







# RODAMIENTOS

- DISPOSICIONES DE LOS RODAMIENTOS
- **JUEGO INTERNO, AJUSTES Y TOLERANCIAS**
- PRECARGA DE RODAMIENTOS
- ANEXOS





### **DISPOSICIONES DEL RODAMIENTO**









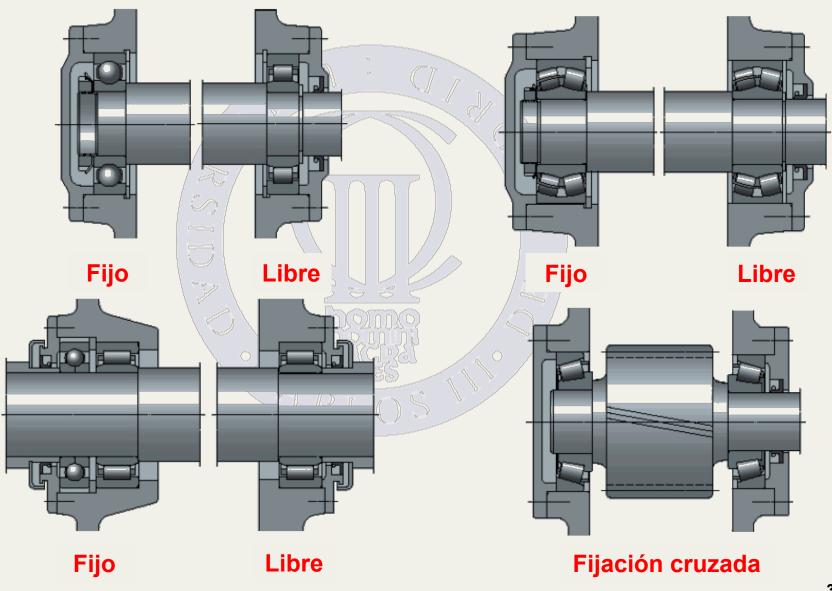


- LOS RODAMIENTOS SE MONTAN, EN GENERAL, POR PAREJAS:
  - 1. RODAMIENTO FIJO. Una vez montados, sus anillos no pueden desplazarse lateralmente. El rodamiento es fijado en ambos sentidos axiales, en el eje y en el alojamiento. Debe soportar carga en ambos sentidos.
    - Rodamientos rígidos de bolas.
    - Rodamientos de bolas de contacto angular.
    - Rodamientos de rodillos cónicos.
    - Rodamientos de rodillos a rótula.
  - 3. RODAMIENTO LIBRE O FLOTANTE. Sólo soporta carga radial, admitiendo desplazamiento axial por el eje (dilataciones térmicas).
  - <u>Fijación cruzada</u>. Cada uno de los rodamientos se fija al eje axialmente en un solo sentido, siendo los sentidos opuestos. Usada para ejes cortos, se emplean rodamientos del mismo tipos (de bolas de contacto angular o cónicos). Es necesario precargar.



### **DISPOSICIONES DEL RODAMIENTO**







### **DISPOSICIONES DEL RODAMIENTO**

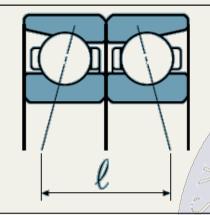


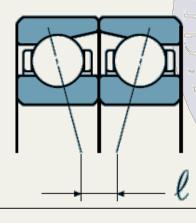


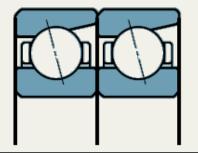












#### Espalda-a-espalda Tipo DB

- Puede soportar cargas radiales y axiales en cualquier dirección.
- Presenta una gran distancia "I" entre los centros efectivos de carga de los rodamientos, luego tiene una elevada capacidad para asimilar cargas de momento.
- El ángulo de desalineamiento permisible es pequeño.
- Este tipo es aconsejable si se aplican momentos.

