

**PARTE 10:
NOACIONES BÁSICAS
DE
ELECTRICIDAD**

INDICE

1. CONCEPTOS GENERALES DE ELECTRICIDAD.....	5
1.1. DEFINICIÓN DE MOLÉCULA Y ÁTOMO.....	5
1.2. COMPOSICIÓN ELÉCTRICA DE LA MATERIA.....	5
1.3. DEFINICIÓN DE CORRIENTE ELÉCTRICA.....	6
1.4. CONCEPTO DE INTENSIDAD DE CORRIENTE ELÉCTRICA.....	6
1.4.1. DEFINICIÓN DE INTENSIDAD DE CORRIENTE ELÉCTRICA.....	6
1.4.2. UNIDAD DE MEDIDA DE INTENSIDAD DE CORRIENTE ELÉCTRICA.....	7
1.4.3. MEDIDA DE LA INTENSIDAD DE CORRIENTE ELÉCTRICA.....	7
1.5. CONCEPTO DE DIFERENCIA DE POTENCIAL O TENSIÓN.....	8
1.5.1. DEFINICIÓN DE DIFERENCIA DE POTENCIAL ELÉCTRICO O TENSIÓN ELÉCTRICA.....	8
1.5.2. UNIDADES DE MEDIDA DE LA TENSIÓN.....	8
1.5.3. MEDIDA DE LA TENSIÓN O DIFERENCIA DE POTENCIAL.....	8
1.6. CONCEPTO DE RESISTENCIA ELÉCTRICA.....	9
1.6.1. ELEMENTOS CONDUCTORES Y ELEMENTOS AISLANTES.....	9
1.6.2. DEFINICIÓN DE RESISTENCIA ELÉCTRICA.....	9
1.6.3. UNIDAD DE MEDIDA DE LA RESISTENCIA ELÉCTRICA.....	9
1.6.4. MEDIDA DE RESISTENCIAS ELÉCTRICAS.....	10
1.7. CONCEPTO DE POTENCIA ELÉCTRICA.....	10
1.7.1. DEFINICIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA.....	10
1.7.2. UNIDAD DE MEDIDA DE LA POTENCIA ELÉCTRICA.....	10
1.8. CONCEPTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	11
1.8.1. DEFINICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	11
1.8.2. UNIDADES DE MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.....	11
1.9. TIPOS DE CORRIENTE ELÉCTRICA.....	11
1.9.1. CORRIENTE CONTINUA.....	11
1.9.1.1. CIRCUITO DE CORRIENTE CONTINUA EN SERIE.....	13
1.9.1.2. CIRCUITO PARALELO.....	14
1.9.2. CORRIENTE ALTERNA.....	15
1.9.2.1. CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA MONOFÁSICOS.....	16
1.9.2.2. CIRCUITO DE CORRIENTE ALTERNA TRIFÁSICA.....	17

2. COMPONENTES DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS.....	18
2.1. GENERALIDADES.....	18
2.2. CONDUCTORES Y CABLES.....	18
2.2.1. DEFINICIÓN DE CONDUCTOR Y CABLE.....	18
2.2.2. PARTES COMPONENTES DEL CONDUCTOR AISLADO O CABLE ELÉCTRICO.....	19
2.2.3. CLASIFICACIÓN DE LOS CABLES ELÉCTRICOS.....	19
2.2.4 IDENTIFICACIÓN DE LOS CABLES ELÉCTRICOS.....	19
2.3. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS.....	21
2.3.1. GENERALIDADES.....	21
2.3.2. PROTECCIÓN DE LOS CONDUCTORES CONTRA SOBREINTENSIDADES.....	21
2.3.3. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS.....	22
2.3.3.1. CORTACIRCUITOS O FUSIBLE.....	22
2.3.3.2. INTERRUPTOR AUTOMÁTICO MAGNETOTÉRMICO.....	22
2.3.4. PROTECCIÓN DE LAS PERSONAS.....	24
2.3.4.1. GENERALIDADES.....	24
2.3.4.2. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN DE LAS PERSONAS.....	24
2.3.4.2.1. INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DIFERENCIAL.....	25
2.4. ELEMENTOS DE MEDIDA.....	26
2.5. ELEMENTOS DE MANIOBRA.....	27
2.6. TOMAS DE CORRIENTE.....	28
2.7. RECEPTORES ELÉCTRICOS DE ALUMBRADO.....	28
3. POTENCIAS.....	30
3.1. TRIANGULO DE POTENCIAS.....	30
3.2. POTENCIAS EN MOTORES ELÉCTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA.....	31
3.2.1. TRIANGULO DE POTENCIAS.....	31
3.3 POTENCIAS EN LÍNEAS.....	32
3.3.1. SUMA DE POTENCIAS.....	33
3.3.2. SUMA DE CARGAS INDUCTIVAS.....	33
3.3.3. SUMA DE CARGAS INDUCTIVAS Y OHMICAS.....	34
4. CONDENSADORES.....	36
4.1. DEFINICIÓN.....	36
5. CUADROS ELÉCTRICOS DE PROTECCIÓN Y MANDO.....	37
5.1. DEFINICIÓN.....	37
5.2. SITUACIÓN.....	37
5.3. COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL CUADRO GENERAL.....	37

6. LINEAS ELECTRICAS.....	39
6.1. CABLES CONDUCTORES.....	39
6.1.1. MATERIALES DE LOS CONDUCTORES.....	39
6.1.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES.....	39
6.1.3. CAÍDAS DE TENSIÓN MÁXIMAS.....	40
6.1.4. AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES SECOS E IMPREGNADOS.....	40
6.1.5. DIÁMETRO EXTERIOR DE LOS CONDUCTORES.....	41
6.1.6. CÓDIGO DE COLORES PARA CONDUCTORES MULTIPOLARES.....	41
6.2. CIRCUITOS INTERIORES SEGÚN REBT 2002.....	42
6.2.1. INSTALACIÓN INTERIOR PARA GRADO DE ELECTRIFICACIÓN BÁSICA.....	42
6.2.2. INSTALACIÓN INTERIOR PARA GRADO DE ELECTRIFICACIÓN ELEVADO.....	43
6.3. DESIGNACIÓN DE CIRCUITOS.....	45
6.4. SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES, DIÁMETRO DE LOS TUBOS PROTECTORES Y PROTECCIONES.....	46
7. MOTORES ASÍNCRONOS.....	47
7.1. DEFINICIONES.....	47
7.1.1. MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA.....	47
7.1.2. MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA.....	47
7.2 DIFERENCIA ENTRE EL MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA SÍNCRONO Y ASÍNCRONO.....	48
7.3. MOTOR ASÍNCRONOS DE CORRIENTE ALTERNA	49
7.3.1. MOTOR ASÍNCRONOS MONOFÁSICO.....	49
7.3.1.1. MOTORES MONOFÁSICOS DE ARRANQUE POR CONDENSADOR.....	50
7.3.2. MOTOR ASÍNCRONOS TRIFÁSICO.....	52
7.3.2.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	52
7.3.2.2 PARTES Y TIPOS.....	53
7.3.2.3 CONEXIONADO.....	54
7.3.2.4. CAMBIO DEL SENTIDO DE GIRO.....	55

1. CONCEPTOS GENERALES DE ELECTRICIDAD

1.1. Definición de molécula y átomo

Se denomina molécula a la partícula más pequeña en que puede dividirse una sustancia compuesta, manteniendo sus características físicas y químicas.

Se denomina átomo a la partícula más pequeña en que puede dividirse un elemento químico simple y que mantiene todas las propiedades físicas y químicas.

El concepto molécula se aplica a sustancias compuestas, aunque también es aplicable a elementos que pueden presentarse en forma de molécula. Por ejemplo, una molécula de agua (H_2O), se compone de dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno.

El concepto átomo se aplica siempre a elementos químicos simples. El átomo es muy pequeño, del orden de una diez millonésima de milímetro.

1.2. Composición eléctrica de la materia

El átomo, a su vez, se compone de partes aún más pequeñas. Podemos decir que el átomo se compone de dos partes principales:

a) Núcleo: Es la parte central del átomo donde se concentra su masa. Se compone de dos tipos de partículas:

Protones: Son partículas que poseen carga eléctrica positiva. Se simbolizan como p^+ .

Neutrones: Son partículas que carecen de carga eléctrica. Se simbolizan como n^0 .

b) Zona exterior o periferia: Es una zona muy difusa, que carece prácticamente de masa. En esta zona existe una partícula denominada:

Electrón: Es una partícula que posee carga eléctrica negativa, equivalente a la del protón. Se simboliza como e^- . Su reducida masa y su lejanía respecto al núcleo, le otorga al electrón la posibilidad de desplazamiento.

En condiciones normales, el átomo tiene carga neutra, lo que se produce cuando el número de protones es igual al número de electrones. Esta situación es la normal.

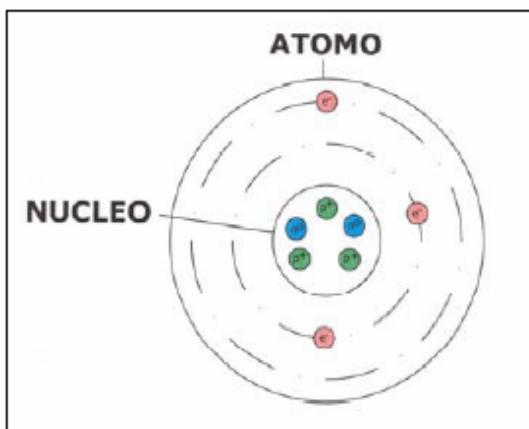


Figura 1 – Composición eléctrica del la materia

1.3. Definición de corriente eléctrica

Si tenemos un material conductor, por ejemplo, una barra de cobre, y le aplicamos a un extremo una fuente de electrones y al otro extremo un receptor de electrones, se producirá una circulación de electrones a través de los átomos de la barra, lo que se denomina corriente eléctrica.

La fuente de electrones, puede ser, el polo negativo de una batería y el receptor de electrones el polo positivo de la batería.

Por lo tanto, podemos definir corriente eléctrica a la “circulación de electrones a través de un material conductor”.

1.4. Concepto de intensidad de corriente eléctrica

1.4.1. Definición de intensidad de corriente eléctrica

Se define carga eléctrica a la cantidad de electrones que circula a través de un material conductor.

La carga eléctrica que circula por un conductor es equivalente al volumen de agua que circula por una tubería.

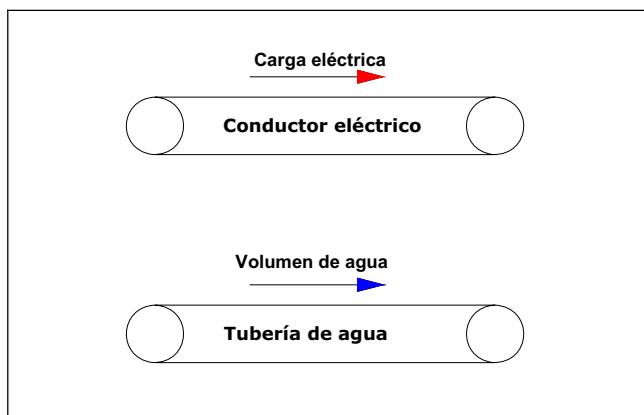


Figura 2 – Símil hidráulico de la carga eléctrica.

Se define intensidad de corriente eléctrica a la cantidad de electrones que circula a través de un conductor en una unidad de tiempo.

La intensidad de la corriente eléctrica se simboliza con “I”.

La intensidad de corriente, dentro de un conductor lineal, se mantiene constante en todos los puntos del mismo.

La magnitud “Intensidad de corriente eléctrica”, en electricidad, es equiparable a la magnitud “caudal”, en hidráulica.

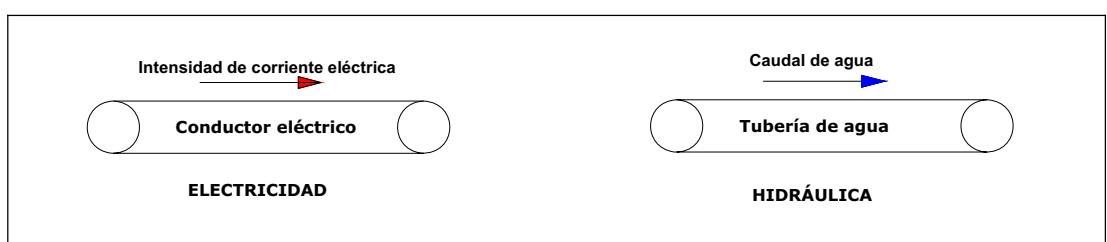


Figura 3 – Símil hidráulico de la intensidad de corriente eléctrica.

1.4.2. Unidad de medida de intensidad de corriente eléctrica

En el Sistema Internacional de unidades, la unidad de medida de la intensidad de corriente es el amperio, que se simboliza como "A".

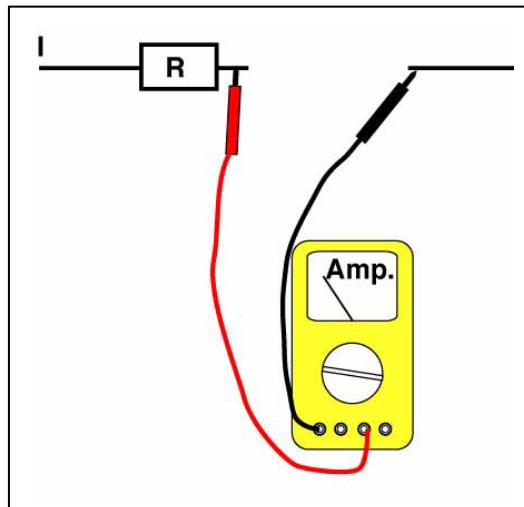
Para medida de pequeñas intensidades se utiliza el miliamperio (que se simboliza como mA).

$$1 \text{ mA} = 0,001 \text{ A}$$

1.4.3. Medida de la intensidad de corriente eléctrica

El aparato que permite medir la intensidad de corriente que circula por un conductor se denomina amperímetro.

Para poder realizar la medida de la intensidad de corriente por medio de un amperímetro, éste debe colocarse, intercalado en serie en el conductor.



Medida de intensidad.

1.5. Concepto de diferencia de potencial o tensión

1.5.1. Definición de diferencia de potencial eléctrico o tensión eléctrica

Para que se produzca una corriente eléctrica dentro de un circuito, el circuito debe estar sometido a una tensión o diferencia de potencial.

Se puede definir tensión como la capacidad que tiene un circuito para que se produzca en él una corriente eléctrica, al conectar al mismo un receptor. También puede llamarse diferencia de potencial eléctrico. Este concepto se simboliza como "U".

"El concepto diferencia de potencial o tensión, en electricidad, es asimilable al concepto de presión, en hidráulica, que puede producir una circulación de caudal, si unimos los dos puntos a través de una tubería".

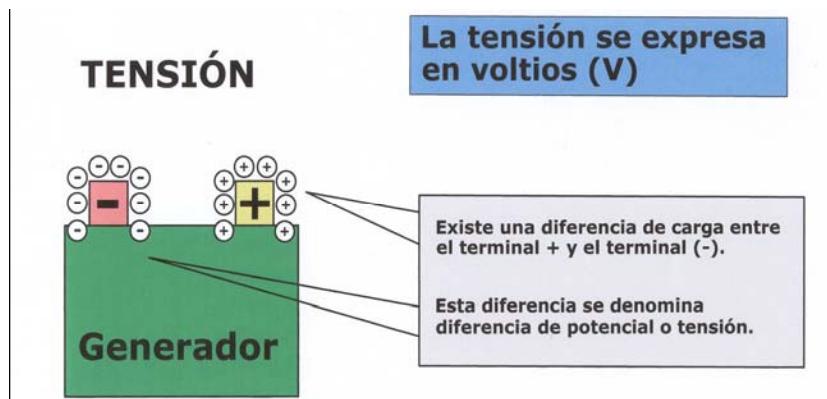


Figura 4 – Concepto de tensión.

