

## MÁQUINAS SÍNCRONAS

- **Inductor** de c.c. en el rotor alimentado a través de un colector de dos anillos e **inducido** de c.a. en el estator.
- Debe girar a velocidad constante para que las tensiones que genere sean siempre de la misma frecuencia. Luego debe girar a la **velocidad de sincronismo**:

$$n = \frac{60f}{p}$$

1

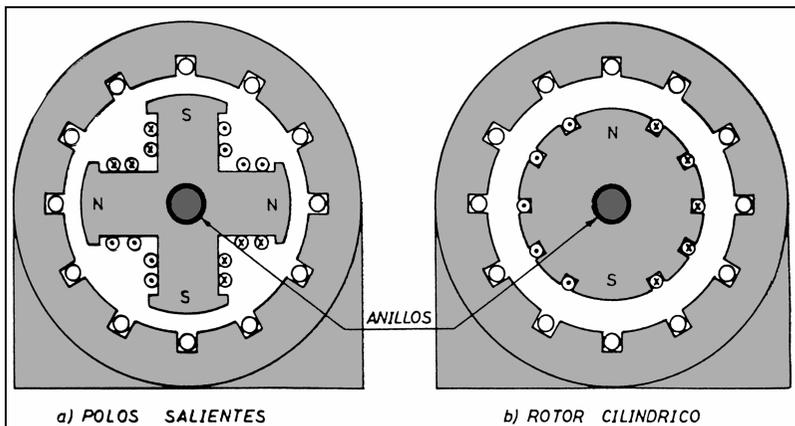
## NÚMERO DE POLOS

- La velocidad (n) a la que gira la máquina síncrona determina su número de polos (2p) para conseguir la frecuencia (f) deseada.
- Se procura acoplamiento directo entre el motor de accionamiento y el alternador síncrono:
  - **Hidroalternadores y alternadores Diesel**: Lentos y de polos salientes. Movidos por motores Diesel o turbinas hidráulicas.
  - **Turboalternadores**: Rápidos (2 o 4 polos) y de rotor liso. Movidos por turbinas de gas o de vapor.

f = 50 Hz	
Nº de polos (2p)	Velocidad (n) (r.p.m.)
2	3000
4	1500
6	1000
8	750
10	600
12	500
16	375
20	300
24	250
28	214
32	188
36	167
40	150

