

Máquinas Eléctricas Aparamenta Eléctrica

Oscar Perpiñán Lamigueiro

Fundamentos de
Electromagnetismo

Máquinas
Eléctricas

Aparamenta
eléctrica

Recursos

<http://oscarperpinan.github.io>

Fundamentos de Electromagnetismo

Máquinas Eléctricas

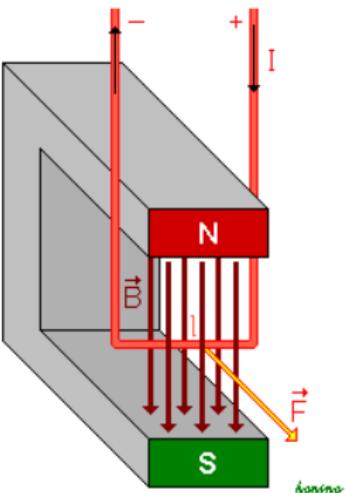
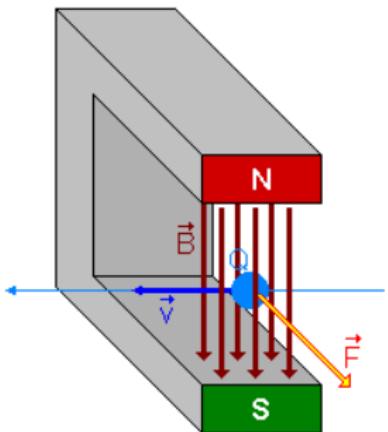
Aparmenta eléctrica

Recursos

Fuerza Magnética

Un campo magnético ejerce una fuerza sobre una carga en movimiento (o corriente eléctrica en un conductor) *.

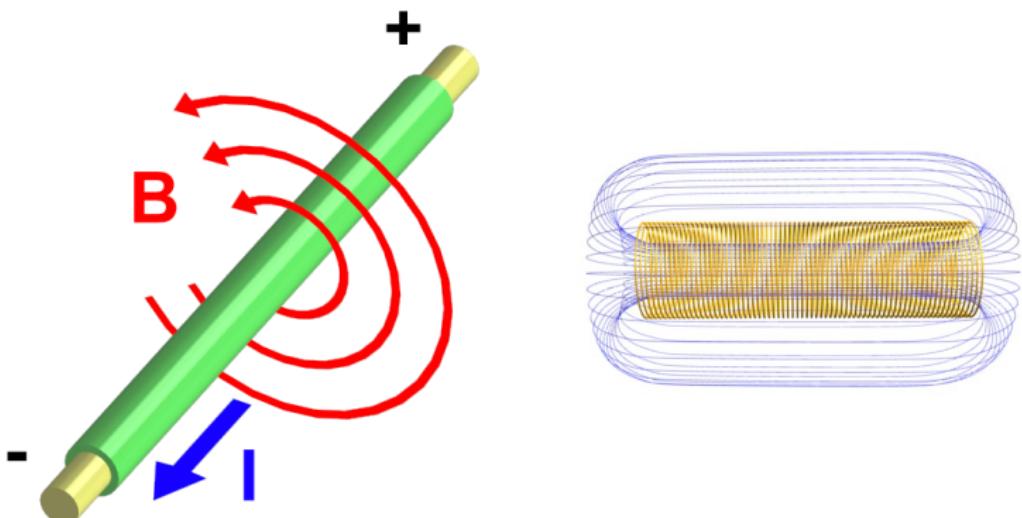
$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$$



*Fuerza de Lorentz

Campo Magnético creado por un Conductor

Una corriente eléctrica crea un campo magnético en torno al conductor[†].



[†]Ley de Biot-Savart (y Oersted). Ley de Ampere.

Interacción entre Conductores

Dos conductores se repelen o atraen según el sentido de sus corrientes.

