

# Tema 3. Máquinas Eléctricas

# Índice

Máquinas eléctricas. Definición, tipos.

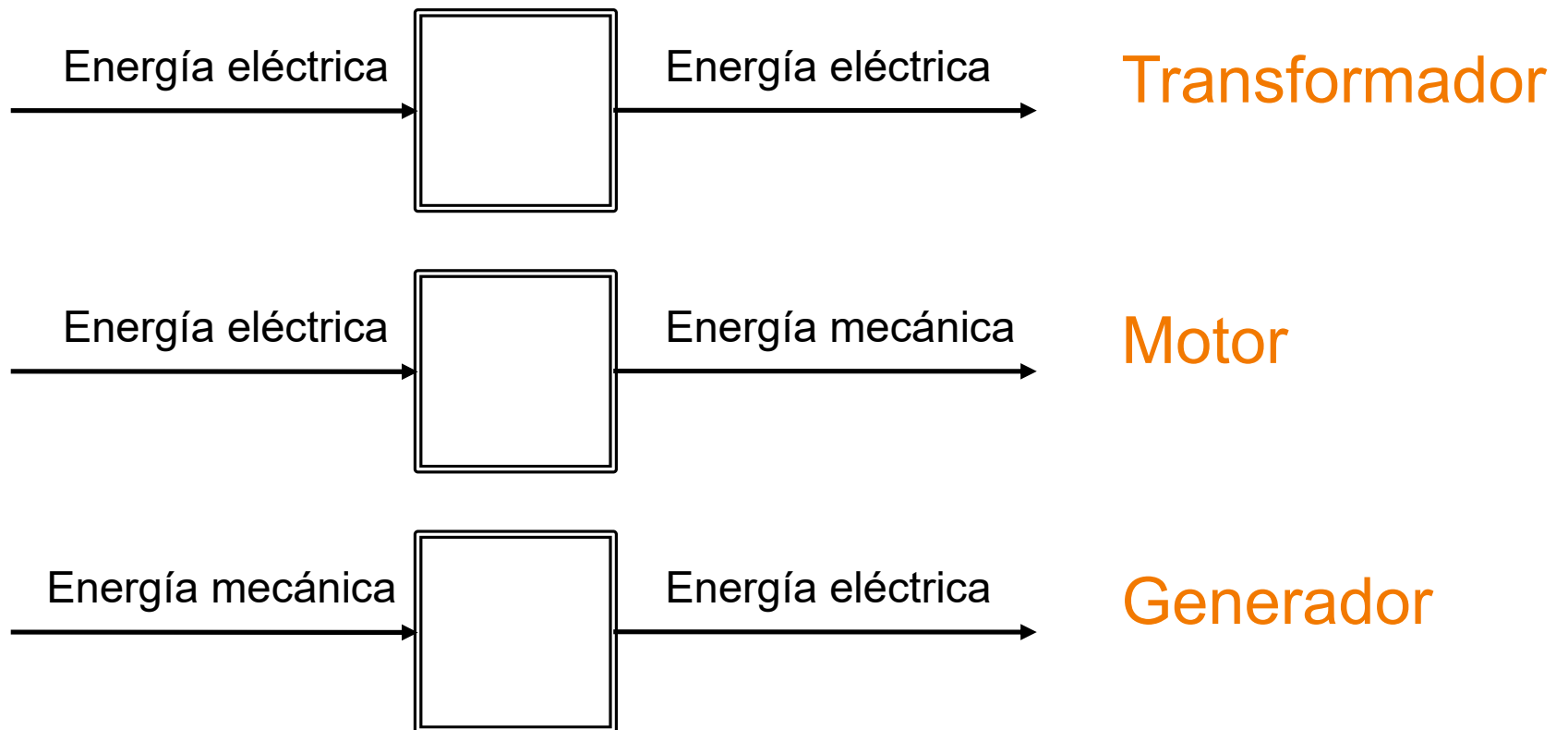
El transformador

El motor

El generador

**Máquina Eléctrica:** Máquinas que realizan la conversión de energía de una forma u otra, una de las cuales, al menos, es eléctrica.

**Tipos:**



## Máquinas Estáticas (no disponen de partes móviles):

**Transformador:** máquinas que transforman la tensión eléctrica alterna. Elevan o reducen el nivel de tensión (corriente). Necesarias para la distribución eficiente de energía eléctrica. Según número de hilos pueden ser **monofásicos o trifásicos**.

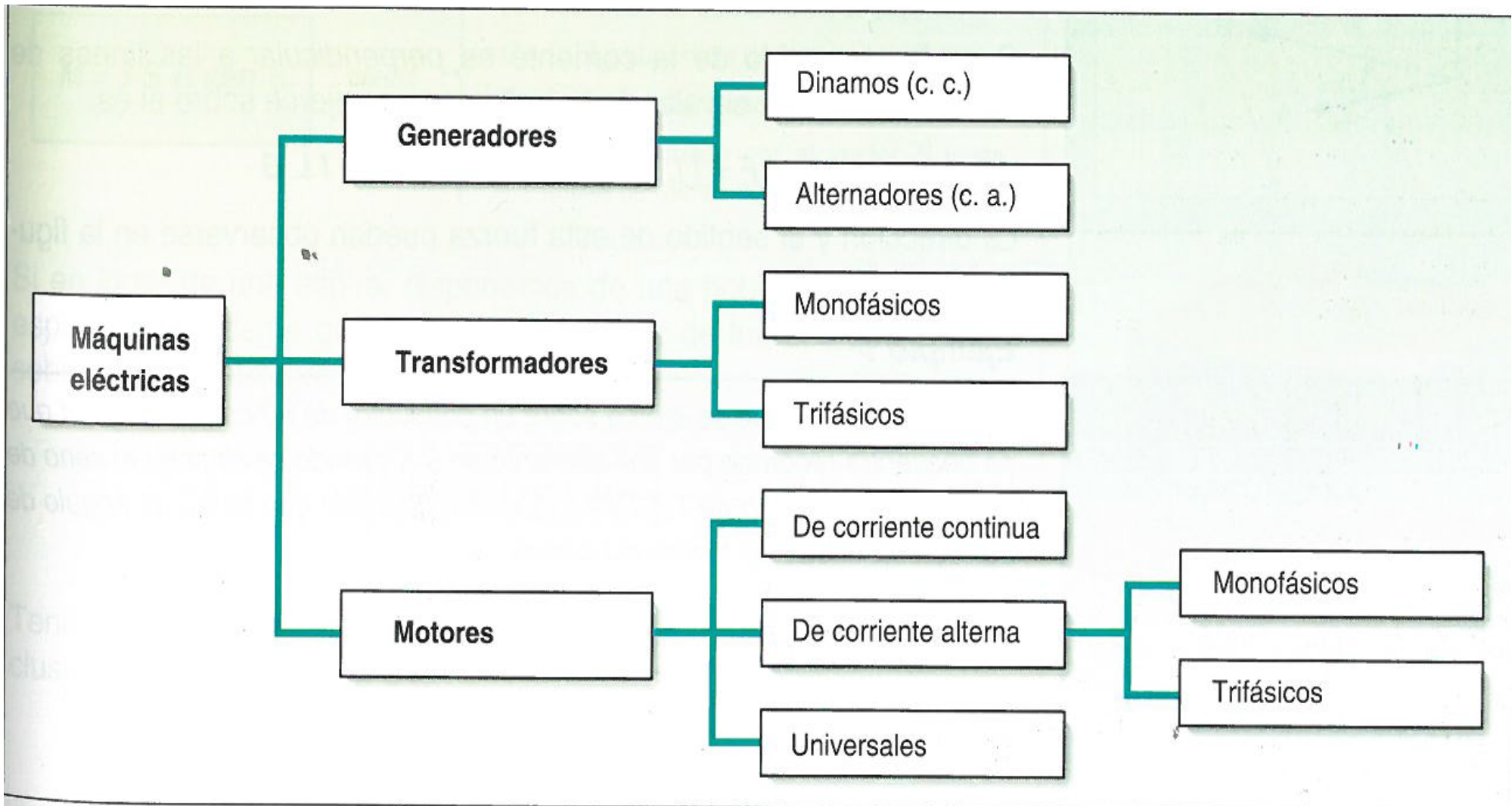
## Máquinas Dinámicas (disponen de partes móviles):

