

MECANISMOS Y ELEMENTOS DE MÁQUINAS

Cojinetes Antifricción

RODAMIENTOS

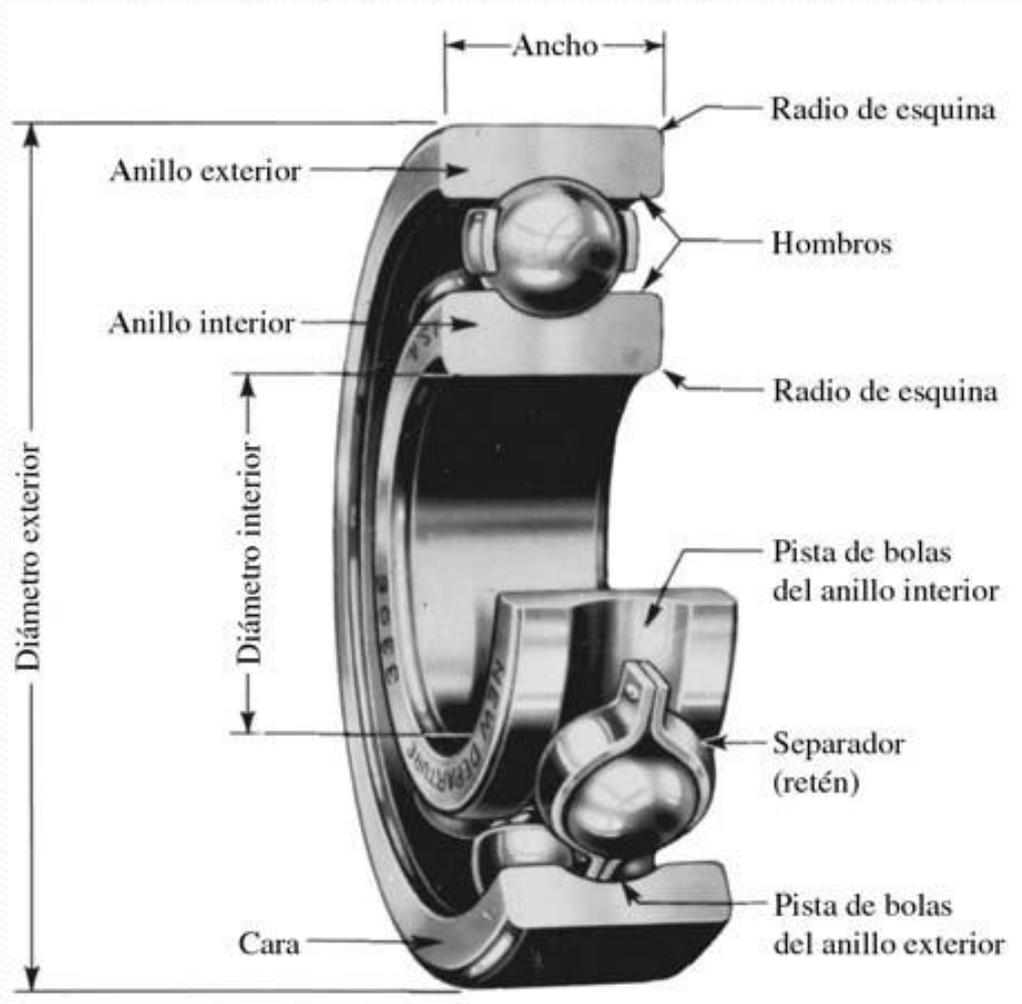
Ingeniería Electromecánica 2025



Bibliografía

- RICHARD G. BUDYNAS y J. KEITH NISBETT.- DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA.- 10^o Ed. Mc graw hill.
- DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS 4 Ed. R. MOTT
- SHIGLEY- MISCKE.- “DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA”- Ed. Mc-Graw hill.
- Catalogo SKF – www.skf.com/ar y www.catalogoskf.com.ar

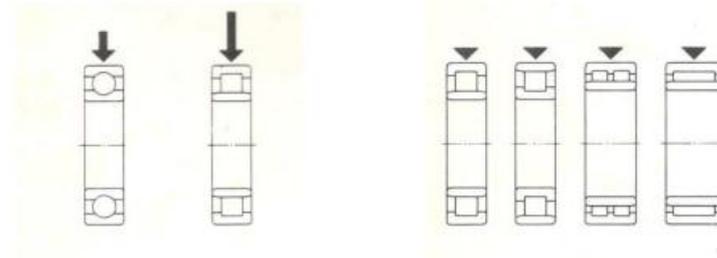
- Nomenclaturas - Componentes de un cojinete de bolas



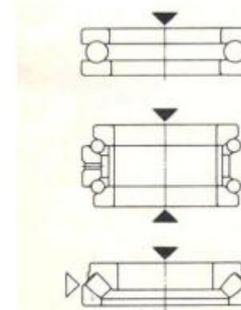
Tipos de Rodamientos

Se fabrican para soportar :

- ▶ Cargas Radiales

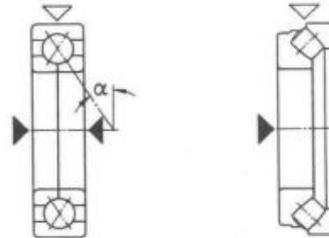
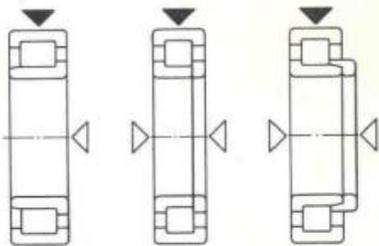
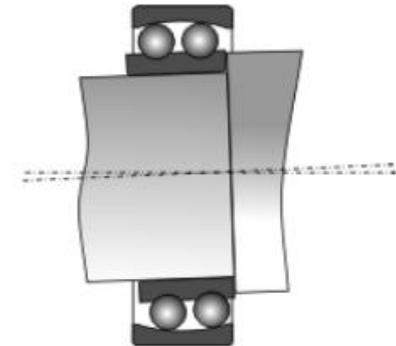
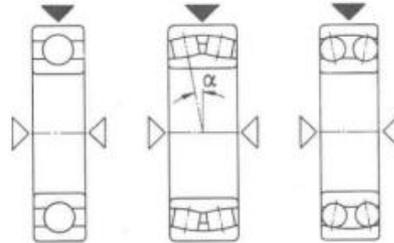
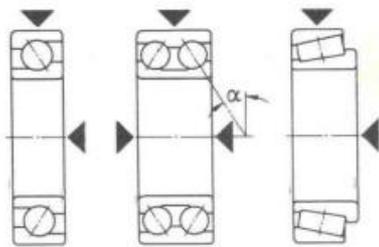