#### Cara-a-cara Tipo DF

- Puede soportar cargas radiales y axiales en cualquier dirección.
- Presenta una distancia " I " entre centros efectivos de carga pequeña. Su capacidad para mantener momentos es inferior a la del tipo DB.
- □ El ángulo de desalineamiento permisible es superior que el permitido para el tipo DB.
- □ Este tipo es aconsejable si se produce desalineamiento.

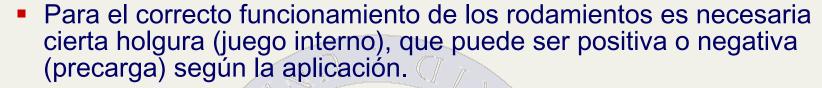
### Tandem o Serie Tipo DT

- Pueden soportar cargas radiales y axiales en una sola dirección.
- Puesto que dos rodamientos comparten la carga axial, esta disposición se utiliza cuando la carga axial en una dirección es alta.



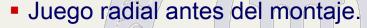
### **JUEGO INTERNO**







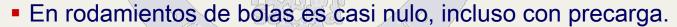
 El juego radial interno de un rodamiento es la distancia total que puede moverse un anillo respecto al otro en dirección radial.



 Juego eficaz o juego en funcionamiento (mayor que el anterior debido a las interferencias del montaje y las dilataciones térmicas).



 Para un correcto funcionamiento cada fabricante recomienda el uso de un "juego Normal" (tabulado).



- En los de contacto angular (bolas o rodillos cónicos) tiene más importancia el juego interno axial.
- En los rodamientos de rodillos cilíndricos o de rodillos esféricos a rótula es necesario un pequeño juego radial.



 Si el juego interno recomendado para un rodamiento no es el Normal se indica con sufijos de C1 a C5.



# JUEGO INTERNO EFECTIVO





Juego interno inicial.

$$\delta_{\mathsf{EF}} = \delta_{\mathsf{O}} - (\delta_{\mathsf{F}} + \delta_{\mathsf{T}})$$

Reducción del juego interno debido a la interferencia.

Reducción del juego interno debido a factores térmicos.



 Tras el montaje del rodamiento, se produce reducción del juego interno por dilatación del anillo interior y reducción del anillo exterior.

El juego interno de un rodamiento en condiciones operativas (juego

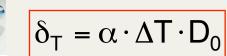
efectivo,  $\delta_{FF}$ ) suele ser menor que el juego interno inicial.

$$\delta_{\mathsf{F}} = \frac{7}{10} \cdot \Delta_{\mathsf{EF}}$$

 $\delta_F = \frac{7}{10} \cdot \Delta_{EF}$  Interferencia efectiva.



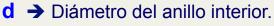
Debido a la diferencia de temperaturas entre el anillo interior y el exterior se genera reducción del juego interno en el rodamiento.



rodamiento, de valor aproximado 12.5 · 10<sup>-6</sup> (1/°C).

∆T → Diferencia de temperatura entre los dos anillos (°C).

D<sub>0</sub> → Diámetro de la pista del anillo exterior.



$$D_0 = \frac{1}{5} \cdot (d + 4 \cdot D)$$

 $D_0 = \frac{1}{r} \cdot (d + 4 \cdot D)$  Rodamientos de bolas y de rodillos esféricos

$$D_0 = \frac{1}{4} \cdot (d + 3 \cdot D)$$

 $D_0 = \frac{1}{1} \cdot (d + 3 \cdot D)$  Rodamientos de rodillos cilíndricos y cónicos





### JUEGO INTERNO RADIAL



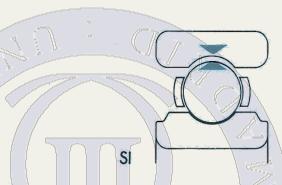








La normalización
del juego interno
de los rodamientos
se refiere unicamente
al juego radial
NORMA AFNOR NE E 22316



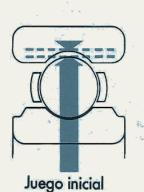


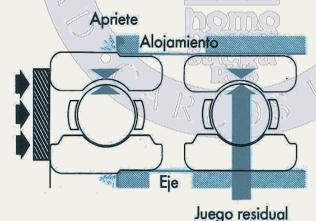
NO

#### Este juego radial es necesario para prevenir:

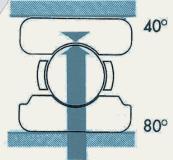


Las deformaciones de los anillos del rodamiento durante su colocación





Las diferencias de dilatación de los anillos interior y exterior debidas a las diferentes temperaturas alcanzadas por estos anillos durante el funcionamiento.