Máquinas
Eléctricas
Aparamenta
Eléctrica

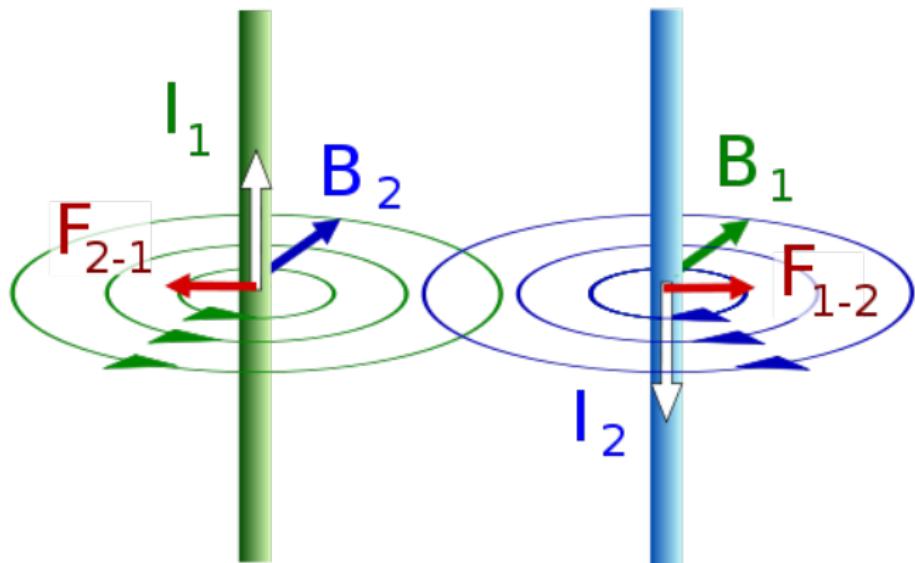
Oscar Perpiñán
Lamigueiro

Fundamentos de
Electromagnetismo

Máquinas
Eléctricas

Aparamenta
eléctrica

Recursos



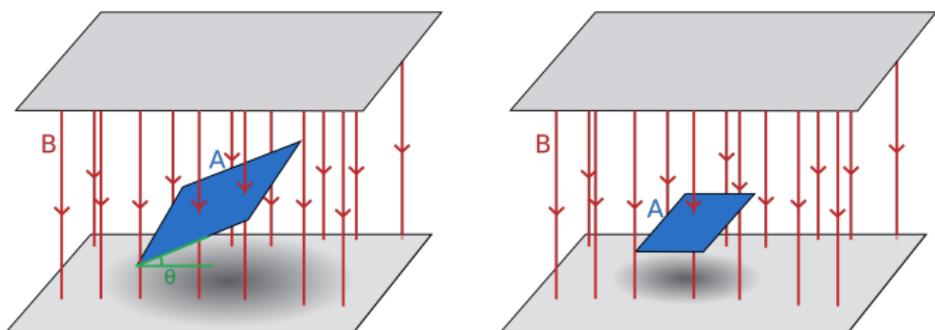
Vídeo: Repulsión entre barras de Alta Tensión

Flujo Magnético

El flujo magnético es la cantidad de líneas de fuerza magnética que atraviesan una superficie.

Depende de la densidad de campo, B , el área de la superficie, A , y la posición relativa entre ambos, θ .

$$\phi = B \cdot A \cdot \cos \theta$$



Ley de Faraday

- ▶ Cuando el **flujo magnético** que atraviesa una espira es **variable** aparece **tensión inducida**.

$$e = -N \frac{d\phi}{dt} = -N \frac{d(B \cdot S \cdot \cos \theta)}{dt}$$

- ▶ El flujo es variable cuando:
 - ▶ La **espira está en movimiento** (θ)
 - ▶ El **campo magnético B es variable**,
 - ▶ Ambas situaciones coinciden.
- ▶ La tensión inducida es directamente proporcional a la rapidez de la variación.