**Motor:** máquinas que aprovechan la energía eléctrica que reciben y la transforman en energía mecánica. Por ej. ventilador, batidora, aspiradora. Según el tipo de energía que reciben se clasifican en: **motores de corriente continua y motores de corriente alterna**.

**Generador:** máquinas que generan energía eléctrica a partir de la energía mecánica que reciben.

- **Alternador:** generan corriente alterna (AC)
- **Dinamo:** generan corriente continua (DC)

# Clasificación elemental de las máquinas eléctricas



# Fundamentos físicos de los transformadores.

*Ley de Faraday: aparece un voltaje inducido en una alambre debido al cambio de flujo magnético (derivada del flujo magnético respecto al tiempo)*

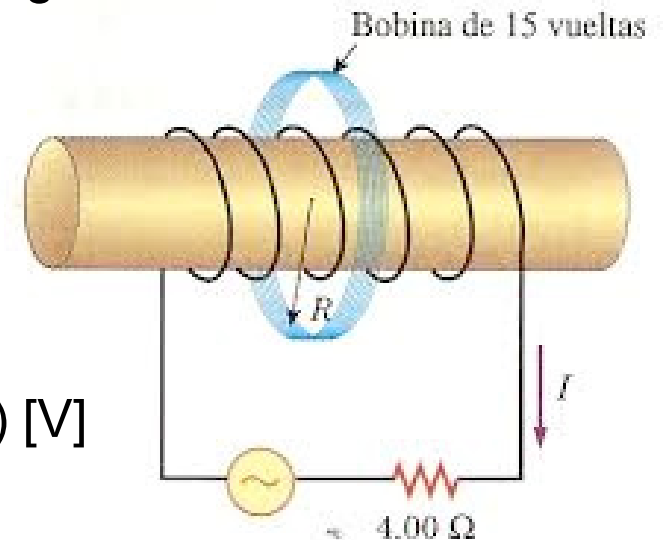
Si un flujo magnético atraviesa una espira o bobina (N espiras) de material conductor, se induce un voltaje proporcional a la velocidad de cambio del flujo.  
Fundamento físico de los **transformadores**:

$$V_{inducido} = -N \frac{d\phi}{dt}$$

Siendo N el número de vueltas de la bobina y  $\phi$  el flujo magnético en la bobina.

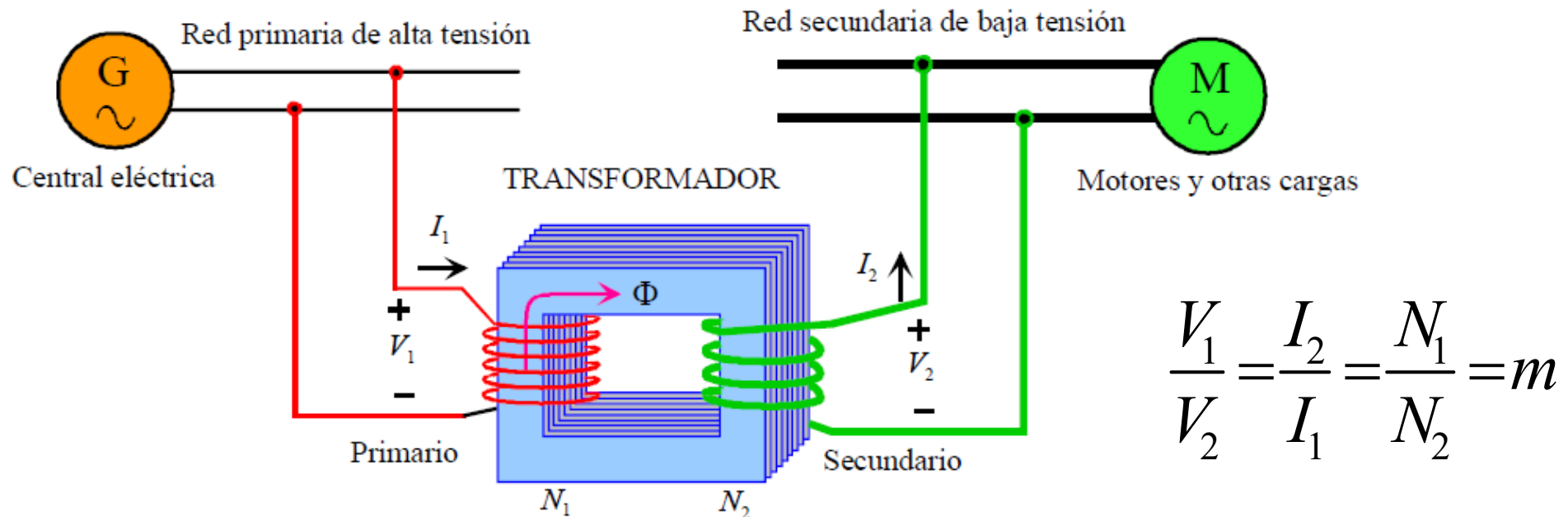
**Ejemplo.** Una bobina está enrollada alrededor de un núcleo de hierro. El flujo magnético dentro del núcleo viene dado por:  $\phi = 0.05 \sin(377t)$  [Wb]. Si hay 15 espiras, calcula el voltaje inducido.