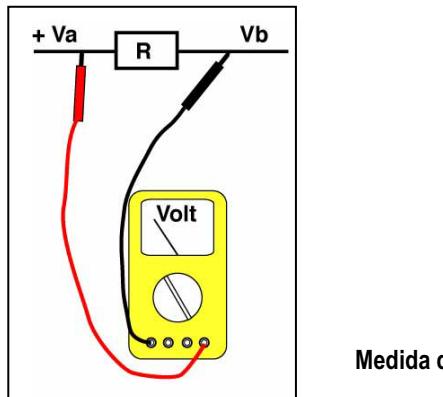
1.5.2. Unidades de medida de la tensión

La unidad de medida de la tensión en el Sistema Internacional de Unidades es el voltio, cuyo símbolo es “V”.

1.5.3. Medida de la tensión o diferencia de potencial

El aparato que se utiliza para medir la tensión existente entre dos puntos de un circuito eléctrico, se denomina voltímetro.

El aparato debe conectarse entre los dos puntos cuya tensión queremos medir, es decir, lo que se conoce como conexión en paralelo.



Medida de tensión.

1.6. Concepto de resistencia eléctrica

1.6.1. Elementos conductores y elementos aislantes

Se define elemento conductor de la corriente eléctrica, aquel que presenta una mayor facilidad para el paso de la corriente a través de su estructura molecular.

Dentro de los elementos conductores, podemos destacar los metales, como el cobre y el aluminio.

Se define elemento aislante al cuerpo que presenta una gran dificultad al paso de la corriente eléctrica a través de su estructura. Estos cuerpos, son tan importantes como los conductores en el campo de la electricidad, ya que, se utilizan como elementos aislantes, para evitar los efectos de la electricidad.

1.6.2. Definición de resistencia eléctrica

Se define resistencia eléctrica como la oposición que presenta un material al paso de la corriente eléctrica a través de su estructura. Representa la dificultad que opone el material a la circulación de electrones entre sus átomos.

Se simboliza por la letra "R".

La resistencia eléctrica es propia de cada componente de la instalación, dependiendo principalmente de una propiedad específica, llamada resistividad, propia de cada material. No obstante, también se ve afectada la resistencia eléctrica por la longitud y la sección de paso del material.

Sin embargo, la resistencia eléctrica no depende de la diferencia de potencial que apliquemos a los extremos del elemento resistente.

Los materiales conductores, se caracterizan por una resistividad muy baja, y los materiales aislantes, por una elevada resistividad.

"El concepto resistencia eléctrica, en electricidad, es asimilable al concepto de rozamiento, en hidráulica.

Elevado rozamiento → Elevada pérdida de presión → Menor caudal

Elevada resistencia elect. → Elevada caída tensión → Menor intensidad

1.6.3. Unidad de medida de la resistencia eléctrica

La unidad de medida de la resistencia eléctrica en el Sistema Internacional de unidades es el Ohmio, que se simboliza por la letra Ω .

La resistencia de un material conductor viene dada por la siguiente expresión:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

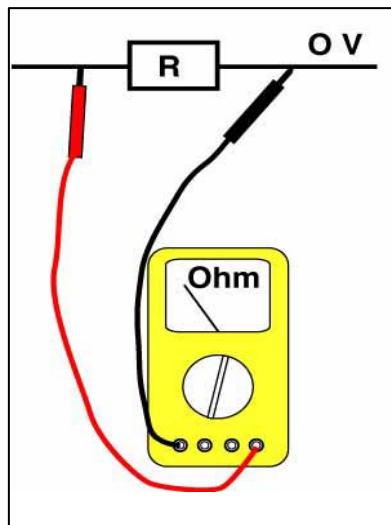
R = Resistencia eléctrica del conductor, expresada en ohmios
 ρ = Resistividad del conductor, expresada en ohmios x (mm² / m)
L = Longitud del conductor, expresada en metros
s = Sección del conductor, expresada en mm²

La **resistividad** es el parámetro más característico de un material conductor, ya que, representa la resistencia unitaria que presenta el material al paso de la corriente eléctrica a través de su estructura atómica.

1.6.4. Medida de resistencias eléctricas

El aparato que se utiliza para la medida de resistencias eléctricas es el ohmetro.

Para la realización de la medida, debemos conectar los extremos de la resistencia a medir sobre los terminales del ohmetro, proporcionándonos éste la medida directa.



Medida de resistencia.

Nunca debe realizarse la medida de la resistencia eléctrica sin eliminar la tensión de alimentación al aparato cuya resistencia queremos medir.

1.7. Concepto de potencia eléctrica

1.7.1. Definición de potencia eléctrica

La potencia eléctrica se puede obtener como producto de la tensión por la intensidad de corriente.

$$P = U * I$$

P = Potencia eléctrica, expresada en vatios (W)

U = Tensión, expresada en voltios (V)

I = Intensidad de corriente, expresada en amperios (A)

1.7.2. Unidad de medida de la potencia eléctrica

La unidad de medida de la potencia eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades es el vatio (se simboliza como "W"). Se trata de una unidad pequeña, por lo que, es habitual la utilización de múltiplos, siendo el más habitual, el kilovatio, que se simboliza como "kW".

$$1 \text{ kW} = 1.000 \text{ W}$$

1.8. Concepto de energía eléctrica

1.8.1. Definición de energía eléctrica

Se define energía eléctrica, se obtiene como producto de la potencia por el tiempo de funcionamiento. Se identifica la energía con la letra "E".

$$E = P \cdot t$$

E = Energía eléctrica, expresada en julios (J)
P = Potencia eléctrica, expresada en vatios (W)
t = Tiempo, expresado en segundos (s)

1.8.2. Unidades de medida de la energía eléctrica

La unidad de medida de energía eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades es el julio (que se simboliza como "J").

Las compañías distribuidoras de electricidad, utilizan una unidad para la medida de la energía eléctrica facturada a sus abonados, el kilovatio-hora, que se simboliza como "kWh".

$$1 \text{ kWh} = 3.600.000 \text{ J}$$

1.9. Tipos de corriente eléctrica

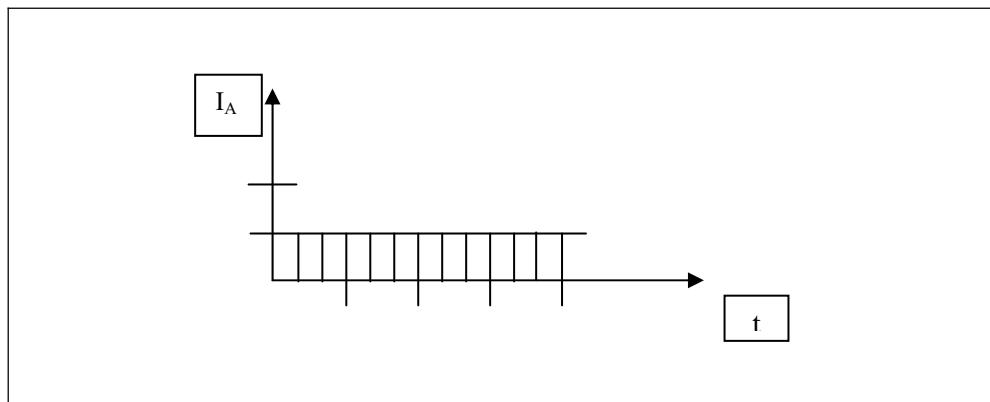
La corriente eléctrica, según la forma de generarse, podemos clasificarla en dos clases:

- a) Corriente continua
- b) Corriente alterna

1.9.1. Corriente continua

La corriente continua se caracteriza por el movimiento de los electrones libres, siempre en el mismo sentido, a través del conductor.

La representación de la corriente continua es una recta horizontal, ya que, los valores de su magnitud permanecen constantes en el tiempo, manteniéndose el mismo sentido de circulación. Si representamos, por ejemplo, las magnitudes intensidad de corriente y tensión, respecto al tiempo, obtendremos el siguiente diagrama:



Para que en un circuito eléctrico se produzca una circulación de corriente continua, el generador debe producir este tipo de corriente y los receptores deberán estar diseñados para su utilización. El circuito característico puede ser el correspondiente a la Figura de la página siguiente.

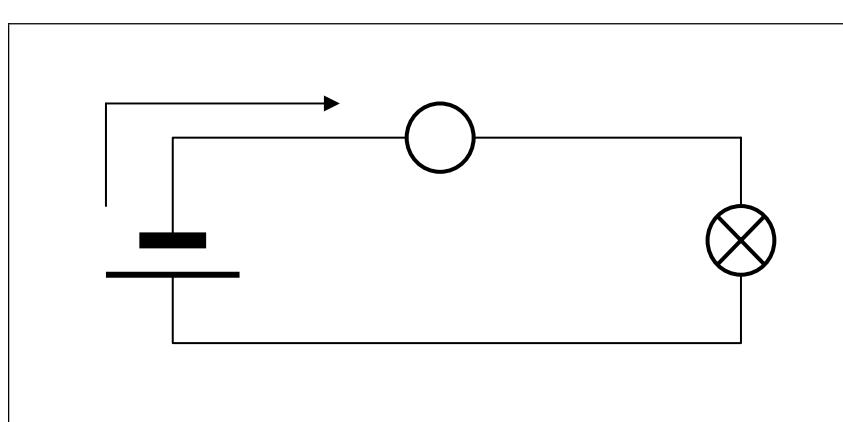


Figura 6 - Circuito eléctrico de corriente continua.

Las características principales de la corriente continua son:

- Posee efectos caloríficos o térmicos (iguales, prácticamente, a los de la corriente alterna).
- Posee efectos químicos. Es muy apta para la electrolisis.
- Es adecuada para la acumulación. Se puede almacenar, aunque el sistema resulta caro.
- Tiene un excelente comportamiento magnético.
- Su transformación es muy costosa.
- Su transporte a larga distancia es muy complicado.
- Los receptores para este tipo de corriente son caros (sobre todo los motores).
- Tiene un excelente comportamiento para la regulación de velocidad en motores.

1.9.1.1. Circuito de corriente continua en serie

Un circuito serie se obtiene conectando los receptores acoplados al mismo, de la forma siguiente: "La salida de un receptor debe conectarse a la entrada del siguiente, y así sucesivamente".

El circuito en serie se caracteriza por:

- La intensidad de corriente que recorre el circuito es idéntica, es decir, la corriente que circula a través de todos los receptores es igual.
- La tensión total del circuito (tensión producida por el generador) será igual a suma de las tensiones existentes entre los diferentes receptores.

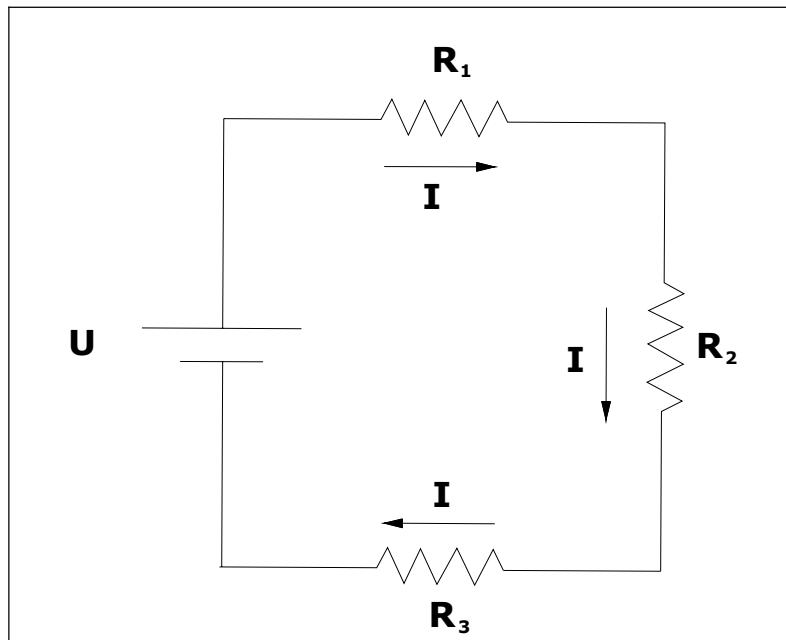


Figura 7 – Circuito eléctrico de corriente continua con los receptores conectados en serie.

La resistencia eléctrica total del circuito, despreciando la resistencia de los conductores, por ser muy pequeña en comparación con la de los receptores, se obtiene como la suma de las resistencias de los receptores.

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

La tensión del generador se obtiene como producto de la resistencia total de los receptores por la intensidad de corriente que circula por el circuito.

$$V = I \cdot R = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3)$$

1.9.1.2. Circuito paralelo

El circuito paralelo tiene características opuestas en cierto sentido al circuito serie: la tensión es igual en todos los componentes, e igual a la tensión suministrada por la fuente de alimentación, mientras que la intensidad total es igual a la suma de las intensidades de cada una de las resistencias por separado.

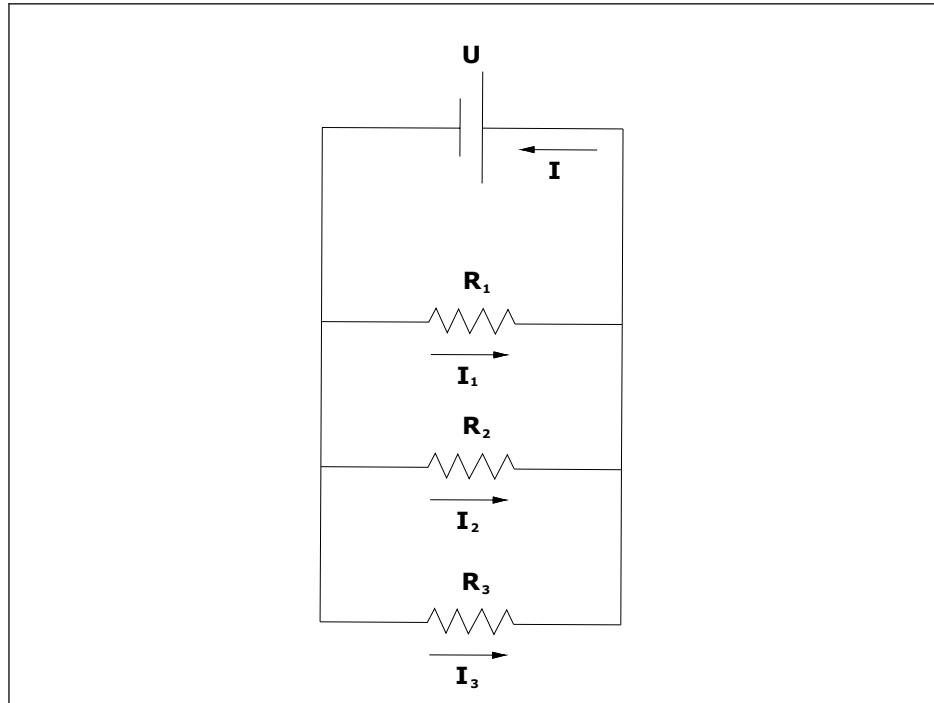


Figura 8 – Circuito eléctrico de corriente continua con los receptores conectados en paralelo.

En este caso, tenemos lo siguiente:

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

despejando el término de resistencia, se obtiene la fórmula siguiente:

$$R = 1/(1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3)$$

Por otra parte, la intensidad total que circula por el generador será igual a la suma de las intensidades correspondientes a los distintos receptores acoplados en paralelo.

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

La tensión del generador será igual a las tensiones a que están sometidos los receptores conectados en el circuito.

$$V = I_1 * R_1 = I_2 * R_2 = I_3 * R_3 = I * 1/(1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3)$$

1.9.2. Corriente alterna

La corriente alterna es de naturaleza totalmente distinta a la de la corriente continua. Se caracteriza porque el flujo de electrones, va variando en valor y signo (alternando el sentido direccional de los electrones), siguiendo

una función matemática del tipo senoidal. Las magnitudes tensión e intensidad de corriente, van pasando por unos valores máximos y mínimos, en ambos sentidos.

