

# **EL MUNDO DEL AUTOMATISMO**

**EL CONTACTOR Y SU ENTORNO**





## INTRODUCCIÓN

Concluida la primera entrega, “EL MUNDO DE LA ILUMINACIÓN”, iniciamos “LOS OTROS MUNDOS DE LA ELECTRICIDAD”.

Le corresponde ahora el protagonismo al contactor, primer actor de la saga de los automatismos.

En interés de una lectura amena recurriremos a los mismos recursos que utilizamos en otras entregas, es decir, a la figura de KWITO, A LA VUELTA ATRÁS Y AL ANECDOTARIO.

La previsión para esta entrega, EL MUNDO DEL AUTOMATISMO, es de 100 páginas aproximadamente.



El contactor inaugura una era importante, la que nos toca vivir. Su funcionamiento es sorprendente simple, pero sólo escuchar el sonido que emite, al entrar en funcionamiento, nos da una idea de la seguridad que ofrece.

Tendrá sus fallos, pero cumple perfectamente su misión y basta con leer el número de maniobras capaz de realizar para entender que es un elemento que responde.

## EL AUTOR

Luis Poza Alonso, Ingeniero Técnico, Especialista Universitario en Calidad Industrial.

Una sugestiva vida profesional.

En 1991 inició una serie de programas en radio, titulados ***La electricidad en el hogar***, que se retransmitieron nueve años y alcanzaron cierto renombre.

En 1995, buscando otros canales de comunicación, empezó la aventura de escribir, colaborando en revistas técnicas como Electro Noticias, Electro Aragón, RTC y otras.

Simultaneando esa actividad con cursos y conferencias sobre energías renovables, materiales, automatismos e iluminación.

En 2002, escribe para Grudilec ***El mundo de la iluminación***, que termina en 2005.

Actualmente continúa la colaboración con ***El mundo del automatismo***.

Un adjetivo que lo define es, **apasionado**.

Por la técnica...

Y... por la vida...



## ÍNDICE

Historia del contactor .....	<i>Pág. 7</i>
Ventajas de la utilización de contactores .....	<i>Pág. 13</i>
El contactor electromagnético .....	<i>Pág. 15</i>
El contactor electromagnético actual .....	<i>Pág. 17</i>
Clasificación de los contactores .....	<i>Pág. 19</i>
Funcionamiento, identificación de bornes, características de utilización y posición de funcionamiento del contactor electromagnético .....	<i>Pág. 25</i>
Hablemos de relés electromagnéticos .....	<i>Pág. 29</i>
Elementos de un automatismo .....	<i>Pág. 33</i>
En busca de la protección completa: Los fusibles .....	<i>Pág. 37</i>
Elección de un contactor electromagnético .....	<i>Pág. 41</i>
Los auxiliares de mando .....	<i>Pág. 43</i>
Interruptores final de carrera-Limitadores .....	<i>Pág. 51</i>
La lógica cableada .....	<i>Pág. 55</i>
Lógica directa .....	<i>Pág. 57</i>
Lógica negada .....	<i>Pág. 59</i>
Teoría básica del motor eléctrico .....	<i>Pág. 61</i>
Temporizadores .....	<i>Pág. 69</i>
Presostatos .....	<i>Pág. 75</i>
Termostatos .....	<i>Pág. 79</i>
Esquemas básicos .....	<i>Pág. 83</i>
Detectores y sensores .....	<i>Pág. 89</i>
Nuestro amigo el ascensor .....	<i>Pág. 101</i>



a)

b)

c)

- a) Lámpara de Edison
- b) Patente de la lámpara
- c) Dinamo de Edison
- d) Generador de Pearl Street (1900).



d)

## HISTORIA DEL CONTACTOR

### ***Para situarnos, veamos cómo eran las circunstancias en aquel entonces, en los inicios de la era de la electricidad...***

En el periodo 1845 y 1870 se hicieron diversas modificaciones en los generadores y motores eléctricos, con lo que se mejoró, sustancialmente, su funcionamiento. En un principio estas máquinas presentaban diferentes problemas, a saber, baja eficiencia, inestabilidad en el funcionamiento, poca fiabilidad, etc.

Fue necesario un gran esfuerzo de investigación e ingenio para sortear los obstáculos, desconocidos hasta entonces...

Así, por ejemplo, en 1870, el francés Zénobe Théophile Gramme alcanzó voltajes muy altos en un generador eléctrico.

En 1881, por medio de una ingeniosa combinación, Charles Brush logró que el voltaje del generador tuviese siempre un valor constante, sin importar la cantidad de corriente que proporcionara el aparato.

Entre los primeros en reconocer los factores que causaban pérdidas en un generador estaban los estadounidenses Edward Weston y Thomas A. Edison, quienes aumentaron la eficiencia de los generadores del 50 al 90 por ciento.

Hacia principios de la década de 1890 se empezaron a utilizar conjuntos de generadores conectados en paralelo, con lo que se logró producir grandes cantidades de electricidad.

Para mover los generadores se usaban máquinas de vapor, y ocasionalmente saltos hidráulicos.

En octubre de 1879, después de muchas experiencias infructuosas y de haber gastado la considerable cantidad, para aquel entonces, de 40.000 dólares, el estadounidense Thomas Alva Edison (1847-1931)

logró construir una lámpara incandescente en la que un filamento de carbón emitía luz, al hacerle pasar una corriente eléctrica, durante más de 40 horas. El famoso inventor colocó su filamento dentro de un bulbo de vidrio, en el que produjo vacío. Edison logró fabricar la bombilla de una manera muy eficiente y con este invento se abrió un campo extraordinario de aplicación, que provocó la necesidad de construir generadores eficientes de electricidad.

Otra contribución decisiva, que Edison aportó, en 1881, fue la central eléctrica, o sea, una planta en la que se generaba electricidad y desde allí mismo se distribuía. Esto ocurrió en la ciudad de Nueva York. Incorporaba un generador de corriente continua, conectado a una red de líneas que distribuían la electricidad a muchas partes de la ciudad, tal como en aquel entonces ya se hacía con el gas y el agua.

Al ofrecer el servicio de la luz eléctrica al público, Edison dejó atrás a todos sus competidores.

Una vez que la electricidad pudo ser generada y distribuida para la iluminación, se aprovechó para ser utilizada como fuerza motriz, mediante el empleo de motores eléctricos. Se puso así a disposición de la industria y de los transportes un nuevo medio universal y barato de distribución de energía que dio un gran impulso a la utilización de los motores eléctricos.

### ***Así se creó la industria eléctrica pesada.***

Otro hecho de gran trascendencia se dio entonces: el inicio del laboratorio de investigación industrial, en el que la investigación científica se entrelazó estrechamente con los avances tecnológicos y con la producción. Uno de los primeros laboratorios de

esta naturaleza fue el que creó Edison en Menlo Park, que en sus orígenes fue un pequeño cobertizo para ensayar inventos.