Fundamentos de Electromagnetismo

Máquinas Eléctricas

Aparmenta eléctrica

Recursos

Fundamentos de Electromagnetismo

Máquinas Eléctricas

Introducción

Tipos de Máquinas

Aparatología eléctrica

Recursos

Máquina Eléctrica

Máquinas
Eléctricas
Aparamenta
Eléctrica

Oscar Perpiñán
Lamigueiro

Una máquina eléctrica realiza una conversión entre dos formas de energía, una de ellas eléctrica:

- ▶ **Motor:** transforma la energía eléctrica en energía mecánica.
- ▶ **Generador:** transforma la energía mecánica en energía eléctrica.
- ▶ **Transformador:** transforma las condiciones (tensión y corriente) de la energía eléctrica de entrada en otras diferentes de salida.

Fundamentos de
Electromagnetismo

Máquinas
Eléctricas
Introducción
Tipos de Máquinas

Aparamenta
eléctrica

Recursos

Partes de una Máquina

Máquinas
Eléctricas
Aparamenta
Eléctrica

Oscar Perpiñán
Lamigueiro

- ▶ **Estátor:** parte fija de forma cilíndrica.
- ▶ **Rótor:** parte giratoria situada en la cavidad del estátor.
- ▶ **Entrehierro:** espacio de aire que separa el estátor del rótor.



La transformación de energía eléctrica y mecánica se produce a través del campo magnético del entrehierro, lugar del acoplamiento energético entre estátor y rótor.

Fundamentos de
Electromagnetismo

Máquinas
Eléctricas

Introducción

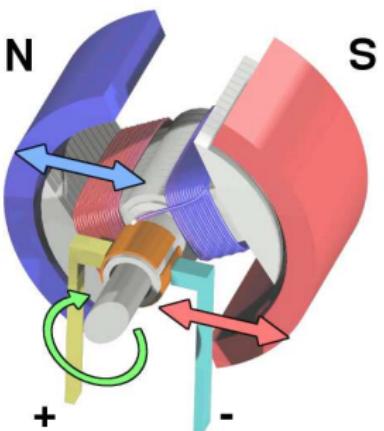
Tipos de Máquinas

Aparamenta
eléctrica

Recursos

Inductor e Inducido

Al elemento que emite el campo magnético se le denomina **inductor** y aquel que es atravesado por este flujo es el **inducido**.



Fundamentos de Electromagnetismo

Máquinas Eléctricas

Introducción

Tipos de Máquinas

Aparatura eléctrica

Recursos

Motor

Máquinas
Eléctricas
Aparamenta
Eléctrica

Oscar Perpiñán
Lamigueiro

Fundamentos de
Electromagnetismo

Máquinas
Eléctricas
Introducción
Tipos de Máquinas

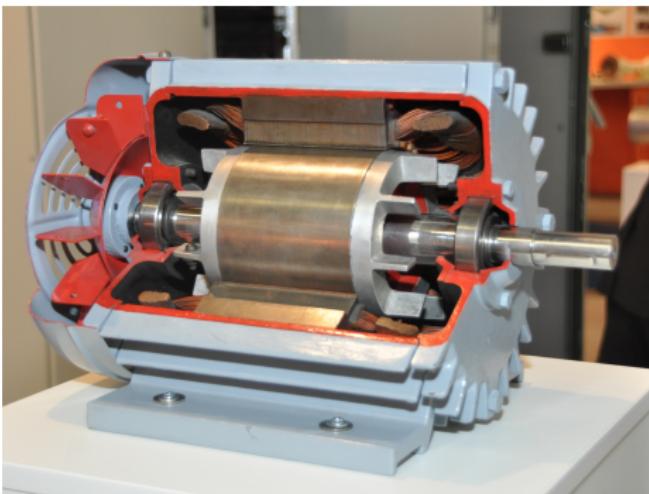
Aparamenta
eléctrica

Recursos

- ▶ La energía eléctrica de entrada produce una corriente eléctrica que genera un campo magnético variable.
- ▶ Este campo puede interactuar con otro campo magnético existente o con otro conductor y produce movimiento.
- ▶ Más habituales: de inducción, y de corriente continua.