Este fenómeno es debido a que el generador cambia continuamente de polaridad (aproximadamente 50 veces por segundo).

Al número de veces que la onda de tensión resultante se repite por segundo se denomina frecuencia (f) y al tiempo que tarda en generarse una onda completa se denomina periodo (T).

La frecuencia de la corriente se mide en Herzios (Hz) y el periodo en segundos (s).

Si representamos una magnitud eléctrica, en corriente alterna, por ejemplo, la intensidad de corriente (que dependerá directamente de la tensión), frente al tiempo, obtenemos el siguiente diagrama:

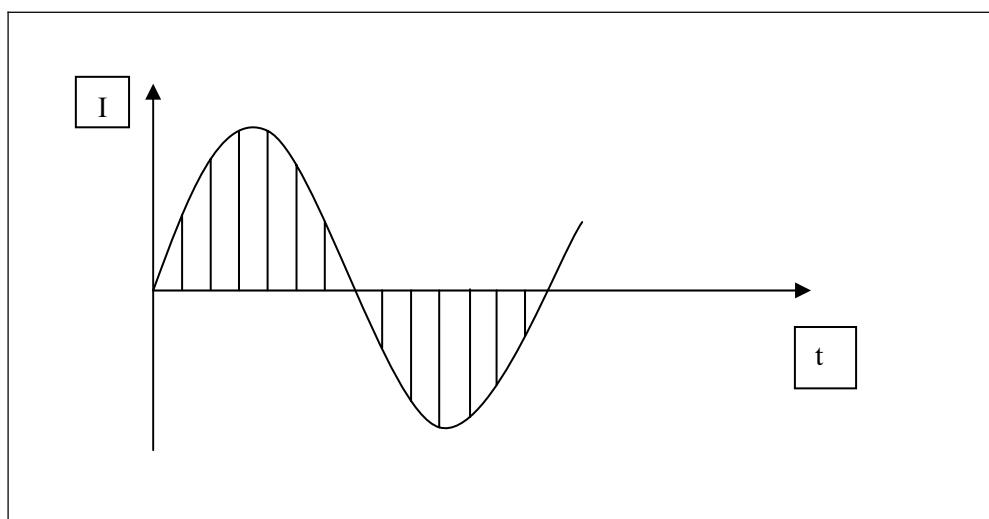


Figura 9 – Representación de la tensión e intensidad frente al tiempo en corriente alterna.

Las características principales de la corriente alterna son:

- Se transforma de forma sencilla y económica.
- Se transporta muy bien, incluso a largas distancias.
- Su producción es más sencilla y económica que la corriente continua.
- Los receptores son más sencillos, económicos y requieren un menor mantenimiento.
- No es apta para efectos electrolíticos.
- No se puede almacenar en los acumuladores.
- Los efectos magnéticos son inferiores a los de la corriente continua, pero es aplicable para procesos industriales.

1.9.2.1. Circuitos de corriente alterna monofásicos

Un sistema monofásico está formado por una sola fuerza electromotriz alterna (tensión alterna). Cuando a estos circuitos de corriente alterna conectamos receptores eléctricos que incorporen componentes inductivas y capacitivas, de producirá una diferencia de fase entre la tensión y la intensidad, lo que producirá efectos que no existen en corriente continua.

Se denomina factor de potencia, llamado $\cos \varphi$, al coseno el ángulo de desfase entre la tensión y la intensidad de corriente.

El sistema de distribución de corriente alterna monofásica es el habitual para las instalaciones de alimentación a viviendas, que distribuyen generalmente entre fase y neutro.

Se define como **potencia real o activa (P)** es la potencia útil, capaz de producir calor o trabajo, la que se aprovecha de forma efectiva en un motor u otro aparato eléctrico.

$$P = V * I * \cos \varphi$$

La **potencia reactiva (Q)** es la potencia encargada de generar el campo magnético que requieren para su funcionamiento los equipos inductivos como los motores o transformadores.

$$Q = V * I * \sin \varphi$$

La **potencia aparente (S)** es la suma vectorial de las potencias activa y reactiva.

$$S = V * I$$

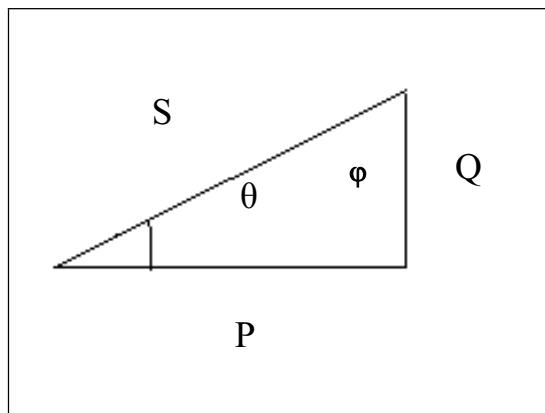


Figura 10 – Triángulo de potencias en un circuito de corriente alterna.

1.9.2.2. Circuito de corriente alterna trifásica

Un sistema trifásico está compuesto por tres fuerzas electromotrices (f.e.m) alternas monofásicas, de mismo valor eficaz, igual frecuencia y con un desfase entre ellas de 120° .

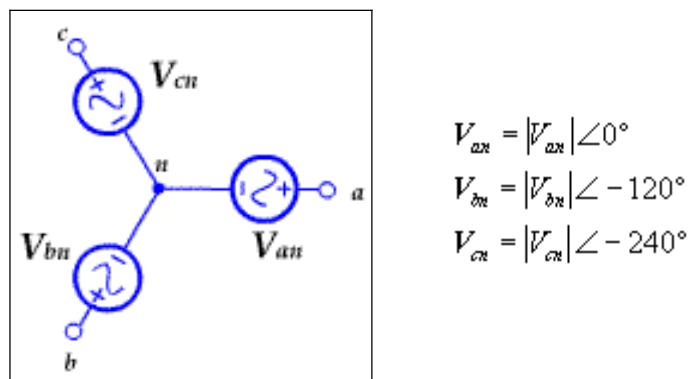


Figura 11 – Tensiones en una red trifásica.

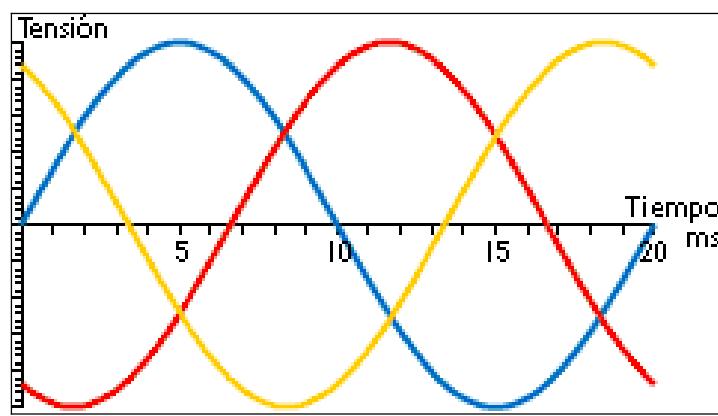


Figura 12 – Tensiones en una red trifásica.

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos \theta$$

$$Q = \sqrt{3} * V * I * \sin \theta$$

$$S = \sqrt{3} * V * I$$

2. COMPONENTES DE LOS CIRCUITOS ELECTRICOS

2.1. Generalidades

Un receptor eléctrico es un aparato que precisa para su funcionamiento estar alimentado eléctricamente, lo que requiere que se cumplan dos condiciones:

- a) Recibir entre sus bornes o terminales de entrada una tensión constante, igual a su tensión nominal, que es aquella para la que fue diseñado y construido el aparato.
- b) Que la línea de alimentación permita la circulación de la intensidad nominal de funcionamiento del propio aparato, que será la que produzca el efecto para el que fue diseñado.

Una instalación receptora eléctrica tiene la misión principal de alimentar eléctricamente los receptores que están conectados a ella, siendo necesario que incorpore una serie de componentes necesarios para obtener un correcto y seguro funcionamiento, entre los que destacan los siguientes:

- Conductores o cables.
- Elementos de protección de los circuitos eléctricos.
- Elementos de medida.
- Elementos de maniobra.
- Tomas de corriente.

2.2. Conductores y cables

2.2.1. Definición de conductor y cable.

Se define como conductor eléctrico al elemento del circuito eléctrico que tiene la misión de conducir la corriente de alimentación a los receptores.

El Reglamento electrotécnico para baja tensión (Real Decreto 842/2002), define los siguientes conceptos relativos a conductores y cables eléctricos:

- **Cable:** conjunto constituido por:
 - Uno o varios conductores.
 - Su eventual aislamiento individual.
 - La eventual protección del conjunto.
 - El o los eventuales revestimientos de protección que se dispongan.
- **Cable unipolar:** cable que tiene un único conductor aislado.
- **Conductor de un cable:** parte de un cable que tiene la función de conducir la corriente eléctrica.
- **Conductor aislado:** conjunto que incluye el conductor, su aislamiento y sus eventuales pantallas.

2.2.2. Partes componentes del conductor aislado o cable eléctrico.

El REBT obliga a que la totalidad de las partes activas de la instalación, que son aquellas destinadas a conducir la corriente eléctrica, estén adecuadamente protegidas frente a los contactos eléctricos directos que pudieran producir daños en las personas que manipulan o utilizan las instalaciones eléctricas. Por este motivo, los elementos conductores deberán incorporar aislamiento externo, salvo casos excepcionales.

En la práctica, en las instalaciones eléctricas nos vamos a encontrar conductores aislados o cables. Ambos estarán compuestos de:

- a) **Material conductor:** materia de naturaleza metálica a través de la que circula la corriente eléctrica cuando los receptores se conectan al circuito.
- b) **Aislamiento exterior:** que puede estar conformado por una o varias capas del mismo o diferente material, que aísla uno o varios conductores entre sí y a estos respecto al exterior, evitando los contactos directos. También se incluirían las posibles pantallas.

2.2.3. Clasificación de los cables eléctricos.

Para clasificar los cables eléctricos existen varios criterios, siendo los más característicos los siguientes:

- a) En función del **material conductor**, existen dos tipos principales:
 - Cables de conductores de cobre.
 - Cables de conductores de aluminio.
- b) Atendiendo al **número de conductores** que incorpora, tenemos:
 - Cables unipolares: incorporan un único conductor.
 - Cables multipolares: incorporan varios conductores.
- c) Atendiendo al **material aislante**, que compone el revestimiento del conductor, existirán:
 - Aislamiento tipo V: utilizan como material aislante el policloruro de vinilo.
 - Aislamiento tipo R: utilizan como material aislante el polietileno reticulado.
- d) En función del **nivel de aislamiento** del conductor, tenemos:
 - Cables tipo 0,6/1 kV, con aislamiento nominal de 1.000 V.
 - Cables tipo 450/750 V, con aislamiento nominal de 750 V.

2.2.4 Identificación de los cables eléctricos.

En los circuitos eléctricos, resulta de gran interés la identificación de los conductores que forman el circuito eléctrico.

Desde el punto de vista de la seguridad en las actuaciones eléctricas sobre las instalaciones, tiene una gran importancia la identificación de los conductores, para lo que se utiliza, según marca el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, el “código de colores”.

Como se ha explicado en el capítulo anterior, una instalación receptora de corriente alterna monofásica incorporará conductor de fase, conductor neutro y conductor de protección (posteriormente veremos que, además, el REBT 2002, obliga a las instalación de cable de maniobra para la tarifa nocturna). En este caso:

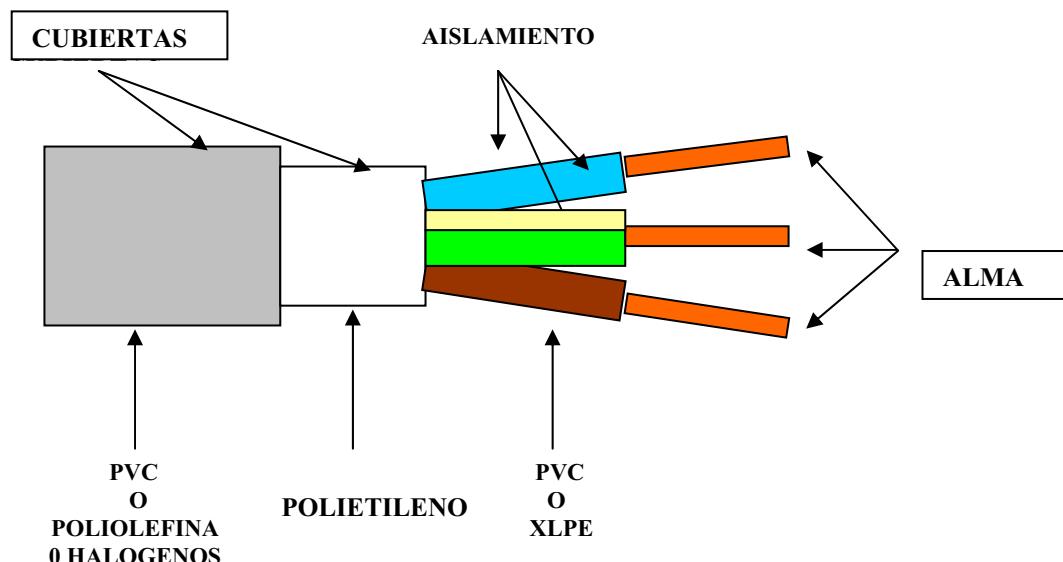
- El **conductor de fase** se identificará con aislamiento de color **negro o marrón**.
- El **conductor neutro** se identificará con aislamiento de color **azul**.
- El **conductor de protección** se identificará con aislamiento de color **verde-amarillo**.
- El **cable de maniobra para tarifa nocturna**, si existe, se identificará con aislamiento de color **rojo**.

Cuando la alimentación eléctrica a la instalación se realiza entre dos fases (caso de alimentación trifásica con 220 V entre fases, ya explicada en el capítulo anterior), la identificación se realizará de la forma siguiente:

- Un conductor de fase se identificará con aislamiento de color negro.
- El otro conductor de fase se identificará con aislamiento de color marrón.
- El **conductor de protección** se identificará con aislamiento de color **verde-amarillo**.
- El **cable de maniobra para tarifa nocturna**, si existe, se identificará con aislamiento de color **rojo**.

En instalaciones receptoras con gran consumo, cuyo diseño se realiza con alimentación de corriente trifásica, la identificación de los conductores se realiza de la forma siguiente:

- La **fase R** se identifica aislamiento de color **negro**.
- La **fase S** se identificará con aislamiento de color **marrón**.
- La **fase T** se identificará con aislamiento de color **gris**.
- El **conductor neutro** se identificará con aislamiento de color **azul**.
- El **conductor de protección** se identificará con aislamiento de color **verde-amarillo**.
- El **cable de maniobra para tarifa nocturna**, si existe, se identificará con aislamiento de color **rojo**.



2.3. Elementos de protección de los circuitos eléctricos

2.3.1. Generalidades.

La protección de las instalaciones eléctricas en edificios destinados a viviendas se centra en dos aspectos fundamentales

- **Protección de los cables** contra los efectos de sobreintensidades (no previstas en el diseño y cálculo de la instalación), que pueden producir calentamiento excesivo del material conductor y deterioro del material aislante del cable.
- **Protección de las personas** frente a contactos directos e indirectos que puedan producirse en la utilización y explotación de las instalaciones.

2.3.2. Protección de los conductores contra sobreintensidades.

Todo circuito eléctrico estará protegido contra los efectos de la sobreintensidad que puedan presentarse, para lo cual, la interrupción de este circuito deberá producirse en un tiempo conveniente y el dispositivo de protección estará dimensionado para las intensidades máximas que pudieran producirse.

