



EL 4001

Conversión de la Energía y Sistemas Eléctricos

Clase 8: Representación Unilineal de Sistemas Eléctricos

AREA DE ENERGIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA

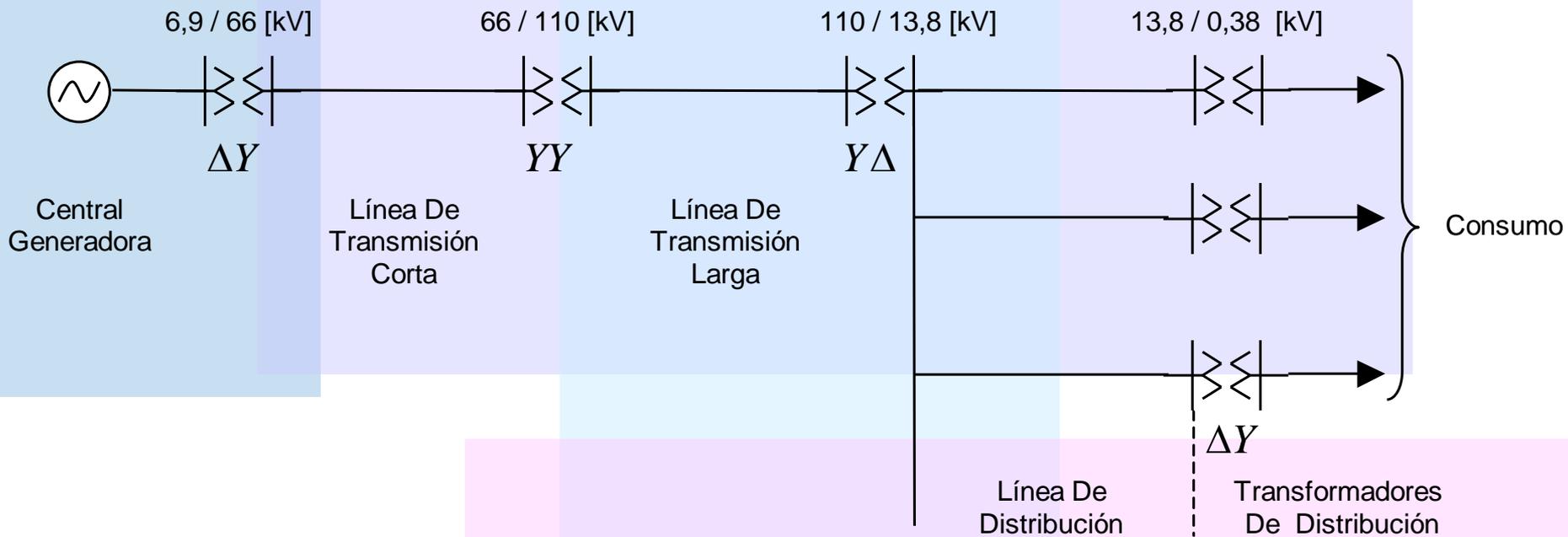


Temas

- Sistemas en tanto por uno
- Diagrama unilineal de sistemas eléctricos
- Representación equipos
- Máquinas de Corriente Continua



Representación Unilineal de un Sistema Eléctrico





REPRESENTACION EQUIPOS

Equipo	Símbolo Europeo	Americano
Reactor, Bobina		
Transformador 3 ϕ de dos enrollados separados		
Transformador 3 ϕ de tres enrollados separados		
Transformador 1 ϕ de dos enrollados		
Transformador 3 ϕ , conexión estrella-delta		
Transformador de corriente		
Transformador con derivaciones		



Equipo	Símbolo Europeo	Americano
Autotransformador		
Interruptor		
Desconectador		
Desconectador Fusible		
Reconectador		
Transformador de medida de tensión		
Pararrayos		
Cable de Poder		



Equipo	Símbolo
Generador	
Consumo	
Conexión Delta	
Conexión Delta abierta	
Conexión Estrella	
Conexión Zig-Zag	
C-C	
Aternativa para C-C	

Equipo	Símbolo
Posibilidad de variar bajo carga	
Posibilidad de posicionar	
Conexión T	
Conexión Estrella con Neutro	
Conexión Estrella-Delta	
Conductor genérico	
C-A	
Conexiones	

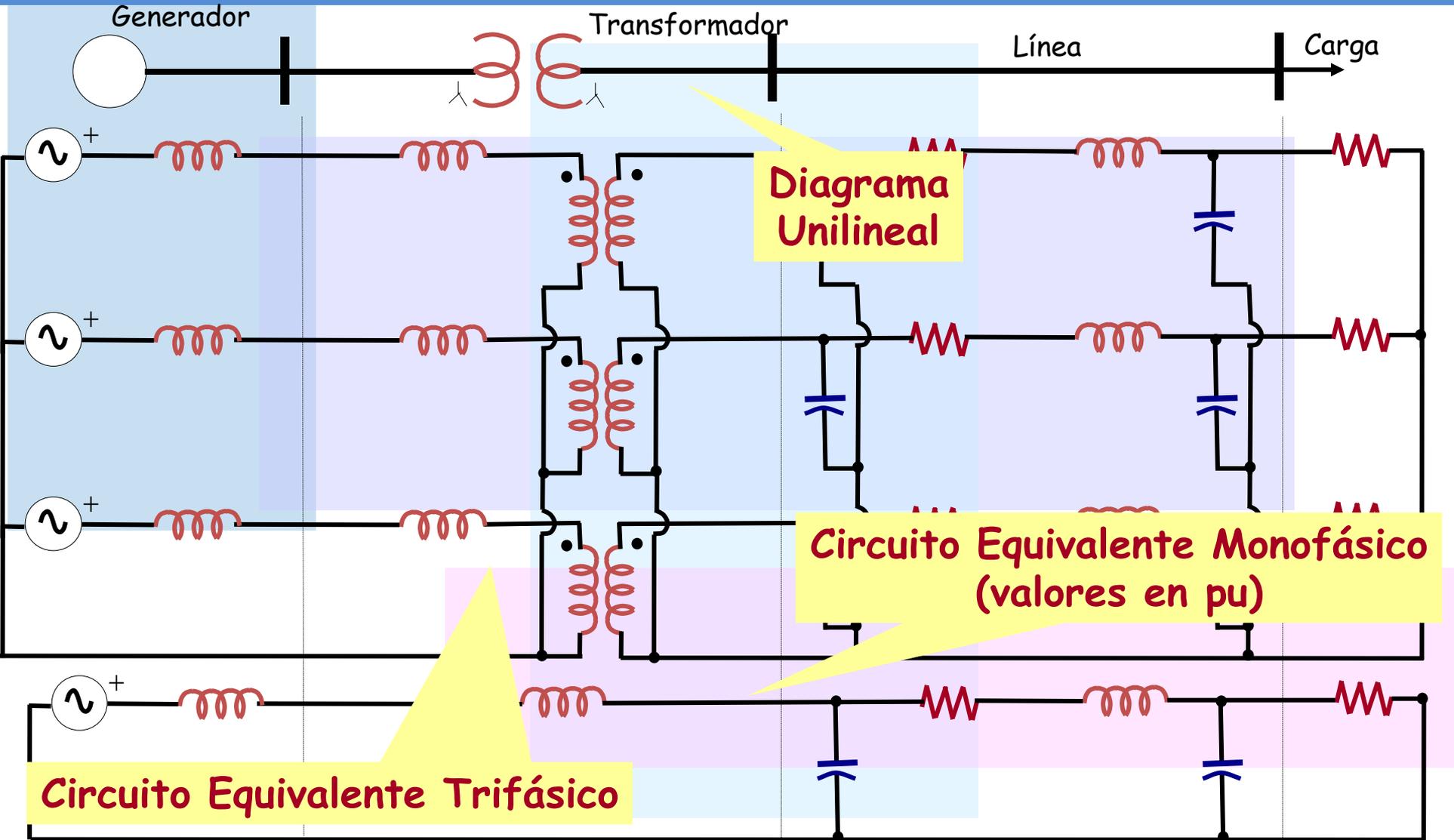


Equipo	Símbolo
Línea con 3 conductores	
Inductancia, bobina	
Impedancia fija	
Tierra	

Equipo	Símbolo
Resistencia	
Impedancia $R+jX$	
Condensador, Capacidad	
Batería, Acumulador	



