



*Tema III Diseño de máquinas de corriente continua*

## Cálculos de diseño

Flujo medio en el entrehierro

Carga lineal

Número de polos

Diámetro y Longitud del inducido

Longitud del entrehierro

Devanado inducido

Número de ranuras inducido

Colecto y escobillas

Dimensiones polo y núcleo

Bobinas de campo (inductoras)

Pérdidas

A-T Circuito magnético

Vacío

Carga. Reacción de inducido



## Cálculos de diseño

Máquinas de C.C.

[kW]

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

Coeficiente de utilización

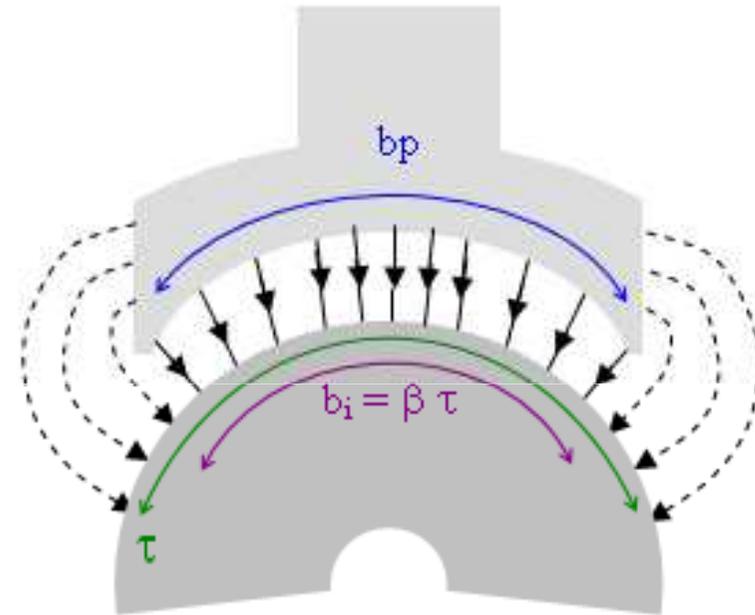
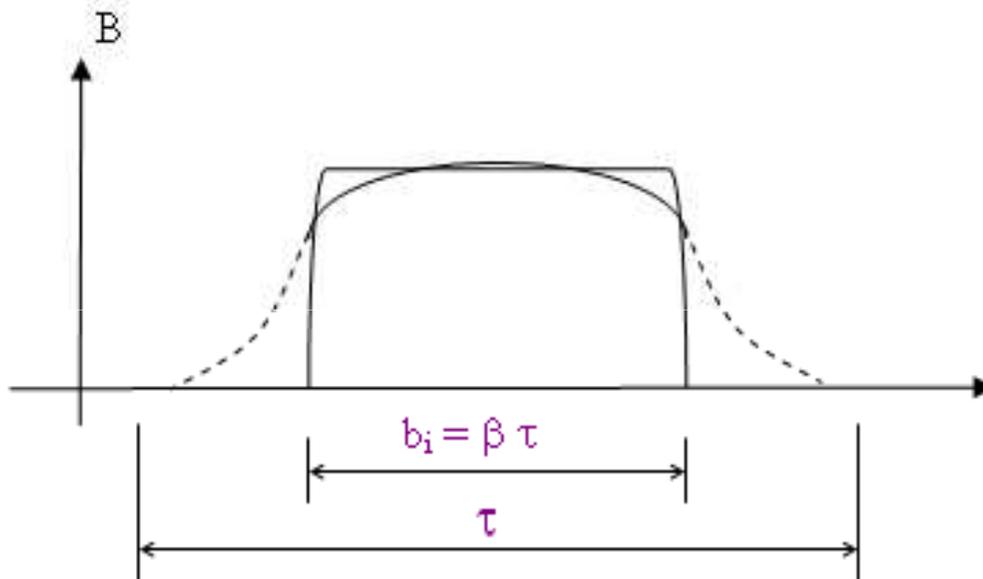
$$C_{CC} = \pi^2 B_{media} A$$



Tema III Diseño de máquinas de corriente continua

# Cálculos de diseño

## Flujo medio en el entrehierro



$$b_i = \beta \tau$$

Factor de recubrimiento:  $\psi = \frac{b_p}{\tau}$   
Entre 0,6 y 0,75

$b_p$  (arco polar) <  $b_i$  <  $\tau$  (paso polar)

