



FACULTAD
DE INGENIERÍA

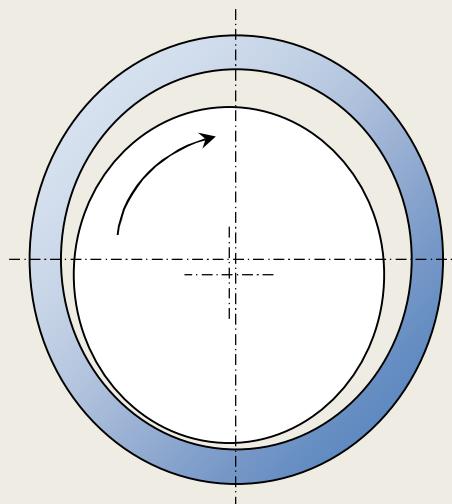
COJINETES

MECÁNICA APLICADA
MECÁNICA Y MECANISMOS

Ing. Carlos Barrera-2025

UNIONES DESLIZANTES

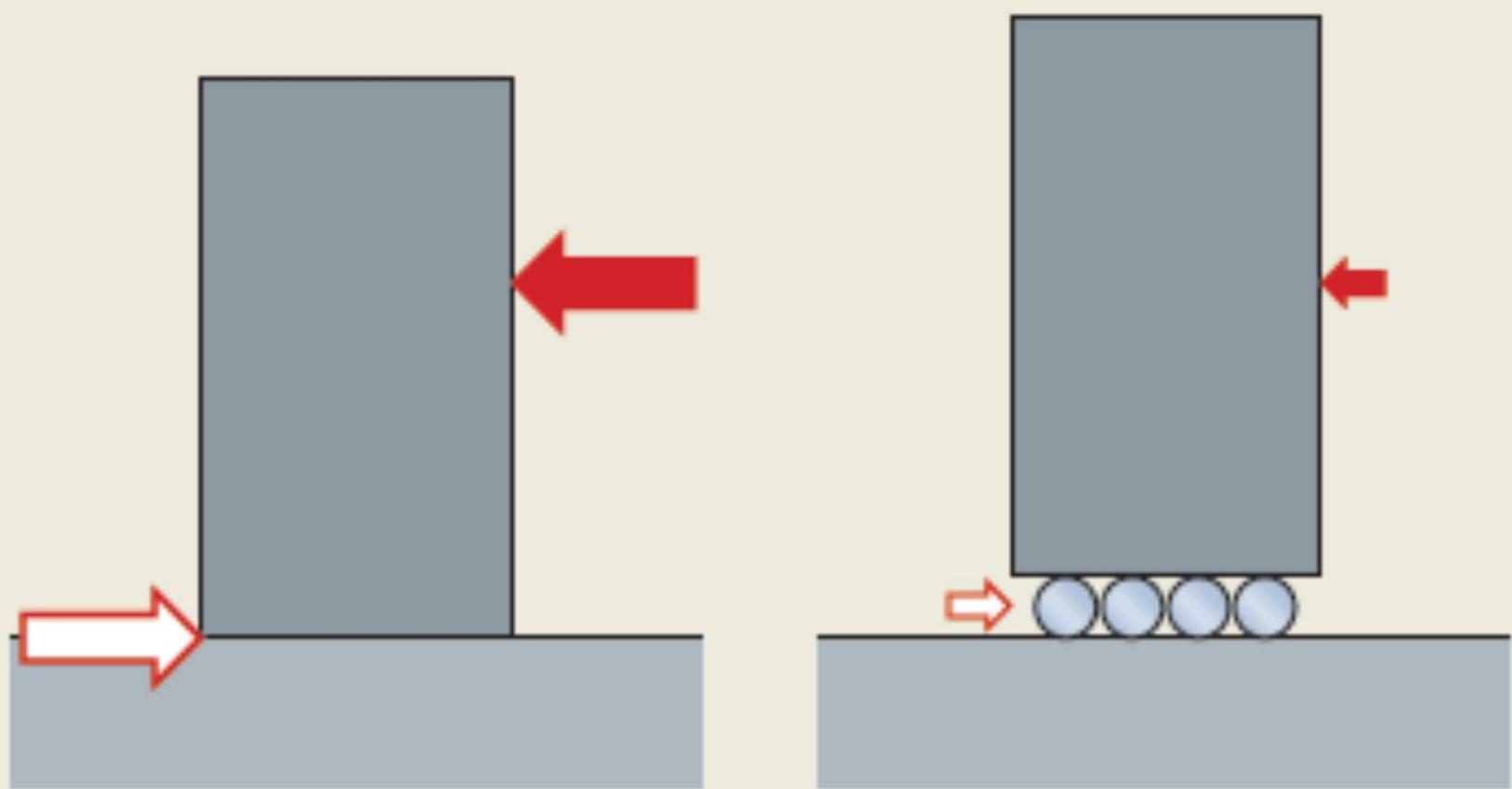
Los cojinetes son elementos de máquinas diseñados con el objetivo de reducir las pérdidas por fricción entre superficies de contacto con movimiento relativo.



COJINETE DE CONTACTO **DESLIZANTE**
(o simplemente COJINETE)



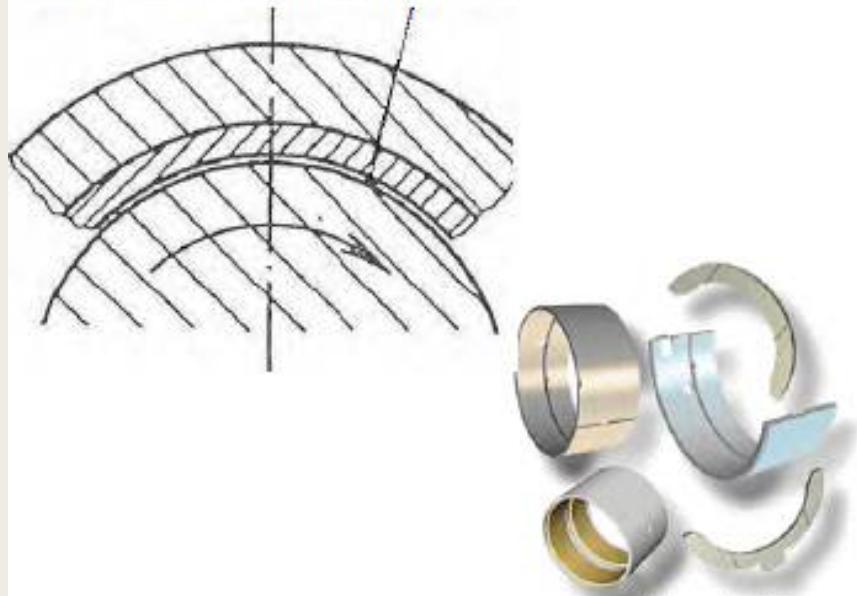
COJINETE DE CONTACTO RODANTE
(o simplemente RODAMIENTO)



OBJETIVOS

- **Identificar los distintos tipos de cojinetes.**
- **Determinar la relación entre las cargas sobre los rodamientos y la expectativa de duración.**
- **Especificar los rodamientos adecuados para determinada aplicación.**
- **Recomendar los valores adecuados de duración de diseño para los rodamientos.**
- **Calcular la carga equivalente.**
- **Especificar ciertas condiciones prácticas como el montaje, lubricación, etc.**
- **Identificar las partes que componen un rodamiento.**

Juego para el funcionamiento

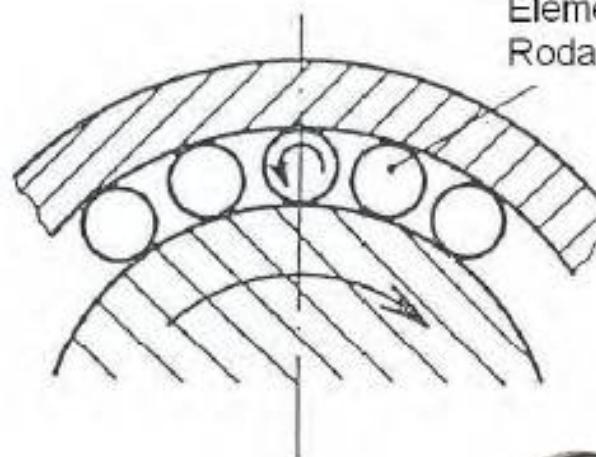


Fuente: Internet

I - Cojinetes de fricción (Cojinetes)

Deslizamiento de las superficies del muñón del árbol y del cojinete separadas por una capa de lubricante.

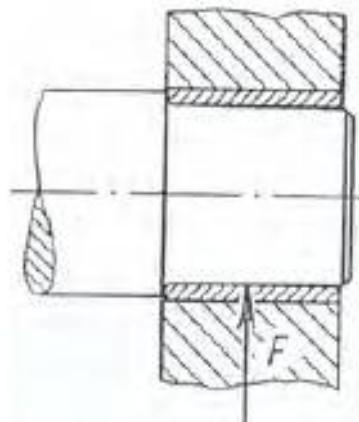
Elemento
Rodante



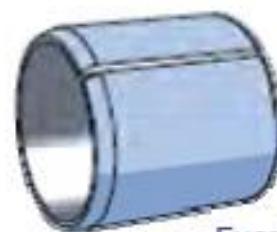
Fuente: Internet

II - Cojinetes de rodamiento (Rodamientos)

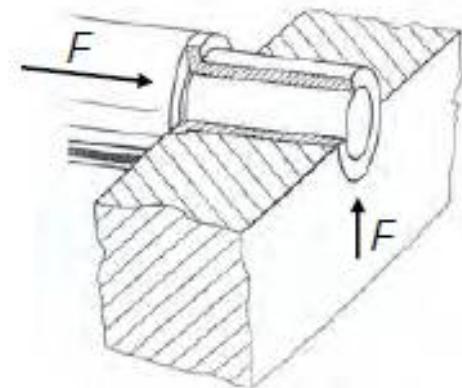
Rodadura entre cuerpos rodantes y pistas.



Carga radial



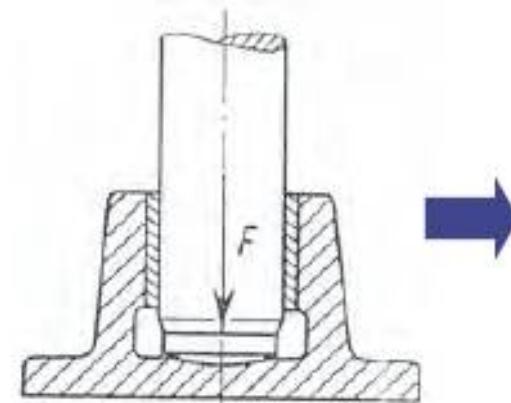
Fuente: SKF



Carga combinada
(radial y axial)



Fuente: SKF



Carga axial



Fuente: SKF

Cojinete axial



Fuente: SKF

Valores orientativos para algunos materiales de cojinetes de fricción

	Carga máxima (MPa)	Temp Máx (°C)	Velocidad máx (m/s)	P.V máx (N/m.s)
Bronce fundido	31	163	0.6	1.5E+05
Bronce poroso	31	66	0.6	1.5E+05
Hierro poroso	55	66	0.3	1.5E+05
Fenólicos	41	93	1.1	4.4E+04
Ni16n (nylon)	7	93	0.4	8.8E+03
Teflón	3	260	0.0	2.9E+03
Teflón reforzado	17	260	0.4	2.9E+04
Teflón en tejido	414	260	0.0	7.3E+04
Delrin	7	82	0.4	8.8E+03
Carbono-grafito	4	399	1.1	4.4E+04

Composite POM

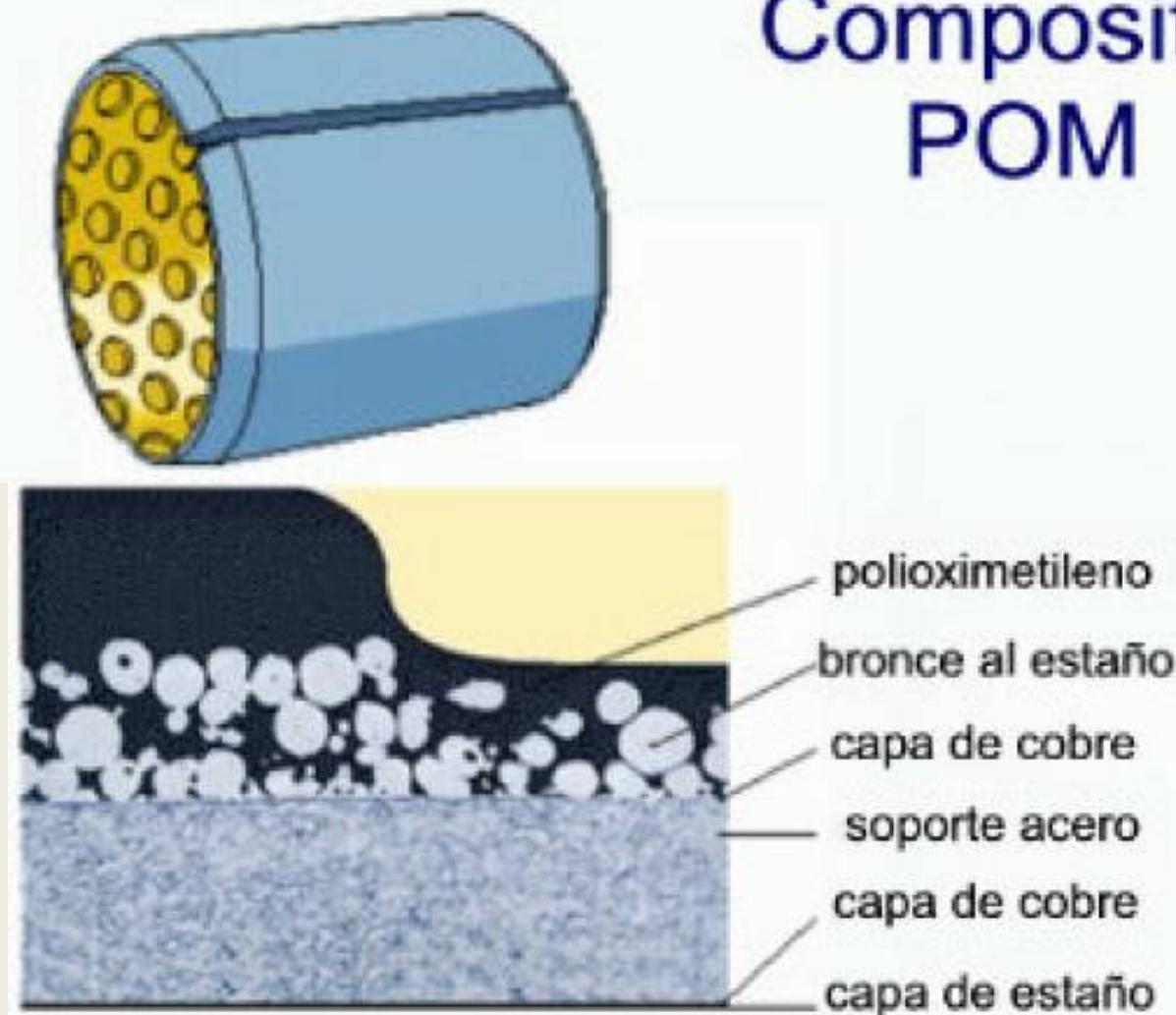
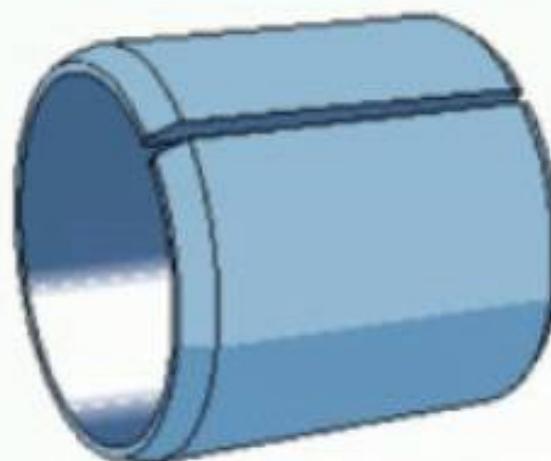


Figura 3.2 Cojinete de fricción de Composite POM (polieximetileno)



COMPOSITE PTFE

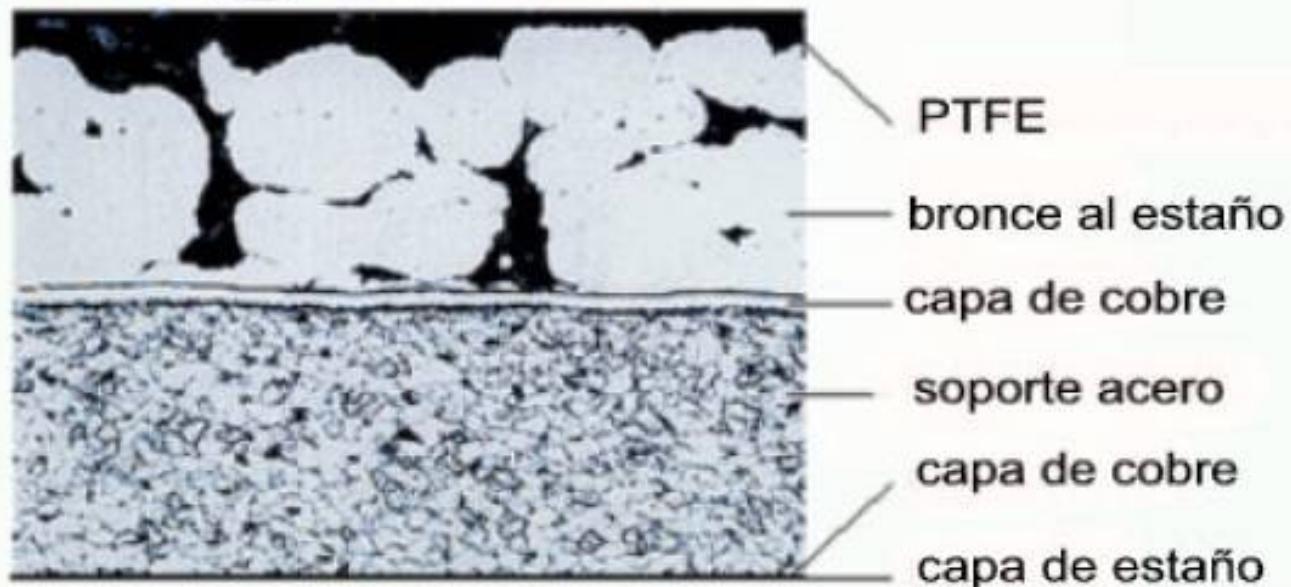
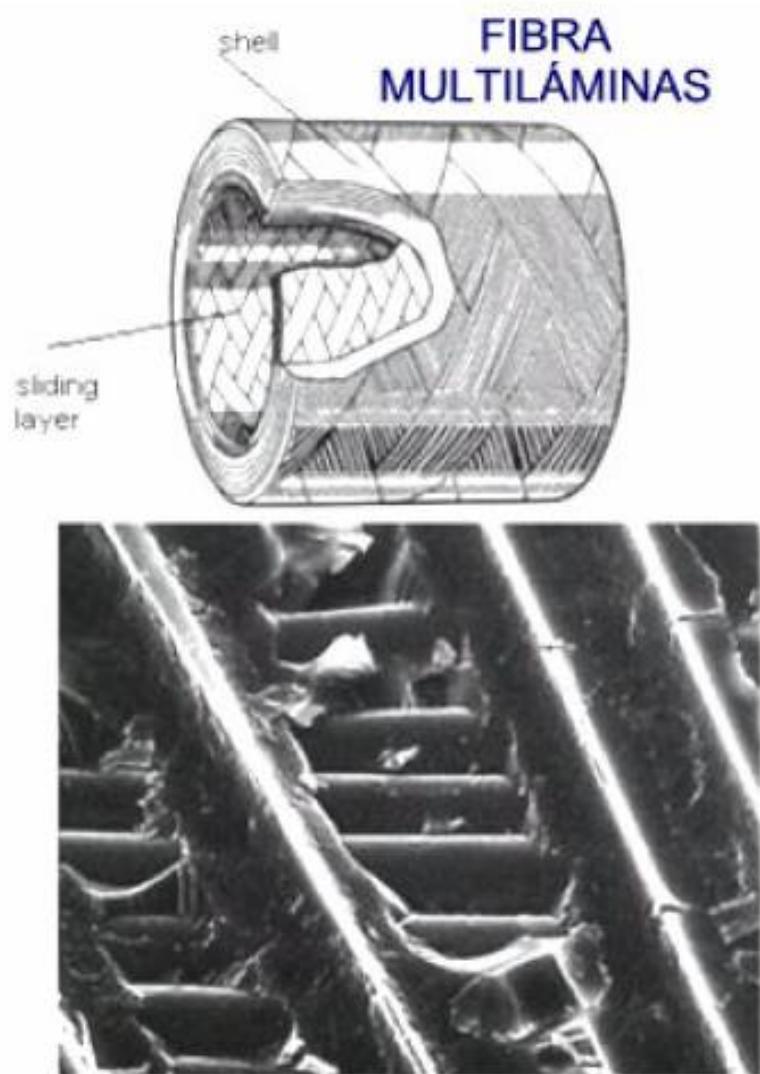
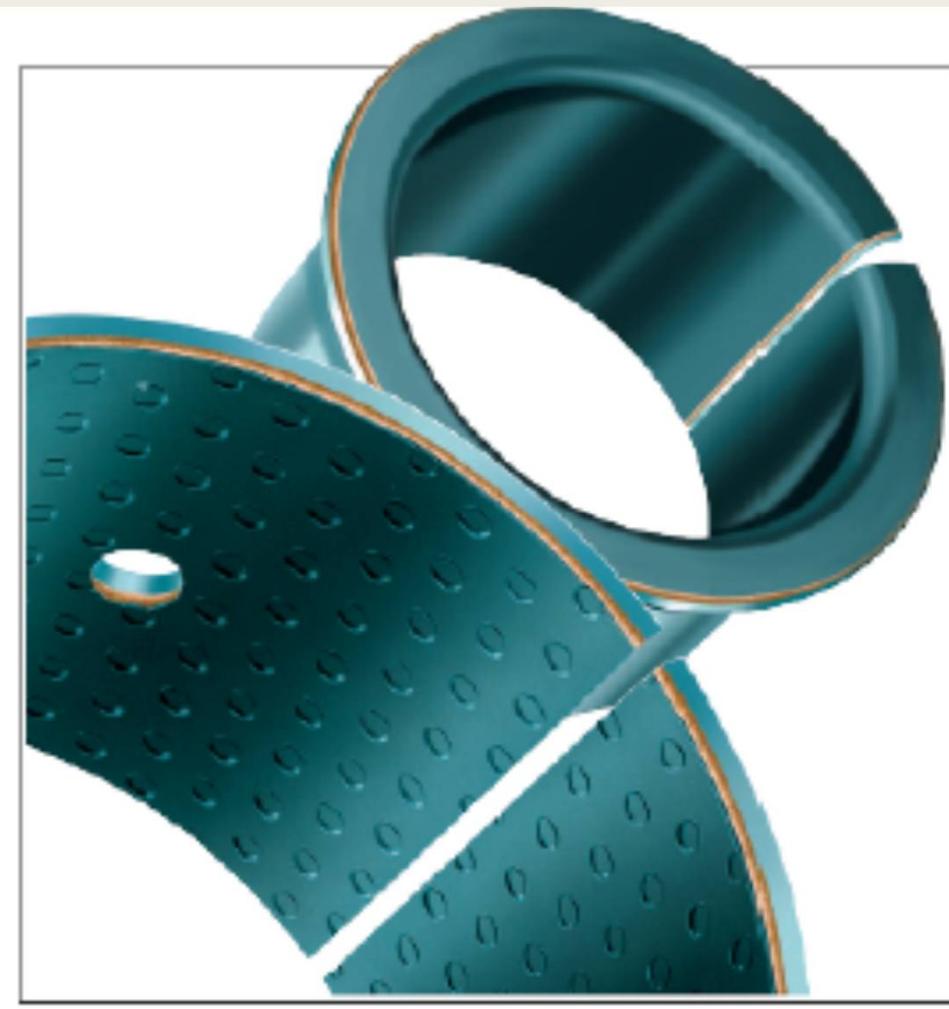