Juego de funcionamiento.



## ¿CÓMO MEDIR EL JUEGO RADIAL INTERNO?

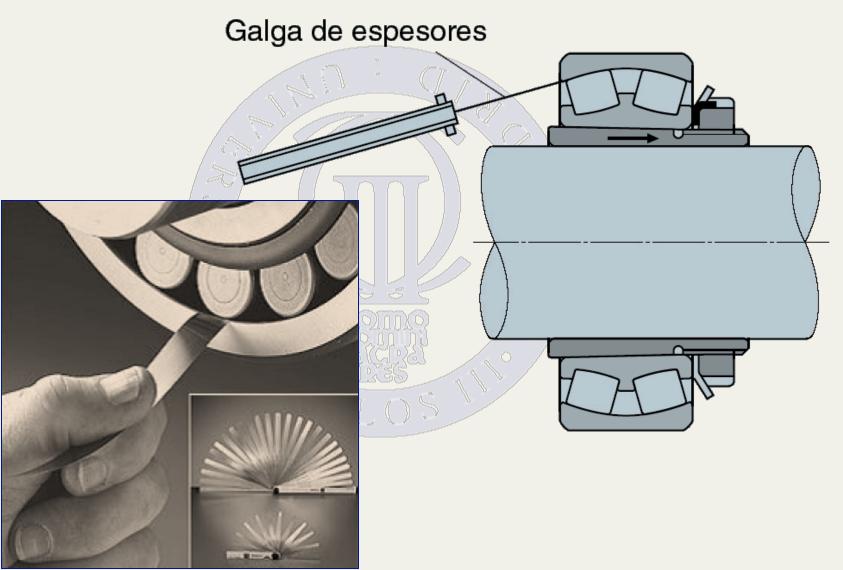














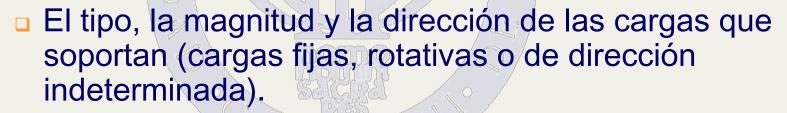
# AJUSTE DEL RODAMIENTO SELECCIÓN DEL AJUSTE







- El juego interno del rodamiento (axial o radial).
- Las condiciones de giro.
- El diseño y el material de los ejes y los alojamientos.
- El tipo y las dimensiones del rodamiento.



- Las condiciones de temperatura.
- La facilidad para el montaje y desmontaje.
- El desplazamiento de un rodamiento libre.