2

## FORMAS CONSTRUCTIVAS

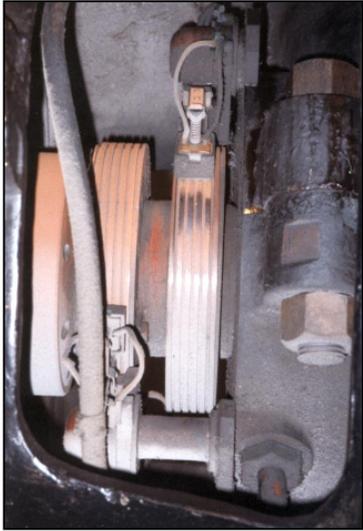


3



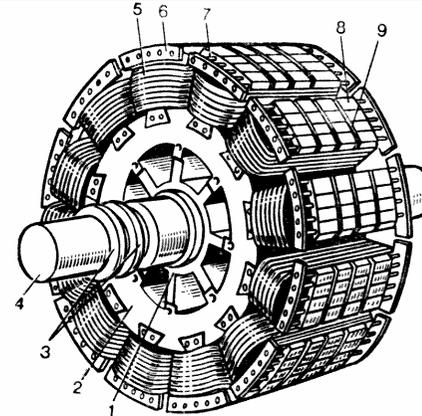
Estator de un alternador trifásico

4



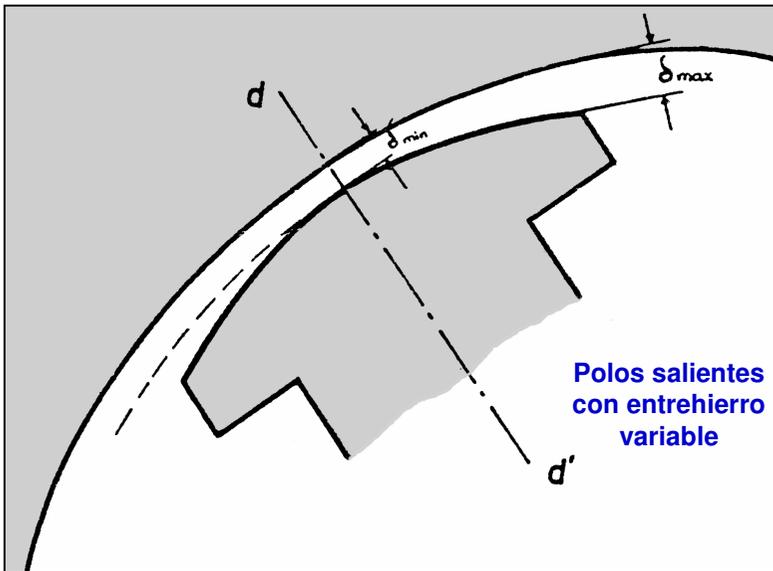
Colectores de anillos

## ROTOR DE POLOS SALIENTES



Vista exterior del rotor de polos salientes

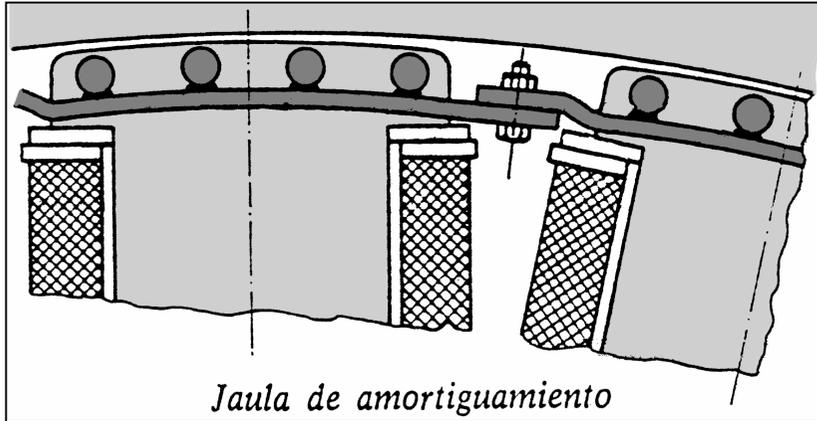
1—carcasa del rotor; 2—aro del rotor; 3—anillos del colector; 4—árbol; 5—bobina del devanado de excitación; 6—segmento del devanado amortiguador; 7—barra del devanado amortiguador; 8—conjunto del núcleo polar; 9—canal de ventilación en el polo.



Polos salientes con entrehierro variable

## DEVANADO AMORTIGUADOR

- Consiste en un devanado de jaula de ardilla o de trozos de jaula. La masa maciza de un rotor cilíndrico también actúa como devanado amortiguador.
  - Reduce los armónicos de f.e.m.
  - Ayuda a mantener la velocidad de sincronismo.
  - Amortigua las variaciones bruscas del campo magnético.
  - Puede servir para arrancar los motores síncronos.



9



**Hidroalternador trifásico de la central de Itaipú**  
(824 MVA, 90 r.p.m., 60 Hz)

10



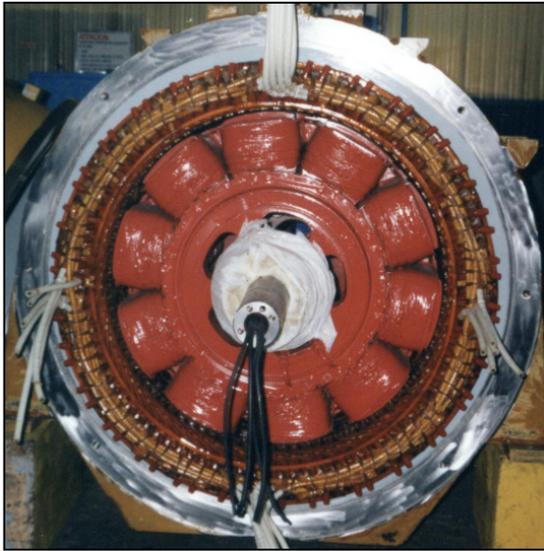
**Hidroalternador trifásico de la central de Itaipú**