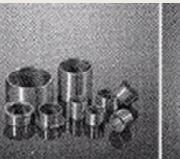
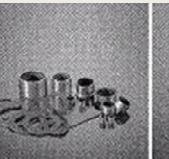
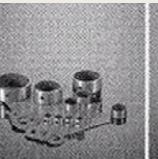
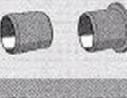
Figura 3.3 Cojinete de fricción de Composite PTFE (politetrafluoruroetileno)



Section through sliding layer

Figura 3.4 Cojinete de fricción de fibras multiláminas



												
Bronce Macizo El polivalente												
Bronce Sinterizado El veloz												
Bronce Laminado El todo terreno												
Composite PTFE El corredor de fondo												
Composite POM El escalador												
Composite con Soporte Inoxidable El brillante												
Poliamida PTFE El trotador												
Fibra Multiláminas El incansable												
Rango de temperaturas, °C	-40 .. +150	-10 .. +100	-40 .. +150	-200 .. +250	-40 .. +110	-150 .. +150	-30 .. +110	-50 .. +140				
Coeficiente de fricción μ	0,08 .. 0,15	0,05 .. 0,10	0,08 .. 0,15	0,03 .. 0,08	0,04 .. 0,12	0,03 .. 0,08	0,06 .. 0,15	0,03 .. 0,08				
Cargas específica admis., N/mm ²												
– dinámica	50	10	40	80	120	80	40	140				
– estática	140	50	120	250	250	300	80	200				
Velocidad de desliz. admis., m/s	0,5	0,25 .. 10	1,0	2,0	2,0	1,5	1,0	0,5				
Tolerancia del eje	e7 – e8	f7 – f8	e7 – f8	f6 – h7	h7 – h8	g6 – f7	h8 – h9	h7 – h8				
Tolerancia del alojamiento	H7	H7	H7	H7	H7	H7	H7	H7				
Rugosidad del eje R_a , μm	0,8 .. 1,6	0,2 .. 0,8	0,4 .. 0,8	0 .. 0,4	0 .. 0,8	0 .. 0,4	0 .. 0,8	0 .. 0,8				
Dureza del eje, HB	180 – 400	200 – 300	150 – 400	300 – 600	150 – 600	300 – 600	100 – 300	200 – 600				
Gama	 	 	 	  	 	 		 				
Designación de las series	PBM	PBMF	PSM	PSMF	PRM	PRMF	PCM .. B PCM .. M PCMS .. B PCMS .. M	PCM .. M PCM .. M PCMS .. M	PI	PPM	PPMF	PWM



	Bronce Macizo El polivalente	Bronce Sinterizado El veloz	Bronce Laminado El todo terreno	Composite PTFE El corredor de fondo	Composite POM El escalador	Composite con soporte inoxidable El brillante	Poliamida PTFE El trotador	Fibra Multiláminas El incansable		
Autolubricante	-	+	-	++	+	++	++	++		
Sin mantenimiento	-	+	0	++	+	++	++	++		
Alta contaminación	+	0	++	-	0	-	-	+		
Resistente a la corrosión	+	0	+	0	0	++	++	++		
Alta temperatura	+	-	+	++	0	+	0	+		
Cargas altas	0	-	0	+	++	+	0	++		
Resistente a impactos/vibraciones	+	0	+	0	0	0	-	++		
Alta velocidad de deslizamiento	-	++	0	+	+	+	0	-		
Bajo rozamiento	-	+	-	++	++	++	0	++		
Alta rugosidad del eje	+	-	0	-	0	-	0	0		
Juego pequeño	-	0	0	++	+	+	0	-		
Insensible a la desalineación	+	0	0	-	0	-	0	+		
Bajo precio	0	+	+	++	++	-	++	-		
Gama										
Designación de las series	PBM	PBMF	PSM	PSMF	PRM	PRMF	PCM .. B PCM .. B PCMS .. B	PCM .. M PCM .. M PCMS .. M		
							PI	PPM	PPMF	PWM



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Cátedra: MECÁNICA APLICADA- MECÁNICA Y MECANISMOS
07:50 Ing. Carlos Barrera

Ventajas de los cojinetes de fricción

- Los cojinetes de fricción suelen ser **más ligeros** que los rodamientos ya que no poseen tantos componentes.
- Necesitan **menos superficie radial** ya que están construidos en paredes finas, a diferencia de los rodamientos que constan de dos anillos y elementos rodantes.
- Son **más silenciosos**.
- Su montaje no precisa **elementos especiales** como por ejemplo una prensa o un extractor.



Desventajas de los cojinetes de fricción

- Admiten **menos velocidad** que los rodamientos.
- En el **arranque tienen un rozamiento muy elevado** comparado con los rodamientos.
- **Mayor consumo de lubricante** que un rodamiento.
- **Mayor temperatura de funcionamiento** frente a un rodamiento. (Para que el lubricante sea fluido).
- **Menor capacidad de carga** que un rodamiento.
- **Mayor tamaño** a igualdad de carga.



Cojinete en mal
estado por suciedad.

