

# SKF

## Manual SKF de mantenimiento de rodamientos



Esta versión del "Manual SKF de mantenimiento de rodamientos" extraída del original y convertida en documento .pdf por Txino III respetando en su totalidad el contenido del mismo (a excepción del copyright ya que prohíbe la reproducción total o parcial de la obra sin autorización del autor.... y bla, bla, bla...) y que por falta de medios tampoco está impreso en papel reciclado (pero era mi intención) está dedicada a la memoria del PINCHO quien ha sido como un hermano para mí.

El creador: Txino III

# Prólogo



El manual SKF de mantenimiento de rodamientos es una guía para el funcionamiento sin problemas de los rodamientos. Incluye montaje, desmontaje, prevención de daños, lubricación, mantenimiento, y otros factores que constituyen el propio cuidado y manejo de los rodamientos. Si se siguen las recomendaciones de este manual, los ingenieros de servicio y mantenimiento pueden conseguir el máximo provecho de los rodamientos, reducir los costes de paradas, disminuir los requerimientos del trabajo y ayudar a obtener un funcionamiento correcto en los equipos en los que hay rodamientos instalados.

La actividad del Grupo son los rodamientos, retenes, acero especial y una extensa gama de otros componentes industriales de alta tecnología. La experiencia obtenida en estos diversos campos ha proporcionado a SKF la información y conocimientos técnicos esenciales tan necesarios para ofrecer a los clientes productos de la ingeniería más avanzada y un servicio eficiente.

## El Grupo SKF

SKF es un Grupo internacional industrial que desarrolla sus actividades en 130 países y es el líder mundial en rodamientos.

La compañía fue fundada en 1907, tras la invención del rodamiento de bolas a rótula por Sven Wingquist y, después de sólo unos años, SKF comenzó a extenderse por todo el mundo.

En la actualidad, SKF tiene unos 44 000 empleados y más de 70 plantas de fabricación repartidas por todo el mundo. La red internacional de ventas incluye un gran número de compañías de ventas y más de 20 000 distribuidores y minoristas. La disponibilidad en todo el mundo de productos SKF está respaldada por un extenso servicio de asesoramiento técnico.

La clave del éxito ha sido un énfasis constante en mantener la calidad más alta de sus productos y servicios. La continua inversión en investigación y desarrollo también ha jugado un papel vital, cuyo resultado son muchos ejemplos de innovaciones que han marcado época.



# Introducción

El Manual SKF de mantenimiento de rodamientos es una guía general de trabajo para el profesional de mantenimiento. El manual abarca los principios básicos de los diferentes tipos de rodamientos y aplicaciones incluyendo capítulos sobre el montaje, desmontaje, mantenimiento y lubricación de rodamientos, además de la localización y reparación de averías. Cada uno de estos capítulos describe la técnica y las herramientas adecuadas a usar para cada tipo de rodamiento. El manual también incluye extensas tablas con las tolerancias de los rodamientos, además de información sobre holguras y ajustes, tan necesaria para el trabajo de mantenimiento.

En caso de tener cualquier duda en cuanto a las recomendaciones o a los productos a los cuales se hace referencia en este manual, su distribuidor SKF local le podrá proporcionar útiles consejos e información adicional sobre los productos.

Al objeto de ofrecer un apoyo más global, SKF dispone de Centros de Mantenimiento en todo el mundo que ofrecen servicios, tales como seminarios de preparación para personal de mantenimiento, en los cuales se incide sobre el correcto manejo, montaje y mantenimiento de los rodamientos. A través de un entrenamiento de activa participación y conferencias, estos seminarios enseñan métodos prácticos para ahorrar tiempo y dinero, reduciendo los fallos prematuros de los rodamientos y prolongando la duración en servicio de los mismos.

Este manual no pretende ser un catálogo de diseño de aplicaciones. Para especificaciones sobre los rodamientos estándar orientadas hacia el diseño, le rogamos consulte el Catálogo General SKF. Para aplicaciones de ingeniería pesada o rodamientos de precisión, le rogamos consulte a SKF para la literatura específica disponible.

## Tabla de conversiones

De acuerdo con la Norma ISO 1000, en este manual se usan unidades SI (Sistema Internacional).

A continuación, se ofrecen los factores de conversión correspondientes.

Longitud	1 mm = 0,039 pulgadas 1 pulgada = 25,4 mm
Peso	1 kg = 2,205 lbs 1 lb = 0,454 kg
Fuerza	1 N = 0,225 lbf 1 lbf = 4,45 N
Momento	1 Nmm = 0,009 pulg.lbf 1 pulg.lbf = 113 Nmm 1 Nm = 8,85 pulg.lbf 1 pulg.lbf = 0,113 Nm
Potencia	1 W = 0,00136 CV 1 CV = 736 W
Presión	1 MPa = 1 N/mm <sup>2</sup> = 145 psi 1 psi = 0,007 N/mm <sup>2</sup> = 0,007 MPa
Viscosidad cinemática	1 mm <sup>2</sup> /s = 1 cSt
Temperatura	Celsius $t_C = 0,555 (t_F - 32)$ Fahrenheit $t_F = 1,8 t_C + 32$

# Contenido

El concepto total de servicio para rodamientos SKF .....	7
Un compromiso para el futuro .....	8
La gama SKF .....	10
Empleo de los rodamientos.....	16
Designaciones de los rodamientos .....	36
Control de mantenimiento informatizado para una mayor productividad .....	42
¿Qué buscar durante el funcionamiento del rodamiento? .....	44
Localización y reparación de averías .....	54
Inspección cuando la máquina está parada .....	82
Rodamientos y obturaciones de recambio .....	84
Manipulación y cuidado de los rodamientos.....	90
Equipos de mantenimiento, montaje y desmontaje .....	92
Alineación de ejes.....	94
Método de inyección de aceite de SKF .....	96
Desmontaje de rodamientos .....	100
¿Puede utilizarse nuevamente el rodamiento? .....	117
Montaje de rodamientos .....	128
Soportes para rodamientos SKF .....	168
Montaje de rodamientos de gran tamaño .....	198
Lubricación .....	204
Limpieza .....	208
Lubricación con grasa.....	210
Grasas de lubricación SKF para rodamientos .....	232
Lubricación con aceite .....	234
Almacenaje y manipulación de los rodamientos.....	248
Tablas	
Tablas de tolerancias .....	250
Material para jaulas.....	280
Dimensiones de asientos y resaltes .....	282
Tablas de ajustes recomendados.....	284
Tablas de juego interno .....	317

# Funcionamiento sin problemas



# El concepto total de servicio para rodamientos SKF

El fallo de un rodamiento puede dar lugar a una interrupción no prevista en el funcionamiento de un equipo. Cada hora que el equipo esté parado como consecuencia del fallo prematuro de un rodamiento puede resultar en costosas pérdidas de producción, especialmente en las industrias que emplean más capital que factor trabajo.

## Calidad de los rodamientos

El objetivo de SKF es proporcionar a cada usuario un rodamiento de larga duración y funcionamiento sin problemas. Nuestra sustancial inversión en investigación y desarrollo ha resultado en la producción de rodamientos de la más alta calidad.

No obstante, la calidad del rodamiento por sí sola no puede asegurar un funcionamiento sin problemas. Existen otros factores que afectan la duración de cada rodamiento, incluyendo:

### Entorno de funcionamiento

La maquinaria se debe mantener en óptimas condiciones de funcionamiento. Los rodamientos deben estar correctamente alineados y protegidos de temperaturas extremas, humedad y contaminantes.

### Correcta instalación

Para asegurar que los rodamientos no sufran daños, es necesario conocer las técnicas y las herramientas de instalación adecuadas.

### Correcto mantenimiento

El correcto seguimiento de los intervalos de lubricación y mantenimiento, y la supervisión de las condiciones de funcionamiento del rodamiento son también importantes para conseguir su máxima duración.

### Funcionamiento sin problemas

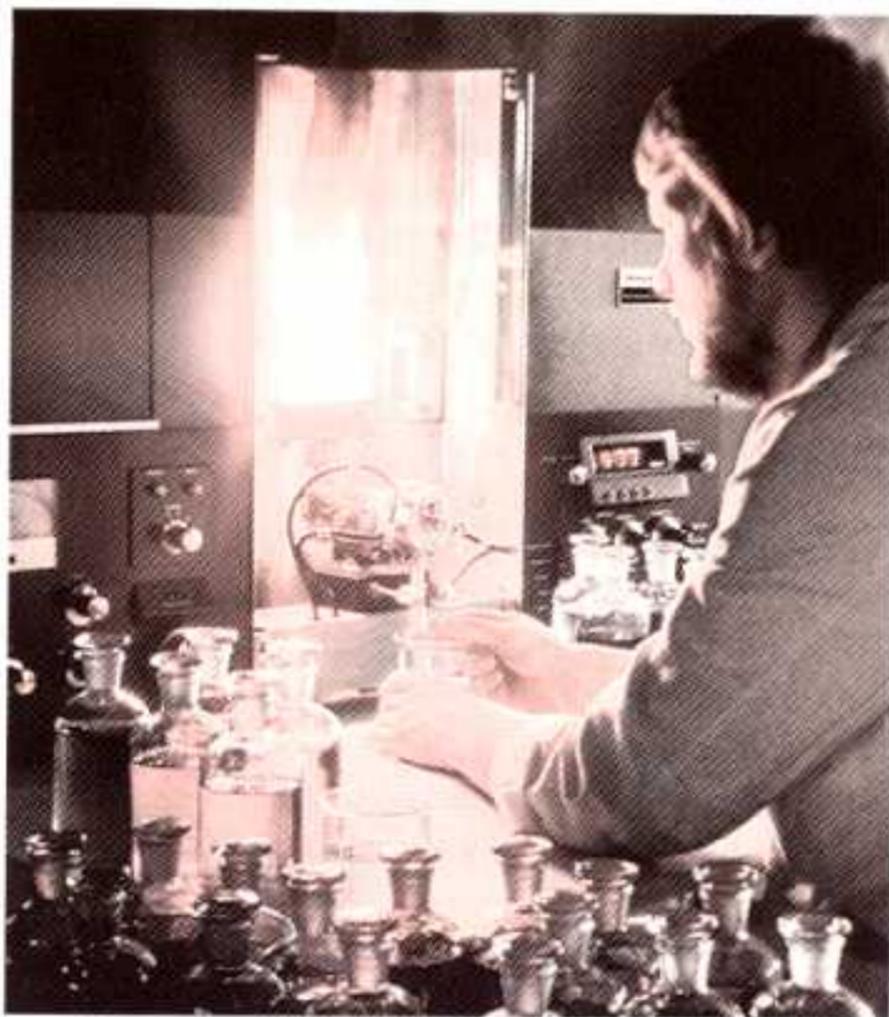
SKF se compromete a ofrecer un servicio adecuado de mantenimiento de rodamientos. El concepto "Funcionamiento Sin Problemas" de SKF minimiza el riesgo de tener que parar las máquinas por el fallo de los rodamientos y asegura que sus rodamientos SKF alcancen todo su potencial. SKF suministra una gama completa de productos y servicios que facilitan las operaciones de instalación y mantenimiento.

El concepto "Funcionamiento Sin Problemas" de SKF satisface las exigencias de los clientes en cuanto a una larga duración de los rodamientos y un funcionamiento económico.

# Un compromiso para el futuro

El Centro de Investigación y Desarrollo de SKF fue inaugurado en 1972, y hoy en día sigue siendo la mejor instalación de su clase en el mundo. Este Centro fue establecido para mantener y hacer progresar la posición de SKF como líder en la innovación, la fabricación y el suministro de rodamientos. La inversión de SKF en este Centro representa un compromiso de futuro crecimiento y desarrollo en un mundo de acelerados cambios tecnológicos.

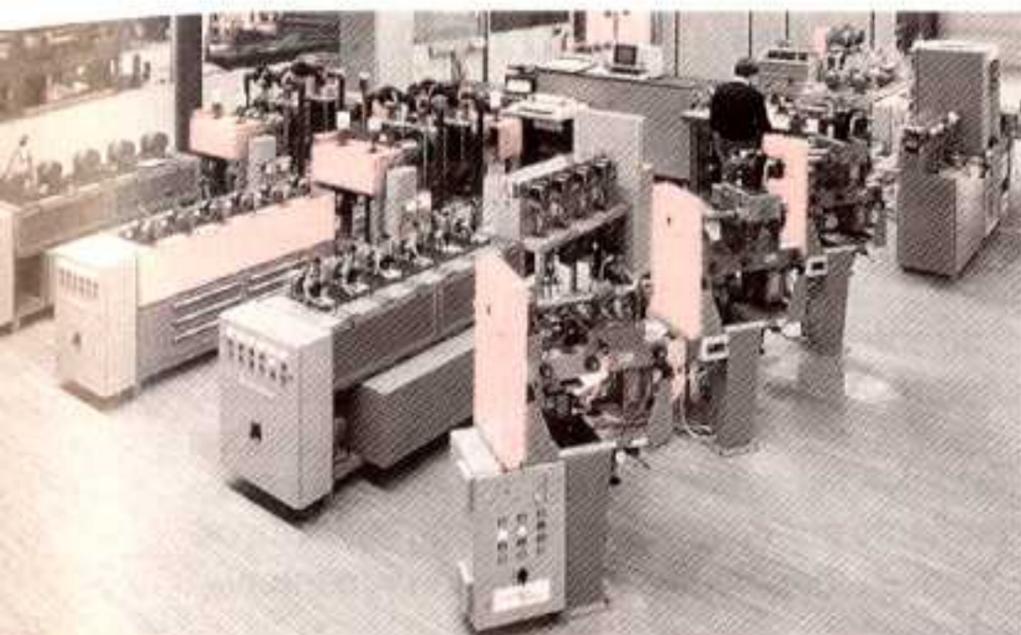
Los conocimientos adquiridos en el Centro benefician a las instalaciones SKF distribuidas por todo el mundo ayudando a resolver problemas técnicos y a diseñar las disposiciones de rodamientos mejores posibles.



*Los científicos de SKF estudian la química de los lubricantes, los agentes protectores, las técnicas y los refrigerantes de rectificado. Los resultados de este trabajo se utilizan en las fábricas de SKF en el mundo entero. Aquí, se emplea una técnica de absorción atómica para el análisis del acero y los lubricantes.*



*El Centro de Investigación y Desarrollo de SKF está emplazado en un complejo de 17 000 m<sup>2</sup> que se compone de tres áreas de investigación independientes conectadas por pasillos con paredes de cristal.*



*Estos aparatos de prueba controlados por ordenador evalúan la eficacia de las obturaciones en todos los rodamientos SKF de producción estándar, los soportes de pie, las unidades de rodamientos para cubos de ruedas de coches, y las unidades y los rodamientos para cubos de ruedas de trenes. Las obturaciones ayudan a retener la grasa y el aceite, además de impedir la entrada de polvo y agua, proporcionar estabilidad mecánica, reducir el desgaste y mejorar otros parámetros importantes. Esta investigación contribuye a desarrollar rodamientos que logran un bajo rozamiento con una buena capacidad de obturación.*

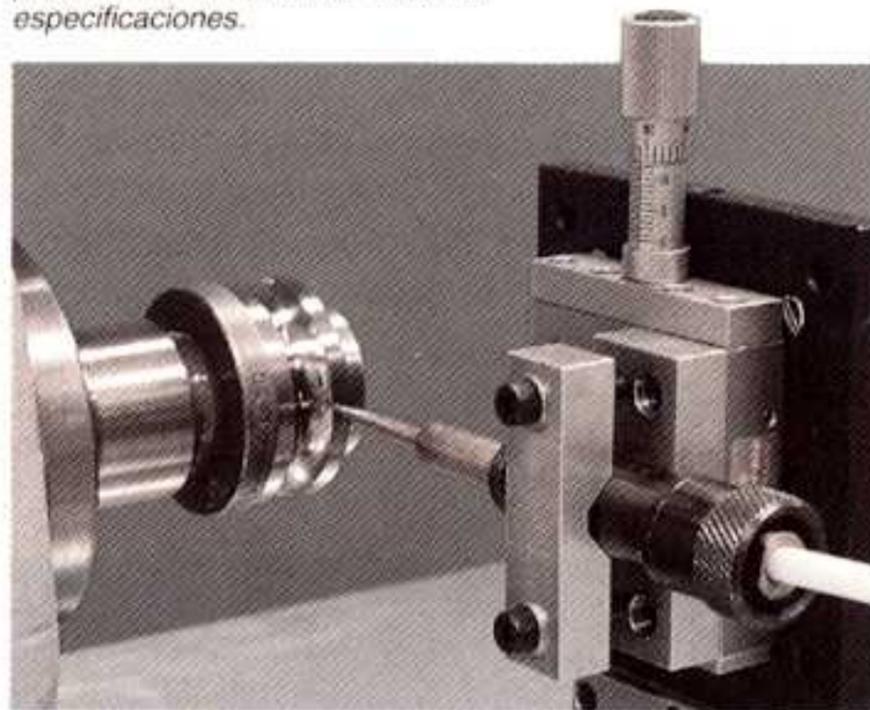
## Investigación aplicada

La investigación aplicada juega un importante papel en el desarrollo de los productos. SKF ha desarrollado equipos especiales para simulaciones industriales y para ensayos de resistencia, de grasas y de obturaciones. Los materiales, los componentes y los productos completos son sometidos a una rigurosa evaluación antes de que sean aprobados para la fase de producción.