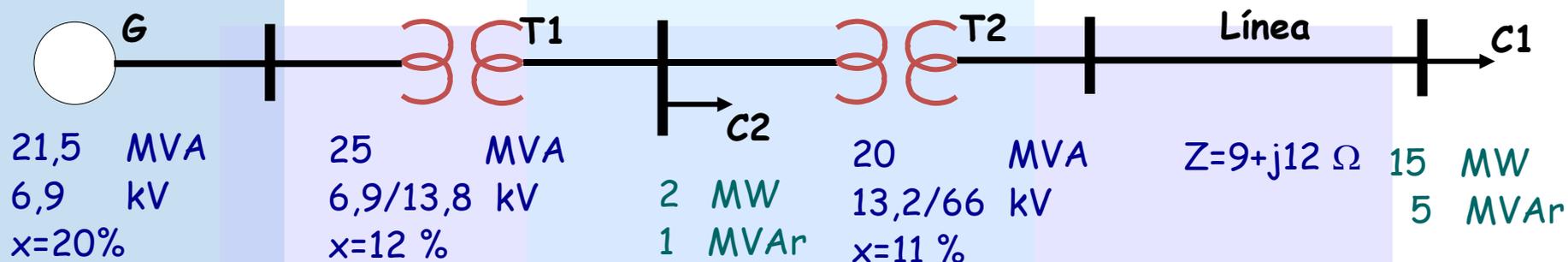
Representación de un sistema eléctrico de potencia





Representación de un sistema eléctrico de potencia

Ejemplo de Aplicación



Calcular tensión en bornes del generador, tal que tensión en carga principal sea 95% (Trabajar con $S_B=20$ MVA)



Representación de un sistema eléctrico de potencia

Necesidad de Modelar Componentes

- Estructura General
- Modelo de Operación en Régimen Normal
- Modelo de Operación ante Perturbaciones

Criterios de Modelación

- Explicar comportamiento de equipos desde el punto de vista del Sistema (visto desde los bornes correspondientes)
- Precisión de modelos ajustada a condiciones de operación especificadas:

Cuasiestacionario, estático: Modelos lineales, monofásicos, parámetros concentrados

Comportamiento dinámico, fenómenos transientes : Modelos no lineales, representación de cada fase



Máquinas de Corriente Continua

- Primera máquina en ser desarrollada (Gramme, belga, 1860), luego, perfeccionada por W. Siemens.
- Diseño más complejo que las máquinas de C.A.:
 - Menos robusta, mayor mantención, más volumen y peso por kW.
- Principales ventajas:
 - Amplio rango de velocidades.
 - Característica torque-velocidad variable.
 - Rápida aceleración/desaceleración y cambio de sentido de giro.
 - Frenado regenerativo.



PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

❑ GENERADOR DE C.C. O DÍNAMO

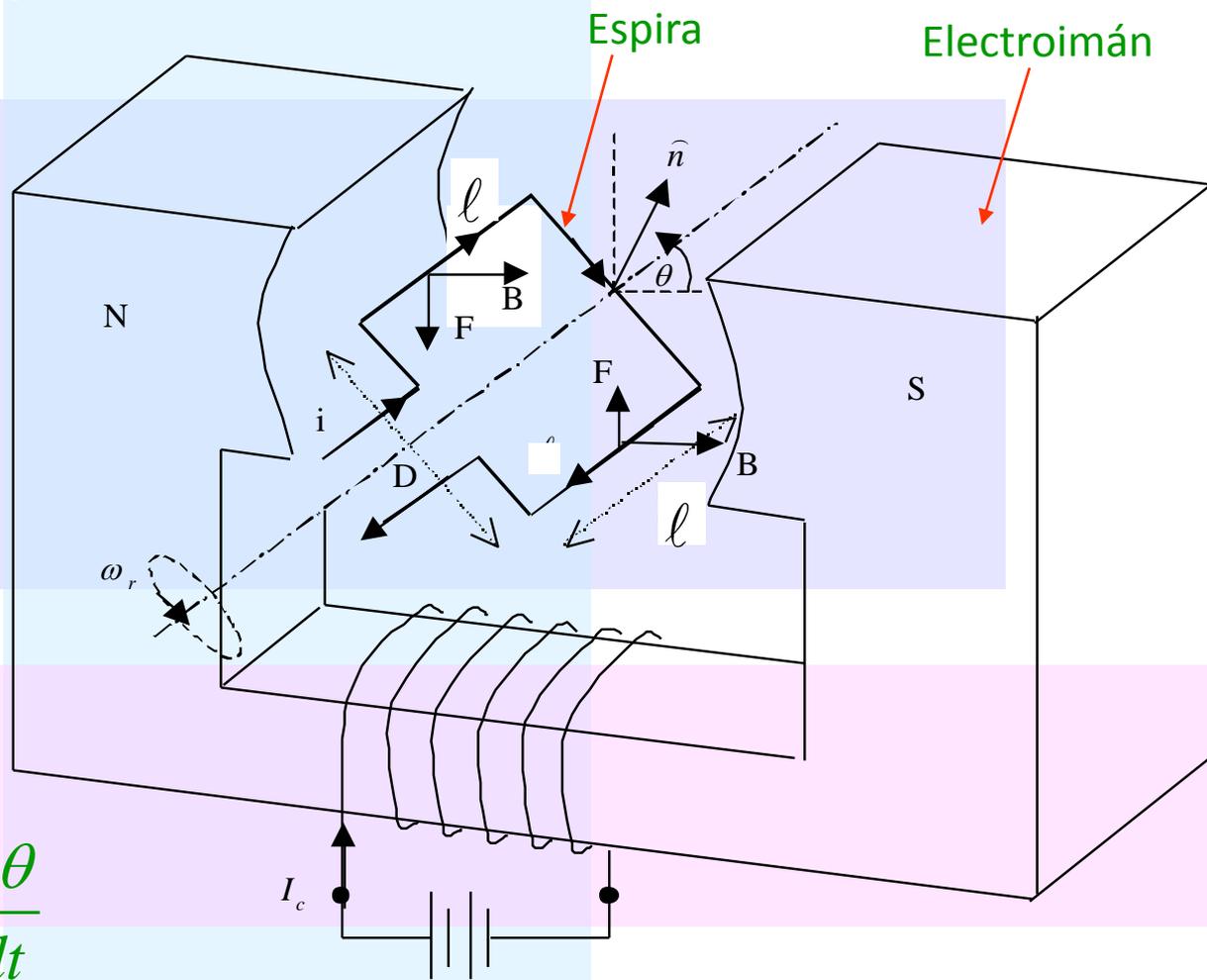
El voltaje inducido en la espira:

$$e = - \left(\frac{d\phi}{dt} \right)$$

Se cumple

$$\begin{aligned} \phi &= \vec{B} \cdot \vec{S} \\ &= B \cdot D \cdot \ell \cdot \cos(\theta) \end{aligned}$$

$$\Rightarrow e = B \cdot D \cdot \ell \cdot \text{sen}(\theta) \cdot \frac{d\theta}{dt}$$





PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

Para una bobina plana de N_b espiras en serie:

$$e = \omega_r \cdot N_b \cdot B \cdot D \cdot \ell \cdot \text{sen}(\theta) = E_{max} \cdot \text{sen}(\omega_r t - \delta)$$

donde:

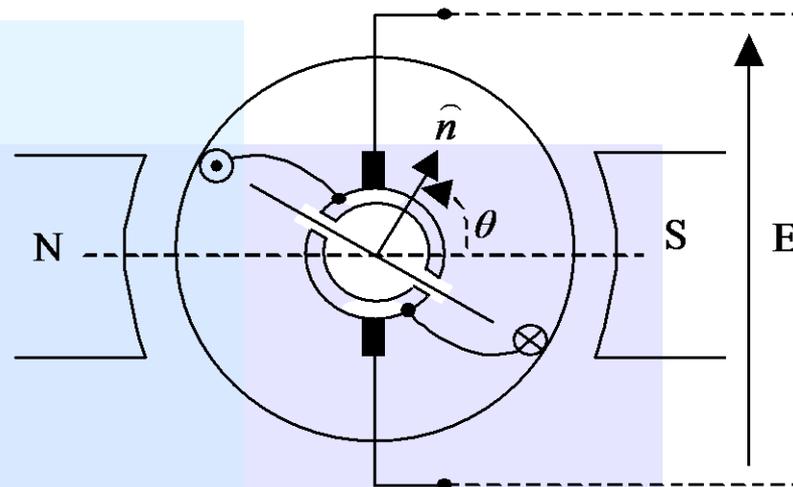
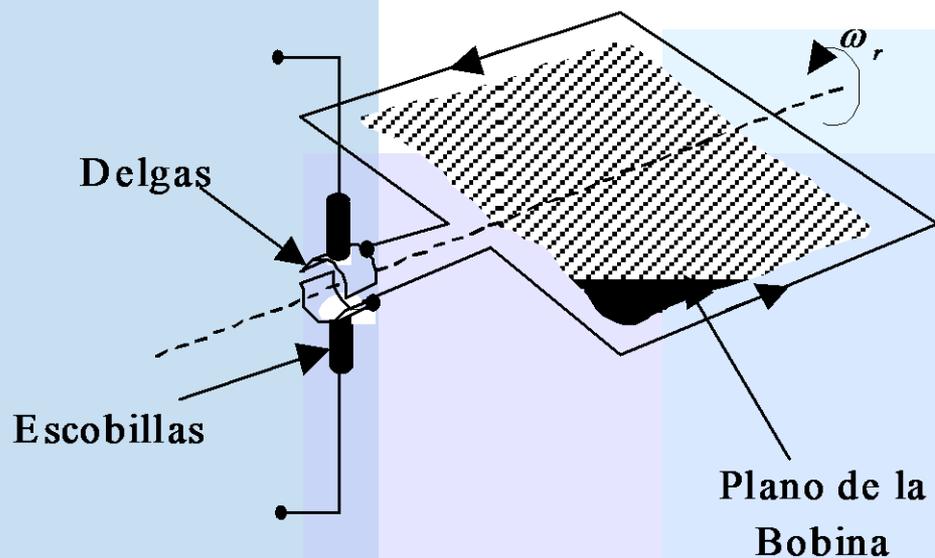
$$\omega_r = \frac{d\theta}{dt}, \quad E_{max} = \omega_r \cdot N_b \cdot B \cdot D \cdot \ell \quad \text{y} \quad \theta = -\delta \quad \text{para } t = 0$$

De esta forma se obtiene un generador alterno y sincrónico ($\omega = \omega_r$).