- ▶ Cargas Axiales



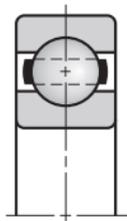
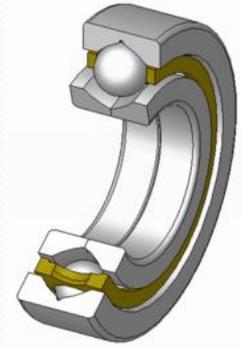
Tipos de Rodamientos

- Cargas combinadas radiales y axiales



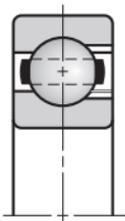
TIPOS DE RODAMIENTOS

- Rodamientos rígidos de bolas
- Rodamientos axiales de bolas
- Rodamiento de rodillo cilíndrico
- Rodamientos de rodillos cónicos



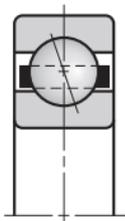
a)

De ranura profunda



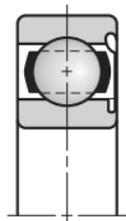
b)

Con ranura de entrada para las bolas



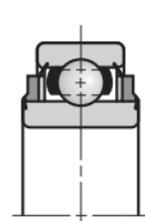
c)

De contacto angular



d)

Protegido



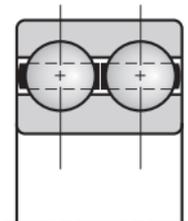
e)

Sellado



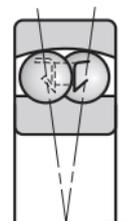
f)

Autoalineación externa



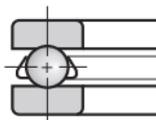
g)

Con doble fila



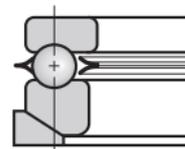
h)

Autoalineante



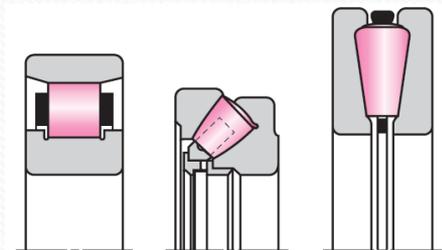
i)

De empuje



j)

De empuje, autoalineante



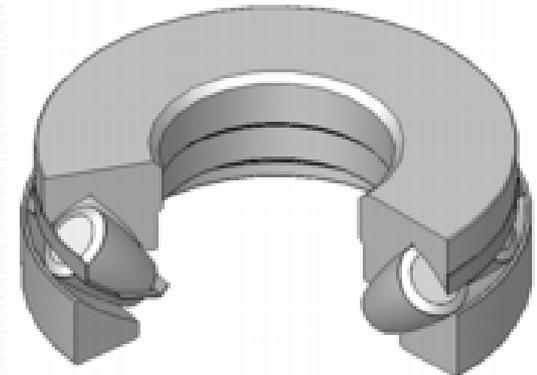
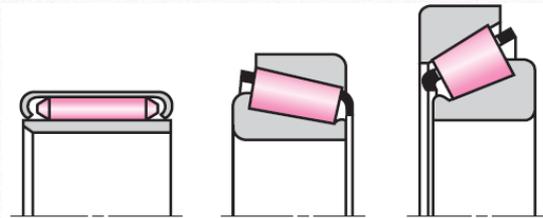
Rodillo recto

Rodillo esférico, empuje

Rodillo cónico empuje

TIPOS DE RODAMIENTOS

- Rodamientos de aguja.
- Rodamientos axiales de rodillos a rótula
- Rodamientos de bolas a rótula
- Rodamientos de rodillos cilíndricos de empuje
- Rodamientos de bolas con contacto angular



Diversos Tamaños



Tipos de rodamientos

Radial 1 hilera de bolillas.

681: \varnothing 1 mm

Doble hilera autoalineante.

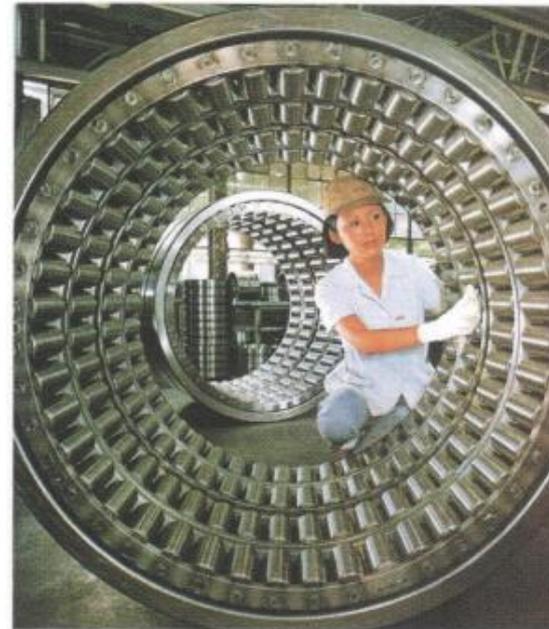
Rígido tipo roldana.

Con pestaña.

FR133: \varnothing .0937"

De contacto angular.