A pesar de los extraordinarios logros de Edison, tubo problemas con la corriente eléctrica que utilizaba, que como sabemos era corriente continua. En efecto, y en primer lugar, la utilización de circuitos en paralelo requirió que los cables fueran de gran sección, lo que provocaba altos costos. En segundo lugar, y de mayor importancia, al aumentar la demanda de iluminación se incrementaron las cargas que implicaron corrientes eléctricas enormes. Por lo tanto era necesario enviar corrientes elevadas a través de elevadas secciones de cobre.

La alternativa era construir muchas plantas generadoras de electricidad cercanas a los usuarios, con el respectivo aumento considerable de la inversión.

De inmediato quedó en evidencia que el sistema de corriente continua, que se ramificaba dos kilómetros fuera de la planta, estaba muy limitado.

Por otro lado, la transmisión de corriente eléctrica de alto voltaje a largas distancias, por medio de cables relativamente de poca sección, podría ser la solución. La objeción era que un generador de corriente continua produce corriente con un voltaje determinado que no se puede modificar y por tanto, no existía forma de reducir el voltaje al valor que se necesitaba, en particular en el uso doméstico. Hemos de mencionar que cuando hablamos de alto voltaje nos referimos a decenas de miles de voltios, mientras que el valor para los usuarios es de 398-230 voltios.

La solución a estos dilemas se encontró con la construcción de generadores de corriente alterna por un lado, y la invención del transformador por el otro. Estos dos dispositivos basan su funcionamiento en la ley de inducción de Faraday...

Una vez que Faraday descubrió la inducción electromagnética pudieron construirse los primeros generadores que producían corriente eléctrica que variaba o alternaba al transcurrir el tiempo; el número de veces que el valor de la corriente cambia en un



*Una muestra de los primeros alternadores.*

segundo es la frecuencia de la corriente y se mide en hercios (Hz); así, una corriente de 50 Hz es aquella que varía 50 veces en un segundo.



*Foto de Nikola Tesla.*

En 1888 Nikola Tesla obtuvo una patente por un generador polifásico alterno que producía gran potencia eléctrica; muy pronto este tipo de máquina fue la más usada. Hoy en día se emplean generadores que son versiones muy mejoradas del generador polifásico de Tesla. Los primeros generadores fueron diseñados para que produjeran corrientes que tenían diferentes valores de sus frecuencias: los de 25 / 33,5 / 40 / 50 / 60 / 90 / 130 / 420 Hz fueron los más usados. Con el tiempo se ha convenido en utilizar 50 Hz en muchos países como los de la UE o 60 Hz, en los de influencia de los EE.UU.



El motor de Tesla.

Un inventor francés, Lucien H. Gaulard, y un ingeniero inglés, John D. Gibbs, obtuvieron en 1882 una patente para un dispositivo que ellos llamaron generador secundario. De esta manera incorporaron a un sistema de iluminación la corriente alterna. El sistema que ellos patentaron fue una versión poco práctica de lo que hoy en día llamamos un transformador.

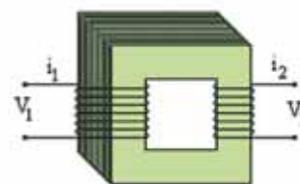
El primer transformador fue, de hecho, construido por Faraday cuando realizó los experimentos en los que descubrió la inducción electromagnética. El aparato que usó fueron dos bobinas enrolladas una encima de la otra. Al variar la corriente, continua por cierto, que circulaba por una de ellas, cerrando o abriendo el interruptor, el flujo magnético a través de la otra bobina variaba y se inducía una corriente eléctrica en la segunda bobina. Pues bien, este dispositivo es precisamente un transformador. Faraday no puso mayor atención en él, ya que estaba interesado en otras cuestiones. En el transcurso de los años varios experimentadores trabajaron con diferentes versiones de transformadores.

Un transformador funciona de la siguiente forma: supongamos que se construye un núcleo de hierro como se muestra en la figura. Si en un extremo del núcleo se enrolla un cable para formar una bobina A, y por ésta circula corriente continua, resulta que el campo magnético producido por esta corriente (según la ley de Ampère) queda confinado dentro del núcleo de hierro; prácticamente no hay campo fuera del núcleo.

Esto ocurre si el núcleo está construido de sustancias llamadas ferromagnéticas, como el hierro, cobalto, etc. Ahora bien, si la corriente que circula por la bobina varía con el tiempo, el campo magnético producido también variará, y por tanto también cambiará el flujo de este campo a través del núcleo. Si ahora se enrolla otra bobina, la B, en otra parte del núcleo, de acuerdo con la ley de inducción electromagnética de Faraday sabemos que se inducirá una corriente a lo largo de la segunda bobina. A la bobina A se le llama primario del transformador y a la B el secundario. Las características de la corriente inducida en B dependen del número de espiras que hay en cada una de las bobinas. Mientras mayor sea el número de espiras en el secundario, mayor será el voltaje inducido en él. Por ejemplo, si el voltaje en el primario es de 125 V, y en el primario hay 100 espiras, mientras que en el secundario hay 2.000 espiras, la relación será:

$$\frac{\text{espiras en el secundario}}{\text{espiras en el primario}} = \frac{2.000}{1.00} = 20$$

Por lo tanto, el voltaje inducido en el secundario será 20 veces el voltaje del primario, o sea  $20 \times 125 \text{ V} = 2\,500 \text{ V}$ .



Interior de un transformador.

Por otro lado, a medida que el voltaje aumenta en el secundario, la corriente que circula en él disminuye en la misma proporción. Si, en nuestro ejemplo, por el primario circula una corriente de 3 amperes, por el

secundario circulará una corriente 20 veces menor, o sea,  $3/20 = 0.15$  amperes.

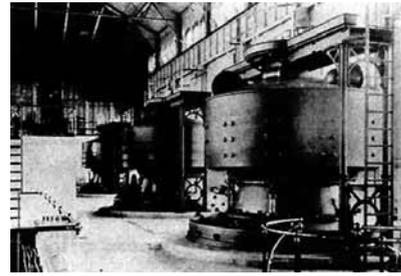
Este ejemplo nos ilustra las características de un transformador: si el voltaje inducido aumenta en el secundario la corriente inducida disminuye en la misma proporción, e inversamente, si el voltaje disminuye, la corriente aumenta en la misma proporción.

Un dato muy importante es que un transformador solamente funciona con corrientes que varían con el tiempo, pues en estas circunstancias es cuando el flujo magnético cambia y se puede inducir una corriente en el secundario. Por tanto, con corriente continua no funciona el transformador.

Fue Bláthy el primero en usar la palabra “transformador”.

En marzo de 1886 entró en funcionamiento una planta construida bajo la dirección de Stanley en el pueblo de Great Barrington, Massachusetts. Esta planta operó con corriente alterna, con un generador que produjo una tensión de 500 V y que alimentó un conjunto de lámparas situadas a una distancia de alrededor de 2 km. Por medio de transformadores redujeron el voltaje a 100 V, valor requerido para hacerlas funcionar. Y para demostrar que se podía transmitir la electricidad a distancias mayores por medio de un transformador, elevaron el voltaje a 3.000 V, y luego lo redujeron a 100 V. El resultado fue un gran éxito y de inmediato Westinghouse inició la manufactura y venta de equipos para distribuir electricidad por medio de corriente alterna. Al mismo tiempo Schallenberger inventó un medidor de energía eléctrica consumida, para poder cobrarla en forma precisa. Todo esto, unido al hecho de que el costo de la transmisión era relativamente barato, dio inicio a la utilización de la energía eléctrica por medio de corriente alterna, sistema que aún utilizamos en la época actual.

