la que se cruza es la curva B. Por tanto, el magnetotérmico que actúa será el B.

4.11.2. Filiación

En un sistema de protección eléctrica, los elementos encargados de ello deben tener suficiente poder de corte como para poder hacer frente al fallo.

En un fallo por cortocircuito, la corriente es de un valor muy alto (miles de amperios).

La **filiación** consiste en emplear elementos con un poder de corte inferior al valor de cortocircuito, siempre que exista algún elemento con un poder superior dentro del sistema de protección. Por lo general, los dispositivos más próximos al elemento a proteger suelen ser de un tamaño reducido (y por lo general con un poder de corte también más reducido), sin embargo los de protección general suelen tener un poder de corte más elevado.

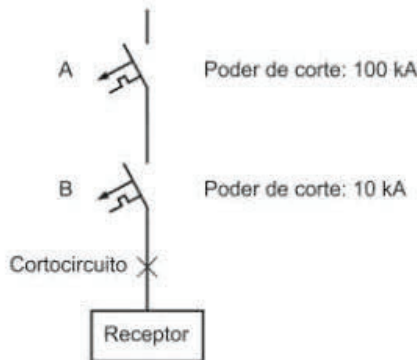


Figura 4.61. Filiación.

4.12. Protección de motores

A lo largo de esta unidad se han estudiado los dispositivos de protección más empleados actualmente, pero varios de ellos solo ofrecían, por sí solos, una protección parcial y por ello se deben completar con algún sistema de protección complementario.

Los sistemas de protección completos más utilizados para la protección de motores trifásicos son los siguientes:

- **Protección mediante fusible y relé térmico.** El fusible proporciona protección contra los cortocircuitos y el relé térmico contra las sobrecargas. En el circuito de maniobra, se utiliza un contacto cerrado del relé térmico para que cuando este dispare abra el circuito.

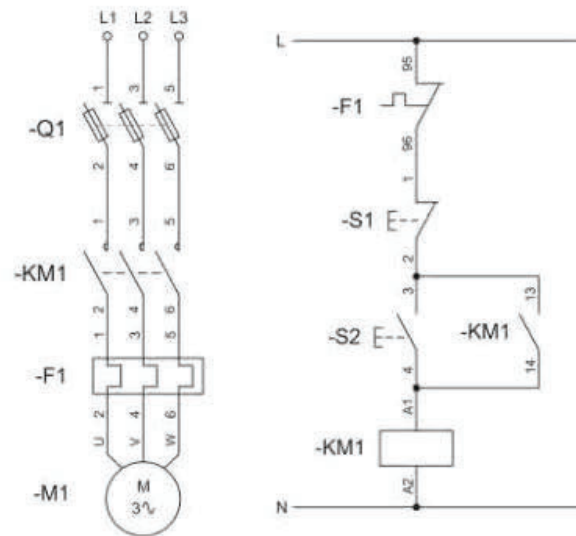


Figura 4.62. Protección mediante fusible y relé térmico.

- **Protección mediante interruptor automático electromagnético y relé térmico.** El interruptor magnético proporciona protección contra los cortocircuitos y el relé térmico contra las sobrecargas. En el circuito de maniobra, se utiliza un contacto cerrado del relé térmico para que cuando este dispare abra el circuito.

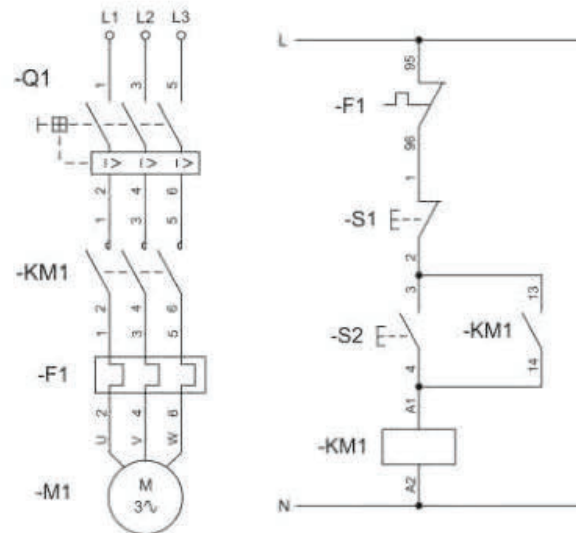


Figura 4.63. Protección mediante interruptor automático magnético y relé térmico.