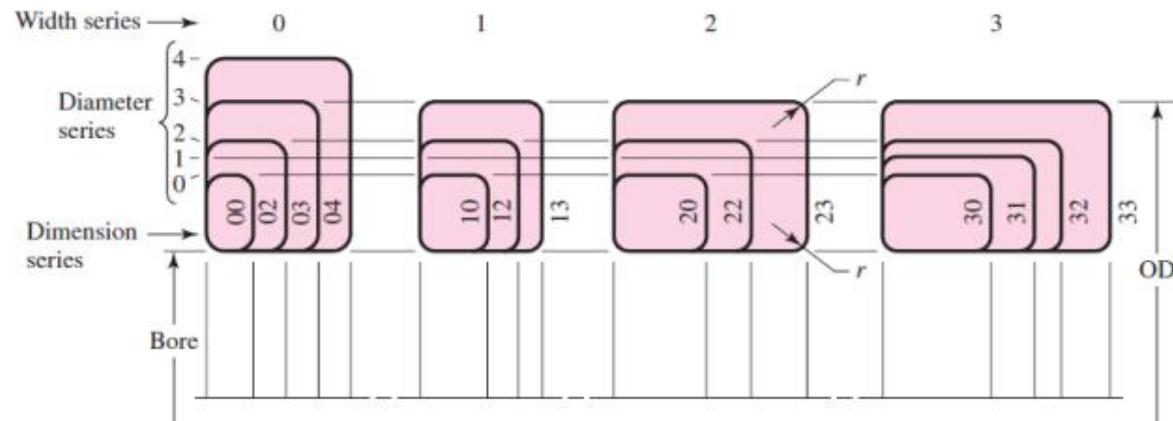
725C: \varnothing 5mm

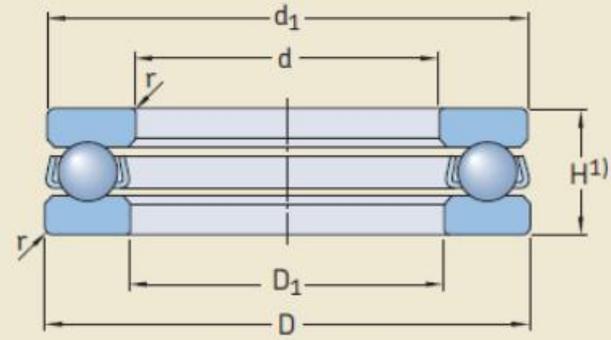
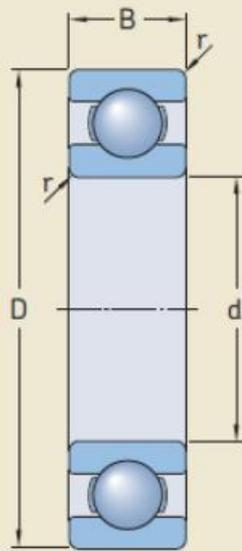


Especialidades de NSK

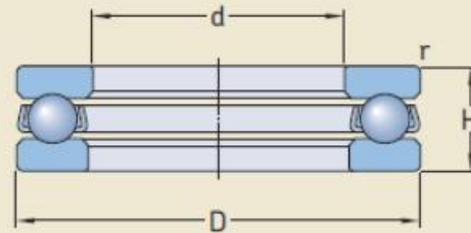
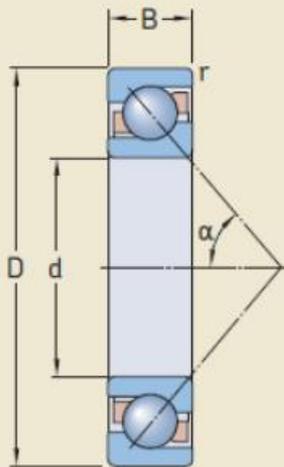
Rodamientos para laminadoras de acero, utilizados en muchas acerías de todo el mundo.

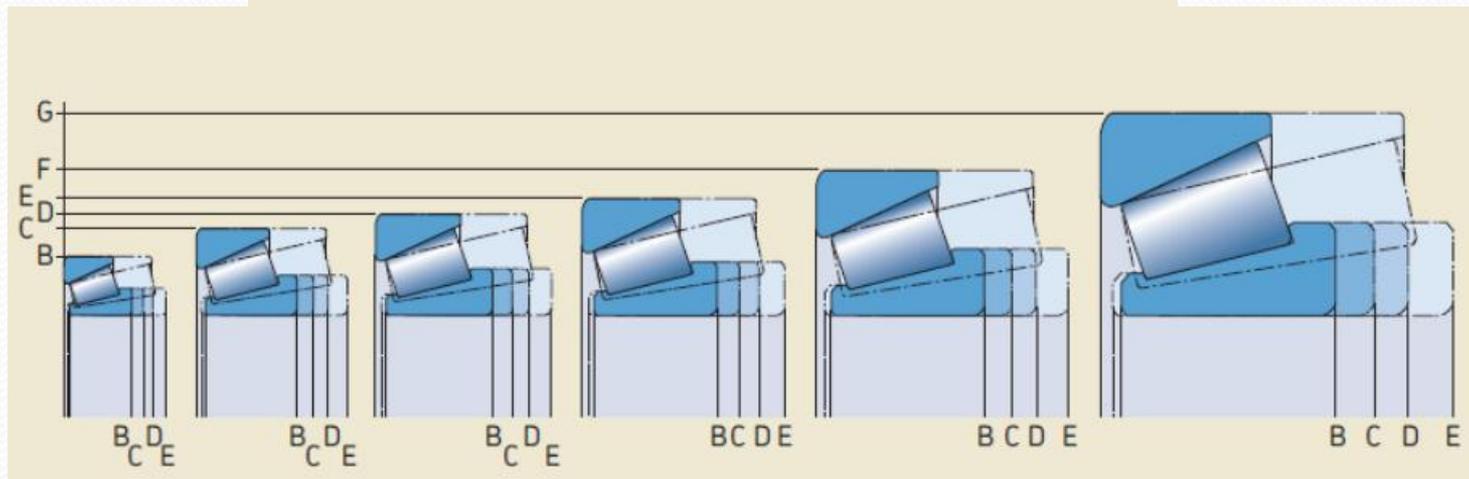
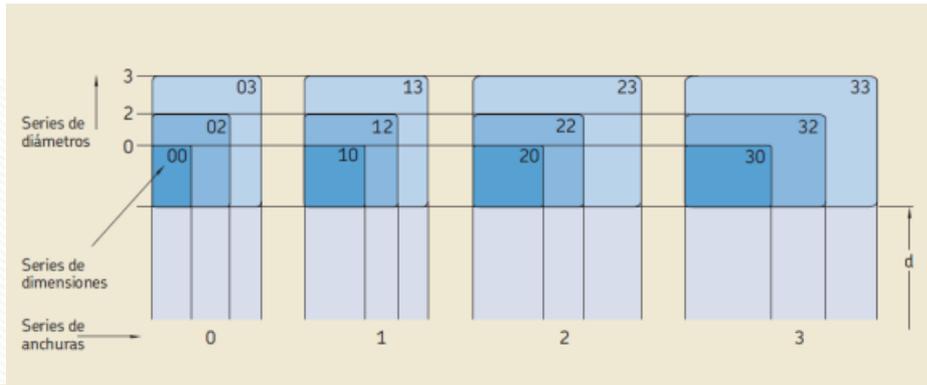
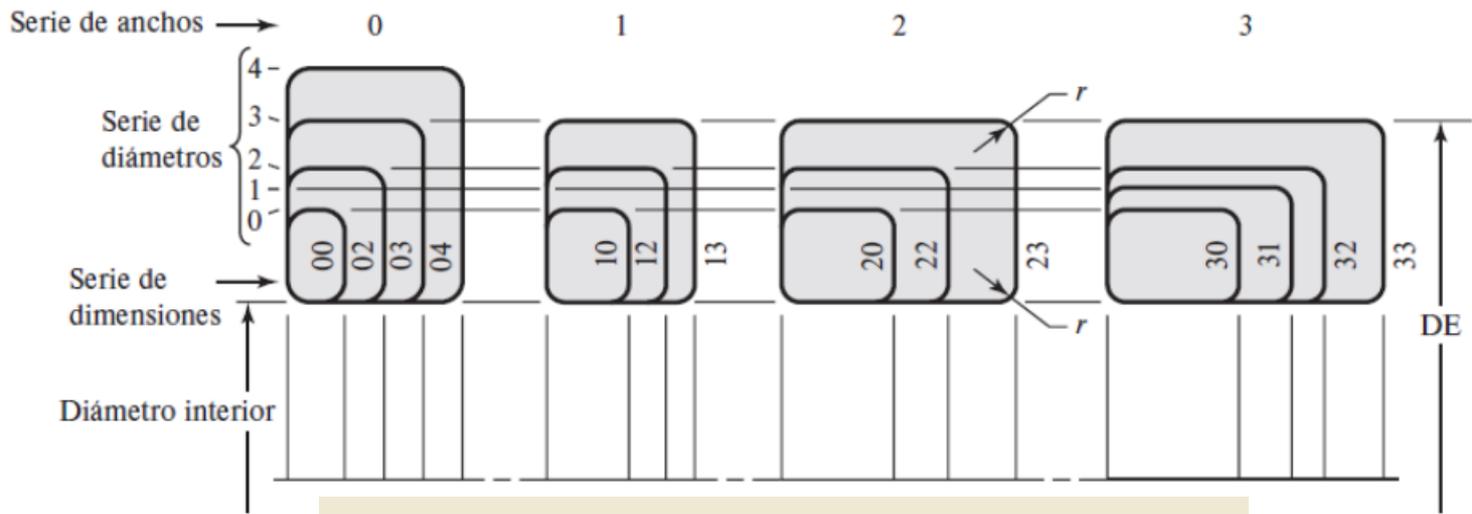
Tenemos versiones para la industria del aluminio.