Edison y sus asociados pelearon contra la utilización de la corriente alterna tanto en la prensa como en los tribunales. Sin embargo, su lucha estaba perdida. Muy pronto la corriente continua dio paso a la alterna debido a su flexibilidad, conveniencia y bajo costo. Tres años después del éxito con su planta, Edison quedó postergado.



*Interior de una central eléctrica.*

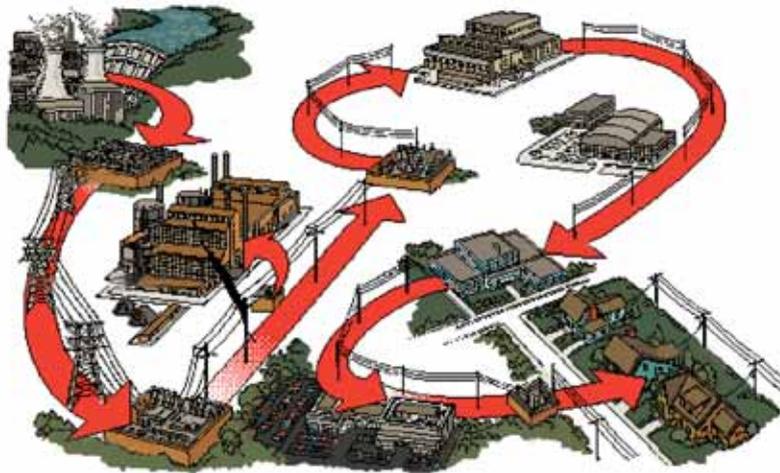
En la década de 1890 el crecimiento de los sistemas de corriente alterna fue muy vertiginoso.



*Cataratas del Niágara.*

En las cataratas del Niágara, se instalaron enormes generadores que iniciaron su servicio en 1895 y alimentaron de electricidad a lugares lejanos, algunos situados a centenares de kilómetros. De esta manera muy pronto se establecieron sistemas de transmisión en muchos países, tendencia que continúa hasta la fecha.

En la figura, que aparece a continuación, se presenta el esquema de un sistema de distribución de energía eléctrica que nace de una planta generadora y que va hasta una ciudad muy alejada. A la salida de la planta, un transformador eleva el voltaje para iniciar la distribución. En la cercanía de la meta se inicia el descenso del voltaje por medio de transformadores que se encuentran en subestaciones, descenso que se va realizando de manera gradual para poder alimentar a usuarios con diferentes necesidades.



*Dibujo de un sistema de distribución de electricidad, desde la planta generadora hasta los diversos consumidores. Es posible merced a los transformadores.*

### Henry, Joseph

(1797-1878), científico americano, autodidacta.

Fue profesor en Princeton de 1832 a 1846. Sus principales contribuciones científicas se centraron en el campo del electromagnetismo, siendo el descubridor del fenómeno de la autoinducción.

La unidad de la inductancia, conocida como "henrio", inmortaliza su nombre.



*Joseph Henry.*

De ascendencia escocesa, nació en Albany, estado de Nueva York. Allí trabajaba en un almacén, al salir de la escuela, y a los trece años de edad fue aprendiz de relojero. Se entusiasmó por el teatro y trabajó en él. Su interés por la ciencia se despertó a los 16 años, al leer un libro científico popular.

Llegó a estar interesado por el magnetismo terrestre, que entonces era, como hoy, un asunto científico importante. Esto lo condujo a experimentar con electromagnetismo. Su aprendizaje como relojero le dio la agilidad y habilidad suficiente para la construcción de las baterías y de otros aparatos.

Oersted y otros habían observado efectos magnéticos de corrientes eléctricas, pero Henry fue el primero en enrollar hilos de cobre aislados, alrededor de un soporte para obtener electroimanes de gran potencia. Antes de salir de Albany, construyó uno para Yale que levantaría 1.600 kg, el más grande del mundo en aquella época. En la experimentación con tales imanes, observó el gran arco que se genera cuando el circuito se abre, y dedujo la característica conocida como autoinducción, es decir la peculiaridad de inercia de un circuito eléctrico.

La autoinducción de un circuito tiende a evitar que la situación varíe, es decir, que la corriente cambie; si está fluyendo una corriente, la autoinducción tiende a mantenerla, de ahí el origen de la chispa, o si se aplica una fuerza electromotriz la autoinducción presenta una gran oposición (resistencia) a la corriente.

Averiguó que la autoinducción se ve afectada, de forma directa, por la configuración del circuito, especialmente por la disposición de las espiras. También descu-

bió cómo hacer bobinas inertes, bobinando el alambre en sentido contrario.



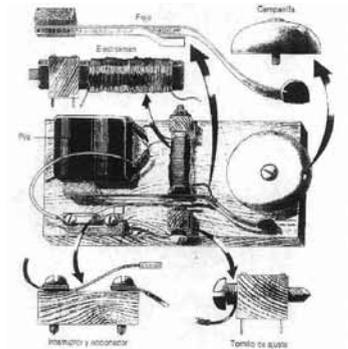
*Joseph Henry en una demostración de su descubrimiento.*

Mientras realizaba estos experimentos, Michael Faraday hizo un trabajo similar en Inglaterra. Joseph Henry siempre fue lento en publicar sus resultados, y no era consciente del trabajo de Faraday. Se reconoce hoy a Faraday como el descubridor de la

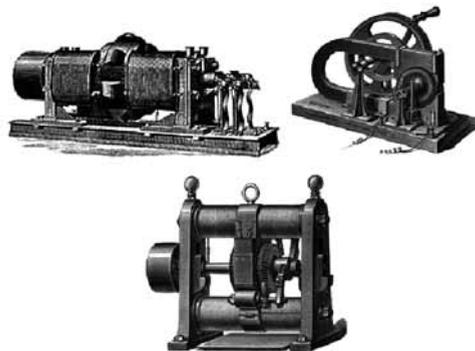
inducción mutua (la base de transformadores), mientras que a Joseph Henry se le relaciona con el descubrimiento de la autoinducción.

Es importante destacar que fabricó el primer relé electromagnético, de ahí que en este trabajo le atribuimos la paternidad del contactor.

También fue quien desarrolló un galvanómetro y el timbre.



*Cómo está constituido un timbre.*



*Dinamos de Gramme.*

## VENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DE CONTACTORES

Imprescindibles en circuitos donde predominan muchas maniobras de cierre y apertura.

Su valor radica en la relación normalmente elevada entre la intensidad comandada, es decir, la que atraviesa los contactos principales y la necesaria para activar la bobina del electroimán.

Sus ventajas evidentes son:

### **Economía de tiempo y esfuerzo.**

Ya que construir interruptores de cierta potencia para tensiones e intensidades elevadas es muy costoso amén de presentar dificultades de manipulación, no exentas de peligro. Por otro lado conseguir maniobras repetitivas de forma manual, es decir con la intervención directa del operador, es difícil. Sin embargo, con el uso de contactores y una maniobra adecuada, se puede garantizar el trabajo.