Sol.  $V_{ind.} = -15 \times 0,05 \times 377 \cos(377t) = 282,75 \cos(377t)$  [V]



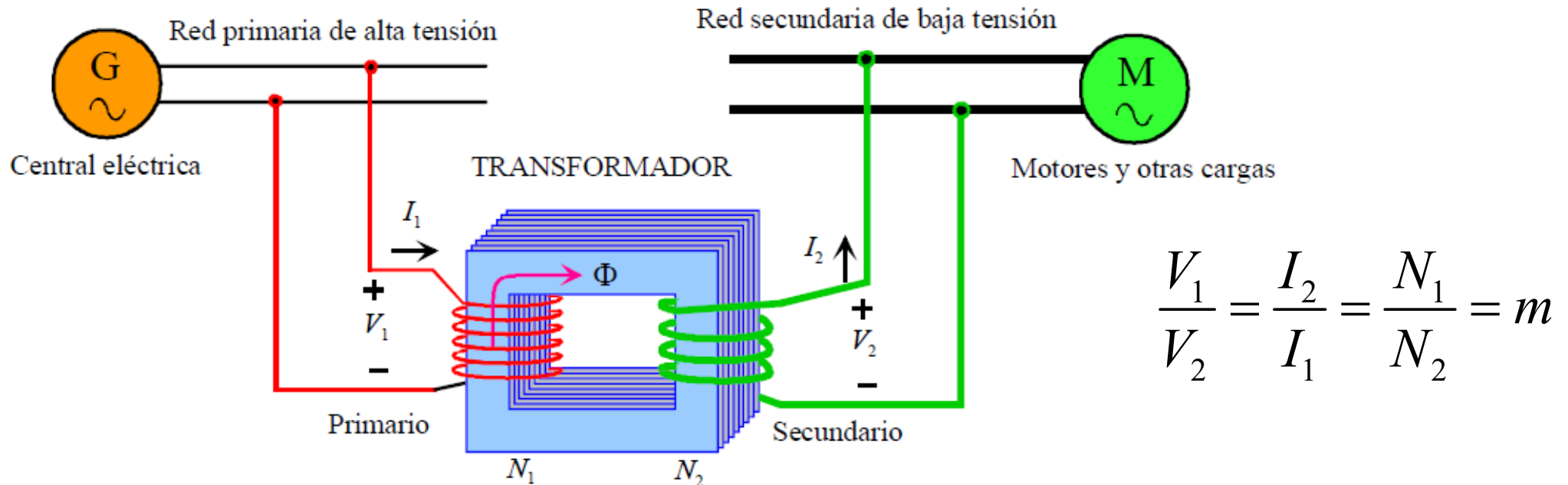
# Máquinas eléctricas estáticas. Transformador.

Un **transformador** es una máquina estática capaz de cambiar los valores de tensiones y corrientes alternas. Está formado por un núcleo de material sensible al campo magnético, con un devanado primario ( $N_1$  espiras) conectado a un generador y un devanado secundario ( $N_2$  espiras) conectado a una carga. La **relación entre el número de espiras** determina la **relación entre los voltajes y las corrientes** de los devanados.



“**m**” es el la **relación de transformación del transformador**. Es un número real, es decir, no se produce ningún cambio de fase entre primario y secundario.

# Máquinas eléctricas estáticas. Transformador.



Si  $N_2 > N_1$   $\longrightarrow$  Si  $V_2 > V_1$  ( $I_2 < I_1$ )  $\longrightarrow$  Transformador elevador

Si  $N_1 > N_2$   $\longrightarrow$  Si  $V_1 > V_2$  ( $I_1 < I_2$ )  $\longrightarrow$  Transformador reductor

$V_1 I_1 = V_2 I_2$  Igualdad en las potencias de entrada y salida



# Potencia e impedancia en un transformador ideal

$$P_{\text{entrada}} = V_1 I_1 \cos \theta_1$$

$\theta_1$  es el ángulo entre voltaje primario y corriente primaria

$$P_{\text{salida}} = V_2 I_2 \cos \theta_2$$

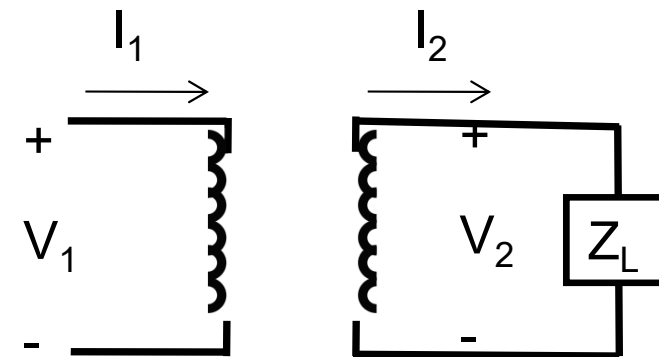
$\theta_2$  es el ángulo entre voltaje secundario y corriente secundaria

$$\theta_1 = \theta_2$$

$$P_{\text{salida}} = P_{\text{entrada}} \rightarrow V_2 I_2 = V_1 I_1$$

La impedancia aparente en el primario es:

$$Z'_L = \frac{V_1}{I_1} = m^2 \frac{V_2}{I_2} = m^2 Z_L$$



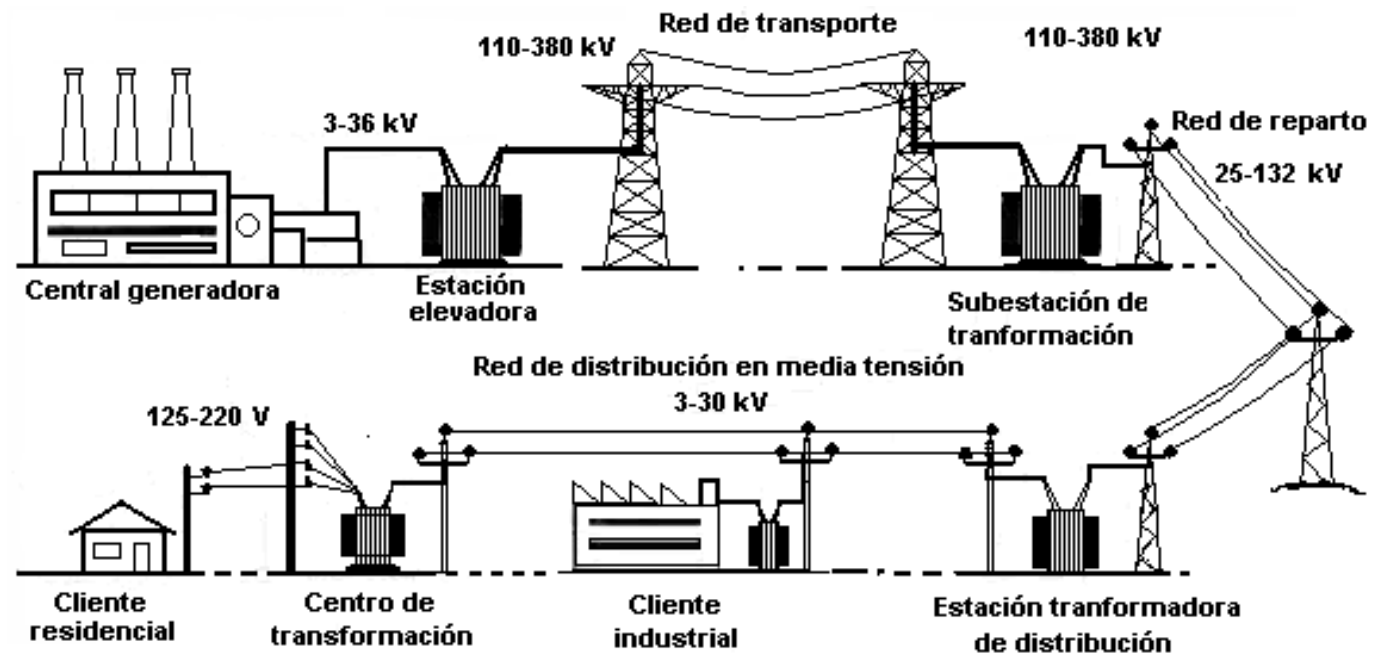
## El transformador en el transporte de energía eléctrica

✓ El transporte de energía a larga distancia tiene pérdidas proporcionales al cuadrado de la corriente ( $P=I^2R$ ).

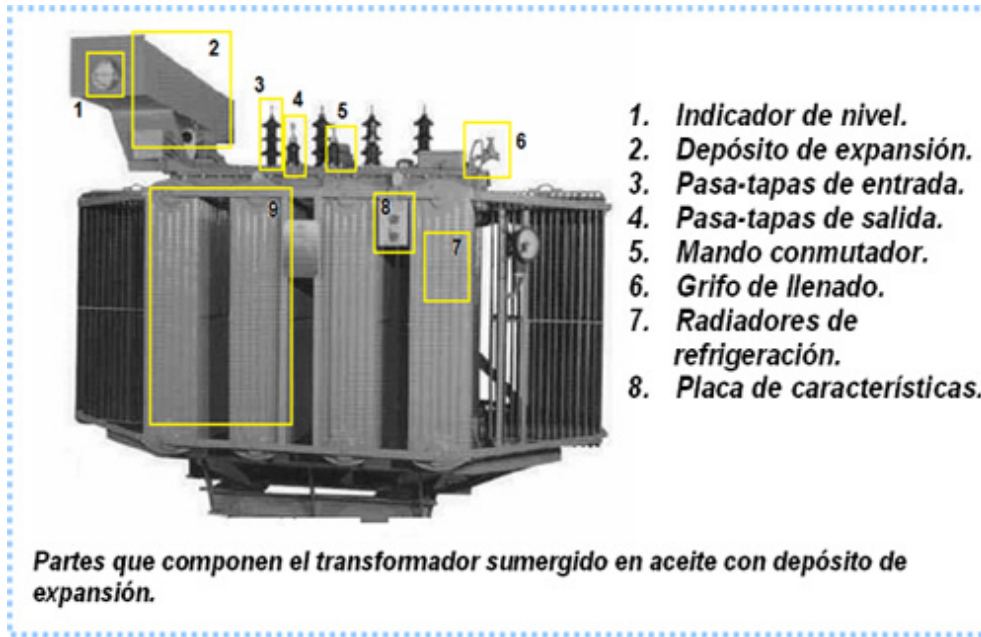
✓ En la práctica se eleva el voltaje para que disminuya la corriente y por tanto las pérdidas (líneas de alta tensión). Transformador elevador.

✓ Antes de la distribución a hogares, oficinas o fábricas, los transformadores vuelven a bajar el nivel de tensión.

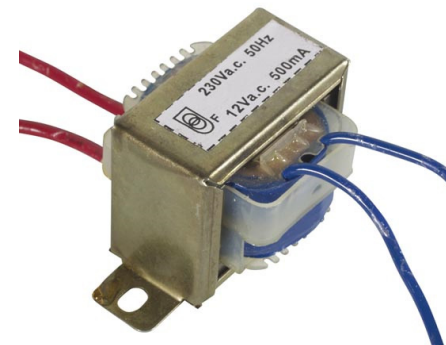
Transformador reductor en los centros de transformación



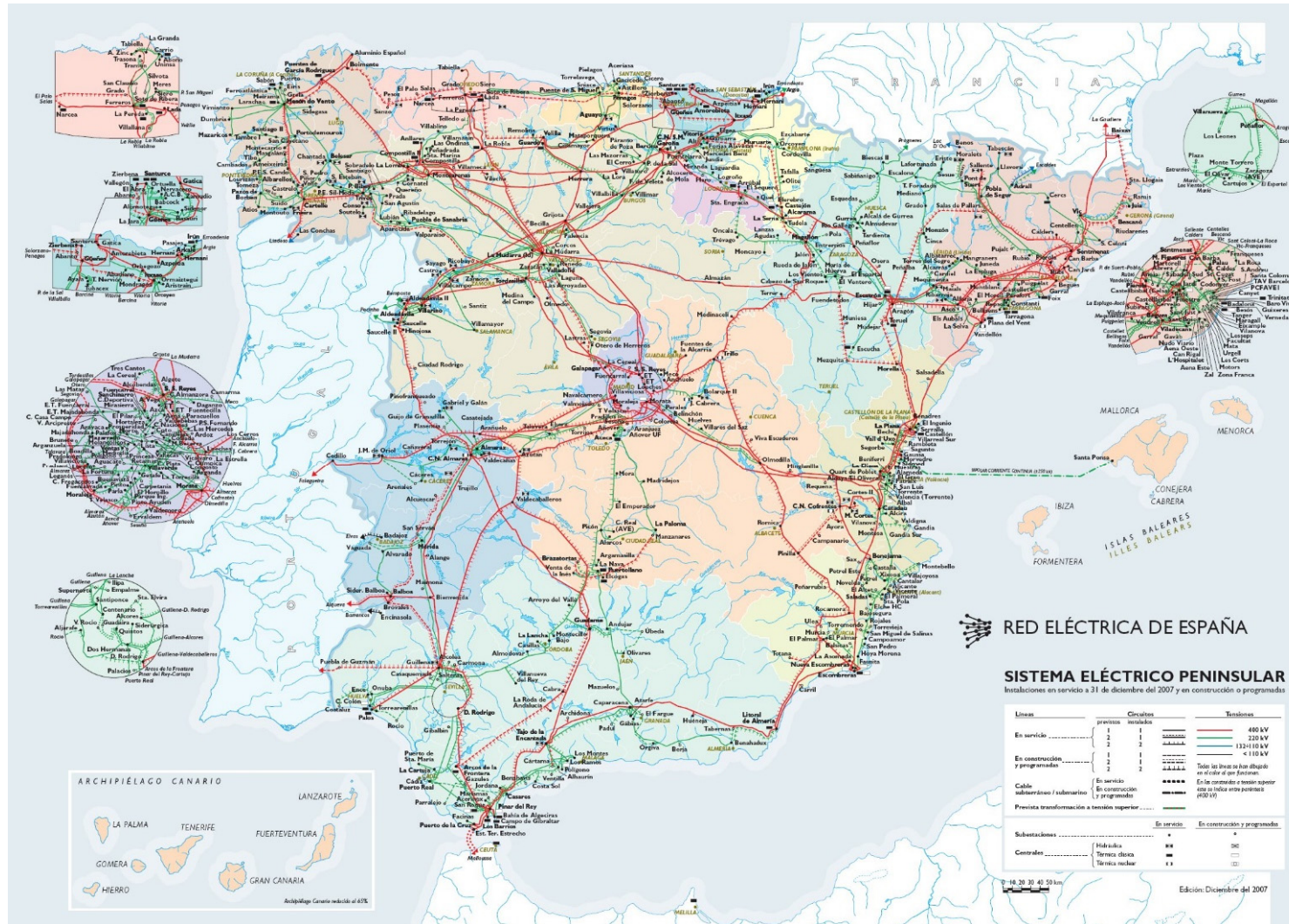
## Transformador trifásico de alta tensión (400 kV / 220 kV – 300 MVA)