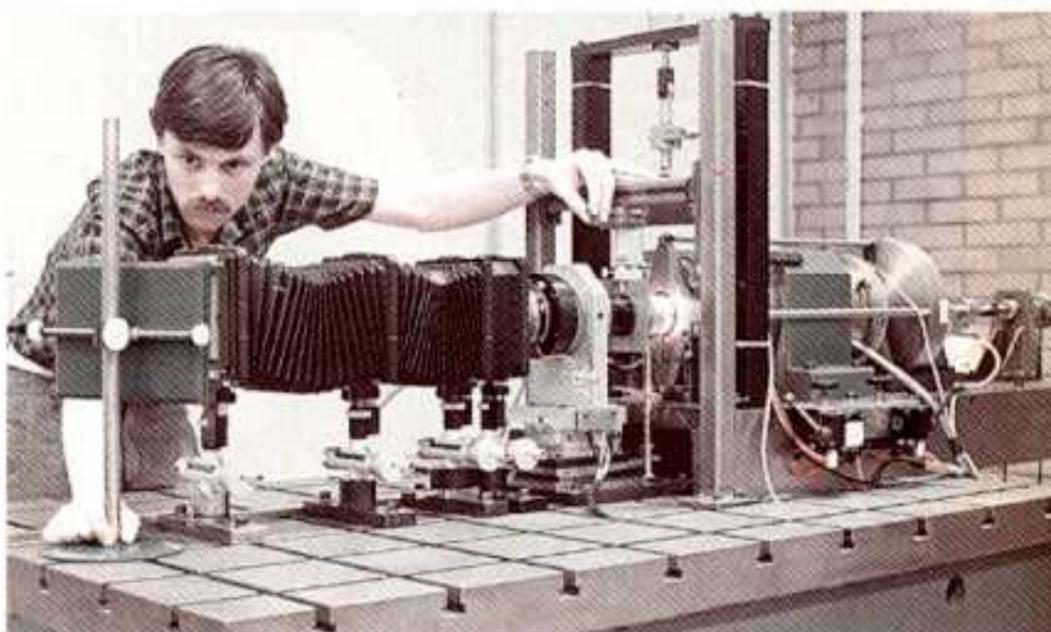
Los ensayos están diseñados para estudiar los efectos del deslizamiento de los elementos rodantes, la rotación, la aceleración y el frenado en un rodamiento. Otros ensayos investigan cómo las cargas de choque y las vibraciones provocan deformaciones en las áreas de contacto y crean complejas señales de esfuerzos.

SKF ha acumulado un amplio caudal de conocimientos en relación con el comportamiento fundamental de los rodamientos. Hoy día, se sigue trabajando en la identificación y la eliminación de todos los obstáculos que impiden la creación del no va más en rodamientos.

*El uso de dispositivos de inspección ultrasónica permite detectar defectos superficiales y subsuperficiales dentro de los materiales eliminando la posibilidad de fabricar productos de baja calidad durante el proceso de producción. Los ensayos de corrientes de Foucault evalúan la dureza superficial y detectan grietas en línea al objeto de asegurar un producto conforme al 100 % con las especificaciones.*



*Al objeto de perfeccionar los diseños de las jaulas SKF, los ingenieros realizan investigaciones utilizando un equipo de imagen especialmente modificado que es un dispositivo provisto de prismas de espejos rotatorios. El equipo aplica diferentes cargas y velocidades de giro al rodamiento y permite ver los rodamientos de manera que "congela" el movimiento giratorio de la jaula.*

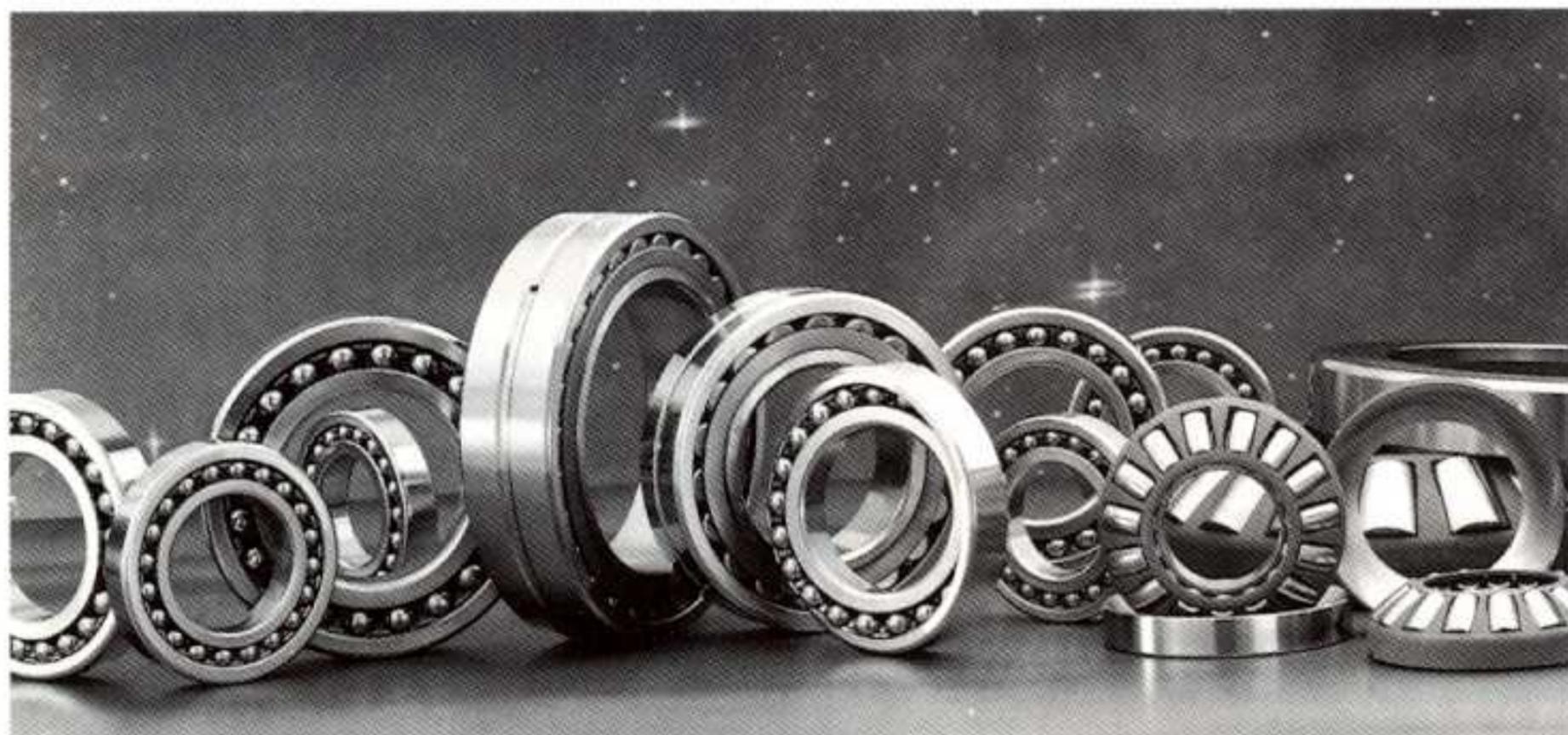


# La gama SKF

Las siguientes páginas resumen la gama de rodamientos SKF – la más amplia gama de rodamientos disponible en el mercado. Cada tipo de rodamiento está diseñado para cumplir los requisitos de aplicaciones específicas. La incorrecta sustitución de un tipo de rodamiento por otro puede resultar en una menor duración del rodamiento y hasta incluso, puede afectar el correcto funcionamiento de la maquinaria en la cual está instalado. Por consiguiente, es muy importante el establecer la causa del daño para poder seleccionar correctamente el rodamiento de recambio.

También cabe destacar que cada tipo de rodamiento puede precisar métodos específicos de montaje, desmontaje, lubricación y mantenimiento.

Le sugerimos consulte el catálogo SKF vigente para obtener una completa información sobre nuestros rodamientos estándar. También hay disponible una serie de catálogos y folletos que tratan sobre rodamientos especiales y productos relacionados con los rodamientos, como las coronas de orientación, los rodamientos para automoción, los rodamientos de precisión, las herramientas para montaje y mantenimiento, y muchos otros productos SKF.



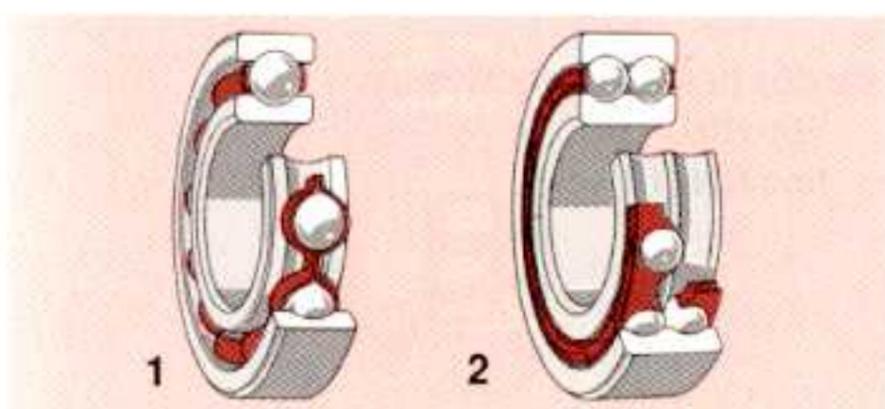
# Tipos de rodamientos

Los diferentes tipos de rodamientos incluyen rodamientos radiales y axiales para cargas radiales y axiales respectivamente, además de algunos tipos que están diseñados para cargas combinadas. En general, los rodamientos de bolas se recomiendan para cargas de pequeñas a moderadas, mientras que los rodamientos de rodillos se recomiendan para grandes cargas.

Las cargas radiales son aquellas que se aplican en ángulo recto (perpendiculares) con respecto al eje, mientras que las axiales actúan paralelamente al eje. Las cargas combinadas consisten en cargas de ambos tipos actuando simultáneamente.

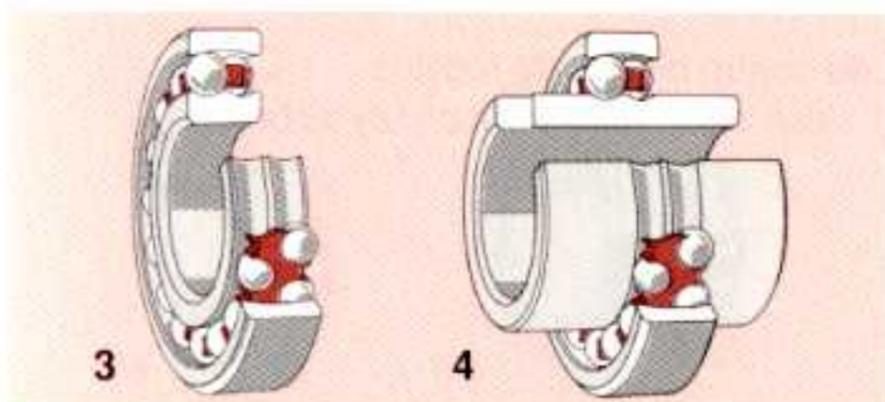
La selección del tipo y del tamaño adecuado de rodamiento es de vital importancia.

## Rodamientos radiales



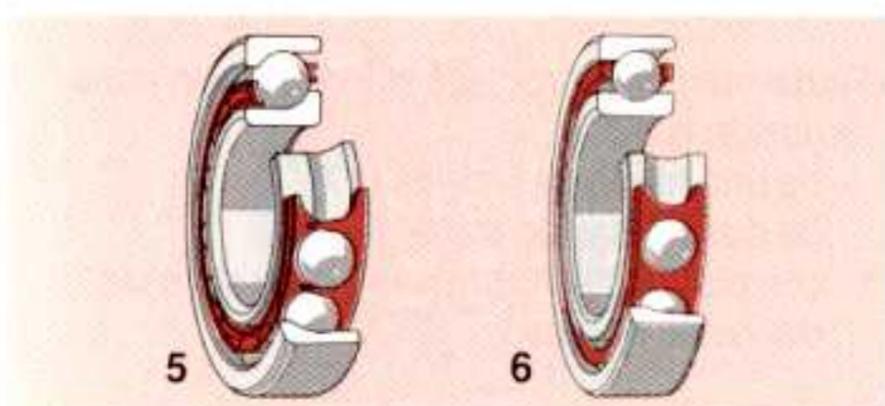
### Rodamientos rígidos de bolas

- de una hilera de bolas (1)
- con placa(s) de protección o de obturación
- con ranura para anillo elástico en aro exterior (y el correspondiente anillo)
- de dos hileras de bolas (2)



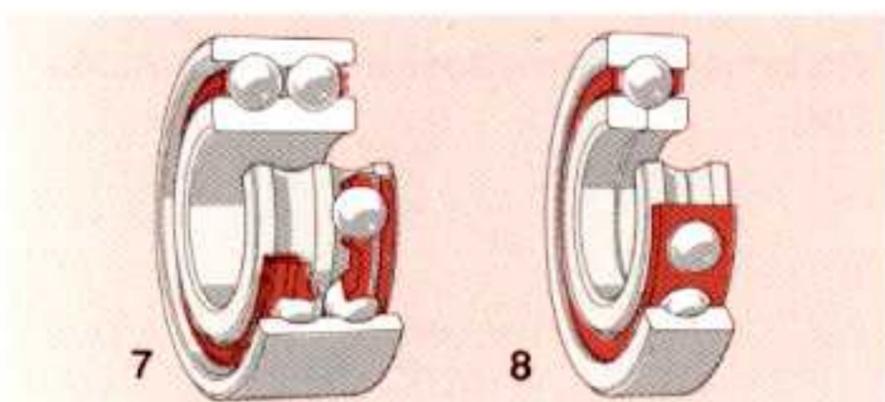
### Rodamientos de bolas a rótula

- con agujero cilíndrico o cónico (3)
- con placas de obturación
- con aro interior prolongado (4)