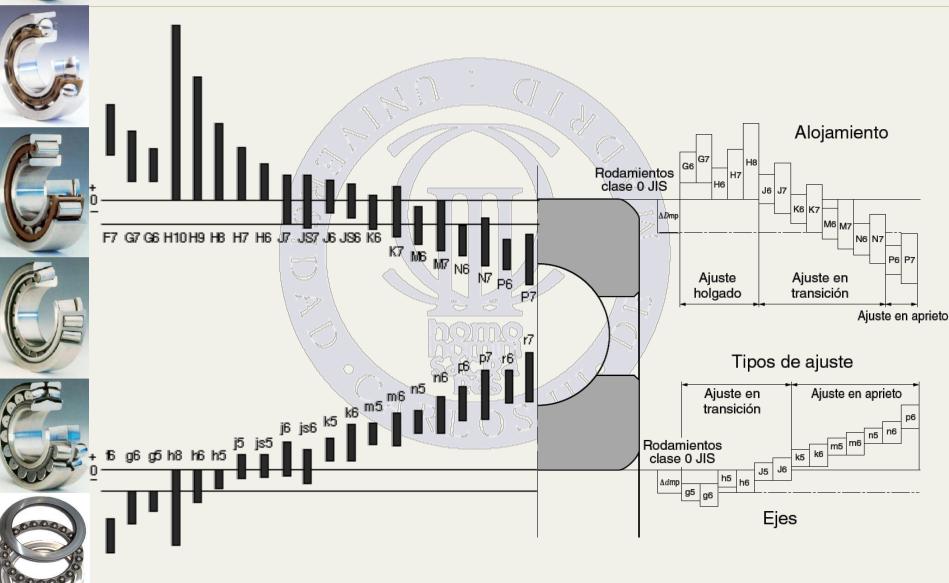








# AJUSTE DEL RODAMIENTO TIPOS DE AJUSTE





### CARGA RADIAL Y AJUSTE DEL RODAMIENTO











6	Ilustración	Rotación del rodamiento	Carga del anillo	Ajuste
	Carga estacionania	Anillo interno: Rotativo  Anillo externo Estacionario	Carga rotativa en	Anillo interior: Ajuste apretado
	Carga no balanceada	Anillo interno: Estacionario Anillo externo Rotativo	en el anillo exterior	Anillo exterior: Ajuste holgado
	Carga estacionania	Anillo interno: Estacionario Anillo externo Rotativo	Carga actacionaria	Anillo interior: Ajuste holgado
	Carga no balanceada	Anillo interno: Rotativo Anillo externo Estacionario	el anillo exterior	Anillo exterior: Ajuste apretado



### PRECARGA EN RODAMIENTOS



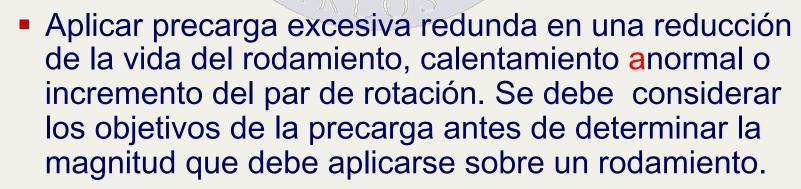


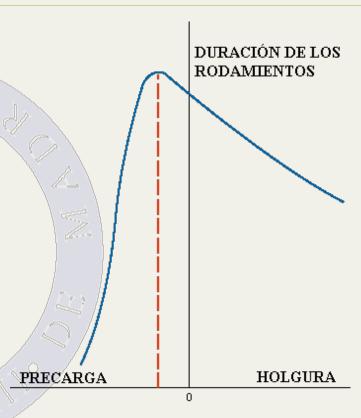






- Cierta precarga origina una distribución de tensiones que optimiza la vida útil del rodamiento.
- Excesivo juego o precarga repercute negativamente en la vida útil del rodamiento.
- Se aplica comúnmente a los rodamientos de bolas de contacto angular y a los de rodillos cónicos.







### PRECARGA DE RODAMIENTOS







 Aumento de la rigidez (relación entre la fuerza que actúa sobre el rodamiento y la deformación elástica producida). El rodamiento admite cargas más altas.



Reducción del ruido de funcionamiento de la máquina.



 La frecuencia natural del rodamiento se eleva lo cual lo hace más apto para trabajar a altas velocidades.



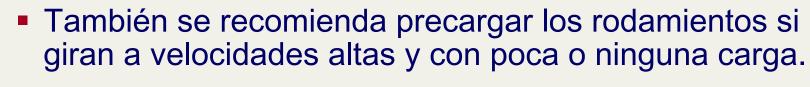
Incremento de la exactitud del guiado del eje.



Prolonga la vida útil en servicio de los rodamientos.



 Compensación del desgaste y de las variaciones en el asentamiento debido al funcionamiento.