Las sobreintensidades pueden estar motivadas por:

- Sobrecargas debidas a los receptores.
- Cortocircuitos.

Se define como sobrecarga aquella intensidad anormalmente elevada que circula por un circuito eléctrico, diseñado y calculado para una intensidad inferior, que puede venir provocada por:

- a) Defecto de funcionamiento del receptor (por ejemplo, motor eléctrico con falta de lubricación en la parte mecánica).
- b) Exceso de receptores alimentados de una línea, que produce un exceso de potencia consumida, superior a los valores admisibles para un conductor.

La sobrecarga se caracteriza por una sobreintensidad moderada, pero puede ser muy continua.

Por este motivo, el dispositivo protector de sobrecargas debe ser eficaz frente a ligeras sobreintensidades que se producen durante tiempos largos.

La protección térmica es muy adecuada para la protección de este tipo anomalías, caracterizándose por el siguiente comportamiento:

- a) Para pequeñas sobreintensidades, el tiempo de desconexión es muy largo.
- b) Para grandes sobreintensidades, el tiempo de desconexión es reducido.

Se define como cortocircuito la puesta en contacto eléctrico de dos puntos a diferente potencial eléctrico sin que entre ellos exista una resistencia suficiente. El cortocircuito se caracteriza por una sobreintensidad muy grande.

La protección magnética es muy adecuada para la protección frente a cortocircuitos, al caracterizarse por una actuación muy rápida cuando la sobreintensidad es muy elevada, lo que sucede en los cortocircuitos.

2.3.3. Dispositivos de protección de los conductores eléctricos.

Como hemos comentado, los dispositivos de protección de los conductores eléctricos deben asegurar una protección adecuada frente a cortocircuitos y sobrecargas, asegurando la desconexión del circuito en caso de alcanzarse valores de sobreintensidad peligrosos para los conductores.

Los dispositivos de protección de las líneas eléctricas deben instalarse lo más próximo posible al inicio de las mismas.

Los dispositivos de protección de los conductores más utilizados son:

- Cortacircuitos o fusible.
- Interruptor automático magnetotérmico.

2.3.3.1. Cortacircuitos o fusible.

Un cortacircuito, llamado comúnmente fusible, es un elemento calibrado, cuya resistencia eléctrica es mayor a la correspondiente a los conductores que protege.

Su misión es la interrupción del circuito eléctrico situado agua abajo, cuando la intensidad que recorre el mismo puede resultar peligrosa para los conductores.

El funcionamiento del mismo es el siguiente:

- Cuando la intensidad que circula por la instalación es igual o inferior a su intensidad nominal, el elemento conductor del fusible tendrá un calentamiento moderado, no produciéndose su fusión, incluso si el consumo de la instalación corresponde siempre al valor nominal del fusible.
- Cuando la intensidad que circula por la instalación supera la intensidad nominal del fusible, éste se calentará excesivamente, llegando a fundirse e interrumpiendo la alimentación eléctrica al circuito situado después de su posición.

En resumen, el fusible ofrece una protección térmica de la instalación. Dadas sus características constructivas, presenta la gran ventaja de que la desconexión está garantizada.

2.3.3.2. Interruptor automático magnetotérmico.

El interruptor automático magnetotérmico es un dispositivo de protección de los conductores eléctricos que interrumpe la alimentación eléctrica al circuito situado aguas abajo de su posición, cuando en dicho circuito se produce una sobreintensidad que produce su actuación.

Es importante destacar que, al igual que le sucede al fusible, un interruptor automático magnetotérmico no tiene porque desconectar cuando la intensidad que circula a través de él supera su intensidad nominal.

El comportamiento del este dispositivo será el siguiente:

- Para sobreintensidades muy pequeñas, podría llegar a no desconectar, o bien tardaría mucho tiempo en hacerlo.
- Para intensidades moderadas, tardará en desconectar varios minutos.
- Para sobreintensidades muy elevadas desconectará casi instantáneamente.

Una vez eliminado el defecto que produce la sobreintensidad, el aparato será capaz de volver a conectar sin sustitución de componentes (lo que sucedía en el caso del fusible).

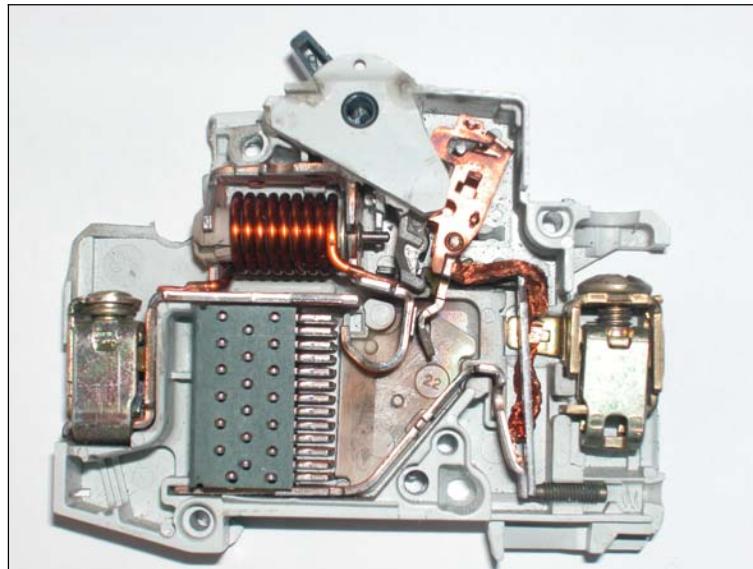


Figura 13 – Vista interior del interruptor automático magnetotérmico.

Las características principales que definen un interruptor magnetotérmico son:

- a) Intensidad nominal: Representa la intensidad de referencia para la protección del aparato, al estar referida a ella sus características térmicas y magnéticas.
- b) Tensión nominal: Es aquel valor de tensión previsto para el funcionamiento y aislamiento del aparato. El aparato podrá soportar la tensión nominal en funcionamiento normal, sin producirse deterioro de sus componentes.
- c) Poder de corte: Se expresa como la intensidad de corriente que este dispositivo es capaz de cortar, bajo una tensión dada, y en las conducciones prescritas de funcionamiento.

Existen varias clasificaciones de los interruptores magnetotérmicos:

- Atendiendo a su intensidad nominal, los magnetotérmicos más comúnmente utilizados en la actualidad, en instalaciones de viviendas, son los siguientes:
6 – 10 – 16 – 25 – 32 – 40 – 50 – 63, expresadas en amperios (A).
- Atendiendo al número de polos, existen interruptores unipolares (no admitidos en instalaciones de viviendas, según REBT 2002), bipolares, tripolares y tetrapolares, según puedan cortar, respectivamente, uno, dos, tres o cuatro polos.



Figura 14 – Interruptor magnetotérmico bipolar.

2.3.4. Protección de las personas.

2.3.4.1. Generalidades.

El REBT obliga a que toda línea eléctrica esté protegida contra los efectos de las descargas eléctricas a tierra que pueden producirse a través del cuerpo de las personas y que, si la intensidad que circula a través de ellas es elevada y/o los tiempos de exposición a la misma son prolongados, puede ocasionar perjuicios graves.

El reglamento diferencia dos tipos de contactos:

- Contacto directo: Son descargas eléctricas a través del cuerpo de las personas cuando tocan partes de la instalación que normalmente están bajo tensión.
- Contacto indirecto: Son descargas eléctricas a través del cuerpo de las personas al tocar objetos conductores que están accidentalmente bajo tensión.
Estos contactos son debidos a mal estado del aislamiento de la parte conductora, que produce un potencial eléctrico en la masa del aparato, donde no debe existir.

2.3.4.2. Dispositivos de protección de las personas.

Los dispositivos de protección de las personas más habituales en los circuitos eléctricos son:

- Conexión a tierra de las masas conductoras de los aparatos eléctricos sometidos a tensión en alguna de sus partes.
- Utilización de interruptores diferenciales.

Estos dos sistemas deben instalarse de forma simultánea y están destinados a suprimir el riesgo eléctrico del aparato, o bien, reducir la peligrosidad del mismo.

2.3.4.2.1. Interruptor automático diferencial.

El interruptor automático diferencial es un dispositivo de protección sensible a la corriente de fuga a tierra. Esta corriente recibe el nombre de corriente diferencial, porque es igual a la diferencia entre la corriente que entra en el circuito (a través del conductor de fase) y la que sale del mismo (por el neutro).

En condiciones normales de funcionamiento de la instalación, el valor de la corriente entrante corresponderá con la corriente saliente. Sin embargo, cuando existe una diferencia entre ambas, es debido a que se ha producido un defecto o fuga de corriente a tierra.

"El interruptor automático diferencial abre el circuito eléctrico cuando la corriente de fuga a tierra supera su umbral de intervención, independientemente de la corriente absorbida por el circuito consumidor".

La sensibilidad o intensidad de defecto a tierra puede ser: **0,01 A - 0.03 A - 0,3 A – 0,5 A**

Los interruptores con sensibilidad igual a 30 mA o con menor intensidad de defecto a tierra se denominan de alta sensibilidad.

Los interruptores con sensibilidad mayor de 30 mA se denominan de baja sensibilidad.
Construcción del interruptor automático diferencial.

Un interruptor diferencial es un dispositivo cuyo esquema constructivo corresponde a la figura siguiente:

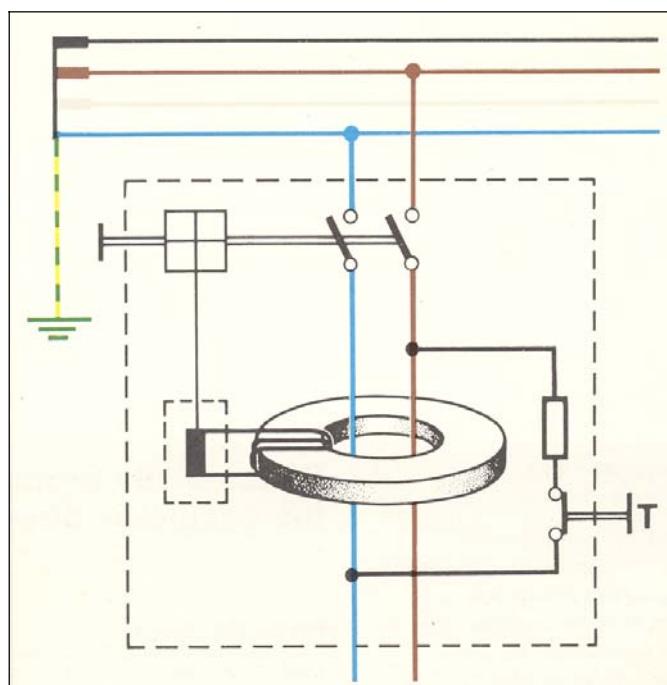


Figura 15 – Esquema de funcionamiento de interruptor automático diferencial.

2.4. Elementos de medida

Los elementos de medida tienen la misión de cuantificar la energía consumida en la instalación, que será la base utilizada para la facturación a los abonados. Se denominan contadores de energía.

Generalmente, los contadores son aportados por la Compañía Distribuidora, realizándose la facturación de los mismo en modo alquiler, aunque el usuario puede elegir la posibilidad de compra del aparato.

Antes de su conexión a la instalación, deben ser verificados en un laboratorio oficial, que certifique su correcto funcionamiento y medida.

Los contadores utilizados en las instalaciones individuales son normalmente monofásicos y miden la energía activa que se consume en la instalación. Existen dos tipos, que son los más utilizados:

- a) Contadores de **simple tarifa**: Tienen una única escala de medida.
- b) Contadores de **doble tarifa**: Se colocan en las instalaciones que tienen contratada la denominada tarifa nocturna. El contador incorpora dos totalizadores y debe llevar asociado un interruptor horario.



Figura 16 – Contador monofásico de doble tarifa con interruptor horario.

Las instalaciones domésticas cuya potencia prevista es superior a 15 kW, reciben alimentación eléctrica trifásica, debiendo incorporar contadores trifásicos.

En las instalaciones de agrupaciones de viviendas, los contadores se instalan centralizados en zonas de uso común, dentro de un armario o cuarto de contadores.

2.5. Elementos de maniobra

Los dispositivos de maniobra tienen la finalidad de gobernar la alimentación eléctrica a los receptores.

En las instalaciones receptoras de edificios de viviendas, al ser los receptores de consumo reducido, los elementos de maniobra que predominan son los siguientes:

- a) **Pulsadores:** Son dispositivos de maniobra de actuación manual que se utilizan para el accionamiento puntual o momentáneo de receptores eléctricos.
Su principal característica es que la alimentación se interrumpe al dejar de pulsar.
Se aplican para accionamiento de timbres, zumbadores, etc.
- b) **Interruptores:** Son dispositivos de maniobra de actuación manual que se utilizan para el accionamiento prolongado de receptores eléctricos. Tiene dos posiciones de funcionamiento: cerrado y abierto.



Figura 17 – Vista exterior de interruptor.

En posición cerrado, el interruptor alimenta el receptor y en posición abierto, interrumpe la alimentación.

Cada vez que pulsamos el interruptor, éste cambia de posición.

Eléctricamente, el interruptor se compone de dos terminales y un contacto eléctrico con dos posiciones.

- c) **Comutadores:** Es un interruptor especial que permite maniobras más variadas que el interruptor.
La aplicación más común consiste en el encendido de una lámpara desde dos puntos diferentes.

Los elementos de maniobra de los receptores eléctricos de instalaciones domésticas suelen cortar solamente uno de los dos conductores de alimentación, preferentemente debe ser el conductor de fase.

2.6. Tomas de corriente

Las tomas de corriente son elementos que se componen de dos terminales separados, uno se alimenta con el conductor de fase y el otro con el neutro, diseñados de forma que permita la conexión rápida y segura de la clavija de alimentación al aparato electrodoméstico.

Los aparatos electrodomésticos vienen dotados de fábrica de clavija de conexión macho para el acoplamiento a toma de corriente también denominada base de enchufe.

Existen varios tipos de tomas de corriente, aunque actualmente la que predomina en el mercado es la tipo “schuko”, que permite la conexión de clavija con conectores de sección circular.



Figura 18 – Vista exterior de base de enchufe sin toma de tierra.



Figura 19 – Vista exterior de base de enchufe con toma de tierra y dos interruptores dentro del mismo conjunto.

2.7. Receptores eléctricos de alumbrado.

Los receptores eléctricos para alumbrado se denominan, de forma general, lámparas o luminarias. Su misión principal es la iluminación, de forma artificial, de los recintos donde van instalados de forma que se puedan realizar en ellos determinados trabajos.

Los receptores eléctricos de alumbrado responden a tres conceptos diferentes:

- a) Alumbrado incandescente.
- b) Alumbrado fluorescente.
- c) Alumbrado halógeno.

Las lámparas incandescentes, llamadas vulgarmente bombillas, incorporan en su interior un filamento de material de elevada resistencia eléctrica que, cuando a través de él circula una intensidad de corriente determinada, alcanza una elevada temperatura de funcionamiento, poniéndose al rojo y emitiendo luz.

Estas lámparas no precisan ningún dispositivo de arranque, ya que se componen prácticamente de una resistencia.

Se caracterizan por proporcionar un consumo eléctrico muy elevado, ya que su rendimiento es muy bajo. Sin embargo, la luz que emiten no es muy molesta para las personas.

Las lámparas fluorescentes incorporan en su interior un gas que, al estar sometido a una diferencia de potencial entre sus extremos, produce una circulación de electrones que emite una luz. El nombre fluorescente viene de flúor.

Para su funcionamiento, estas lámpara requieren las incorporación de reactancia y cebador, que permiten que se produzca el arranque y adecuado funcionamiento.

Tienen un rendimiento mayor que las lámparas incandescentes, pero su luz es más molesta para las personas.

Las lámparas electrónicas de bajo consumo funcionan con los mismos principios que las lámparas fluorescentes, pero no precisan para su funcionamiento la conexión de reactancia o cebador exterior.