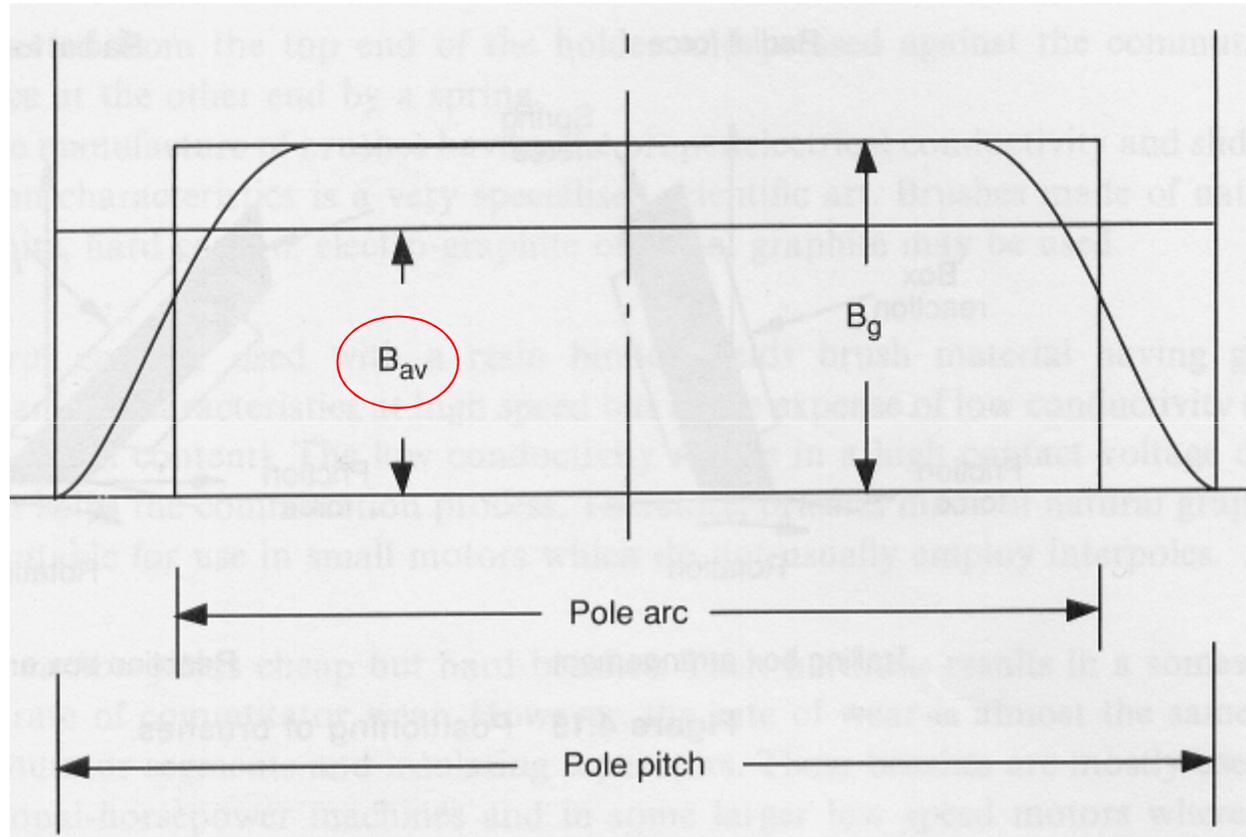
Donde  $\beta < 1$



Tema III Diseño de máquinas de corriente continua

# Cálculos de diseño

## Flujo medio en el entrehierro



$$B_g = \frac{B_{av}}{\psi},$$

$$\psi = \frac{\text{Pole arc}}{\text{Pole pitch}}$$

$\psi$  is usually between 0.6 and 0.75.



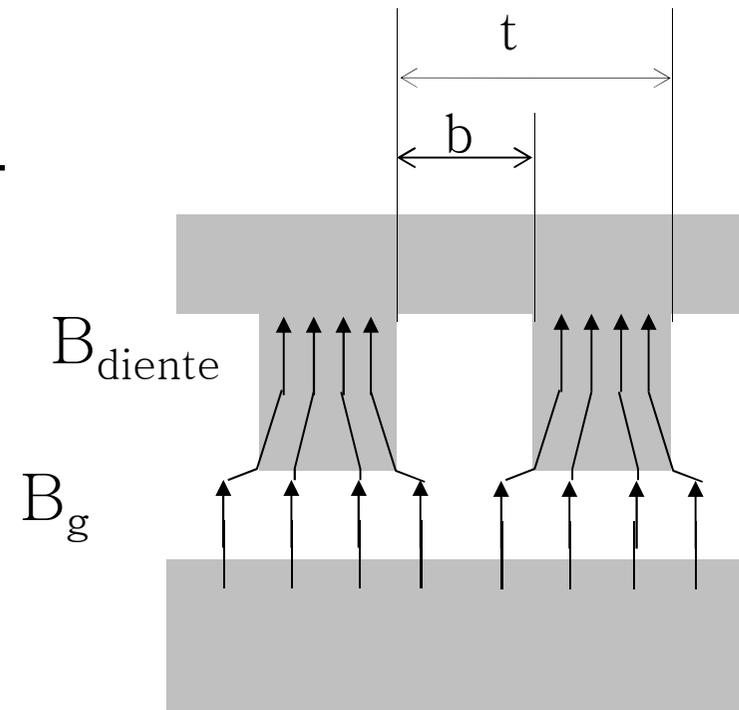
## Cálculos de diseño

### Inducción en el entrehierro.

Un factor determinante para fijar la inducción en el entrehierro es:

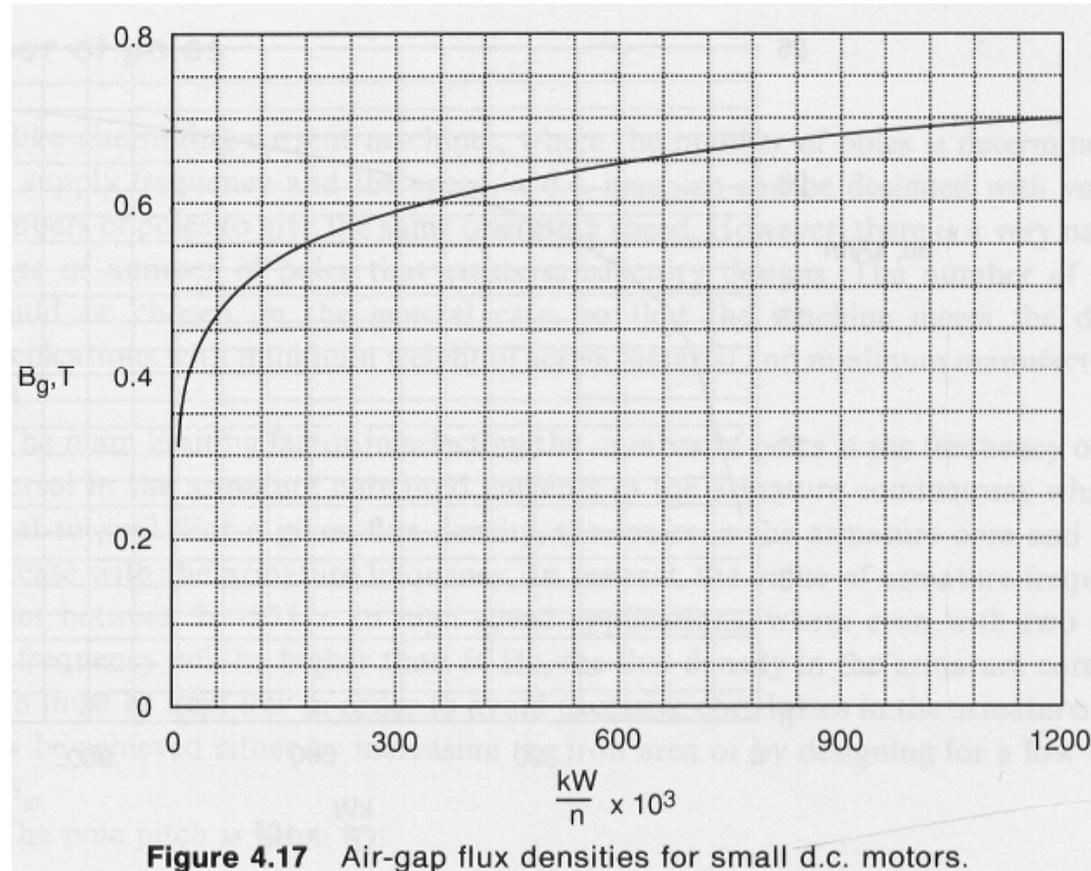
El diente del inducido y la saturación del núcleo.

$$B_g = B_{\text{diente}} \left( \frac{(t-b) nd}{\pi D} \right) \leq 1,8 \text{ T}$$





## Cálculos de diseño Inducción en el entrehierro.



La inducción en el entrehierro depende de la velocidad de rotación, ya que esta impone la frecuencia, y por lo tanto las pérdidas en el hierro.