¹⁾ ISO utiliza el símbolo T





Designaciones de los rodamientos SKF

Ejemplos

R	NU 2212	ECML
W	6008 /	C3
	23022 -	2CS

Prefijo

Espacio o sin separación

Designación básica

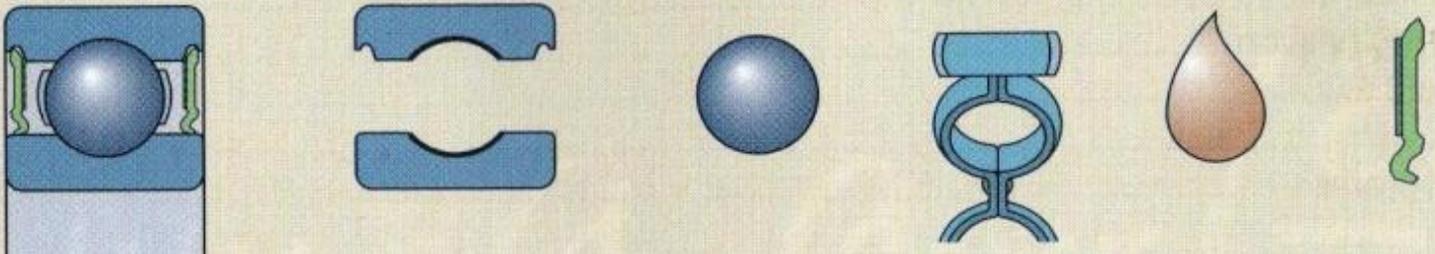
Espacio, barra inclinada o guión

Sufijo

Duración o vida útil de un Rodamientos

Se define como el número total de revoluciones , o el número de horas de giro a una velocidad constante dada, de operación del cojinete para que se desarrolle el tipo de falla considerado.

$$L_{\text{rodamiento}} = f(L_{\text{caminos de rodadura}}, L_{\text{elementos rodantes}}, L_{\text{jaula}}, L_{\text{lubricante}}, L_{\text{obturaciones}})$$



Vida de los cojinetes

El número de revoluciones del anillo interior (el anillo exterior está inmóvil) hasta que se presenta la primera evidencia tangible de fatiga.

El número de horas de uso a una velocidad angular estándar hasta que se advierte la primera evidencia tangible de fatiga

El criterio de fatiga consiste en el descascarado o picadura de 0.01 pulg^2

Tabla 11-4

Recomendaciones de vida de cojinetes para varias clases de maquinaria

Tipo de aplicación	Vida, kh
Instrumentos y aparatos de uso poco frecuente	Hasta 0.5
Motores de aeronaves	0.5-2
Máquinas de operación corta o intermitente, donde la interrupción del servicio resulta de poca importancia	4-8
Máquinas de servicio intermitente donde una operación confiable es de gran importancia	8-14
Máquinas para servicio de 8 h, que no siempre se usan completamente	14-20
Máquinas para servicio de 8 h, que se utilizan plenamente	20-30
Máquinas para servicio continuo las 24 h	50-60
Máquinas para un servicio continuo de 24 h, donde la confiabilidad es de suma importancia	100-200

Clase de máquinas**Vida nominal**
Horas de funcionamiento

Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, equipos técnicos de uso médico

300 ... 3 000

Máquinas usadas intermitentemente o por cortos períodos: herramientas eléctricas portátiles, aparatos elevadores en talleres, máquinas y equipos para la construcción

3 000 ... 8 000

Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento por cortos períodos o intermitentemente: ascensores (elevadores), grúas para mercancías embaladas o eslingas de tambores, etc.

8 000 ... 12 000

Máquinas para 8 horas de trabajo diario, no siempre totalmente utilizadas: transmisiones por engranajes para uso general, motores eléctricos de uso industrial, machacadoras rotativas

10 000 ... 25 000

Máquinas para 8 horas de trabajo diario totalmente utilizadas: máquinas herramientas, máquinas para trabajar la madera, máquinas para la industria de ingeniería, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipos para imprentas, separadores y centrífugas

20 000 ... 30 000

Máquinas para trabajo continuo, 24 horas al día: cajas de engranajes para laminadores, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil

40 000 ... 50 000

Máquinas para la industria de energía eólica, esto incluye el eje principal, la orientación, los engranajes, los rodamientos del generador

30 000 ... 100 000

Maquinaria para el abastecimiento de agua, hornos giratorios, máquinas cableadoras, maquinaria de propulsión para transatlánticos

60 000 ... 100 000

Maquinaria eléctrica de gran tamaño, centrales eléctricas, bombas y ventiladores para minas, rodamientos para la línea de ejes de transatlánticos

> 100 000

Duración o vida útil de un Rodamientos

La norma de la AFBMA indica que el criterio de falla es la primera evidencia de aparición de la fatiga.