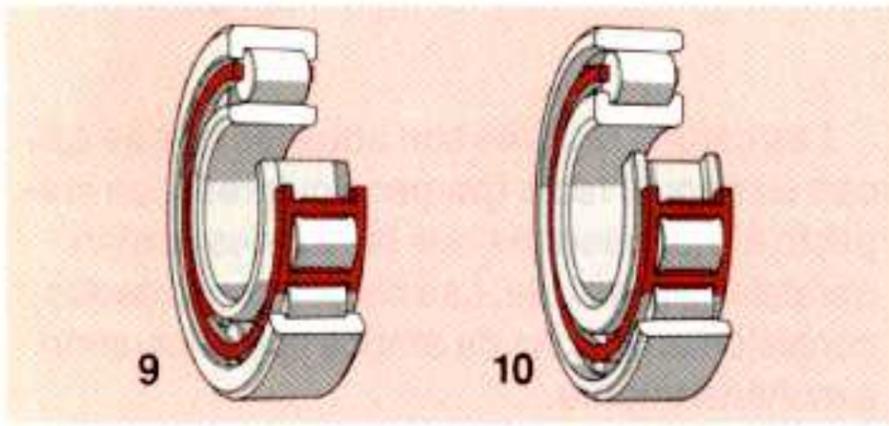
### Rodamientos de bolas con contacto angular

- de una hilera de bolas (5)
- para montaje apareado
- rodamientos de precisión (6)

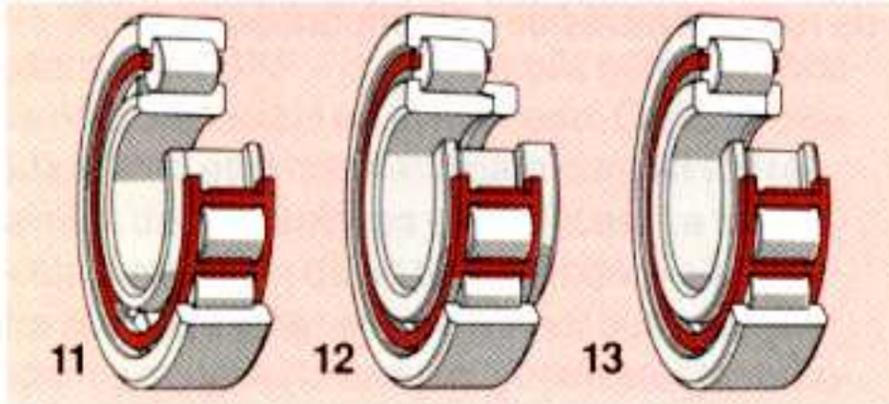


- de dos hileras de bolas (7)
- con placas de protección o de obturación
- Rodamientos de bolas con cuatro puntos de contacto (8)

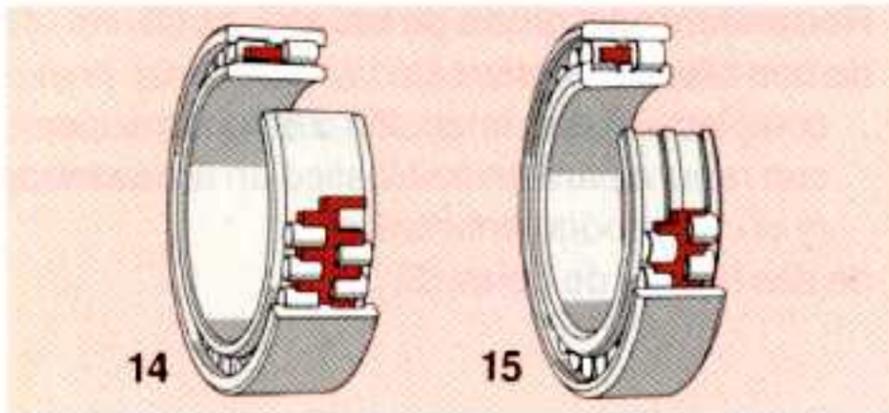
## Rodamientos radiales



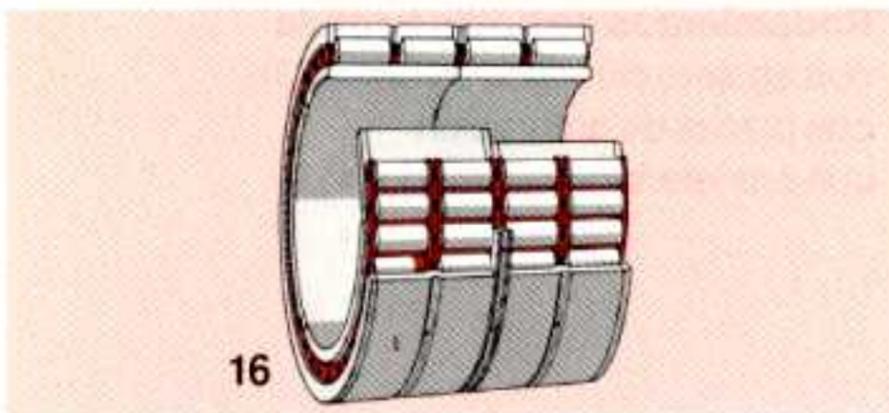
**Rodamientos de rodillos cilíndricos**  
de una hilera de rodillos  
tipo NU (9)  
tipo N (10)



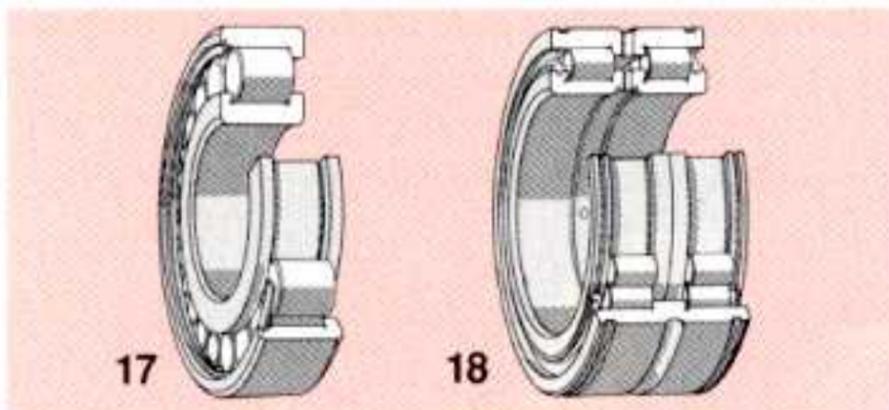
tipo NJ (11)  
tipo NJ con aro angular HJ (12)  
tipo NUP (13)



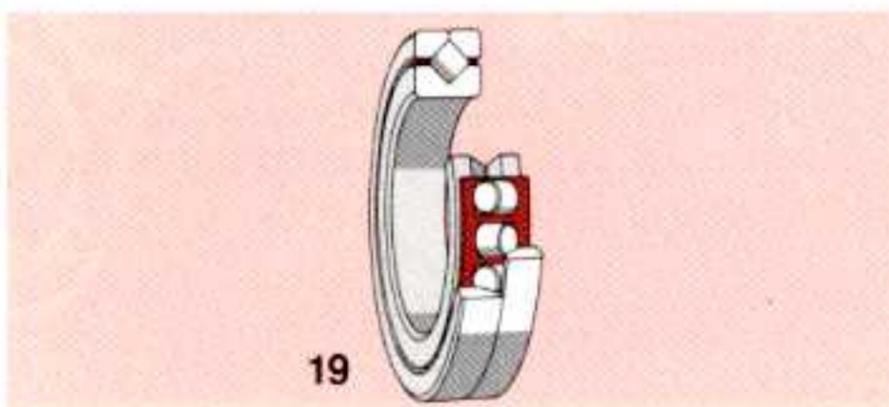
de dos hileras de rodillos  
tipo NNU (14)  
tipo NN (15)



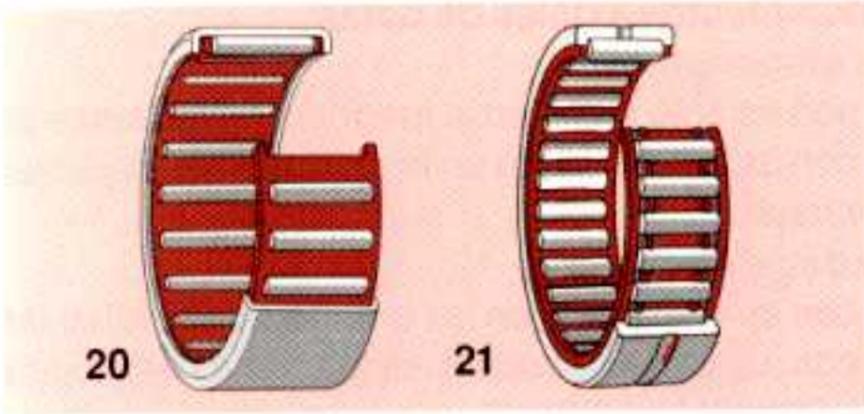
de cuatro hileras de rodillos  
con agujero cilíndrico (16) o cónico



**Rodamientos de rodillos cilíndricos sin jaula,**  
llenos de rodillos  
de una hilera de rodillos (17)  
de dos hileras de rodillos  
con placas de obturación (18) o sin ellas  
de varias hileras



**Rodamientos de rodillos cilíndricos cruzados**  
(19)



### Rodamientos de agujas

Casquillos de agujas

sin fondo (20) y con fondo

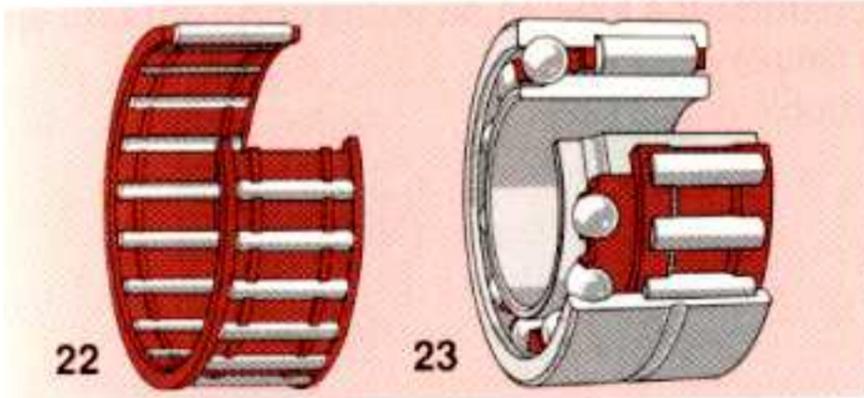
Rodamientos de agujas con pestañas

con o sin aro interior (21)

con placa(s) de obturación

Rodamientos de agujas sin pestañas

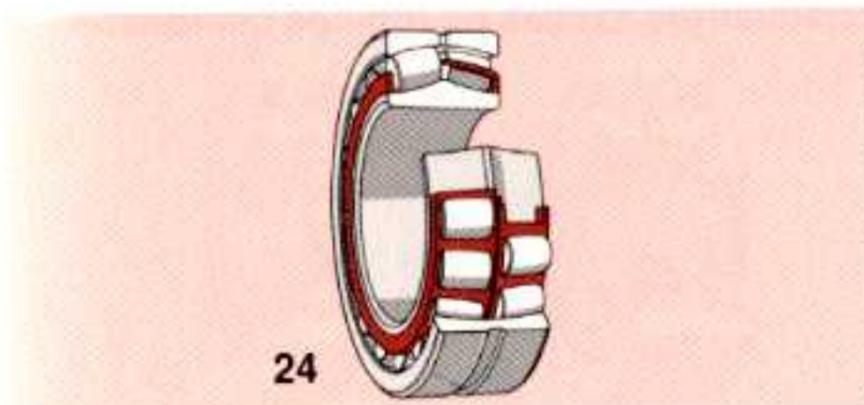
con o sin aro interior



Coronas de agujas (22)

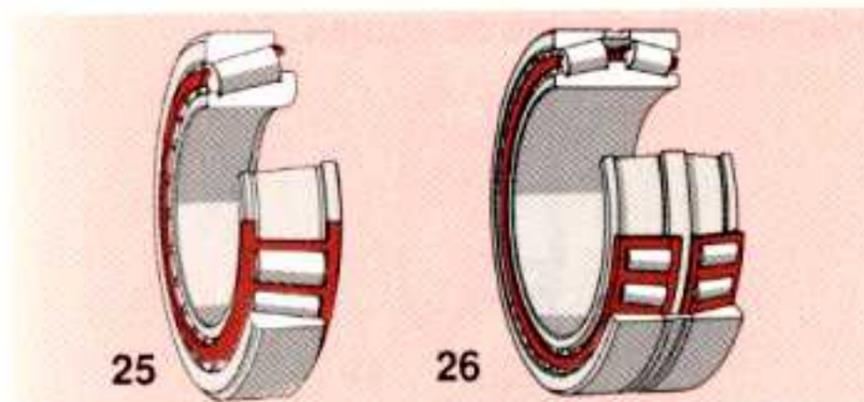
Rodamientos combinados de agujas (23)

Rodamientos de agujas a rótula



### Rodamientos de rodillos a rótula

con agujero cilíndrico (24) o cónico

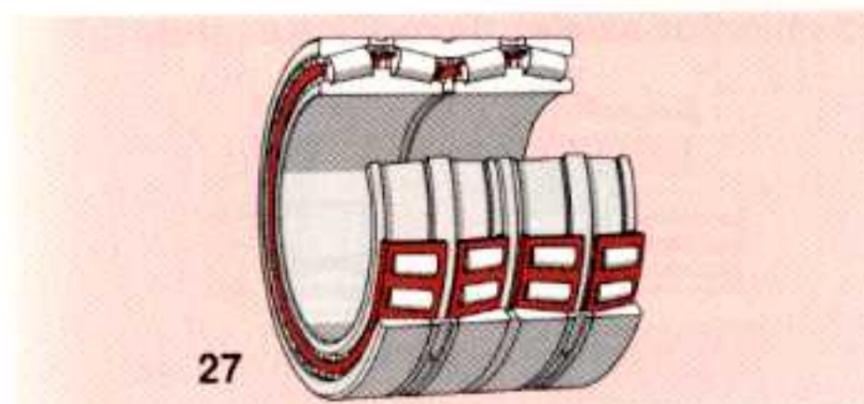


### Rodamientos de rodillos cónicos

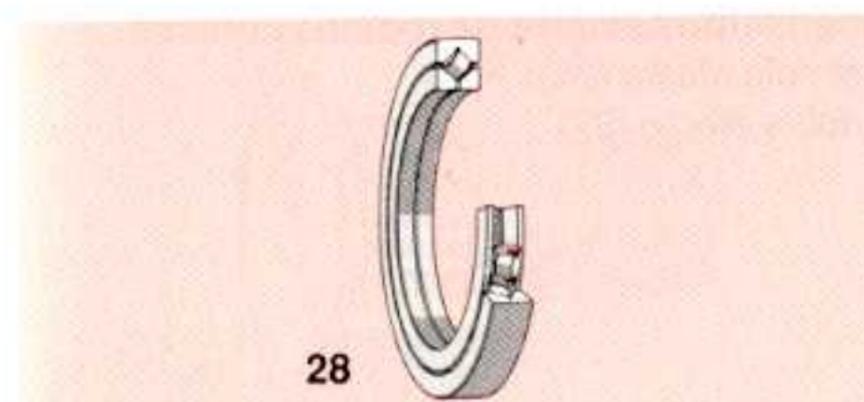
de una hilera de rodillos (25)

apareados

de dos hileras de rodillos (26)