Si se desea un voltaje rectificado o continuo, se requiere de un sistema de **conmutación**, donde el voltaje se obtiene de un par de contactos llamados **carbones** o **escobillas**, que se deslizan sobre los terminales de las bobinas del rotor (delgas).



PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO



Si E es el voltaje en las escobillas, se observa:

$$E = e \quad \text{para } \theta = 0 \rightarrow \pi$$

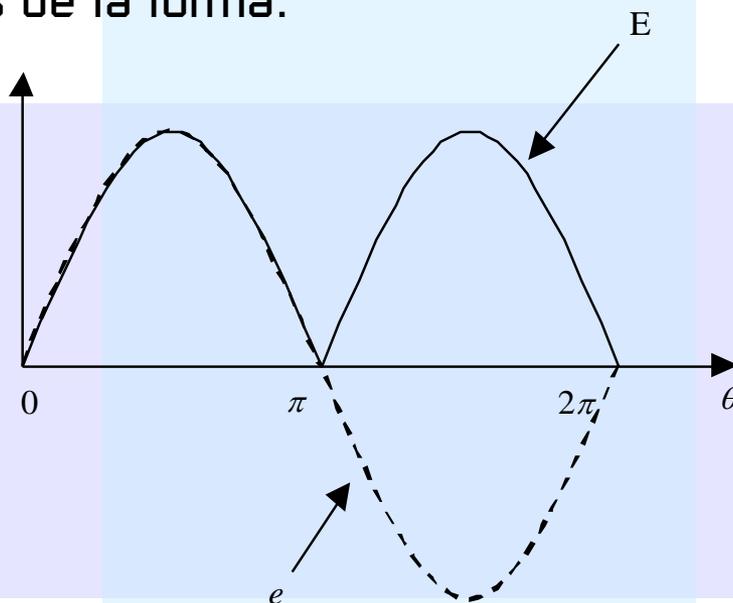
$$E = -e \quad \text{para } \theta = \pi \rightarrow 2\pi$$

y que en $\theta_c = 0, \pi, 2\pi, \dots$ se produce la conmutación.



PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

Así el voltaje obtenido es de la forma:



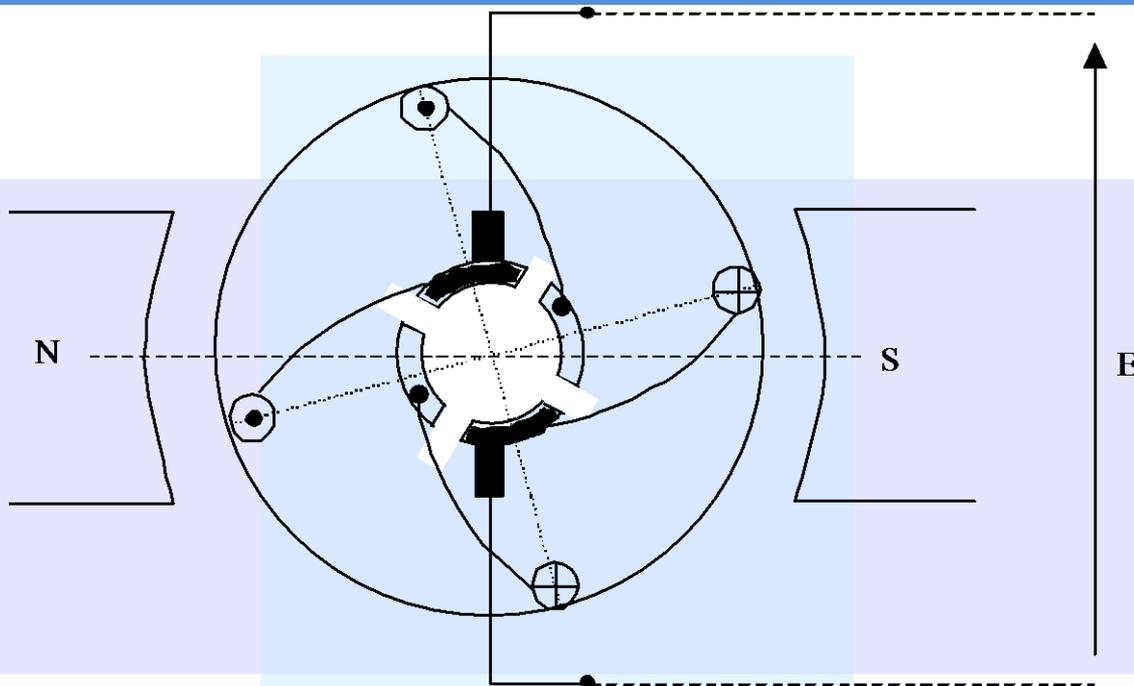
El voltaje se puede rectificar aún más aumentando el número de delgas y de bobinas.

Al usar 2 bobinas y 4 delgas, las tensiones inducidas están desfasadas en 90°:

$$e_1 = E_{max} \cdot \text{sen}(\theta), \quad e_2 = E_{max} \cdot \text{sen}(\theta - 90^\circ) = E_{max} \cdot \text{cos}(\theta)$$



PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO



Se tiene en este caso:

$$\theta_c = \pi/4, 3\pi/4, 5\pi/4, 7\pi/4, \dots \quad \text{y}$$

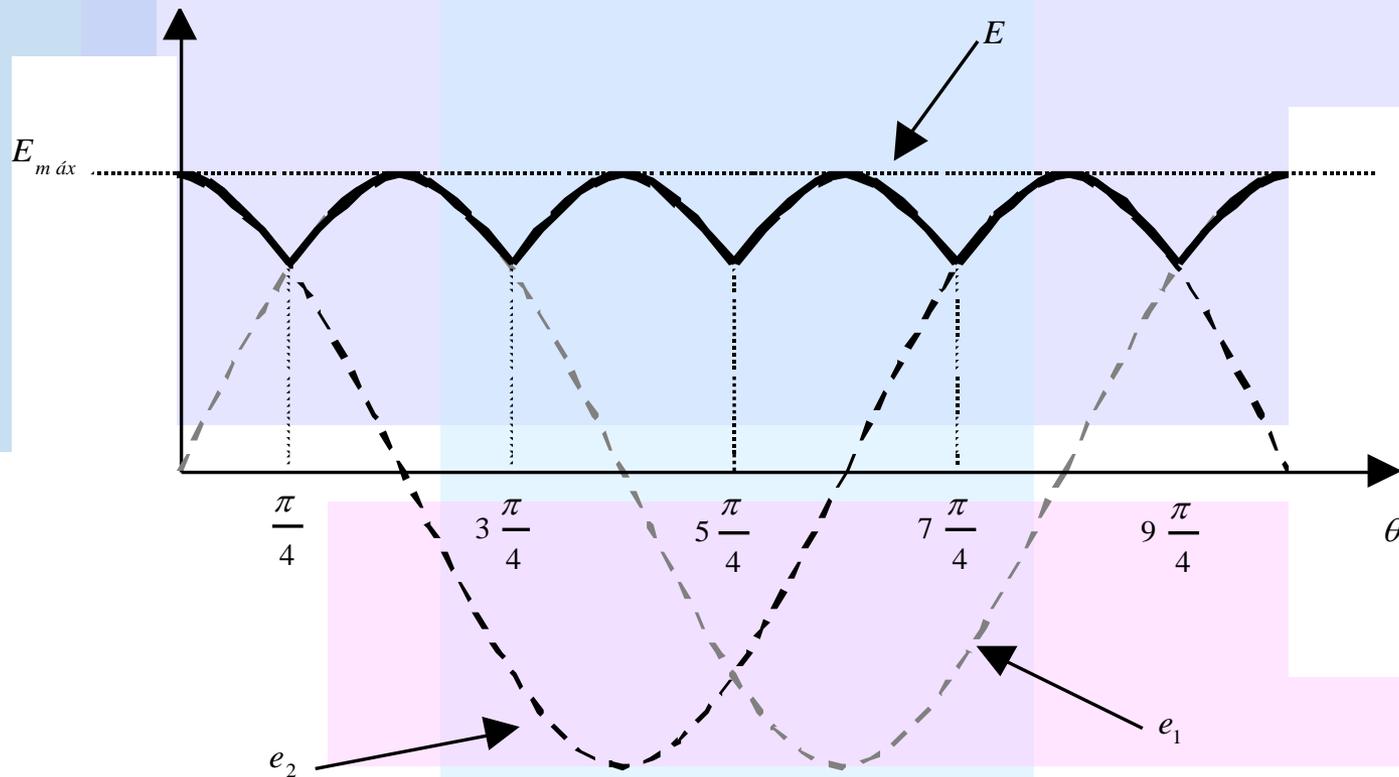
$$E = e_2 \quad \text{para } \theta = 0 \rightarrow \pi/4 \qquad E = -e_2 \quad \text{para } \theta = 3\pi/4 \rightarrow 5\pi/4$$