## Transformador 230 V / 5-20 V de equipos domésticos (5-100 VA)



# Mapa de la red de transporte de energía eléctrica en España



<http://www.ree.es/es/actividades/gestor-de-la-red-y-transportista/mapas-de-la-red>

# Fundamentos físicos de los motores.

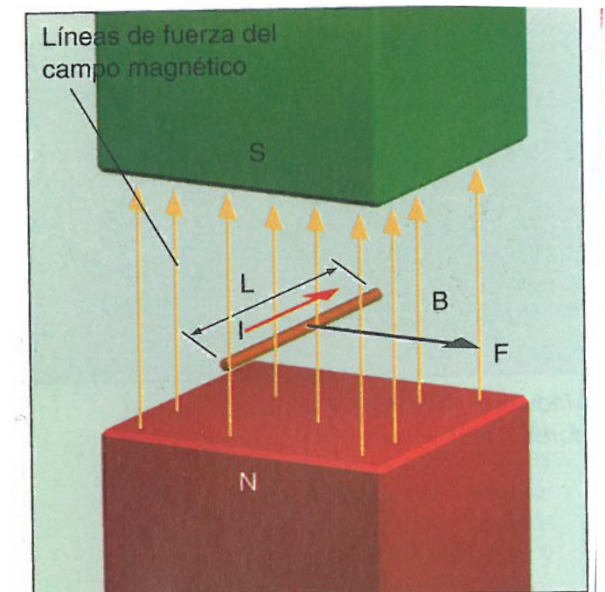
## Fuerza inducida en un alambre.

**Primera ley de Laplace:** Un conductor de longitud  $L$ , recorrido por una intensidad  $i$ , se sitúa en el interior de un campo magnético  $B$ , éste ejerce sobre él una fuerza  $F$

$$F = L(I \times B) = LIB \sin \alpha$$

$\alpha$  es el ángulo formado por el conductor y las líneas de fuerza del campo magnético

Es el fundamento físico de los **motores**.

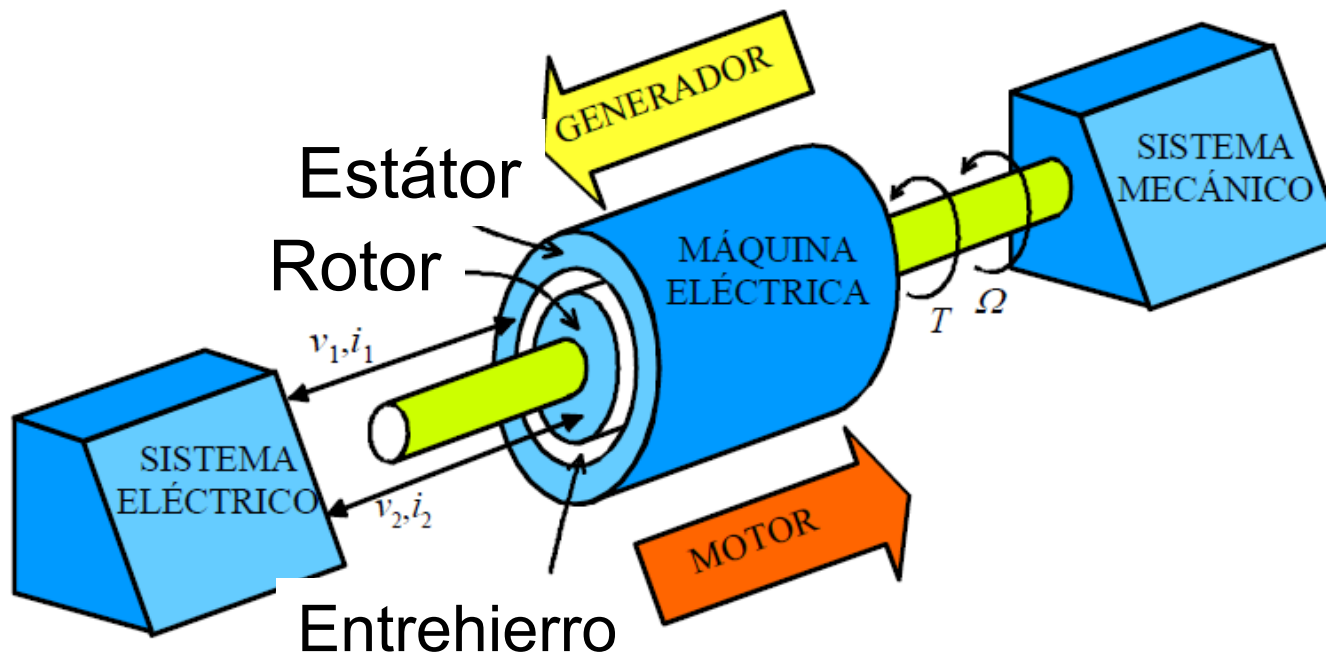


**Ejemplo.** Un alambre de 1 m de longitud y por el que circula una corriente de 0,5 A está situado en campo magnético (perpendicular al alambre) cuya densidad de flujo es 0,25 T. Calcula la fuerza inducida.