*Tema III Diseño de máquinas de corriente continua*

## Cálculos de diseño

### Carga lineal

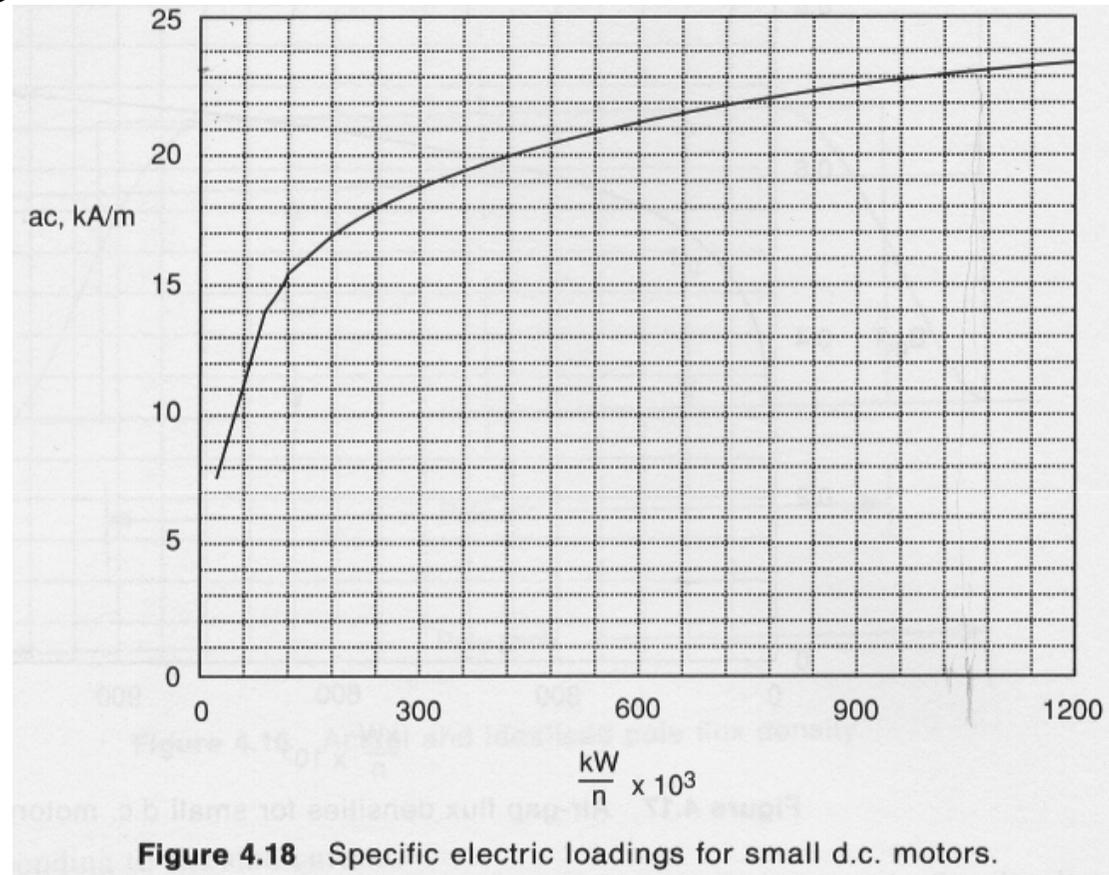
La carga específica eléctrica viene limitada:

Temperatura

Conmutación

Rendimiento

Coste de fabricación





## Cálculos de diseño

### **Numero de polos**

A diferencia de las máquinas de C.A., las de C.C. pueden diseñarse con diferentes combinaciones de pares de polos para conseguir la misma velocidad.

Sin embargo, hay un rango estrecho de número de polos que permiten un diseño satisfactorio.

Un factor que condicione el número de polos frecuencia (pn) del flujo en el inducido, al repercutir este en las pérdidas del diente y el núcleo.

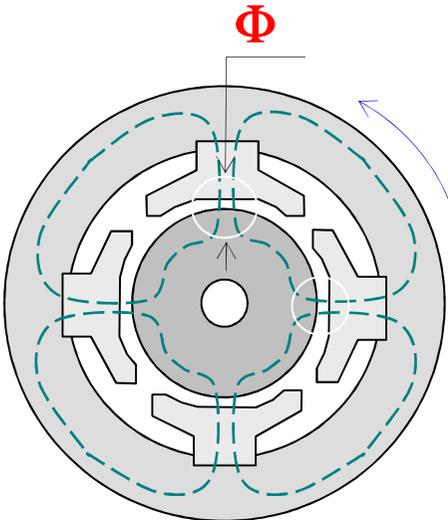
Son valores admisibles:  $25 \div 50$  Hz



## Cálculos de diseño

### Numero de polos

Parámetro de interés es también:



$$\tau = \frac{\pi D}{2p}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} D = \text{cte} \\ \uparrow p \quad \rightarrow \quad ? \end{array} \right.$$

Valores recomendados:  $\tau < 380 \text{ mm}$



*Tema III* Diseño de máquinas de corriente continua

## Cálculos de diseño

### Diámetro (D) y Longitud (L)

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

↓ ↓ ↓

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

↓

$$D^2 L \Rightarrow$$

$D \Rightarrow$  limitada por velocidad-conmutación  
(incremento costes de fabricación)

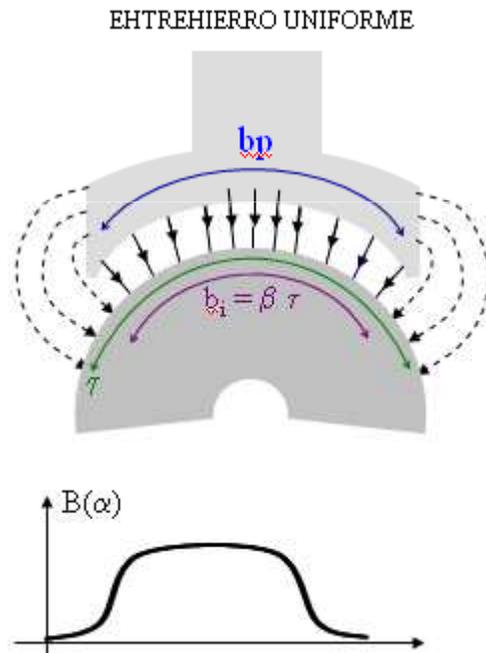
$L / \tau = 0,6 \div 0,9$



## Cálculos de diseño

### Longitud del entrehierro y perfil de la superficie del polo

Valores recomendados:  $g = 1 \div 1,5\% \tau$



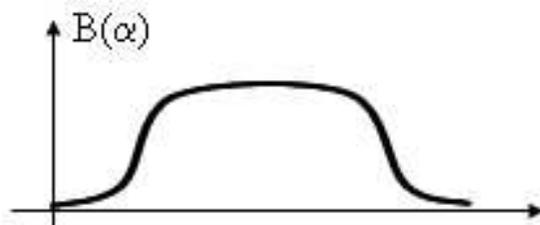
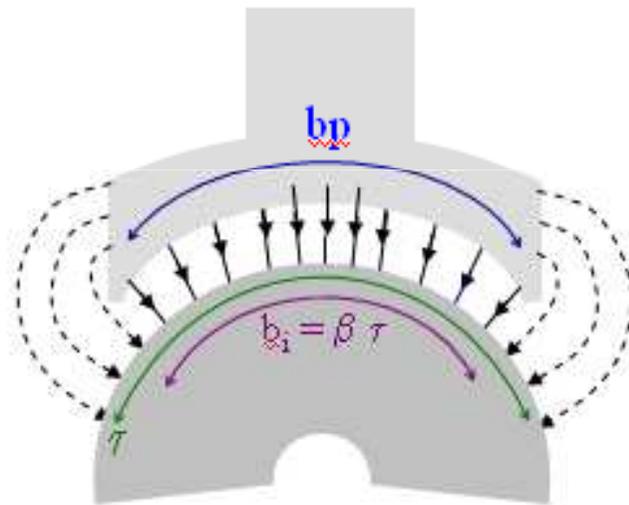