### **Seguridad.**

Los contactores elevan la seguridad eléctrica de una instalación, al poderse alojar en armarios lo suficientemente protegidos y aislados que impiden al operador estar próximo a los arcos eléctricos que gestionan aquellos, en su interior. Además permite, como luego veremos, elegir la tensión de mando a unos valores totalmente inocuos para el ser humano, reduciendo más el riesgo de electrocución, al manipular pulsadores y botoneras.

### **Ahorro de espacio.**

El armario, que aloja la maniobra, puede estar distanciado de la máquina, si esta no permite espacio para colocarlo.

Sin embargo los pulsadores de marcha y paro, con un diámetro de 22,5 mm, pueden ser colocados en una pequeña superficie.

Esto también faculta a un sólo operario a actuar sobre varias máquinas a la vez de una forma no excesivamente obsesiva.

### **Control múltiple.**

O sea, posibilidad de controlar un motor desde varios puntos y sobre todo, posibilidad de desconectarlo. Esto sería muy difícil hacerlo con un mando manual ya que deberían existir enclavamientos difíciles de montar y de accionar.

### **Posibilidad de automatismos fiables.**

Con el control manual es muy complicado hacer intervenir elementos como termostatos, presostatos, manómetros, finales de carrera u otros dispositivos más refinados, como fotocélulas o temporizadores, cosa que es facilísima con el auxilio de contactores, ya que no es necesario que los contactos que provocan la entrada o la salida superen una capacidad mayor que la necesaria para activar las bobinas.

### **Control de motores.**

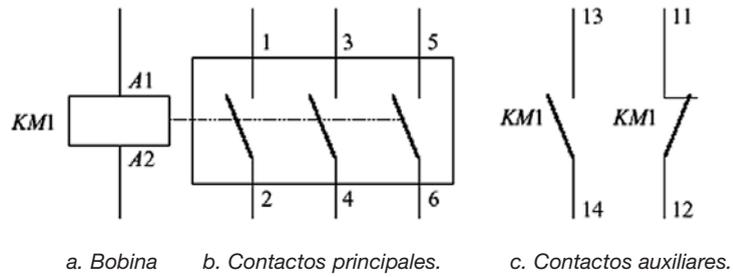
El arranque, aceleración y paro de un motor es posible hacerlo sin que éste sufra, gracias a los contactores.

### **Ahorro importante en conductores.**

El uso de contactores optimiza la sección tanto de los cables principales como los de mando.

### **Antesala de la automatización futura.**

El desarrollo de los automatismos por contactores ha permitido seguir avanzando en el desarrollo de nuevos elementos, como los semiconductores, diodos, transistores, tiristores, triacs y de los autómatas programables.



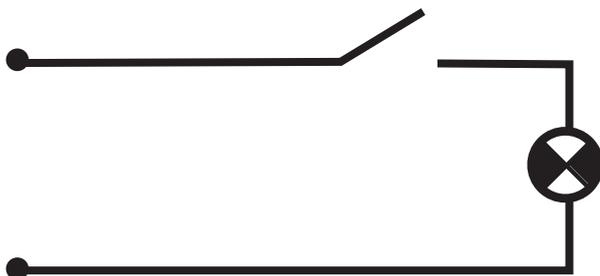
*Simbología de un contactor.*

## EL CONTACTOR ELECTROMAGNÉTICO

Hemos leído que a mediados del siglo XIX, la electricidad empezó a utilizarse de forma progresiva.

En esas circunstancias los circuitos necesitaban cada vez más potencia, y fue imprescindible, para su intervención y control, desarrollar un elemento capaz de gestionar intensidades cada vez mayores.

Un simple interruptor sólo permitía un paso a su través como máximo de 6 amperios.



*Circuito básico con una bombilla como receptor.*

Se hizo necesario desarrollar nuevos interruptores, más potentes, conocidos como “de cuchillas”, conectados con cables de secciones de acuerdo con la potencia que se estaba tramitando.

Imaginemos una grúa cuyo operador, situado a una distancia prudente, para no sufrir daño, sostiene en sus manos un interruptor al que acciona para subir o bajar la carga...

¡Un interruptor enorme, peligroso y atezado por los cables!

¡El operario no podría resistir una jornada normal sin solicitar la baja por agotamiento!



*Antiguos interruptores de cuchillas.*



*Conmutador rotativo y de paquete.*

Los primeros intentos de lograr algo operativo no se hicieron esperar:



**1904**

*Contactor al aire trifásico de corriente alterna con circuito magnético en forma de arco y contactos de cobre.*



**1952**

*Contactor al aire trifásico de corriente alterna con núcleo deslizante y contactos de doble ruptura.*



**1912**

*Primer contactor en aceite de corriente alterna del mundo con contactos de cobre en forma de tulipán y doble ruptura.*



**1970**

*Contactor al aire trifásico de corriente alterna con contactos de doble ruptura y de aleación noble.*



**1931**

*Contactor en aceite tetrapolar con transmisión directa y en caja aislante.*



**La nueva generación**

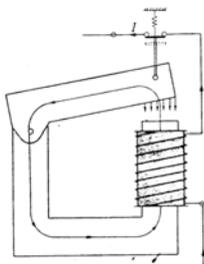
*Contactor con módulo amplificador  
Módulo de contactos auxiliares. Relé térmico.*

## EL CONTACTOR ELECTROMAGNÉTICO ACTUAL

Definimos un contactor electromagnético como aquél interruptor de corriente mandado a distancia, preparado para grandes frecuencias de operación, que vuelve a la posición de reposo cuando la fuerza de accionamiento deja de actuar sobre él.

Insistimos en que el mando a distancia presenta dos ventajas importantes: primero, la instalación puede efectuarse con una evidente economía, pues bastan dos hilos, de una sección muy pequeña respecto al cableado principal, que unan la bobina del relé con el puesto de mando; segundo, aísla al operario de los puntos peligrosos de la instalación.

El contactor sólo puede adoptar dos estados: uno estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otro inestable, cuando es accionado y mantenido por su sistema de operación.



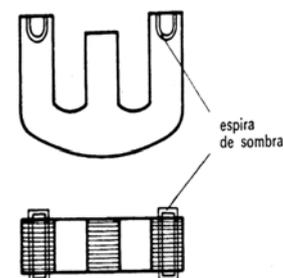
*Elementos esenciales de un contactor.*

La parte de mando es el electroimán, que es el elemento motor del contactor, está constituido por un núcleo magnético y una bobina. El núcleo magnético está formado por chapas laminadas de hierro al silicio, sujetas por remaches y aisladas entre sí, cuando el contactor está destinado a trabajar con corriente alterna, o es de acero macizo en caso de trabajar con corriente continua. La razón de esta dife-

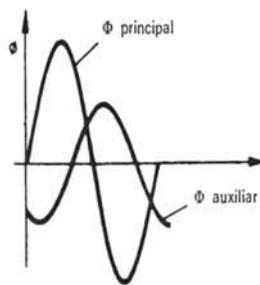
rencia se justifica diciendo que, en alterna, las corrientes de Foucault calientan el núcleo y aumentan las pérdidas; y un modo de evitar parte de estas pérdidas es usando chapas laminadas. Además, estos núcleos deben poseer la propiedad de tener bajo poder coercitivo, que significa el que no se imanten, con el fin de no retener la parte móvil del electroimán, llamada armadura, cuando haya cesado la fuerza de atracción creada por el campo de la bobina.