Motor asíncrono o de inducción

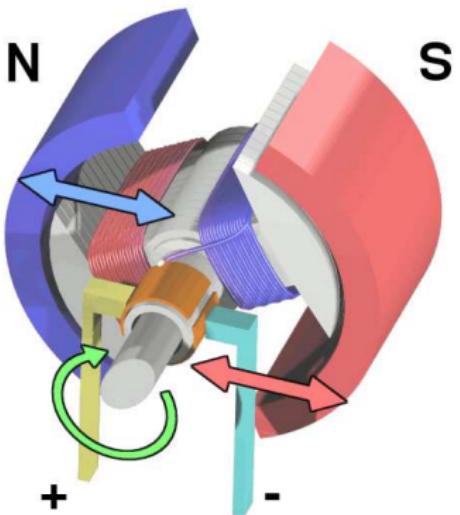
- ▶ Estator-Inductor alimentado por una corriente trifásica alterna (campo giratorio)
- ▶ Rotor-Inducido constituido por espiras cortocircuitadas (jaula de ardilla).
- ▶ Rotor gira a menor velocidad que el campo.



Vídeos: Motor de inducción artesanal (1) (2)

Motor DC

- ▶ Estator-Inductor con imanes permanentes o alimentado por corriente DC.
- ▶ Rotor-Inducido alimentado con corriente DC a través de un colector de delgas, o sin escobillas.



Máquinas
Eléctricas
Aparamenta
Eléctrica

Oscar Perpiñán
Lamigueiro

Fundamentos de
Electromag-
netismo

Máquinas
Eléctricas
Introducción
Tipos de Máquinas

Aparamenta
eléctrica

Recursos

Generador

Máquinas
Eléctricas
Aparamenta
Eléctrica

Oscar Perpiñán
Lamigueiro

Fundamentos de
Electromagnetismo

Máquinas
Eléctricas
Introducción
Tipos de Máquinas

Aparamenta
eléctrica

Recursos

- ▶ Existe un campo magnético en el interior de la máquina (p. ej. imanes permanentes)
- ▶ La energía mecánica de entrada aporta movimiento a una bobina en el seno del campo.
- ▶ La interacción entre el campo y las espiras de la bobina producen una tensión inducida.
- ▶ Más habituales: asíncrono, síncrono, y de corriente continua.

Generador Asíncrono

Máquinas
Eléctricas
Aparamenta
Eléctrica

Oscar Perpiñán
Lamigueiro

- ▶ Estator-Inductor alimentado por una corriente trifásica alterna (campo giratorio)
- ▶ Rotor-Inducido constituido por espiras cortocircuitadas (jaula de ardilla).
- ▶ Rotor debe girar a mayor velocidad que la del campo del estator.
- ▶ Empleado en turbinas eólicas



Fundamentos de
Electromagnetismo

Máquinas
Eléctricas
Introducción
Tipos de Máquinas

Aparamenta
eléctrica

Recursos

Generador Síncrono o Alternador

Máquinas
Eléctricas
Aparamenta
Eléctrica

Oscar Perpiñán
Lamigueiro

- ▶ Rotor-inductor alimentado por corriente continua mediante anillos.
- ▶ Estator-inducido constituido por un devanado trifásico.
- ▶ Velocidad de giro constante, sincronizada con la frecuencia de red.
- ▶ Empleado en turbinas hidráulicas y térmicas.

Fundamentos de
Electromagnetismo

Máquinas
Eléctricas

Introducción
Tipos de Máquinas

Aparamenta
eléctrica

Recursos

Generador DC

Máquinas
Eléctricas
Aparamenta
Eléctrica

Oscar Perpiñán
Lamigueiro

Fundamentos de
Electromagnetismo

Máquinas
Eléctricas
Introducción
Tipos de Máquinas

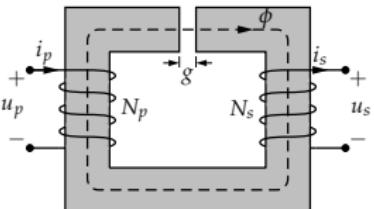
Aparamenta
eléctrica

Recursos

- ▶ Estator-Inductor alimentado por corriente DC (o imanes permanentes).
- ▶ El colector de delgas transforma la frecuencia de alimentación (DC) en alterna.
- ▶ Empleado en máquinas eólicas de baja potencia.