- **Protección mediante disyuntor guardamotor.** El disyuntor guardamotor proporciona una protección completa, tanto contra los cortocircuitos como contra las sobrecargas. En el circuito de maniobra, se utiliza un contacto abierto del disyuntor para que cuando este dispare abra el circuito. Cuando el disyuntor está

con sus contactos abiertos, el contactor auxiliar abierto también lo está.

Estos son los esquemas más empleados en la protección de motores. Los otros elementos estudiados tales como las sondas de temperatura o los relés de mínima tensión se emplean en menor medida y en casos determinados.

Un aspecto importante a la hora de proteger una instalación o elementos es realizar adecuadamente la calibración de las protecciones. En general, los dispositivos de protección contra cortocircuitos ya vienen calibrados de fábrica; por ejemplo, los interruptores magnetotérmicos, interruptores diferenciales, etc., pero otros, sobre todo los de protección contra sobrecargas (relé térmico, disyuntor magnetotérmico, etc.) el fabricante los proporciona para un rango de actuación y es el técnico el que debe calibrarlos. Una incorrecta calibración puede dar lugar a la destrucción del elemento a proteger ante un defecto o un acortamiento de su vida útil. Los dispositivos de seguridad se deben calibrar para el valor calculado de protección. Un margen superior supone que se permite que trabaje con una sobrecarga que a la larga acorta la vida del

elemento a proteger y por tanto no ofrece una protección adecuada.

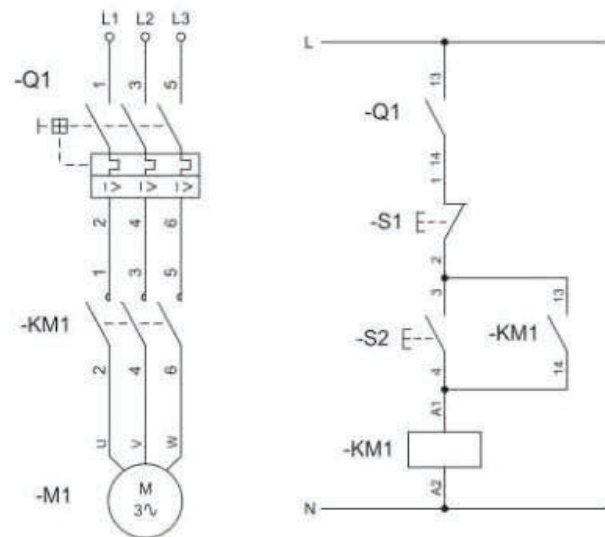
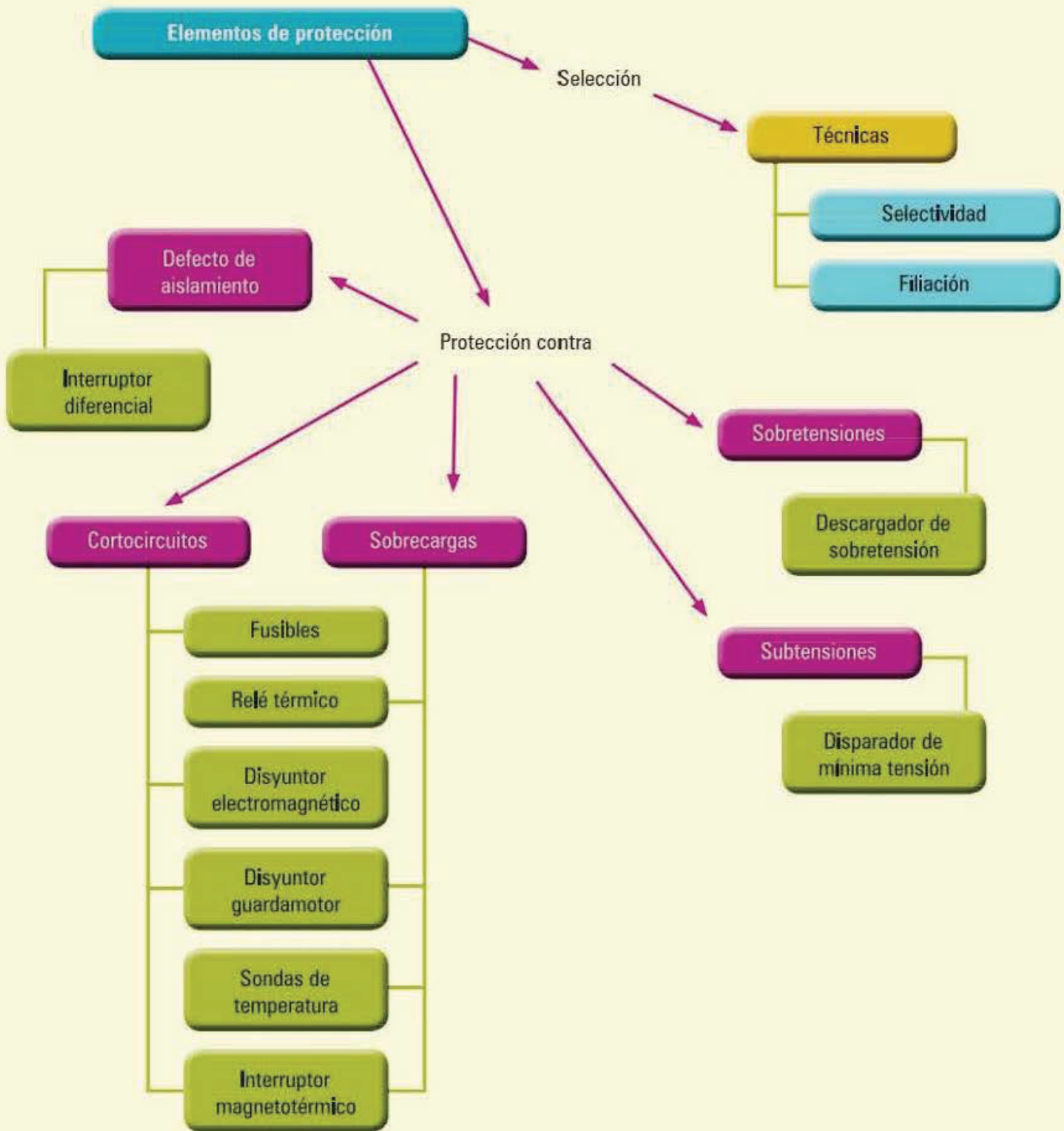