Otra diferencia existente entre los núcleos magnéticos, además de la ya mencionada, consiste en una espira en cortocircuito, que recibe el nombre de espira de sombra, o espira de Frager, que llevan los núcleos para corriente alterna. Sirve para evitar que la armadura tiemble sobre el núcleo cada vez que la corriente magnetizante y el flujo correspondiente pasen por cero, dos veces cada periodo, y la armadura pueda abrirse momentáneamente.

La espira de sombra evita el “tacleteo” y sus consecuencias, debido a que, por su disposición, tal y como se aprecia en las siguientes figuras, el flujo principal induce en ella una corriente alterna y ésta, a su vez, un flujo auxiliar desfasado del principal  $120^\circ$ , de manera que, cuando el flujo principal pasa por cero, el auxiliar mantenga un valor tal, que impida que la armadura se abra.



*Disposición de la espira de sombra.*



*Efecto de desplazamiento del flujo que produce la espira de sombra.*

Cuando cesa la corriente de excitación de la bobina, un muelle a tal efecto empuja la armadura en sentido opuesto y ésta vuelve a su posición de reposo.

Los contactores generalmente pueden operar corrientes del orden de 6 a 12 veces

la intensidad nominal. Se caracterizan por su poca inercia mecánica y rapidez de respuesta; resultando elementos indispensables en las tareas de automatización. Si se combinan con relés adecuados, térmicos, por ejemplo, pueden emplearse para la protección de las cargas (generalmente motores) contra ausencias de fase, sobretensiones, sobrecargas, corrientes inversas, etcétera. En estos casos el relé térmico actúa sobre el circuito de operación del contactor mediante un contacto conmutado, 95-96-98, que permite avisar acústicamente u ópticamente, cuando se produce su disparo.

Cabe añadir que para la protección contra cortocircuitos, de la unión contactor-motor, deben utilizarse otros elementos, colocados aguas arriba, como por ejemplo cartuchos fusibles.

## CLASIFICACIÓN DE LOS CONTACTORES

### 1 Clasificación por el tipo de accionamiento.

Contactores neumáticos: Se accionan mediante la presión de un gas (aire, nitrógeno).

Contactores hidráulicos: Se accionan por la presión de un líquido (aceite).

**Contactores electromagnéticos:** Su accionamiento se realiza a través de un electroimán.

En este trabajo sólo nos referiremos a estos últimos; pues su sencillez de construcción, unido a su robustez, volumen reducido, bajo consumo, poco mantenimiento y precio económico, los han convertido en el modelo de mayor empleo en la actualidad.

### 2 Clasificación por la disposición de sus contactos.

Contactores al aire: La apertura de los contactos se produce en la cámara correspondiente pero en el medio natural, el aire.

Contactores en vacío: La apertura de los contactos se produce en cámaras especialmente diseñadas y donde existe el vacío.

Contactores al aceite: La apertura de los contactos se produce en el seno de un baño de aceite.

Para grandes potencias se usaban, en tiempos no muy lejanos, década de los 60, contactores en baño de aceite, caracterizados por sus buenas propiedades mecánicas, ya que el aceite refrigeraba los contactos y proveía un efecto amortiguador que aseguraba una larga duración mecánica

y un funcionamiento silencioso. La mejora tecnológica de los contactores al aire hizo que aquellos dejaran de utilizarse pues resultaban de mayor costo y requerían la renovación periódica del aceite.

### 3 Clasificación por la clase de corriente.

Contactores para corriente alterna.

Contactores para corriente continua.

Cabe destacar que estos últimos requieren una construcción de sus contactos y cámaras de arco muy estudiadas, pues la corriente no se anula naturalmente y la energía almacenada magnéticamente no se disipa durante el proceso de interrupción del circuito.



*La explicación: en corriente continua, el arco no sufre ningún paso por cero de las alternancias porque estas no existen.*

### 4 Clasificación por el nivel de tensión.

Contactores de baja tensión:  
Hasta 1000 V.

Contactores de alta tensión:  
Más de 1000 V.

### 5 Clasificación por la característica de la carga conectada.

Contactores de potencia: Utilizados para la conexión de cargas importantes o principales.

Contactores auxiliares: Intervienen para que el mando se produzca o para la conexión de cargas más livianas, o secundarias.

### Construcción de un contactor electromagnético.

Contienen los siguientes elementos constructivos principales:

Una envolvente aislante, para contener y permitir el trabajo en el interior de los elementos de trabajo.

Incorpora también los orificios de fijación del contactor al chasis del armario donde pueda ir alojado o el enganche con resorte, para poder sujetarlo sobre carril DIN.

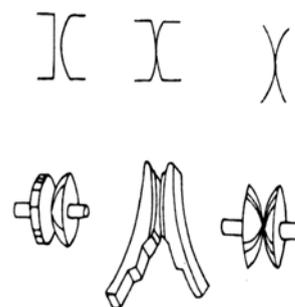
### Contactos:

Contactos principales: Son los instalados en las vías principales para la conducción de la corriente de servicio, destinados a abrir y cerrar el circuito de potencia (todo o nada). Generalmente tienen dos puntos de interrupción (son dobles) y están abiertos en reposo. Según el número de vías de paso de corriente, el contactor será bipolar, tripolar, tetrapolar, etc. realizándose las maniobras simultáneamente en todas las vías merced a un puente que los aloja. Suelen sufrir desgaste con el tiempo y pueden cambiarse fácilmente. Dado el precio que tiene actualmente un contactor, es una solución obligada.

Son los elementos del contactor sometidos al trabajo más duro, lo que obliga a los fabricantes a poner especial interés en su elaboración. Los contactos deben reunir las siguientes cualidades: alta conductividad eléctrica y térmica, pequeña resistencia al contacto, débil tendencia a soldarse, buena resistencia a la erosión producida por el arco, dureza elevada, gran resistencia mecánica y poca tendencia a formar óxidos o sulfuros, que poseen elevada resistencia eléctrica. Es difícil encontrar un material que reúna estas cualidades; por ello habrá que buscar la solución en las aleaciones. Entre las más importantes se pueden nombrar: plata-cadmio (buena

conductora y elevada dureza) y platino-iridio (buena conductora y resistente al arco eléctrico). Estas dos aleaciones se usan cuando los contactores realizan muchas maniobras/hora o controlan corrientes elevadas. Para un número reducido de maniobras, se puede usar la aleación platino-iridio.