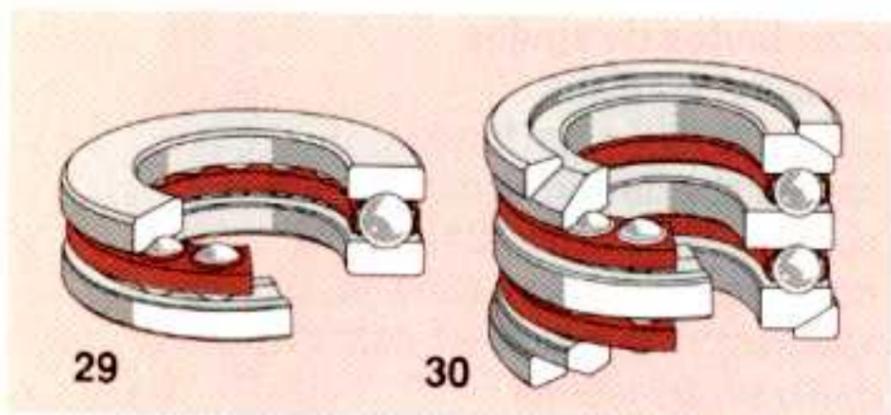


de cuatro hileras de rodillos (27)



Rodamientos de rodillos cónicos cruzados (28)

## Rodamientos axiales



### Rodamientos axiales de bolas

de simple efecto

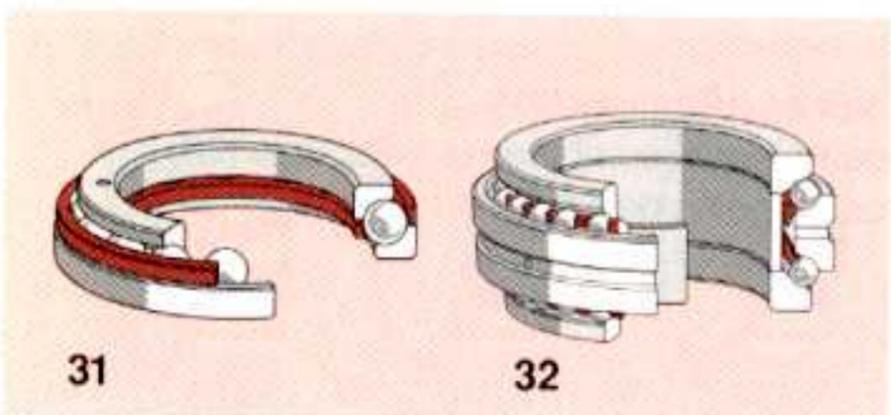
con asiento plano en la arandela de alojamiento (29)

con asiento esférico en la arandela de alojamiento y  
contraplaca

de doble efecto

con asiento plano en las arandelas de alojamiento

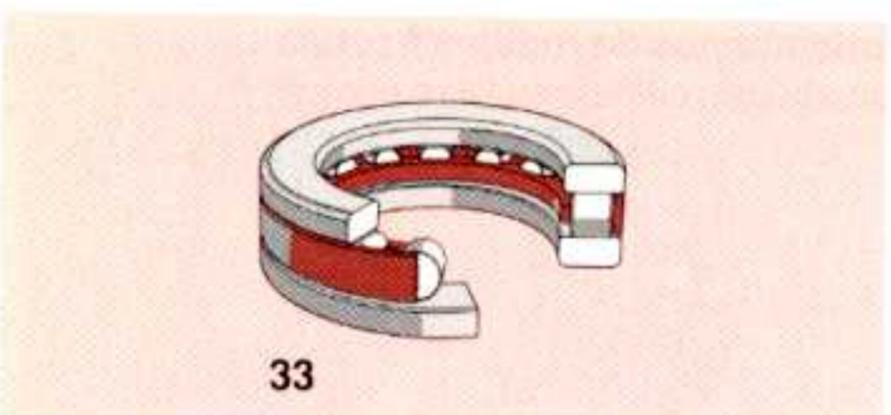
con asiento esférico en las arandelas de alojamiento y  
contraplacas (30)



### Rodamientos axiales de bolas con contacto angular

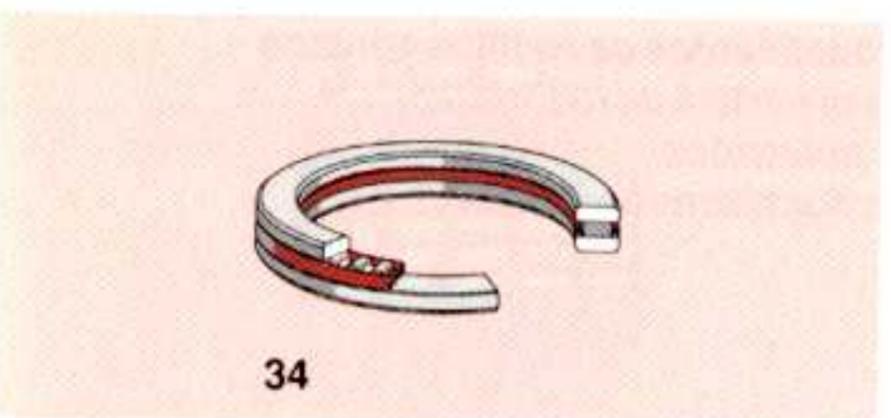
de simple efecto (31)

de doble efecto (32)

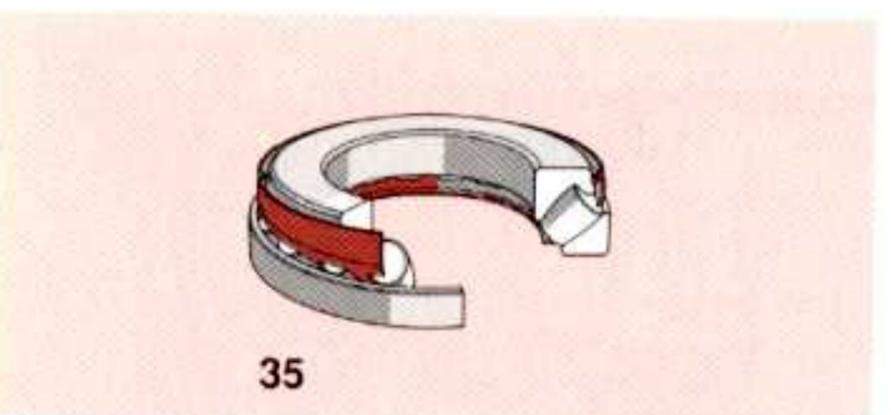


### Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos

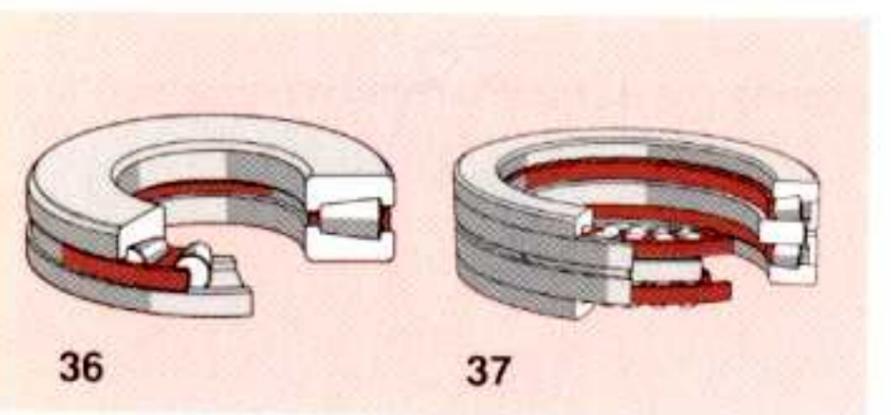
(33)



### Rodamientos axiales de agujas (34)



### Rodamientos axiales de rodillos a rótula (35)

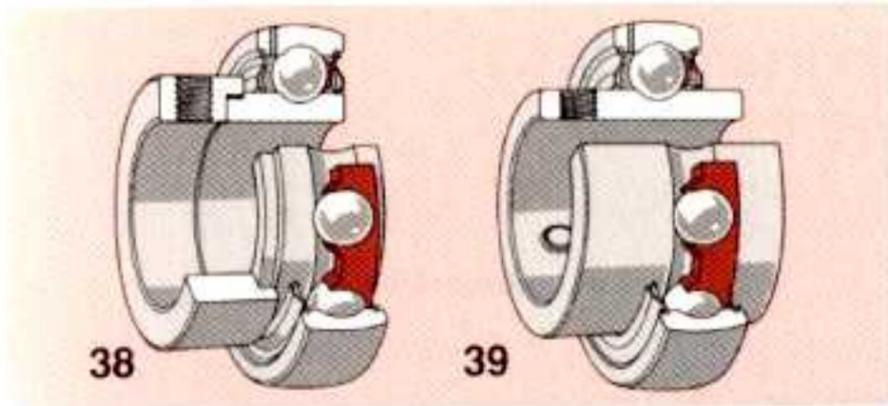


### Rodamientos axiales de rodillos cónicos

de simple efecto (36)

de doble efecto (37)

## Rodamientos Y, roldanas



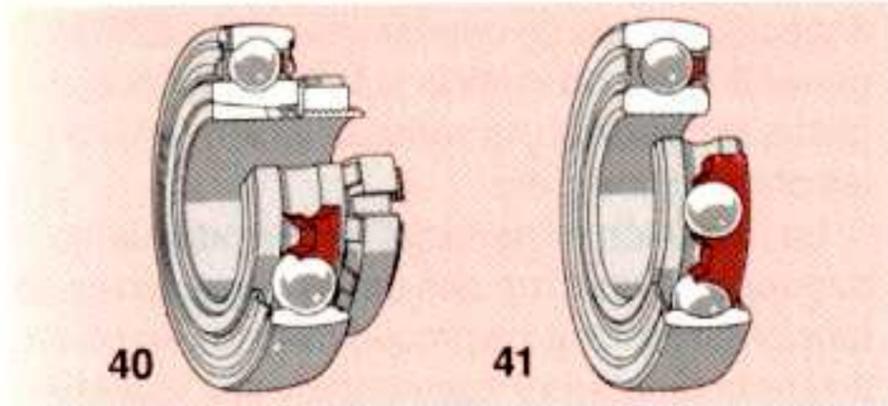
### Rodamientos Y

con anillo de fijación excéntrico

con aro interior prolongado por un lado (38)

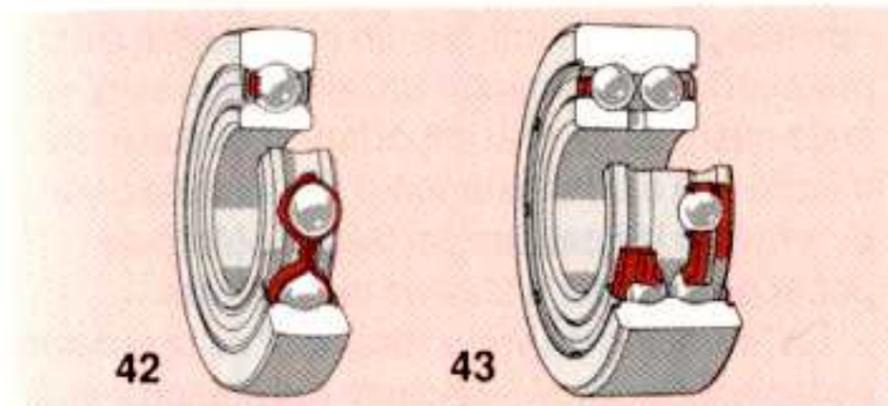
con aro interior prolongado por ambos lados

con prisioneros de fijación (39)



con manguito de fijación (40)

con aro interior normal (41)



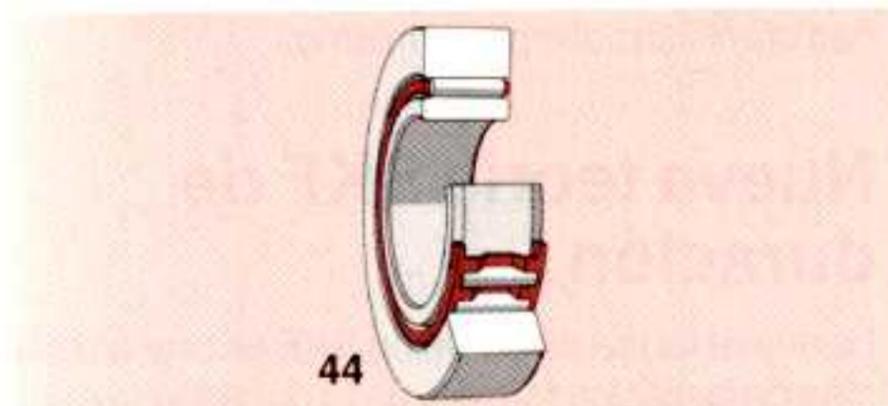
### Rodillos de leva

serie estrecha

con superficie de rodadura bombeada (42)

serie ancha

con superficie de rodadura bombeada o cilíndrica (43)



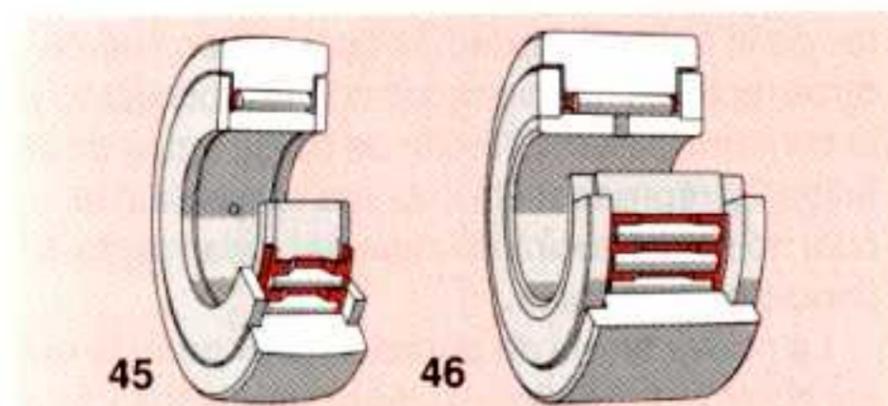
### Rodillos de apoyo

sin guiado axial

con superficie de rodadura bombeada o cilíndrica (44)

con o sin aro interior

con o sin placas de obturación



con guiado axial

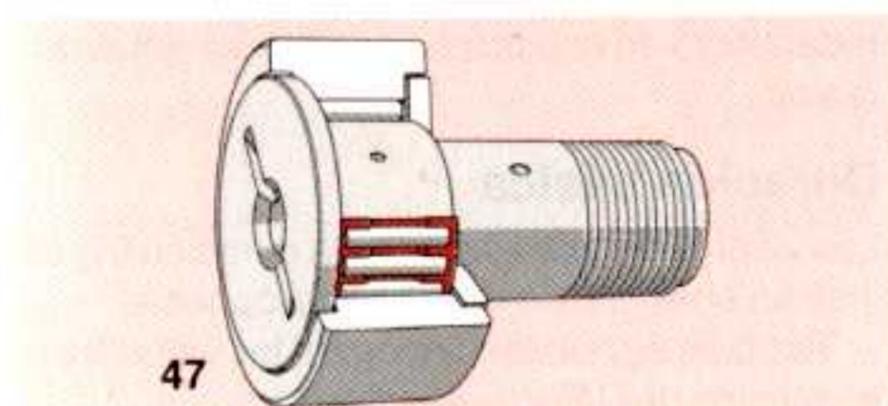
con superficie de rodadura bombeada o cilíndrica

diseño desarmable (45)

diseño no desarmable

con jaula (46)

sin jaula, llenos de rodillos



### Rodillos de leva con eje

con superficie de rodadura bombeada o cilíndrica

con jaula (47)

sin jaula, llenos de rodillos

# Empleo de los rodamientos

En condiciones especiales de funcionamiento, los rodamientos SKF pueden alcanzar una duración mucho más larga que la prevista a través de los métodos de cálculo de duración normales o tradicionales, particularmente cuando las cargas son pequeñas. Estas condiciones especiales tienen lugar cuando las superficies de rodadura (los caminos de rodadura y los elementos rodantes) están eficazmente separados por una capa de lubricante, y cuando el daño superficial causado por los contaminantes es limitado. De hecho, en condiciones ideales, es posible hablar de una duración infinita.