## Cálculos de diseño

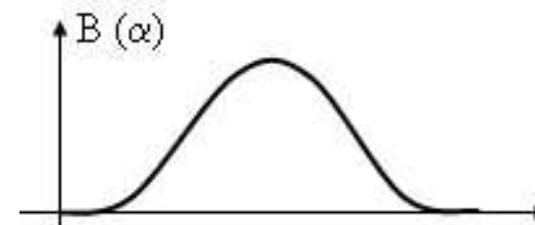
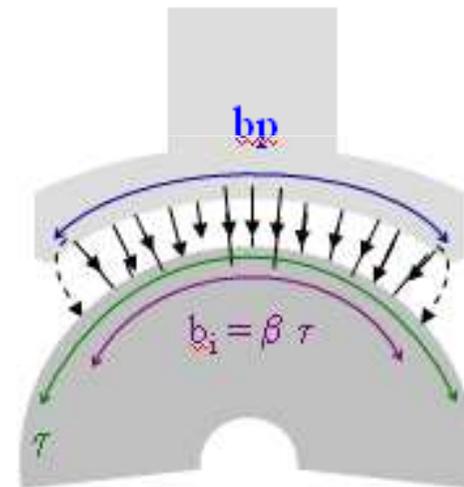
# Longitud del entrehierro y perfil de la superficie del polo

Valores recomendados:  $g = 1 \div 1,5\% \tau$

EHTREHIERRO UNIFORME



EHTREHIERRO NO UNIFORME





## Cálculos de diseño

### Devanado del inducido

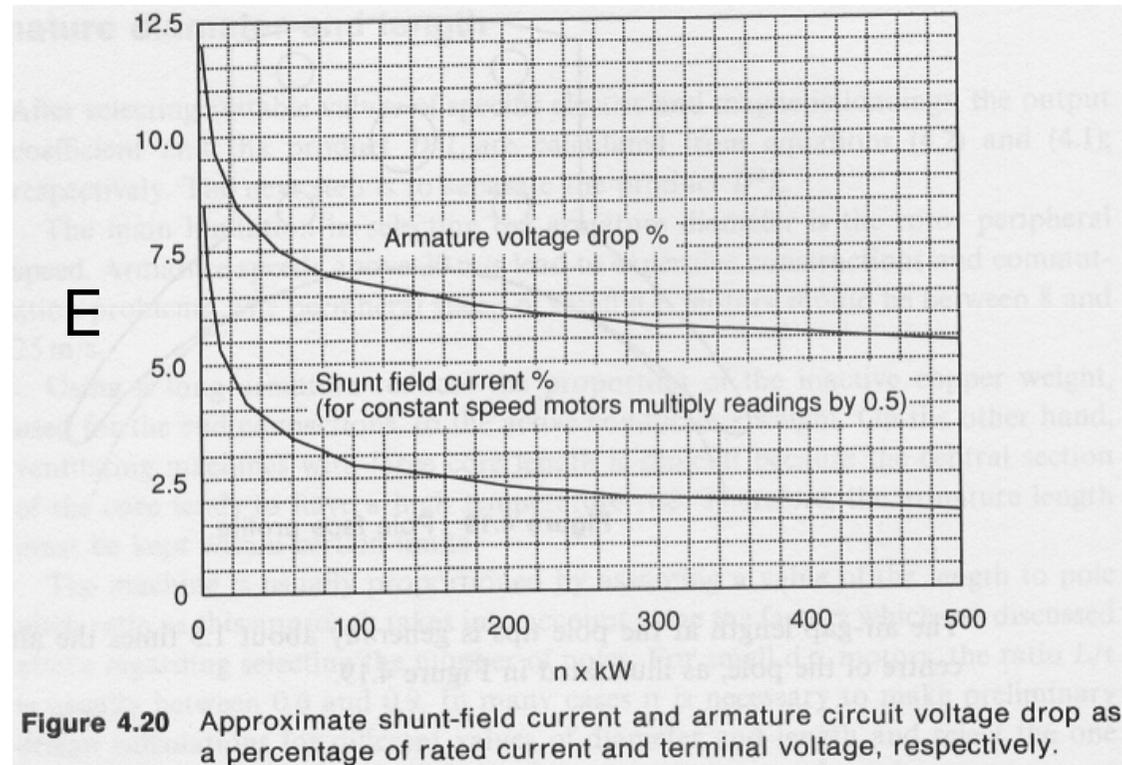
$$E = k_E n \Phi$$

El devanado del inducido debe seleccionarse en función de la tensión máxima que pueden soportar delgas adyacentes, previniendo la severidad de las chipas (30 volt.).

### Número de conductores

$$N_i = (E a) / (\Phi n p)$$

a: número de conductores en paralelo





## Cálculos de diseño

### Devanado del inducido

Corriente de inducido ( $I_i$ )

Densidad de corriente ( $J_i$ )

Sección del conductor ( $s$ )

Longitud de espira ( $L_{\text{espira}_r}$ )

Resistencia del devanado ( $R_i$ )



## Cálculos de diseño

### Ranuras del inducido

Evitar la variación de reluctancia.

Pulsaciones y oscilaciones de flujo

Pérdidas

Ruido

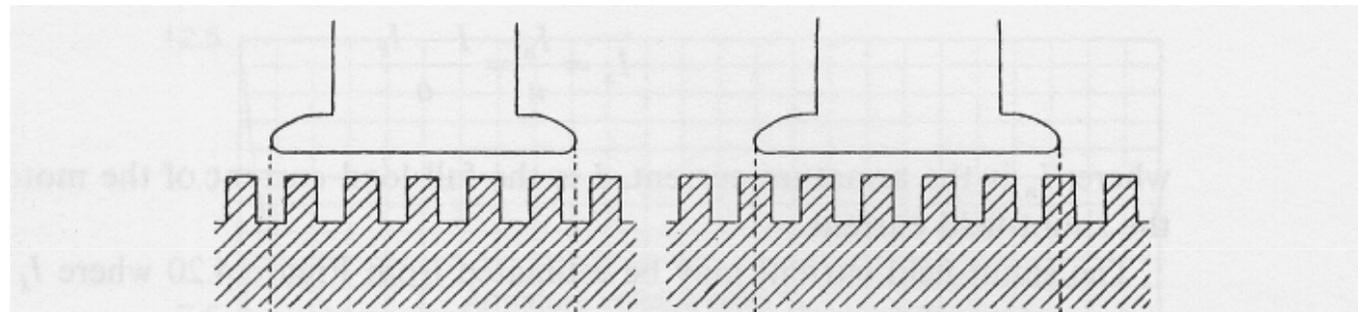


Figure 4.21 An illustration of the dependence of air-gap reluctance on armature position.