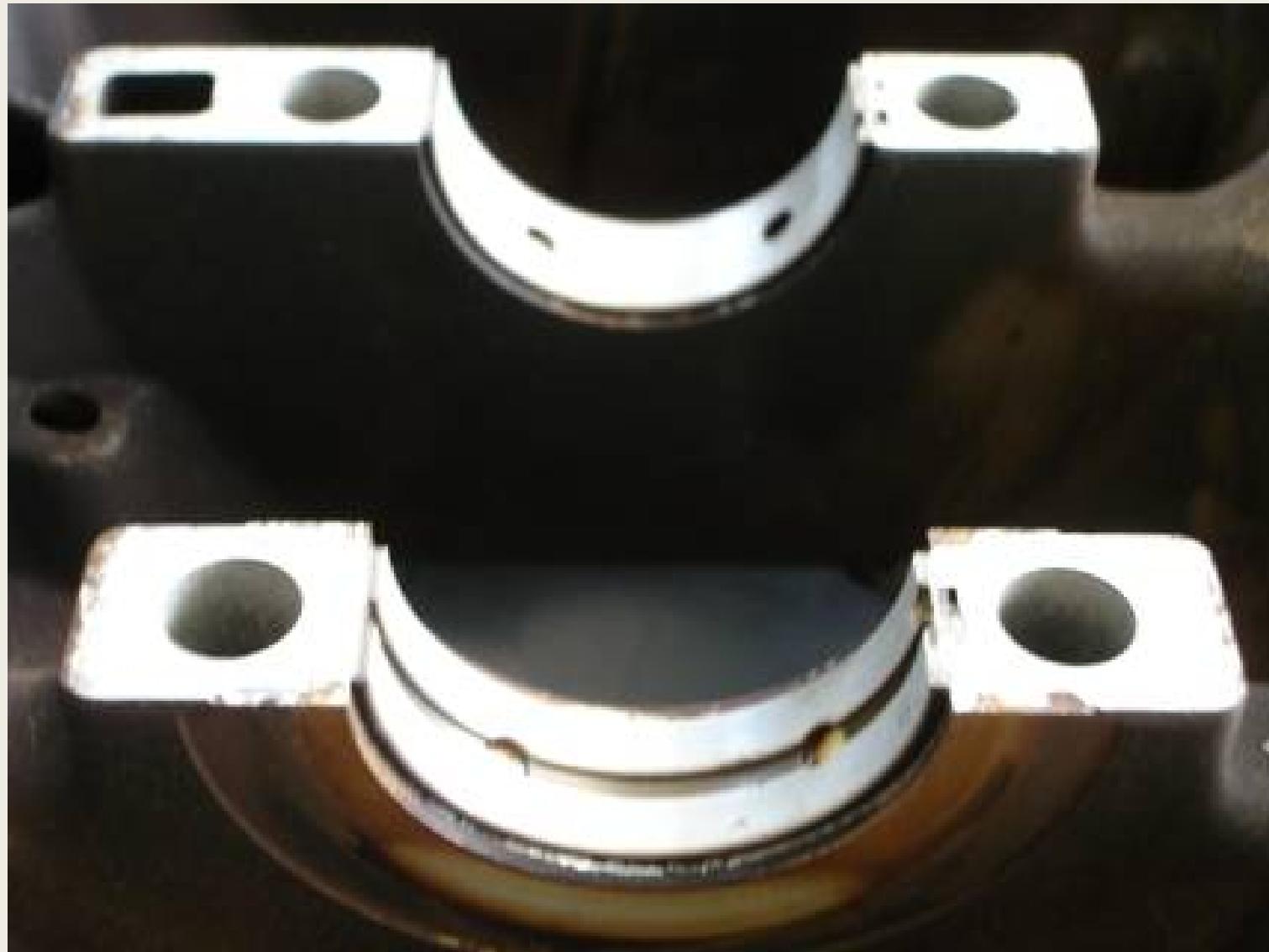


Cojinete desgastado
por falta de lubricación. 10

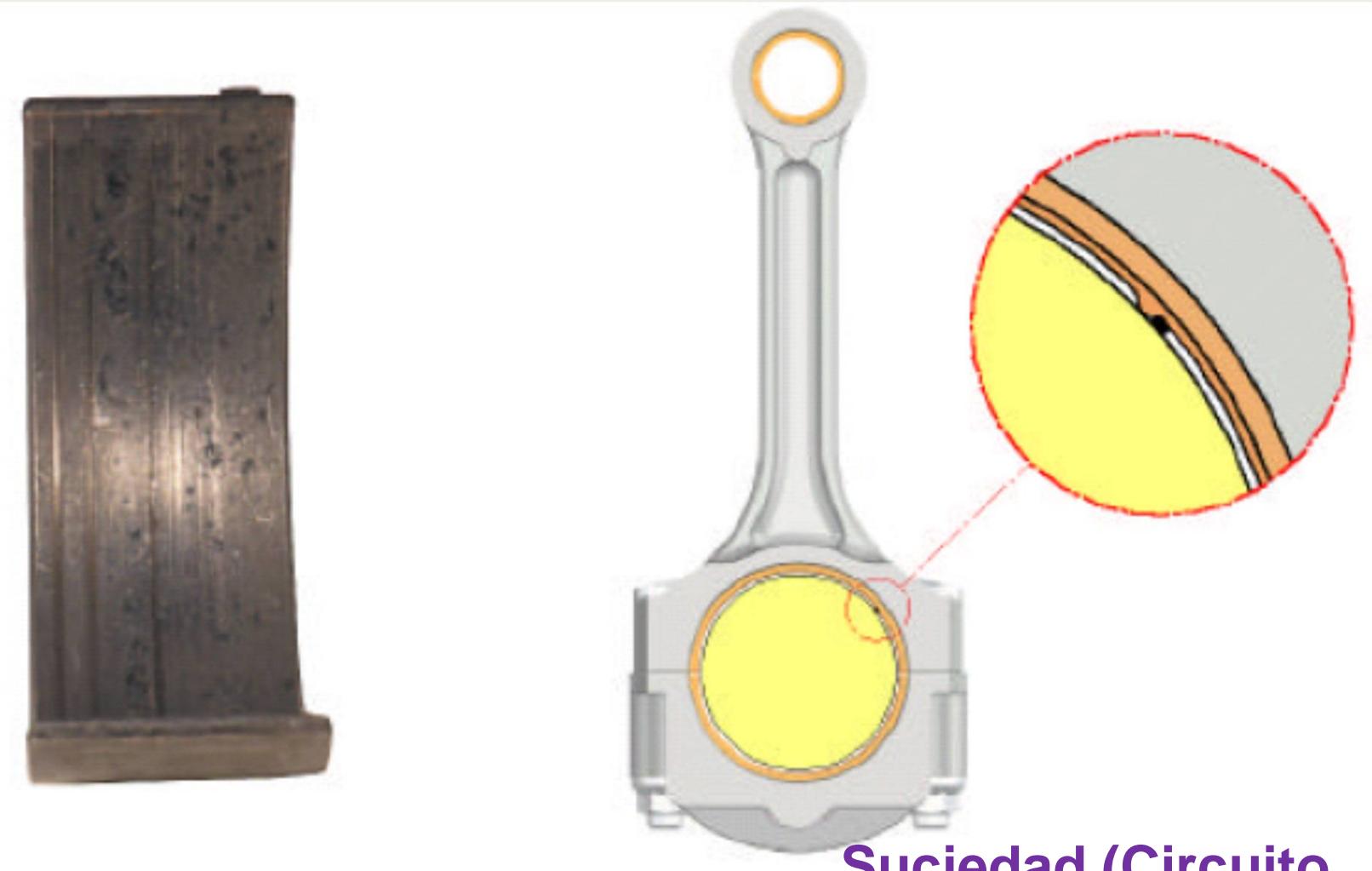


07:50

Ing. Carlos Barrera





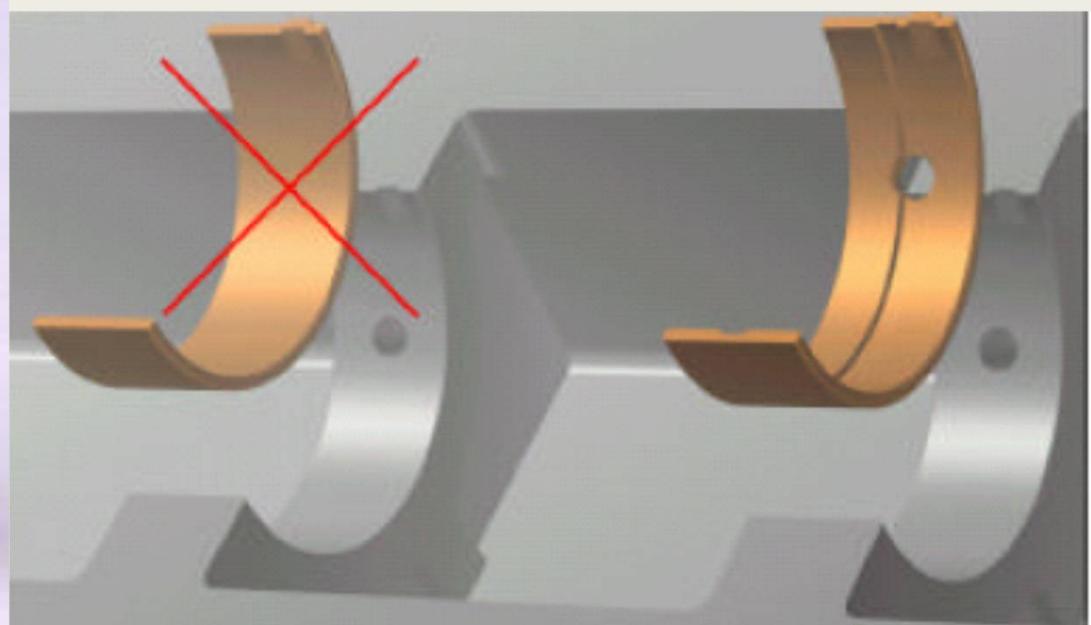


**Suciedad (Circuito
de lubricación)**

Falta de lubricación

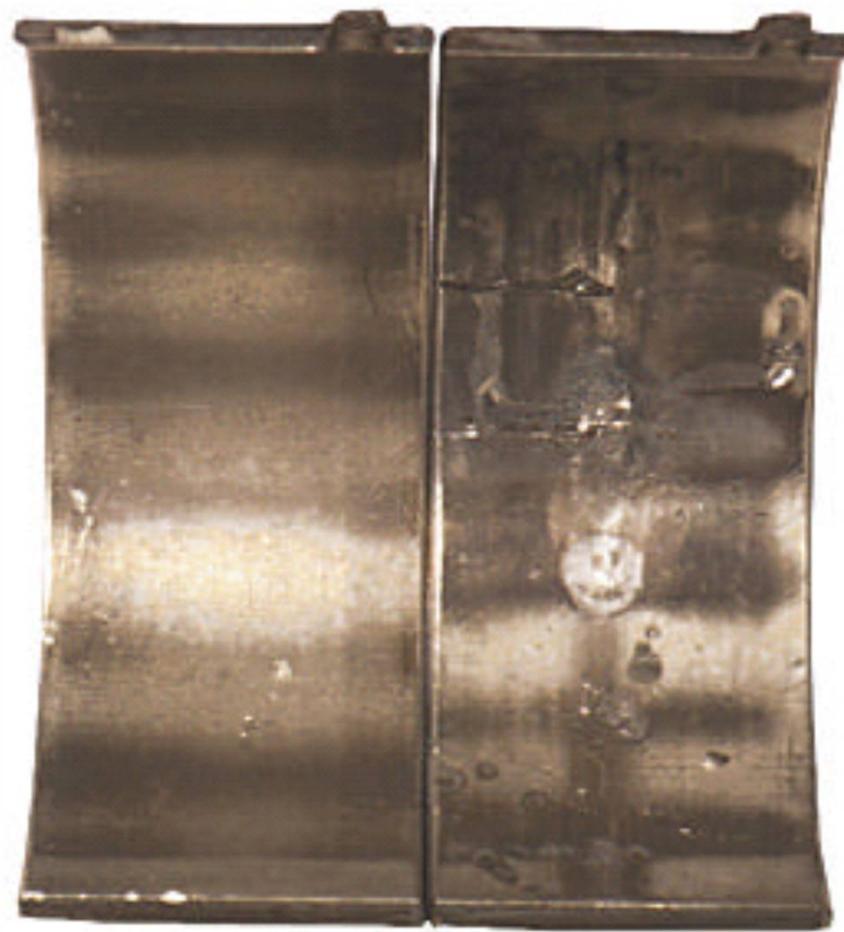


Errores de montaje



07:50

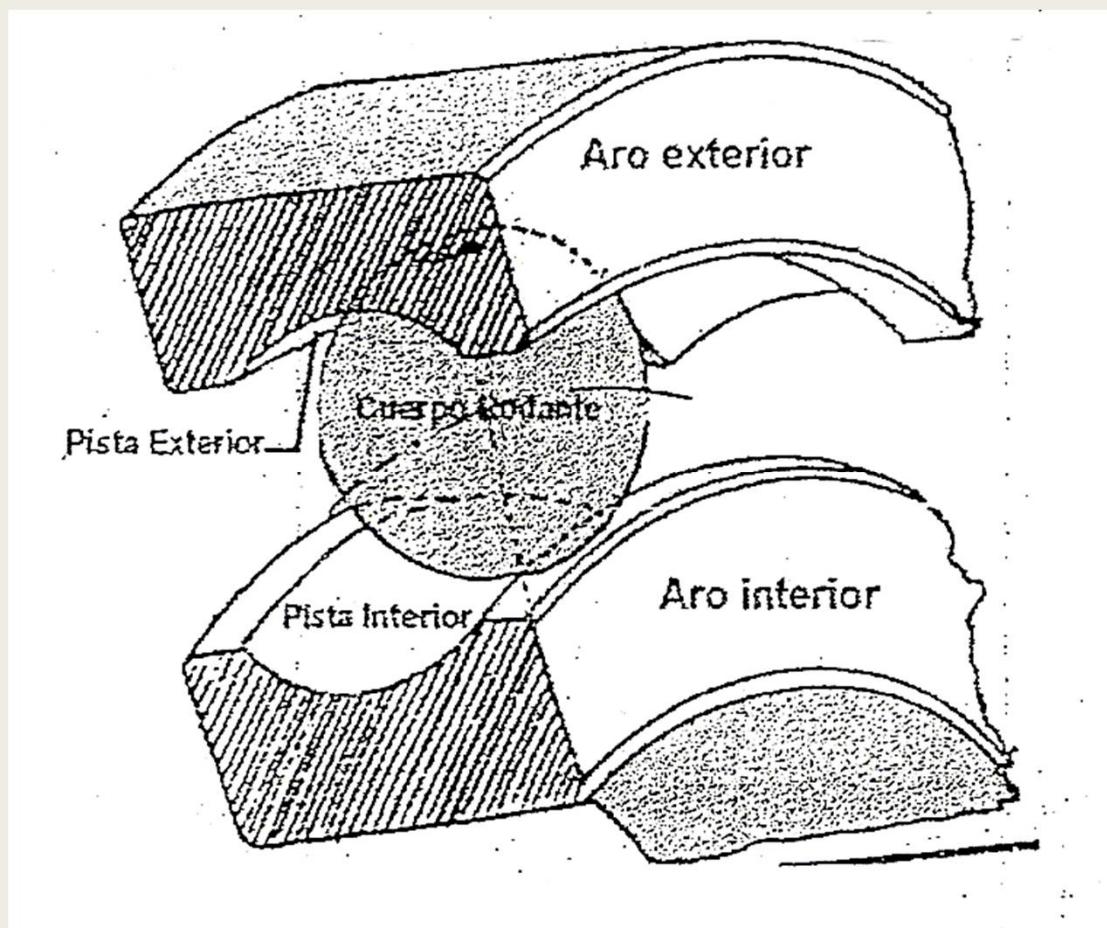
Errores de mecanizado



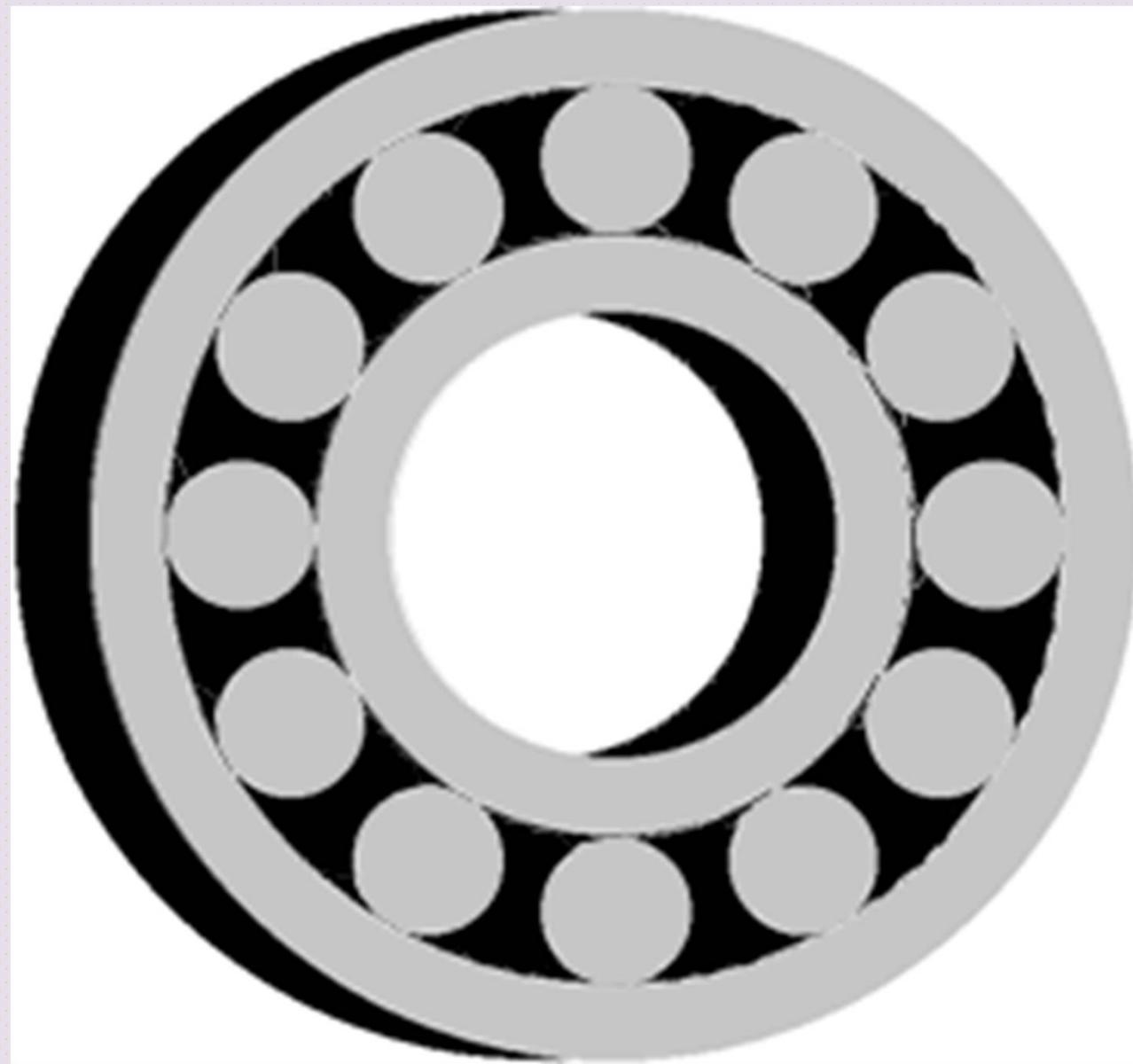
Sobrecarga

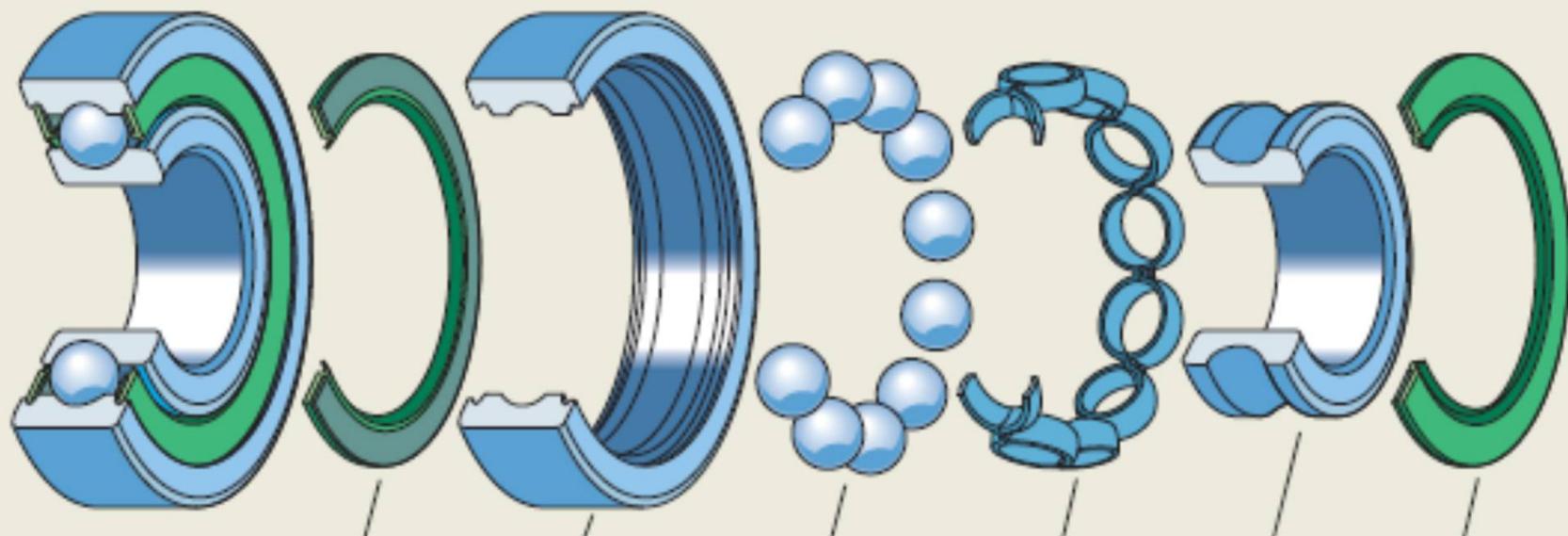


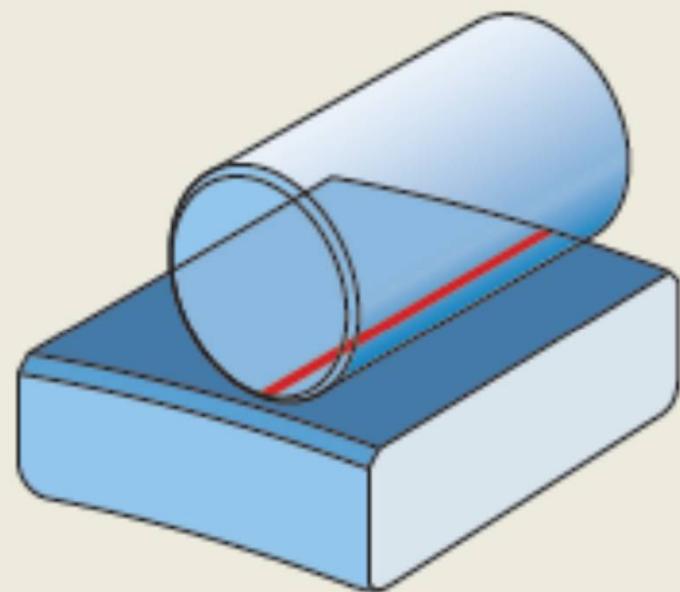
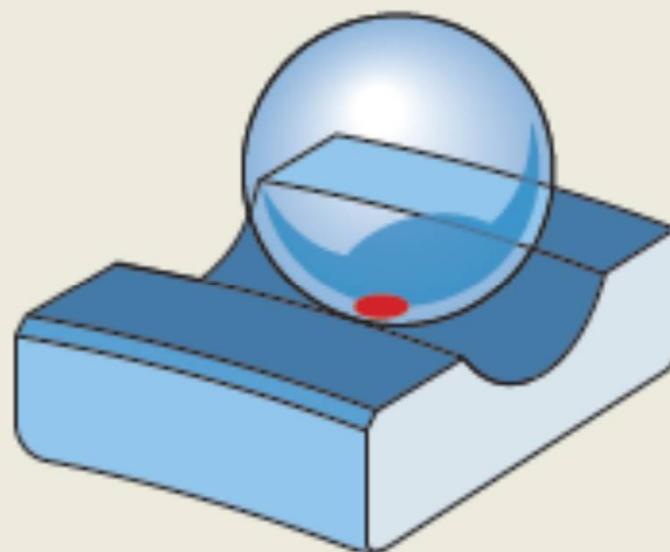
Son elementos de máquinas destinados a absorber cargas de dirección radial y/o axial que le transmiten los árboles u otros elementos apoyados sobre ellos.

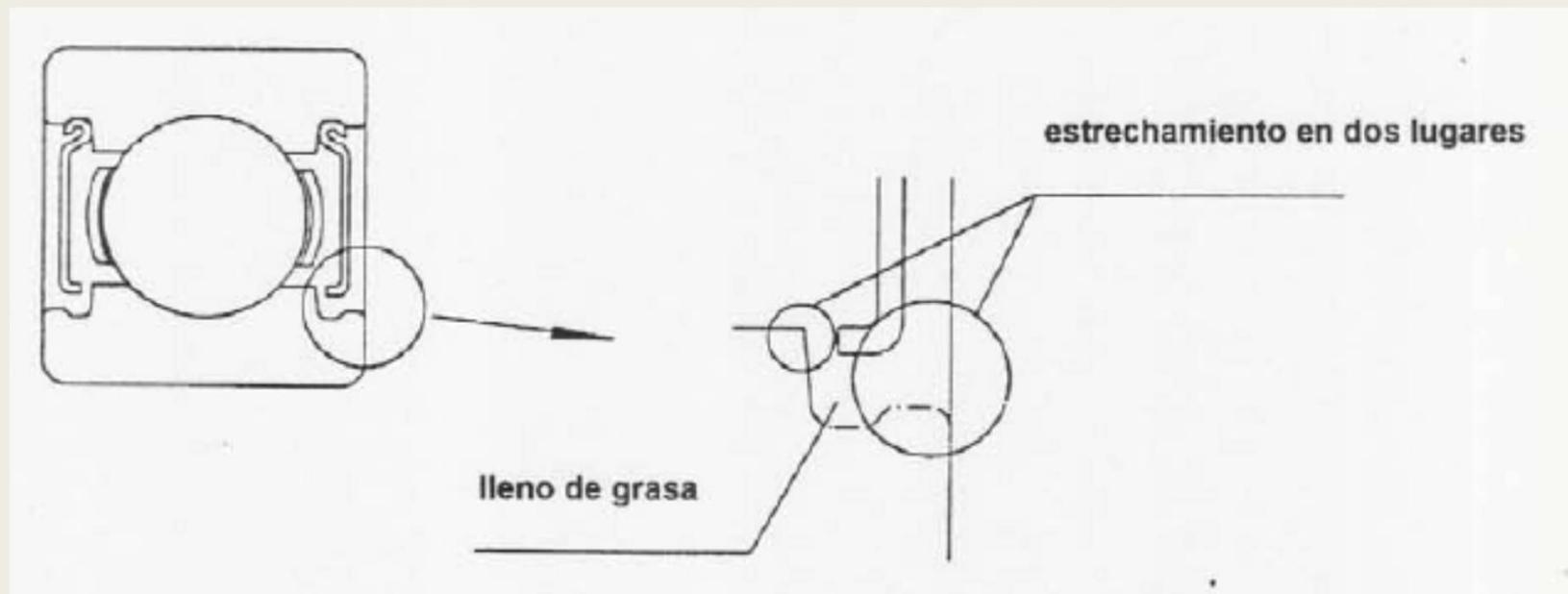


Rodamiento Animacion 2mp4.wmv









Las placas son láminas de acero común, por lo tanto, no pueden recibir esfuerzos. Protegen a los rodamientos contra la penetración de cuerpos extraños y el escape de grasa.

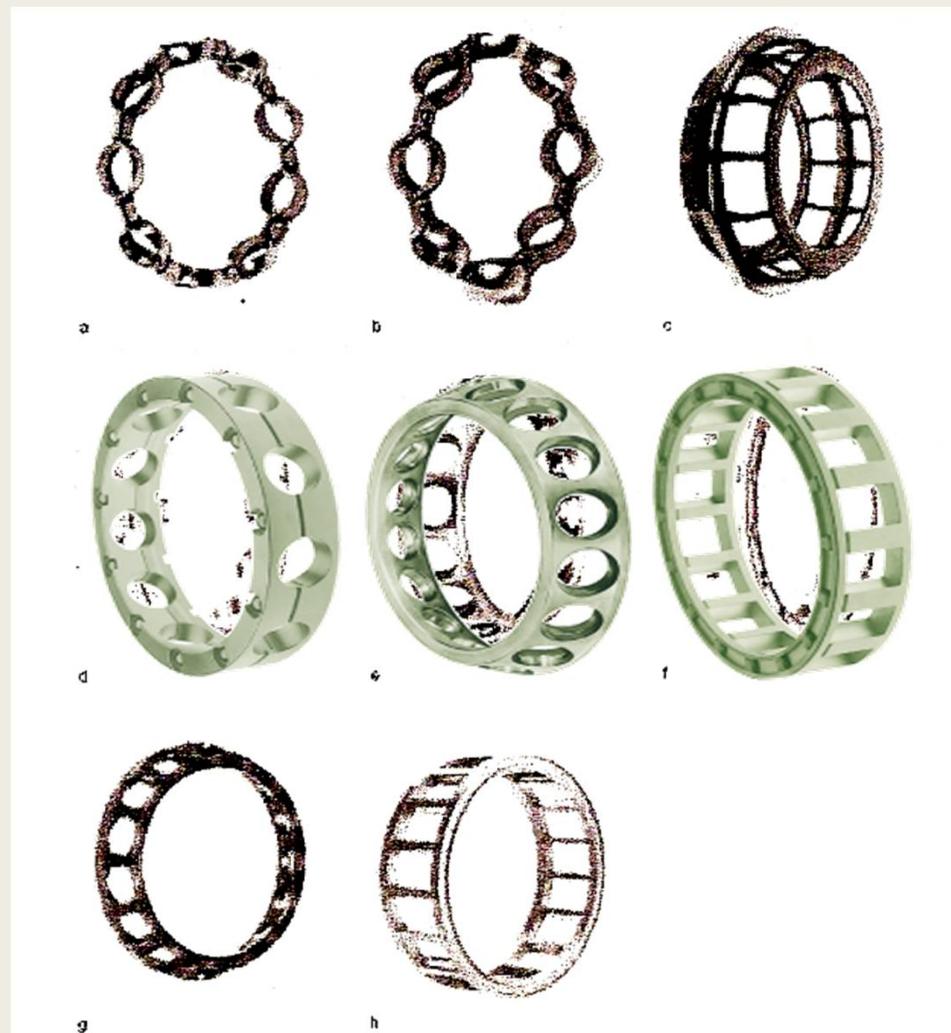
Se recomienda no retirar los blindajes. Las cantidades de grasa contenida es suficiente para aplicaciones normales y vida del rodamiento. No es necesario agregar más grasa. Grasas de composiciones diferentes no pueden ser mezcladas.

VENTAJAS

- Bajas pérdidas por rozamiento
- Poseen capacidad para soportar cargas combinadas radiales y axiales.
- Exigen menor espacio axial.
- Son elementos estandarizados y fáciles de seleccionar.
- En el caso de rodamientos blindados no requieren lubricación adicional

DESVENTAJAS

- Exigen mayor espacio radial.
- Su montaje requiere de dispositivos especiales.
- Poseen una durabilidad menor respecto de los cojinetes de deslizamiento.



JAULAS DE RODAMIENTOS

MATERIAL DE LOS RODAMIENTOS

En consecuencia los materiales usados para los aros y elementos de rodadura, requieren las siguientes características: alta resistencia a la fatiga por contacto de rodadura, alta dureza, alta resistencia al desgaste, alta estabilidad dimensional y alta robustez mecánica.

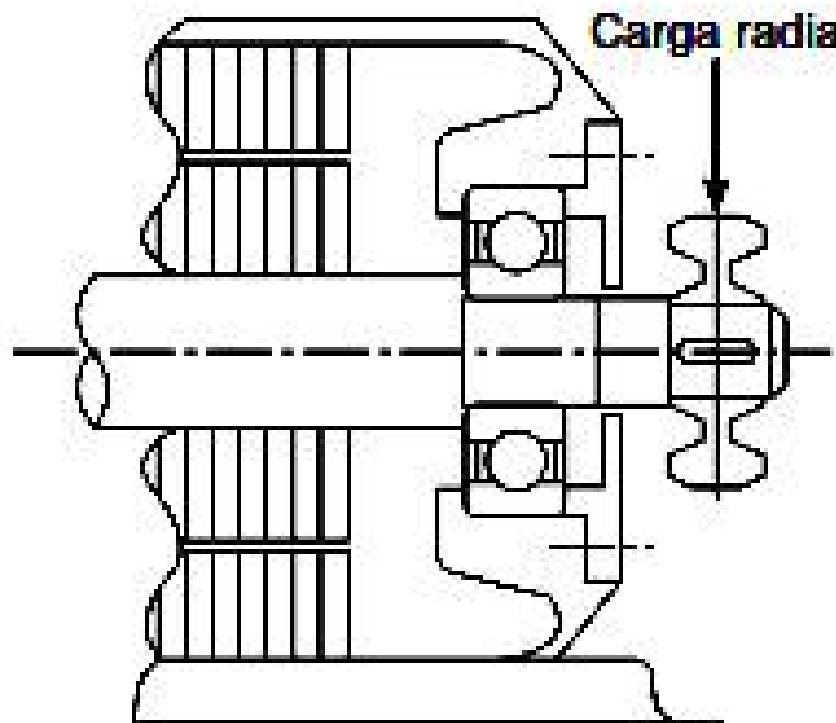
Los aceros usados son denominados al cromo de temple profundo, la composición química de todos estos aceros (ver tabla 5-XI), deriva del AISI 52100, que ha venido a ser el tipo clásico de acero para rodamientos.