Su característica principal es su elevada emisión luminosa, varias veces superior a la de las lámparas fluorescentes y halógenas, incluso al resto de lámparas fluorescentes.

Las lámparas halógenas son lámparas incandescentes, cuyo funcionamiento se mejora al desarrollarse el proceso dentro de una zona dotada de una producto halógeno.

Su consumo es elevado, siendo muy buena la calidad de luz para las personas.

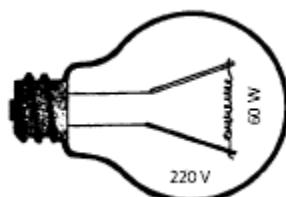
Dentro de las lámparas halógenas, existen dos tipos diferentes:

- a) De baja tensión: se utilizan en locales especiales y normalmente tienen una tensión de funcionamiento de 12 voltios. Precisan para su instalación un transformador de tensión.
- b) De 220V: se utilizan para locales normales, no precisando de transformador para su instalación.

3. POTENCIAS

3.1. Definición

La energía es una forma de energía, por tanto, la energía eléctrica es capaz de desarrollar un trabajo. Si nos fijamos en la bombilla de la figura, observaremos que aparecen dos valores que son indican las características de la lámpara.



Estos valores son 220 V y 60 W. 220 V nos indica la tensión de trabajo de la bombilla y 60 W la potencia que desarrolla.

Recordemos que la potencia es el trabajo desarrollado en la unidad de tiempo. El valor de la potencia eléctrica nos viene dado por la expresión:

$$\text{Potencia} = \text{Tensión} \times \text{Intensidad}$$

Utilizando en lugar de las magnitudes los símbolos que las representan tenemos:

$$P = U \times I$$

Donde:

- P: potencia eléctrica (W)
- U: tensión (V)
- I: intensidad (A)

De la formula anterior se deducen las siguientes:

- Tensión o diferencia de potencial $U = P/I$
- Intensidad de corriente $I = P/U$

3.2. Unidades para la medida de la potencia eléctrica

La potencia eléctrica se mide en vatios (W). No obstante en algunos casos el vatio es una unidad muy pequeña y se utilizan múltiplos del vatio, la siguiente tabla nos lo indica:

	Denominación	Símbolo	Equivalencias
Múltiplos	1 megavatio 1 kilovatio	1 MW 1 kW	1.000.000 W 1.000 W
Unidad	1 vatio	1 W	1 W

4. CONDENSADORES

4.1. Definición

Un condensador o capacitor es un dispositivo formado por dos conductores o armaduras, generalmente en forma de placas o láminas, separados por un material dieléctrico (siendo este utilizado en un condensador para disminuir el campo eléctrico, ya que actúa como aislante) o por el vacío, que, sometidos a una diferencia de potencial (d.d.p.) adquieren una determinada carga eléctrica.

A esta propiedad de almacenamiento de carga se le denomina capacidad o capacitancia. En el Sistema internacional de unidades se mide en Faradios (F), siendo 1 faradio la capacidad de un condensador en el que, sometidas sus armaduras a una d.d.p. de 1 voltio, éstas adquieren una carga eléctrica de 1 culombio.

La capacidad de 1 faradio es mucho más grande que la de la mayoría de los condensadores, por lo que en la práctica se suele indicar la capacidad en micro- μF = 10^{-6} , nano- F = 10^{-9} o pico- F = 10^{-12} -faradios.

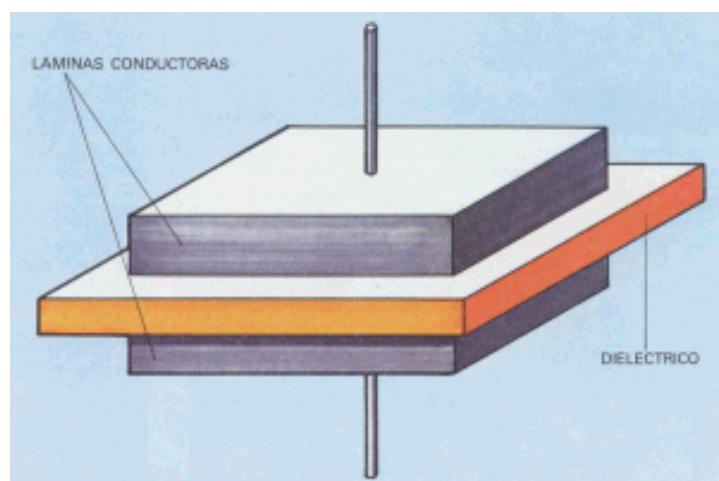
El valor de la capacidad viene definido por la fórmula siguiente:

$$C = \frac{Q}{V}$$

Donde:

- C:** Capacidad
- Q:** Carga eléctrica
- V:** Diferencia de potencial

En cuanto al aspecto constructivo, tanto la forma de las placas o armaduras como la naturaleza del material dieléctrico es sumamente variable. Existen condensadores formados por placas, usualmente de aluminio, separadas por aire, materiales cerámicos, mica, poliéster, papel o por una capa de óxido de aluminio obtenido por medio de la electrolisis.



5. CUADROS ELÉCTRICOS DE PROTECCIÓN Y MANDO

5.1. Definición

Se define como cuadro general de mando y protección al conjunto formado por:

- El armario donde se alojan los dispositivos de mando y protección.
- Los propios dispositivos de protección y mando de la instalación.

Los dispositivos de mando y protección se sitúan lo más próximos posible al punto de entrada de la derivación individual.

5.2. Situación.

En las viviendas, deberá preverse la situación a la entrada, junto a la puerta de acceso.

La altura a la que se instalarán los dispositivos de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel de suelo, estará comprendida entre 1,4 y 2 m para viviendas. En locales comerciales, la altura mínima será de 1 m.

5.3. Composición y características del cuadro general.

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán, como mínimo:

- a) Un interruptor general automático (IGA) de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección necesarios contra sobrecarga y cortocircuitos. Este interruptor será independiente del ICP.

El REBT 2002 impone como obligatorio que toda instalación disponga de IGA con un poder de corte mínimo de 4.500 A.

Sin embargo, el REBT 1973 admite que no se instale IGA, siempre que los circuitos interiores discutan por canalizaciones diferentes.

- b) Uno o varios interruptores diferenciales, que garanticen la protección frente a contactos indirectos.

El REBT 2002 prescribe los diferenciales con una intensidad diferencial residual máxima de 30 mA e intensidad asignada igual o superior a la del IGA.

Es de destacar que los interruptores diferenciales de alta sensibilidad aportan además una protección muy eficaz contra incendios al limitar a potencias muy bajas las eventuales fugas de energía eléctrica por defecto de aislamiento.

Además, si la instalación carece de Interruptor General Automático, el Interruptor Diferencial se utiliza para desconectar la vivienda.

El tipo de interruptor diferencial que puede utilizarse en la viviendas será:

- **De alta sensibilidad (30 mA).** Es el más habitual.
- **De muy alta sensibilidad (10 mA).** Es el que proporciona una mayor seguridad, pero más susceptible de desconexiones fortuitas.

Según REBT 2002, la protección diferencial del circuito de alimentación a bañeras de hidromasaje es obligatorio que se realice a través de un diferencial de 0,01 A de sensibilidad.



Figura 20 – Interruptor automático diferencial de alta sensibilidad.

El REBT 1973 prescribe los diferenciales con una intensidad diferencial residual máxima de 650 mA.

- c) Dispositivos de corte omnipolar, destinado a la protección de sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores de la vivienda o local.

El número de PIAs y su intensidad nominal dependerá del grado de electrificación utilizado para la vivienda.

Nota: El REBT 1973 admite la utilización de pequeños interruptores automáticos de corte unipolar. En instalaciones antiguas, es habitual que incorporen PIAs unpolares.

- d) Dispositivos de protección contra sobretensiones, si fuera necesario.

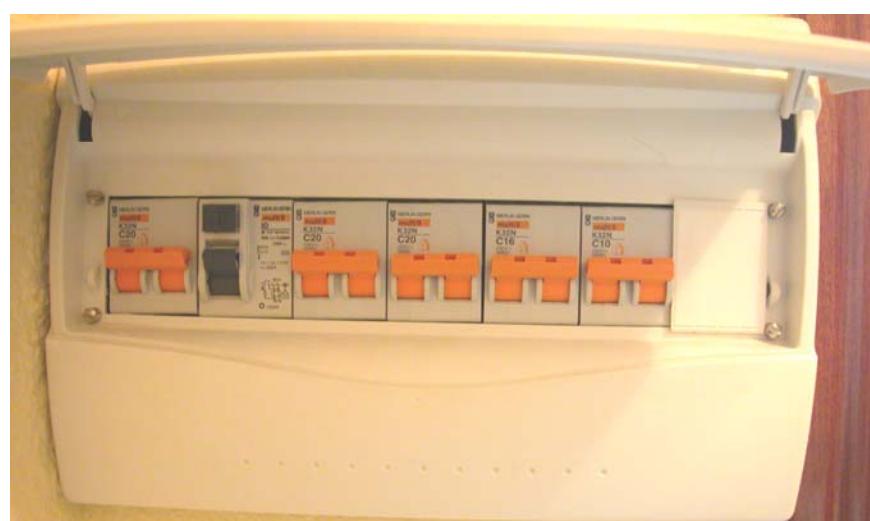


Figura 21 – Cuadro de electrificación media según REBT 1973.

6. LINEAS ELECTRICAS

Para transportar la energía eléctrica desde los cuadros eléctricos de protección y mando hasta los centros de consumo, utilizamos líneas y redes de distribución, formadas por conductores que pueden ser de cobre (Cu) o aluminio (Al).

6.1. Cables conductores

Los conductores se componen de tres partes muy diferenciadas:

6.1.1. Materiales de los conductores

Los materiales empleados en los conductores, son:

- Cobre duro
- Cobre recocido
- Aluminio duro
- Aluminio semiduro

Existe un patrón internacional para medir la resistividad de los conductores que está basado en un conductor de cobre puro de 1m de longitud por 1mm² de sección. Para los conductores eléctricos se emplea el cobre electrolítico.

Cobre duro: Posee una conductividad del 97 % respecto a la del cobre puro y una resistividad de 0,01724 Ω mm²/m a 20º C de temperatura. Tiene una carga de rotura que oscila entre: 37 y 45 kg/mm².

Cobre recocido: Su conductividad es del 98 % respecto al cobre puro y tiene una carga de rotura de 25 kg/mm². Este material solo se emplea en conductores aislados.

Aluminio duro: Su conductividad es del 60 % y tiene una resistividad de 0,03030 Ω mm²/m a 20º C de temperatura. Tiene una carga de rotura de 15 kg/mm² y se emplea en conductores desnudos.

Aluminio semiduro: Presenta la misma conductividad que el aluminio duro, pero la carga de rotura es de 12 kg/mm². Se utiliza para conductores aislados.

Para aumentar la resistencia a la rotura en los conductores de aluminio, se alean con silicio y magnesio al 6 % obteniendo un compuesto denominado almelec, que se emplea en las líneas eléctricas aéreas.

6.1.2. Identificación de los conductores

Los conductores se identifican por el color de su aislamiento que dependiendo de su utilidad, llevan distintos colores:

- Azul claro: Conductor neutro.
- Amarillo-verde: Conductor de protección (tierra).
- Negro, marrón y gris: Conductores de fase.

6.1.3. Caídas de tensión máximas

Según el REBT en su ITC 19 Apart. 2.2.2 las caídas máximas de tensión permitidas son:

- 1,5 % Para líneas de enlace
- 3 % Para viviendas, desde el origen de la instalación interior.
- 3 % Para las líneas de alumbrado en otras instalaciones. (Locales)
- 5 % Para los demás usos en otras instalaciones. (Locales)

Para instalaciones que se alimenten directamente de un transformador propio (MT/BT) las caídas de tensión serán:

- 4,5 % Para alumbrado
- 6,5 % Para los demás usos

6.1.4. Aislamiento de los conductores secos e impregnados

Cloruro de polivinilo (PVC)

Es el aislamiento utilizado en los conductores para una tensión asignada (Ua) de 450/750 V.

Su empleo está muy generalizado ya que posee una alta resistencia al envejecimiento, a la tracción y las salpicaduras.

Soporta temperaturas de hasta 70º C.

Polietileno-reticulado (XLPE)

Es el aislamiento utilizado en los conductores para una tensión asignada (Ua) de 0,6/1 kV.

El “polietileno” posee unas propiedades eléctricas (rigidez dieléctrica) muy superior al PVC, por lo que también se emplean en AT. Si se le añaden “peróxidos orgánicos” se convierte en polietileno-reticulado, haciéndose “termoestable” hasta 90º C de temperatura (memoria térmica).

Etileno-propileno (EPR)

Este aislamiento también se utiliza en los conductores para una Ua de 0,6/1 kV.

Presenta una gran elasticidad y una buena resistencia a los agentes climatológicos, por lo que se emplea en líneas de distribución eléctrica.

Soporta temperaturas de hasta 90º C.

Neopreno, butíl o silicona

Estos aislamientos se emplean para altas temperaturas, de 90º C a 180º C.

Poliolefina (libre de halógenos)

El R.E.B.T. en su ITC 14 (LGA) apart. 3, ITC 15 (DI) apart. 3 e ITC 28 (locales de pública concurrencia), indica que “los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida”.

Para las instalaciones donde se requiera un comportamiento seguro del cable ante el fuego, minimizando la opacidad de los humos, se emplean estos cables libres de halógenos.

Este aislamiento se utiliza en los conductores flexibles unipolares de Ua 450/750 V y en la cubierta de los conductores multipolares aislados con XLPE para una Ua de 0,6/1kV.

Armado con corona de hilos o con flejes de acero (RVMV) (RVFV)

Estos conductores se emplean cuando requieran una protección especial contra roedores, esfuerzos cortantes, de tracción, etc. tanto de interior, como exterior o enterrado.

Llevan aislamiento de XLPE y cubierta de PVC.

Aislamiento impregnado

Estos conductores se emplean en MT y AT ya que el papel impregnado con aceites minerales y resinas, constituye un excelente aislamiento.

Están provistos de una protección mecánica compuesta por un tubo de plomo y fleje de acero.

6.1.5. Diámetro exterior de los conductores

H07V – K (FLEXIBLES)		H07V – U / R (RIGIDOS)	
Sección	Diámetro	Sección	Diámetro
1,5 mm ²	2,90 mm	1,5 mm ²	2,75 mm
2,5 mm ²	3,55 mm	2,5 mm ²	3,35 mm
4 mm ²	4,15 mm	4 mm ²	3,80 mm
6 mm ²	4,70 mm.	6 mm ²	4,75 mm
10 mm ²	6,70 mm.	10 mm ²	6,80 mm
16 mm ²	7,70 mm.	16 mm ²	7,90 mm
25 mm ²	9,60 mm.		
35 mm ²	10,60 mm.		
50 mm ²	12,70 mm.		
70 mm ²	14,80 mm.		
95 mm ²	16,90 mm.		

6.1.6. Código de colores para conductores multipolares

Nº de conductores	Colores
1	NEGRO
2	AZUL Y MARRON
3 (hasta 10 mm ²)	AZUL, MARRON Y AMARILLO-VERDE
3 (desde 16 mm ²)	AZUL, MARRON Y NEGRO
3,5	MARRON, NEGRO, NEGRO Y AZUL (NEUTRO)
4 (hasta 10 mm ²)	AZUL, MARRON, NEGRO Y AMARILLO-VERDE
4 (desde 16 mm ²)	AZUL, MARRON, NEGRO Y NEGRO
5	AZUL, MARRON, NEGRO, NEGRO Y AMARILLO-VERDE

6.2. Circuitos interiores según REBT 2002.

En el REBT 2002, se prevén dos grados de electrificación:

- Electrificación básica.
- Electrificación elevada.