## Duración de los rodamientos

La duración nominal de un rodamiento se define como el número de revoluciones (o el número de horas de funcionamiento a una velocidad constante dada) que un rodamiento es capaz de soportar antes de presentar los primeros síntomas de fatiga (desconchado) en uno de sus aros o de sus elementos rodantes.

No obstante, los ensayos de laboratorio y la experiencia obtenida de la práctica demuestran que rodamientos aparentemente idénticos, funcionando en idénticas condiciones, tienen duraciones diferentes. Por esta razón, toda la información presentada por SKF en relación con las capacidades de carga dinámica está basada en la "duración nominal". La duración nominal, es decir  $L_{10}$ , en millones de revoluciones es la duración alcanzada o sobrepasada por el 90 % de los rodamientos aparentemente idénticos de un grupo suficientemente grande en idénticas condiciones de funcionamiento. La duración media es aproximadamente cinco veces la duración nominal calculada.

Existen otras "duraciones de rodamientos", incluyendo la "duración en servicio" y la "duración de especificación". La "duración en servicio" es la duración real alcanzada por un rodamiento

específico antes de quedar inservible. El fallo generalmente no lo inicia la fatiga, sino el desgaste, la corrosión, la contaminación, el fallo de las obturaciones, etc.

La "duración en servicio" de un rodamiento depende en gran medida de las condiciones de funcionamiento, y los procedimientos empleados para montarlo y desmontarlo son igualmente importantes. A pesar de todas las precauciones que puedan tomarse, un rodamiento siempre puede experimentar un fallo prematuro; en cuyo caso, es de vital importancia que el rodamiento sea cuidadosamente examinado para determinar las causas del fallo al objeto de poder emprender acciones preventivas.

La "duración de especificación" es la duración especificada por el fabricante del equipo y está basada en datos hipotéticos de carga y velocidad suministrados por el mismo.

## Nueva teoría SKF de duración

La nueva teoría de duración SKF es una ampliación de la clásica fórmula de la duración  $L_{10}$ , e introduce el concepto de un límite de carga antes de la fatiga  $P_u$ , además de tener en cuenta otros factores relacionados con la lubricación y la contaminación. El límite de carga antes de la fatiga  $P_u$  representa la máxima carga bajo la cual no se producirá la fatiga del rodamiento en condiciones ideales.

La nueva teoría de duración SKF permite que los nuevos diseños sean más compactos y facilita una predicción más precisa de la duración del rodamiento en condiciones de funcionamiento reales.

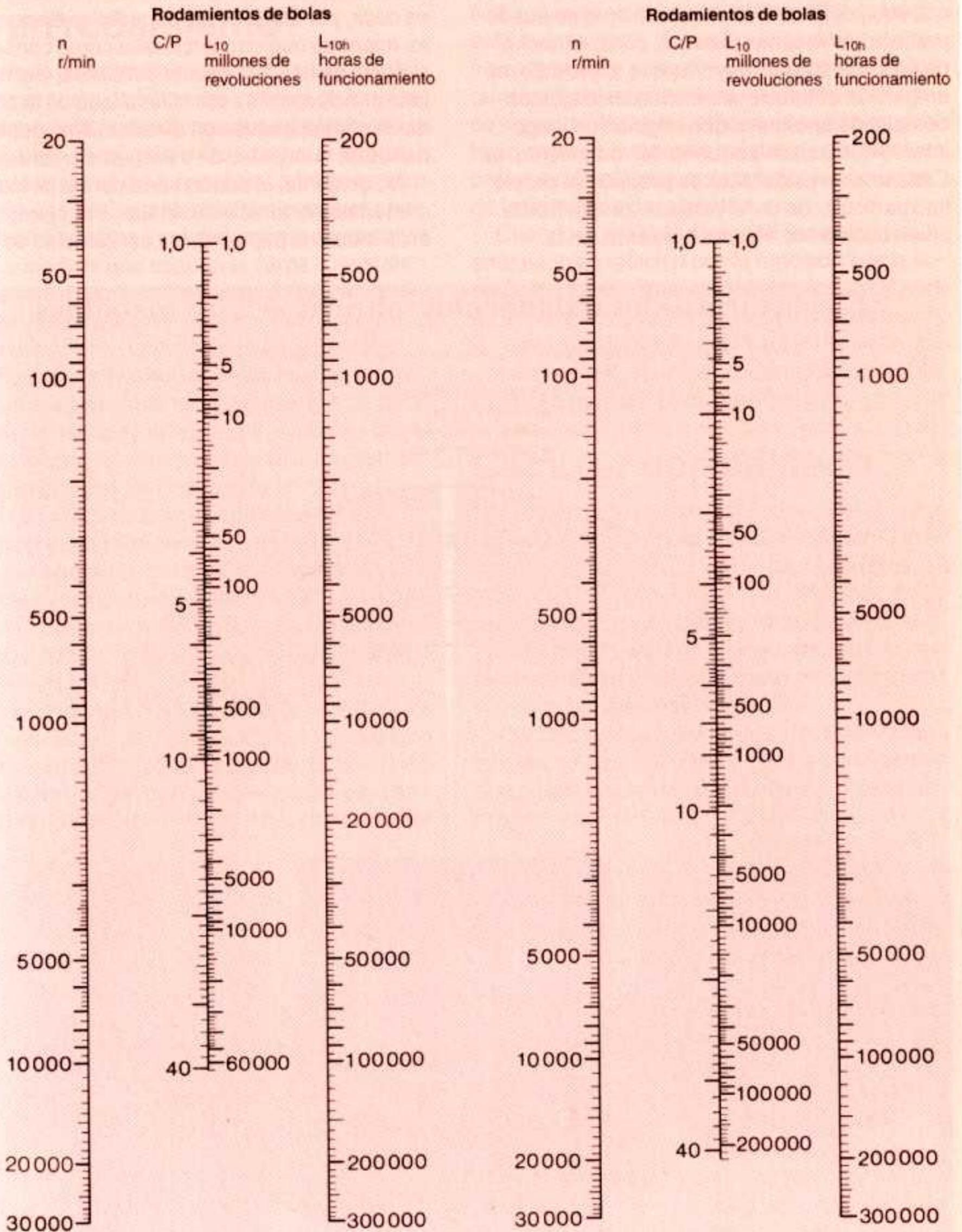
### Duración básica

Los valores de relación C/P y la duración  $L_{10}$  se indican en el gráfico de la página opuesta.

También se pueden encontrar los valores  $L_{10h}$  en función de C/P y la velocidad  $n$ .

# Gráfico para el cálculo de duración

## Duración nominal, número de revoluciones



# Por qué fallan los rodamientos?

De todos los rodamientos en uso, sólo un pequeño número de ellos falla. La gran mayoría de los rodamientos sobreviven a la maquinaria o al equipo. El fallo de un rodamiento se puede producir por muchas razones, como el hecho de soportar cargas mayores que lo previsto, el empleo de obturaciones ineficaces o ajustes demasiado apretados que originan un juego interno demasiado pequeño del rodamiento, etc. Cada uno de estos factores produce su propio tipo particular de daño y deja su propia huella en el rodamiento. Por consiguiente, en la

mayoría de los casos, examinando un rodamiento dañado se puede determinar la causa del daño y en base a esta determinación, se pueden tomar acciones preventivas que eviten su repetición.

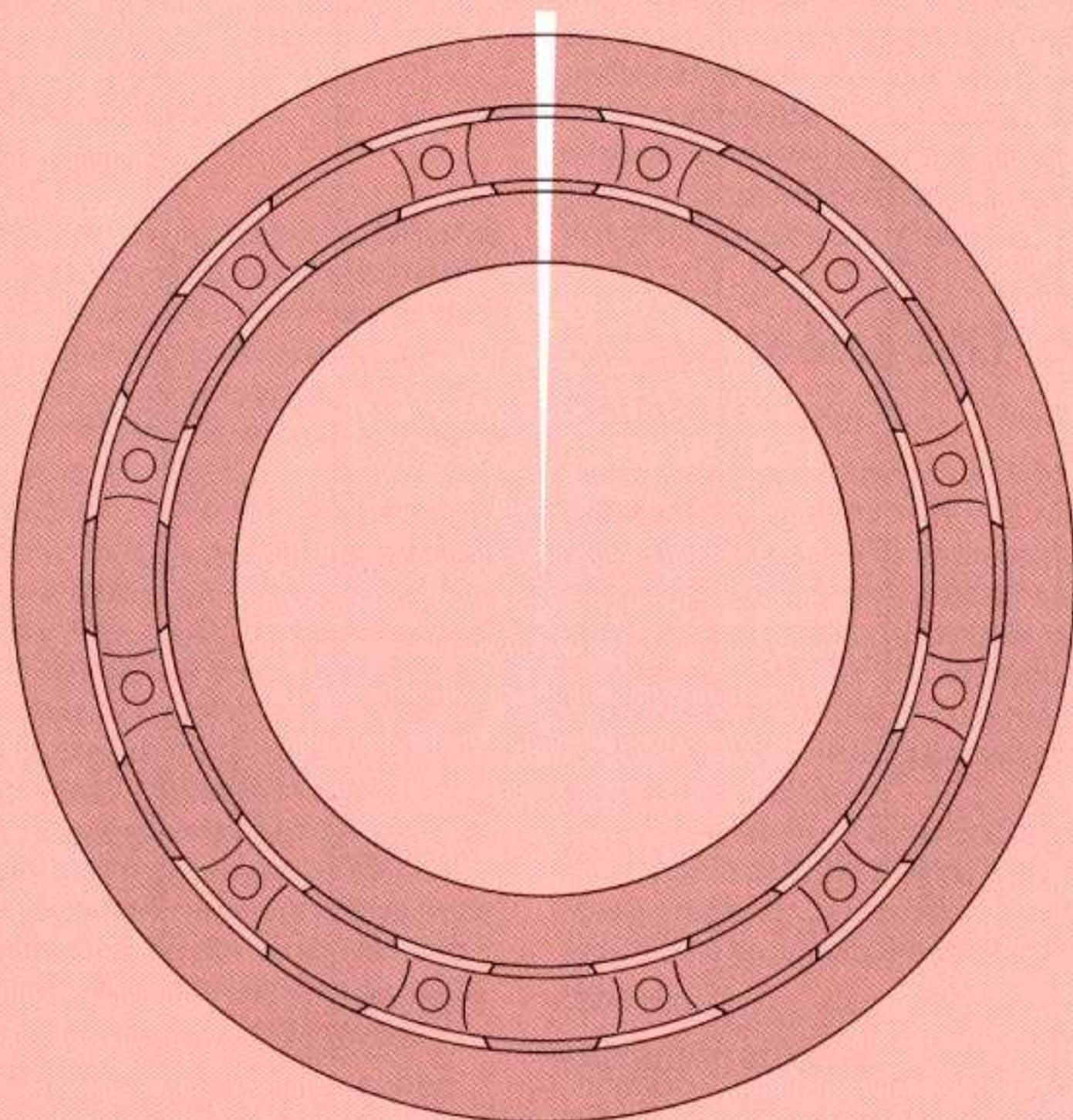
Del pequeño número de rodamientos que fallan, alrededor de un tercio "mueren" de vejez, es decir, por fatiga de las superficies en contacto, mientras que otro tercio falla como consecuencia de una lubricación deficiente, y el resto falla principalmente como resultado de la entrada de contaminantes en el rodamiento debido a daños de manipulación o errores de montaje.

No obstante, el patrón varía dentro de los diferentes sectores industriales. Por ejemplo, en la industria papelera, las deficiencias de

## La mayoría de los rodamientos sobreviven a sus máquinas

Sólo una parte de los rodamientos falla, y las principales razones son:

- fatiga
- lubricación deficiente
- contaminación
- fallos de montaje
- manejo incorrecto



lubricación y la contaminación son las causas principales de los fallos, no la fatiga.

## ¿Cómo comienza el fallo de un rodamiento?

El período que transcurre hasta la aparición del primer síntoma de fatiga del material es función del número de revoluciones que ha efectuado el rodamiento, la magnitud de la carga, la lubricación y la limpieza del lubricante. La fatiga es el resultado de esfuerzos de cizallamiento que aparecen cíclicamente inmediatamente por debajo de la superficie que soporta la carga. Después de cierto tiempo, estos esfuerzos originan grietas que se extienden gradualmente hasta alcanzar la superficie. A medida que los elementos rodantes van pasando sobre las grietas, se produce el desprendimiento de fragmentos de material y este hecho se conoce con el nombre de desconchado. El desconchado va aumentando progresivamente en extensión y con el tiempo, hace que el rodamiento quede inservible. La anterior descripción se refiere a la fatiga que comienza justo por debajo de la superficie.

El desconchado inicial generalmente es muy leve. No obstante, el aumento de los esfuerzos en los bordes y los fragmentos transportados por el lubricante en circulación hacen que el área desconchada se propague. Este tipo de daño de los rodamientos es un proceso de degradación relativamente largo que hace notar su presencia por el aumento del ruido y las vibraciones, alertando al usuario con suficiente anticipación para

que cambie el rodamiento antes de que falle totalmente. Las fotos que aparecen a continuación muestran las etapas progresivas del desconchado.