Tabla 5-XI

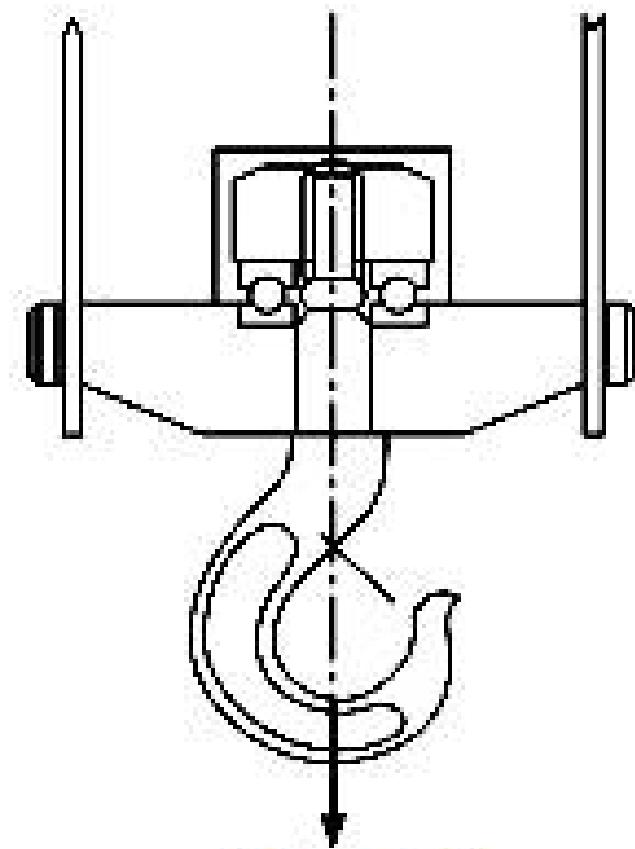
Composición Química del acero al cromo con Alto Contenido de Carbono (Elementos Principales)

Standard	Composición Química (%)							
	Símbolos	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
ASTM A 295	52100	0,98 a 1,10	0,15 a 0,35	0,25 a 0,45	menos de 0,025	menos de 0,025	1,30 a 1,60	menos de 0,1

Rodamiento radial
(Ejemplo rodamiento rígido de
bolas)



Rodamientos axiales
(Ejemplo de rodamiento
axial de bolas)

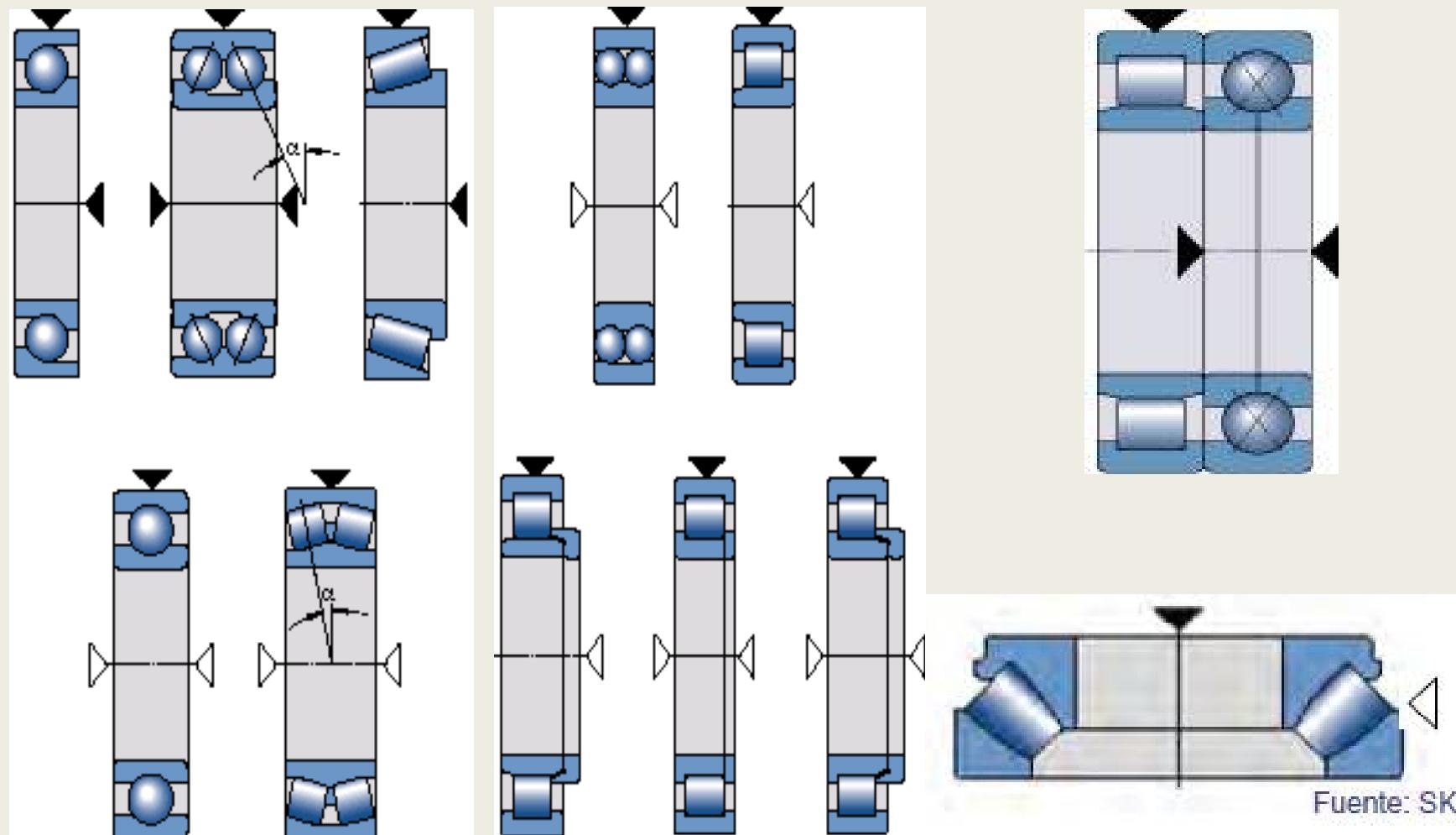




UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

FACULTAD
DE INGENIERÍA

Cátedra:
**MECÁNICA
APLICADA-
MECÁNICA Y
MECANISMOS**



Fuente: SKF

CARGA COMBINADA

07:50

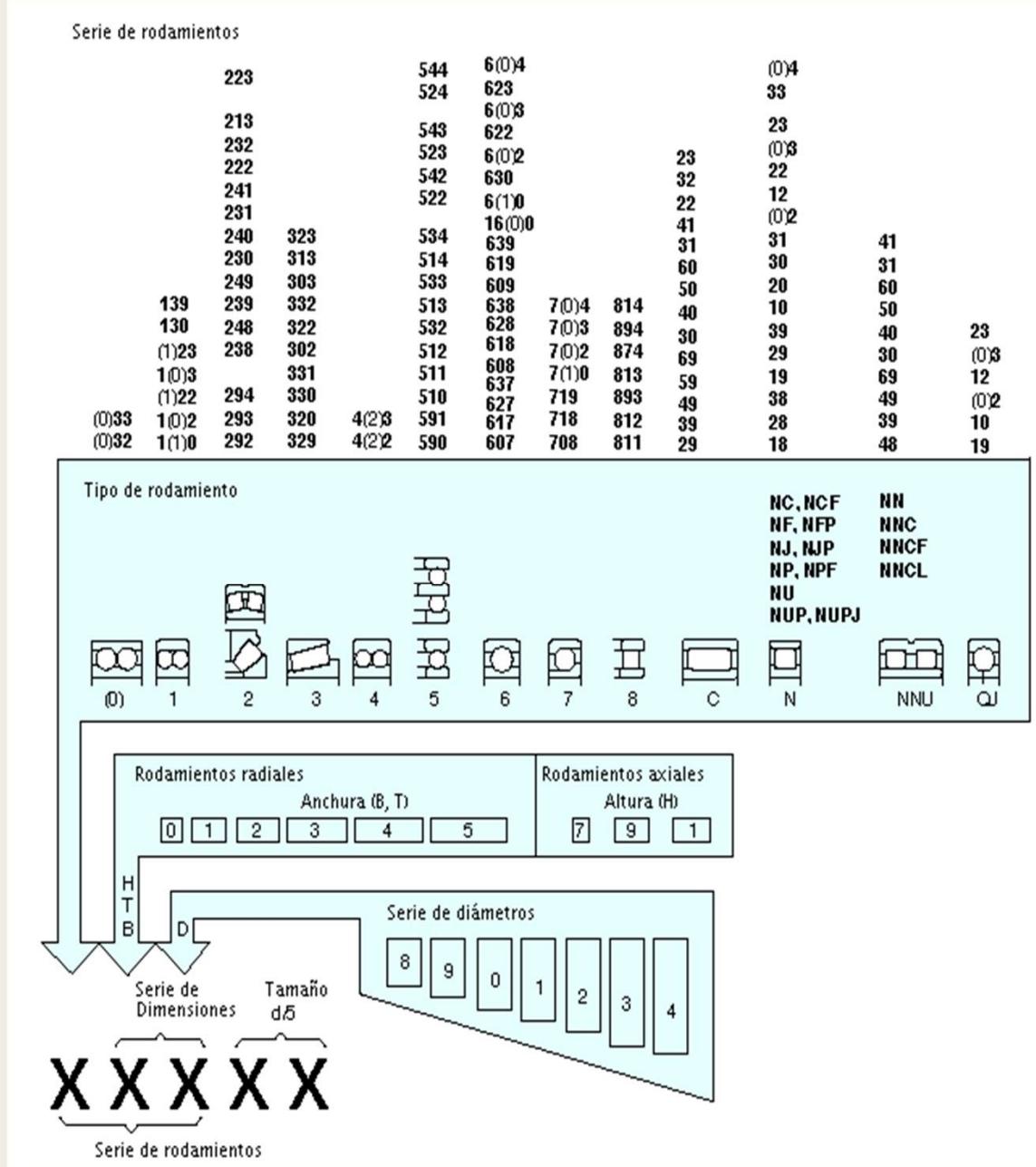
Designación de los rodamientos

La denominación se interpreta de la siguiente forma:

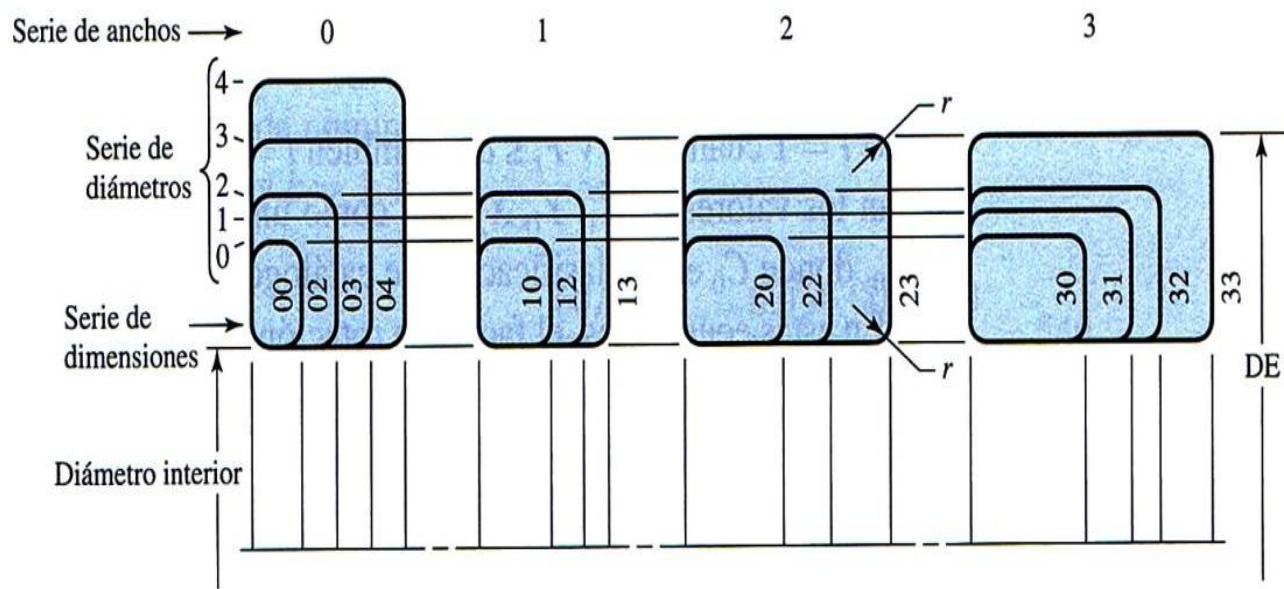
El primer carácter (puede ser número o letra) identifica el tipo de rodamiento.

El segundo y tercer carácter denotan la Serie de Dimensiones, donde el primer carácter de la serie denota Serie de Anchos o de Altos y el segundo la Serie de Diámetros.

Los dos últimos caracteres indican el diámetro interior (en mm) multiplicado por 5



Plan básico de la ABMA* de las dimensiones límite. Se aplican a cojinetes de bolas, de rodillos cilíndricos y de rodillos esféricos, pero no a cojinetes de bolas de serie en pulgadas o de rodillos cónicos. El contorno de la esquina no se especifica. Se puede redondear o achaflanar, pero debe ser suficientemente pequeño para librar el radio del entalle especificado en las normas.



*AMBA: American Bearing Manufacturers Association

EJEMPLOS TÍPICOS DE DESIGNACIÓN DE RODAMIENTOS:

6 3 08 ZZ C3
| Juego Radial (C3)
| Escudos en ambos lados
| Diámetro Interno (40mm)
| Serie Diámetro 3
Rodamiento de Bolas Canal Profundo Hilera Sencilla

7 2 20 A DB C3
| Juego Axial (C3)
| Alineación Espalda-espalda
| Angulo Contacto (30°)
| Diámetro Interno Rodamiento (100mm)
| Serie Diámetro 2
Rodamientos de Bolas Contacto Angular

1 2 06 K + H206
| Manguito con Diám. Int. 25mm
| Diám Int (1:12 Cónico)
| Diámetro Interno Rodamiento (30mm)
| Serie Diámetro 2
Rodamiento de Bolas Auto-Alineante

HR 3 0 2 07 J
| Diámetro Pequeño de Anillo de
| Pista Externo y Angulo de
| Contacto Cumplen Estándar ISO
| Diámetro Interno Rodamiento (35mm)
| Serie Diámetro 2
Rodamiento de Rodillos Cónicos

NU 3 18 M ()
| Juego Radial (CN es omitido)
| Jaula Latón Maquinado
| Diámetro Interno Rodamiento (90mm)
| Serie Diámetro 3
Rodamiento de Rodillos Cilíndricos (Tipo NU)

Rodamiento Alta Capacidad

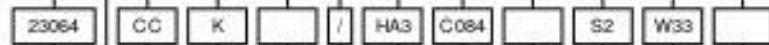
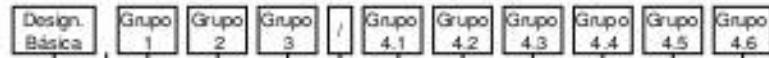


Sistema para Sufijos (SKF)

Ejemplo de Designación completa

6205-2RS1NRTN9/P63LT20CVB123

23064 CCK/HA3C084S2W33



Designación Básica

Espacio

Sufijos

Grupo 1: Diseño Interno (A, B, C, D, E)

Grupo 2: Diseño Externo (K, RS1, Z, N, NR)

Grupo 3: Diseño de Jaula (J, Y, TN9, P, M)

Diagonal obligatoria

Grupo 4: Variantes:

Grupo 4.1: Materiales, Tratamiento Térmico (HA1, HA2, HA3)

Grupo 4.2: Precisión, Juego Interno, Nivel de Vibración y Ruido (C3, C4, P6, P5)

Grupo 4.3: Juego de Rodamientos, Rodamientos Apareados (CB, GA)

Grupo 4.4: Estabilización Térmica (S1, S2, S3, S4)

Grupo 4.5: Lubricación (LT, MT, HT, VTXXX)

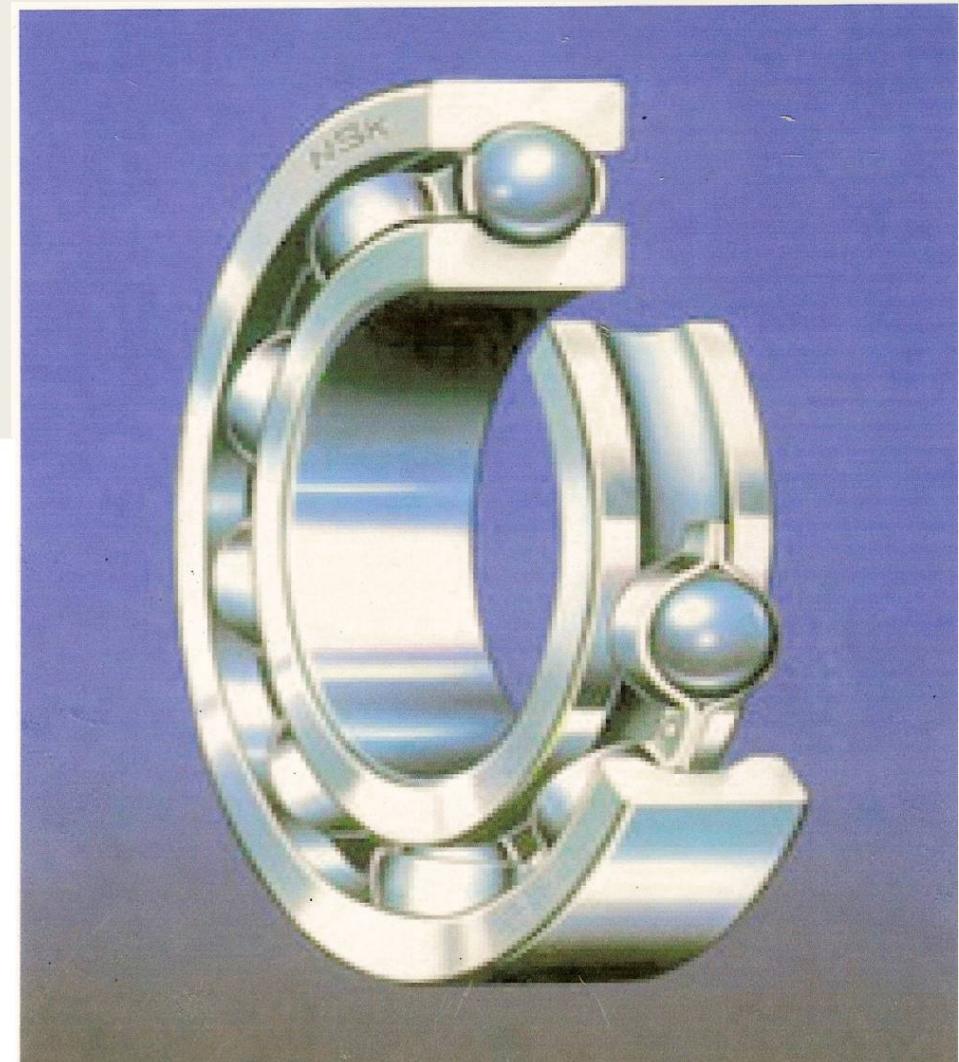
Grupo 4.6: Otros Variantes (VAXXX, VBXXX, etc)

RODAMIENTOS RÍGIDOS DE BOLAS

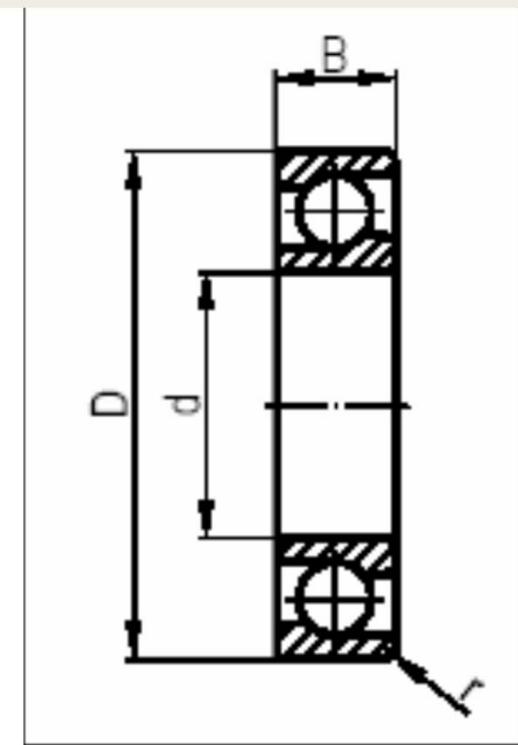
Admiten cargas radiales y axiales en ambas direcciones. Son apropiados para velocidades elevadas. No son desmontables

Solo admiten pequeñas desalineaciones entre árbol y soporte.