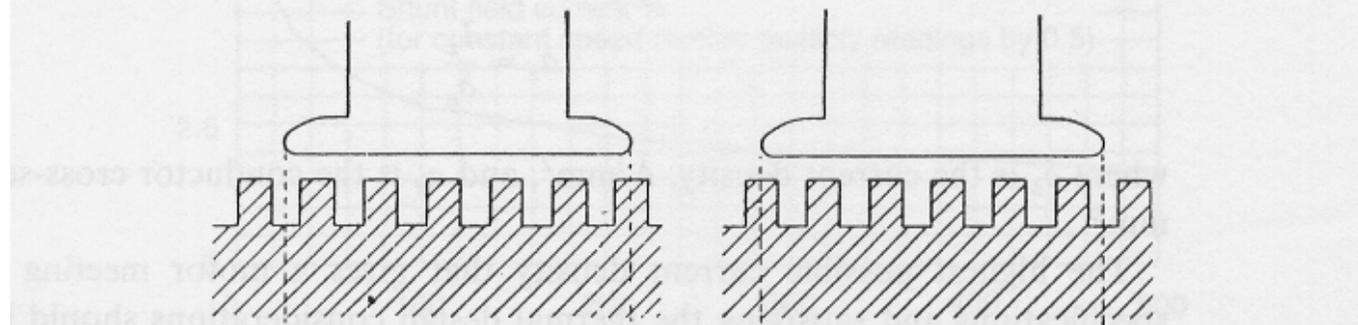


Figure 4.22



*Tema III Diseño de máquinas de corriente continua*

## Cálculos de diseño

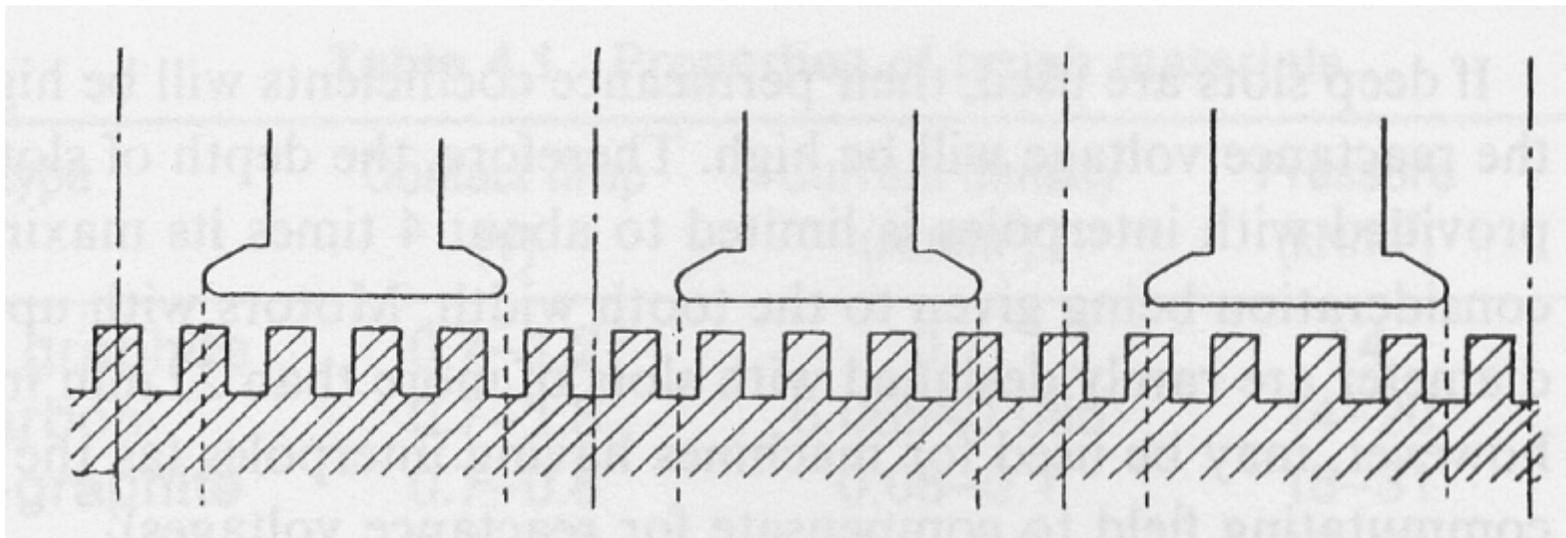
### Ranuras del inducido

Evitar la variación de reluctancia.

Pulsaciones y oscilaciones de flujo

Pérdidas

Ruido





# Cálculos de diseño

## Colector y escobillas

número de delgas (a,b,c,d) = número de bobinas(1,2,3,4)