Transformador

- ▶ La energía eléctrica de entrada alimenta una bobina con un número de espiras N_p .
- ▶ El campo magnético generado por esta bobina circula hasta una bobina de salida, con N_s espiras.
- ▶ El diferente número de espiras provoca valores de tensión y corriente diferente en la entrada y salida.



Fundamentos de
Electromagnetismo

Máquinas
Eléctricas
Introducción
Tipos de Máquinas

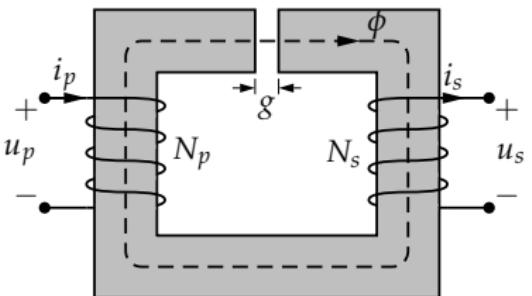
Aparamenta
eléctrica

Recursos

Transformador

$$N_s \cdot I_s = N_p \cdot I_p$$

$$\frac{V_p}{N_p} = \frac{V_s}{N_s}$$



- ▶ Ejemplo: un transformador elevador sube tensión ($V_s > V_p$) y reduce corriente ($I_s < I_p$): $N_p/N_s < 1$, más vueltas en el secundario que en el primario.

Fundamentos de Electromagnetismo

Máquinas Eléctricas

Aparmenta eléctrica

Recursos

Fundamentos de Electromagnetismo

Máquinas Eléctricas

Aparatología eléctrica

Sistema de Suministro Eléctrico

Definición y Funciones

Tipos de Dispositivos

Recursos

Sistema de suministro eléctrico

Máquinas
Eléctricas
Aparamenta
Eléctrica

Oscar Perpiñán
Lamigueiro

Fundamentos de
Electromagnetismo

Máquinas
Eléctricas

Aparamenta
eléctrica

Sistema de Suministro
Eléctrico

Definición y Funciones
Tipos de Dispositivos

Recursos

Un sistema de suministro eléctrico tiene como objetivo producir, transportar y distribuir energía eléctrica a los lugares de consumo, con el mínimo coste posible en condiciones de fiabilidad, calidad y seguridad.

Componentes del Sistema de Suministro Eléctrico

Máquinas
Eléctricas
Aparamenta
Eléctrica

Oscar Perpiñán
Lamigueiro

Fundamentos de
Electromagnetismo

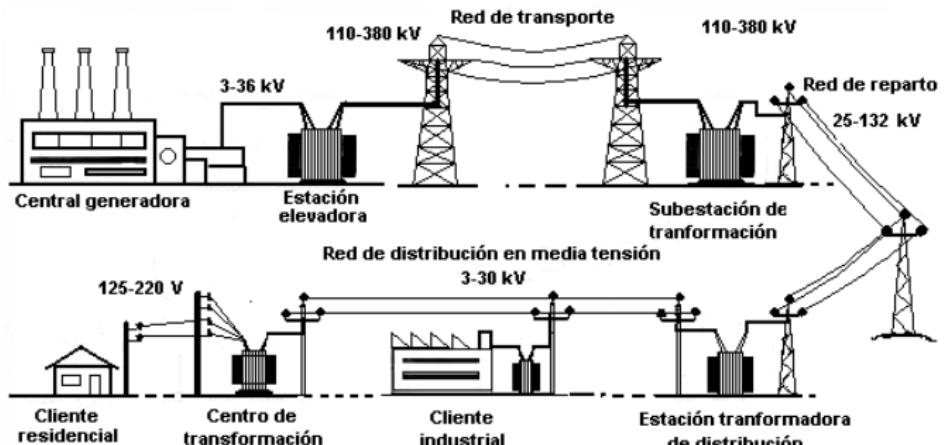
Máquinas
Eléctricas

Aparamenta
eléctrica

Sistema de Suministro
Eléctrico

Definición y Funciones
Tipos de Dispositivos

Recursos



- ▶ Generadores
- ▶ Redes de transporte
- ▶ Redes de distribución
- ▶ Equipos de acondicionamiento, transformación y protección (y en algunos casos, almacenamiento)
- ▶ Puntos de consumo