# PRECARGA DE RODAMIENTOS INCREMENTO DE LA RIGIDEZ

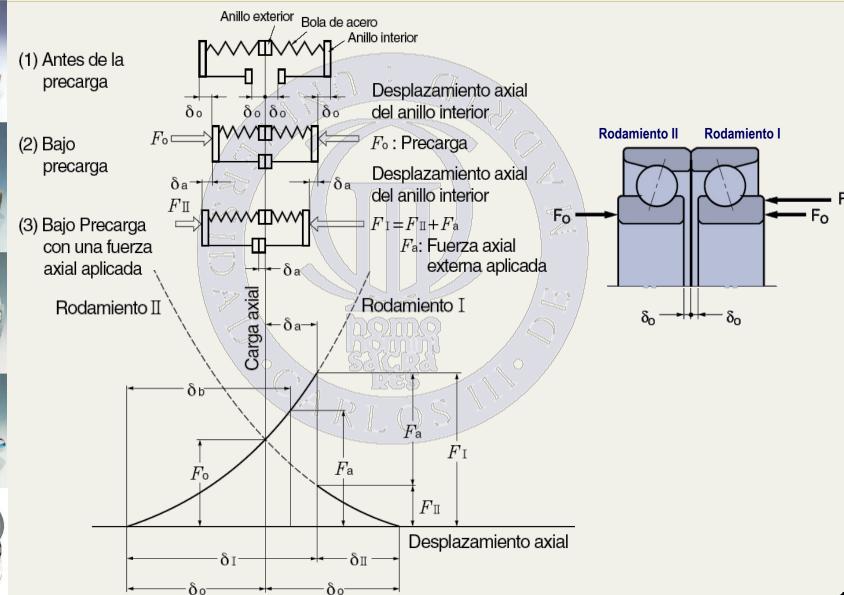














## MÉTODOS DE PRECARGA

T = precarga, N {kgf}

na = número de revoluciones por minuto, r.p.m.

Coa = capacidad básica de carga axial estática, N {kgf}











Método	Rodamiento aplicable	Objetivo	Caracteristicas	Aplicaciones
Precarga	Rodamientos de bolas a contacto angular	Mantener la precisión rotativa del eje, prevención de vibraciones, Incremento de rigidez	La precarga se logra por un desplazamiento predeterminado de los anillos mediante el uso de espaciadores. Para las precargas estándares ver la Tabla 8.13.	Esmeriladoras, tomos, fresadoras, instrumentos de medición
Precarga por posición fija	Rodamientos de rodillos cónicos, rodamientos axiales de bolas, rodamientos de bolas a contacto angular	Incremento de la rigidez del rodamiento	La precarga se obtiene ajustando un tornillo. La cantidad de precarga se establece ya sea por la medición del torque de arranque o por la medición del desplazamiento axial.	Tornos, fresadoras, engranes de los diferenciales de automóviles, máquinas de impresión, ejes de ruedas.
Precarg	Rodamientos de bolas a contacto angular, rígidos de bolas, rodamientos de rodillos cónicos (alta velocidad)	Mantener la precisión y prevenir vibraciones y ruido con una precarga con stante, que no sea afectada por las cargas o la temperatura	La precarga se logra utilizando un resorte helicoidal un resorte laminado (belleville). para rodamientos rigidos de bolas: 4~10 d N 0.4~1.0 d kgf diámetro del eje, mm para rodamientos de bolas a contacto angular, ver Tabla 8.13	Esmeriladoras para superficies internas, motores eléctricos, máquinas pequeñas con ejes de alta velocidad, poleas (carretes de tensión)
Precarga por presión constante	Rodamientos axiales de rodillos esféricos, rodamientos axiales de rodillos cilíndricos, rodamientos axiales de bolas	La precarga previene la melladura en las pistas laterales cuando soportan una carga axial	La precarga se logra utilizando un resorte helicoidal o laminado (belleville). Las precargas recomendadas son las sigutentes: para rodamientos axialesd de bolas:  T₁=0.42 (r₂C₀a) ¹.9×10⁻¹³ N =3.275(r₂C₀a) ¹.9×10⁻¹³ kgf}  T₂=0.00083 C₀a N {kgf} para rodamientos axiales de rodillos esféricos y cilíndricos:  T=0.025 C₀a⁰³ N =0.0158 C₀a⁰³ kgf}	Laminadoras, máquinas de extrusión.