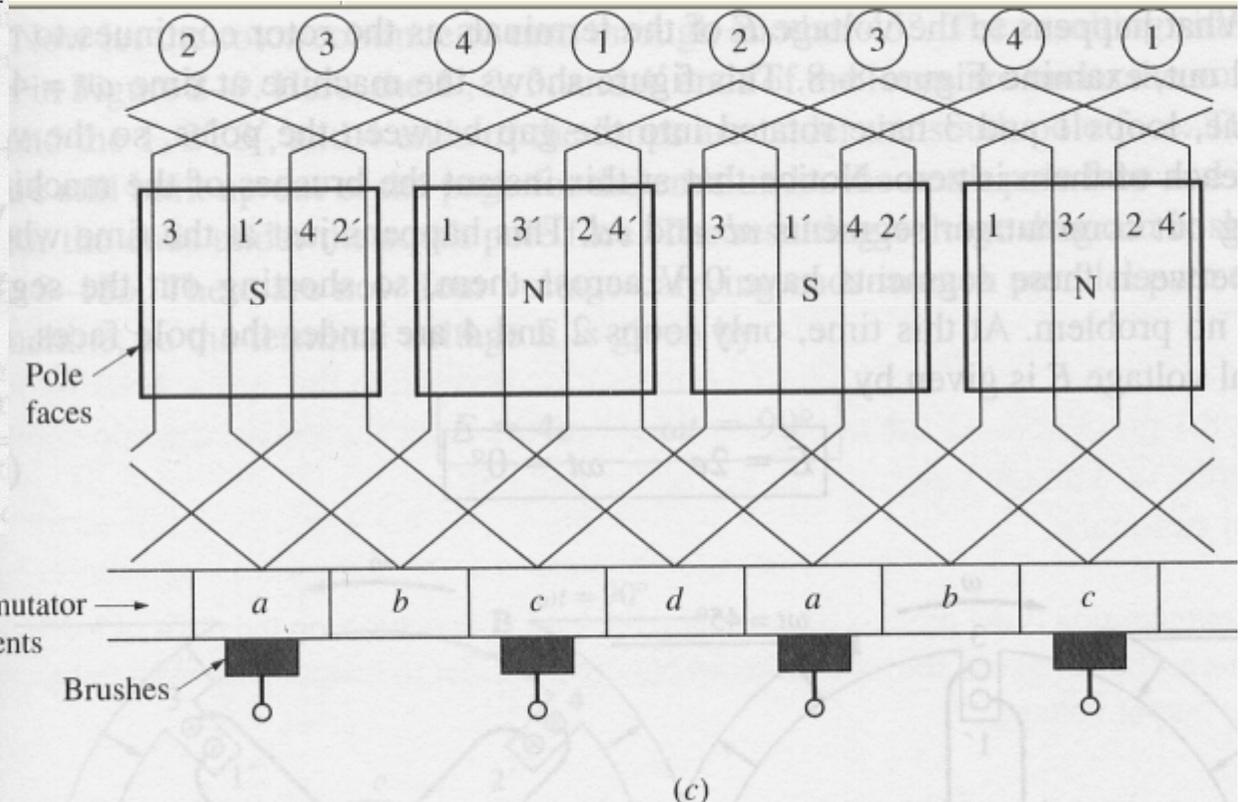
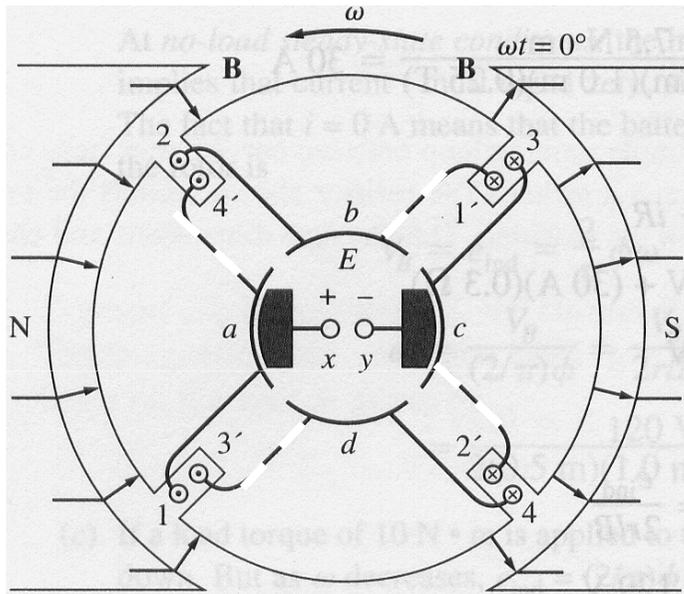


FIGURE 8-7 (continued)

(c) A winding diagram of this machine showing the interconnections of the rotor loops.



## Cálculos de diseño

### Colector y escobillas

El número de delgas viene condicionado por la tensión entre adyacentes ( $U_c=15$  V)

Diámetro del colector (*commutator*) ( $D_c$ ) =  $0.6 \div 0,8$  D

Aumento  $n$  -> disminuye  $D_c$  -> separación mínima entre escobillas (3 V/mm)

Si disminuye  **$U_c$**  -> aumenta  **$I_i$**  ->  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Temperatura} \\ \text{Desgaste mecánico} \end{array} \right.$

Pérdidas  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Eléctricas de contacto} \\ \text{Mecánicas de rozamiento} \end{array} \right.$



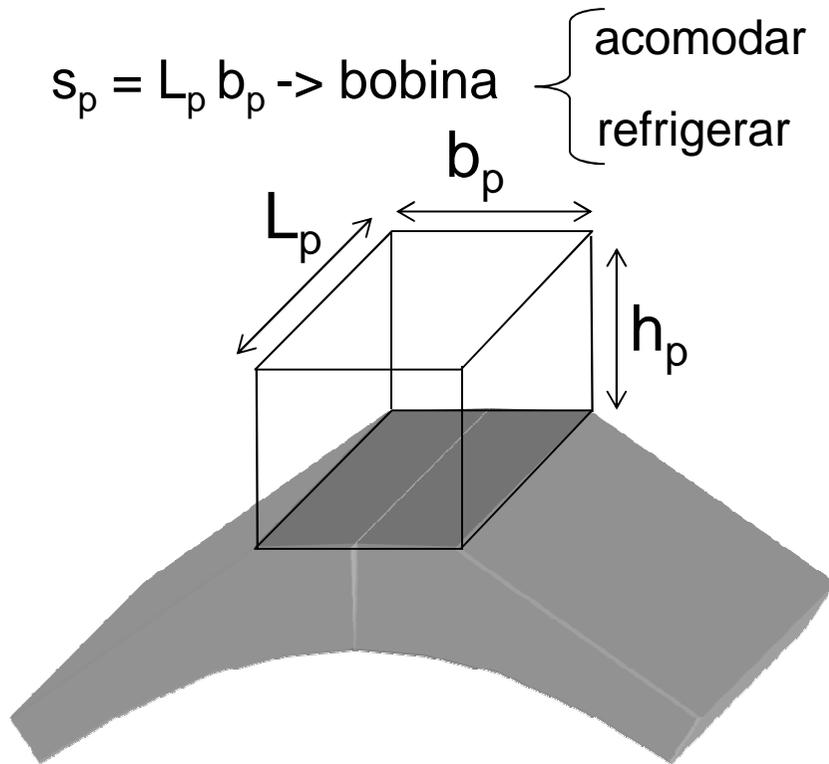
Tema III Diseño de máquinas de corriente continua

## Cálculos de diseño

Dimensiones de polo y del núcleo (yoke)