Fundamentos de Electromagnetismo

Máquinas Eléctricas

Aparatología eléctrica

Sistema de Suministro Eléctrico

Definición y Funciones

Tipos de Dispositivos

Recursos

Definición

ITC-BT-01

Aparamenta: Equipo, aparato o material previsto para ser conectado a un circuito eléctrico con el fin de asegurar una o varias de las siguientes funciones: **protección, control, seccionamiento, conexión.**

Función de la Aparamenta: Garantizar la seguridad de las personas, la continuidad en el suministro y la protección de los elementos de la instalación.

Máquinas
Eléctricas
Aparamenta
Eléctrica

Oscar Perpiñán
Lamigueiro

Fundamentos de
Electromagnetismo

Máquinas
Eléctricas

Aparamenta
eléctrica

Sistema de Suministro
Eléctrico

Definición y Funciones
Tipos de Dispositivos

Recursos

Funciones de la aparamenta

Máquinas
Eléctricas
Aparamenta
Eléctrica

Oscar Perpiñán
Lamigueiro

Fundamentos de
Electromagnetismo

Máquinas
Eléctricas

Aparamenta
eléctrica

Sistema de Suministro
Eléctrico

Definición y Funciones
Tipos de Dispositivos

Recursos

► Protección:

- ▶ Protección de los elementos de los circuitos contra las tensiones térmicas y mecánicas de las corrientes de cortocircuito.
- ▶ Protección de las personas en caso de producirse un defecto de aislamiento.
- ▶ Protección de los dispositivos y aparatos suministrados.

Funciones de la aparamenta

Máquinas
Eléctricas
Aparamenta
Eléctrica

Oscar Perpiñán
Lamigueiro

Fundamentos de
Electromagnetismo

Máquinas
Eléctricas

Aparamenta
eléctrica

Sistema de Suministro
Eléctrico

Definición y Funciones
Tipos de Dispositivos

Recursos

- **Aislamiento:** separar de forma verificable un circuito, un aparato o un elemento de la planta del resto de un sistema que se encuentra en tensión, con el fin de que el personal pueda realizar con total seguridad trabajos en la parte aislada.

Funciones de la aparamenta

Máquinas
Eléctricas
Aparamenta
Eléctrica

Oscar Perpiñán
Lamigueiro

Fundamentos de
Electromagnetismo

Máquinas
Eléctricas

Aparamenta
eléctrica

Sistema de Suministro
Eléctrico

Definición y Funciones
Tipos de Dispositivos

Recursos

► **Control:** modificar un sistema cargado en cualquier momento

- Control funcional (conmutación rutinaria, etc.).
- Conmutación de emergencia.
- Operaciones de mantenimiento del sistema de alimentación.

Arco Eléctrico

Máquinas
Eléctricas
Aparamenta
Eléctrica

Oscar Perpiñán
Lamigueiro

- ▶ Descarga eléctrica que se forma entre dos electrodos sometidos a una diferencia de potencial.
- ▶ Durante el tiempo de la descarga se produce una luminosidad muy intensa y un gran desprendimiento de calor.
- ▶ Ambos fenómenos, en caso de ser accidentales, pueden ser sumamente destructivos.

Vídeo: [Apertura en Alta Tensión](#)

Fundamentos de
Electromagnetismo

Máquinas
Eléctricas

Aparamenta
eléctrica

Sistema de Suministro
Eléctrico

Definición y Funciones
Tipos de Dispositivos

Recursos

Poder de corte y cierre

Máquinas
Eléctricas
Aparamenta
Eléctrica

Oscar Perpiñán
Lamigueiro

Fundamentos de
Electromagn-
etismo

Máquinas
Eléctricas

Aparamenta
eléctrica

Sistema de Suministro
Eléctrico

Definición y Funciones

Tipos de Dispositivos

Recursos

Poder de corte: intensidad de corriente que este dispositivo es capaz de cortar, bajo una tensión de restablecimiento determinada.