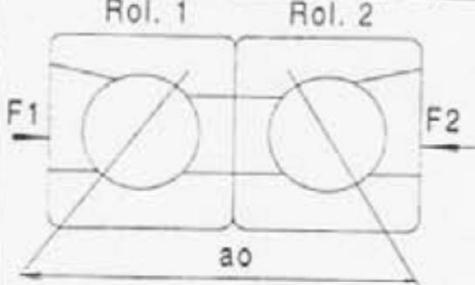
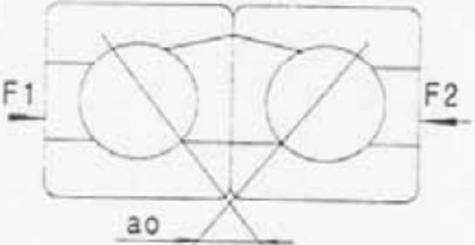
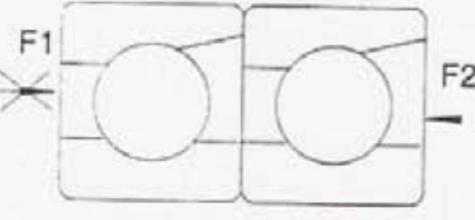
Rodamiento rígido de dos hileras de bolas

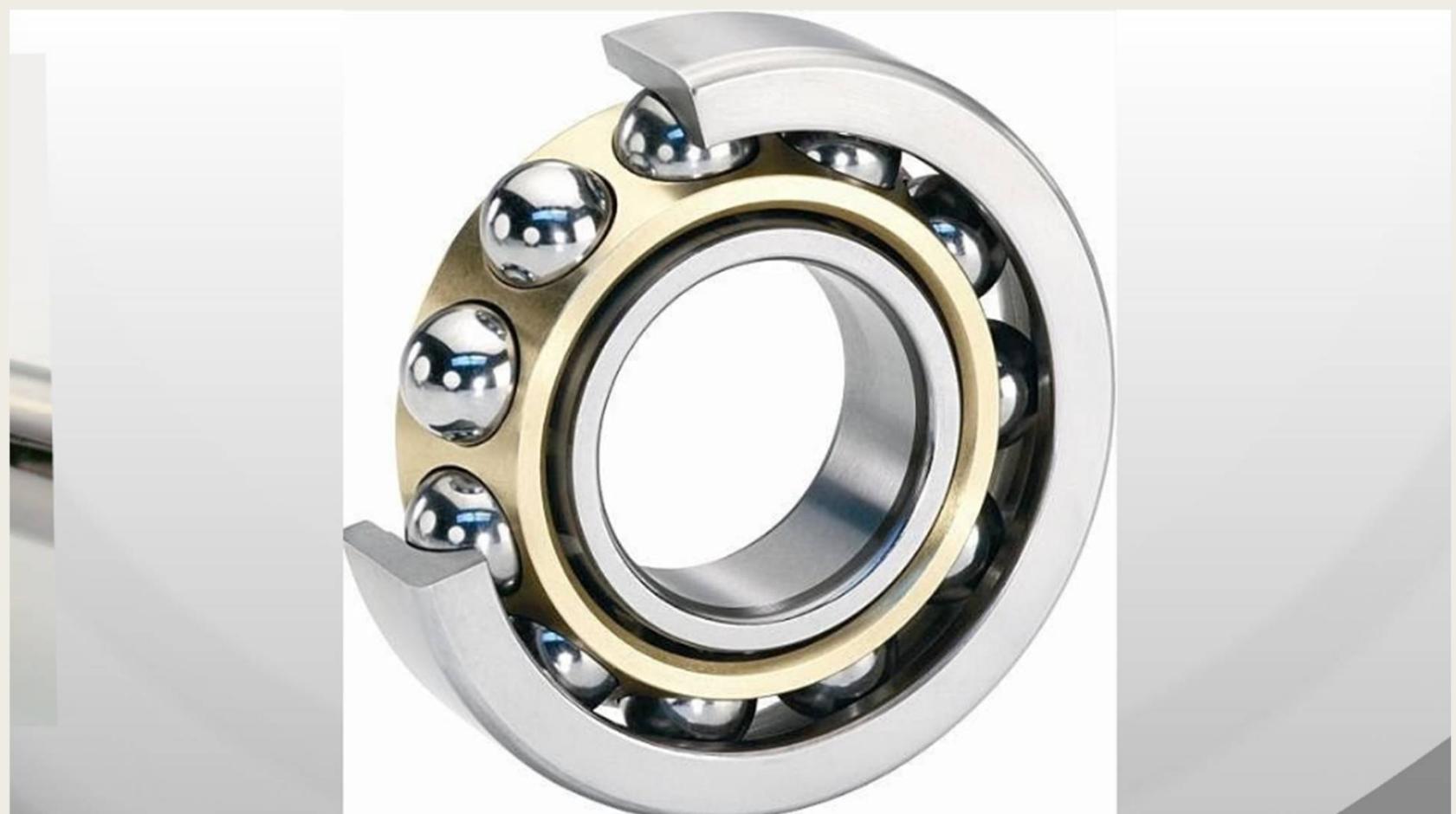


La carga se transmite de un camino de rodadura a otro con un ángulo del orden de 40° . Poseen una capacidad de carga axial superior a los rígidos, pero esta carga tiene solo una dirección posible. Por ello, se montan en parejas.



Rodamientos de bolas de contacto angular

Figura	Tipos	Características
	Espalda – Espalda (DB) Ejemplo 7208 A DB	Cargas radiales y cargas axiales en ambos sentidos pueden ser soportadas. Puesto que la distancia entre los centros efectivos de carga es grande, este tipo es aconsejable si se aplican momentos.
	Cara – Cara (DF) Ejemplo 7208 B DF	Pueden soportar cargas radiales y axiales en ambas direcciones. Comparado con el tipo DB, la distancia entre los centros efectivos de carga es pequeña, por lo cual la capacidad para mantener momentos es inferior a la del tipo DB.
	Tandem (DT) Ejemplo 7208 A 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 en una de las direcciones es pesada.

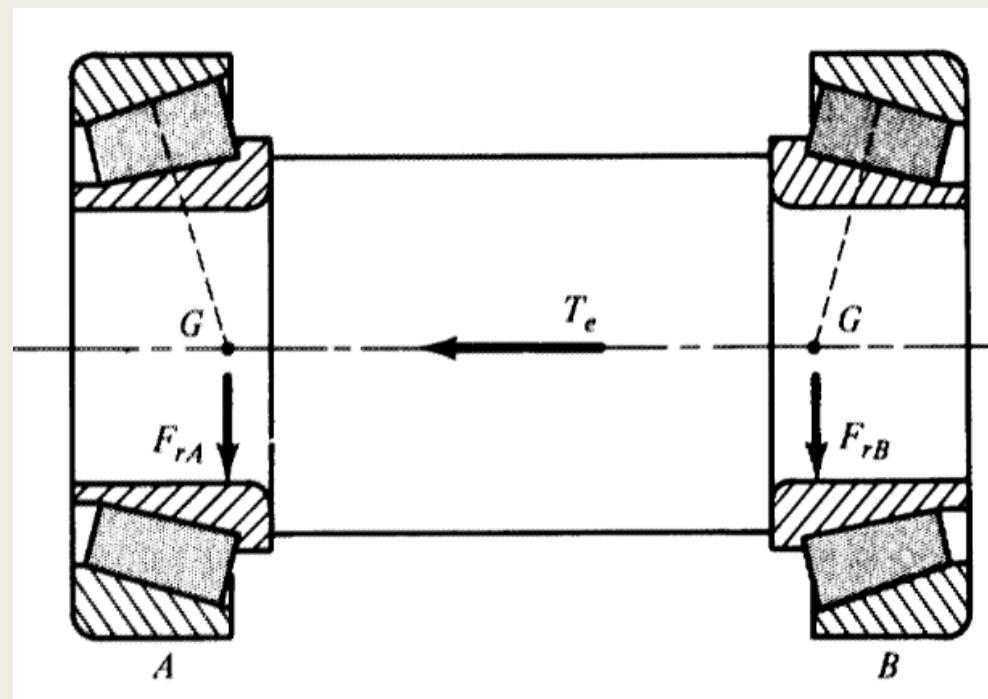


07:50

Ing. Carlos Barrera

RODAMIENTOS DE RODILLOS CÓNICOS

Rodamiento que dada su configuración soporta elevadas cargas radiales y axiales en un sentido. Son desmontables. Deben montarse en parejas de manera que absorban ambas direcciones de carga.



RODAMIENTOS OSCILANTES DE BOLAS

Rodamiento de una hilera de bolas a rótula, con obturaciones rozantes



Rodamiento de doble hilera de bolas donde la pista del aro exterior tiene forma esférica. Esto le da la ventaja de autoorientarse y compensar posiciones de inclinación entre eje y soporte. No son aptos para fuerzas axiales importantes.

RODAMIENTOS OSCILANTES DE RODILLOS

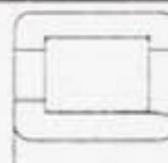
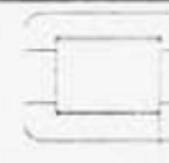
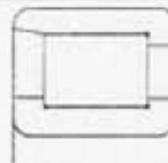
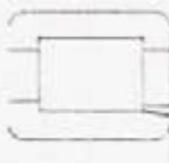
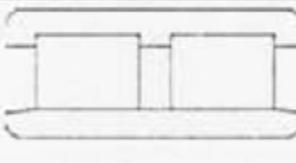
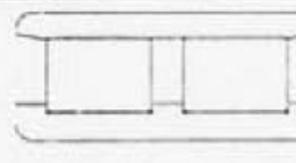


Los rodamientos oscilantes de rodillos son unidades constructivas autoretenidas de dos hileras, formadas por anillos exteriores macizos con pista de rodadura cóncavo-esférica, anillos interiores macizos, así como rodillos en forma de tonel, con jaulas. Los rodillos simétricos en forma de tonel, se adaptan fácilmente a la pista de rodadura cóncavo-esférica del anillo exterior. De esta manera, compensan las flexiones de los ejes y los errores de alineación de los apoyos.

RODAMIENTOS RADIALES DE RODILLOS CILINDRICOS



Rodamiento apto para elevadas cargas radiales y limitado para las cargas axiales. Por lo general son desmontables.

<i>Tipo</i>	<i>NU</i>	<i>NJ</i>	<i>NUP</i>
<i>Figura</i>			
<i>Tipo</i>	<i>N</i>	<i>NF</i>	<i>NH</i>
<i>Figura</i>			
<i>Tipo</i>	<i>NNU</i>	<i>NN</i>	
<i>Figura</i>			

- Los rodamientos NU, N, NNU y NN, son adecuados como rodamientos con un extremo libre;
- Los rodamientos NJ y NF, pueden soportar carga axial en un sentido;
- Los rodamientos NH y NUP, pueden ser utilizados como rodamientos de extremo fijo;

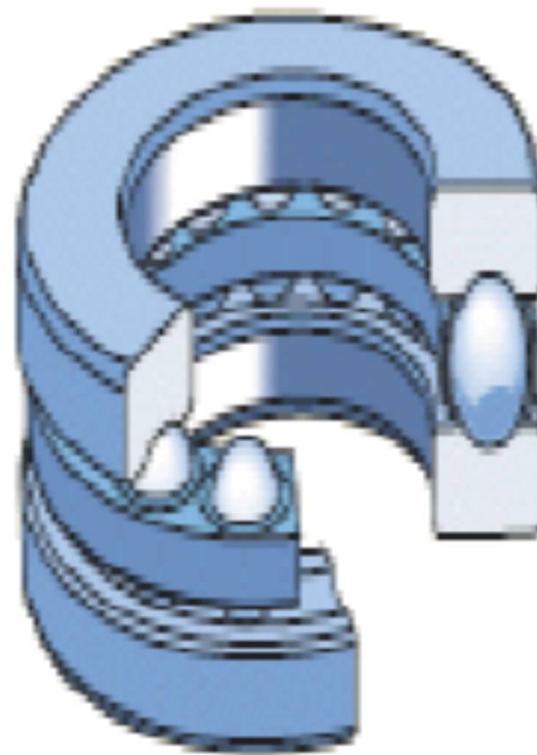
RODAMIENTOS DE AGUJAS



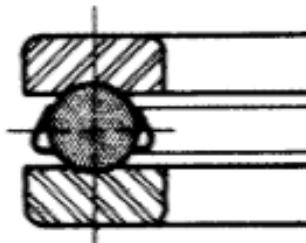
Los rodamientos de agujas son rodamientos con rodillos cilíndricos largos y delgados en relación con su diámetro. A pesar de su pequeña sección transversal, tienen una gran capacidad de carga y, por lo tanto, son muy apropiados para disposiciones de rodamientos con un espacio radial limitado.

RODAMIENTOS AXIALES DE BOLAS

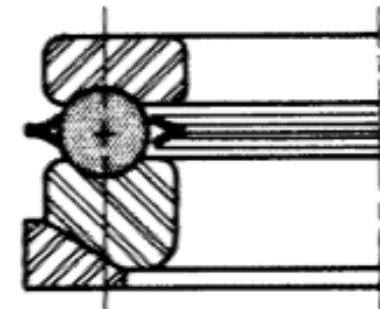
Rodamiento axial de bolas, de simple efecto, con una arandela de alojamiento plana



Rodamiento para cargas axiales en una sola dirección. No admiten cargas radiales.



(i)
De empuje
(o carga axial)



(j)
De empuje, autoalineante



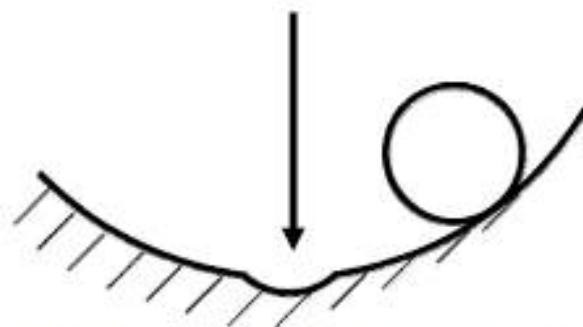
Rodajes SKF Introducción.wmv

Selección del tipo de Rodamiento:

✓ Cargas sobre el rodamiento

TIPO MAGNITUD	SÓLO AXIAL	SÓLO RADIAL	COMBINADA (RADIAL Y AXIAL ACTUANDO SIMULTÁNEAMENTE)	
			AXIAL EN UN SENTIDO	AXIAL EN AMBOS SENTIDOS
PESADA	AXIALES DE RODILLOS AXIALES DE AGUJAS	DE RODILLOS CILÍNDRICOS	DE RODILLOS CÓNICOS DE BOLAS CON CONTACTO ANGULAR	
MODERADA	AXIALES DE BOLAS	DE AGUJAS	AXIALES DE RODILLOS A RÓTULA	RODILLOS A RÓTULA
DÉBIL				DE BOLAS A RÓTULA RÍGIDOS DE BOLAS RODILLOS CON PESTAÑA

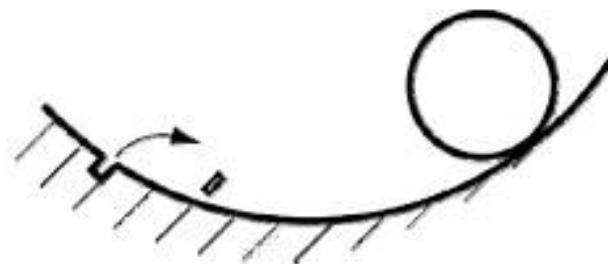
Fallas en los rodamientos



I - Deformación permanente

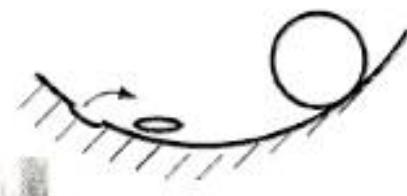


II - Fatiga superficial



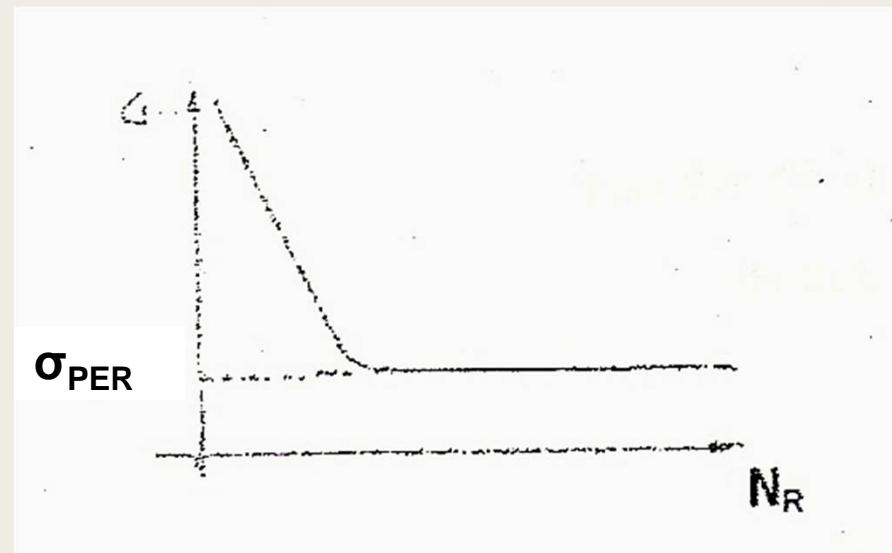
III - Desgaste

Picadura por fatiga de las superficies de trabajo



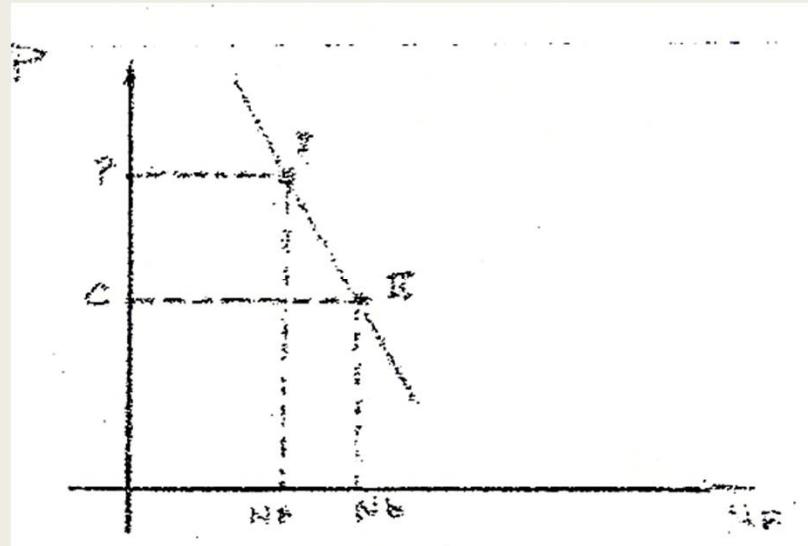
Aparecen pequeños cráteres en la pista de rodadura debido al fenómeno de fatiga

La zona de resistencia temporal, representada en diagrama logarítmico, es una línea recta descendente con el número de ciclos.



Las tensiones de contacto e inducidas que se producen en los rodamientos están siempre por encima de σ_{per} , por lo tanto las picaduras se producirán en algún momento.

Las tensiones son proporcionales a las cargas y los ciclos de falla a los números de vueltas girados por el rodamiento se obtiene por ensayo la relación que existe en un rodamiento entre la carga aplicada P y el número de vueltas girado por el rodamiento hasta el comienzo de las picaduras N_F .



$$N_F = K \cdot P^{-b}$$

A 1.000.000 de vueltas tenemos:

$$N_b = K \cdot C^{-b}$$

N_b Número básico de vueltas a la falla 10^6

C: Capacidad de carga dinámica del rodamiento

La capacidad de carga dinámica C de un rodamiento es aquella carga que originaría la falla o comienzo de las picaduras.

La capacidad de carga dinámica C se usa para los cálculos cuando existen esfuerzos dinámicos, es decir, al seleccionar un rodamiento que gira sometido a carga y expresa la carga que puede soportar un rodamiento alcanzando una vida nominal de 1.000.000 de revoluciones, con una seguridad del 90%.

Dividiendo ambas ecuaciones:

$$\frac{N_F}{N_b} = \left(\frac{P}{C}\right)^{-b} = \left(\frac{C}{P}\right)^b \Rightarrow \frac{N_F}{N_b} = \left(\frac{C}{P}\right)^b$$

b: es un coeficiente experimental cuyos valores son:
3 para rodamientos de bolas
10/3 para rodamientos de rodillos

$$N_F = 60 \text{ (min/hor)} * n \text{ (vueltas/min)} * L_H \text{ (hor)}$$

$$N_b = 60 \text{ (min/hor)} * n_b \text{ (vueltas/min)} * L_{Hb} \text{ (hor)}$$

n_b Velocidad de giro base normalmente 33 1/3 rpm

L_{Hb} Vida en horas base, normalmente 500 Hs.

$$N_b = 60 * 33 \frac{1}{3} * 500 = 1.000.000$$

$$\frac{C}{P} = b \sqrt{\frac{N_F}{N_b}}$$

$$\frac{C}{P} = b \sqrt{\frac{n}{n_b}} * b \sqrt{\frac{L_H}{L_{Hb}}} \Rightarrow b \sqrt{\frac{L_H}{L_{Hb}}} = \frac{C}{P} * b \sqrt{\frac{n_b}{n}}$$

Se define el factor de vida f_L como:

$$f_L = b \sqrt{\frac{L_H}{L_{Hb}}} = b \sqrt{\frac{L_H}{500}}$$

Se define el factor de velocidad f_N como:

$$f_N = b \sqrt{\frac{n_b}{n}} = b \sqrt{\frac{33.33}{n}}$$

$$f_L = f_N \frac{C}{P}$$

La fórmula anterior es para cargas P constantes y aplicadas sin choque. Cuando se da esta situación se multiplica la carga P por un coeficiente llamado factor de aplicación

$$f_a = \frac{f_N}{f_a} * \frac{C}{P}$$

Tipo de servicio	Factor de aplicación f_a	
	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos
Carga estática y uniforme	1	1
Con choques livianos	1.5	1
Con choques moderados	2	1.3
Con choques fuertes	2.5	1.7
Con choques muy intensos o indeterminados	3	2

Cuando se habla de la vida de un rodamiento, varios rodamientos iguales en similares estados de carga y velocidad puedan fallar todos simultáneamente a las L_H horas de funcionamiento.