11



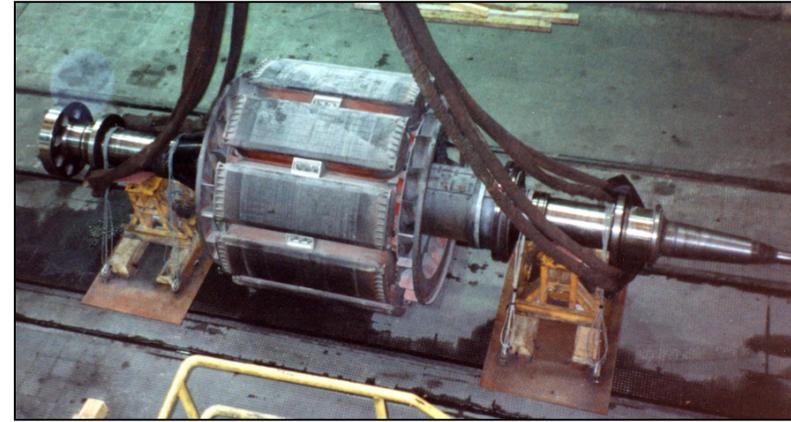
**Estator de un alternador trifásico de la central de Itaipú**

12



Máquina  
síncrona de  
polos salientes

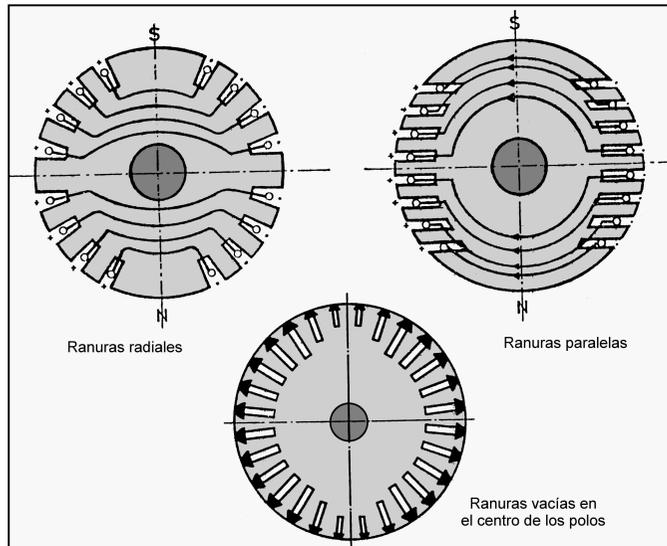
13



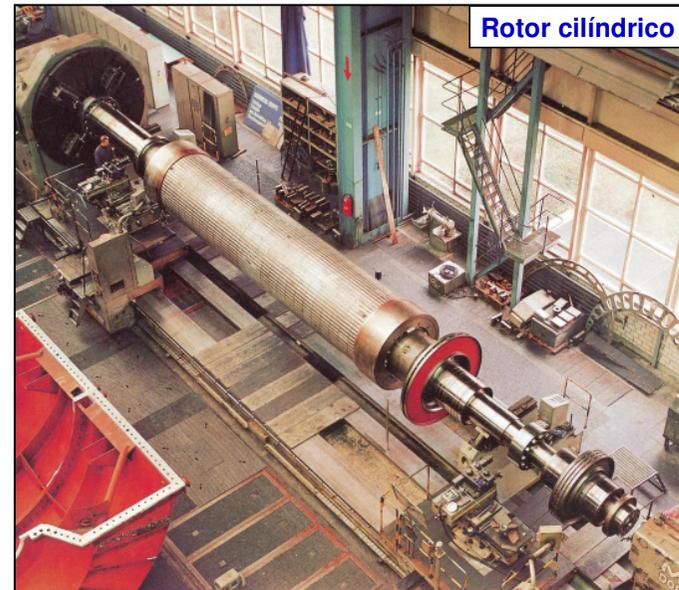
Rotor de un hidroalternador

14

## ROTOR CILÍNDRICO

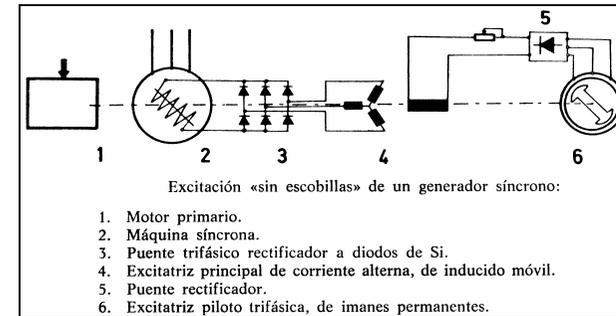
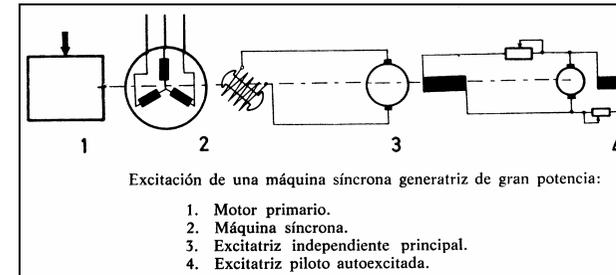
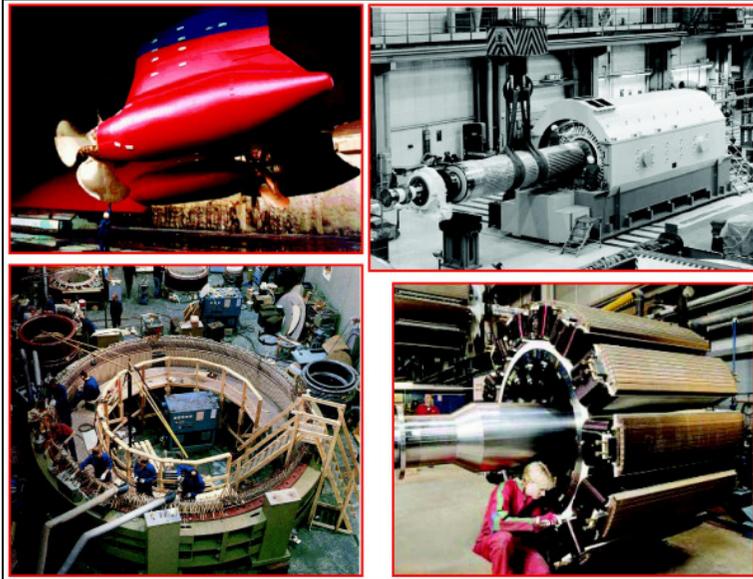


15



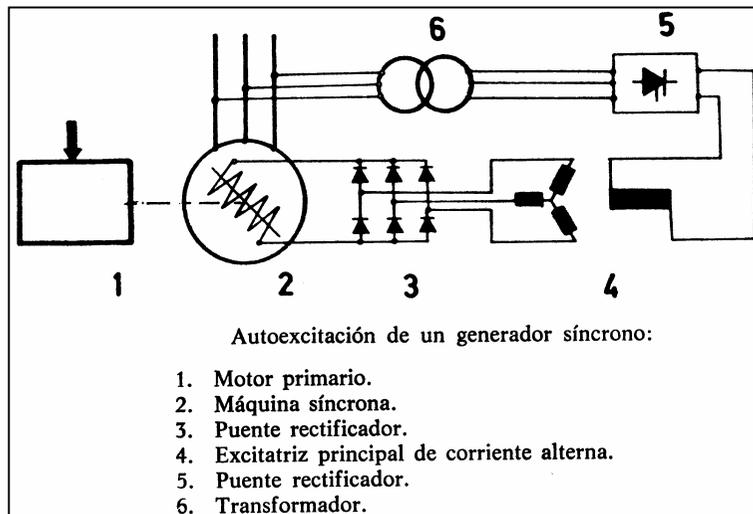