Poder de cierre: intensidad de corriente que este aparato es capaz de establecer, bajo una tensión dada.

Fundamentos de Electromagnetismo

Máquinas Eléctricas

Aparatología eléctrica

Sistema de Suministro Eléctrico

Definición y Funciones

Tipos de Dispositivos

Recursos

Dispositivos simples

Seccionador

- ▶ Dispositivo de dos posiciones (abierto/cerrado) enclavable y accionado manualmente que proporciona un aislamiento seguro de un circuito cuando está enclavado en la posición abierta.
- ▶ Un seccionador no está diseñado para abrir o cerrar el paso de la corriente.

Interruptor de carga

- ▶ Dispositivo no automático (accionamiento manual) de dos posiciones (abierto/cerrado).
- ▶ Se utiliza para cerrar y abrir circuitos cargados en condiciones normales de circuitos sin defectos.

Dispositivos simples

Contactor

- ▶ Dispositivo accionado por solenoide que por lo general se mantiene cerrado mediante una corriente (reducida).
- ▶ Se suelen controlar de forma remota por medio de pulsadores de activación/desactivación.

Fusible

- ▶ Un filamento o lámina de un metal o aleación de bajo punto de fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica
- ▶ Se funde por Efecto Joule cuando la intensidad de corriente supere, por un cortocircuito o un exceso de carga.
- ▶ Es capaz de abrir un circuito en carga.

Máquinas
Eléctricas
Aparamenta
Eléctrica

Oscar Perpiñán
Lamigueiro

Fundamentos de
Electromagnetismo

Máquinas
Eléctricas

Aparamenta
eléctrica

Sistema de Suministro
Eléctrico

Definición y Funciones
Tipos de Dispositivos

Recursos

Interruptor magnetotérmico

Máquinas
Eléctricas
Aparamenta
Eléctrica

- ▶ Dispositivo automático capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos.
- ▶ El dispositivo consta de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.
- ▶ Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica en un circuito: el magnético y el térmico (efecto Joule).
- ▶ Se emplea para **proteger contra sobreintensidades y sobrecargas**.