$$E = e_1 \quad \text{para } \theta = \pi/4 \rightarrow 3\pi/4 \qquad E = -e_1 \quad \text{para } \theta = 5\pi/4 \rightarrow 7\pi/4$$



PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

La forma de onda sería:





PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

Aumentando el número de delgas, la tensión es prácticamente continua en los terminales de las escobillas:

$$E \approx E_{max} = \omega_r \cdot N_b \cdot B \cdot D \cdot \ell$$

que equivale:

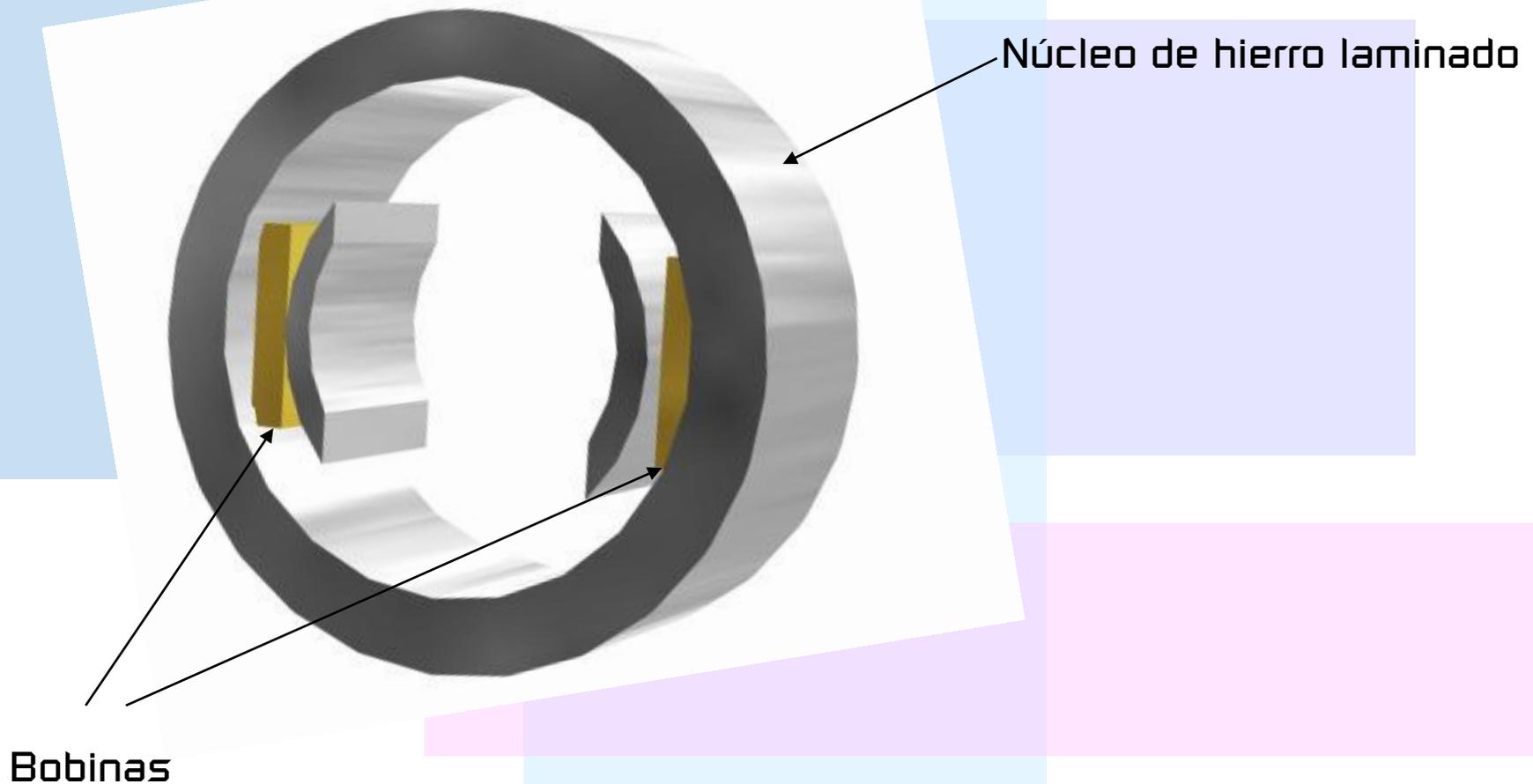
$$E = \frac{2\pi \cdot n}{60} \cdot N_b \cdot \phi = K_e \cdot n \cdot \phi$$

donde K_e depende de las características constructivas del enrollado. Éste puede ser de bobinas independientes o imbricado, que es el más usual.