Figura 4.64. Protección mediante disyuntor guardamotor.



Actividades de comprobación

- 4.1. El fusible es un elemento de protección que se emplea para:
- Cortocircuitos.
 - Sobrecargas.
 - Cortocircuitos y sobrecargas, es decir, protege la instalación contra los aumentos de corriente.
 - Variaciones de tensión. Ya que las subidas o bajadas de tensión son perjudiciales.
 - Todas las respuestas anteriores son correctas ya que el fusible es un elemento de protección y por tanto protege contra todos los defectos que puedan ocurrir.
- 4.2. ¿Qué parámetro hace referencia a la intensidad máxima de cortocircuito a la que puede hacer frente un fusible?
- Intensidad nominal.
 - Intensidad convencional de fusión.
 - Poder de corte.
 - Tensión nominal.
 - Tensión de cortocircuito.
- 4.3. Un relé térmico es un elemento de protección que se emplea para:
- Cortocircuitos.
 - Sobrecargas.
 - Cortocircuitos y sobrecargas, es decir protege la instalación contra los aumentos de corriente.
 - Variaciones de tensión. Ya que las subidas o bajadas de tensión son perjudiciales.
 - Todas las respuestas anteriores son correctas ya que el relé térmico es un elemento de protección y por tanto protege contra todos los defectos que puedan ocurrir.
- 4.4. Un relé térmico protege al motor ante:
- El fallo de una de las fases de alimentación eléctrica al motor.
 - Un excesivo número de arranques y paros del motor en reducido espacio de tiempo.
 - La rotura o deterioro de un rodamiento del eje del motor.
 - Un exceso de carga arrastrada por el motor.
 - Todas las respuestas anteriores son válidas.
- 4.5. Un disyuntor electromagnético se emplea para proteger a un motor frente a:
- Cortocircuitos.
 - Sobrecargas.
 - Cortocircuitos y sobrecargas, es decir protege al motor contra los aumentos de corriente.
 - Variaciones de tensión. Ya que las subidas o bajadas de tensión son perjudiciales.
 - Todas las respuestas anteriores son correctas ya que el disyuntor electromagnético es un elemento de protección y por tanto protege contra todos los defectos que puedan ocurrir.
- 4.6. Un disyuntor guardamotor protege al motor frente a:
- Cortocircuitos.
 - Sobrecargas.
 - Cortocircuitos y sobrecargas, es decir protege al motor contra los aumentos de corriente.
 - Variaciones de tensión. Ya que las subidas o bajadas de tensión son perjudiciales.
 - Todas las respuestas anteriores son correctas ya que el disyuntor guardamotor es un elemento de protección y por tanto protege contra todos los defectos que puedan ocurrir.
- 4.7. Las sondas de temperatura miden la temperatura del interior de un motor porque un aumento de esta supone un fallo debido a:
- Un aumento de la tensión de alimentación.
 - Un exceso de la temperatura ambiente, y debido a que no podrá disipar el calor, el motor acabará dañado.
 - Un fallo en el sistema de las aletas de refrigeración situadas en el eje del motor.
 - Una sobrecarga de trabajo del motor
 - Todas las respuestas anteriores son válidas ya que **se traducen en un aumento de la temperatura interna del motor.**
- 4.8. La sensibilidad de un interruptor diferencial:
- Es el valor de la corriente a partir del cual se produce el disparo por una sobreintensidad.
 - Es el valor de la corriente a partir del cual se produce el disparo por una corriente de fuga.
 - Es el valor de la corriente mínima a partir del cual el aparato es capaz de responder