La vida fijada para la selección, es superada por un 90 % de los rodamientos en iguales condiciones, mientras que un 10 % falla antes de llegar a las L_H horas de servicio.

CARGA EQUIVALENTE

En general aparece en los rodamientos una combinación de cargas radiales y axiales. Para valorar el efecto, se combinan en una Carga Radial Equivalente.

$$P = x * F_r + y * F_a$$

TABLA 1

RODAMIENTOS DE BOLAS

Tipo de rodamiento	$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$		e
	X	Y	X	Y	
Rodamientos rígidos de bolas					
Series EL, R, 160, 60, 62, 63, 64, 42, 43					
$\frac{F_a}{C_0} = 0,025$			2	0,22	
$= 0,04$			1,8	0,24	
$= 0,07$			1,6	0,27	
$= 0,13$	1	0	0,56	1,4	0,31
$= 0,25$				1,2	0,37
$= 0,5$				1	0,44
Rodamientos de					
	1	1	1	1	

RODAMIENTOS DE RODILLOS

Tipo de rodamiento	$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$		e
	X	Y	X	Y	
Rodamientos de rodillos a rótula					
23944—239/670	1	3,7	0,67	5,5	0,18
239/710—239/950	4			6	0,17
23024 C—23068 CA	1	2,9	0,67	4,4	0,23
23072 CA—230/500 CA	3,3			4,9	0,21
24024 C—24080 CA	1	2,3	0,67	3,5	0,29
24084 CA—240/500 CA	2,4			3,6	0,28
23120 C—23128 C	1	2,4	0,67	3,6	0,28
23130 C—231/500 CA	2,3			3,5	0,29
23120 C—23128 C	1,0			0,0	0,25

Tiempo de funcionamiento a la fatiga para rodamientos de rodillos

$$\frac{C}{P} \cdot f_n = \sqrt{\frac{L_h}{500}}$$

	$\frac{C}{P} \cdot f_n$								
	L _h horas								
100	0,617	400	0,935	800	1,150	2 000	1,515	6 000	2,11
110	0,635	420	0,949	820	1,160	2 200	1,560	6 200	2,13
120	0,652	440	0,962	840	1,170	2 400	1,600	6 400	2,15
130	0,668	460	0,975	860	1,180	2 600	1,640	6 600	2,17
140	0,683	480	0,988	880	1,195	2 800	1,675	6 800	2,19
150	0,697	500	1,000	900	1,200	3 000	1,710	7 000	2,21
160	0,710	520	1,010	920	1,200	3 200	1,745	7 200	2,23
170	0,723	540	1,025	940	1,210	3 400	1,775	7 400	2,24
180	0,736	560	1,035	960	1,215	3 600	1,810	7 600	2,26
190	0,748	580	1,045	980	1,225	3 800	1,840	7 800	2,28
200	0,760	600	1,055	1 000	1,230	4 000	1,865	8 000	2,30
220	0,782	620	1,065	1 100	1,270	4 200	1,895	8 200	2,31
240	0,802	640	1,075	1 200	1,300	4 400	1,920	8 400	2,33
250	0,822	660	1,085	1 300	1,330	4 600	1,945	8 600	2,35
280	0,840	680	1,095	1 400	1,360	4 800	1,970	8 800	2,36
300	0,858	700	1,105	1 500	1,390	5 000	2,00	9 000	2,38
320	0,875	720	1,115	1 600	1,420	5 200	2,02	9 200	2,40
340	0,891	740	1,125	1 700	1,445	5 400	2,04	9 400	2,41
360	0,906	760	1,135	1 800	1,470	5 600	2,06	9 600	2,43
380	0,921	780	1,145	1 900	1,490	5 800	2,09	9 800	2,44
								38 000	3,67

Factor de velocidad f_n para rodamientos de bolas

n r. p. m.	f_n						
10	1,494	100	0,693	450	0,420	2 100	0,251
12	1,405	105	0,682	460	0,417	2 200	0,247
14	1,335	110	0,672	470	0,414	2 300	0,244
16	1,277	115	0,662	480	0,411	2 400	0,240
18	1,228	120	0,652	490	0,408	2 500	0,237
20	1,186	125	0,644	500	0,406	2 600	0,234
22	1,148	130	0,635	520	0,400	2 700	0,231
24	1,116	135	0,627	540	0,395	2 800	0,228
26	1,086	140	0,620	560	0,390	2 900	0,226
28	1,060	145	0,613	580	0,386	3 000	0,223
30	1,036	150	0,606	600	0,382	3 100	0,221
32	1,014	155	0,599	620	0,378	3 200	0,218
34	0,994	160	0,593	640	0,374	3 300	0,216
36	0,975	165	0,586	660	0,370	3 400	0,214
38	0,958	170	0,581	680	0,366	3 500	0,212
40	0,941	175	0,575	700	0,363	3 600	0,210
42	0,926	180	0,570	720	0,359	3 700	0,208
44	0,912	185	0,565	740	0,356	3 800	0,206
46	0,898	190	0,560	760	0,353	3 900	0,205
48	0,885	195	0,555	780	0,350	4 000	0,203
50	0,874	200	0,550	800	0,347	4 100	0,201
52	0,863	210	0,541	820	0,344	4 200	0,199
54	0,851	220	0,533	840	0,341	4 300	0,198
56	0,841	230	0,525	860	0,339	4 400	0,196
58	0,831	240	0,518	880	0,336	4 500	0,195
60	0,822	250	0,511	900	0,333	4 600	0,193
62	0,813	260	0,504	920	0,331	4 700	0,192
64	0,805	270	0,498	940	0,329	4 800	0,191
66	0,797	280	0,492	960	0,326	4 900	0,190
68	0,788	290	0,487	980	0,324	5 000	0,188

CAPACIDAD DE CARGA ESTÁTICA

$$C_0 = s_0 P_0$$

donde

C_0 = capacidad de carga estática, kN

P_0 = carga estática equivalente, kN

s_0 = factor de seguridad estática

Tipo de funcionamiento	Rodamientos giratorios					Rodamientos estacionarios		
	Requisitos relativos al funcionamiento silencioso							
	sin importancia	normales	alto			Rodamientos	Rodamientos	Rodamientos
	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos
Suave, sin vibración	0,5	1	1	1,5	2	3	0,4	0,8
Normal	0,5	1	1	1,5	2	3,5	0,5	1
Cargas de choque notables ¹⁾	$\geq 1,5$	$\geq 2,5$	$\geq 1,5$	≥ 3	≥ 2	≥ 4	≥ 1	≥ 2

Para los rodamientos axiales de rodillos a rótula se recomienda utilizar $s_0 \geq 4$, para los rodamientos de rodillos cónicos sin jaula (rodamientos de tornillos) $s_0 \geq 2,5$, y para los rodamientos de rodillos cónicos y cilíndricos con jaulas de acero con pasadores $s_0 \geq 2$

1) Cuando no se conoce la magnitud de la carga de choque, deberán utilizarse valores de s_0 por lo menos iguales a los mencionados más arriba. Si la magnitud de las cargas de choque se conoce con exactitud, se pueden aplicar valores de s_0 menores

Se define la Capacidad de Carga Estática de un rodamiento a aquella carga estática, capaz de originar una deformación permanente del 0.01 % del diámetro de los cuerpos rodantes. Estas deformaciones tan pequeñas no influyen en el funcionamiento del rodamiento.

CÁLCULO POR DURACIÓN

La duración que hemos definido como L_H es válida para rodamientos de acero de buena calidad, correcto tratamiento térmico, condiciones de montaje apropiadas, muy buenas condiciones de lubricación y obturación y funcionando a temperaturas correctas

ISO realiza una corrección en la duración L_H considerando la influencia de factores que denomina a_1 , a_2 y a_3

$$L_H = \left(\frac{C}{P} \right)^b * a_1 * a_2 * a_3$$

- a1: Factor probabilístico de falla.
- a2: Factor de material. Tiene en cuenta la calidad del material, su tratamiento térmico, acabado superficial.
- a3: Factor de condiciones de servicio. Los valores más elevados de duración se logran cuando existe una lubricación hidrodinámica cuyo efecto separa los cuerpos rodantes de las pistas evitando el contacto metálico.

$$L_H = \left(\frac{C}{P} \right)^b * a_1 * a_{23}$$

$$L_H = \left(\frac{C}{P} \right)^b * a_1 * a_{SKF}$$

La duración de vida es la duración realmente alcanzada por un rodamiento. Puede presentar una considerable desviación respecto a la duración de vida nominal calculada.

Las posibles causas son el desgaste y/o la fatiga por:

- **parámetros de funcionamiento diferentes**
- **error de alineación entre el eje y el alojamiento**
- **juego de funcionamiento excesivamente reducido o elevado**
- **suciedad**
- **lubricación insuficiente**
- **temperatura de funcionamiento excesivamente alta**
- **movimientos oscilantes del rodamiento, con ángulos de oscilación muy reducidos (formación de estrías)**
- **solicitud por vibraciones y formación de estrías**
- **cargas a impulsos muy elevadas (sobrecarga estática)**
- **daños durante en el montaje.**

Valor del factor a_1

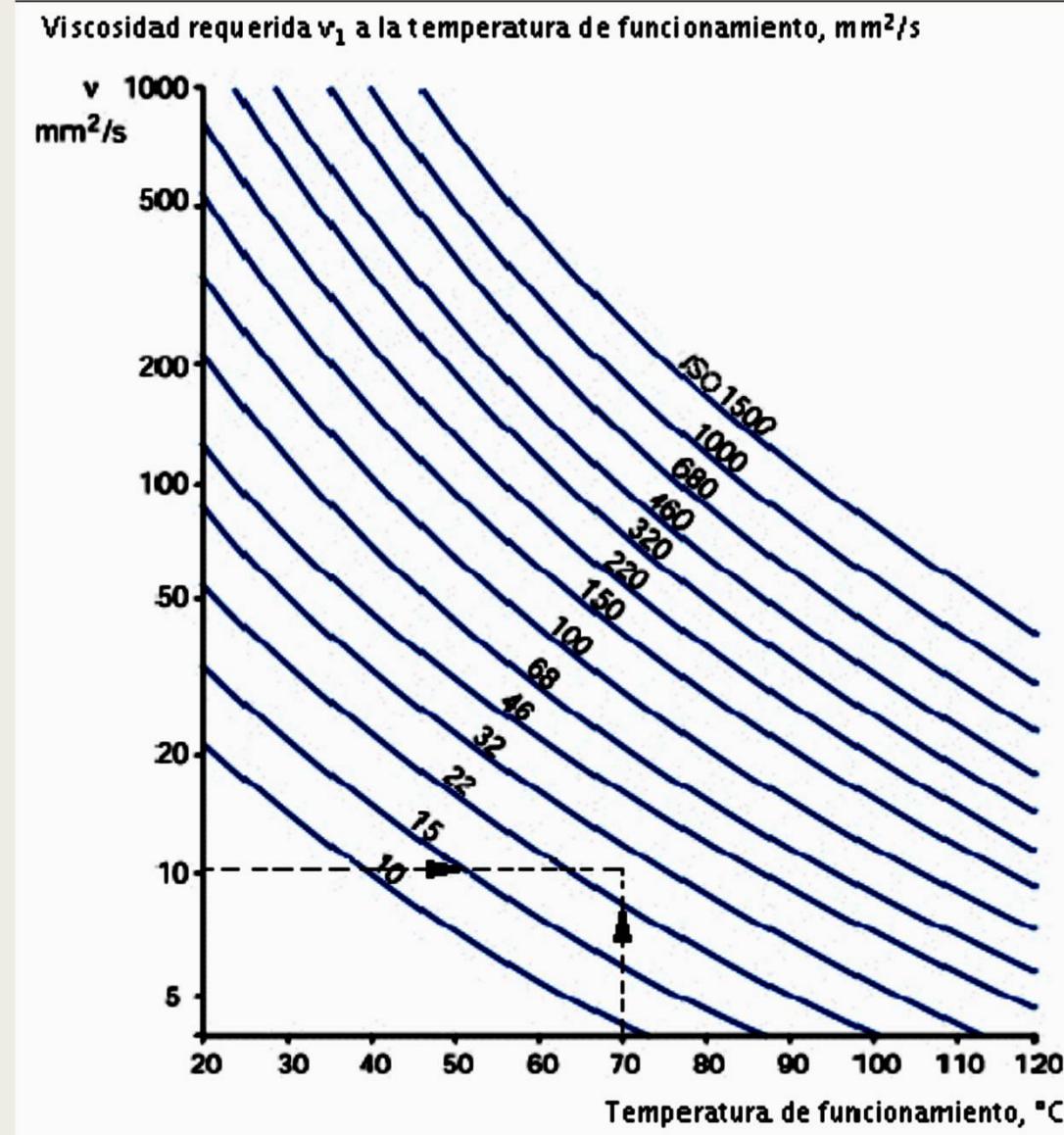
Fiabilidad %	a_1
90	1
95	0,62
96	0,53
97	0,44
98	0,33
99	0,21

Fuente: Catálogo General SKF

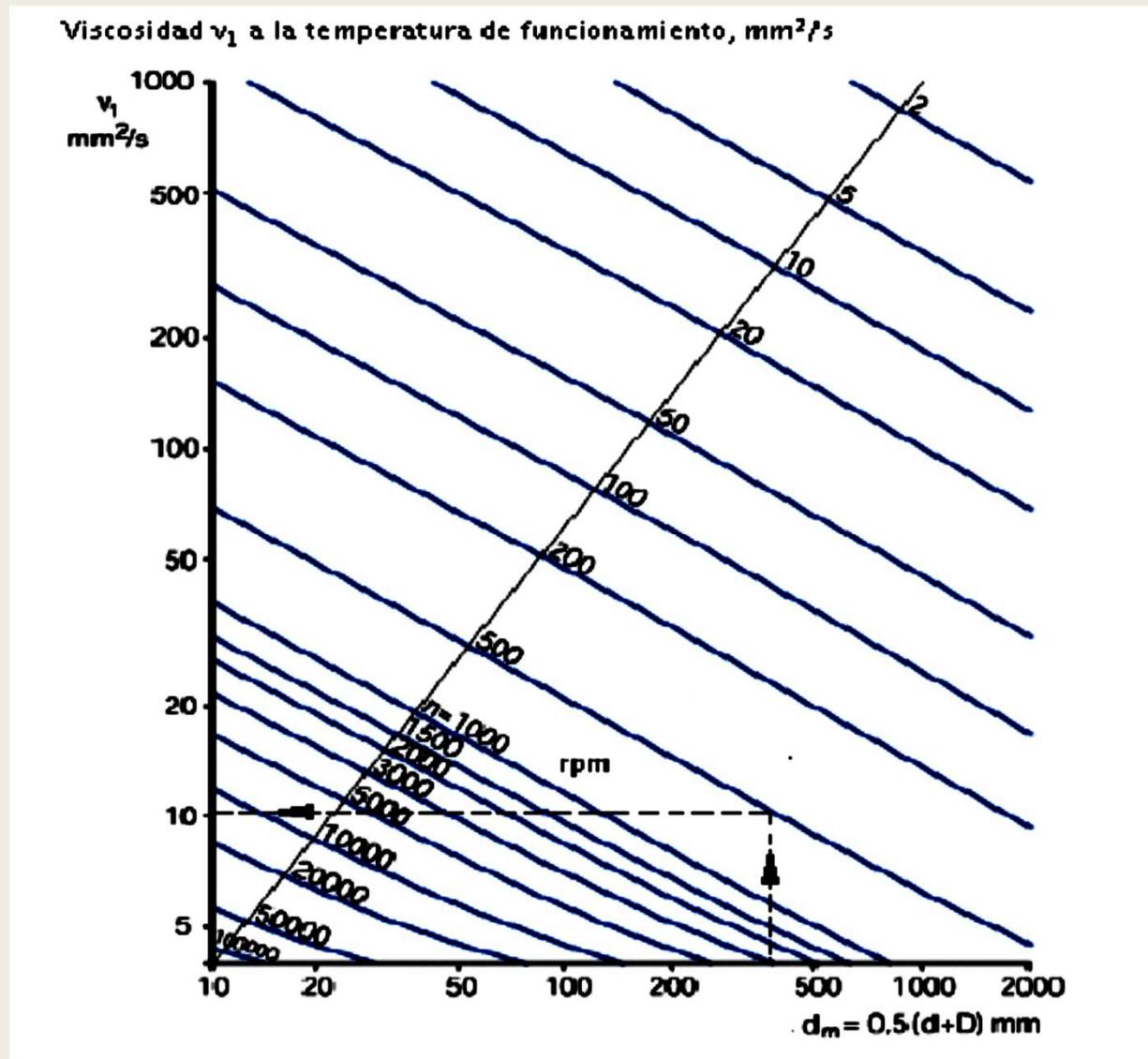
Clase ISO de viscosidad	Viscosidad cinemática a 40 °C		
	media mm ² /s	mín	máx
ISO VG 2	2,2	1,98	2,42
ISO VG 3	3,2	2,88	3,52
ISO VG 5	4,6	4,14	5,06
ISO VG 7	6,8	6,12	7,48
ISO VG 10	10	9,00	11,0
ISO VG 15	15	13,5	16,5
ISO VG 22	22	19,8	24,2
ISO VG 32	32	28,8	35,2
ISO VG 46	46	41,4	50,6
ISO VG 68	68	61,2	74,8
ISO VG 100	100	90,0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1 000	1 000	900	1 100
ISO VG 1 500	1 500	1 350	1 650

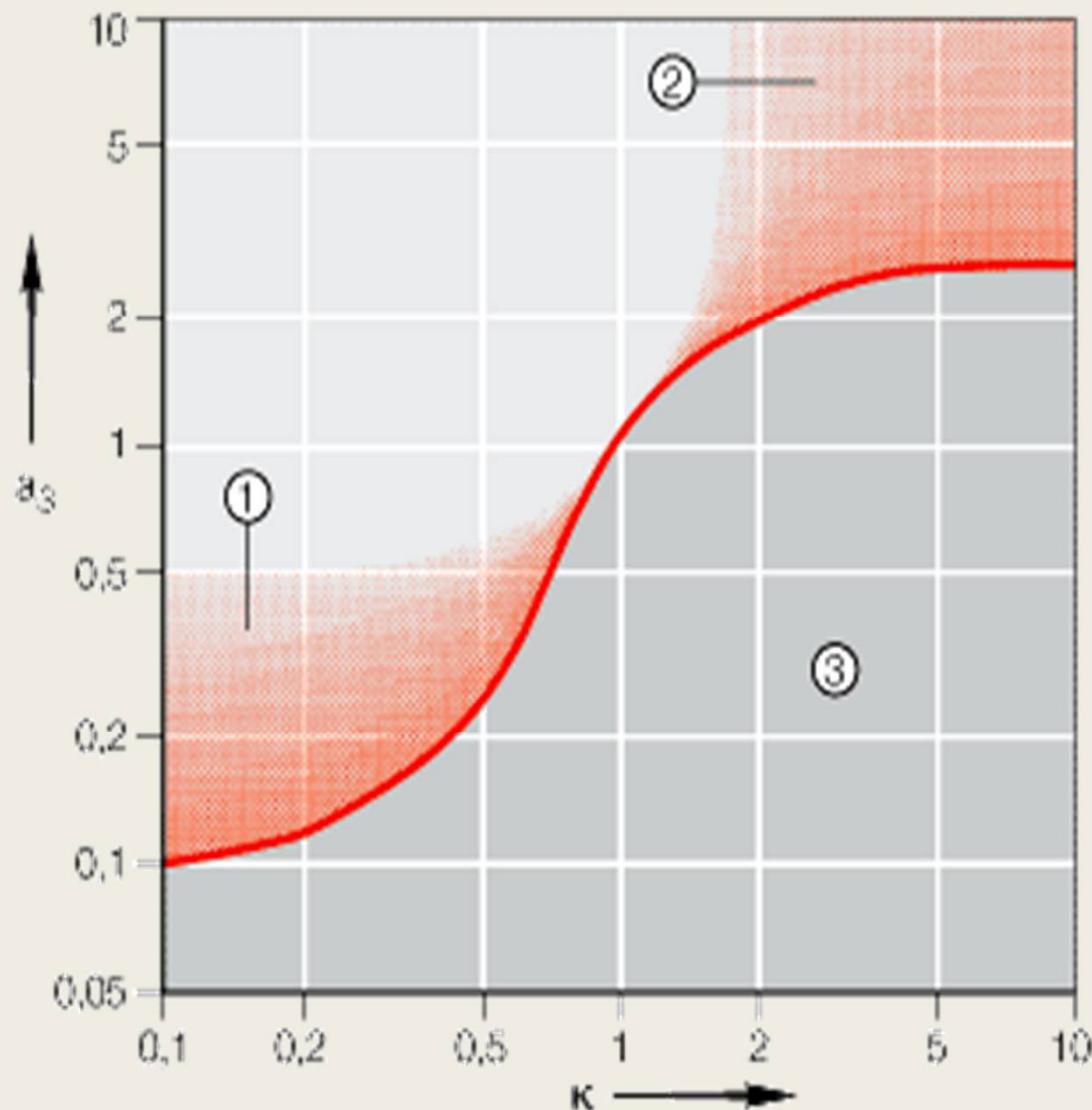
Fuente: Catálogo General SKF

Viscosidad de servicio del lubricante



Viscosidad de referencia





κ : Relación de viscosidades

- 1) Buena limpieza y aditivos adecuados
- 2) Máxima limpieza y carga reducida
- 3) Impurezas en el lubricante