La duración nominal L_{10} de un grupo de cojinetes idénticos se define como el número de revoluciones , u horas a una velocidad constante dada, que el 90% completará o excederá antes de desarrollar el criterio de falla

Cargas en los cojinetes

L $\left\{ \begin{array}{l} \text{vida millones de revoluciones} \\ \text{vida horas de trabajo a una velocidad constante } n(\text{rev/min}) \end{array} \right.$

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^a$$

$$a = \begin{cases} 3 & \text{para cojinetes de bola} \\ \frac{10}{3} & \text{para cojinetes de rodillos} \end{cases}$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} L_{10}$$

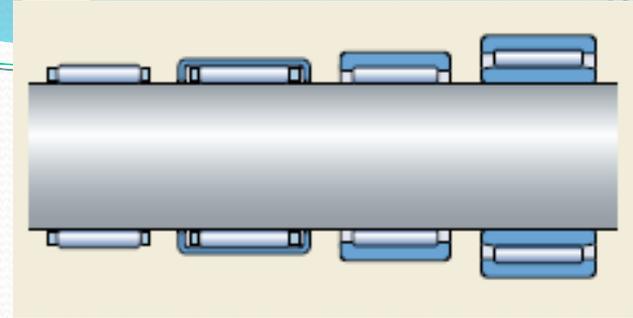
Cargas básicas

- La capacidad básica de carga **C (dinámica)** se define como la carga radial constante que puede soportar un cojinete, hasta una duración nominal de un millón de revoluciones del aro interior (con el aro exterior fijo) antes que aparezcan los primeros indicios de fatiga.

C₀ (estática): es aquella carga que producirá una deformación permanente máxima de 0,0001 del diámetro del elemento rodante en el punto de contacto sometido a mayor Esfuerzo.

Selección del tipo de Rodamiento

- Cargas (magnitud y sentido)
- Precisión
- Velocidad
- Funcionamiento Silencioso: Según uso. Los rodamientos rígidos de bolas
- Rigidez: se caracteriza por la magnitud de la deformación elástica (engranes)
- Desplazamiento axial (recomendados cargas combinadas)
- Los mecanismos de fijación (montaje y desmontaje)
- El tipo y la cantidad de lubricante

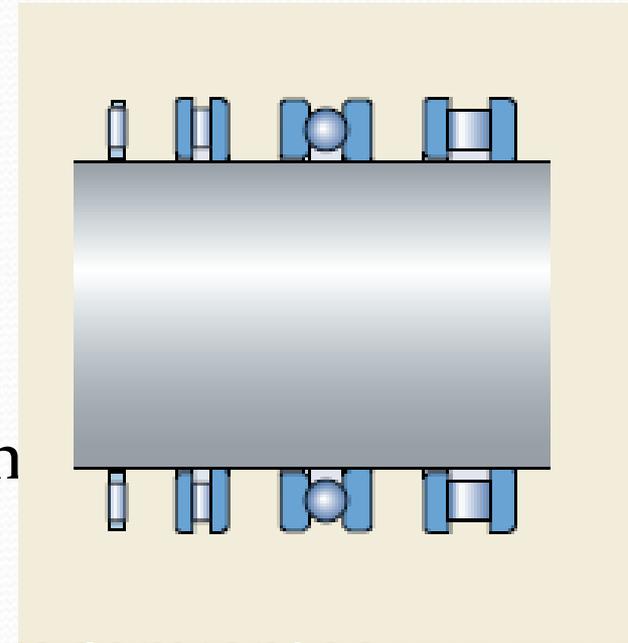


- Espacio disponible
- Desalineación:

Los rodamientos rígidos de bolas y los rodamientos de rodillos cilíndricos, no pueden soportar ninguna desalineación

Los rodamientos autoalineables,

de bolas a rótula, de rodillos a rótula, los rodamientos CARB y los rodamientos axiales de rodillos a rótula



LUBRICACION

- Proporcionar una película de lubricante entre superficie deslizante y de rodamiento
- Ayuda a disminuir y disipar calor
- Previene corrosión de las superficies del cojinete
- Proteger las partes de la entrada de materia extraña.

Use grasa cuando

1. La temperatura no sea mayor a 200°F.
2. La velocidad sea baja.
3. Se requiera una protección no habitual de la entrada de materia extraña.
4. Se deseen alojamientos simples de los cojinetes.
5. Se quiera lograr un funcionamiento durante periodos prolongados sin proporcionar atención.

Use aceite cuando

1. Las velocidades sean altas.
2. Las temperaturas sean altas.
3. Se empleen con facilidad sellos a prueba de aceite.
4. El tipo de cojinete no resulte adecuado para la lubricación con grasa.
5. El cojinete se lubrique mediante un sistema de suministro central que también sirva para otras partes de la máquina.



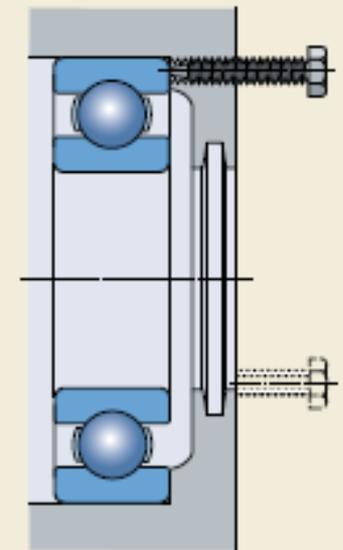
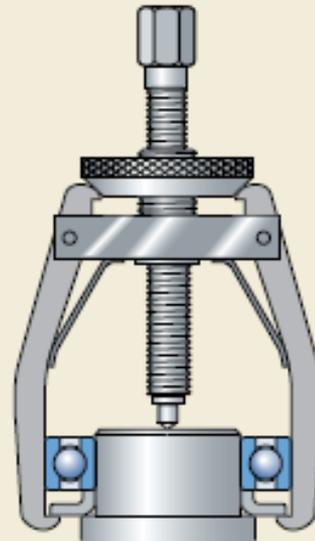
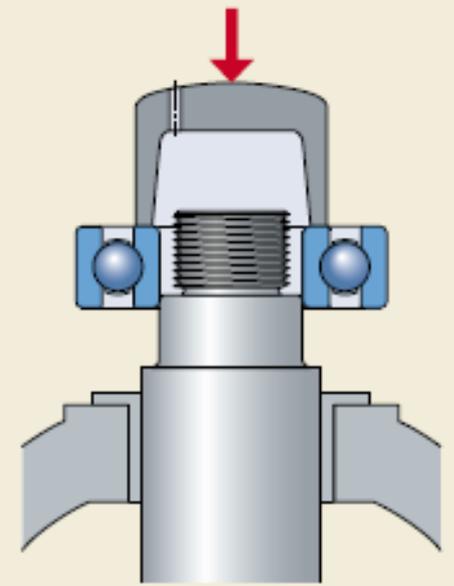
- **Velocidad**