Rotor cilíndrico

16



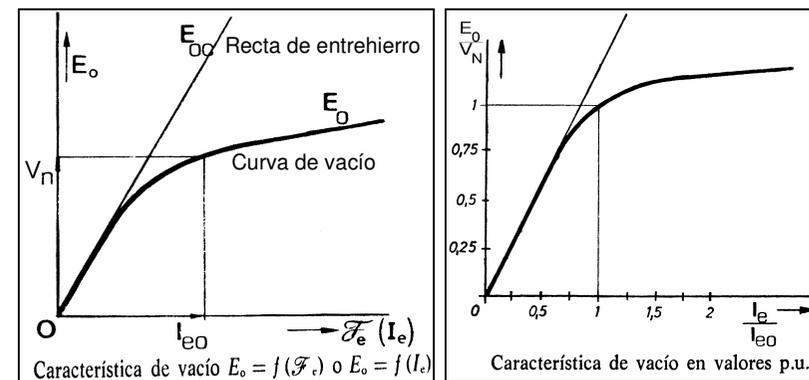
17

18



## Funcionamiento en vacío

$$E_0 = 4,44 f N \zeta_b \Phi_{eM}$$



La curva de vacío se suele indicar en **valores por unidad**

19

20

## Valores base

- Se adoptan los siguientes valores base para las magnitudes del **inducido**:

$$V_{Lb}, I_{Lb}, V_b, I_b, S_b, Z_b$$

- Estos valores base están relacionados entre sí, de forma que partiendo de dos de ellos se obtienen los demás:

Conexión estrella:  $V_b = V_{bL}/\sqrt{3}$        $I_b = I_{bL}$

Conexión triángulo:  $V_b = V_{bL}$        $I_b = I_{bL}/\sqrt{3}$

$$S_b = \sqrt{3} \cdot V_{bL} \cdot I_{bL} \qquad Z_b = V_b/I_b$$

- Usualmente se toman como valores base los valores asignados o nominales de la máquina.
- La intensidad base del **inductor**,  $I_{eb}$ , suele ser la intensidad  $I_{e0}$  que induce la tensión nominal cuando la máquina está en vacío.

21

## Valores por unidad (p.u.)

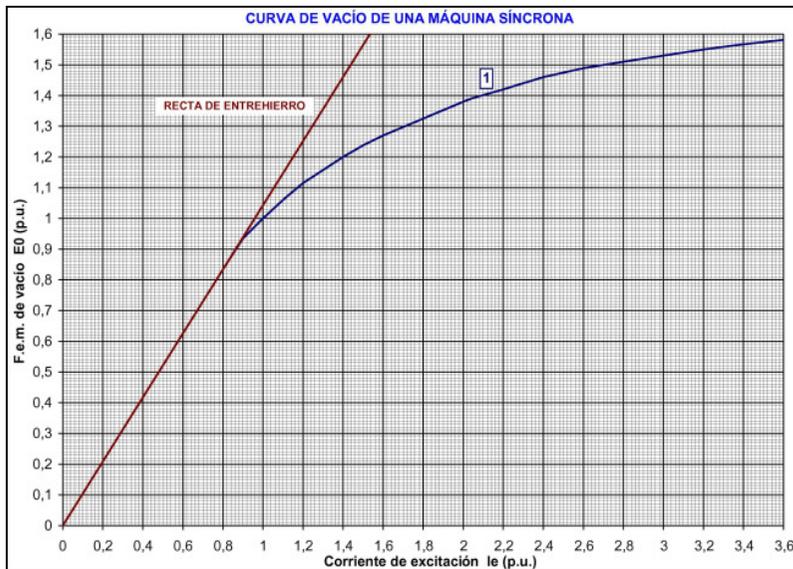
$$V(\text{p.u.}) = \frac{V_L}{V_{Lb}} = \frac{V}{V_b} \qquad I(\text{p.u.}) = \frac{I_L}{I_{Lb}} = \frac{I}{I_b}$$

$$P(\text{p.u.}) = \frac{P}{S_b} \qquad Q(\text{p.u.}) = \frac{Q}{S_b} \qquad S(\text{p.u.}) = \frac{S}{S_b}$$

$$R(\text{p.u.}) = \frac{R}{Z_b} \qquad X(\text{p.u.}) = \frac{X}{Z_b} \qquad Z(\text{p.u.}) = \frac{Z}{Z_b}$$

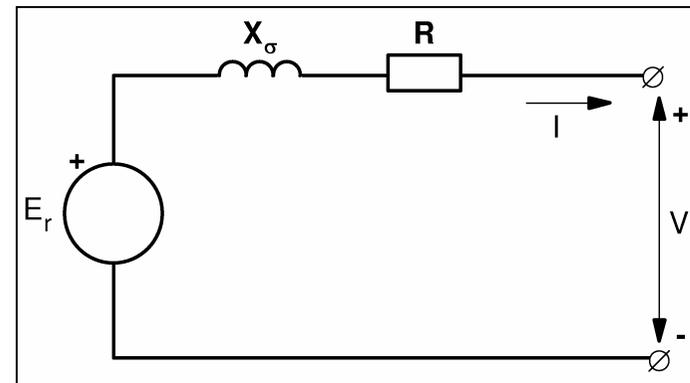
$$I_e(\text{p.u.}) = \frac{I_e}{I_{eb}}$$

22



23

## La máquina síncrona en carga



$$\bar{E}_r = \bar{V} + \bar{I}(R + jX_\sigma)$$

$$E_r = 4,44 N f \xi_b \Phi_{rM}$$

24