Valores del factor de ajuste η_c para diferentes grados de contaminación

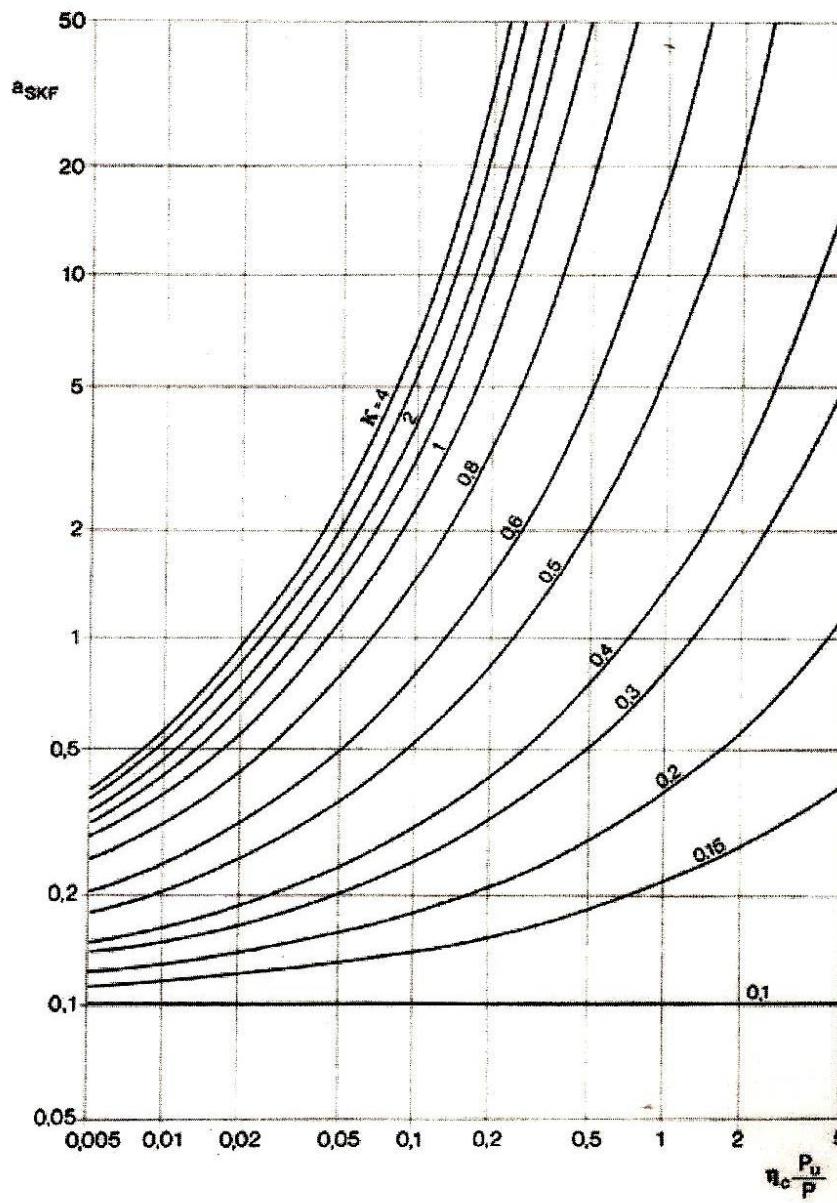
Condición ¹⁾	η_c
Muy limpio Tamaño de partículas del orden del espesor de la película de lubricante.	1
Limpio Condiciones típicas de rodamientos con obturaciones engrasados por vida.	0,8
Normal Condiciones típicas de rodamientos con protecciones engrasados por vida.	0,5
Contaminado Condiciones típicas de rodamientos sin obturaciones integradas; filtros de paso grueso para lubricante y/o entrada de partículas desde el entorno.	0,5 a 0,1
Fuertemente contaminado²⁾	0

1. La escala para η_c se refiere sólo a contaminantes sólidos típicos. La disminución de la vida del rodamiento por contaminación por agua u otros fluidos no está incluida.
2. Para fuerte contaminación, los valores η_c pueden estar fuera de la escala resultando una más severa reducción de la vida que la predicha por la ecuación L_{nba}

Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera

Dimensiones principales			Capacidades de carga		Carga límite de fatiga P_u	Velocidades Velocidad de referencia	Velocidad límite	Masa	Designación
d	D	B	dinámica	estática					
mm			kN	kN		rpm		kg	-
3	10	4	0,54	0,18	0,007	130000	80000	0,0015	623
3	10	4	0,54	0,18	0,007	-	40000	0,0015	623-2RS1
3	10	4	0,54	0,18	0,007	130000	63000	0,0015	623-2Z
3	10	4	0,54	0,18	0,007	-	40000	0,0015	623-RS1
3	10	4	0,54	0,18	0,007	130000	80000	0,0015	623-Z
4	9	2,5	0,54	0,18	0,007	140000	85000	0,0007	618/4
4	9	3,5	0,54	0,18	0,007	140000	70000	0,0010	6284-2Z
4	9	4	0,54	0,18	0,007	140000	70000	0,0013	6384-2Z
4	11	4	0,715	0,232	0,0098	130000	80000	0,0017	619/4
4	11	4	0,715	0,232	0,0088	130000	63000	0,0017	619/4-2Z
4	12	4	0,806	0,28	0,012	120000	75000	0,0021	604
4	12	4	0,806	0,28	0,012	120000	60000	0,0021	604-2Z
4	12	4	0,806	0,28	0,012	120000	60000	0,0021	604-Z
4	13	5	0,936	0,29	0,012	110000	67000	0,0031	624
4	13	5	0,936	0,29	0,012	110000	53000	0,0031	624-2Z
4	13	5	0,936	0,29	0,012	110000	67000	0,0031	624-Z
4	16	5	1,11	0,38	0,016	95000	60000	0,0054	634
4	16	5	1,11	0,38	0,016	-	28000	0,0054	634-2RS1
4	16	5	1,11	0,38	0,016	95000	48000	0,0054	634-2RZ
4	16	5	1,11	0,38	0,016	95000	48000	0,0054	634-2Z
4	16	5	1,11	0,38	0,016	-	28000	0,0054	634-RS1
4	16	5	1,11	0,38	0,016	95000	60000	0,0054	634-RZ
4	16	5	1,11	0,38	0,016	95000	60000	0,0054	634-Z
5	11	3	0,637	0,255	0,011	120000	75000	0,0012	618/5
5	11	4	0,637	0,255	0,011	120000	60000	0,0014	628/5-2Z

Factor a_{SKF} para rodamientos radiales de bolas



LUBRICACIÓN

Los rodamientos pueden tener los siguientes tipos de lubricación:

- **Lubricación con grasa.**

En baño de aceite

- **Lubricación con aceite**

Circulación forzada

07:50

Ing. Carlos Barrera

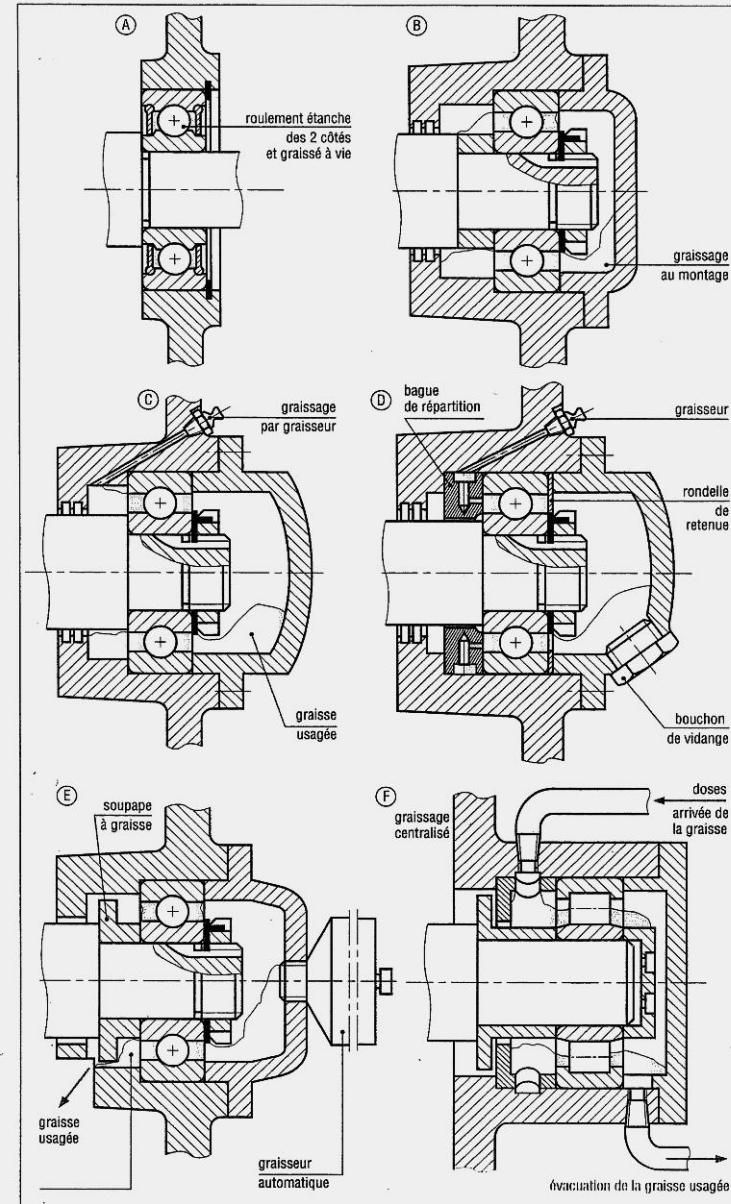


- **La lubricación con grasa se usa en un 90 % de todas las aplicaciones de rodamientos.**
- **Las ventajas esenciales de una lubricación con grasa son:** – construcciones muy sencillas; – mayor eficacia de la obturación debido a la grasa; – elevada duración de servicio mediante una lubricación sin mantenimiento y sin aparatos de lubricación; – apropiada para factores de velocidad $n \cdot dm$ de hasta $1,8 \cdot 10^6$ min $^{-1}$ (n , número de revoluciones; dm , diámetro medio del rodamiento); – periodo más largo hasta el fallo en el caso de fallar la lubricación después de alcanzarse la duración de servicio de la grasa si los factores de velocidad son moderados; – par de rozamiento bajo. Bajo condiciones normales de servicio y de medio ambiente, la lubricación por grasa puede realizarse muchas veces como lubricación a vida (for-life). En el caso de elevadas solicitudes (número de revoluciones, temperatura, carga) debe preverse una relubricación con periodos de reengrase adecuados. En el caso de tiempos de reengrase cortos hay que prever una bomba para inyección de la grasa, canales de alimentación de la grasa, eventualmente un disco regulador de la grasa y un recinto colector para la grasa usada.

LUBRICACIÓN CON GRASA

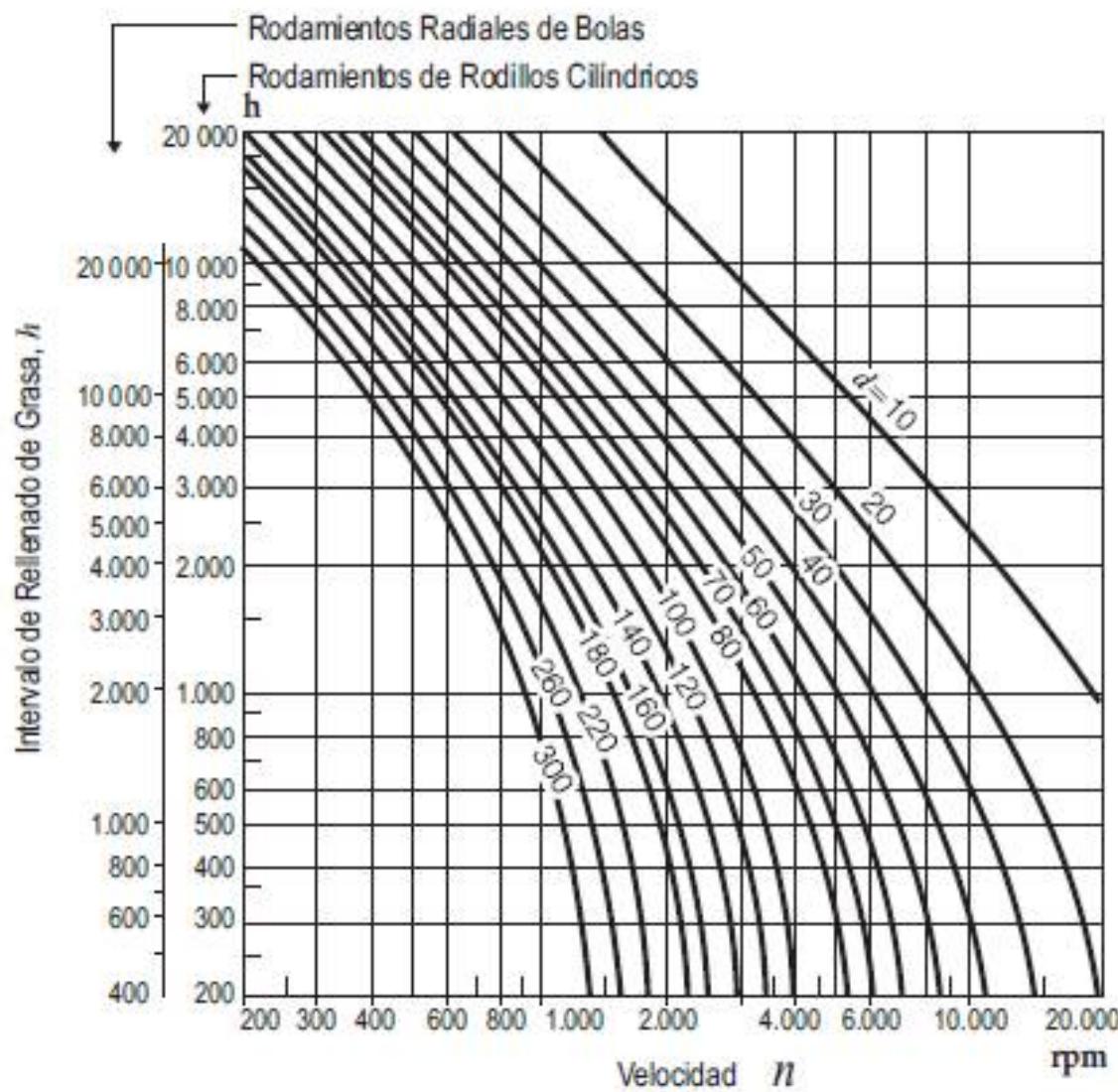
07:50

Ing. Carlos Barrera



16. Principaux dispositifs de graissage.

- **Un sistema de lubricación con aceite resulta adecuado si los elementos de máquina próximos deben lubricarse con aceite o cuando sea necesario evacuar calor mediante el lubricante.**
- **La evacuación de calor puede ser necesaria en el caso de elevadas velocidades de giro, altas solicitudes a carga o si la aplicación de rodamientos está sometida a calor desde afuera.**
- **En la lubricación con aceite por pequeñas cantidades (lubricación con cantidades mínimas), como p. e. lubricación por goteo, por neblina de aceite o por aceite y aire es posible dosificar la cantidad de aceite exactamente. Esto ofrece la ventaja de que el rozamiento del rodamiento puede mantenerse bajo.**
- **La lubricación por inyección de aceite con grandes cantidades facilita la alimentación precisa de todos los puntos de contacto en rodamientos altamente revolucionados y una buena refrigeración.**