Los contactores de pequeña capacidad o relés, que controlan valores pequeños pueden incluso dotarse de contactos de oro o cobre; éste último si se pretende una solución más económica. La forma de los contactos tiene también una importancia decisiva, sobre todo para la vida de los mismos. A primera vista, podría parecer que unos contactos planos y de gran superficie son los más adecuados; sin embargo, es preciso tener en cuenta que es imposible conseguir un perfecto paralelismo entre ambas superficies en el momento de la conexión y desconexión y ello hace que no se utilice toda ella. Dándoles forma convexa, se obtendrá una superficie menor; pero, a igual fuerza, la presión será mayor en este caso. Por otra parte, esta forma favorece la extinción del arco, aunque no lo elimine completamente. Así las cosas, contactos típicos son los que seguidamente se muestran:



*Diversas formas de acabado los contactos.*

Contactos auxiliares: Son los acoplados mecánicamente a los contactos principales, encargados de abrir y cerrar los circuitos auxiliares y de mando del contactor; asegurando los enclavamientos y conectando las señalizaciones. Pueden ser del tipo normalmente abierto (NA) o normalmente cerrado (NC).

Generalmente tienen dos puntos de interrupción y son de dimensiones reducidas, pues actúan sobre corrientes relativamente pequeñas.

Suelen llevar un sistema muy sofisticado, que les obliga a un roce o deslizamiento forzado, con el fin de limpiarlos, o sea de eliminar todo resto de suciedad que impida una buena conexión. Se conoce como dispositivo autolimpiante. También podemos encontrarlos, sobre todo, en finales de carrera, con una curiosidad consistente en una plaquita portacontactos, inclinada, que incluye sólo tres bultitos, los contactos.

Hay situaciones en que por un número excesivo de maniobras se llegan a pegar. Llegado ese momento no queda otro remedio que sustituirlos y esto consiste en prescindir totalmente del bloque y poner otro nuevo.

A veces no están todas las cámaras utilizadas y simplemente cambiamos las conexiones de sitio, aprovechando otros contactos con la misma función.



*Cómo pueden ser los contactos.*

Según el país de procedencia del contactor, **NA** designa un contacto **N**ormalmente **A**bierto en reposo (de ahí el “normalmente”), o sea, tal como está en la caja de embalaje. El **NC** será **N**ormalmente **C**errado.

Sin embargo no es de extrañar que nos encontremos un **NO** para designar, en

inglés, **N**ormally **O**pen y para el cerrado un **NC** que coincide, en inglés con, **N**ormally **C**losed.



*En Portugal a los contactos se le designa como **NA** (Normalmente abierto) y **NF** (Normalmente fechado).*

### **Bobina:**

Elemento que genera una fuerza de atracción al ser atravesado por una corriente eléctrica. Según el modelo de contactor se monta sobre una o dos partes del circuito magnético.

Está construida para resistir los choques magnéticos provocados por el cierre y la apertura de los contactores así como las fuerzas electromagnéticas debidas al paso de la corriente por sus espiras.

Suelen llevar amortiguadores. Son muy resistentes a las sobretensiones, a los choques, a las atmósferas agresivas y están bobinadas de hilo de cobre esmaltado reforzado. Existen modelos sobremoldeados. Su tensión de alimentación puede ser de 12, 24, 110 y 230 V de corriente alterna o continua.

Para mayor seguridad de funcionamiento, suelen calcularse de manera que, aún con tensiones del 10 % por encima y por debajo del valor nominal, el accionamiento sea correcto.

Cuando una bobina supuestamente no funciona y hemos comprobado su falta de continuidad y no tenemos un repuesto a mano, siendo fundamental no interrumpir la producción de la máquina donde actúa el contactor al que pertenece, no estaría de más intentar acceder, en su interior, al inicio del bobinado, para verificar si éste se ha soltado o no. Es posible que se haya cortado el fino hilo esmaltado y con mucho cuidado podamos soldarlo al terminal.



Recordemos que no es necesario pelar el hilo esmaltado (muy difícil por su escasa sección) pues el calor de la soldadura eliminará el esmalte y tendremos una unión satisfactoria. El hilo esmaltado es del tipo SOLDA, que permite la soldadura directamente.

En cuanto al comportamiento, según se alimenten con corriente continua o alterna, se aprecian grandes diferencias.

Alimentadas con corriente continua, la oposición sólo se debe al valor de la resistencia óhmica, debiendo por ello poseer muchas espiras y ser de hilo fino. Cuando se usan en alterna, la corriente absorbida no depende sólo de la resistencia óhmica sino también de la reactancia. En posición de reposo, la reactancia del electroimán es baja, ya que el entrehierro es grande; como consecuencia, la bobina absorbe una gran intensidad de corriente en la conexión. Cuando la estructura magnética se cierra, la reactancia aumenta y la intensidad de corriente disminuye hasta su valor nominal. Por esta razón, la bobina para alterna se construye con hilo más grueso y menos espiras que la bobina para continua. Ahora bien, si por cualquier circunstancia el cierre no es perfecto, la corriente por la bobina es superior a la nominal, lo que puede provocar un calentamiento que la llegue a fundir.

¿Qué le ocurre a una bobina de corriente alterna?

Lo hemos leído pero conviene insistir ya que está en juego toda la teoría del magnetismo.

Veamos:

La bobina presenta una resistencia pequeña, constante, pero una reactancia elevada, cuando el circuito magnético está cerrado, dependiendo, prácticamente, de esta reactancia, el valor de la corriente consumida.

Cuando el electroimán está abierto la reluctancia de su circuito es elevada, o sea la reactancia de su bobina es pequeña, lo que significa un consumo de corriente muy superior a la normal, permanentemente consumida en circuito cerrado.

### Reluctancia

$$R_m = \frac{L}{\mu S} = \text{Adquiere valor elevado}$$

### Inductancia

$$L = K \frac{N^2}{R_m} 10^{-8} \text{ Toma valor pequeño}$$

### Reactancia

$$X = L\omega = 2\pi Lf \text{ Toma valor pequeño}$$

### Impedancia

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \text{ Adquiere valor pequeño}$$

### Intensidad

$$I = \frac{V}{Z} \text{ Adquiere valor elevado}$$

En alterna, la corriente que pasa por la bobina viene limitada por la impedancia del circuito, que es variable en las diferentes fases de trabajo. En consecuencia, con el circuito magnético abierto la impedancia es pequeña, debido al gran entrehierro y la punta de corriente en el cierre será elevada (puede alcanzar 5 a 6 veces la del circuito cerrado, según la forma del circuito magnético). A medida que se cierra el circuito magnético su impedancia aumenta y en consecuencia la corriente disminuye hasta el valor nominal correspondiente al circuito magnético cerrado.

Esta circunstancia no tiene tanta importancia en corriente continua, pues la corriente absorbida es siempre igual.

### Armadura:

Otros fabricantes la llaman martillo, parte móvil del contactor que forma parte del circuito magnético. Desplaza los contactos principales y auxiliares por la fuerza de atracción de la bobina.

**Núcleo:**

Designado también como yugo, es la parte fija por la que se cierra el flujo magnético producido por la bobina.