Aspectos Constructivos

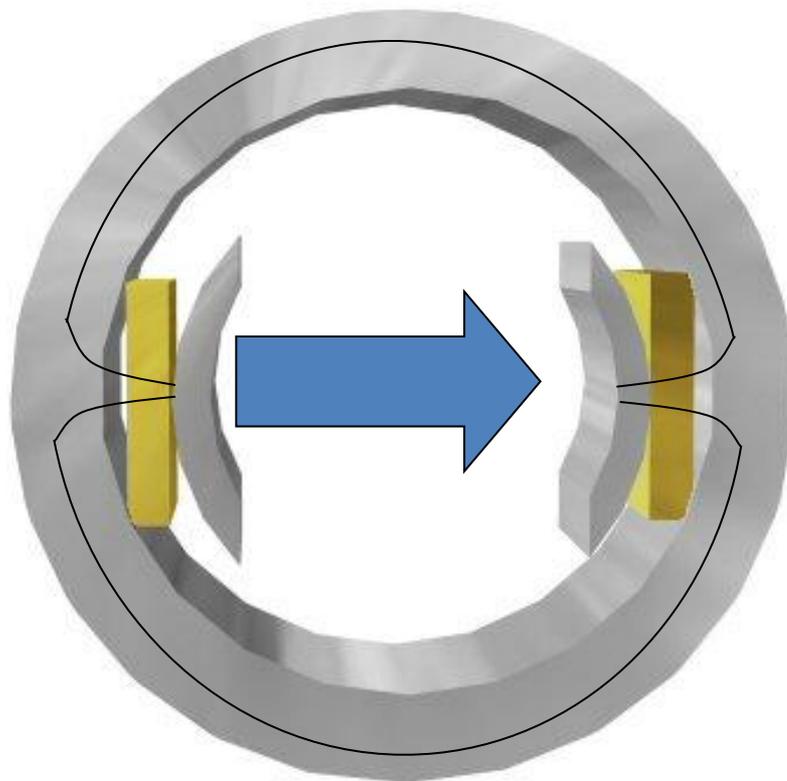
Estator





Aspectos Constructivos

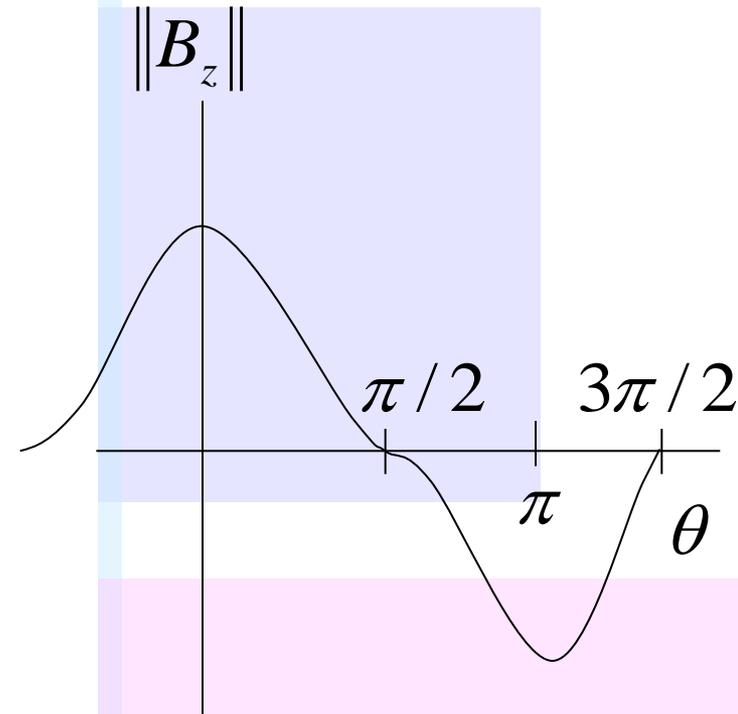
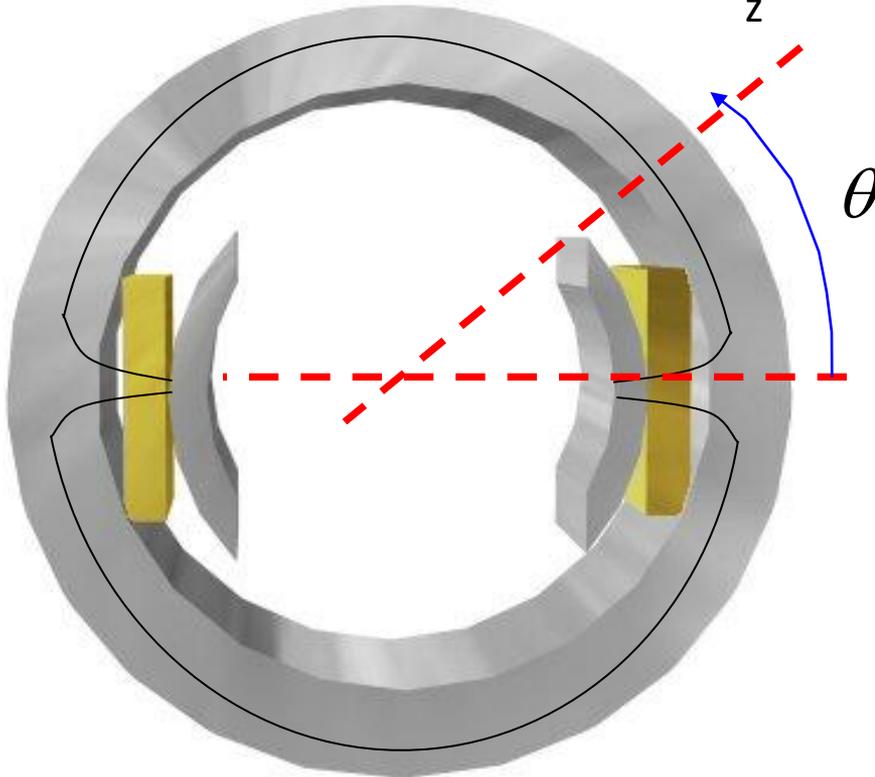
Campo Magnético