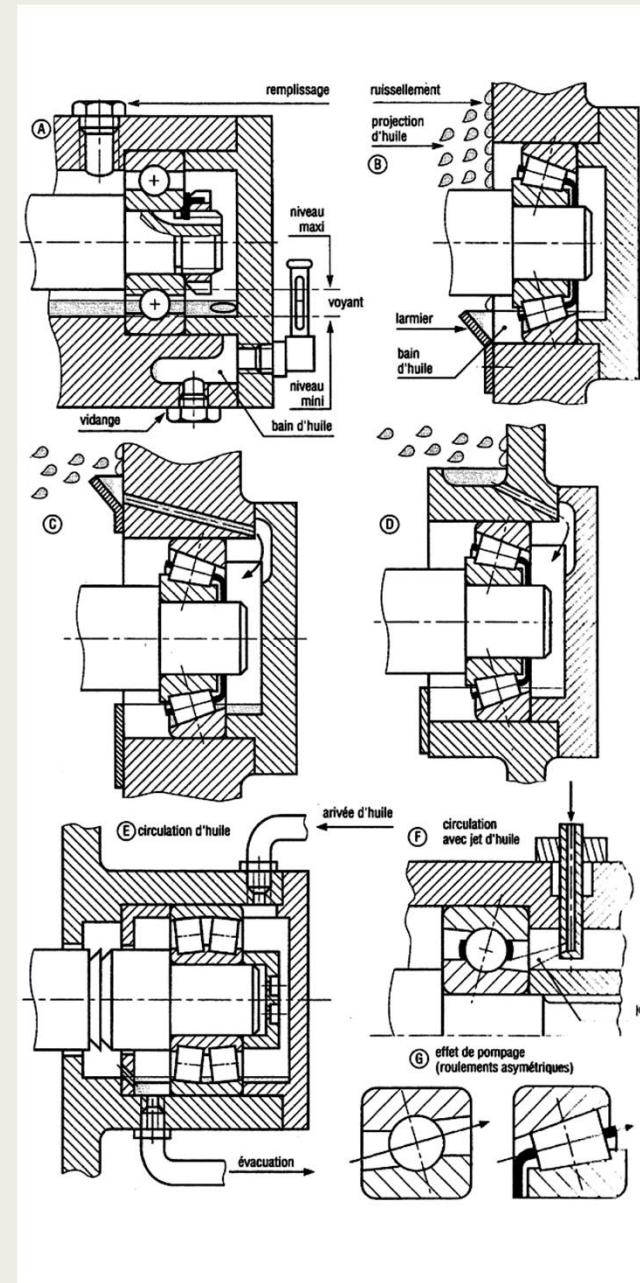


(1) Rodamientos Radiales de Bolas,
Rodamientos de Rodillos Cilíndricos

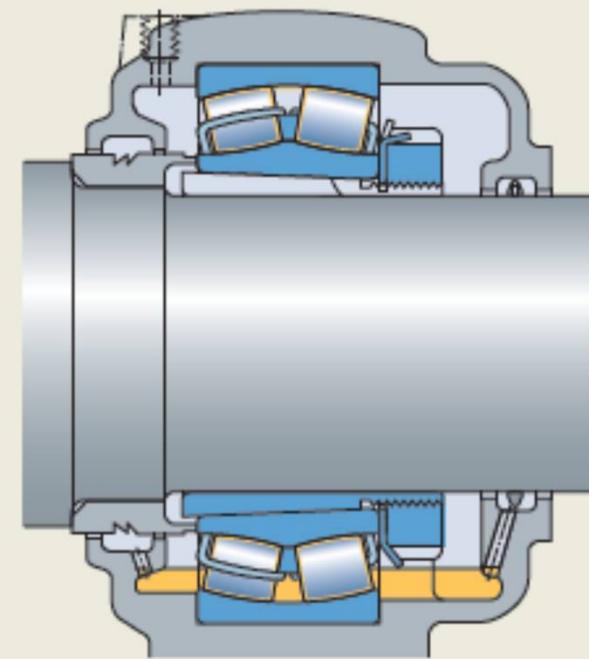
LUBRICACIÓN CON ACEITE

07:50

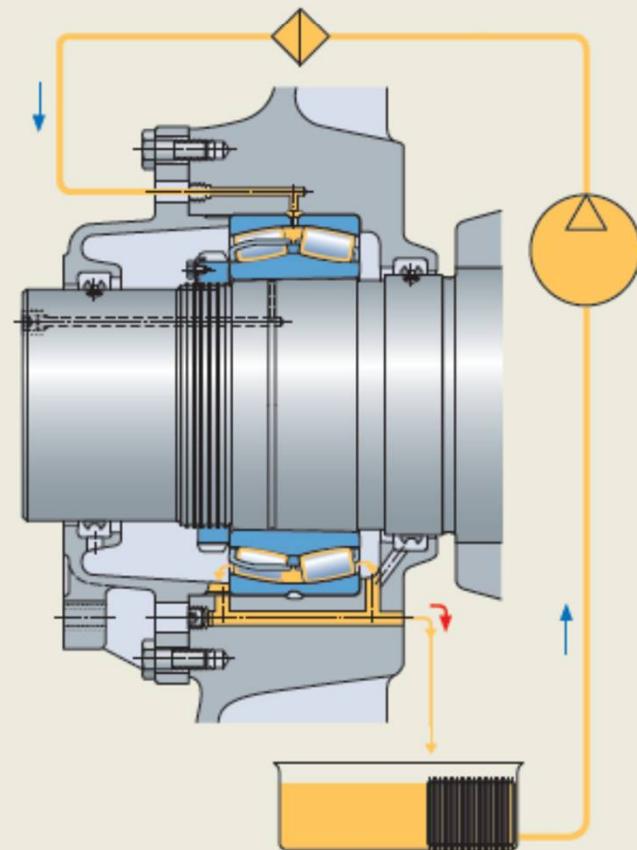
Ing. Carlos Barrera



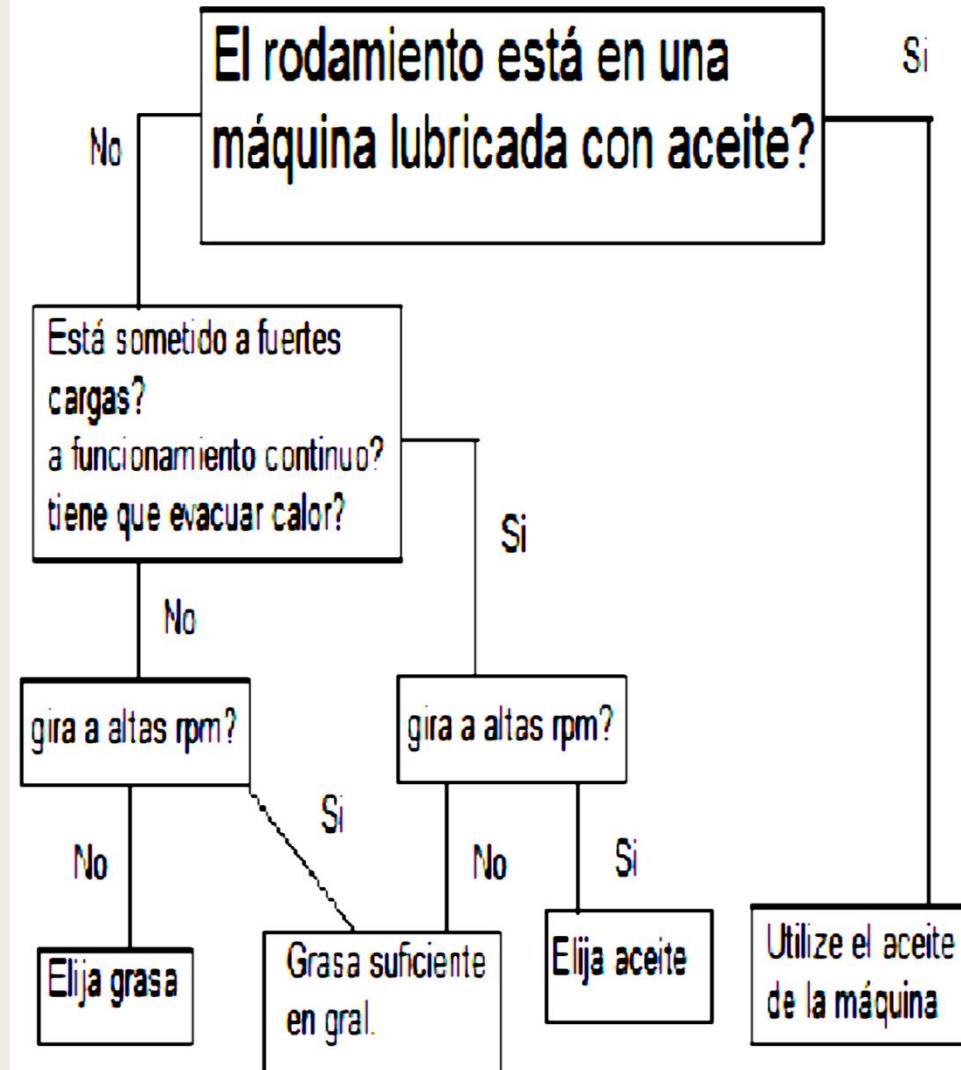
Oil bath



Circulating oil



Elección de la lubricación



VIDA NOMINAL REQUERIDA

Tabla 7: Guía de valores requeridos de vida nominal para diferentes clases de máquinas

Clase de máquinas	Vida nominal Horas de funcionamiento
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, aparatos para uso médico	300 ... 3.000
Máquinas usadas intermitentemente o durante cortos períodos de tiempo: máquinas-herramientas eléctricas portátiles, equipos elevadores para talleres, maquinaria para la construcción	3.000 ... 8.000
Máquinas usadas intermitentemente o durante cortos períodos de tiempo cuando es necesaria una gran fiabilidad: ascensores, grúas para mercancías embaladas o eslingas de tambores, etc.	8.000 ... 12.000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario, pero no siempre utilizadas: transmisiones por engranajes de uso general, motores eléctricos para uso industrial, trituradores giratorios	10.000 ... 25.000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario utilizadas en todo momento: máquinas-herramientas, máquinas para trabajar la madera, máquinas para la industria mecánica general, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipos de Imprenta, separadores y centrífugas	20.000 ... 30.000
Máquinas para trabajo continuo 24 horas al día: unidades de engranajes para laminadores, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil	40.000 ... 50.000
Maquinaria para la energía cónica, incluyendo los rodamientos del eje principal, de guinada, de la caja de engranajes en ángulo, rodamientos del generador	30.000 ... 100.000
Maquinaria para el abastecimiento de agua, hornos giratorios, máquinas cableadoras, maquinaria de propulsión para trasatlánticos	60.000 ... 100.000
Maquinaria eléctrica de gran tamaño, centrales eléctricas, bombas y ventiladores para minas, rodamientos para la línea de ejes de trasatlánticos	> 100.000

EJEMPLO DE CÁLCULOS DE RODAMIENTOS

Que duración nominal en horas de funcionamiento puede alcanzar un rodamiento rígido de bolas 6308, siendo la carga radial constante de 280 Kg y la velocidad 280 rpm?

La carga equivalente es $P = 280$ Kg

La capacidad de carga dinámica C es de 3200 Kg y la seguridad de carga $C/P = 11,4$ Entrando en la tabla seleccionamos la duración buscada.

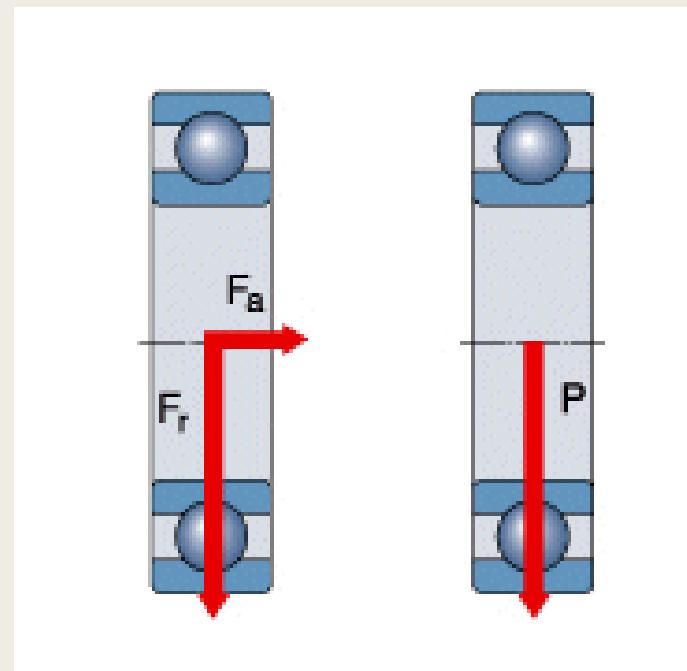


Tabla 3 Seguridad de carga $\frac{C}{P}$ para diferentes duraciones expresadas en horas de funcionamiento y para diferentes velocidades

RODAMIENTOS DE BOLAS

Duración en horas <i>Lh</i>	Revoluciones por minuto													
	10	16	25	40	63	100	125	160	200	250	320	400	500	630
100														
500														
1000			1,15	1,34	1,56	1,82	1,06	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36
1250		1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63
1600		1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91
2000	1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23
2500	1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56
3200	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93
4000	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32
5000	1,45	1,68	1,96	2,39	2,67	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75
6300	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20
8000	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70
10 000	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23
12 500	1,96	2,29	2,67	3,11	3,63	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81
16 000	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43
20 000	2,29	2,67	3,11	3,63	4,23	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11
25 000	2,47	2,88	3,36	3,91	4,56	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83
32 000	2,67	3,11	3,63	4,23	4,93	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6
40 000	2,88	3,36	3,91	4,56	5,32	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5
50 000	3,11	3,63	4,23	4,93	5,75	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4
63 000	3,36	3,91	4,56	5,32	6,20	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4
80 000	3,63	4,23	4,93	5,75	6,70	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5
100 000	3,91	4,56	5,32	6,20	7,23	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6
200 000	4,93	5,75	6,70	7,81	9,11	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6

TIPOS DE SOPORTES



Fuente: Schaeffler
Gruppe

a) Soporte de apoyo



Fuente: Schaeffler
Gruppe

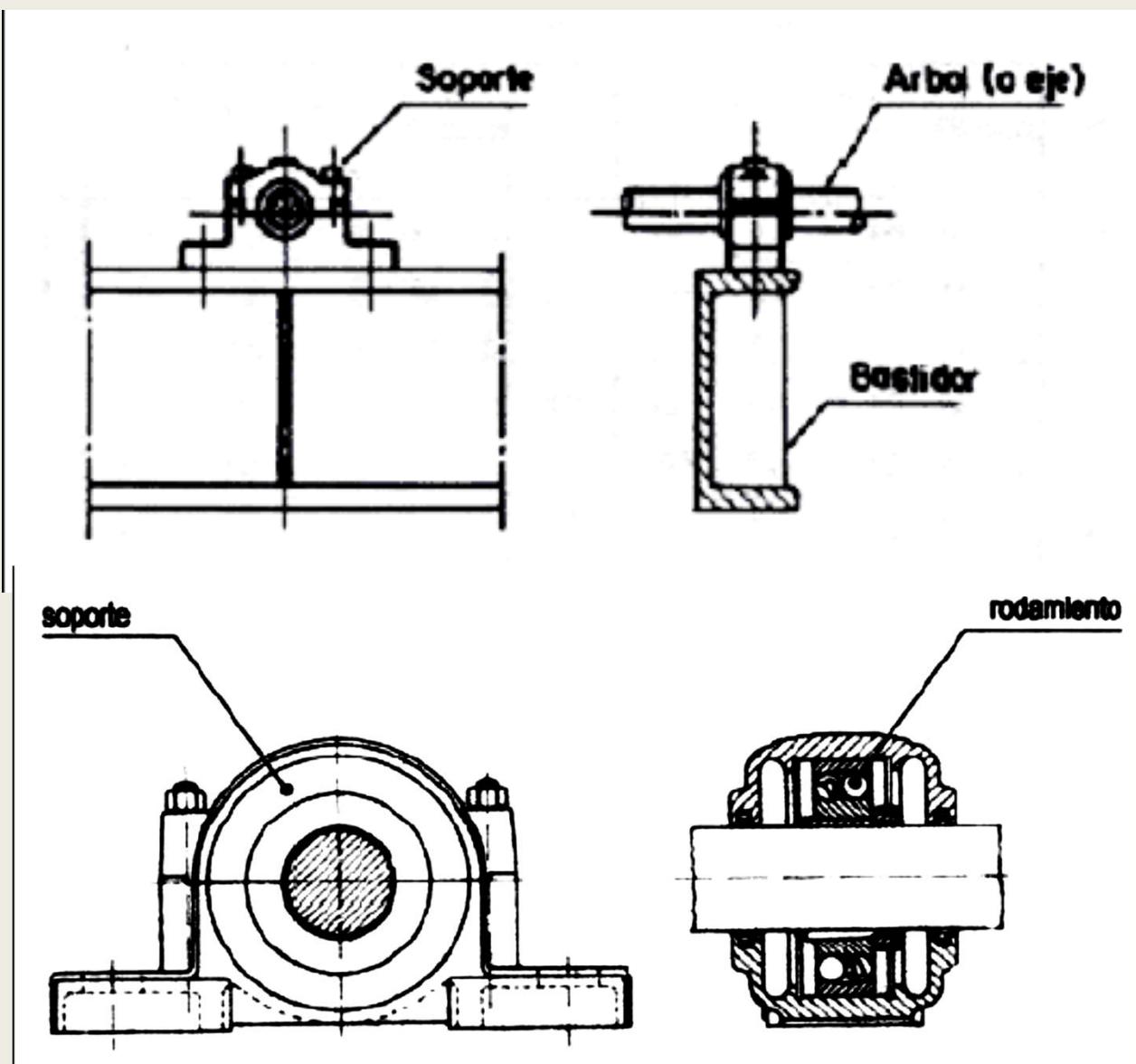
b) Soporte brida



Fuente
Gruppe

c) Soporte tensor

MONTAJE DEL RODAMIENTO



Manipuleo de Rodamientos

- Conservar limpio el rodamiento y el ambiente que lo rodea, para lo cual se espera hasta el último momento para extraerlo de su caja que lo contiene.
- El rodamiento está tratado térmicamente para alcanzar unos determinados niveles de dureza. Se puede considerar frágil ante impactos o fuerzas excesivas realizadas durante montajes o desmontajes poco cuidadosos.
- No calentar los rodamientos a temperaturas superiores a 120º C ya que podría llegar a reducirse su dureza y por lo tanto acortar su vida.

Montaje de Rodamientos

- **1. Elegir un lugar limpio**
- **2. Revisar el árbol, alojamiento y radios (dimensiones, acabado y formas geométricas).**
- **3. Verificar las dimensiones del eje y alojamiento.**
- **4. Usar herramientas de montaje adecuadas que no tengan desgaste**
- **5. Limpiar el árbol, alojamiento y radios.**
- **6. Tener cuidado al tocar las superficies rectificadas del rodamiento para impedir posibles rastros de óxido.**
- **7. Al montar los anillos interior y exterior por separado, aplicar la fuerza también a cada uno por separado evitando montar, por ejemplo, el aro exterior golpeando el aro interior montado.**
- **8. Evitar impactos. ¡No golpear con MARTILLO directamente al rodamiento!**

MONTAJE O SUSTITUCIÓN





**Montaje en
caliente**

07:50

Ing. Carlos Barrera



07:50

Ing. Carlos Barrera

(1) Desconchado: Condición en la que las pistas de rodadura y las superficies están descascarilladas.

◆ Causas principales

- Carga axial anormal y carga excesiva
- Inclinación del rodamiento
- Problemas con la precisión del eje y la carcasa
- Óxido, rascaduras por golpes, rascaduras por inserción
- Lubricación inapropiada

◆ Medidas preventivas principales

- El rodamiento del lado libre deberá poder moverse
- Alinee el centro axial del eje y la carcasa
- Corrija la configuración del eje y la carcasa
- Prevención del óxido cuando el equipo esté parado durante mucho tiempo. Precauciones de manejo y montaje
- Cambios en el lubricante, cantidad, y método de lubricación



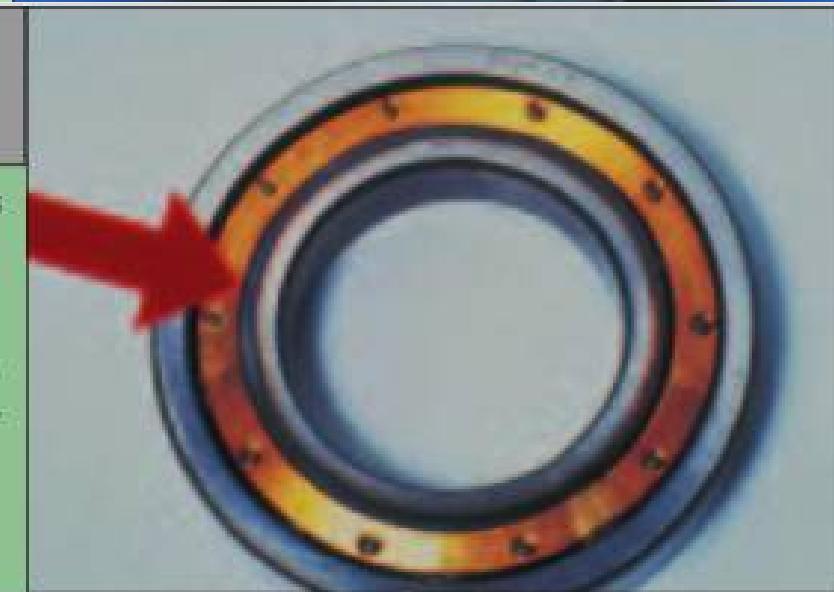
(2) Agarrotamiento: Condición en la que, debido al calor, la pistas de rodadura, la brida, y el elemento de rodamiento cambian de color y desarrullan depósitos y ablandamiento.

◆ Causas principales

- Juego interno excesivamente pequeña durante la operación
- Operación que sobrepasa la frecuencia de rotación permitida
- Propiedades y cantidad de lubricante inapropiadas
- Carga axial anormal y contacto en un lado

◆ Medidas preventivas principales

- Cambio del juego interno
- Rotación de ahormado precoz, examen de la configuración del rodamiento
- Cambio de lubricante, cantidad, o método de lubricación
- Reconsideración de las condiciones de carga y corrección del montaje.



(3) Rotura: Rotura de los aros interior y exterior, elemento de rodamiento, o jaula.

◆ **Causas principales**

- Interferencia excesiva
- Redondez excesiva del eje y las esquinas de la carcasa
- Golpe durante el manejo o el montaje
- Carga de impacto grande durante la operación
- Juego interno excesiva durante la operación
- Vibración y carga momentánea

◆ **Medidas preventivas principales**

- Cambio de interferencia, corrección de la configuración del adaptador
- Corrección a un valor más pequeño que las dimensiones de biselado del rodamiento
- Manejo y montaje correctos
- Reconsideración de las condiciones de carga
- Examen del juego precoz (para evitar el juego de las bolas y los rodillos)
- Corrección del error de montaje. Cambio del tipo de rodamiento



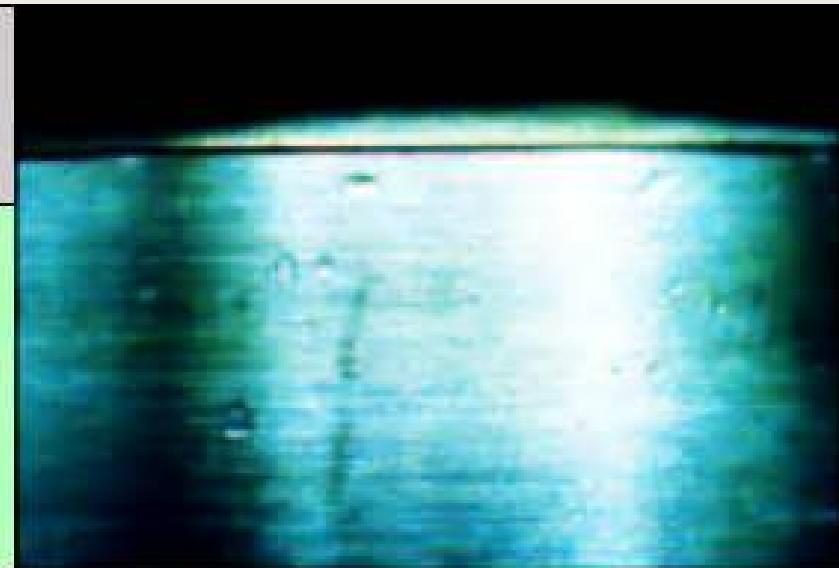
(4) Indentación por presión: Condición con pequeños dientes en las pistas de rodadura, bridas, y elementos de rodamiento debido a daños por golpes o la amoladura de suciedad.

◆ **Causas principales**

- Golpe durante el manejo o el montaje
- Entrada y amoladura de materias extrañas
- Carga grande cuando se paran las operaciones

◆ **Medidas preventivas principales**

- Manejo y montaje correctos
- Mejora del dispositivo de sellado. Cambio en la limpieza de las piezas
- Reconsideración de las condiciones de carga



(5) Corrosión por frotamiento: Condición en la que se desarrollan dientes en la superficie de las pistas de rodadura de los anillos de rodadura interior y exterior a distancia del elemento de rodamiento. Esta palabra también se utiliza al referirse a la corrosión acastañada que ocurre en las superficies de contacto entre el eje y el aro interior, y entre la carcasa y el aro exterior.

◆ **Causas principales**

- Vibración mientras las operaciones están paradas o durante el transporte
- Movimiento de oscilación con amplitud pequeña

◆ **Medidas preventivas principales**

- Prevención de la vibración
- Fijación temporal de los rodamientos durante el transporteCambio del aceite lubricante, etc



(7) Deterioro por frotamiento: Acumulación de quemaduras diminutas como piel rugosa que ocurre en las pistas de rodadura, las bridas, y los elementos de rodamiento cuando desaparece la película de aceite.

◆ **Causas principales**

- Lo mismo que para mordadura

◆ **Medidas preventivas principales**

- Corrección del error de montaje, reconsideración de las condiciones de carga
- Cambio de lubricante, cantidad, y método de lubricación
- Cambio del juego de operación donde el elemento de rodamiento no se desvie



(9) Oxidación, corrosión: Condición en la que ocurre oxidación y corrosión

◆ **Causas principales**

- Lugar de almacenamiento inapropiado de los rodamientos y dispositivos
- Agente de limpieza inapropiado o insuficiente protección contra la oxidación
- Entrada de gases corrosivos, líquidos, o agua
- Manejo con las manos desnudas
- Generación de gas corrosivo a partir del lubricante

◆ **Medidas preventivas principales**

- Elección de un lugar con fluctuación mínima de temperatura
- Cambio del agente de limpieza. Protección contra la oxidación
- Mejora del dispositivo de sellado
- Manejo correcto
- Cambio de lubricante





Title: Lubrication

SKF trainingsvideos 2002 ©

Bibliografía

- http://www.skf.com/portal/skf_ar/home?language=es
- **Diseño en Ingeniería Mecánica.** J. Shigley C. Mischke. Mc Graw Hill IV Edición.
- **Diseño de Elementos de Máquinas.** R. Mott. IV Edición. Pearson