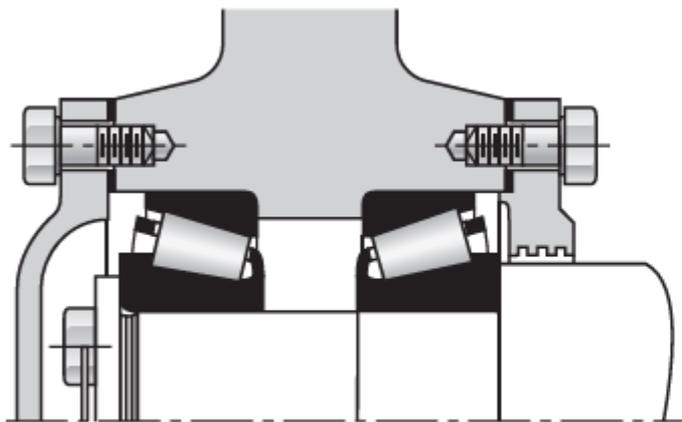
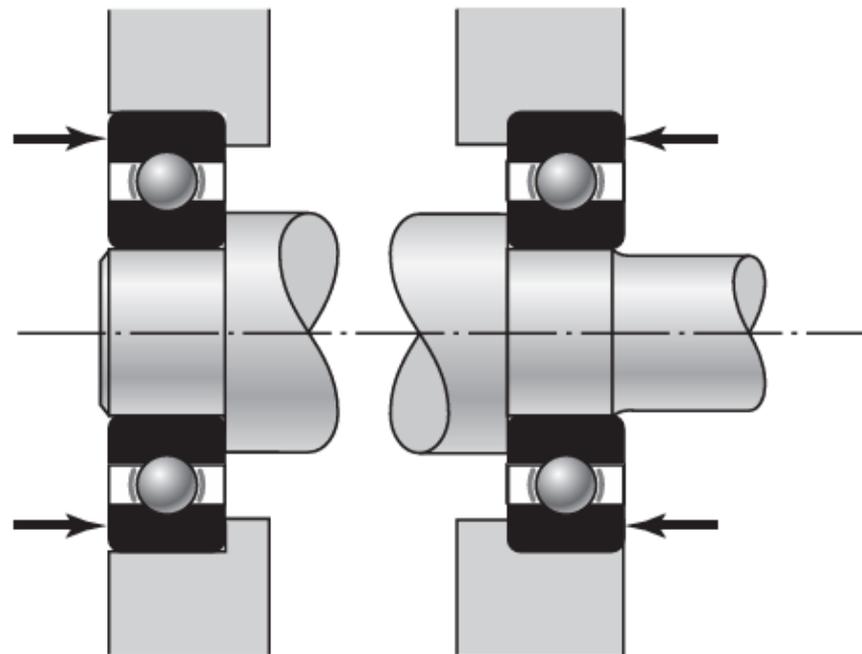
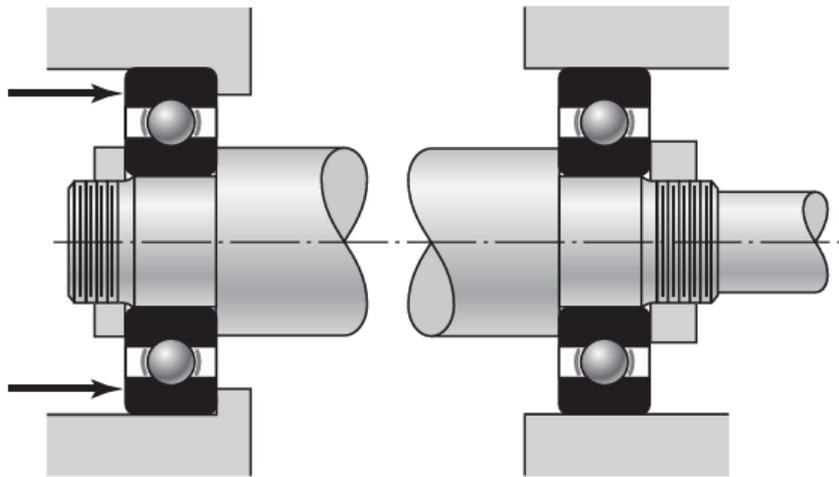
La temperatura de funcionamiento admisible limita la velocidad a la que los rodamientos pueden funcionar. Los rodamientos que ofrecen una baja fricción y por tanto, una baja generación de calor interna, son los más apropiados para el funcionamiento a alta velocidad.

- **Velocidades límite**
- La velocidad límite esta determinada por criterios entre los que se encuentran la estabilidad de la forma o la resistencia de la jaula, la lubricación de las superficies guía de la jaula, las fuerzas centrífugas y giratorias que actúan sobre los elementos rodantes, la precisión y otros factores que limitan la velocidad, como las obturaciones y el lubricante para los rodamientos obturados.
- **Velocidades de referencia**
- La velocidad de referencia (térmica) indicada en las tablas de productos representa el valor de referencia que se debe utilizar para determinar la velocidad de funcionamiento admisible del rodamiento sometido a una carga determinada y con un lubricante con una viscosidad concreta.