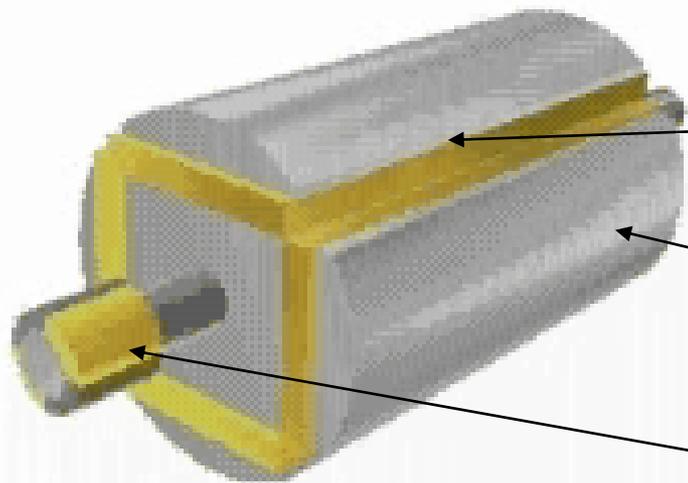
Aspectos Constructivos

Campo Magnético





Aspectos Constructivos



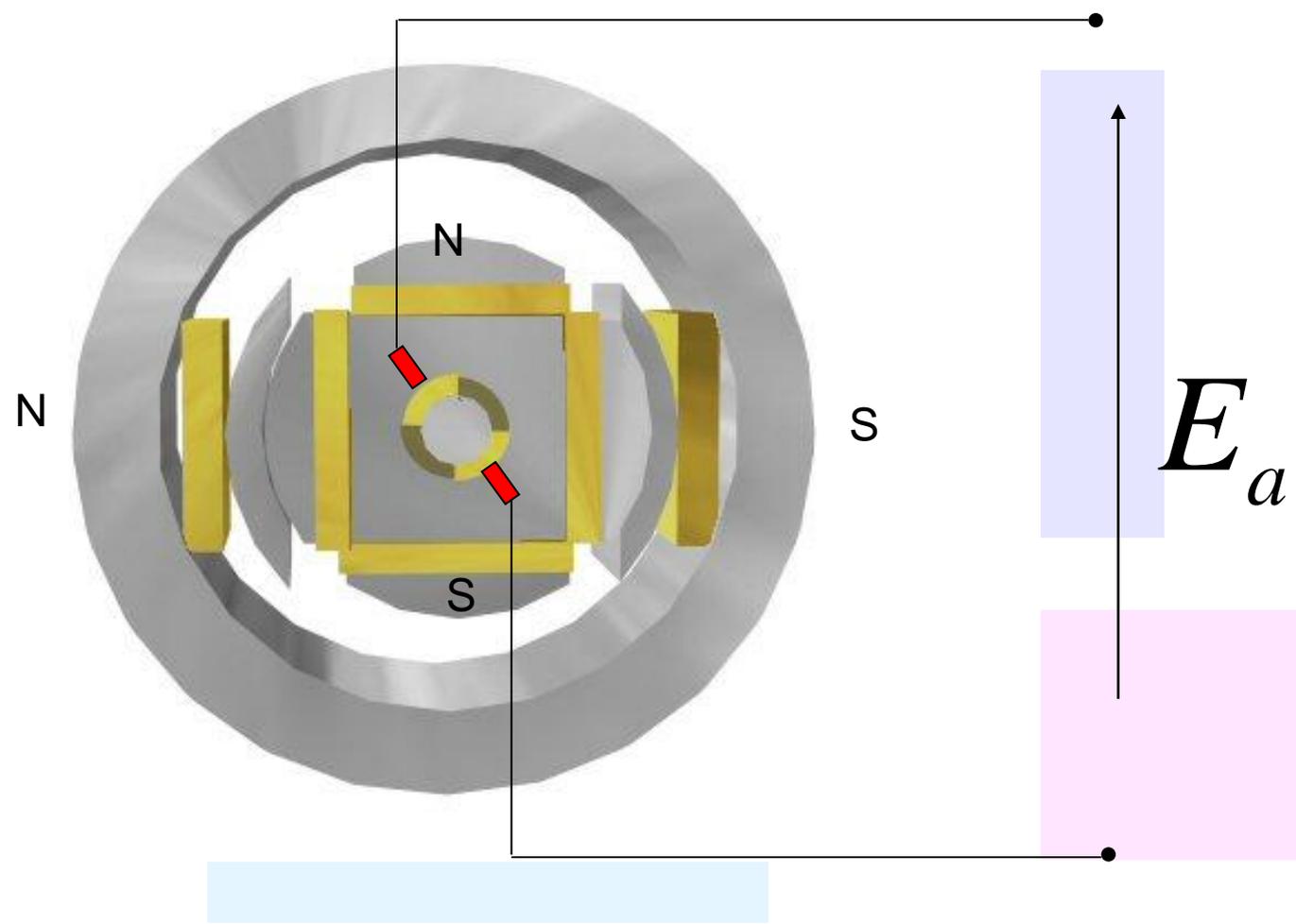
Bobinas

Núcleo de hierro laminado

Delgas

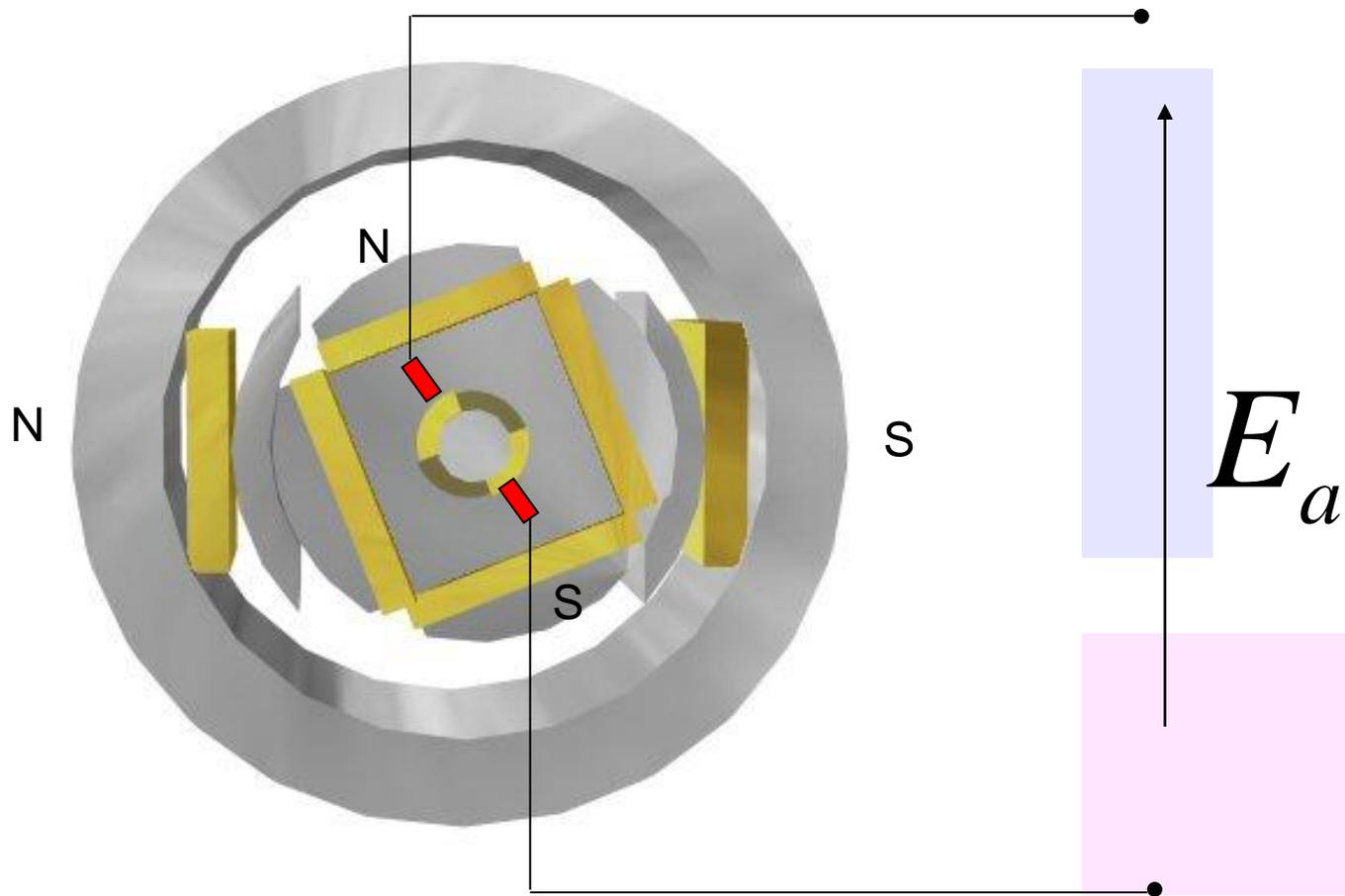