Vídeo: Apertura de un PIA

Oscar Perpiñán
Lamigueiro

Fundamentos de
Electromagnetismo

Máquinas
Eléctricas

Aparamenta
eléctrica

Sistema de Suministro
Eléctrico

Definición y Funciones
Tipos de Dispositivos

Recursos

Interruptor Magnetotérmico

Máquinas
Eléctricas
Aparamenta
Eléctrica

Oscar Perpiñán
Lamigueiro

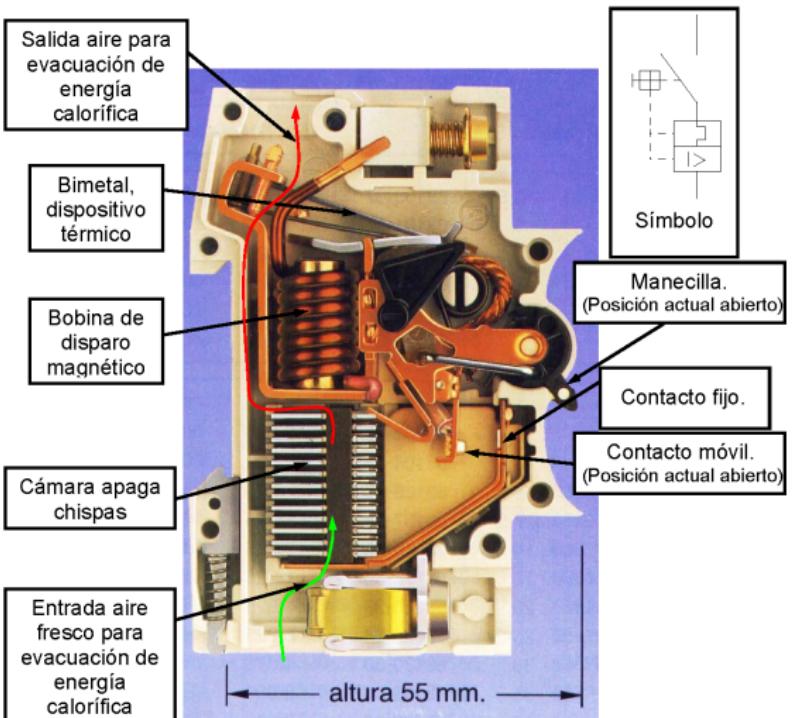
Fundamentos de
Electromag-
netismo

Máquinas
Eléctricas

Aparamenta
eléctrica

Sistema de Suministro
Eléctrico
Definición y Funciones
Tipos de Dispositivos

Recursos



Interruptor diferencial

Máquinas
Eléctricas
Aparamenta
Eléctrica

Oscar Perpiñán
Lamigueiro

- ▶ Dispositivo automático capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando existe una corriente diferencial residual, indicativa de un defecto de aislamiento.
- ▶ Para la detección emplea un transformador toroidal que abraza a todos los conductores.
- ▶ Cuando existe un defecto, la suma fasorial de las corrientes abarcadas no será nula y, por tanto, aparecerá una intensidad en el secundario del transformador, proporcional al defecto.
- ▶ Se emplea para la **protección de las personas.**

Fundamentos de
Electromagnetismo

Máquinas
Eléctricas

Aparamenta
eléctrica

Sistema de Suministro
Eléctrico

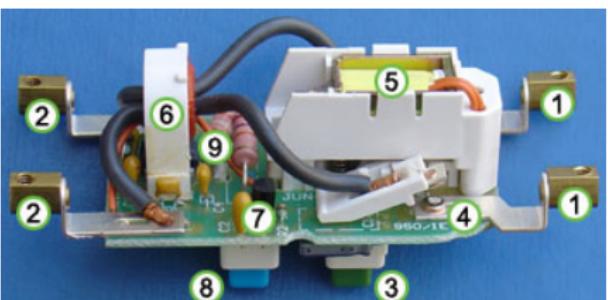
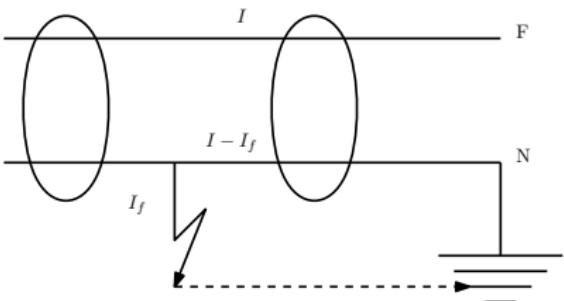
Definición y Funciones
Tipos de Dispositivos

Recursos

Interruptor Diferencial

Máquinas
Eléctricas
Aparamenta
Eléctrica

Oscar Perpiñán
Lamigueiro



Fundamentos de
Electromagnetismo

Máquinas
Eléctricas

Aparamenta
eléctrica

Sistema de Suministro
Eléctrico

Definición y Funciones

Tipos de Dispositivos

Recursos

Fundamentos de Electromagnetismo

Máquinas Eléctricas

Aparmenta eléctrica

Recursos

Bibliografía

Máquinas
Eléctricas
Aparamenta
Eléctrica

Oscar Perpiñán
Lamigueiro

Fundamentos de
Electromagn-
etismo

Máquinas
Eléctricas

Aparamenta
eléctrica

Recursos

- **Fraile Mora, J.: *Máquinas Eléctricas*.** Ed. Mc. Graw Hill.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión
- Guía de diseño de instalaciones eléctricas (Schneider Electric)
- Equipos industriales
- Base de Precios PREOC