6.2.1. Instalación interior para grado de electrificación básica.

La instalación para grado de electrificación básica está diseñada para una potencia prevista mínima de 5.750 W.

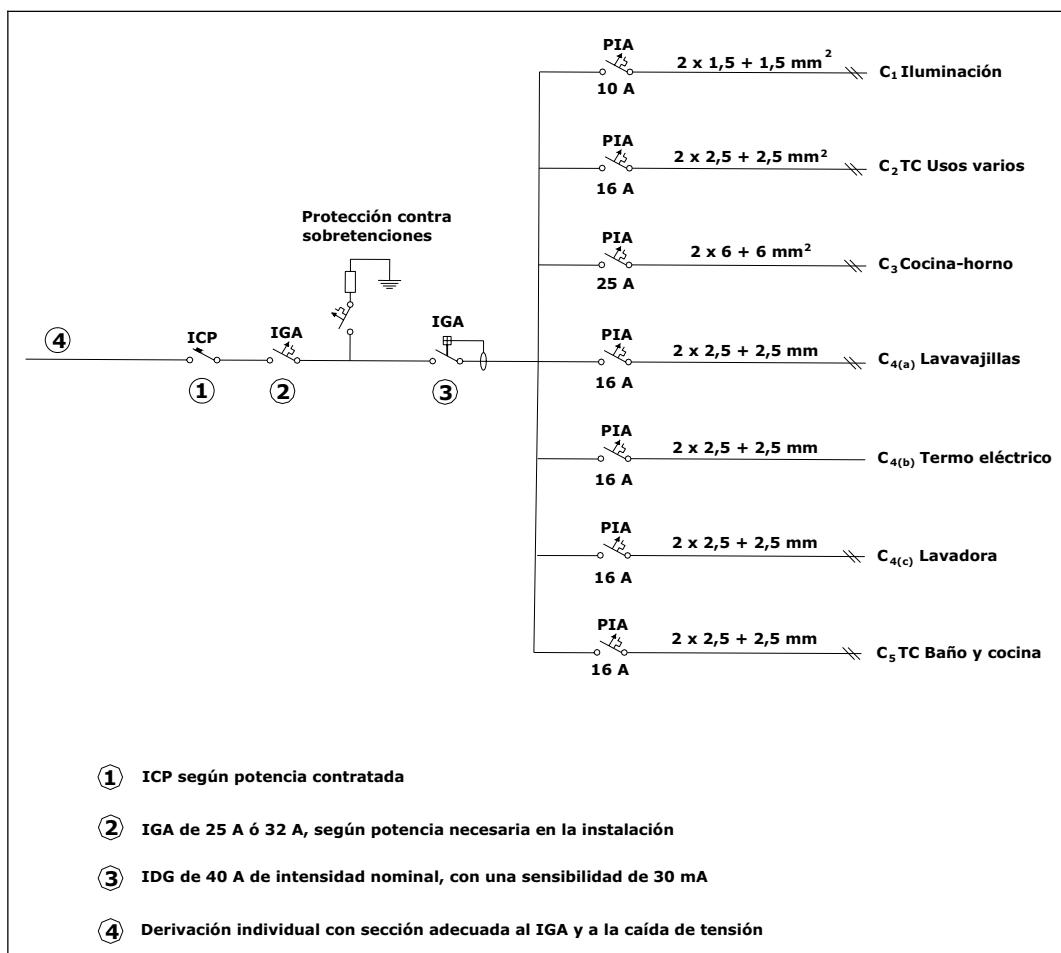


Figura 22 – Cuadro de mando y protección para electrificación básica según REBT 2002, con circuito C4 dividido en tres circuitos.

No obstante, el grado de electrificación básica admite el diseño de la instalación para contratación de una potencia hasta 7.360 W. En este caso, el cuadro de vivienda debe incorporar un Interruptor general automático de 32 A de intensidad nominal, siendo la sección de alimentación mínima de 10 mm². El resto de componentes deben ser adecuados para la mayor potencia que puede consumir la instalación.

6.2.2. Instalación interior para grado de electrificación elevado.

La instalación para grado de electrificación básica está diseñada para una potencia prevista mínima de 9.200 W.

No obstante, el grado de electrificación básico admite el diseño de la instalación para contratación de una potencia de 11.500 W, o bien, 14.490 W. En el primer caso, el cuadro de vivienda debe incorporar un Interruptor general automático de 50 A de intensidad nominal, siendo la sección de alimentación mínima de 16 mm². En el otro caso, el Interruptor general automático será de 63 A y la sección mínima de 25 mm².

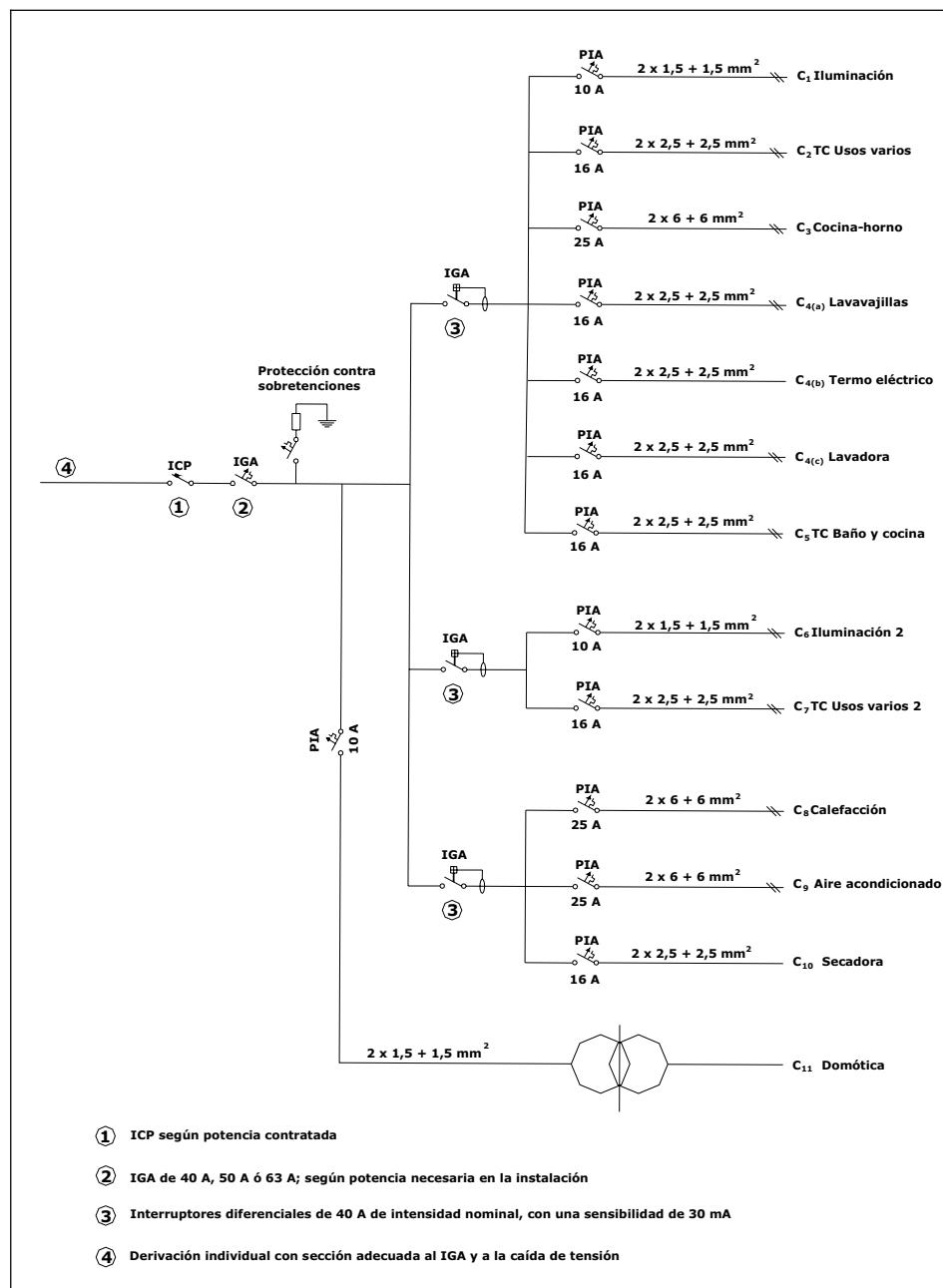
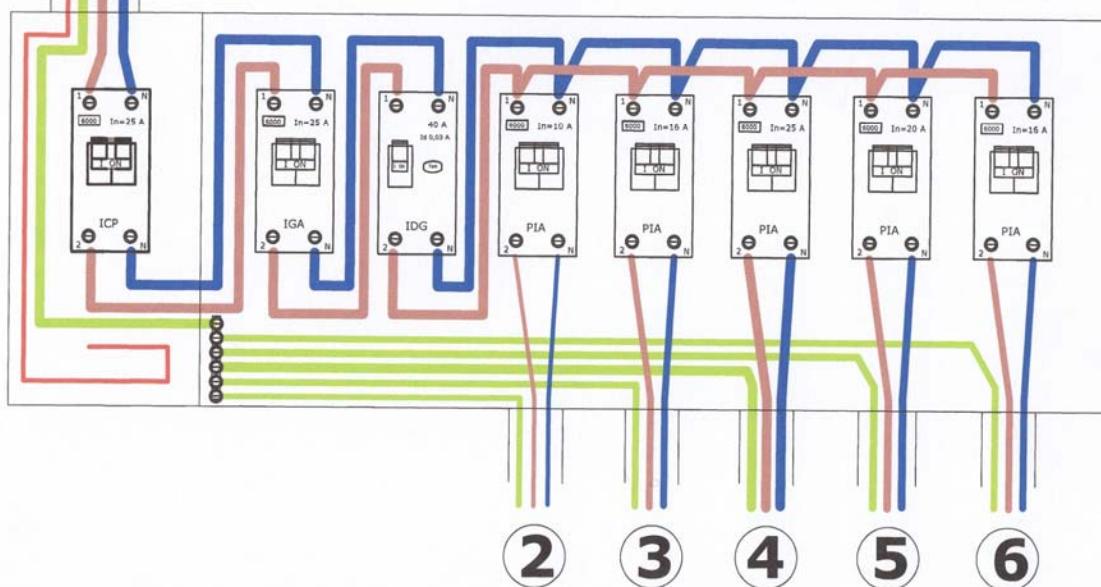


Figura 23 – Cuadro de mando y protección para electrificación elevada según REBT 2002, con circuito C4 dividido en tres circuitos.

1

CUADRO DE VIVIENDA PARA GRADO DE ELECTRIFICACIÓN BÁSICA REBT 2002



- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| Conductor de fase | Conductor neutro |
| Conductor de protección | Conductor maniobra T.N. |

1: Derivación individual de 3x6mm² (F+N+T) con 1x1,5 mm² (Tarifa nocturna)

2: Circuito C₁ de alumbrado de 3x1,5 mm² (F+N+T)

3: Circuito C₂ de tomas de corriente para uso general y frigorífico de 3x2,5 mm² (F+N+T)

4: Circuito C₃ de alimentación de cocina y horno de 3x6 mm² (F+N+T)

5: Circuito C₄ alimentación de lavadora, lavavajillas y termo eléctrico de 3x4 mm² (F+N+T)

6: Circuito C₅ alimentación de tomas de corriente en baño y cocina de 3x2,5 mm² (F+N+T)

Figura 24 – Cuadro de mando y protección para electrificación básica según REBT 2002.

6.3. Designación de circuitos

- C₁ - Alumbrado.
- C₂ - Tomas de corriente de uso general en la vivienda, campana extractora y frigorífico.
- C₃ - Cocina y horno.
- C₄ - Lavadora, lavavajillas, termo eléctrico, etc.
- C₅ - Tomas de corriente para cuartos de baños, aseos y cocina.
- C₆ - Adicional al C₁ por cada 30 puntos de luz.
- C₇ - Adicional al C₂ por cada 20 tomas de corriente, o si la superficie de la vivienda es superior a 160 m².
- C₈ - Calefacción.
- C₉ - Aire acondicionado.
- C₁₀ - Secadora.
- C₁₁ - Sistema de automatización.
- C₁₂ - Adicional a los C₃, C₄ y al C₅ cuando supere 6 tomas de corriente.

C₁ Iluminación:

- Acceso 1 pulsador y 1 timbre.
- Vestíbulo 1 punto de luz y 1 interruptor de 10 A.
- Sala de estar (salón)... 1 punto de luz y 1 interruptor de 10 A hasta 10 m² y 2 puntos de luz y 2 interruptores de 10 A superior a 10 m².
- Dormitorios 1 punto de luz y 1 interruptor de 10 A hasta 10 m² y 2 puntos de luz y 2 interruptores de 10 A superior a 10 m².
- Pasillos 1 punto de luz cada 5 m de longitud y 1 conmutador de 10 A en cada acceso al pasillo.
- Cocina 1 punto de luz y 1 interruptor de 10 A hasta 10 m² y 2 puntos de luz y 2 interruptores de 10 A superior a 10 m².
- Terrazas vestidores ... 1 punto de luz y 1 interruptor de 10 A hasta 10 m² y 2 puntos de luz y 2 interruptores de 10 A superior a 10 m².
- Garajes unifamiliares .. 1 punto de luz y 1 interruptor de 10 A hasta 10 m² y 2 puntos de luz y 2 interruptores de 10 A superior a 10 m².

C₂ Tomas de corriente de uso general

- Vestíbulo 1 base de 16 A con TT.
- Sala de estar 3 bases de 16 A con TT mínimo y 1 base por cada 6 m².
- Dormitorios 3 bases de 16 A con TT mínimo y 1 base por cada 6 m².
- Pasillos 1 base de 16 A con TT hasta 5 m de longitud y 2 bases superior a 5 m.
- Cocina 2 bases de 16 A con TT para campana y frigorífico.
- Garajes 1 base de 16 A con TT hasta 10 m² y 2 bases superior a 10 m².

C₃ Cocina eléctrica y horno

- Cocina 1 base de 25 A con TT para la cocina eléctrica y el horno.

C₄ Lavadora, lavavajillas y termo eléctrico

- Cocina 3 bases de 16 A para cada uno de los electrodomésticos.

C₅ Tomas de corriente para baños y uso general en cocinas

- Baños y aseos 1 toma de 16 A con TT.
- Cocinas 3 tomas de 16 A con TT encima del plano de trabajo.

C₈ Calefacción

Sala de estar 1 punto de toma hasta 10 m² y 2 puntos de toma superior a 10 m².
Dormitorios 1 punto de toma de corriente.
Baños y aseos 1 punto de toma de corriente.
Pasillos 1 punto de toma de corriente.
Cocina 1 punto de toma de corriente.

C₉ Aire acondicionado

Sala de estar 1 punto de toma hasta 10 m² y 2 puntos de toma superior a 10 m².
Dormitorios 1 punto de toma de corriente.

C₁₀ Secadora

Cocina 1 toma de 16 A para la secadora.

C₁₁ Automatización

Alimentación directa del sistema de automatización. (Este circuito se podrá alimentar aguas arriba de los diferenciales, cuando se realice con MBTS ó MBTP).

C₆ Adicional al C₁

1 Circuito por cada 30 puntos de luz.

C₇ Adicional al C₂

1 Circuito por cada 20 tomas de corriente ó si la vivienda es mayor de 160 m² útiles.

C₁₂ Adicional al C₃, C₄ Y C₅

Adicional al C₃ cocina y horno.
Adicional al C₄ lavadora, lavavajillas y termo eléctrico.
Adicional al C₅ cuando exceda de 6 tomas de corriente.