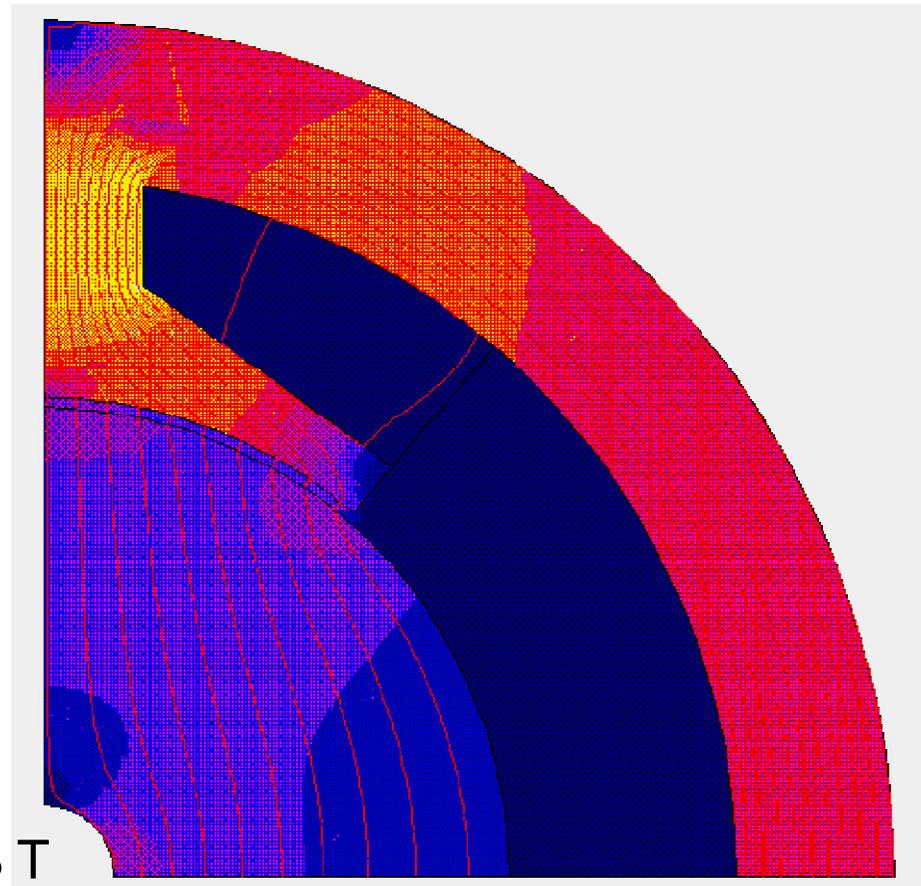
$$B_p = 1,2 \div 1,8 \text{ T} = \frac{\Phi_p}{L_p b_p}$$

$s_p = L_p b_p \rightarrow$  bobina  $\left\{ \begin{array}{l} \text{acomodar} \\ \text{refrigerar} \end{array} \right.$



Núcleo (LLanta):

$$B_n = \frac{\Phi_p}{2 L_n d_n} = 1,2 \div 1,8 \text{ T}$$





Tema III Diseño de máquinas de corriente continua

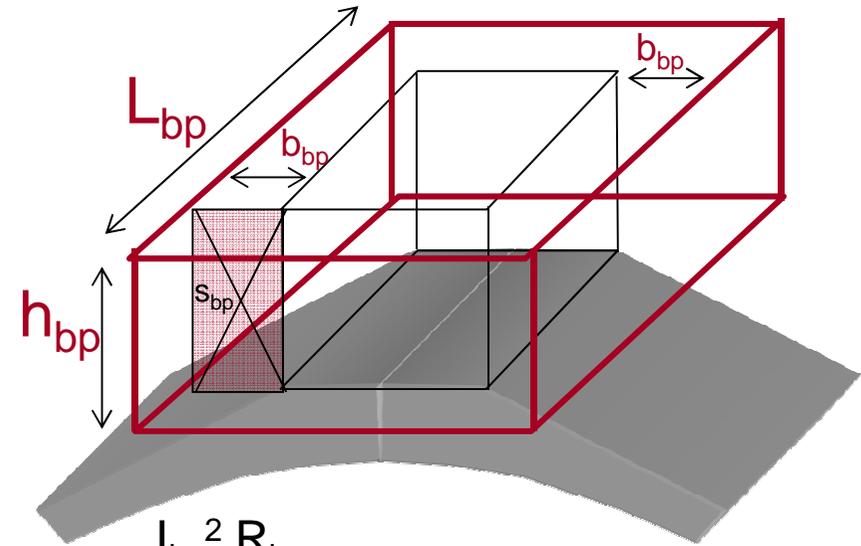
Diseño de las bobinas de campo (Revisado 25.4.11)

- Volumen de cobre de la bobina
- Corriente de campo ( $I_{bp}$ )
- Resistencia de la bobina ( $R_{bp}$ )
- Densidad de corriente ( $J_{bp}$ )
- AV por polo:

$$I_{bp} N_{bp} = \frac{V_{bp} s_{esp\_bp}}{2p \rho L_{esp\_bp}} = AT_{bpL}$$

- Altura de la bobina

$$h_{bp} = AT_{bpL} \sqrt{\frac{\rho}{2 b_{bp} p_{bp} K_{bp}}}$$



$$p_{bp} = \frac{I_{bp}^2 R_{bp}}{2p s_{bp}} \leq 500 \div 750 \text{ W/m}^2$$

$V_{bp}$ : Tensión de bobina polo

$AT_{bpL}$ : en carga (*Load*). Calculo del circuito magnético

$p_{bp}$ : potencia de disipación en la superficie envolvente de la bobina por unidad longitud en altura ( $h_{bp}$ )  
(excluyendo la parte superior e inferior de la bobina no en contacto con el aire)

$K_{bp}$ : coeficiente de llenado

Superficie total por polo:  $s_{bp} = (L_{bp} + b_{bp}) h_{bp}$

$L_{esp\_bp}$ : Longitud media de la bobina

- Polo de conmutación



## Diseño de las bobinas de campo

### -Pérdidas

Cobre inducido e inductor

Contacto escobillas-delgas

Hierro inducido (diente y núcleo)

Mecánicas



## A-V : Circuito magnético

$$I_{bp} N_{bp} = AT_{bpL} = AT_{po} + AT_{ad} = (AT_g + AT_{diente_i} + AT_{nucleo_i} + AT_P + AT_{nucleo_s}) + AT_{ad}$$