- d) Es el valor de la tensión máxima de corte
- e) Es el voltaje a partir del cual el aparato es capaz de detectar y poder responder provocando la apertura del circuito eléctrico.

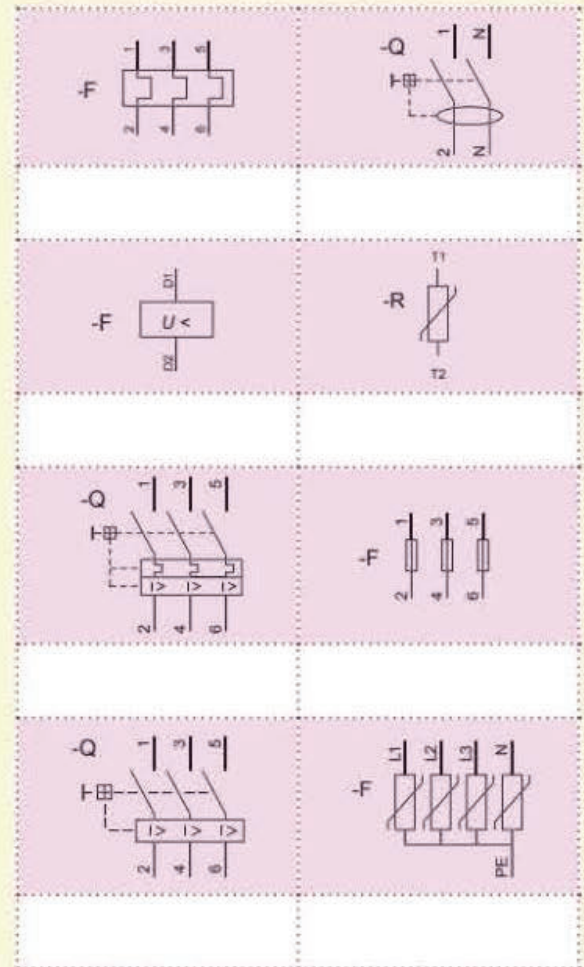
4.9. ¿Cómo se debe actuar después de una sobretensión?

- a) Rearmar el limitador de sobretensiones. Como se ha disparado se debe volver a poner en la posición de activado.
- b) Verificar el estado del cartucho limitador.
- c) Sustituir el cartucho limitador.
- d) Pulsar el botón de *reset* para que vuelva a estar listo.
- e) Cambiar los fusibles que se hayan dañado por la sobretensión.

4.10. A la capacidad de un conjunto de elementos de protección de actuar lo más cerca posible al punto de fallo se le llama:

- a) Selectividad.
- b) Filiación.
- c) Sobreprotección.
- d) Rango de actuación

4.11. Indica el nombre la siguiente simbología eléctrica:



Actividades de aplicación

4.12. Realiza el esquema de fuerza y maniobra para el arranque de un motor trifásico con protección mediante fusibles y relé térmico. El motor se podrá arrancar desde dos puntos (S2 y S3) y parar desde uno (S1). Se señalará cuando el motor esté parado pero en condiciones de arrancar (H1), cuando esté funcionando el motor (H2) y cuando se produzca una parada por sobrecarga del motor (H3).

4.13. Dibuja el esquema de fuerza y maniobra para un motor eléctrico trifásico que está protegido con un disyuntor electromagnético y con relé térmico. El motor se pondrá en marcha pulsando simultáneamente desde dos pulsadores (S1 y S2) y se podrá parar desde otros dos (S3 o

S4). Señaliza cuándo el motor está girando (H1) y cuándo se produce una sobrecarga (H2).