**Sol.**  $F = 0,125$  N

## Máquinas eléctricas (rotativas) dinámicas. Motores.

- Tienen dos partes: una parte fija cilíndrica llamada **estator** y una parte móvil colocada en la cavidad del estator llamada **rotor**. El espacio de aire entre ambos se llama **entrehierro**.
- El campo magnético existente en el **entrehierro** es el medio de acoplamiento entre el sistema eléctrico y el mecánico

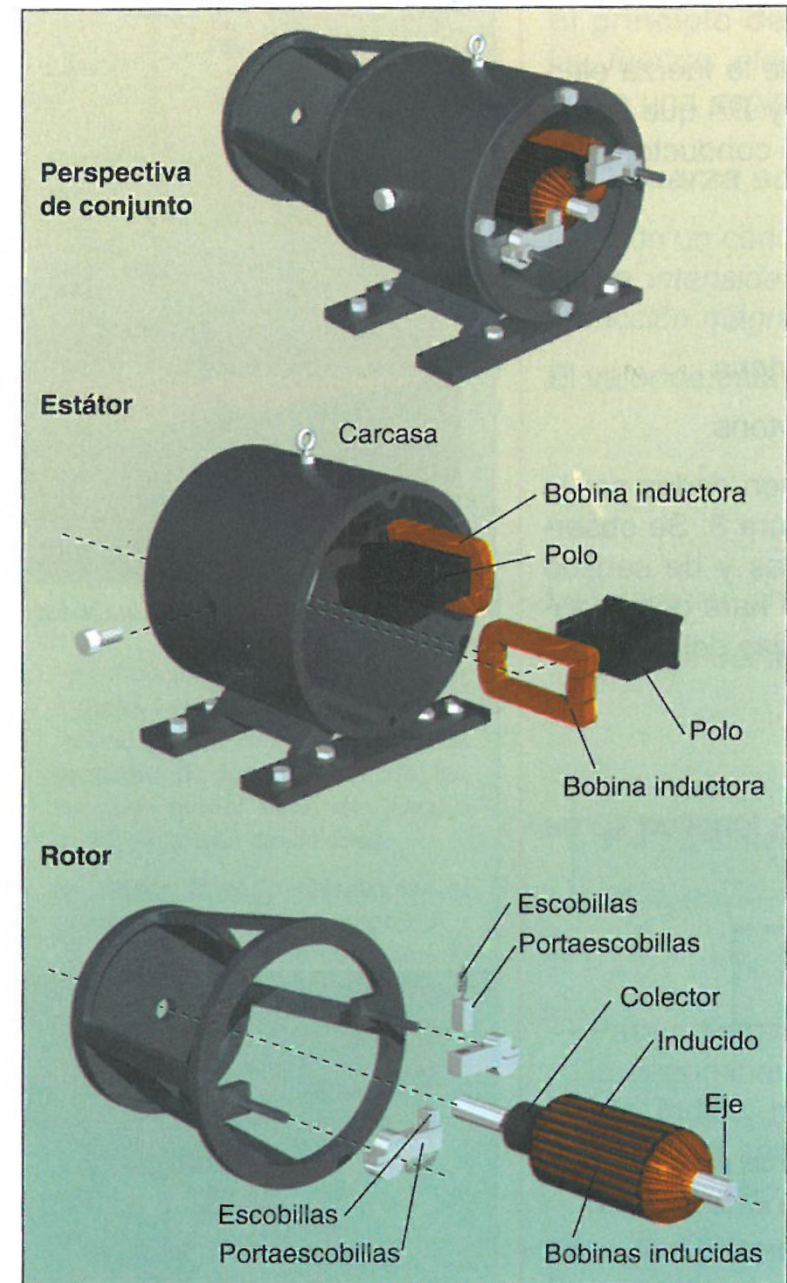


## Máquinas eléctricas dinámicas. Motor de corriente continua.

El **estator (inductor)** es el encargado de producir el campo magnético. Para ello tiene una serie de bobinas inductoras situadas alrededor de los polos de un electroimán.

El **rotor (inducido)** consta de unas bobinas inducidas arrolladas sobre núcleo de hierro. Las bobinas se sueldan a unas láminas de cobre (**delgas**), que forman el colector.

El conjunto se monta sobre un eje.



# Máquinas eléctricas dinámicas. Motor de corriente continua.

## Principio de funcionamiento

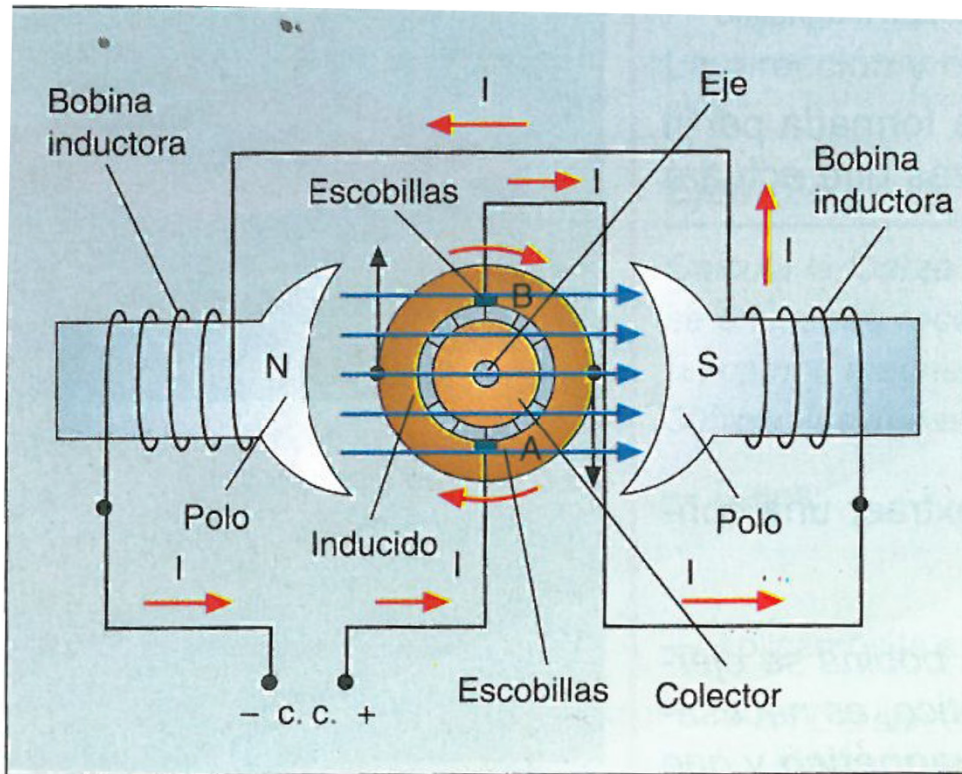


Fig. 10. Esquema de funcionamiento de un motor eléctrico.