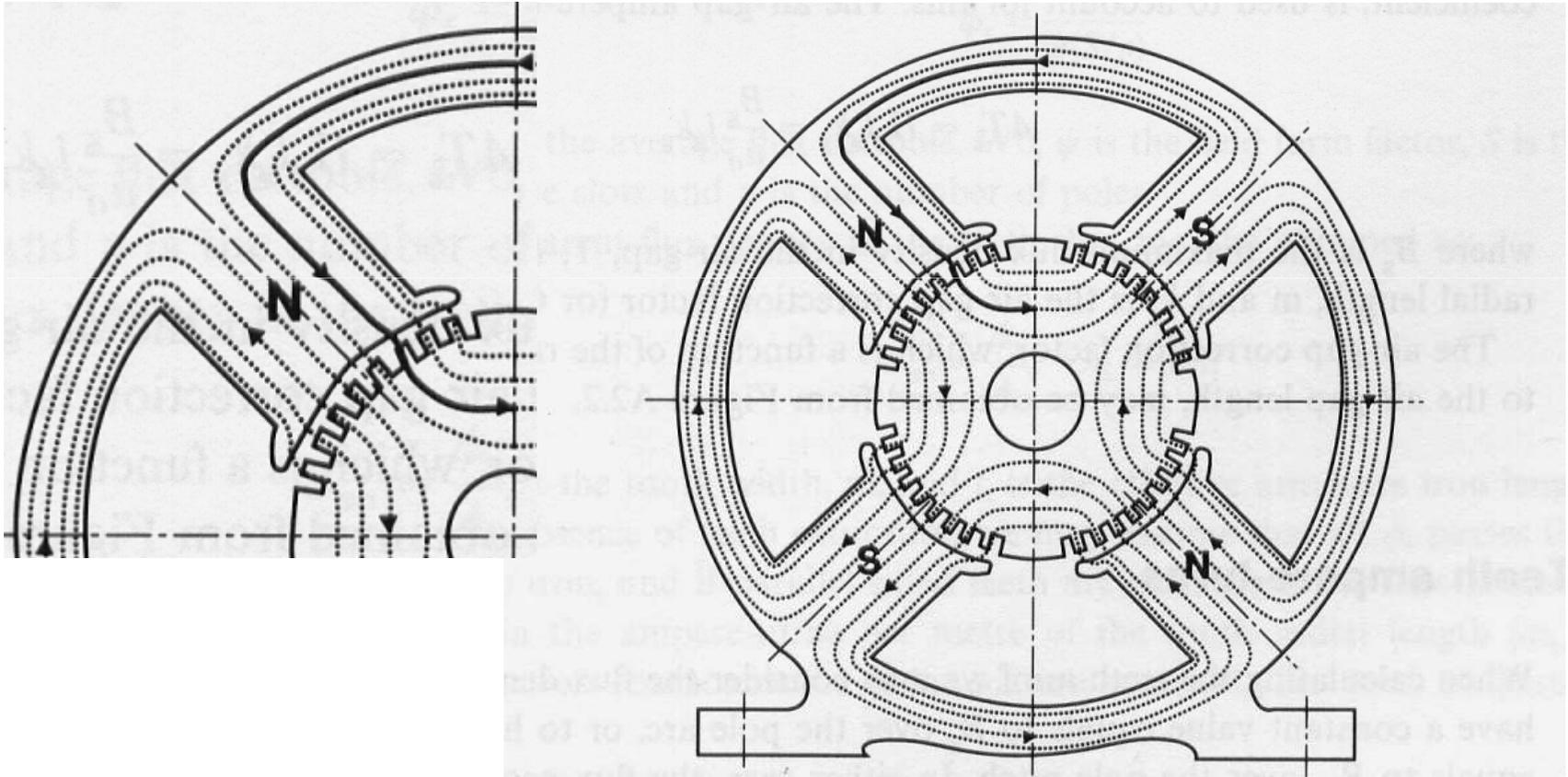


Figure A2.1 The magnetic circuit of a 4-pole d.c. machine.



Tema III Diseño de máquinas de corriente continua

A-V : Circuito magnético

Entrehierro

- Influencia ranuras
- Efecto borde

Factor de carter ( $K_g$ )

$$AT_g = H_g g_e = (B_g/\mu_o) (g K_g)$$

$$B_g = \frac{B_{av}}{\psi}$$

Factor de recubrimiento:

Entre 0,6 y 0,75

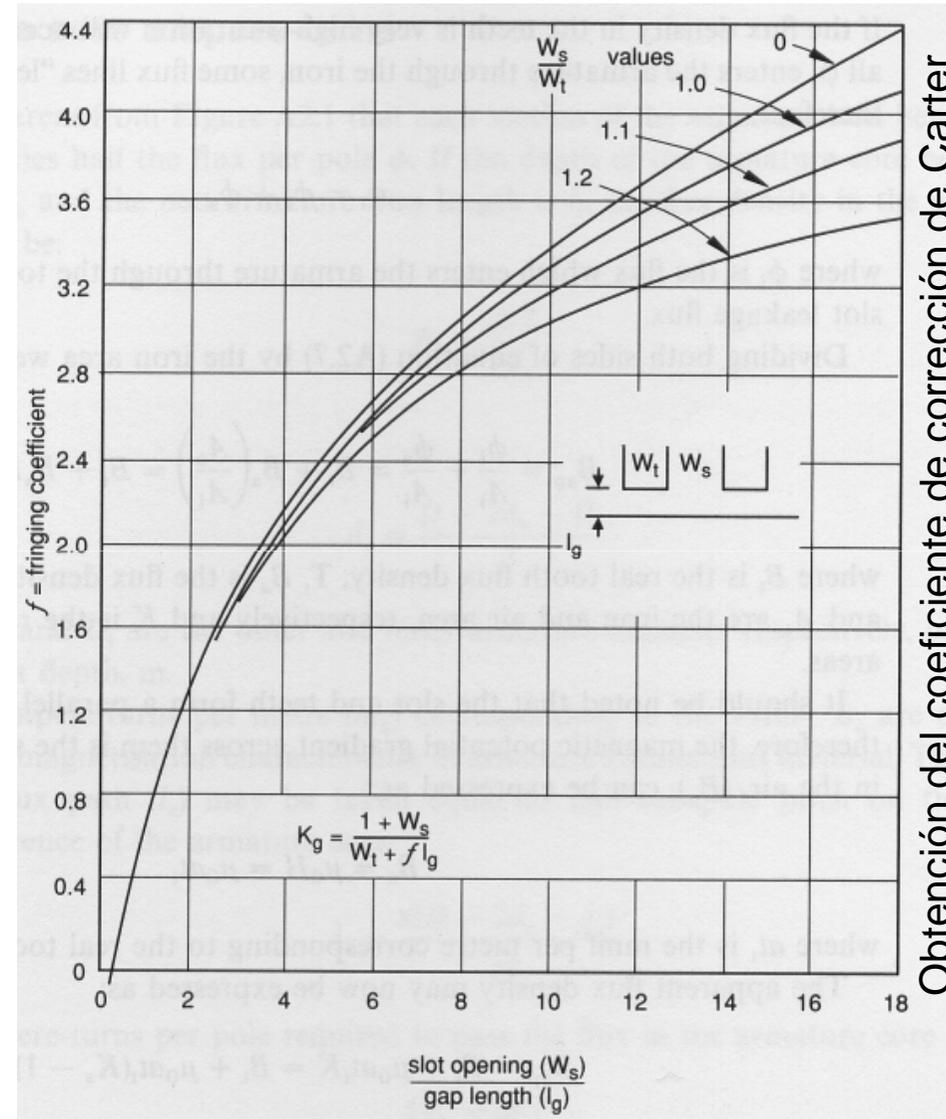
$$\psi = \frac{bp}{\tau}$$

Diente inducido ( $AT_{diente_i}$ )

Núcleo inducido ( $AT_{nucleo_i}$ )

Llanta inductor ( $AT_{nucleo_s}$ )

$$AT_{po} = (AT_g + AT_{diente_i} + AT_{nucleo_i} + AT_P + AT_{nucleo_s})$$





### A-V : Circuito magnético

$$AT_{bpL} = AT_{po} + AT_{ad}$$

Reacción de inducido ( $AT_{ad}$ )  
(Desmagnetización)

$$AT_{ad} = \frac{N_i I_i}{2p}$$