Aspectos Constructivos



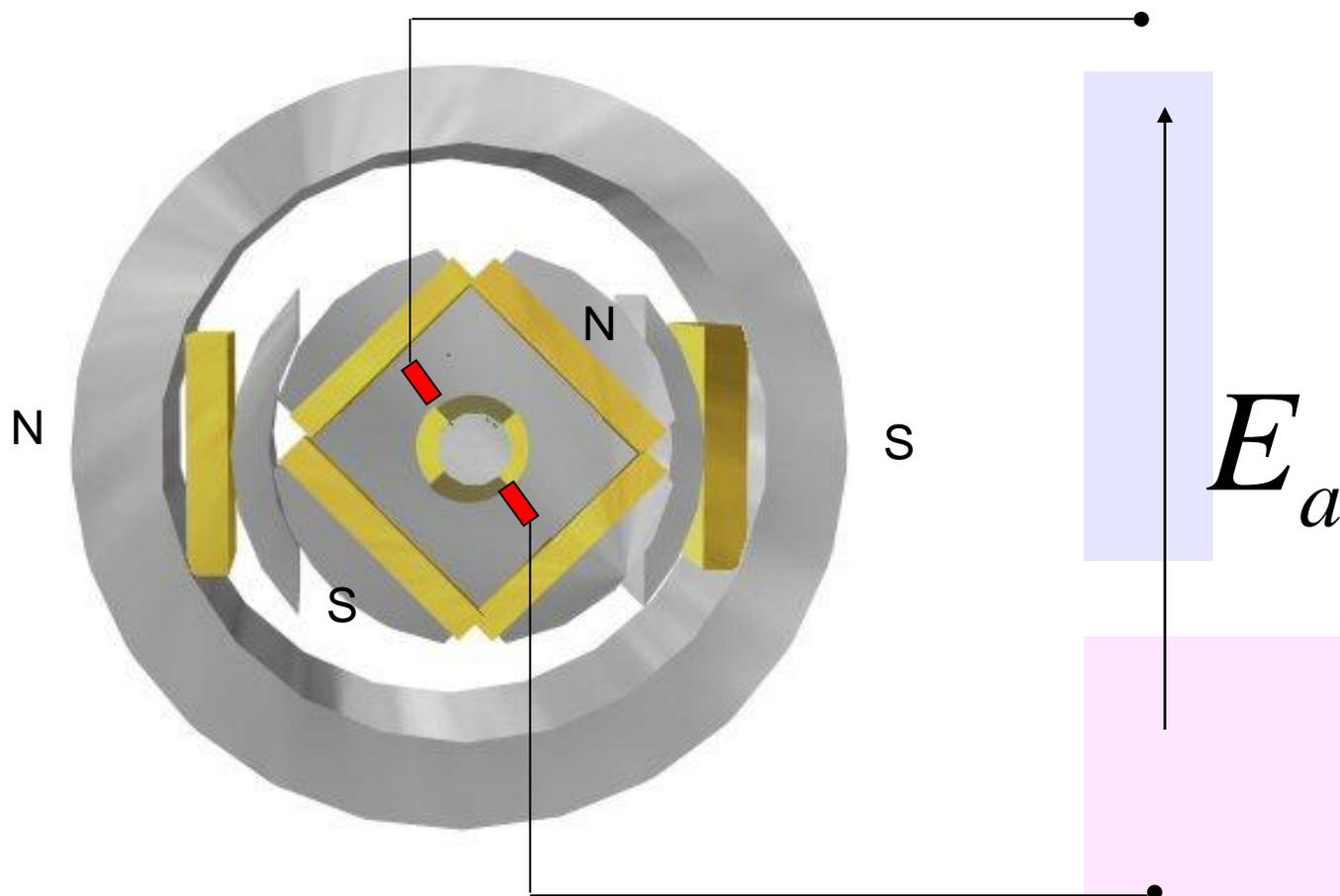


Aspectos Constructivos



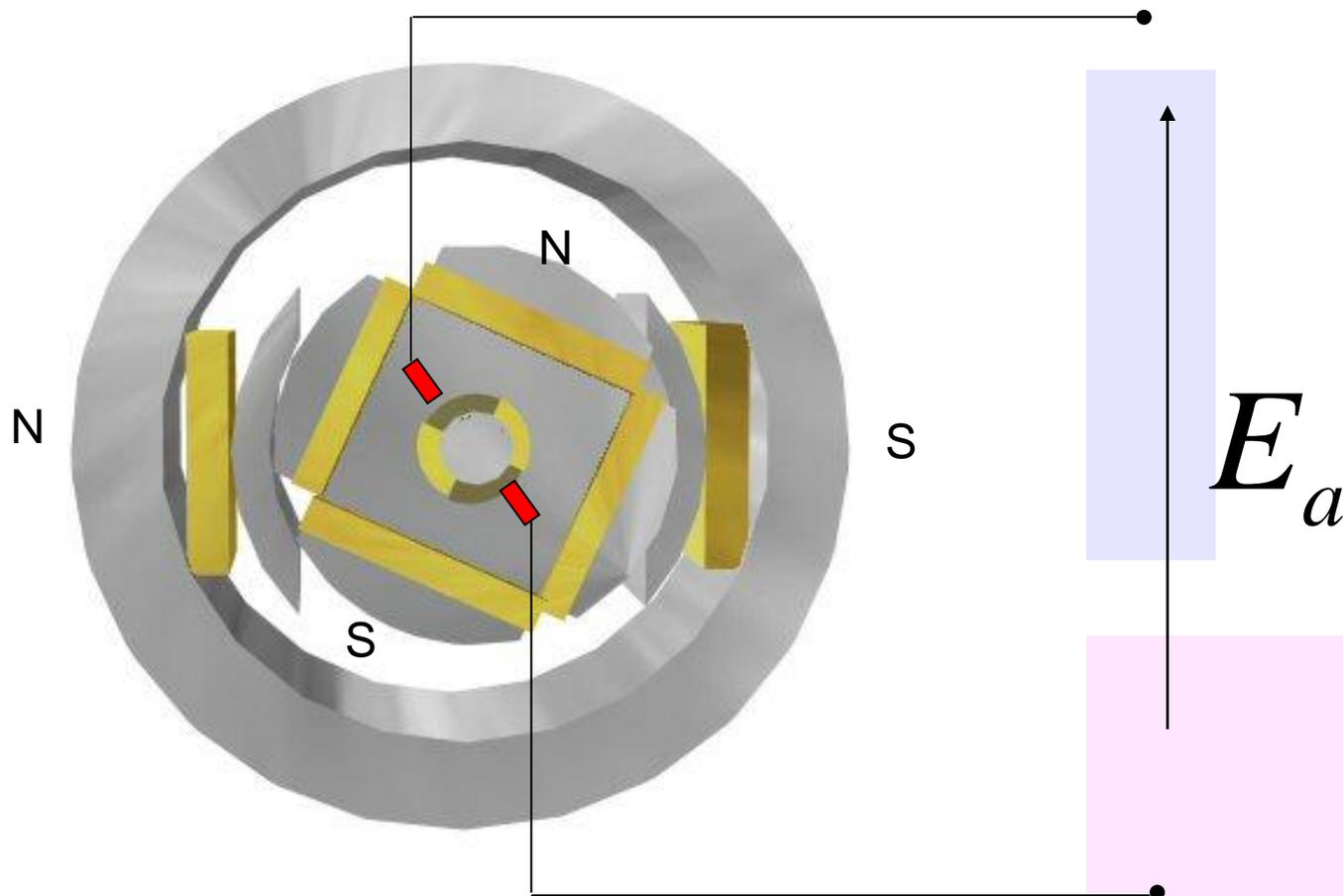


Aspectos Constructivos



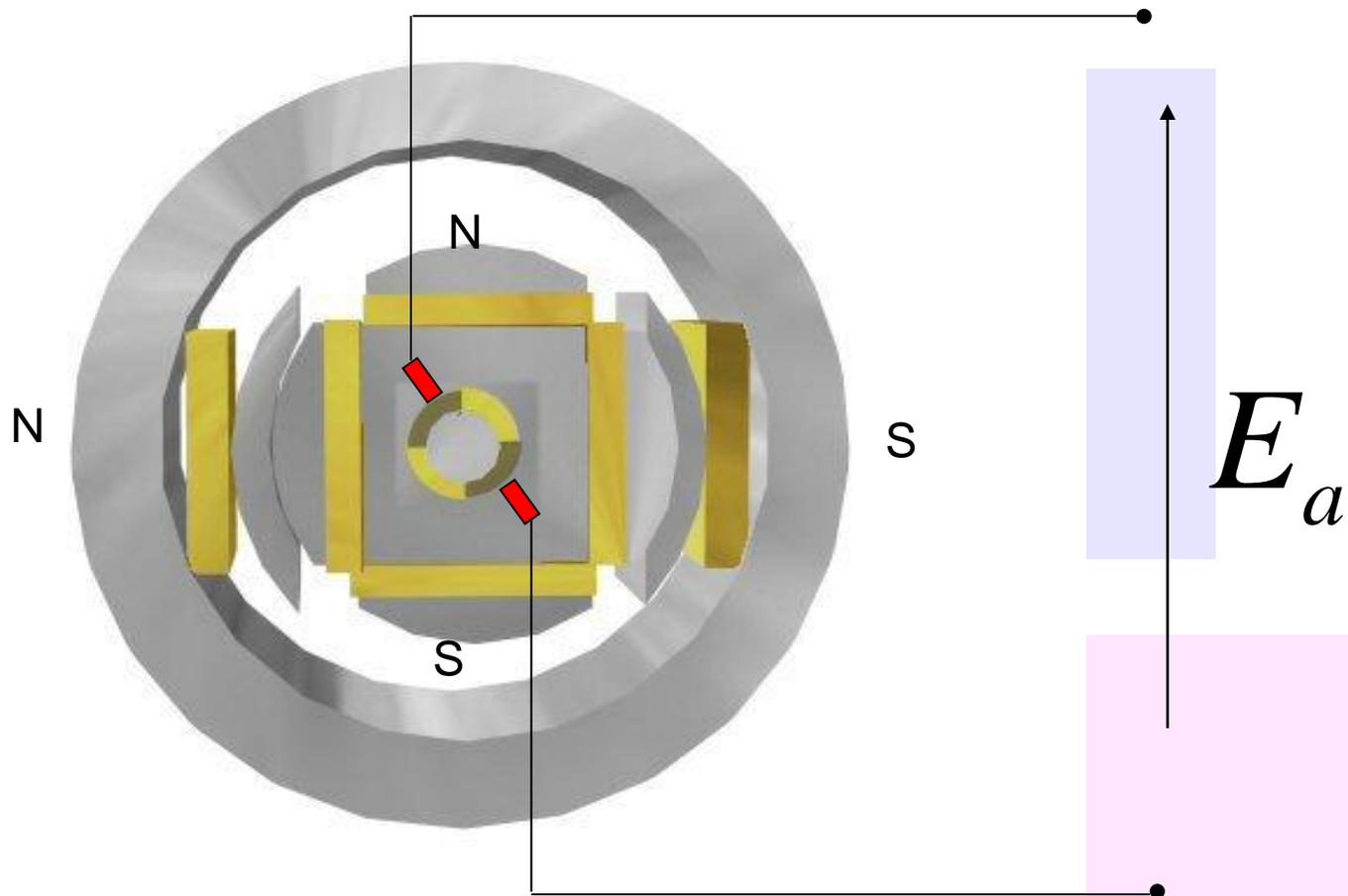


Aspectos Constructivos



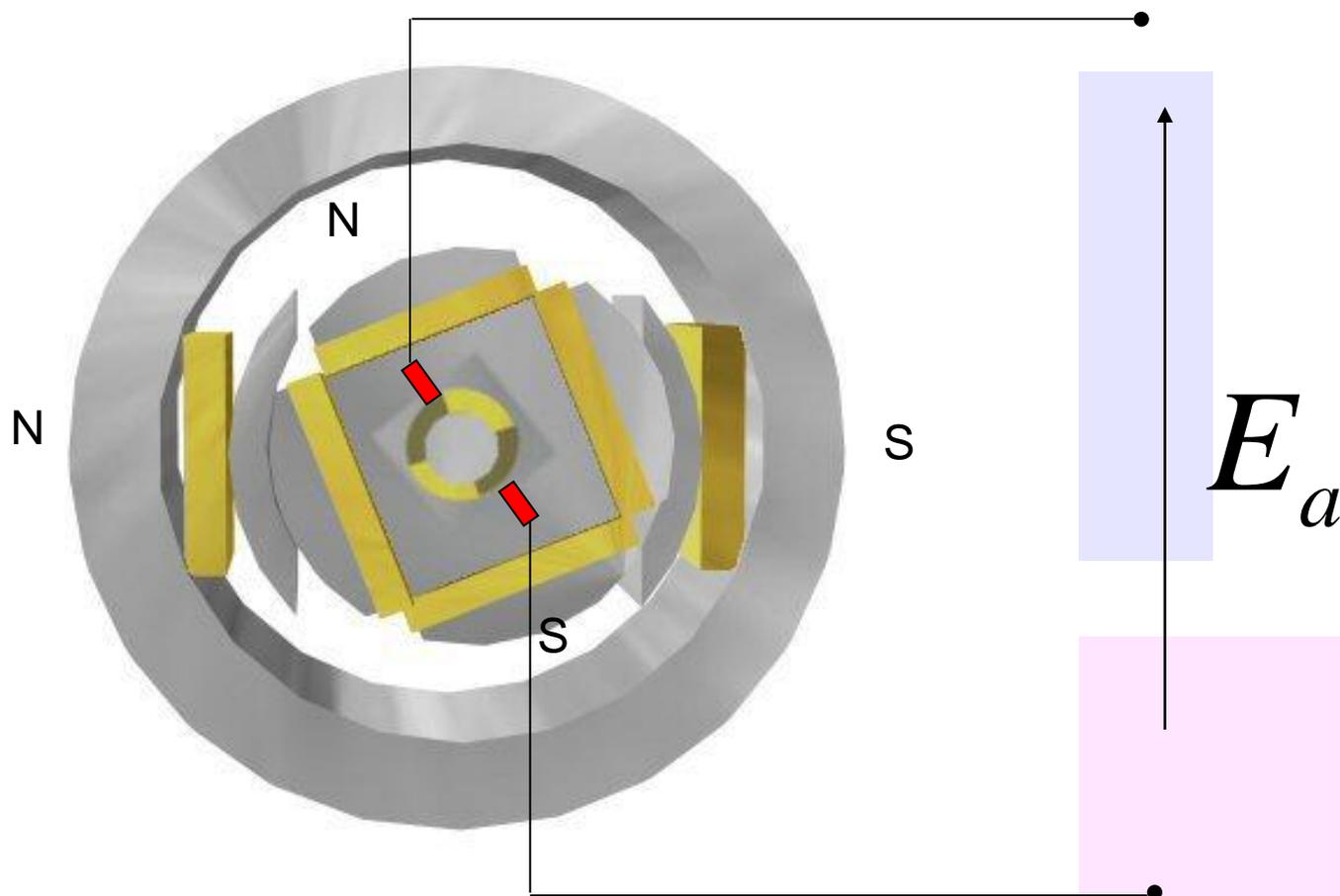


Aspectos Constructivos



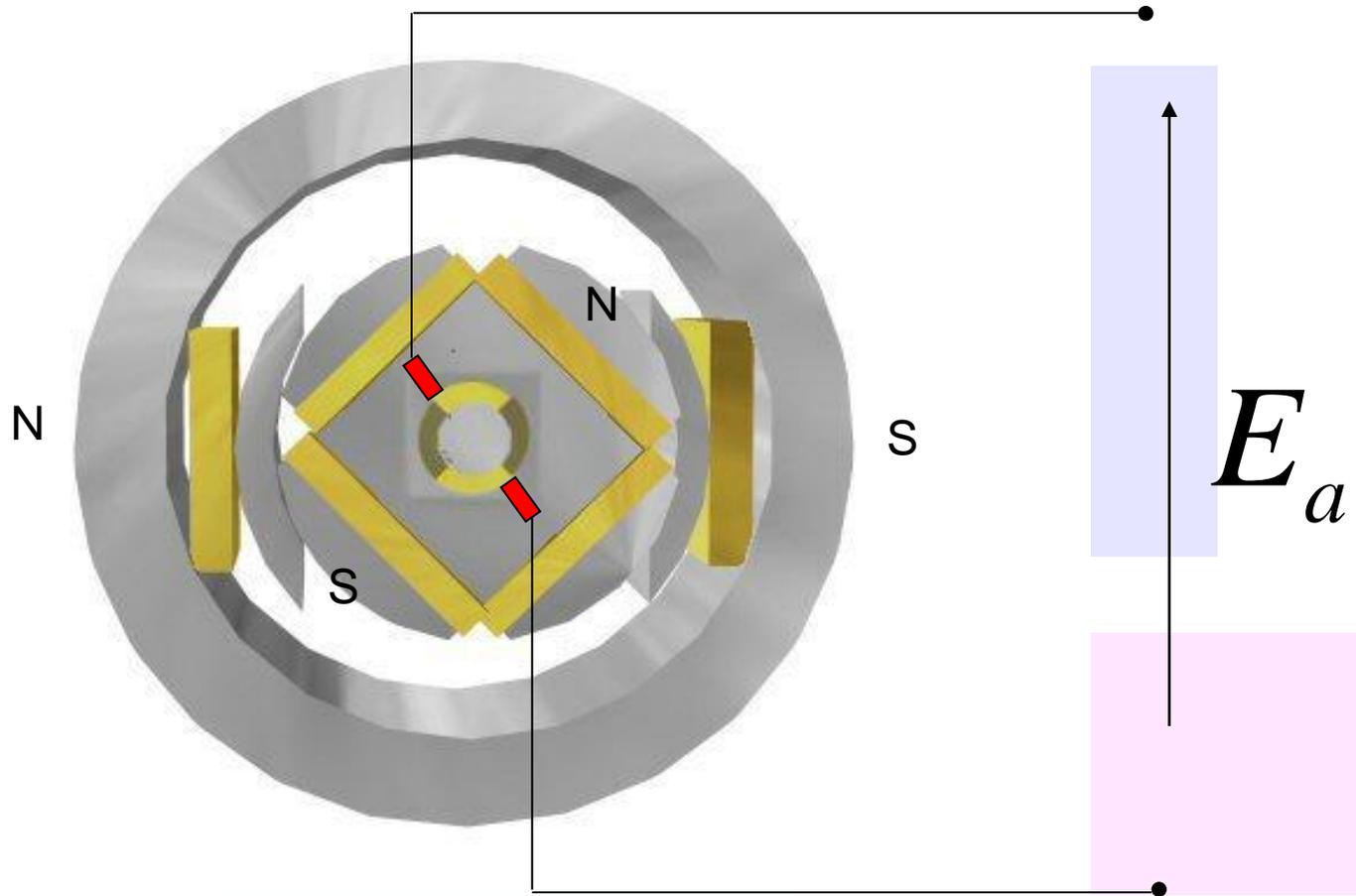


Aspectos Constructivos



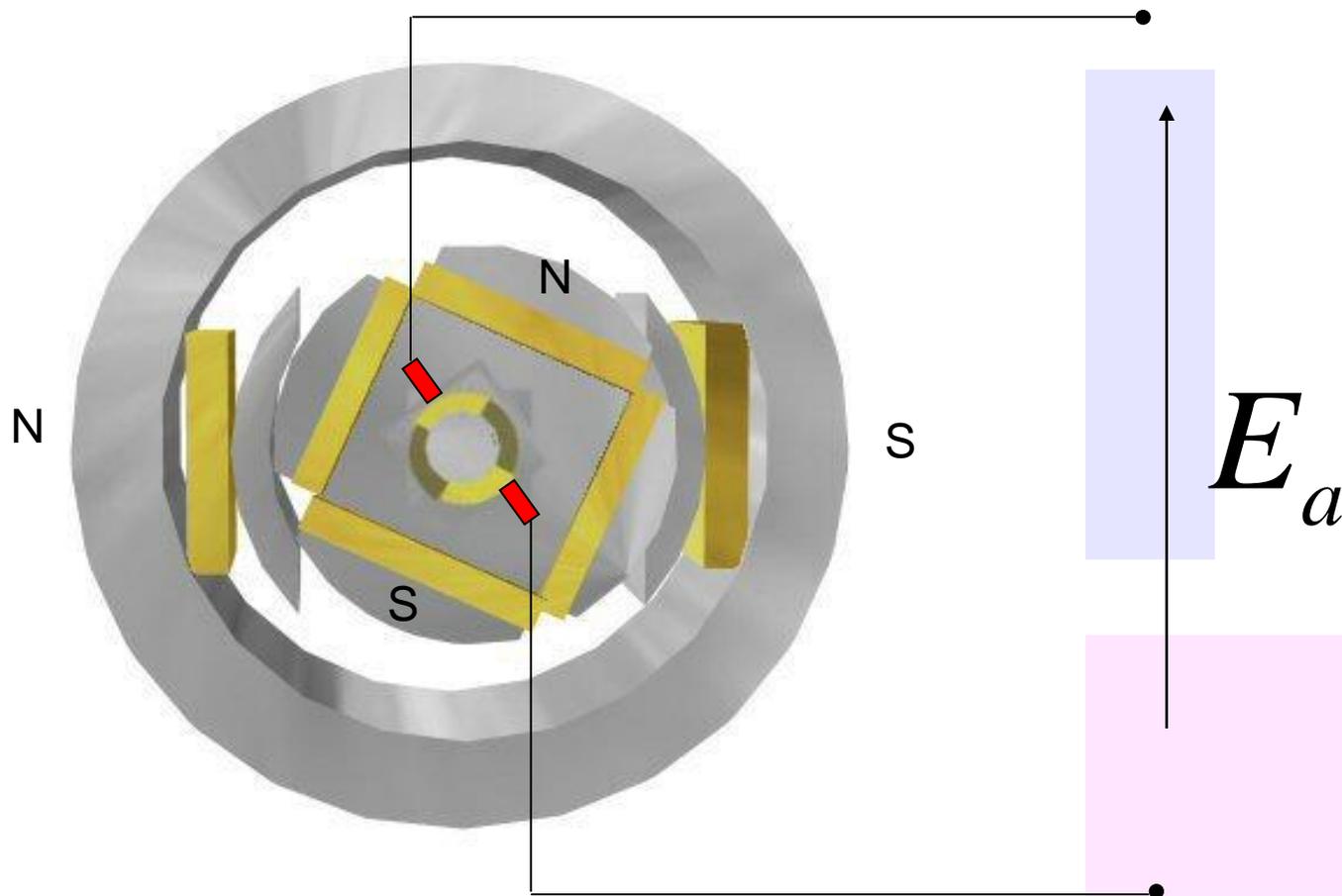


Aspectos Constructivos





Aspectos Constructivos





Aspectos Constructivos