6.4. Sección de los conductores, diámetro de los tubos protectores y protecciones

CIRCUITO	SECCION	DIAMETRO	INT. AUTOMATICO
C ₁ , C ₆ y C ₁₁	1,5 mm ²	16 mm	10 A
C ₂ , C ₅ y C ₁₀	2,5 mm ²	20 mm	16 A
C ₄	4 mm ²	20 mm	20 A
C ₃ , C ₈ y C ₉	6 mm ²	25 mm	25 A
D.I. mínimo	6 mm ²	32 mm	25 A

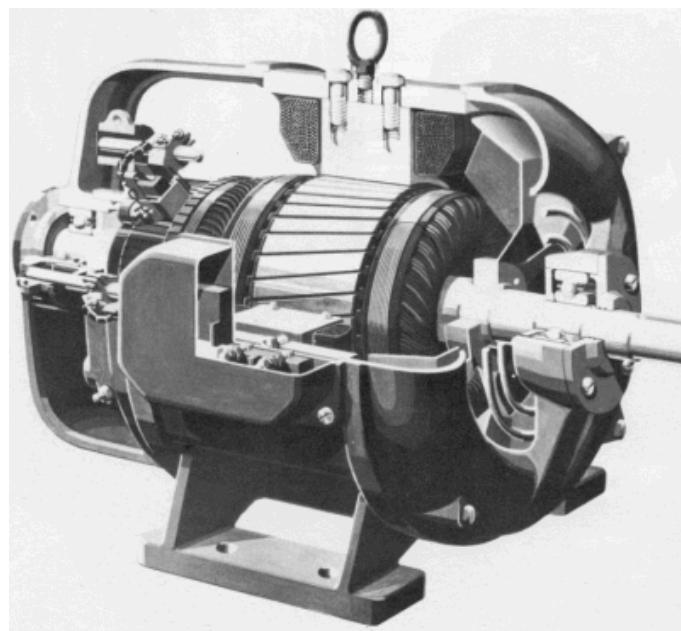
7. MOTORES ASÍNCRONOS

7.1. Definiciones

Motor que convierte la energía eléctrica en mecánica. Esta formado por un estator (permanece fijo a la carcasa) y un rотор (gira en el interior del estator). El motor funciona por la atracción y repulsión entre campos magnéticos creados en unas bobinas colocadas en el rотор y en el estator. Las bobinas son alimentadas con corriente eléctrica para crear los campos magnéticos. La alimentación del rотор se realiza por medio de un colector (que gira con el rотор) y de escobillas (que permanecen fijas en la carcasa). Los motores eléctricos pueden funcionar con corriente eléctrica continua o alterna siendo necesario estructuras internas diferentes.

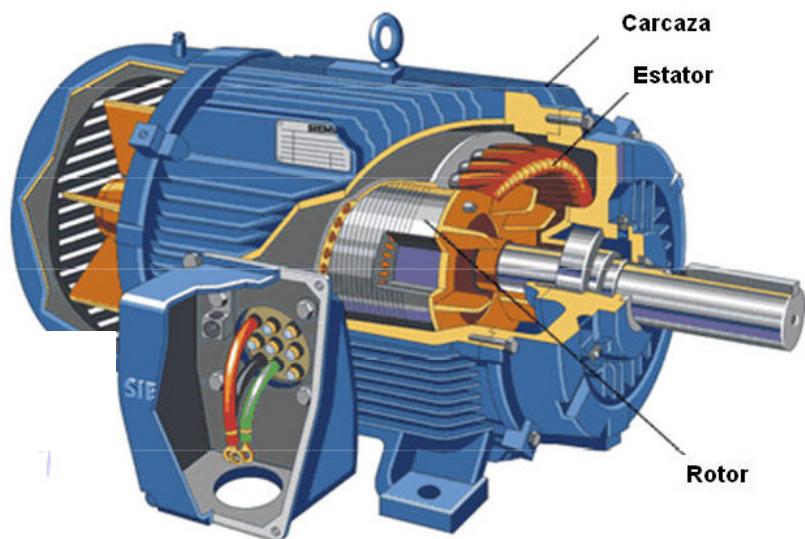
7.1.1. Motor de corriente continua

Motor que funciona con corriente eléctrica continua. El campo magnético se crea en el inducido (rotor) y en el inductor (estator). Necesitan un colector en el rotor y escobillas para su alimentación eléctrica. Este tipo de motor fue el primero que se utilizó en la tracción de los vehículos eléctricos por la simplicidad de los sistemas de control de revoluciones. Tiene un elevado mantenimiento por el desgaste de las escobillas y de los colectores por el alto consumo de corriente que tienen. En los motores de alta potencia, su tamaño llega a ser muy voluminoso.



7.1.2. Motor de corriente alterna

Motor que funciona con corriente eléctrica alterna y que pueden ser asíncronos y síncronos. Los motores asíncronos tienen un rotor formado por una jaula de ardilla (conductores eléctricos colocados en un cilindro simulando la ruleta utilizada en las jaulas de ardillas o ratones) que no es alimentado con corriente eléctrica. El estator es alimentado con corriente eléctrica y crea los campos magnéticos variables. Este tipo de motor tiene un mantenimiento muy reducido y bajo coste. Los motores síncronos tienen el rотор alimentado con corriente eléctrica y crea los campos magnéticos variables junto al estator. Necesita colector y escobillas, lo que aumenta su coste y mantenimiento, pero tiene un tamaño reducido y puede controlarse más fácilmente el número de revoluciones. Además permiten una mejor evacuación del calor generado en el inducido al estar en el estator (fijo a la carcasa).

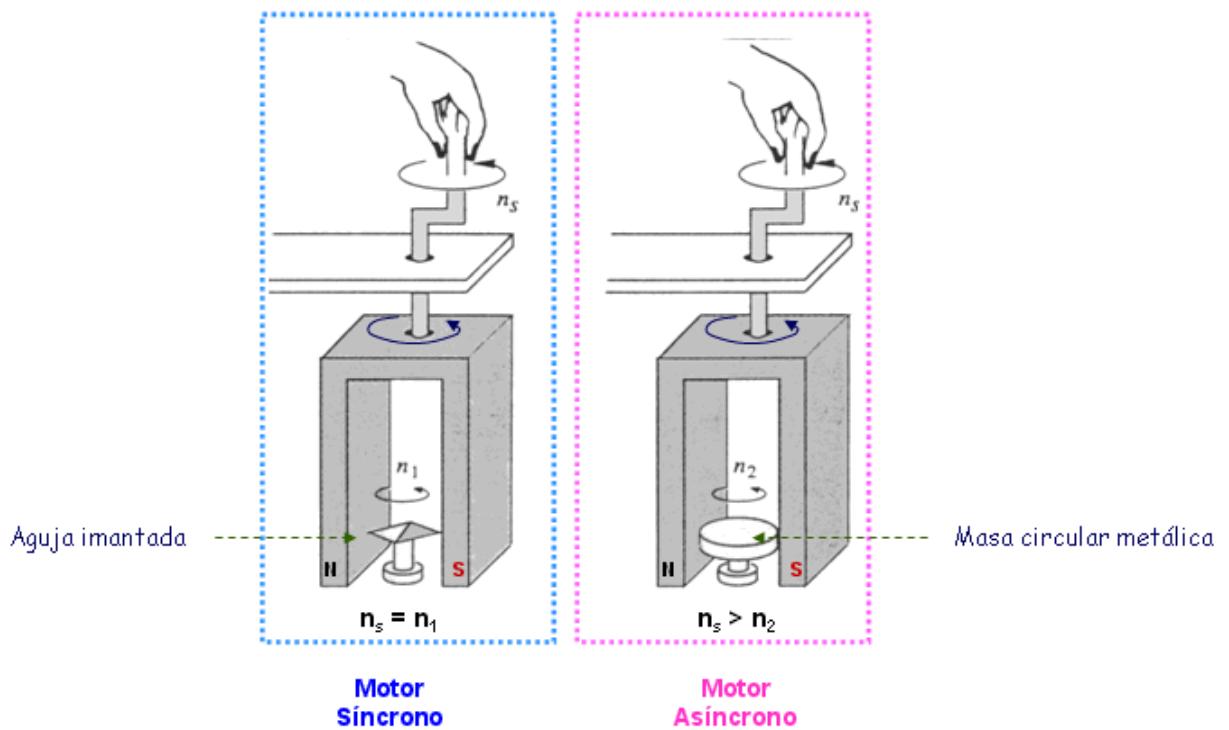


7.2 Diferencia entre el motor de corriente alterna síncrono y asíncrono

Para entender la diferencia entre un motor asíncrono y un motor síncrono, vamos a utilizar el siguiente símil:

Si hacemos girar un imán en forma de U a la velocidad n_s alrededor de una aguja imantada, esta girará a una velocidad n_1 igual que n_s , en este caso el **motor** será **síncrono**

Por el contrario si hacemos girar un imán en forma de U a la velocidad n_s alrededor de una masa circular metálica, esta girará a una velocidad n_2 menor que n_s , en este caso el **motor** será **asíncrono**



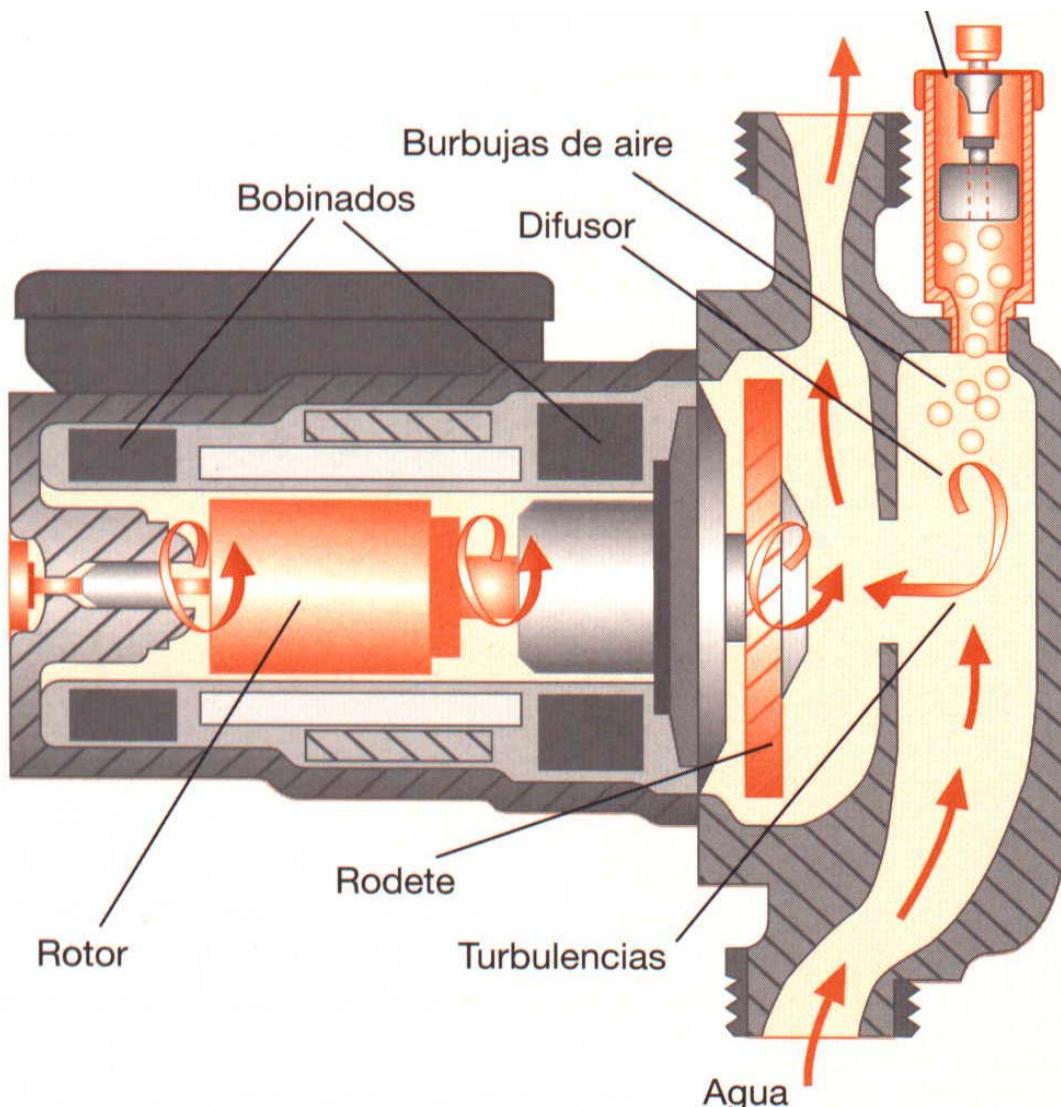
7.3. Motor asíncronos de corriente alterna

7.3.1. Motor asíncronos monofásico

Los motores monofásicos, como su propio nombre indica son motores con un solo devanado en el estator, que es el devanado inductor. Prácticamente todas las realizaciones de este tipo de motores son con el rotor en jaula de ardilla. Suelen tener potencias menores de 1KW, aunque hay notables excepciones como los motores de los aires acondicionados con potencias superiores a 10KW.

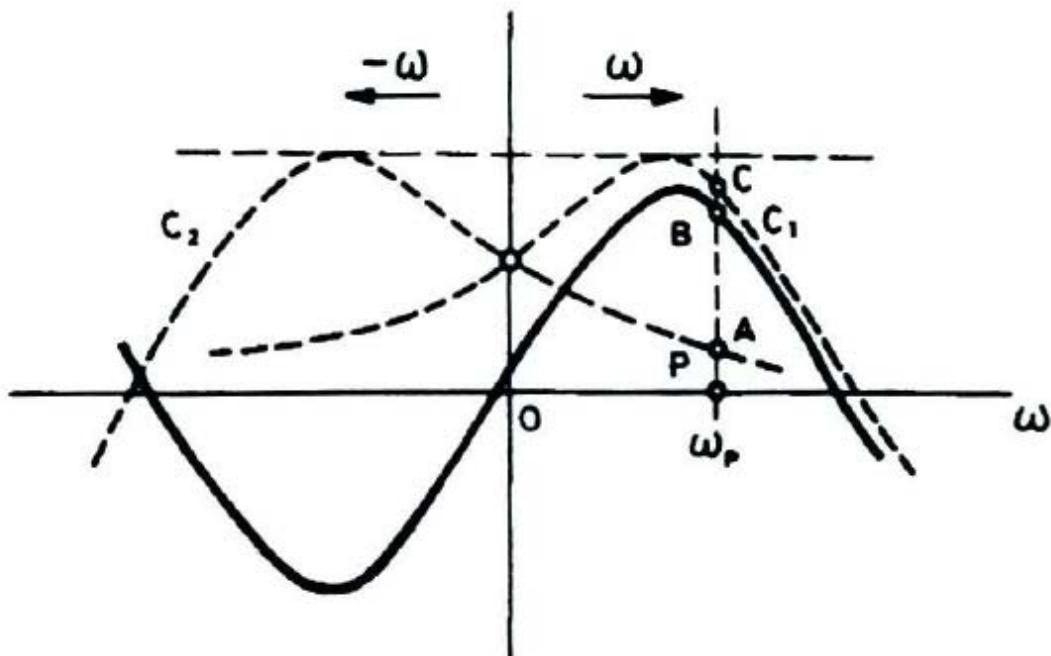
Se utilizan fundamentalmente en electrodomésticos, bombas y ventiladores de pequeña potencia, pequeñas máquinas-herramientas, en los mencionados equipos de aire acondicionado, etc.

Se pueden alimentar entre una fase y el neutro o entre dos fases. No presentan los problemas de excesiva corriente de arranque como en el caso de los motores trifásicos de gran potencia, debido a su pequeña potencia, por tanto todos ellos utilizan el arranque directo.



Este tipo de motores presentan los siguientes inconvenientes:

- Se caracterizan por sufrir vibraciones debido a que la potencia instantánea absorbida por cargas monofásicas es pulsante de frecuencia doble que la de la red de alimentación. Este fenómeno se puede observar en la siguiente figura



- "No arrancan solos", debido a que el par de arranque es cero. Ya que el par de arranque vale cero. Si provocamos un desequilibrio en el momento del arranque, es decir, si $\omega \neq 0$, el motor comenzará a girar en uno u otro sentido, en función de cuál sea el desequilibrio aplicado.