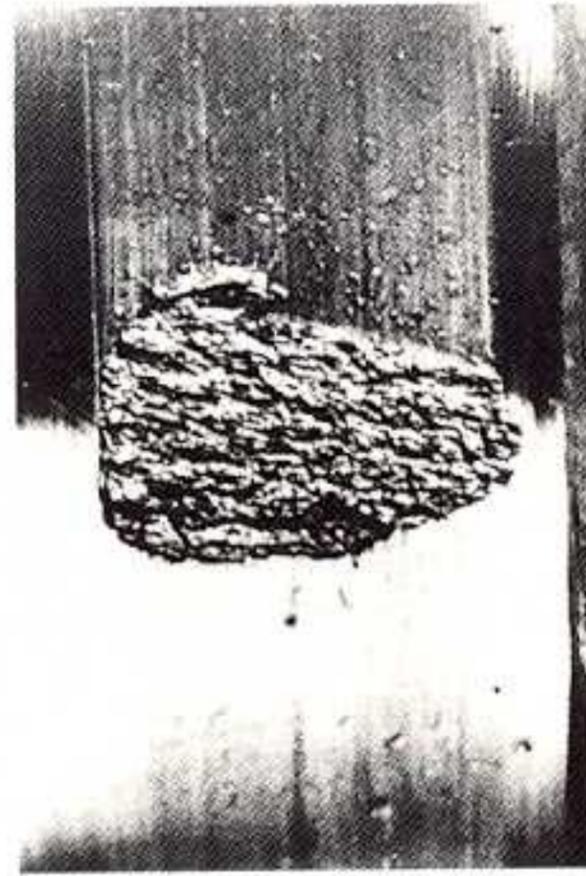
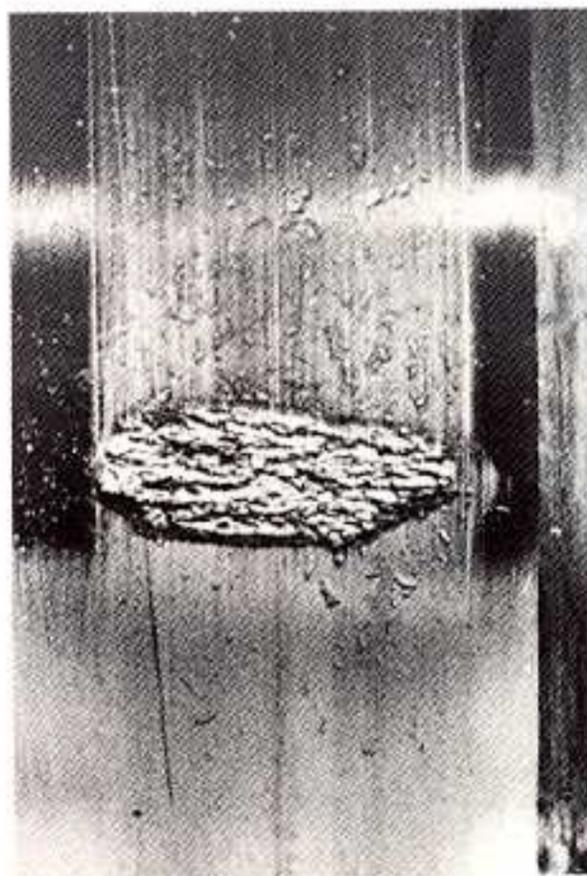
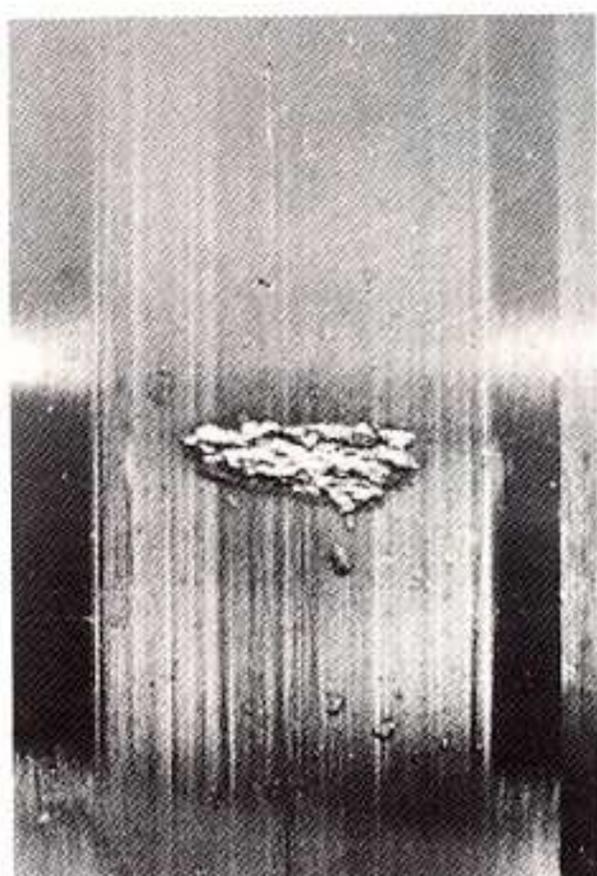
Cuando las grietas se forman sobre la superficie y crecen en el interior del material, la fatiga está muy próxima. Todas las superficies contienen entrantes y salientes microscópicos. La fatiga superficial se considera que comienza cuando los picos de las superficies se ponen en contacto entre sí, quedando sujetas a una intensa deformación plástica que da lugar al comienzo de la formación de la grieta.

Cuando la película de aceite tiene el espesor adecuado en relación con la rugosidad de la superficie, la posibilidad de que se produzca la fatiga superficial es bastante remota. Sin embargo, cuando la carga supera el  $P_u$  (el límite de carga antes de la fatiga), la fatiga normal del material se puede producir tarde o temprano.

## Cambiar con cuidado

Los rodamientos están diseñados para condiciones de funcionamiento muy específicas. Con demasiada frecuencia, se efectúan cambios que implican el uso de un lubricante diferente, mayores velocidades de las máquinas, mayores cargas, modificaciones en los sistemas de lubricación, etc. sin prever los posibles efectos negativos de estos cambios.

Por tanto, cada vez que se cambie un rodamiento, no se debe efectuar ningún otro cambio que pueda afectar negativamente su funcionamiento.



# Tolerancias de los rodamientos

La precisión en las dimensiones y exactitud de giro de los rodamientos ha sido normalizada internacionalmente. Además de las tolerancias normales (clase de tolerancia 0), las normas ISO incluyen tolerancias más estrechas, por ejemplo las clases de tolerancia 6 y 5 (clases de tolerancia SKF P6 y P5 respectivamente).

Las Organizaciones Locales de Normas como DIN, AFBMA y BS, en su calidad de miembros de ISO, están facultadas para promulgar normas nacionales, pero estas normas, en su mayoría, están en consonancia con las de ISO.

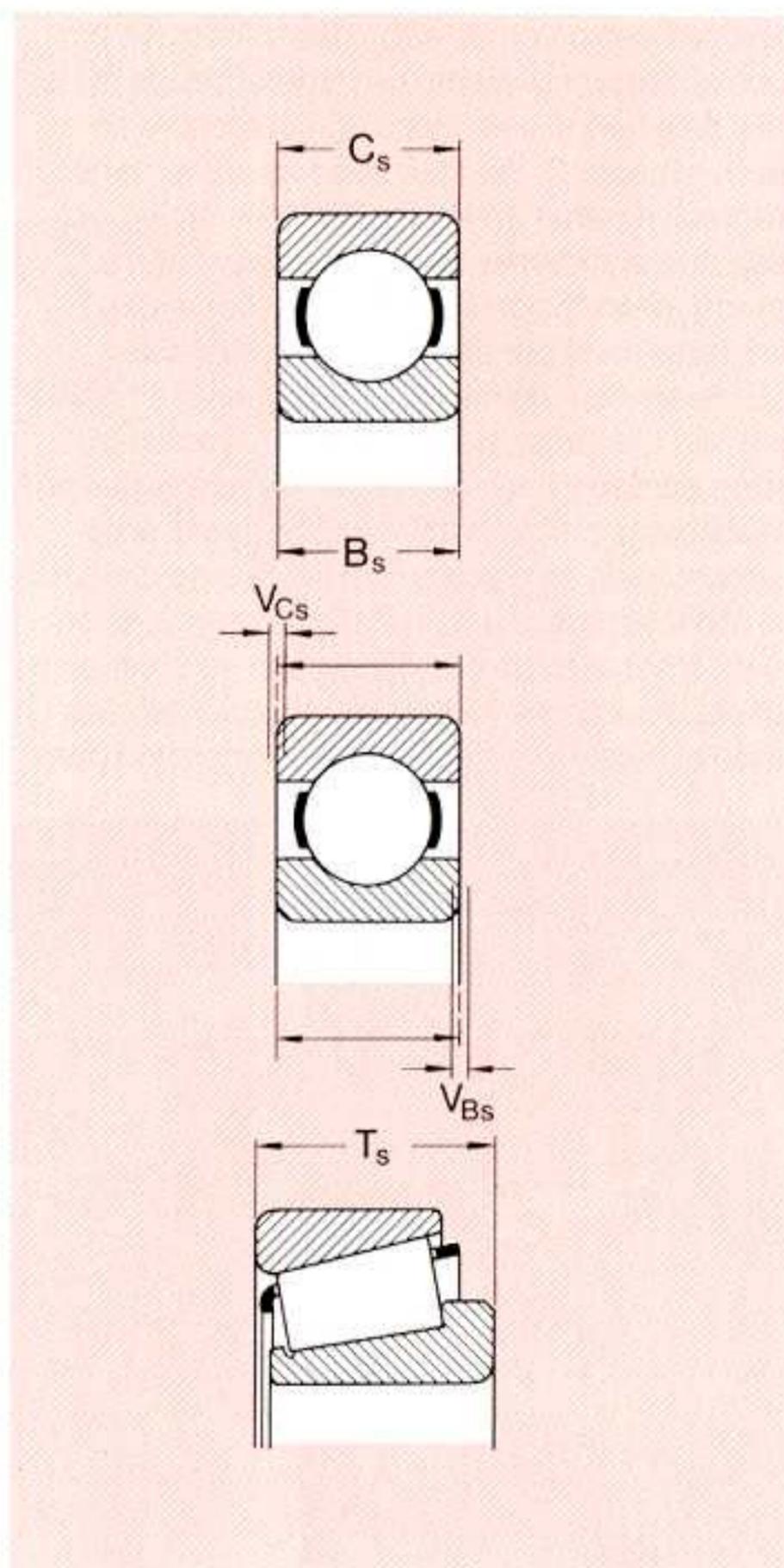
Para aplicaciones especiales tales como husillos de máquinas herramienta, SKF también fabrica rodamientos con una precisión aún mayor (clases de tolerancia SP, P4A, UP, PA9A y PA9B).

Los rodamientos que se pueden suministrar con mayor precisión se identifican por un sufijo (precedido por una barra inclinada) que indica la clase de tolerancia, ver "Designaciones de los rodamientos", página 36 y siguientes.

## Relación de símbolos

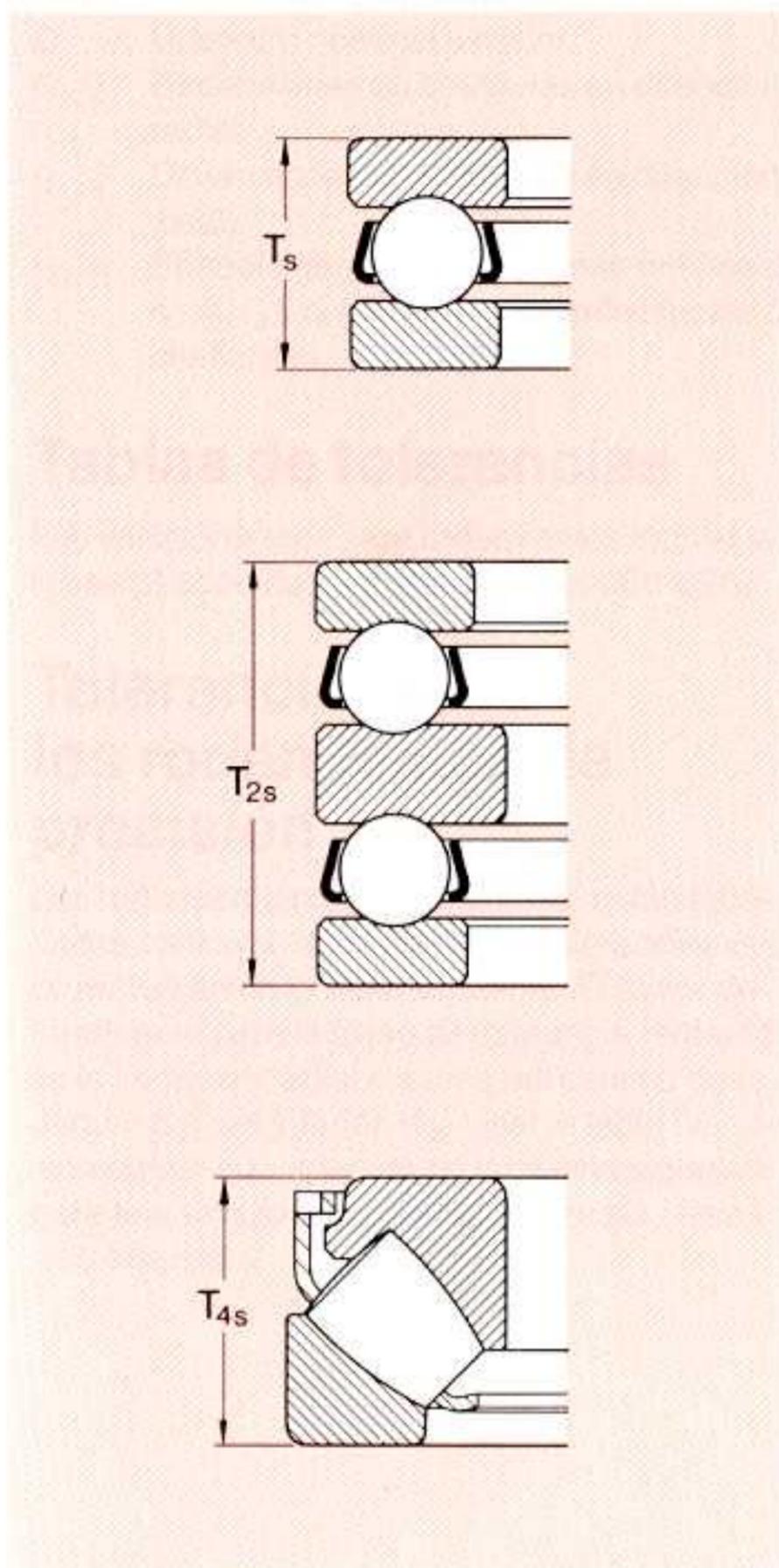
$d$	Diámetro nominal del agujero.
$d_{mp}$	1. Diámetro medio del agujero; media aritmética (promedio) del mayor y del menor de los diámetros individuales del agujero en un solo plano. 2. Diámetro medio en el extremo pequeño de un agujero cónico; media aritmética (promedio) del mayor y del menor de los diámetros individuales.
$d_{1mp}$	Diámetro medio en el extremo mayor teórico del agujero cónico; media aritmética (promedio) del mayor y del menor de los diámetros individuales del agujero.
$d_s$	Diámetro individual del agujero.
$\Delta_{dmp}$	Desviación del diámetro medio del agujero respecto al nominal ( $\Delta_{dmp} = d_{mp} - d$ ).
$\Delta_{d1mp}$	Desviación del diámetro medio del agujero en el extremo mayor teórico de un agujero cónico respecto al nominal ( $\Delta_{d1mp} = d_{1mp} - d_1$ ).
$\Delta_{ds}$	Desviación de un diámetro individual del agujero respecto al nominal ( $\Delta_{ds} = d_s - d$ ).

$V_{dp}$	Variación del diámetro del agujero; diferencia entre el mayor y el menor de los diámetros individuales del agujero en un solo plano.
$V_{dmp}$	Variación del diámetro medio del agujero; diferencia entre el mayor y el menor de los diámetros medios del agujero de un mismo aro.

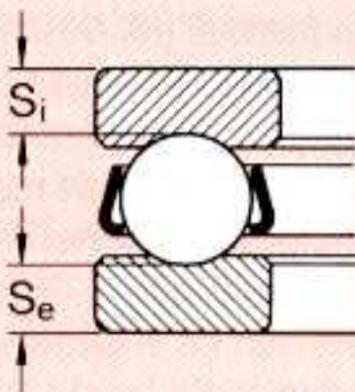
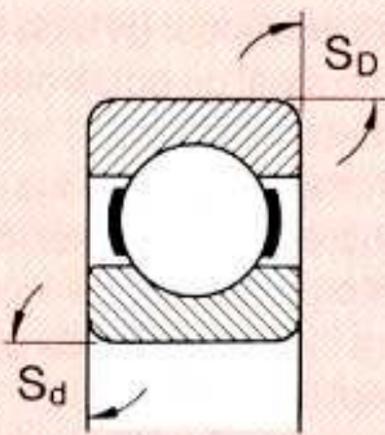
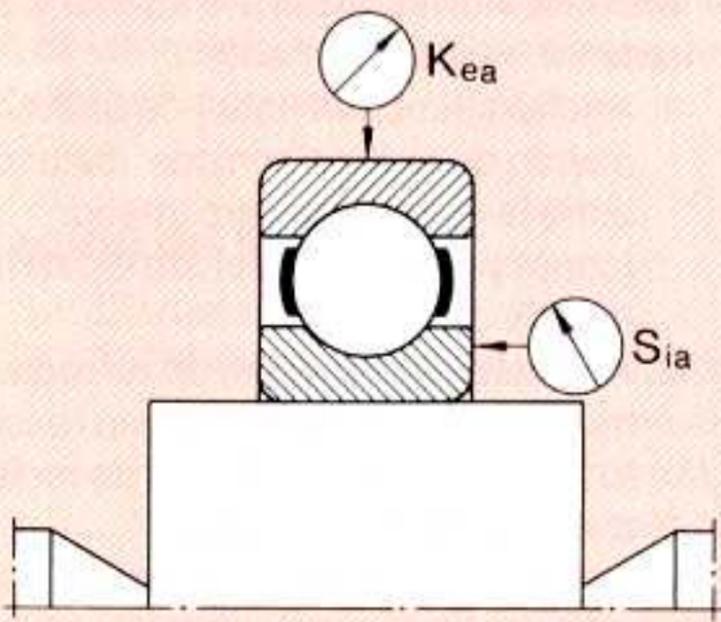


D	Diámetro nominal exterior.
$D_{mp}$	Diámetro medio exterior; media aritmética (promedio) del mayor y del menor de los diámetros individuales de la superficie exterior, en un solo plano.
$D_s$	Diámetro exterior individual.
$\Delta_{Dmp}$	Desviación del diámetro medio exterior respecto al nominal ( $\Delta_{Dmp} = D_{mp} - D$ ).
$\Delta_{Ds}$	Desviación de un diámetro exterior individual respecto al nominal ( $\Delta_{Ds} = D_s - D$ ).