**Muelles antagónicos:**

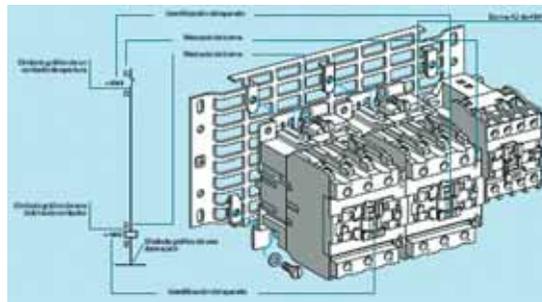
Son los encargados de devolver los contactos a su posición de reposo una vez que cesa la fuerza de atracción.

**Cámaras de extinción o apagachispas:**

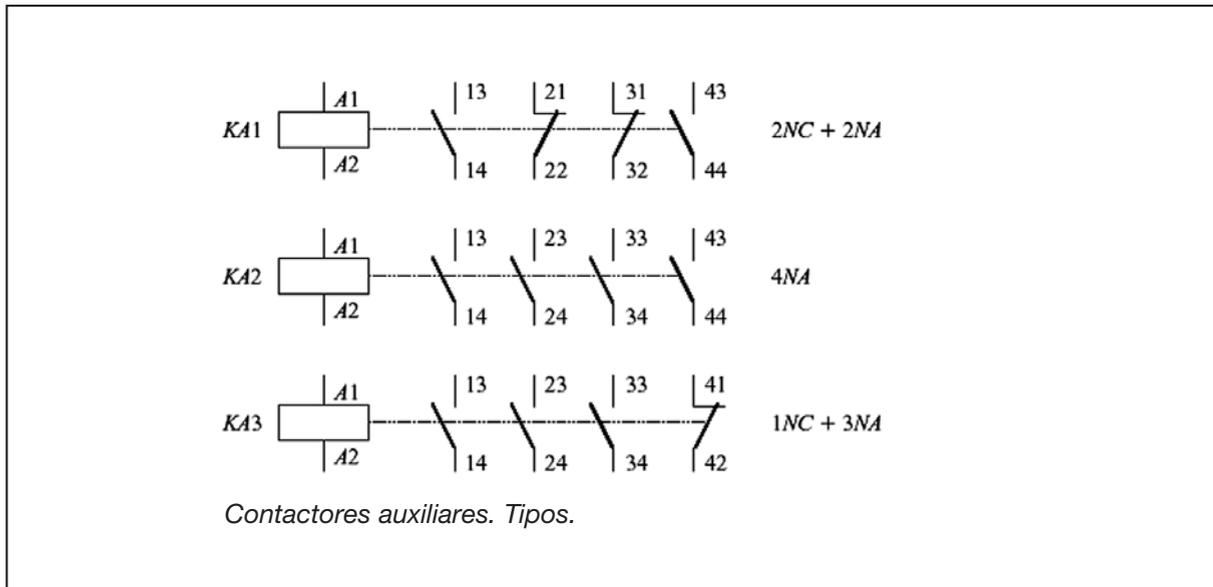
Son los recintos en los que se alojan los contactos y que provocan que el arco de ruptura se alargue, divida y finalmente se extinga.

**Marcado:**

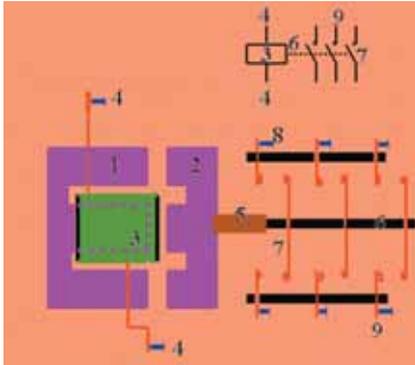
Identificación de cada uno de los bornes.



**Contadores auxiliares, colaboran en la maniobra con los contactores de potencia.**



## FUNCIONAMIENTO, IDENTIFICACIÓN DE BORNES, CARACTERÍSTICAS DE UTILIZACIÓN Y POSICIÓN DE FUNCIONAMIENTO DEL CONTACTOR



### **Radiografía de un contactor.**

- 1 Parte fija del circuito magnético.
- 2 Parte móvil del circuito magnético.
- 3 Bobina.
- 4 Cables de conexión.
- 5 Unión mecánica.
- 6 Puente aislante.
- 7 Contactos móviles, 3 en este ejemplo.
- 8 Conexión de la parte de potencia.
- 9 Contactos fijos, 3, para la conexión entre la red y el receptor.

Cuando la bobina del contactor se excita por la circulación de corriente, el núcleo atrae a la armadura y arrastra los contactos principales y auxiliares, estableciendo el circuito entre la red y el receptor. Este desplazamiento puede ser:

Por rotación, pivote sobre su eje.

Por traslación, deslizándose paralelamente a las partes fijas.

Combinación de ambos movimientos, rotación y traslación.

Cuando la bobina deja de ser alimentada, se abren los contactos por efecto del

resorte de presión de los polos y del o de los resortes de retorno de la armadura móvil.

El circuito magnético está preparado para resistir los choques mecánicos provocados por el cierre y la apertura de los contactos y los choques electromagnéticos debidos al paso de la corriente por las espiras de la bobina. Con el fin de reducir los choques mecánicos, a veces, se instalan amortiguadores.

Si el contactor se debe gobernar desde diferentes puntos, los pulsadores de marcha se conectan en paralelo y los de parada en serie con la bobina.

### **Simbología e identificación de bornes.**

Los bornes de conexión de los contactores se nombran mediante cifras o códigos de cifras y letras que permiten identificarlos, facilitando la realización de esquemas y las labores de cableado.

- Los contactos principales se identifican con una sola cifra, del 1 al 16.

- Los contactos auxiliares se identifican con dos cifras. Las cifras de unidades o cifras de función indican la función del contacto:

\* 1 y 2, contacto normalmente cerrados (NC).

\* 3 y 4, contacto normalmente abiertos (NA).

\* 5 y 6, contacto de apertura temporizada, decalada.

\* 7 y 8, contacto de cierre temporizado, decalado.

- La cifra de las decenas indica el número de orden de cada contacto en el contac-



tor. En un lado se indica a qué contactor pertenece.

- Las bobinas de un contactor se identifican con las letras A1 y A2, y B1 y B2, si llevan doble arrollamiento. En su parte inferior se indica a qué contactor pertenece.

- El contactor habitualmente se denomina con la letra K o C seguida de un número de orden.

## Características de utilización.

### 1) Corriente de servicio.

Para desarrollar este concepto debemos hacer las siguientes definiciones:

Corriente nominal térmica (I<sub>th</sub>): es la que puede ser soportada por los contactos principales del contactor durante 8 horas en ausencia de arcos de ruptura y permaneciendo dentro de los límites fijados de calentamiento.

Corriente de servicio: es la máxima intensidad que puede controlar un contactor en las condiciones de utilización exigidas por la carga. Estas condiciones se hallan definidas por las normas.

La corriente térmica nominal es un valor único y característico para cada contactor, mientras que la corriente de servicio varía con la utilización a la que se aplique el mismo; pues los distintos tipos de trabajos dan lugar a diferentes regímenes de calentamiento y enfriamiento.