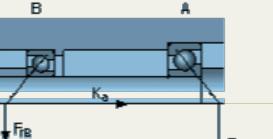








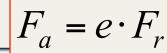




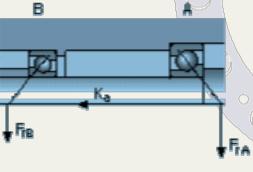
₽F<sub>A</sub>

- K<sub>a</sub>≥0
- 1a) e<sub>A</sub>F<sub>rA</sub>≥e<sub>B</sub>F<sub>rB</sub> F<sub>aA</sub>=e<sub>A</sub>F<sub>rA</sub> F<sub>aB</sub>=F<sub>aA</sub>+K<sub>a</sub>

- 1b)  $e_A F_{rA} < e_B F_{rB}$   $F_{aA} = e_A F_{rA}$   $F_{aB} = F_{aA} + K_a$



Cargas axiales sobre rodamientos de bolas de contacto angular de  $\alpha$  = 40 °



ιFia

- 2a) e<sub>e</sub>F<sub>rA</sub> ≤e<sub>B</sub>F<sub>rB</sub> K\_≥0
- FaA=FaB+Ka FaB=eBFrB

- eAFIA > eBFIB
- FaA=FaB+Ka FaB=eBFrB
- K<sub>a</sub>≥e<sub>A</sub>F<sub>rA</sub> e<sub>B</sub>F<sub>rB</sub>

- ₽F<sub>fills</sub>
- 2c)  $e_A F_{rA} > e_B F_{rB}$   $F_{aA} = e_A F_{rA}$   $F_{aB} = F_{aA} K_a$ 
  - $K_a < e_A F_{rA^+} e_B F_{rB}$



Montaje en O (espalda con espalda)

Disposición de rodamientos



10) 
$$\frac{F_{rA}}{Y_A} \ge \frac{F_{rB}}{Y_B}$$
  $F_{aA} = \frac{0.5 F_{rA}}{Y_A}$ 

Cargas axiales

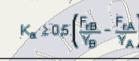


Montaje en X (frente a frente)



(b)  $\frac{F_{rA}}{V_A} < \frac{F_{rB}}{V_B}$   $F_{aA} = \frac{0.5 F_{rA}}{V_A}$   $K_a \ge 0.5 \left(\frac{F_{rB}}{V_B} - \frac{F_{rA}}{V_A}\right)$ 

FaB = FaA + Ka



Caso de carga.

Cargas axiales sobre rodamientos de rodillos cónicos

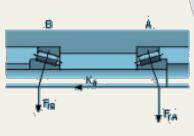


 $K_0 < 0.5 \left( \frac{F_{BB}}{Y_B} - \frac{F_{FA}}{Y_A} \right)$ 









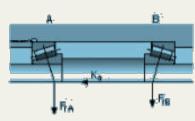
Montaje en O (espalda con espalda)





Montaje en X (frente a frente)

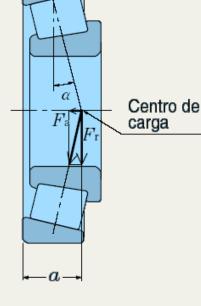




 $K_a < 0.5 \left( \frac{F_{YA}}{Y_A} - \frac{F_{YB}}{Y_{DD}} \right)$ 

 $K_a \ge 0.5 \left( \frac{F_{rA}}{V_b} - \frac{F_{rB}}{V_b} \right)$ 

20)  $\frac{F_{rA}}{Y_A} \times \frac{F_{rB}}{Y_B}$   $F_{aA} = \frac{0.5 F_{rA}}{Y_A}$ 