4.14. Realiza el esquema eléctrico de fuerza y maniobra para el siguiente proceso. Una cinta transportadora es movida por un motor con protección mediante disyuntor guardamotor. La cinta transportadora se pondrá en marcha desde un pulsador (S3) y parar desde otro (S2). Además, contará con un pulsador de paro de emergencia (S1) que parará inmediatamente la cinta. Si existiera algún problema eléctrico también parará. Además, señala cuándo la cinta está parada (H1), en marcha (H2), con avería eléctrica (sobrecarga o cortocircuito) (H3) y con paro de emergencia (H4).

- 4.15.** Dibuja el esquema de fuerza y maniobra para un motor eléctrico que cuenta con protección por disyuntor electromagnético y con un relé para el control de su temperatura interna. El motor girará con un pulsador (S2) y se parará con otro (S1), así mismo contará con señalización para indicar cuándo el motor está funcionando y cuándo estará parado por activación del relé que indica una sobrecarga.
- 4.16.** Dibuja el esquema de fuerza y maniobra para un motor eléctrico trifásico que está protegido con un disyuntor electromagnético, con relé térmico y con un relé de mínima tensión que provocará el disparo del disyuntor electromagnético. Además, el circuito contará con un paro de emergencia. El motor se pondrá en marcha pulsando S3 y se podrá parar desde S2. Señaliza cuándo el motor está girando (H1).
- 4.17.** Realiza el esquema eléctrico de fuerza y maniobra para el siguiente proceso. Una línea trifásica que alimenta a dos motores eléctricos está protegida con fusibles de tipo NH. Los motores están a su vez protegidos con fusibles y relés térmicos. Los motores se pondrán en marcha si se pulsa su accionamiento (S2 o S3) y el otro motor no está girando. Los motores se pararán desde S1 o cuando su relé térmico salte. Señaliza los disparos de los relés térmicos.
- 4.18.** Realiza el esquema de un cuadro eléctrico con entrada de red trifásica con neutro y línea de tierra. La entrada de la red contará con interruptor general y con magnetotérmico, ambos tripolares. El cuadro tendrá salidas para cuatro líneas. La línea 1 será trifásica y tendrá un magnetotérmico tripolar. Las líneas 2, 3 y 4 serán monofásicas con protección mediante magnetotérmicos bipolares. Estas tres líneas partirán de una protección mediante magnetotérmico e interruptor diferencial, ambos tetrapolares. El cuadro dispondrá de protección contra sobretensiones.
- 4.19.** Realiza los esquemas de fuerza y mando de una máquina compuesta por dos motores eléctricos que están protegidos por disyuntor guardamotor. Al pulsar marcha (S1) arrancarán los dos motores a la vez. Al pulsar paro (S2) se pararán ambos motores. Si ocurre algún problema de sobrecarga en algún motor, se para solo ese motor, el otro debe seguir funcionando. Señaliza cuándo los dos motores están a la vez funcionando (H2) y cuándo hay problemas de sobrecarga (H1).
- 4.20.** Realiza el esquema eléctrico de fuerza y maniobra para el siguiente proceso. Un sistema de bombeo de líquidos está compuesto por dos bombas cuyos motores están protegidos con disyuntor guardamotor. El sistema funciona con una sola bomba, pero la otra bomba solo funcionará cuando la primera tenga algún problema eléctrico (sobrecarga o cortocircuito). No deben funcionar las dos bombas a la vez. El sistema cuenta con un pulsador de marcha para cada motor (S2 y S3) y un pulsador de paro (S1).
- 4.21.** Una máquina compuesta por un motor trifásico está protegida contra cortocircuitos y sobrecargas por un disyuntor guardamotor y, además, está protegida contra las subtensiones por un disparador de mínima tensión. El sistema cuenta con un paro de emergencia (S1). La máquina se pondrá en funcionamiento si se pulsa simultáneamente desde dos pulsadores (S3 y S4) y se podrá parar desde otro pulsador (S2).
Realiza el esquema eléctrico de fuerza y maniobra y señala los estados de: máquina en marcha (H1), máquina parada (H2) y sobrecarga (H3).

■ Actividades de ampliación

- 4.22.** Apoyándote en catálogos de fabricantes, selecciona los elementos que intervienen en el arranque de un motor trifásico, tanto principales (contactores, etcétera) como de los elementos de protección.

Nota: Selecciona primero la potencia de un motor trifásico.