Los sistemas ideados para el arranque de los motores asíncronos monofásicos se basan por tanto en provocar un desequilibrio entre los pares antagonistas que generan ambos campos magnéticos. Las principales realizaciones se basan en cambiar, al menos durante el arranque, el motor monofásico por un bifásico (que "arranca sólo"). Un motor bifásico tiene dos devanados en el estator, desplazados $\pi/(2\cdot P)$.

Las principales realizaciones de motores monofásicos utilizando esta técnica son los motores de arranque por condensador.

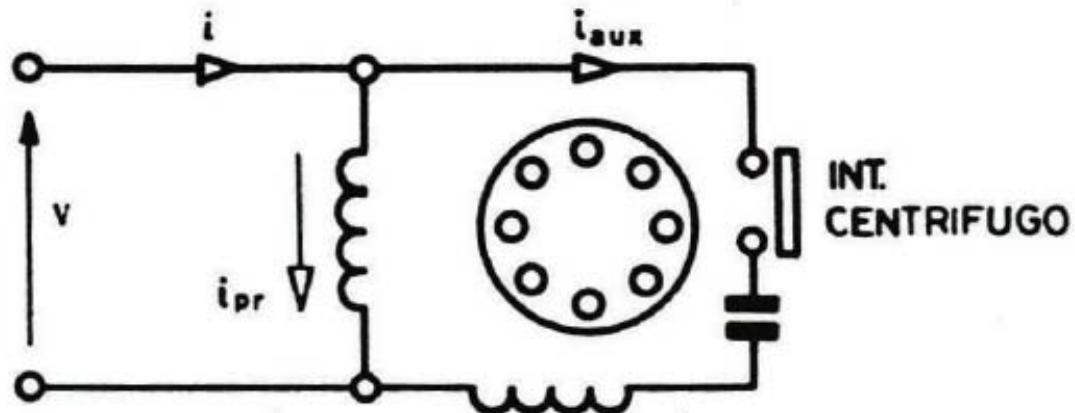
7.3.1.1. Motores monofásicos de arranque por condensador

Se trata de motores asíncronos monofásicos que en el momento del arranque son bifásicos. Tienen por tanto dos devanados en el inductor (que siempre está en el estator) desplazados $\pi/(2\cdot P)$. Estos devanados son:

- El devanado principal, así denominado porque es el que recibe energía durante todo el tiempo en el que el motor está funcionando
- El devanado auxiliar, de características idénticas al principal, pero al que se le ha añadido un condensador en serie, que es el que permite conseguir el desfase suficiente entre las dos corrientes. Se denomina devanado auxiliar porque sólo recibe energía eléctrica en el momento del arranque, ya que posteriormente, dicho devanado se desconecta por la acción de un interruptor centrífugo.

La estructura de este motor se muestra en la figura adjunta:

Para conseguir el arranque es necesario que las corrientes de los dos devanados estén desfasadas como puede apreciarse en la figura adjunta



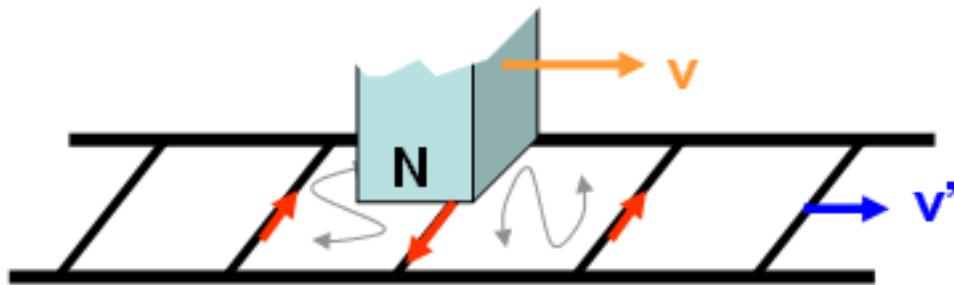
En la mayor parte de los motores monofásicos de arranque por condensador, el motor arranca como bifásico, pero cuando se alcanza una velocidad, de aproximadamente el 75% de la velocidad de sincronismo, se abre el interruptor centrífugo, funcionando a partir de ese momento como un motor monofásico propiamente dicho. En otras ocasiones, y para evitar problemas de mantenimiento, el motor es realmente bifásico, y no está provisto del mencionado interruptor.

7.3.2. Motor asíncronos trifásico

7.3.2.1 Principio de funcionamiento

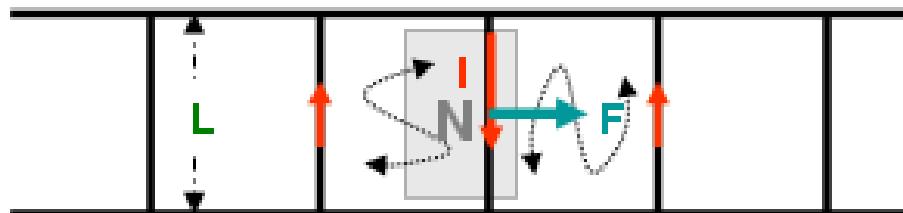
Son motores que se caracterizan porque son mecánicamente sencillos de construir, lo cual los hace muy robustos y sencillos, apenas requieren mantenimiento, son baratos y, no necesitan arrancadores (arrancan por sí solos al conectarles la red trifásica de alimentación) y no se ven sometidos a vibraciones por efecto de la transformación de energía eléctrica en mecánica, ya que la potencia instantánea absorbida por una carga trifásica es constante e igual a la potencia activa. Estas son las principales ventajas que hacen que sea ampliamente utilizado en la industria. Como inconvenientes, podemos mencionar que son motores que tienen bajos pares de arranque, que presentan una zona inestable de funcionamiento y que el control de velocidad en amplios rangos es complejo.

Para explicar el funcionamiento de un motor asíncrono trifásico, nos vamos a servir de un símil sencillo. Supongamos que tenemos un imán moviéndose a lo largo de una escalera conductora tal y como se indica en la figura adjunta:



Este imán en su desplazamiento a velocidad v provoca una variación de flujo sobre los recintos cerrados que forman los peldaños de la escalera. Esta variación de flujo genera una f.e.m., definida por la Ley de Faraday, $e = -(\frac{d\phi}{dt})$, que a su vez hace que por dichos recintos circule una corriente I .

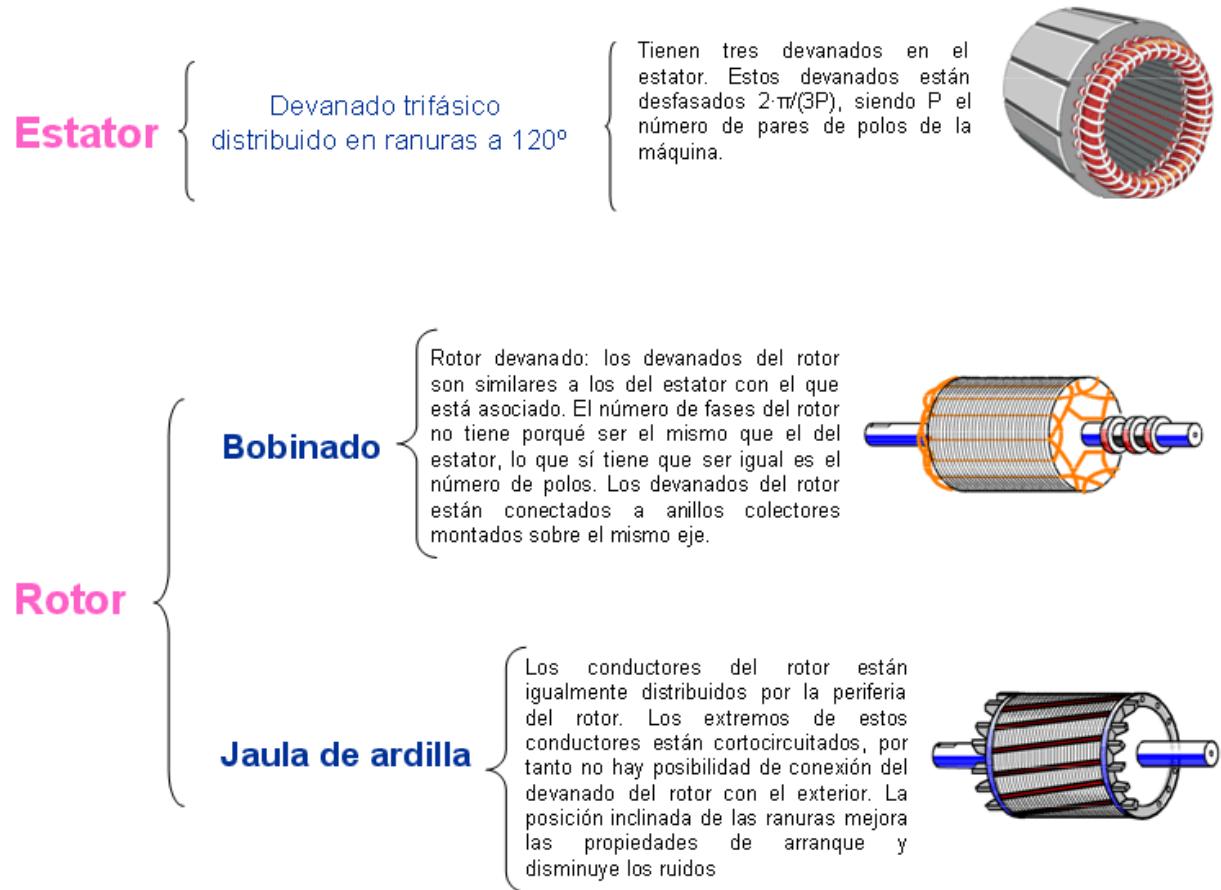
Esta corriente eléctrica provoca la aparición de una fuerza sobre la escalera definida por $F = I \cdot (L \times B)$, que hace que la escalera se desplace en el mismo sentido que lo hace el imán.



Ha de tenerse en cuenta que la escalera nunca podrá desplazarse a la velocidad del imán, debido a dos razones fundamentalmente: la primera porque hay unas pérdidas por rozamiento que se lo impiden y la segunda, que en el supuesto caso de que se desplazase a la misma velocidad que el imán, la variación de flujo sobre los recintos cerrados sería nula, y por tanto la f.e.m. inducida también y por tanto la fuerza resultante también sería nula. Si se desea que la escalera se desplace en sentido contrario basta con que el imán se desplace en sentido contrario para conseguir este efecto.

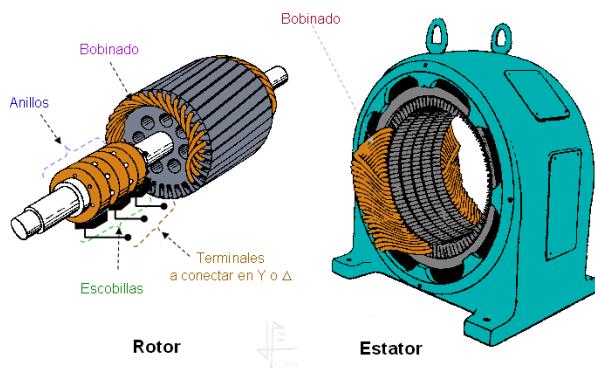
7.3.2.2 Partes y tipos

En la siguiente figura se aprecian los componentes de los motores asíncronos trifásicos:

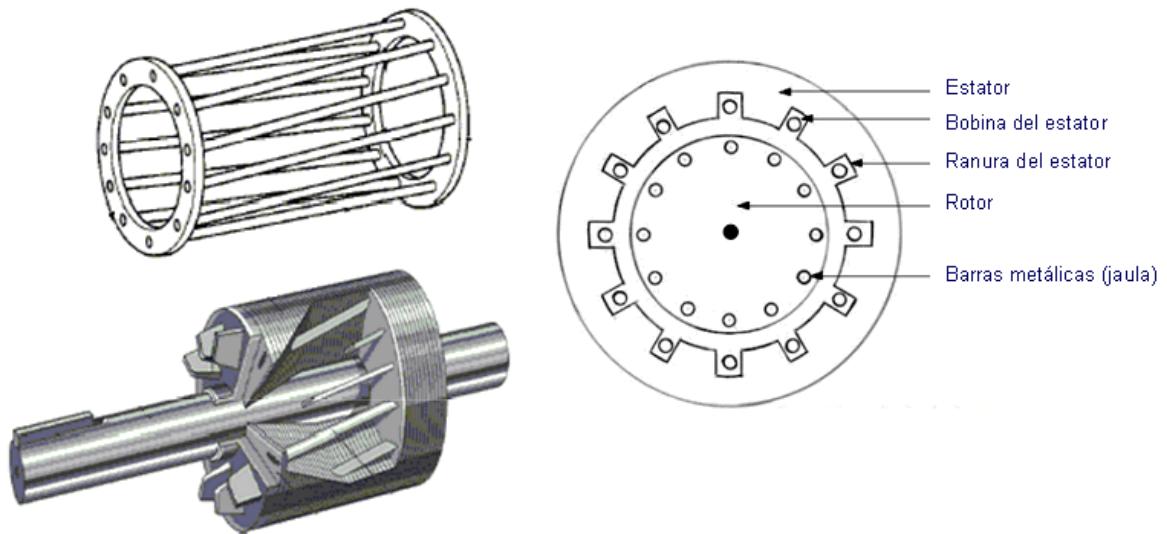


Según el tipo de inducido estos motores se pueden clasificar en :

- **Rotor devanado:** los devanados del rotor son similares a los del estator con el que está asociado. El número de fases del rotor no tiene porqué ser el mismo que el del estator, lo que sí tiene que ser igual es el número de polos. Los devanados del rotor están conectados a anillos colectores montados sobre el mismo eje.



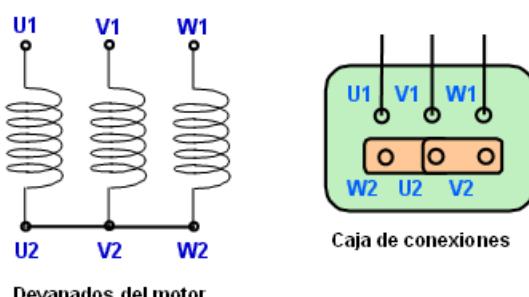
- **Rotor en jaula de ardilla:** es el más utilizado. Los conductores del rotor están igualmente distribuidos por la periferia del rotor. Los extremos de estos conductores están cortocircuitados, por tanto no hay posibilidad de conexión del devanado del rotor con el exterior.



7.3.2.3 Conexiónado

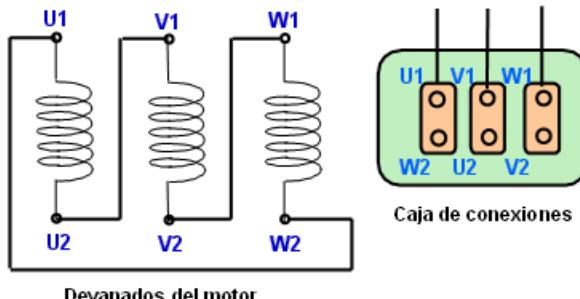
Generalmente, los fabricantes de motores asincrónicos trifásicos, en la caja de bornes de sus motores colocan el principio y el final de cada uno de los devanados del estator con el objeto de que el motor se pueda utilizar para diferentes tensiones de línea, tal y como se puede observar en la figura adjunta.

Conexión en Estrella



Devanados del motor

Conexión en Triángulo



Devanados del motor

7.3.2.4 Cambio del sentido de giro

Intercambiando dos fases cambia el sentido de giro del campo magnético del estator y por lo tanto el sentido de giro del rotor según aparece en la figura adjunta:

