



Tema II Conceptos general y restricciones en el diseño

Introducción

Factores de diseño

Par y Potencia en las máquinas de corriente continua

Par y potencia en las máquinas de corriente alterna

Coefficiente de utilización (potencia).

Factores que afectan el tamaño de las máquinas rotativas

Variación de la potencia y de las pérdidas con las dimensiones

Interdependencia entre D y L. Criterios generales

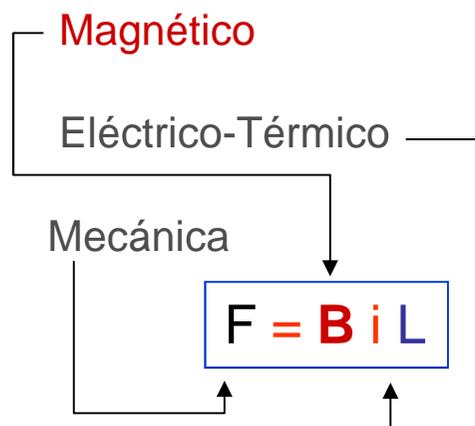


Introducción

¿Cuáles son las leyes fundamentales que relacionan las características electromagnéticas de las máquinas eléctricas a sus principales dimensiones geométricas?

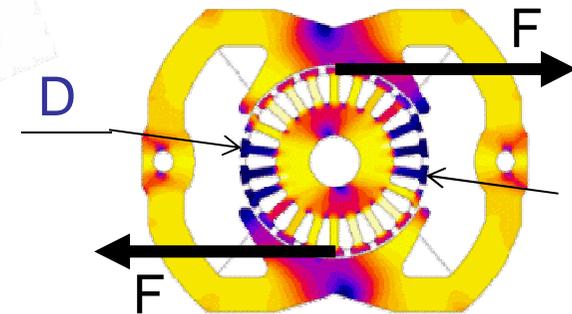
¿Cuáles son las magnitudes que caracterizan la utilización de los materiales activos en la construcción de una máquina eléctrica?

Dimensionamiento



$$T_{\text{esp}} = F D$$

$$T = N_{\text{esp}} T_{\text{esp}}$$





Tema II Conceptos general y restricciones en el diseño

Introducción

Factores de diseño

Par y Potencia en las máquinas de corriente continua

Par y potencia en las máquinas de corriente alterna

Coefficiente de utilización (potencia).

Factores que afectan el tamaño de las máquinas rotativas

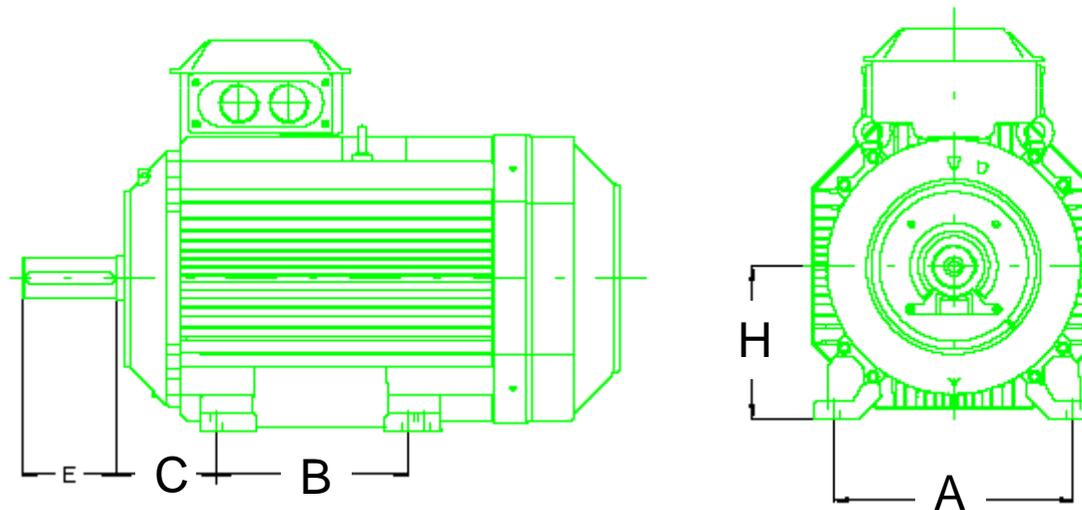
Variación de la potencia y de las pérdidas con las dimensiones

Interdependencia entre D y L. Criterios generales



Factores de diseño

La construcción de máquinas para aplicaciones industriales se ha especializado en una serie de dimensiones normalizadas para las carcasas o envolventes de las mismas que cubren todo el rango de potencias considerado, recogidas en la **IEC 72**





Factores de diseño

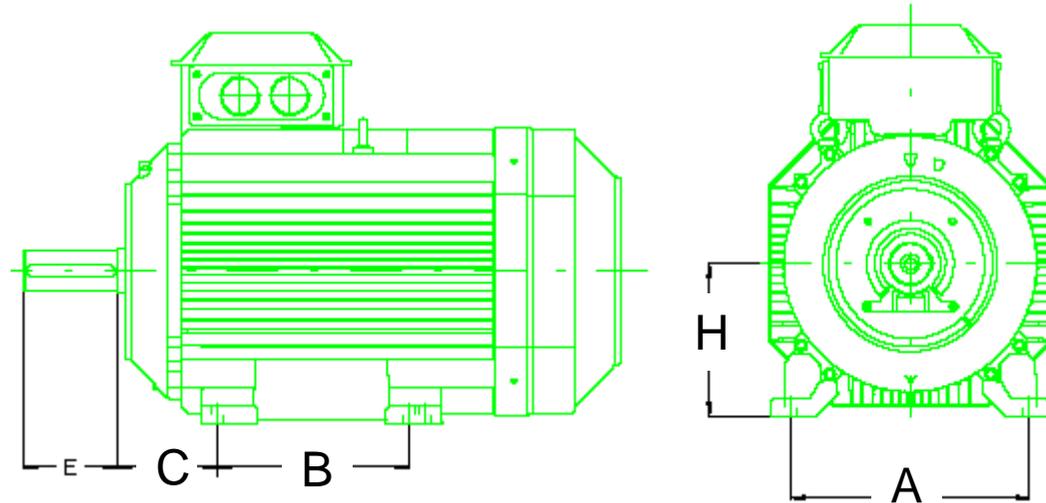
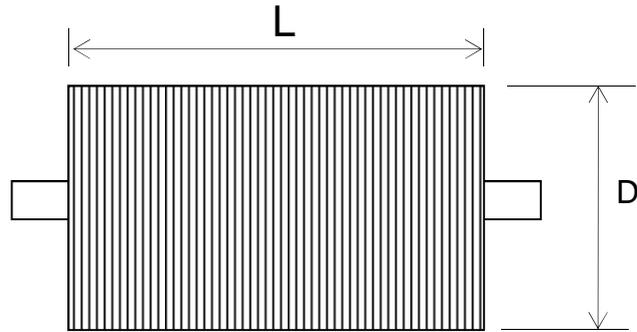


Tabla. Valores normalizados para máquinas asíncronas trifásicas

Tamaño de carcasa	Potencia (kW)	Diámetro del rotor (mm)	Longitud del paquete de chapas (mm)	H (mm)	A (mm)	B (mm)	C (mm)
160M	11	135	180	160	254	210	108
	15	135	180				
160L	18.5	135	215			254	

POTENCIAS NORMALIZADAS

La IEC recomienda potencias en kW. Así, 20 potencias diferentes se consiguen con sólo 12 tamaños diferentes, a base de utilizar diferentes longitudes de inducido: S (*short*), M (*medium*) y L (*long*).



Factores de diseño

Ley general de dimensionamiento

Relación:

DIMENSIONES GEOMETRICAS (volumen)
(Material activo) $D^2 L$ [m³]

CARGA ESPECIFICA (magnética; eléctrica)
 B [T] A [A-v/m]

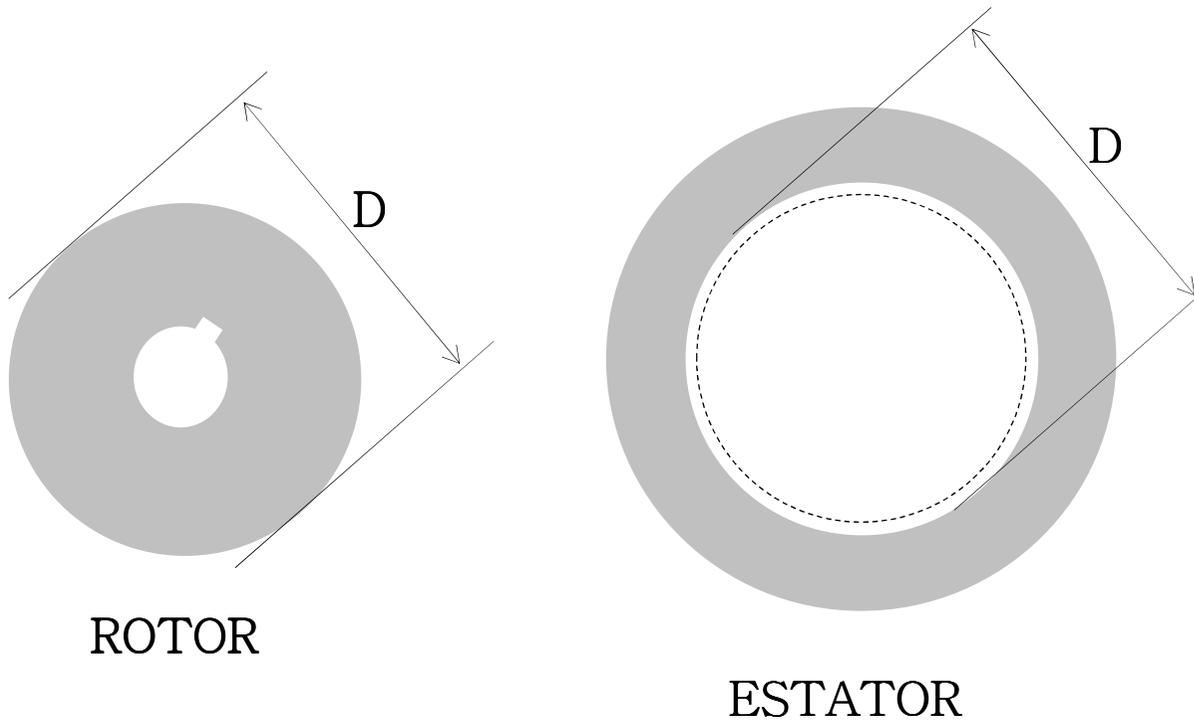
CARACTERISTICAS (par; potencia)
 T [Nm] P [W]



Factores de diseño

DIMENSIONES GEOMETRICAS (volumen)
(Material activo) $D^2 L$ [m³]

D: Diámetro del inducido





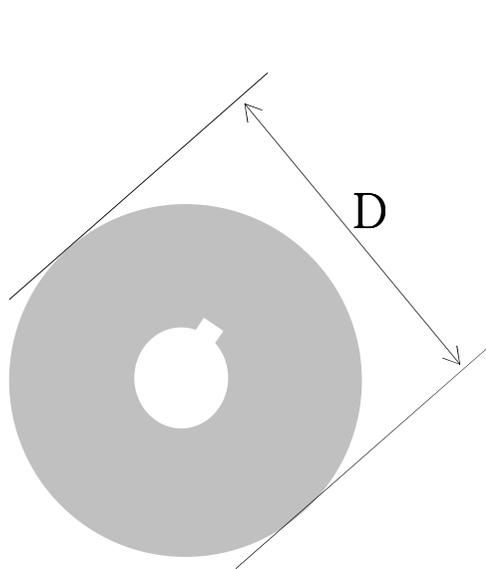
Factores de diseño

DIMENSIONES GEOMETRICAS (volumen)

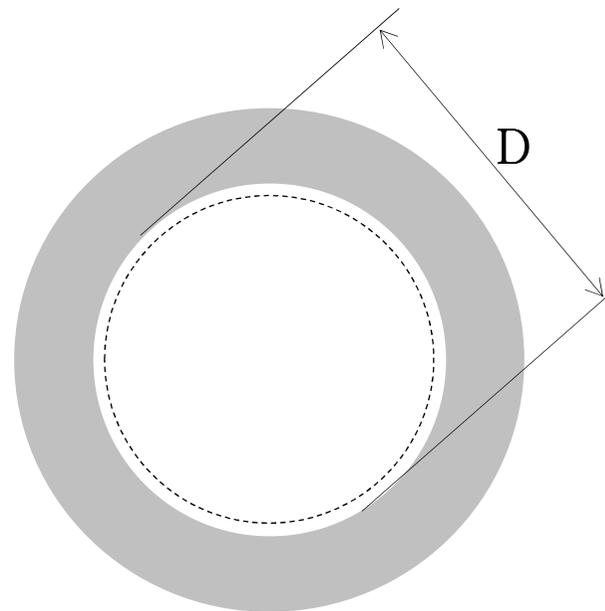
(Material activo) $D^2 L$ [m³]

D: Diámetro del inducido

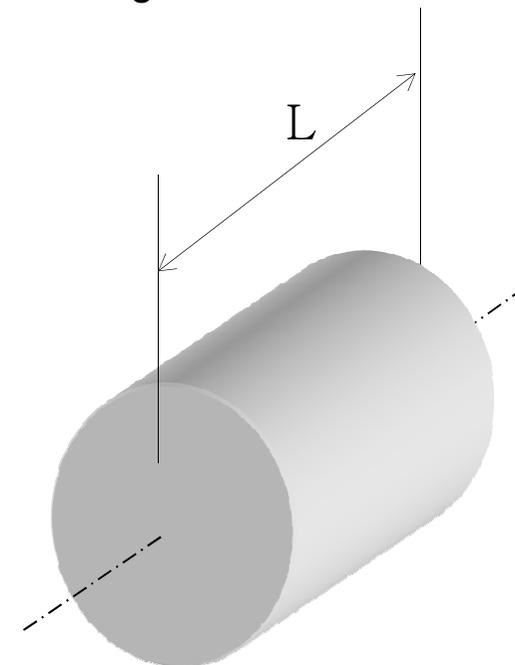
L: Longitud del inducido



ROTOR



ESTATOR

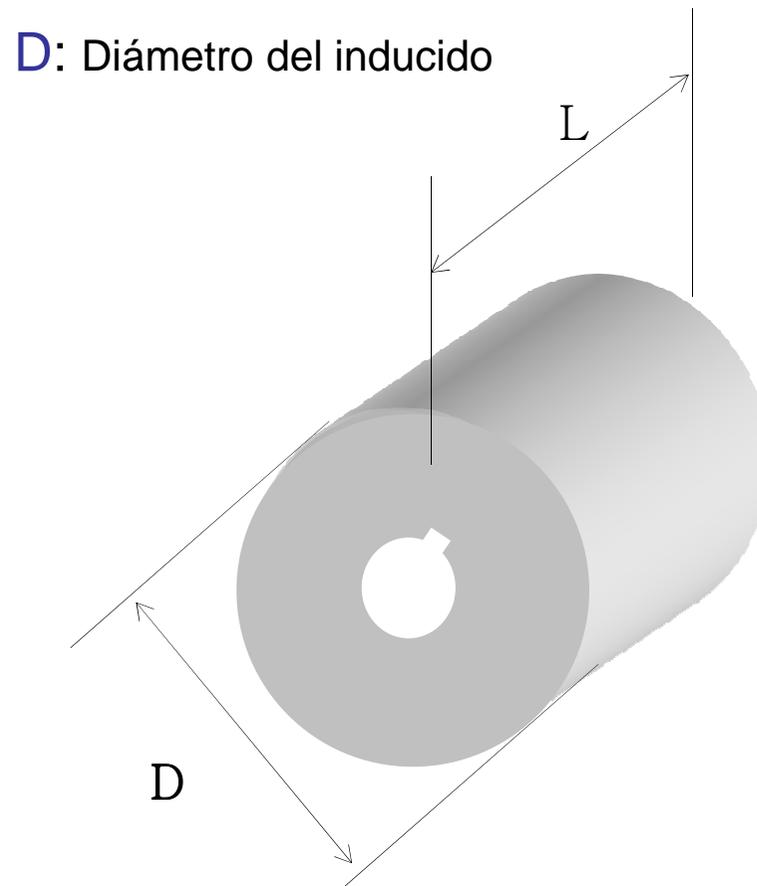




Factores de diseño

DIMENSIONES GEOMETRICAS (volumen)

(Material activo) $D^2 L$ [m³]



L: Longitud del inducido

$$\pi(D/2)^2 L = (\pi/4) D^2 L$$

$$0,78 D^2 L$$

(Material activo) $D^2 L$ [m³]



Factores de diseño

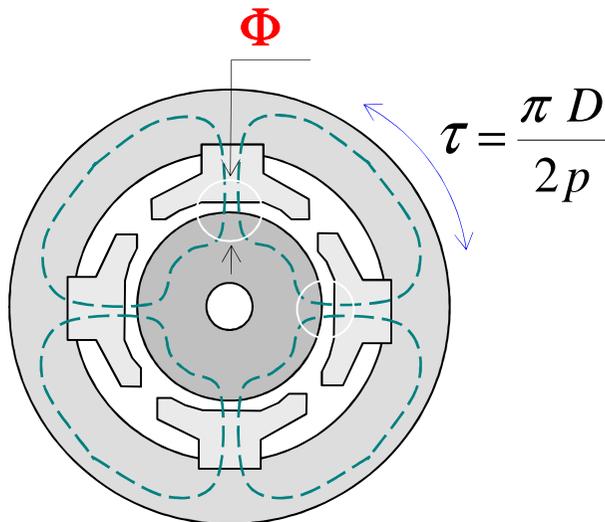
CARGA ESPECIFICA (magnética; eléctrica)

$$B_{media} = \frac{2p\Phi}{\pi DL}$$

$$A = \frac{I_a N_c}{\pi D}$$

Carga magnética total =
Flujo total en el **entrehierro** = $2p\Phi$

Carga eléctrica total = Carga lineal =
Capa de corriente



N_c : Número total de conductores del inducido

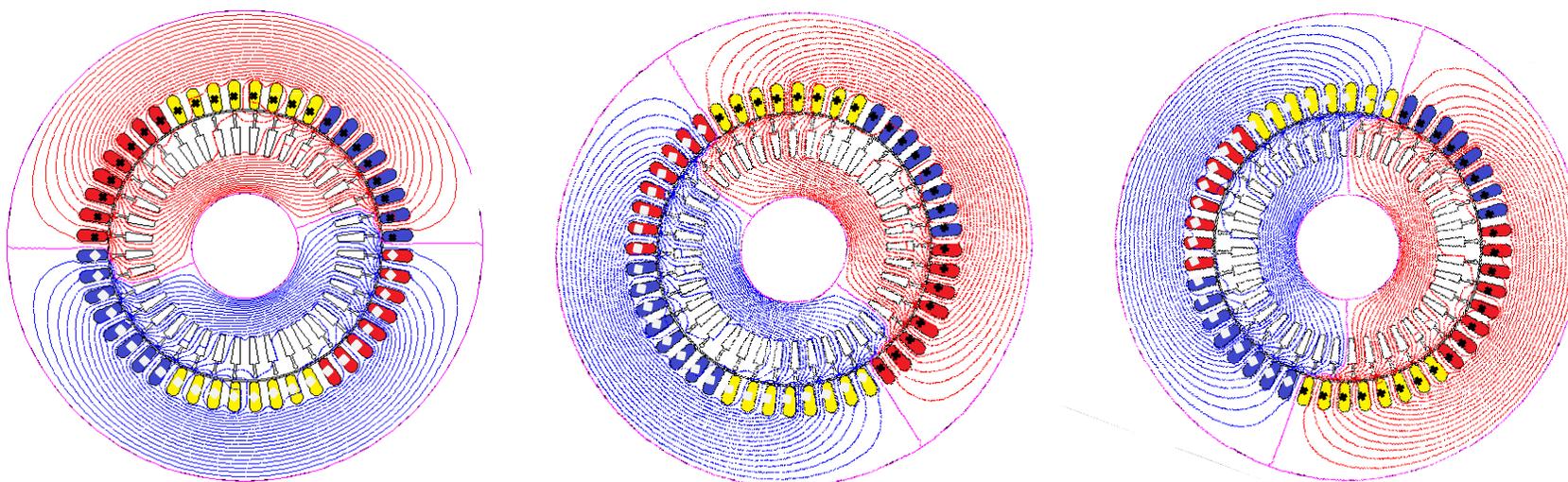
$$A_u = A K_b$$



Factores de diseño

CARGA ESPECIFICA (magnética; eléctrica)

$$A = \frac{I_a N_c}{\pi D}$$

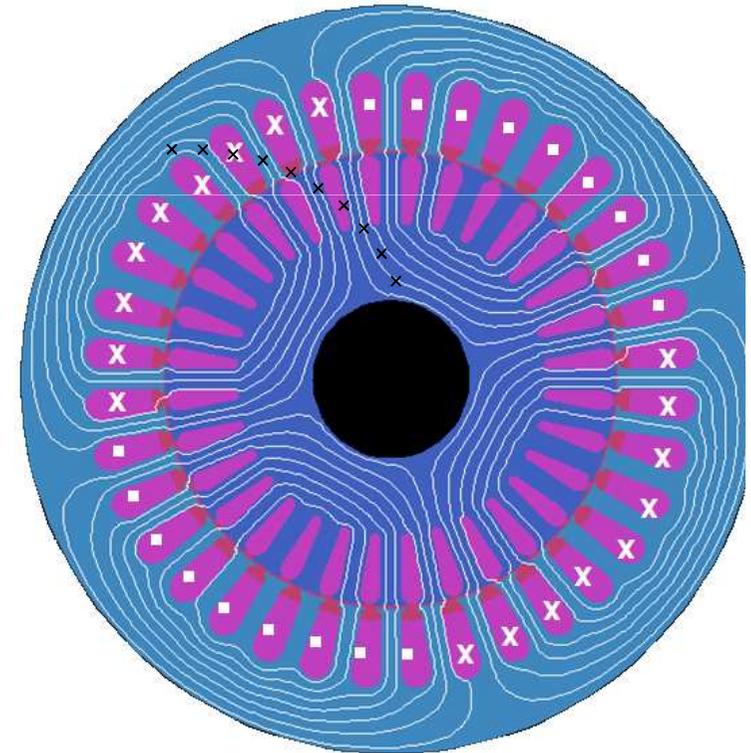
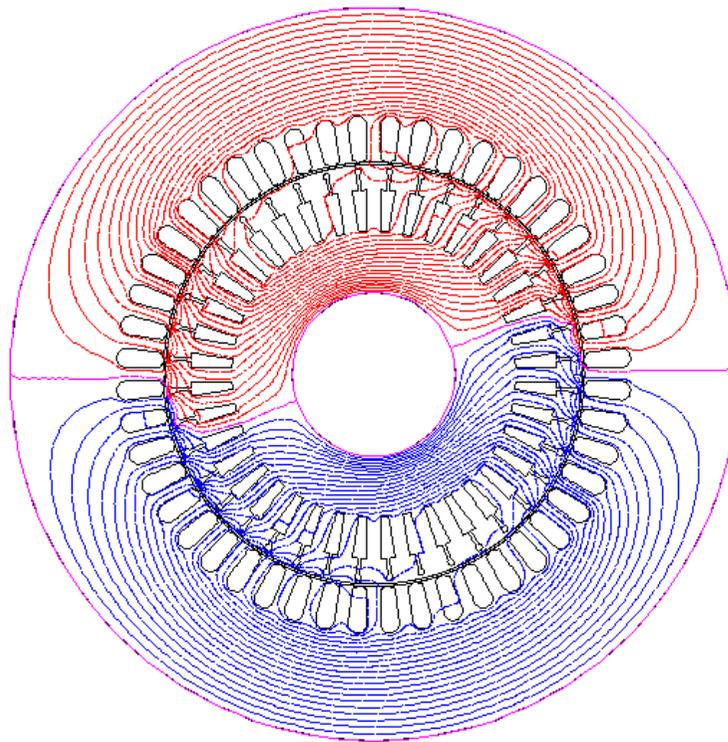




Factores de diseño

CARGA ESPECIFICA (magnética; eléctrica)

$$A = \frac{I_a N_c}{\pi D}$$





Factores de diseño

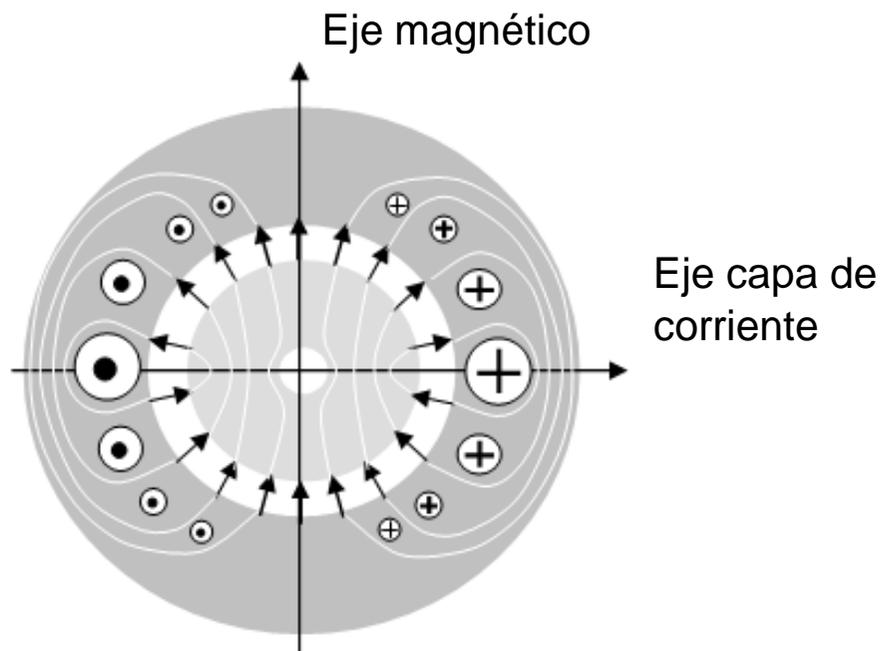
CARGA ESPECIFICA (magnética; eléctrica)

$$A = \frac{I_a N_c}{\pi D}$$

I_a : Intensidad de rama

N_c : $2p N_a$

N_a : número de conductores de todas las fases del inducido en un paso polar





Tema II Conceptos general y restricciones en el diseño

Introducción

Factores de diseño

Par y Potencia en las máquinas de corriente continua

Par y potencia en las máquinas de corriente alterna

Coefficiente de utilización (potencia).

Factores que afectan el tamaño de las máquinas rotativas

Variación de la potencia y de las pérdidas con las dimensiones

Interdependencia entre D y L. Criterios generales



Potencia-Par. Coeficiente de utilización

CARACTERISTICAS (par; potencia)

T [Nm] P [W]

Máquinas de C.C.

[kW]

$$P_{C.C.} = C_{C.C.} (D^2 L_i) \Omega$$

Coeficiente de utilización

$$C_{CC} = \pi^2 B_{media} A$$

Máquinas de C.A.

[kVA]

$$P_{C.A.} = C_{C.A.} (D^2 L_i) \Omega$$

Coeficiente de utilización

$$C_{CA} = 1.11 \pi^2 B_{media} A_u$$



Potencia-Par. Coeficiente de utilización

CARACTERISTICAS (par; potencia)

T [Nm] P [W]

EI COEFICIENTE DE UTILIZACION es proporcional al

$$\frac{\text{PAR}}{\text{VOLUMEN DE MATERIAL ACTIVO}} = \text{CARGA ESPECIFICA}$$



Factores que afectan el tamaño de las máquinas rotativas

TAMAÑO ($D^2 L$) \Rightarrow el **COSTE**

$$\frac{\frac{\text{POTENCIA}}{\text{VELOCIDAD}}}{\text{COSTE}} = \text{CARGA ESPECIFICA}$$

$$\text{COSTE} = \frac{\text{POTENCIA}}{\text{CARGA ESPECIFICA} \cdot \text{VELOCIDAD}}$$

↓ **COSTE** POTENCIA = Cte

↑ VELOCIDAD

↑ CARGA ESPECIFICA

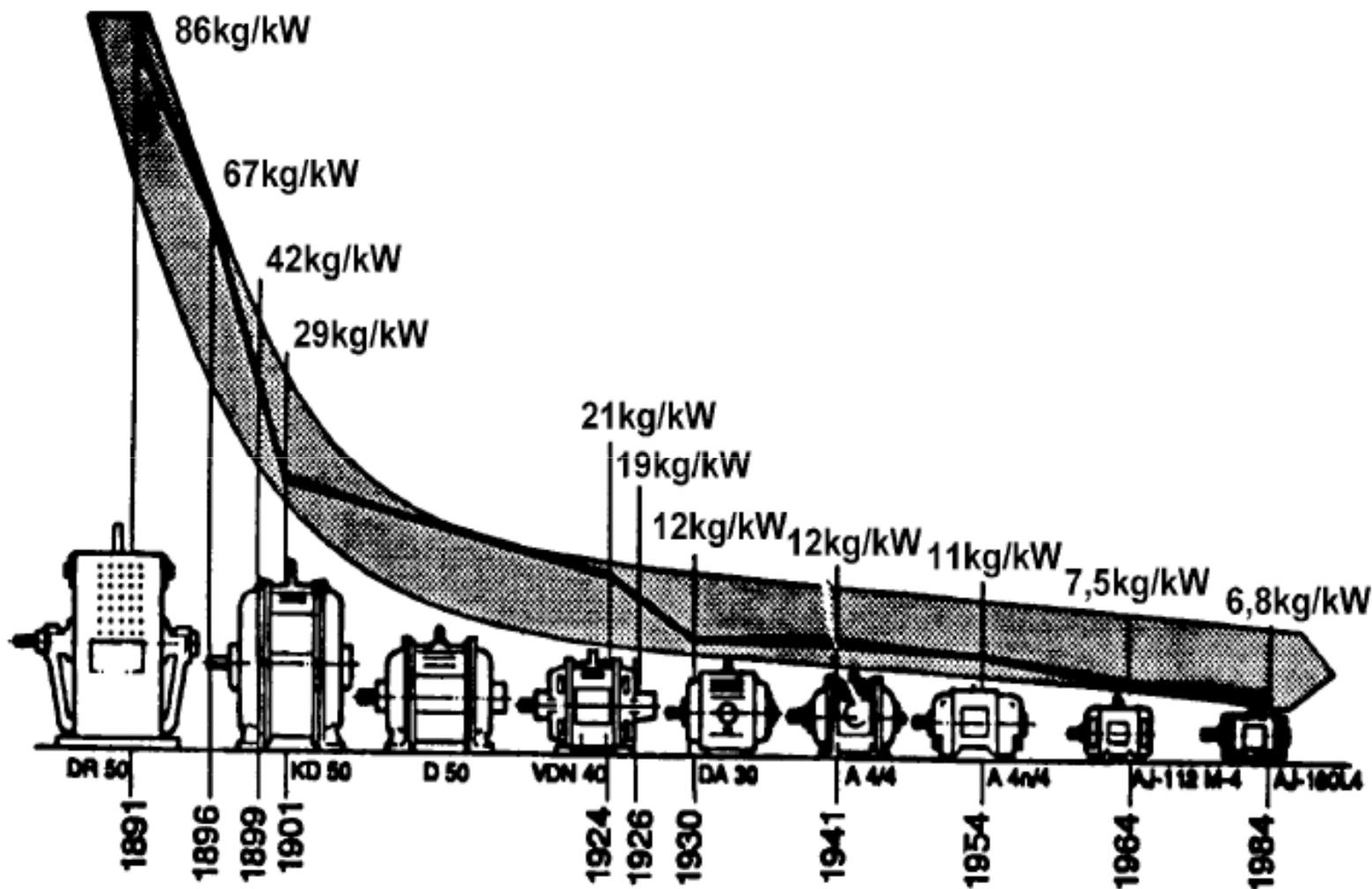


Figura 1.1. - Evolução do motor trifásico AEG - Relação - Peso/Potência (motor trifásico de 4kW e 02 pólos).



Factores que afectan el tamaño de las máquinas rotativas

$$\text{COSTE} = \frac{\text{POTENCIA}}{\text{CARGA ESPECIFICA} \cdot \text{VELOCIDAD}}$$

↓ COSTE POTENCIA = Cte

↑ VELOCIDAD

- No tiene un margen amplio de variación
- Varía inversamente al volumen del material activo

↑ CARGA ESPECIFICA (B, A)

- Efectos adversos
 - Rendimiento
 - Incremento de temperatura,
 - Factor de potencia (C.A.)
 - Conmutación (C.C.)



Tema II Conceptos general y restricciones en el diseño

Introducción

Factores de diseño

Par y Potencia en las máquinas de corriente continua

Par y potencia en las máquinas de corriente alterna

Coefficiente de utilización (potencia).

Factores que afectan el tamaño de las máquinas rotativas

Variación de la potencia y de las pérdidas con las dimensiones

Interdependencia entre D y L. Criterios generales



Factores que afectan el tamaño de las máquinas rotativas

VELOCIDAD

CARGA ESPECIFICA MAGNETICA

CARGA ESPECIFICA ELECTRICA



Factores que afectan el tamaño de las máquinas rotativas

VELOCIDAD

- Varía inversamente con el volumen
- Limitada por las tensiones mecánicas
- En C.A. viene dada por el número de polos, y la frecuencia de alimentación



Factores que afectan el tamaño de las máquinas rotativas

CARGA ESPECIFICA MAGNETICA (B)

Se refiere a:

La máxima densidad de FLUJO en el circuito magnético

Corriente de magnetización

Perdidas en el hierro

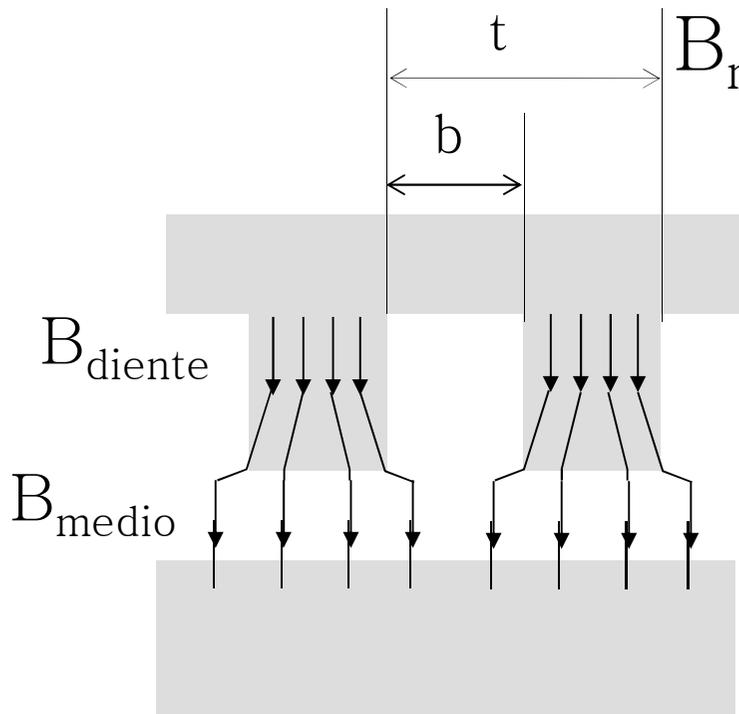


Factores que afectan el tamaño de las máquinas rotativas

CARGA ESPECIFICA MAGNETICA (B)

La máxima densidad de FLUJO en el circuito magnético ESTARA EN LOS DIENTES No debe superar la densidad de flujo de saturación.

$$\Phi_{\text{media}} = \Phi_{\text{diente}}$$



$$B_{\text{media}} \pi D L = B_{\text{diente}} (t-b) L n_d$$

$$\frac{B_{\text{diente}}}{B_{\text{media}}} = \frac{\pi D}{(t-b)n_d}$$



Factores que afectan el tamaño de las máquinas rotativas

CARGA ESPECIFICA MAGNETICA (B)

Corriente de magnetización

$$N_c I_o = \mathfrak{R}_o \Phi_{media} = g B_{media} / \mu_o$$

Perdidas en el hierro

$$P_H = k_H f (B_m)^2$$

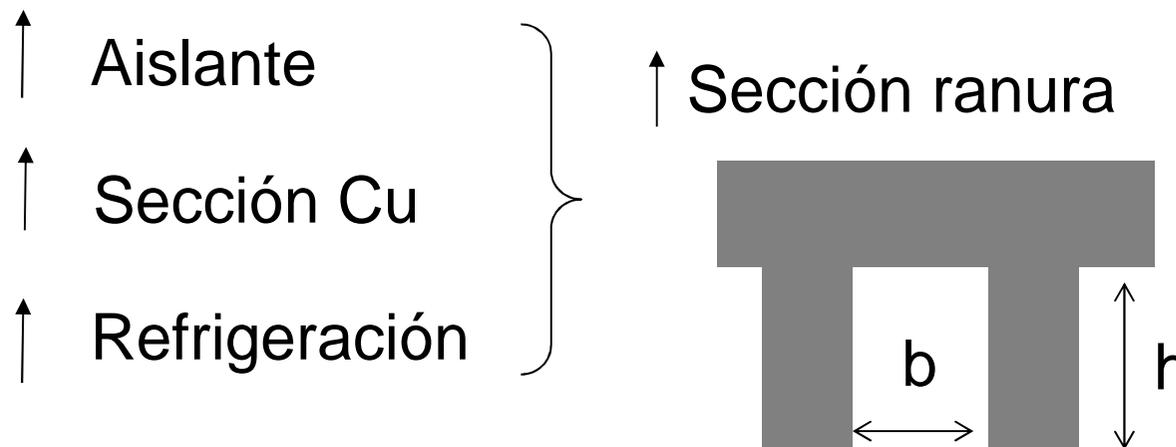
$$P_F = k_F (f B_m e)^2 \sigma$$



Factores que afectan el tamaño de las máquinas rotativas

CARGA ESPECIFICA ELECTRICA (A)

El factor límite es la Temperatura



$\uparrow h \Rightarrow \uparrow$ Reactancia de ranura $\Rightarrow \uparrow N_c I_m$

$\uparrow b \Rightarrow \uparrow$ Saturación diente



Factores que afectan el tamaño de las máquinas rotativas

COMPROMISO

Las cargas específicas compiten por el espacio dentro de un tamaño de máquinas dado. Un incremento en una, implica una reducción en otra:

cobre / hierro.



Tema II Conceptos general y restricciones en el diseño

Introducción

Factores de diseño

Par y Potencia en las máquinas de corriente continua

Par y potencia en las máquinas de corriente alterna

Coefficiente de utilización (potencia).

Factores que afectan el tamaño de las máquinas rotativas

Variación de la potencia y de las pérdidas con las dimensiones

Interdependencia entre D y L. Criterios generales



Variación de la potencia y de las pérdidas con las dimensiones

$D = \lambda D'$	D'
$Li = \lambda Li'$	Li'
$A = A'$	A'
$B = B'$	B'
$Nc = Nc'$	Nc'
$sc = \lambda^2 Sc'$	sc'
$f = f'$	f'
$p = p'$	p'

$$I_a = \frac{A \pi D}{N_c} = \lambda I'_a$$

$$\left. \begin{matrix} P = m E I_a \\ E = \lambda^2 E' \end{matrix} \right\} P = \lambda^3 P'$$

$$P_h = K_h B^2 f V = \lambda^3 P'_h$$

$$P_F = K_F (e f B)^2 V = \lambda^3 P'_F$$

$$P_J = \rho (l/s) I_a^2 = \lambda P'_J$$

Aproximando ($P_h = P_F = 0$).

$$\eta = \frac{P - (P_h + P_F + P_J + P_m)}{P}$$

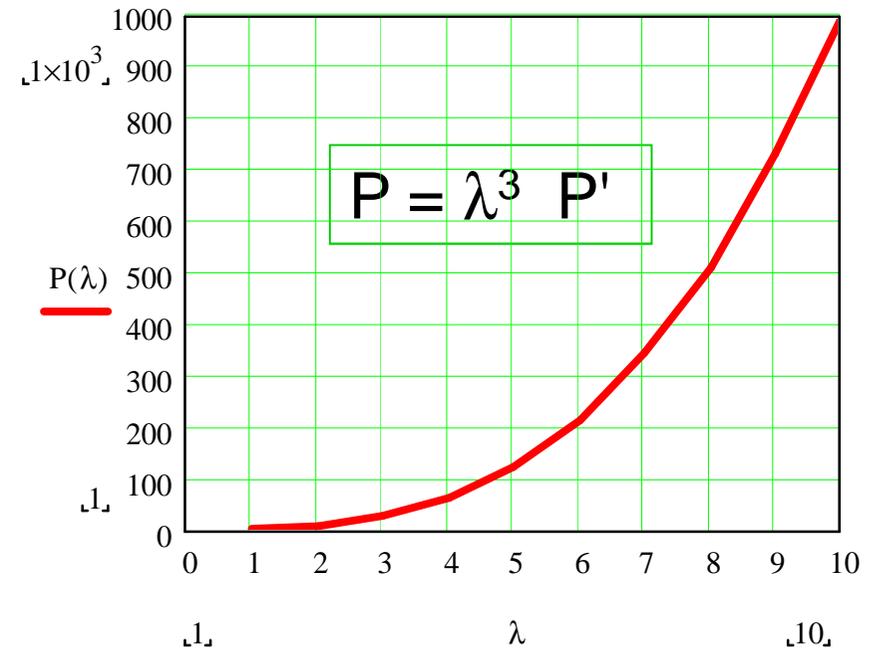
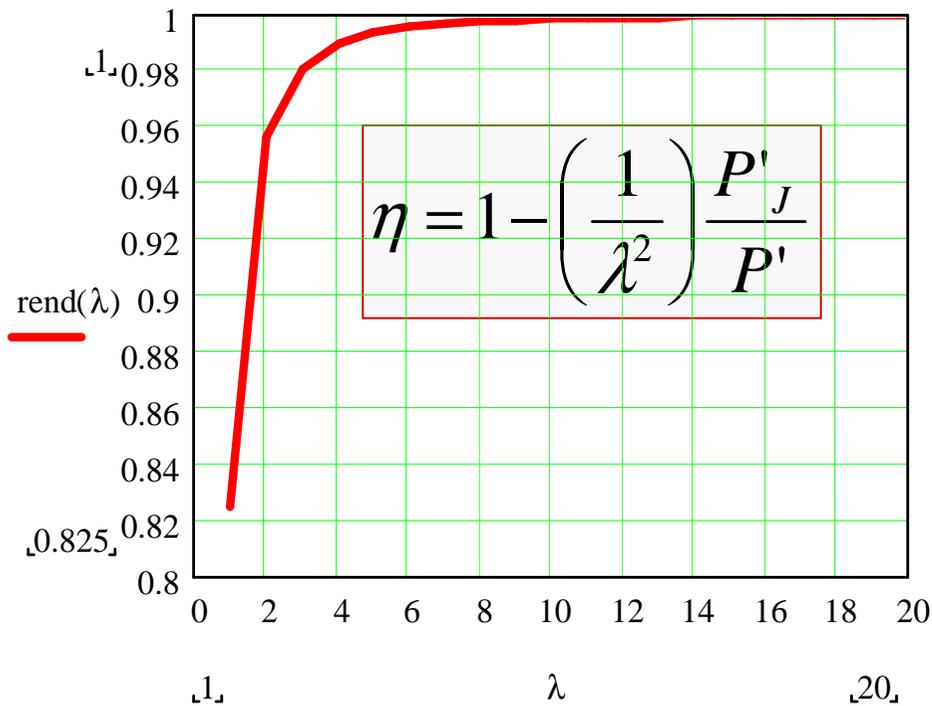
$$\eta = 1 - \left(\frac{1}{\lambda^2} \right) \frac{P'_J}{P'}$$



Variación de la potencia y de las pérdidas con las dimensiones

$$I_a = \frac{A \pi D}{N_c} = \lambda I'_a$$

$$P_J = \rho (l/s) I_a^2 = \lambda P'_J$$





Tema II Conceptos general y restricciones en el diseño

Introducción

Factores de diseño

Par y Potencia en las máquinas de corriente continua

Par y potencia en las máquinas de corriente alterna

Coefficiente de utilización (potencia).

Factores que afectan el tamaño de las máquinas rotativas

Variación de la potencia y de las pérdidas con las dimensiones

Interdependencia entre D y L. Criterios generales



Interdependencia entre D y L. Criterios generales

↑ **D**

En la mayoría de los casos se obtienen ventajas (pérdidas, flujo y refrigeración) a partir del diseño con diámetros grandes y longitudes pequeños de núcleo.

↑ **L**

No obstante con el incremento del diámetro, el paso polar también aumenta (la longitud de las conexiones finales, y velocidad tangencial.).