El motor se conecta a una **fente de alimentación**, la corriente circula por las bobinas inductoras creando un campo magnético.

Esta corriente también circula por las bobinas inducidas a través de las **escobillas** y del **colector**.

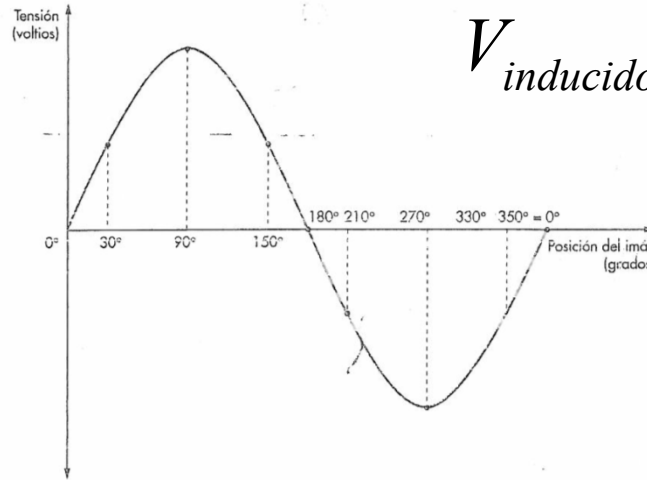
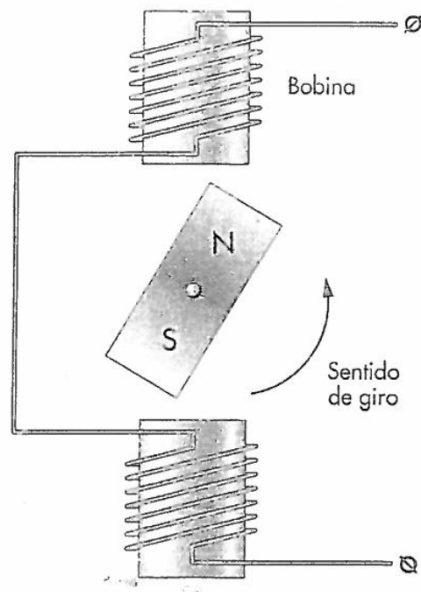
Una vez establecido el campo magnético, los pares de fuerzas que **actúan sobre la bobinas inducidas las obligan a girar** y con ellas todo el rotor.

La energía eléctrica suministrada al motor se **transforma en energía mecánica de rotación**



# Fundamentos físicos de los generadores.

*Ley de Faraday: Voltaje inducido en un conductor que se mueve en un campo magnético.*



$$V_{inducido} = -\frac{d\Phi}{dt} = \int (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) dl$$

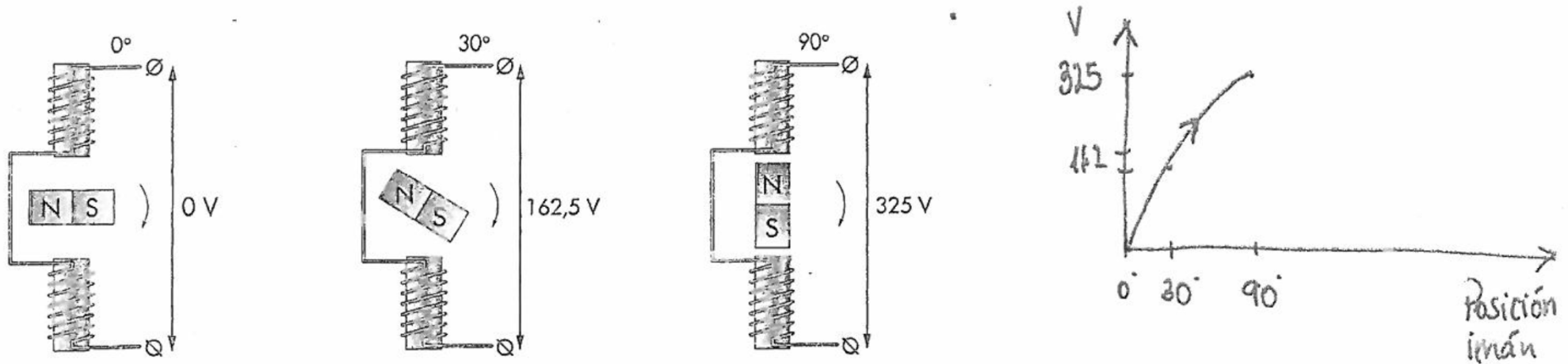
Es el fundamento físico de los **generadores**. Transforma la **energía mecánica** en **energía eléctrica**.

**Ejemplo.** Calculad el voltaje inducido en un conductor de 1 m de longitud que se mueve a 5 m/s en presencia de un campo magnético de 0,5 T, perpendicular al movimiento.

**Sol.**  $5 \text{ T} \times 0,5 \text{ m/s} \times 1 \text{ m} = 2,5 \text{ V}$

# Máquinas eléctricas dinámicas: El generador monofásico.

Cuando los movimientos del inducido y el inductor de un alternador son **regulares**, el voltaje inducido **varía siguiendo un ciclo**.

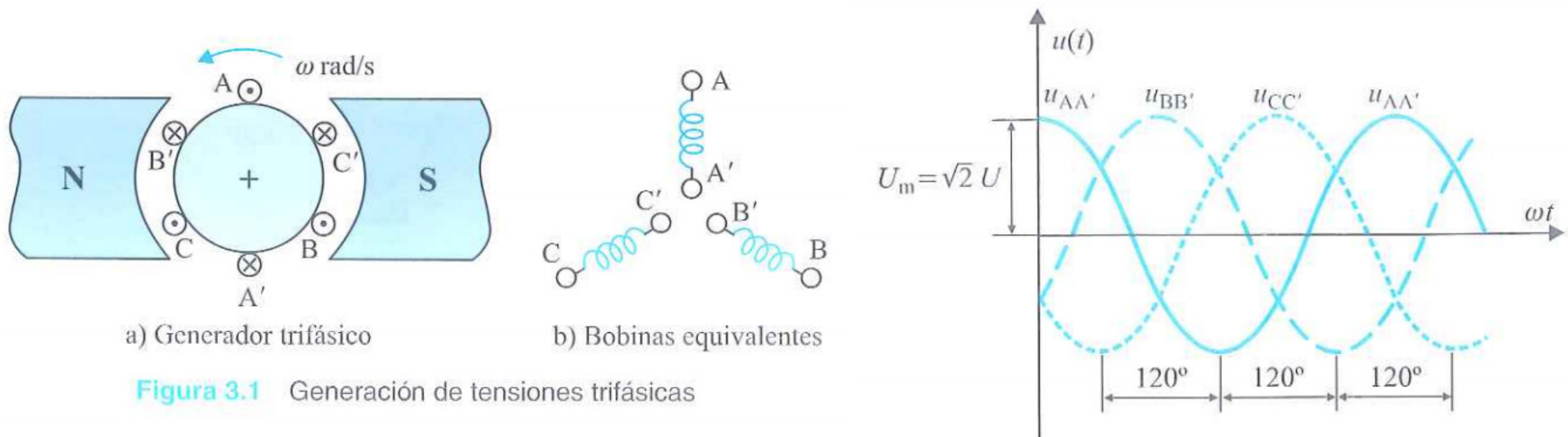


Los **alternadores son generadores de corriente alterna**. El rotor actúa como inductor y el estátor como inducido.