$V_{Dp}$	Variación del diámetro exterior; diferencia entre el mayor y el menor de los diámetros individuales de la superficie exterior, en un solo plano.
$V_{Dmp}$	Variación del diámetro exterior medio; diferencia entre el mayor y el menor de los diámetros medios de la superficie exterior de un mismo aro.
$B_s, C_s$	Anchura individual del aro interior y del exterior, respectivamente.
$B_{1s}, C_{1s}$	Anchura individual del aro interior y del exterior, respectivamente, de un rodamiento especialmente fabricado para montaje apareado.
$\Delta_{Bs}, \Delta_{Cs}$ etc	Desviación de la anchura individual del aro interior o del aro exterior respecto a la nominal ( $\Delta_{Bs} = B_s - B$ etc).
$V_{Bs}, V_{Cs}$	Variación de la anchura del aro; diferencia entre la mayor y la menor anchura individual del aro interior y del exterior, respectivamente.
$T_s$	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Anchura (anchura total) de un rodamiento de rodillos cónicos: distancia entre la espalda del aro interior (cono) y la espalda del aro exterior (copa).</li> <li>2. Anchura individual (H) de un rodamiento axial de simple efecto (excepto los rodamientos axiales de rodillos a rótula, ver <math>T_{4s}</math>).</li> </ol>
$T_{1s}$	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Anchura individual del cono montado sobre la copa patrón del rodamiento de rodillos cónicos.</li> <li>2. Altura individual (H1) de un rodamiento axial de bolas de simple efecto con contraplaca.</li> </ol>
$T_{2s}$	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Anchura individual de la copa montada sobre el cono patrón del rodamiento de rodillos cónicos.</li> <li>2. Altura individual (H) de un rodamiento axial de doble efecto.</li> </ol>
$T_{3s}$	Altura individual (H1) de un rodamiento axial de bolas de doble efecto con contraplaca.
$T_{4s}$	Altura individual (H) de un rodamiento axial de rodillos a rótula.
$\Delta_{Ts}, \Delta_{T1s}$ etc	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desviación de la anchura individual de un rodamiento de rodillos cónicos respecto a la nominal (<math>\Delta_{Ts} = T_s - T</math> etc).</li> <li>2. Desviación de la altura individual de un rodamiento axial respecto a la nominal.</li> </ol>



- $K_{ia}, K_{ea}$  Variación radial del camino del aro interior y del exterior respectivamente, en el rodamiento montado.
- $S_d$  Variación de la cara respecto al agujero (del aro interior).
- $S_D$  Variación en inclinación de la superficie cilíndrica exterior respecto a la cara.
- $S_{ia}, S_{ea}$  Variación de la cara lateral del aro interior y del exterior, respectivamente, en el rodamiento montado.
- $S_i, S_e$  Variación del espesor (medido en el centro del camino de rodadura), respecto a la cara de asiento plano en las arandelas de eje y de alojamiento, respectivamente (variación axial).



# Límites para las dimensiones de chaflanes

Al objeto de evitar el incorrecto dimensionamiento de las piezas adyacentes y para facilitar los cálculos de diseño del dispositivo de retención, en las páginas 277 a 279 se pueden hallar los límites máximos para las dimensiones mínimas de chaflanes que figuran en las tablas de rodamientos. Estos límites, si están normalizados, son conformes a ISO 582-1979 e ISO 1123-1976, según el caso.

Las explicaciones para los símbolos usados en las tablas se ofrecen a continuación:

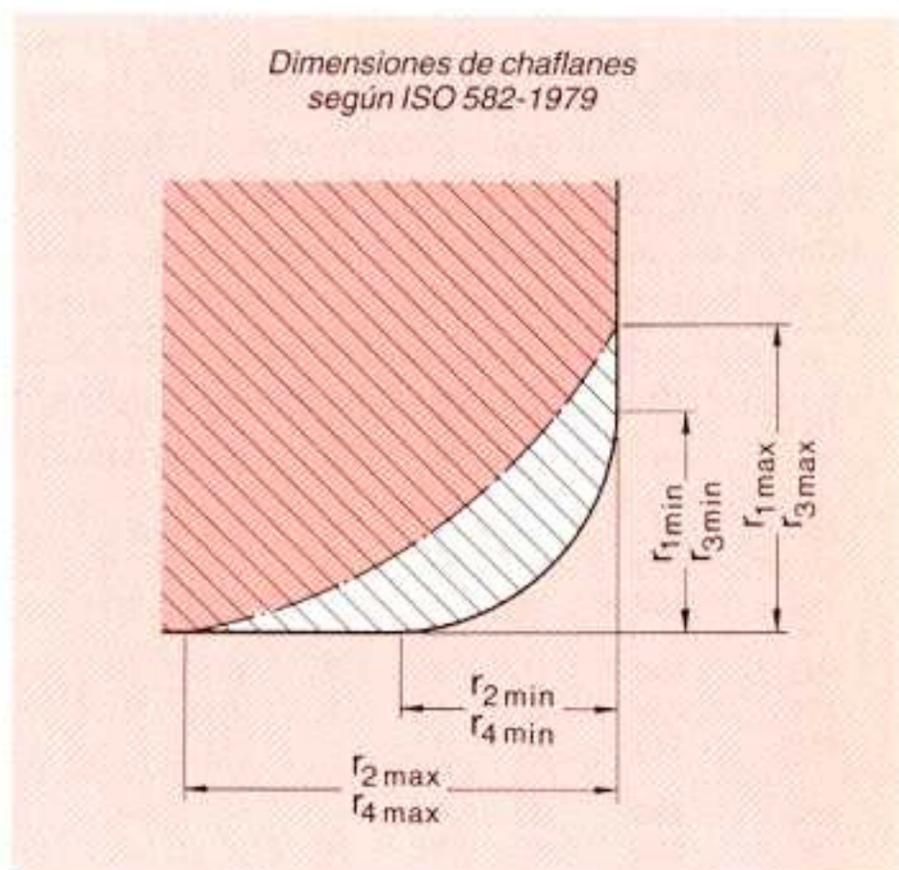
d	Diámetro nominal del agujero.
D	Diámetro nominal exterior.
$r_1, r_3$	Dimensiones de chaflanes en dirección radial.
$r_2, r_4$	Dimensiones de chaflanes en dirección axial.
$r_{s\ min}$	Símbolo general para el límite mínimo de $r_1, r_2, r_3$ y $r_4$ (dimensiones individuales de chaflanes).

## Tablas de tolerancias

Los valores límites para rodamientos individuales se pueden hallar en las páginas 250 a 267.

## Tolerancias para los rodamientos de precisión

Los rodamientos de precisión SKF están fabricados conforme a las clases de tolerancias que se muestran en la tabla siguiente. El factor determinante para la clase de tolerancia requerida es la variación radial máxima del camino de rodadura del aro interior,  $K_{ia}$ . Usar la tabla "variación radial" que aparece en la página siguiente para una simple comparación entre las clases de tolerancias.



## Rodamientos de precisión

### Clases de tolerancias

<b>P6</b>	Precisión en dimensiones y exactitud de giro conforme a la clase de tolerancia ISO 6
<b>P5</b>	Precisión en dimensiones y exactitud de giro conforme a la clase de tolerancia ISO 5 (más precisa que P6)
<b>P4</b>	Precisión en dimensiones y exactitud de giro conforme a la clase de tolerancia ISO 4 (más precisa que P5)
<b>P4A</b>	Precisión en dimensiones conforme a la clase de tolerancia ISO 4 y exactitud de giro conforme a la clase ABEC 9 de AFBMA
<b>PA9A</b>	Precisión en dimensiones y exactitud de giro conforme a la clase ABEC 9 de AFBMA
<b>PA9B</b>	Precisión en dimensiones conforme a la clase ABEC 9 de AFBMA, exactitud de giro superior a PA9A
<b>SP</b>	Precisión en dimensiones aproximadamente igual a P5, exactitud de giro aproximadamente igual a P4
<b>UP</b>	Precisión en dimensiones aproximadamente igual a P4, exactitud de giro superior a P4

Diámetro del agujero d		Variación radial máxima ( $K_{i0}$ )								Rodamientos de rodillos cónicos	
más de	hasta incl.	Clase de tolerancia Rodamientos radiales (exceptuando los rodamientos de rodillos cónicos)								Rodamientos de rodillos cónicos	
		P6	P5	P4	P4A	PA9A	PA9B	SP	UP	P5	
mm		$\mu\text{m}$								$\mu\text{m}$	
–	18	7	4	2,5	1,3	1,3	1,3	3	1,5	5	
18	30	8	4	3	2,5	2,5	1,5	3	1,5	5	
30	50	10	5	4	2,5	2,5	2	4	2	6	
50	80	10	5	4	2,5	2,5	2	4	2	7	
80	120	13	6	5	2,5	2,5	–	5	3	8	
120	150	18	8	6	4	2,5	–	6	3	11	
150	180	18	8	6	6	5	–	6	3	11	
180	250	20	10	8	7	5	–	8	4	13	
250	315	25	13	–	–	–	–	10	5	–	
315	400	30	15	–	–	–	–	12	6	–	
400	500	35	17	–	–	–	–	12	7	–	
500	630	40	19	–	–	–	–	15	8	–	

## Juego interno

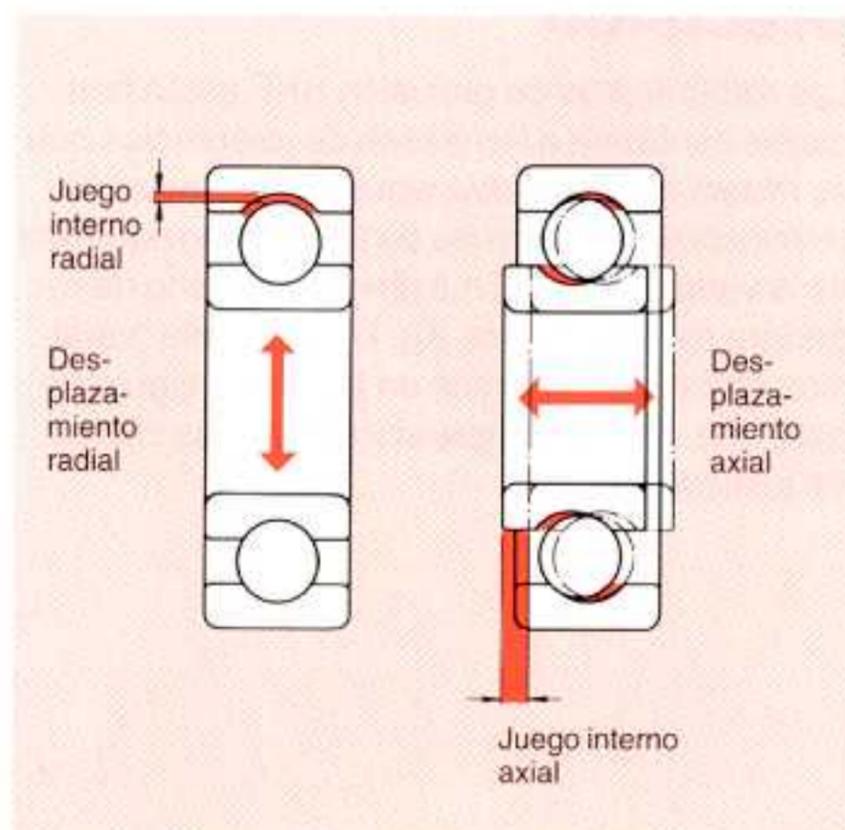
El juego interno de un rodamiento es la distancia total que puede desplazarse uno de sus aros con relación al otro, en dirección radial (juego radial) o en dirección axial (juego axial).

## Juego interno antes y después del montaje

Es importante distinguir entre el juego interno de un rodamiento antes del montaje y el juego interno del rodamiento montado y sometido a las condiciones reales de trabajo.

El juego antes del montaje es superior al juego en funcionamiento debido a la expansión o a la contracción de los aros causada por el ajuste de apriete, y debido también a la dilatación térmica de los aros del rodamiento y de los componentes asociados.

Como regla general, el juego interno radial en funcionamiento debe ser ligeramente superior a cero. Aunque una ligera precarga en rodamientos de bolas generalmente no tiene ningún efecto perjudicial, no se recomienda en general precarga para los rodamientos de recambio por razones de seguridad.



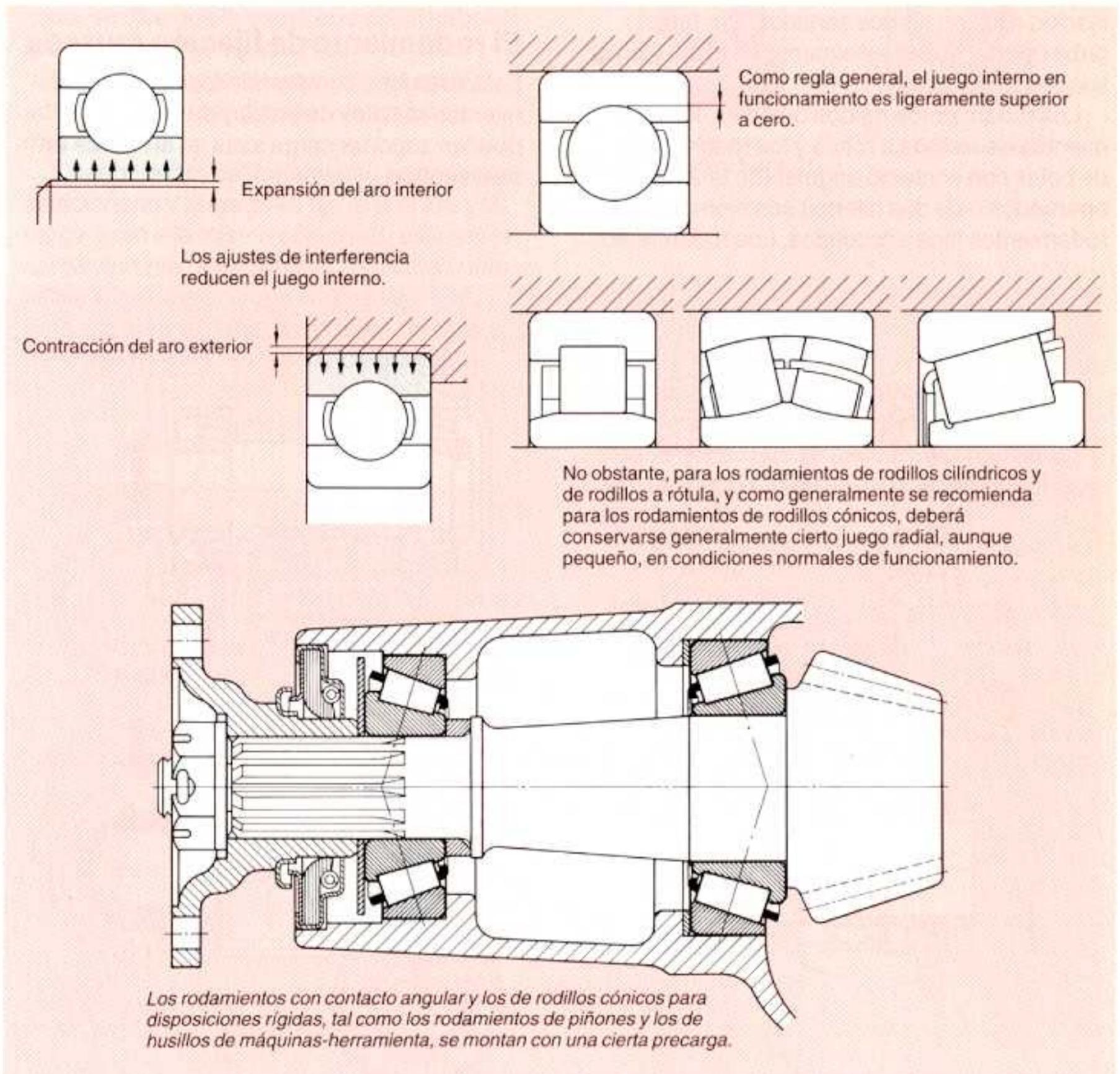
## Valores de los juegos

Los valores de los diferentes grupos de juegos se pueden hallar en las tablas de las páginas 317 a 333. Estos valores son válidos cuando el juego se mide "casi" sin carga y antes de montar los rodamientos.