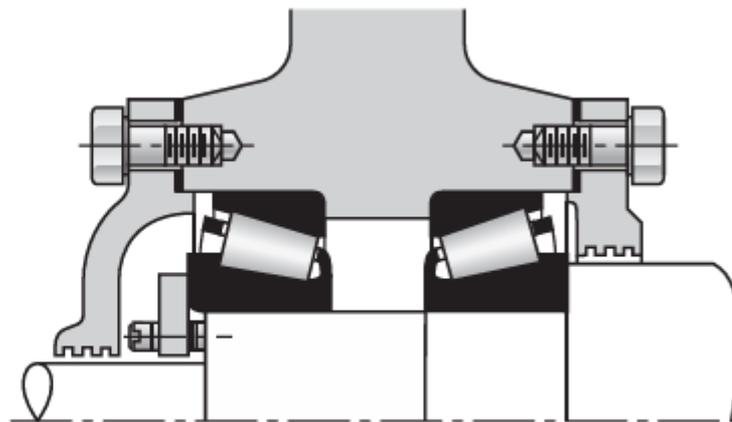
• Montaje

El método (mecánico, térmico o hidráulico) usado para montar un rodamiento depende del tipo y del tamaño del mismo. En cualquier caso, es importante que los aros, jaulas, elementos rodantes y obturaciones del rodamiento ***no reciban golpes directos***, y que la fuerza de montaje nunca se dirija directamente a través de los elementos rodantes.





a)

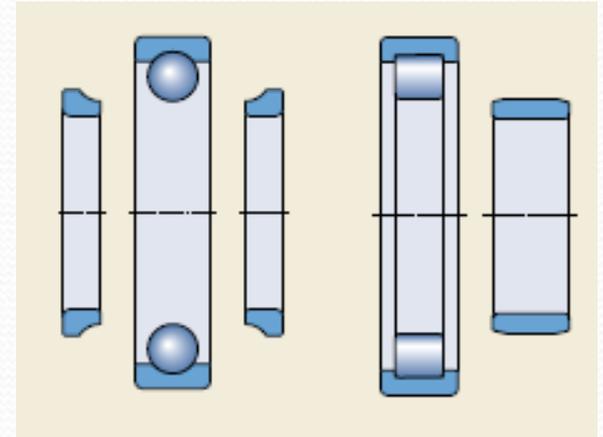


b)

- **Montaje y desmontaje**

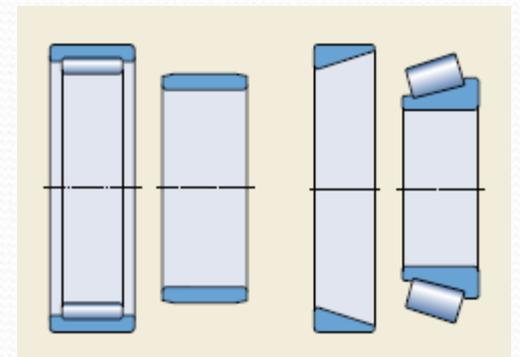
Agujero cilíndrico para desarmes frecuentes

Agujero cónico



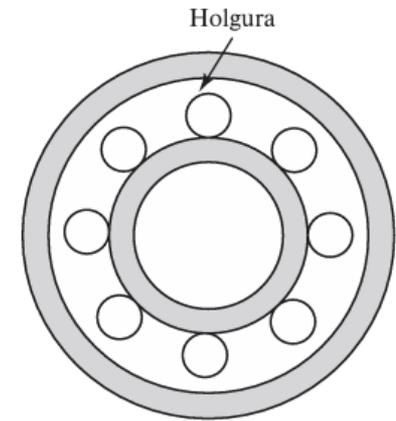
- **Obturaciones integradas**

Todos los rodamientos con obturaciones integradas a ambos lados están lubricados con una grasa de alta calidad, y en la cantidad adecuada.



Precarga

El objeto de la precarga consiste en **eliminar la holgura interna** que suele presentarse en los cojinetes con el **objeto de incrementar la vida a la fatiga** y para disminuir la pendiente del eje en el cojinete.



La precarga de cojinetes de rodillos cilíndricos se calcula mediante:

- 1 Montaje del cojinete en un eje ahusado para expandir el anillo interior
2. Usando un ajuste de interferencia para el anillo exterior
3. Comprando un cojinete con el anillo exterior precontraído sobre los rodillos

Selección de cojinetes

Se define la carga radial equivalente:

$$P = VXF_r + YF_a$$

V: coef. de rotación

X: Factor

Y: Factor

F_r: Carga radial

F_a: Carga axial



PROBLEMA N°1

Que duración nominal en horas de funcionamiento puede alcanzar un rodamiento rígido de bolas 6407, siendo la carga radial constante $F_r=12\text{kN}$ y la velocidad 1450 rpm.

Ver pag 292

Carga dinámica equivalente

$$P = F_T \quad \text{cuando } F_a/F_T \leq e$$

$$P = X F_T + Y F_a \quad \text{cuando } F_a/F_T > e$$

Ver pag 302

Cargas en los cojinetes

L $\left\{ \begin{array}{l} \text{vida millones de revoluciones} \\ \text{vida horas de trabajo a una velocidad constante } n(\text{rev/min}) \end{array} \right.$

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^a \quad a = \begin{cases} 3 & \text{para cojinetes de bola} \\ \frac{10}{3} & \text{para cojinetes de rodillos} \end{cases}$$

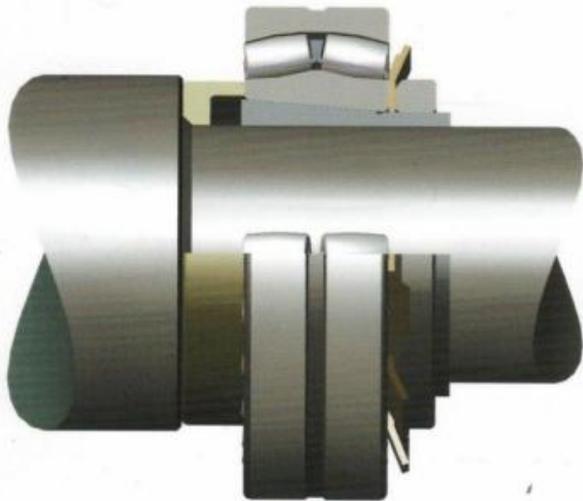
$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} L_{10}$$