# Máquinas eléctricas dinámicas: El generador trifásico.

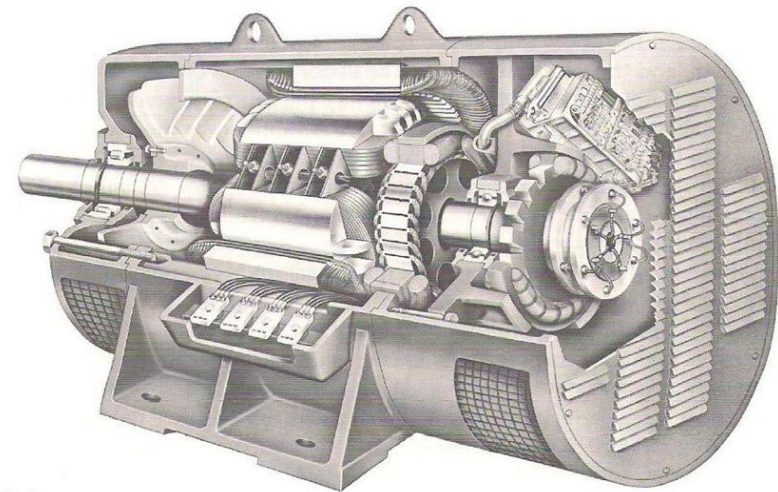
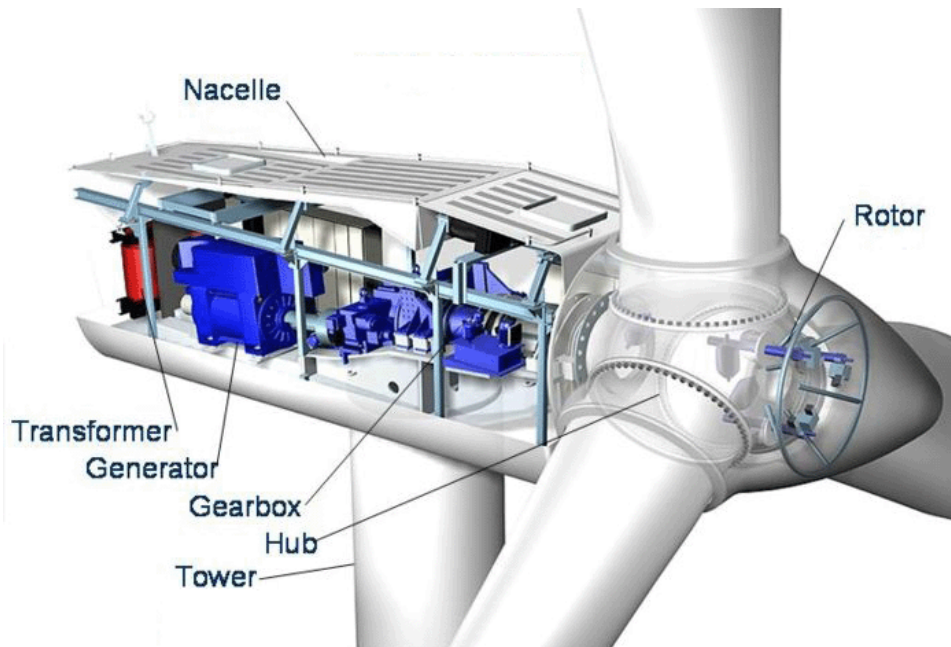
Un generador trifásico está compuesto por **tres juegos de bobinas** cuyos ejes forman ángulos de **120°** y un imán que gira en su interior.

Cuando el imán gira se **genera una corriente alterna** en cada devanado de igual amplitud y frecuencia y defasadas 120° en el tiempo. Corriente trifásica.



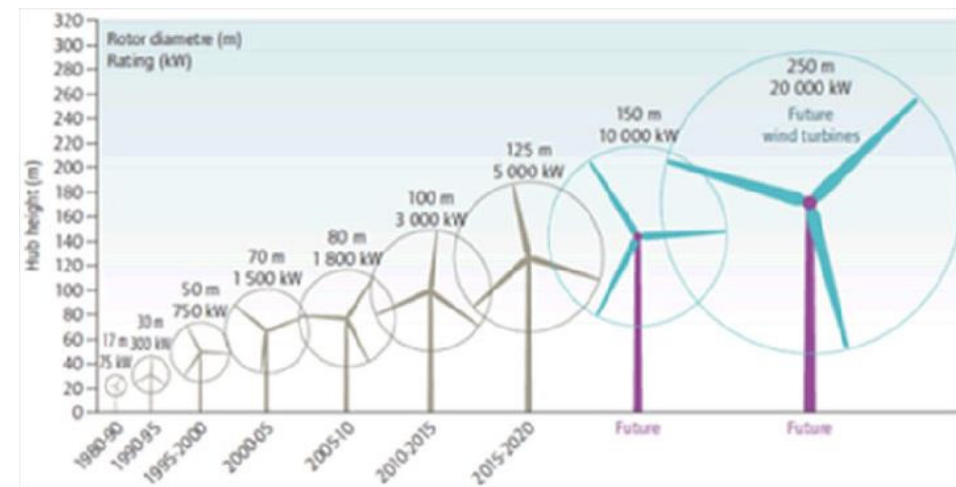
**Figura 3.1** Generación de tensiones trifásicas

# Ejemplo: generador trifásico de una turbina eólica



Las **turbinas eólicas actuales** pueden producir desde 250 W hasta 7,5 MW de potencia eléctrica, dependiendo de su tamaño y de la velocidad del viento.

<https://www.youtube.com/watch?v=qS3CtSX8Eck>



- **Máquinas Eléctricas.** Jesús Fraile Mora. McGraw-Hill. 6ª edición
- **Máquinas Eléctricas.** Stephen Chapman, McGraw-Hill