### 2) Clase de servicio.

La clase de servicio está relacionada con la vida útil del contactor, generalmente expresada en miles o millones de maniobras. Las normas correspondientes establecen las siguientes clases de servicios:

Servicio permanente: conectando la corriente de servicio sin interrupción por tiempo indefinido.

Servicio de 8 horas: conectando la corriente de servicio sin interrupción por un tiempo suficiente para alcanzar el equilibrio térmico, pero inferior a 8 horas. Al final de ese período el contactor debe

haber efectuado una desconexión en carga.

Servicio temporal: conectando la corriente de servicio sin interrupción por un tiempo insuficiente para alcanzar el equilibrio térmico, pero permaneciendo en reposo un tiempo suficiente para enfriarse hasta la temperatura ambiente. Las normas establecen servicios temporales de 10, 30, 60 y 90 minutos.

Servicio intermitente: conectando y desconectando la corriente de servicio cumpliendo ciclos de trabajo, sin alcanzar el equilibrio térmico ni en la conexión ni en la desconexión. Las normas establecen servicios intermitentes con cotas superiores de 6, 30, 150, 600 y 1200 maniobras por hora.

### 3) Categoría de servicio.

La categoría de servicio está relacionada con el poder de ruptura del contactor. Las normas han determinado 4 categorías de servicio para aplicaciones de corriente alterna y 5 para aplicaciones en corriente continua; que representan las condiciones más corrientes de utilización y difieren por los poderes de ruptura exigidos.

Las categorías de servicio, para **corriente alterna** y en función de la misma, algunas aplicaciones de los contactores son:

#### AC1

Cargas puramente resistivas o ligeramente inductivas, para calefacción eléctrica, iluminación incandescente.

En funcionamiento normal = conexión y desconexión al 100 % de la corriente nominal del aparato receptor.

#### AC2

Motores asíncronos de rotor bobinado, para mezcladoras, centrifugas.

En funcionamiento normal = conexión al 250 % de la corriente nominal y desconexión al 250 % de la corriente nominal del aparato receptor.

### AC3

Motores asincrónicos de rotor en cortocircuito, para aparatos de aire acondicionado, compresores, ventiladores.

En funcionamiento normal = conexión al 600 % de la corriente nominal y desconexión al 100 % de la corriente nominal del aparato receptor.

### AC4

Motores asincrónicos para trabajo pesado (intermitente, frenado contracorriente) grúas, ascensores.

En funcionamiento normal = conexión y desconexión al 600 % de la corriente nominal del aparato receptor.

Las categorías y aplicaciones, para **corriente continua**, son:

### DC1

Cargas puramente resistivas o débilmente inductivas, para calefacción eléctrica.

En funcionamiento normal = conexión y desconexión al 100 % de la corriente nominal del aparato receptor.

### DC2

Motores derivación, con desconexión a motor en rotación, nunca a motor frenado.

En funcionamiento normal = conexión al 250 % de la corriente nominal (constante de tiempo hasta 2 ms) y desconexión al 250 % de la corriente nominal (constante de tiempo hasta 7,5 ms) del aparato receptor.

### DC3

Motores derivación, con desconexión a motor frenado, inversiones del sentido de giro.

En funcionamiento normal = conexión y desconexión al 250 % de la corriente

nominal (constante de tiempo hasta 2 ms) del aparato receptor.

### DC4

Motores serie, con desconexión a motor en rotación, nunca a motor frenado.

En funcionamiento normal = conexión al 250 % de la corriente nominal (constante de tiempo hasta 7,5 ms) y desconexión al 100 % de la corriente nominal (constante de tiempo hasta 10 ms) del aparato receptor.

### DC5

Motores serie, con desconexión a motor frenado, inversiones del sentido de giro.

En funcionamiento normal = conexión y desconexión al 250 % de la corriente nominal (constante de tiempo hasta 7,5 ms) del aparato receptor.

La constante de tiempo citada resulta del cociente entre la inductancia y la resistencia del circuito. Cabe acotar que en CC generalmente se emplean contactores unipolares.

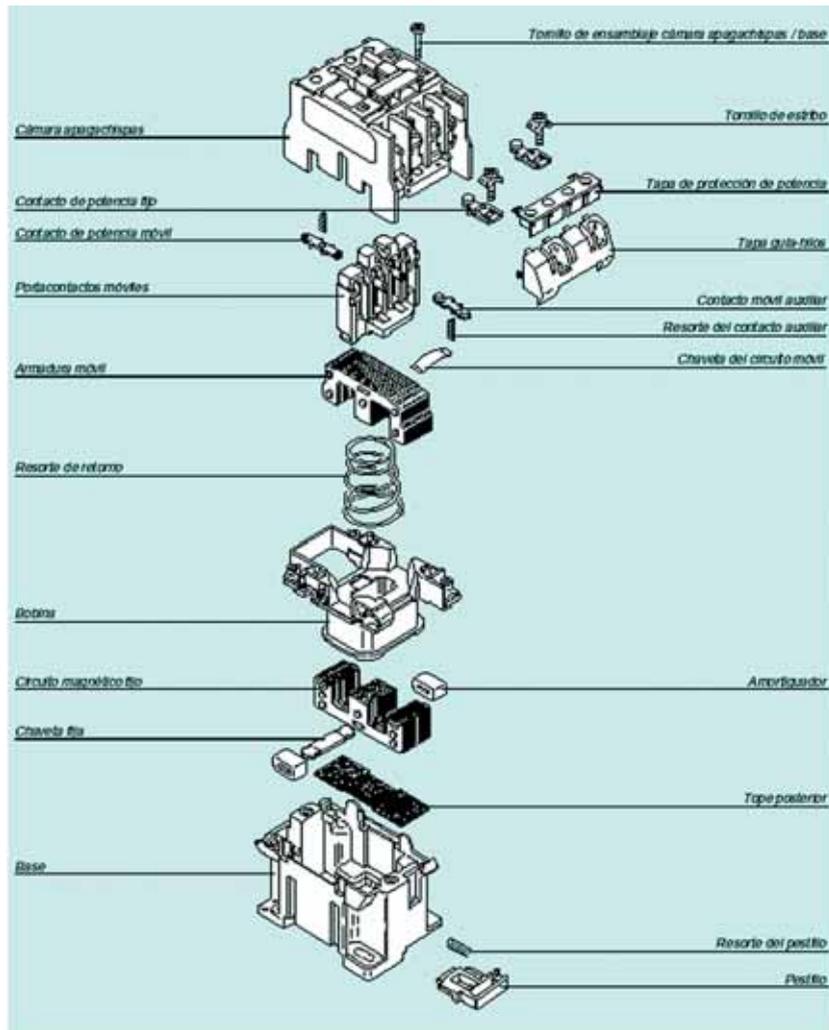
## 4) Tensión de servicio.

La tensión de servicio está relacionada con las propiedades dieléctricas del contactor.

Las normas establecen que en funcionamiento normal, los contactores deben poder conectar con entre el 90 y el 110 % de su tensión nominal.

## 5) Posición de funcionamiento.

Normalmente se fijan en posición vertical, sin embargo existen contactores que admiten una inclinación de 22° 30' en cualquier dirección, respecto a la posición normal por exigencias de los organismos de control naval.



*El contactor al desnudo*