### DISPOSICIÓN DE LOS RODAMIENTOS Y CARGA DINÁMICA EQUIVALENTE











ni.						
	Dispos	sición de r	rodamientos	Condición de carga	Carga axial	Carga radial dinámica equivalente
y	Arreglo DB	Brgı	Brgπ	$0.5F_{\text{FI}} \leq 0.5F_{\text{FII}} + F_{\text{a}}$	$F_{a}I = \frac{0.5F_{rII}}{Y_{II}} + F_{a}$	$P_{rI} = XF_{rI} + Y_{I} \left[ \frac{0.5F_{rII}}{Y_{II}} + F_{a} \right]$
		$F_{\text{rI}}$	F	$Y_{\rm I} = Y_{\rm II}$		$P_{rII} = F_{rII}$
7	Arreglo DF	Brgπ	Brg 1	$\frac{0.5F_{r,\mathrm{I}}}{Y_{\mathrm{I}}} > \frac{0.5F_{r,\mathrm{II}}}{Y_{\mathrm{II}}} + F_{\mathrm{a}}$		$P_{rI} = F_{rI}$
		$F_{\text{r}}$	Fil	Yı Yı I'a	$F_{\mathbf{a}} \mathbf{I} = \frac{0.5 F_{\mathbf{r}} \mathbf{I}}{Y_{\mathbf{I}}} - F_{\mathbf{a}}$	$P_{rII} = XF_{rII} + Y_{II} \left[ \frac{0.5F_{rI}}{Y_{I}} - F_{a} \right]$
7	Arreglo DB	Brgı	Brg <sub>II</sub>	$0.5F_{\rm rII} < 0.5F_{\rm rII} = F_{\rm r}$		$P_{rI} = F_{rI}$
		$F_{\text{ri}}$	FrII	$\frac{0.5F_{\text{rII}}}{Y_{\text{III}}} \leq \frac{0.5F_{\text{rII}}}{Y_{\text{I}}} F_{\text{a}}$	$F_{\text{a}} \mathbb{I} = \frac{0.5F_{\text{rI}}}{Y_{\text{I}}} + F_{\text{a}}$	$P_{rII} = XF_{rII} + Y_{II} \left[ \frac{0.5F_{rI}}{Y_{I}} + F_{a} \right]$
	Arreglo DF	Brgπ	Brgı	$\frac{0.5F_{\text{rII}}}{Y_{\text{II}}} > \frac{0.5F_{\text{rI}}}{Y_{\text{I}}} + F_{\text{a}}$	$F_{\rm a} I = \frac{0.5 F_{\rm rII}}{Y_{\rm II}} - F_{\rm a}$	$P_{rI} = XF_{rI} + Y_{I} \left[ \frac{0.5F_{rII}}{Y_{II}} - F_{a} \right]$
		$F_{r \mathbb{I}}$	$F_{\text{rI}}$			$P_{rII} = F_{rII}$