Factores de cálculo para los rodamientos rígidos de una hilera de bolas

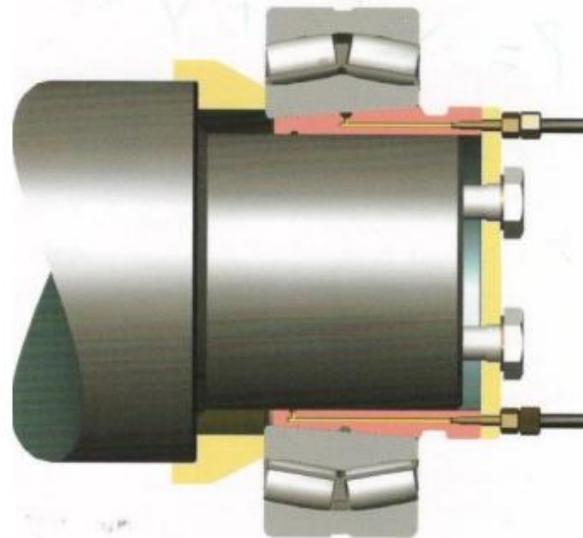
$f_0 F_a/C_0$	Juego Normal			Juego C3			Juego C4		
	e	X	Y	e	X	Y	e	X	Y
0,172	0,19	0,56	2,30	0,29	0,46	1,88	0,38	0,44	1,47
0,345	0,22	0,56	1,99	0,32	0,46	1,71	0,40	0,44	1,40
0,689	0,26	0,56	1,71	0,36	0,46	1,52	0,43	0,44	1,30
1,03	0,28	0,56	1,55	0,38	0,46	1,41	0,46	0,44	1,23
1,38	0,30	0,56	1,45	0,40	0,46	1,34	0,47	0,44	1,19
2,07	0,34	0,56	1,31	0,44	0,46	1,23	0,50	0,44	1,12
3,45	0,38	0,56	1,15	0,49	0,46	1,10	0,55	0,44	1,02
5,17	0,42	0,56	1,04	0,54	0,46	1,01	0,56	0,44	1,00
6,89	0,44	0,56	1,00	0,54	0,46	1,00	0,56	0,44	1,00

Los valores intermedios se obtienen mediante la interpolación lineal

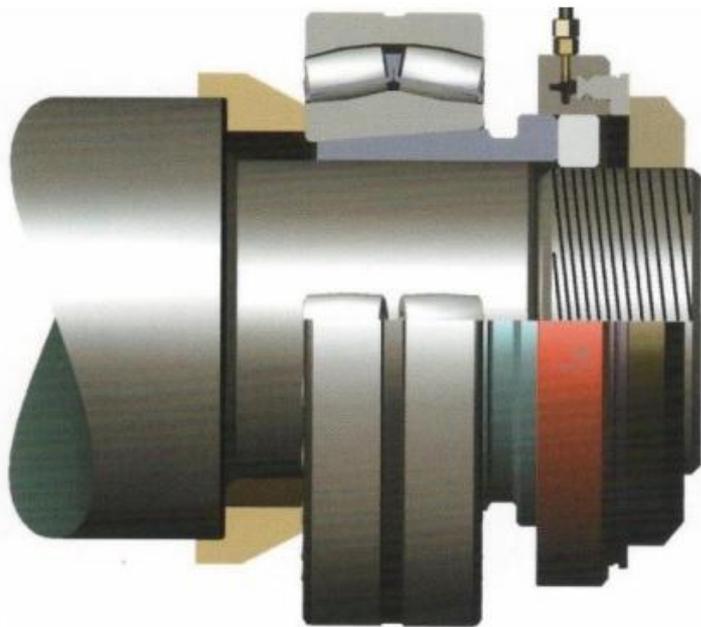
- b) Sobre el rodamiento anterior se ejerce además una carga axial $F_a=3,5\text{kN}$; ¿Qué duración puede alcanzar?
- c) Si la carga se incrementa a $F_a = 7\text{kN}$, ¿Que duración alcanzara?



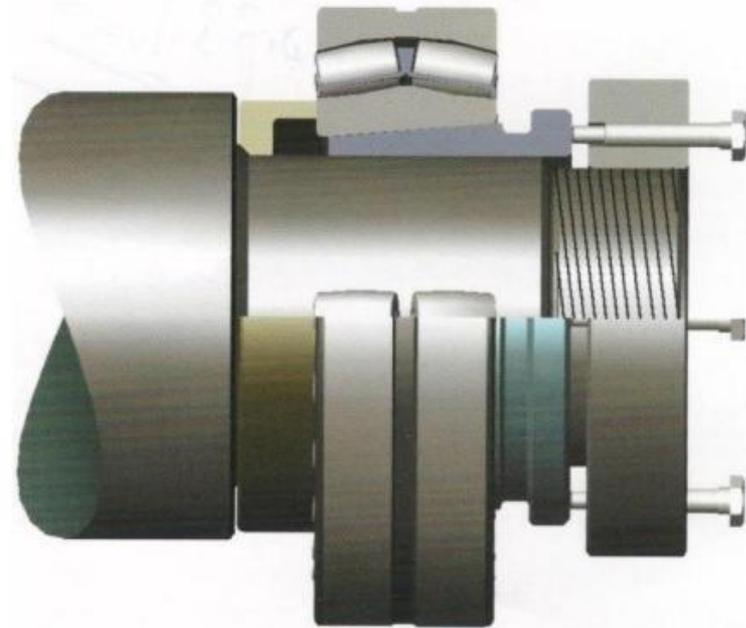
Instalación con manguito de montaje



Instalación con manguito hidráulico



Instalación con tuerca hidráulica



Instalación con manguito de desmontaje

PROBLEMA N°2

Carga radial 3kN

Carga axial 5kN

Vida en horas mínima 16000hs

Rotación $n=3000$ rpm

Diámetro mínimo $d_{\min}=60$ mm

Diámetro máximo $D=130$ mm

Temperatura de trabajo máxima 90°C

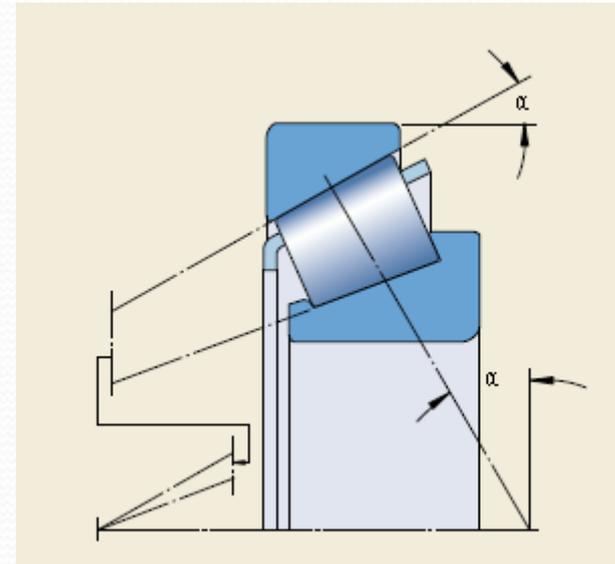
Desalineación del eje máxima de 5minutos de arco

Rodamientos Cónicos

- Desalineación 2 a 4°

Carga dinámica equivalente

$$P = F_T \quad \text{cuando } F_a/F_T \leq e$$
$$P = 0,4 F_T + Y F_a \quad \text{cuando } F_a/F_T > e$$



- Ver pagina 616 SKF