### **VELOCIDAD MÁXIMA**

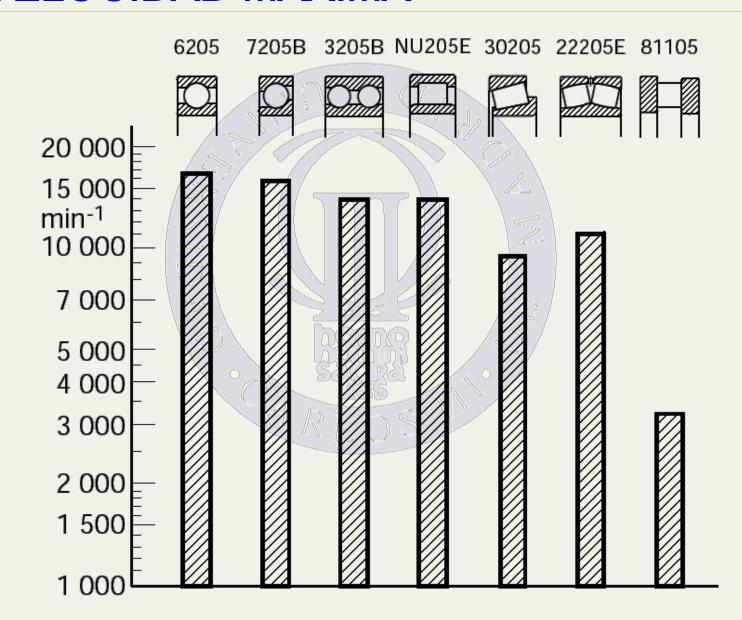














# ROZAMIENTO EN RODAMIENTOS



### Coeficientes de fricción para

Tipo de rodamiento	OS Coefíciente $\mu \times 10^{-3}$		
Rodamientos rígidos de bolas	1.0~1.5		
Rodamientos de bolas a contacto angular	1.2~1.8		
Rodamientos oscilantes de bolas	0.8~1.2		
Rodamientos de rodillos cilíndricos	1.0~1.5		
Rodamientos de agujas	2.0~3.0		
Rodamientos de rodillos cónicos	1.7~2.5		
Rodamientos de rodillos esféricos	2.0~2.5		
Rodamientos axiales de bolas	1.0~1.5		
Rodamientos axiales de rodillos	2.0~3.0		



20



### CARGAS QUE ACTÚAN SOBRE LOS RODAMIENTOS

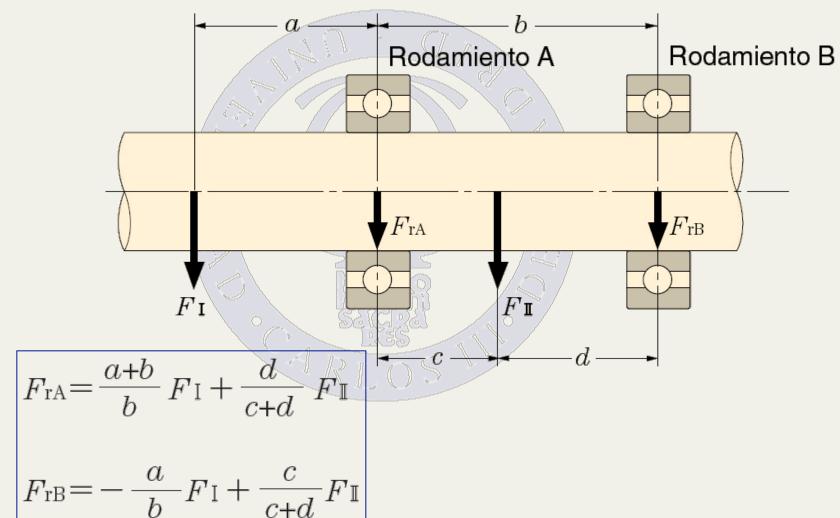














## CARGAS QUE ACTÚAN SOBRE EL EJE

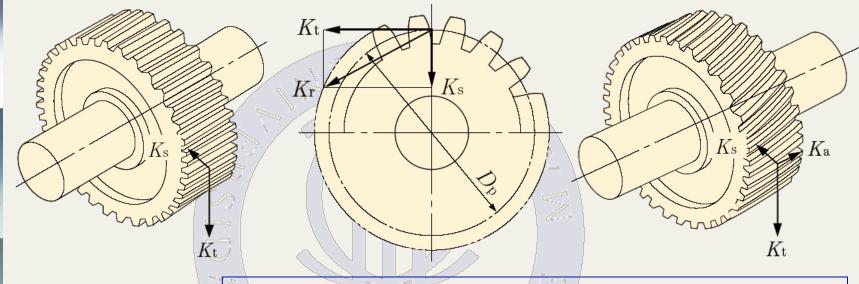












$$K_{t} = \frac{Potencia}{Velocidad}$$

$$K_t = \frac{H}{R_p \cdot \omega}$$

$$K_t = 19,1 \cdot 10^6 \cdot \frac{H}{D_p \cdot n}$$

$$K_s = K_t \cdot \tan \alpha$$
 (engranajes cilindrico – rectos)

$$K_s = K_t \cdot \frac{\tan \alpha}{\cos \beta}$$
 (engranajes cilindrico – helicoidales)

$$K_a = K_t \cdot \tan \beta \longrightarrow K_{a_{FINAL}} = f_w \cdot K_a$$

$$K_r = \sqrt{K_t^2 + K_s^2} \longrightarrow K_{r_{FINAL}} = f_w \cdot K_r$$