Para rodamientos de una hilera de bolas con contacto angular y los de rodillos cónicos, apareados, y para los rodamientos de dos hileras de bolas con contacto angular, se da en las tablas el juego axial en vez del radial, porque el axial es más fácil de medir y controlar que el radial. Por consiguiente, para estos tipos de rodamientos

se dan los juegos internos axiales. Los rodamientos estándar se suministran con juego "Normal".

El juego interno "Normal" ha sido seleccionado de forma que, si los rodamientos se montan con los ajustes normalmente recomendados y las condiciones de trabajo son normales, se obtendrá un juego interno adecuado durante el funcionamiento.



# Aplicaciones de rodamientos y tolerancias

## Disposiciones de rodamientos

Las disposiciones de rodamientos generalmente precisan dos rodamientos para soportar y situar correctamente un eje, radial y axialmente: un rodamiento axialmente fijo (lado fijo) y otro axialmente libre (lado libre). En algunas aplicaciones, ambos rodamientos comparten la responsabilidad de fijar el eje axialmente. Estos rodamientos se denominan "rodamientos de fijación cruzada".

### El rodamiento fijo

Un rodamiento fijo proporciona soporte radial y fijación axial en ambos sentidos. Por tanto, debe quedar sujeto axialmente en el eje y en el soporte.

Los rodamientos rígidos de bolas, los rodamientos de rodillos a rótula y los rodamientos de bolas con contacto angular (de una hilera apareados o de dos hileras) son ejemplos de rodamientos fijos adecuados. Los rodamientos

de rodillos cónicos apareados también son aceptables.

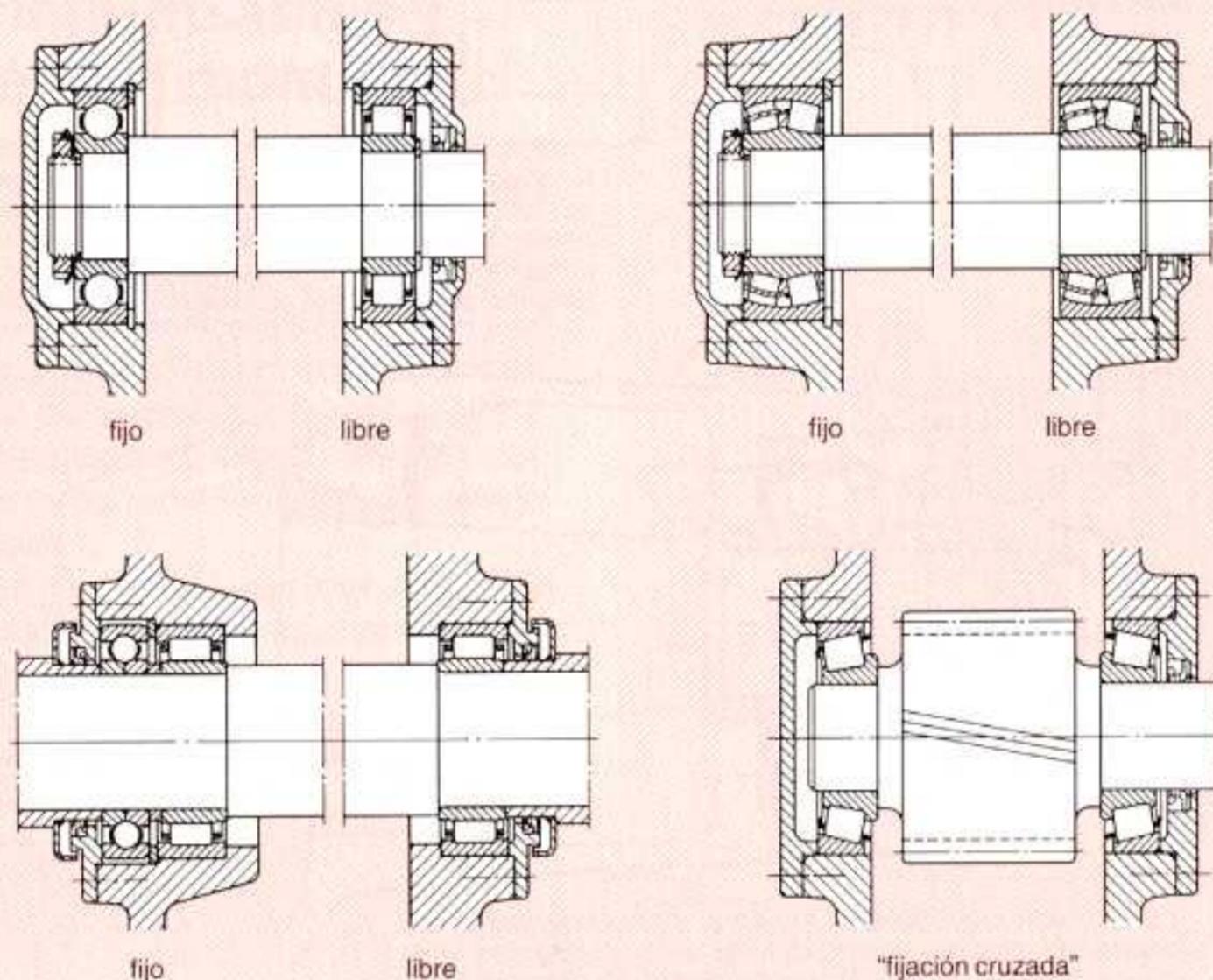
Un rodamiento de rodillos cilíndricos sin pestañas en un aro se puede usar siempre que se monte apareado con un rodamiento axial que tenga holgura radial en el soporte.

### El rodamiento libre

Un rodamiento libre sólo soporta carga radial y debe poder desplazarse axialmente. El desplazamiento axial puede tener lugar en el propio rodamiento, como por ejemplo en rodamientos de rodillos a rótula o entre uno de los aros del rodamiento y sus asientos.

### El rodamiento de fijación cruzada

Esta categoría comprende todo tipo de rodamientos radiales de bolas y de rodillos que puedan soportar carga axial en al menos un solo sentido.

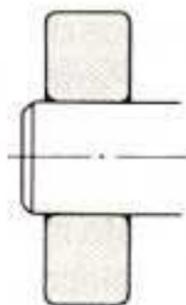


# Fijación radial de rodamientos

Los aros se deben fijar radialmente para evitar que deslicen en sus asientos.

## Rodamientos con agujeros cilíndricos

Las consideraciones más importantes al seleccionar ajustes son las siguientes:



### 1. Condiciones de rotación

Si el aro del rodamiento gira y la carga permanece fija, o si el aro permanece estacionario y la carga gira, de modo que todos los puntos del camino de rodadura están sometidos a la carga en el curso de una revolución, en este caso, se dice que la carga que actúa sobre el aro es una "carga rotativa".

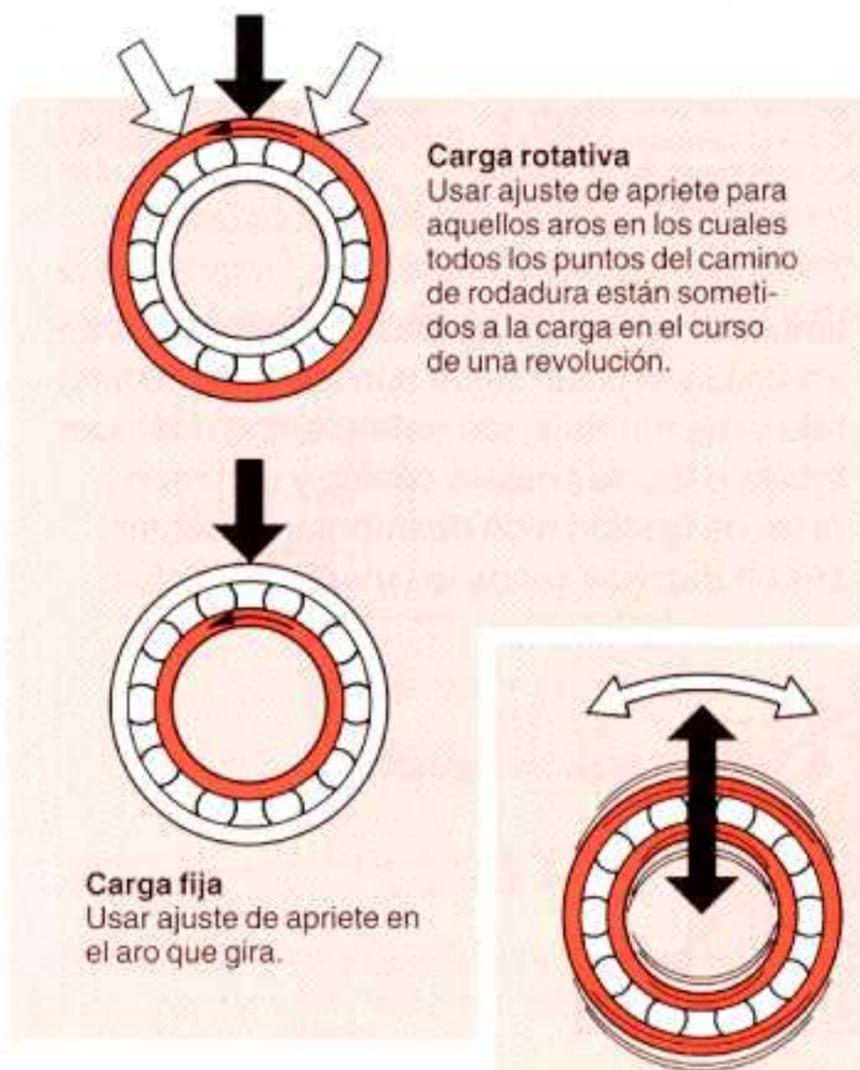
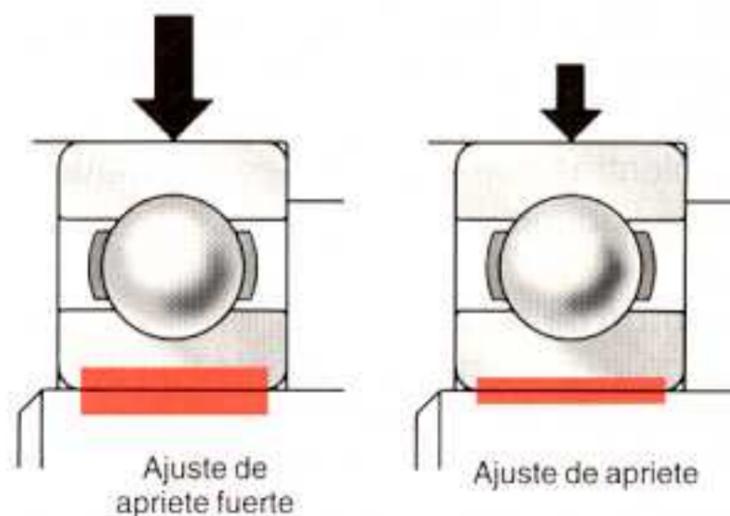
Este aro debe tener un ajuste de apriete adecuado a las condiciones de funcionamiento.

Cuando el aro del rodamiento permanece estacionario y la carga es fija, o si el aro y la carga giran a la misma velocidad, estando la carga siempre dirigida hacia el mismo punto sobre el aro, se dice que la carga es "fija". Este aro normalmente debe tener un ajuste con holgura. Cuando las direcciones de la

carga varían y en particular, cuando se trata de una carga elevada, es deseable que ambos aros estén montados con ajuste de apriete. Para el aro interior se recomienda el mismo ajuste que para una carga rotativa. El aro exterior puede tener un ajuste algo más flojo.

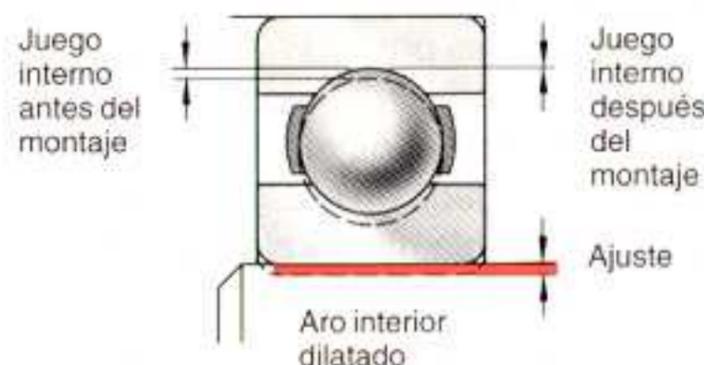
### 2. Magnitud de la carga

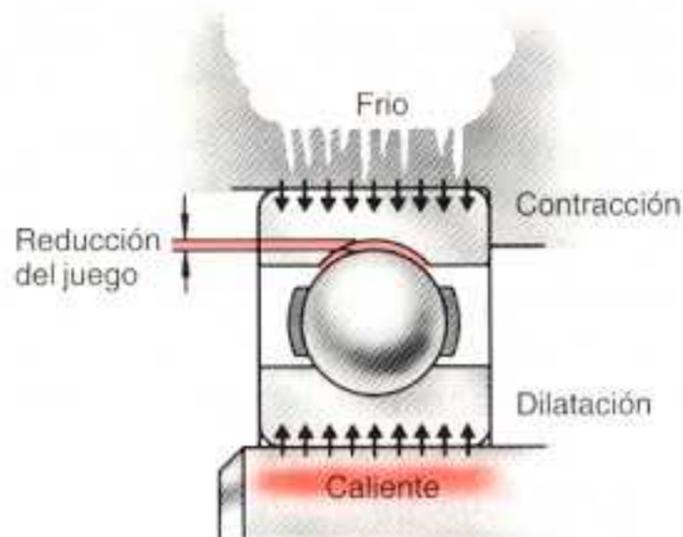
Para evitar que los aros deslicen en sus asientos, el ajuste se debe seleccionar en función de la carga: cuanto mayor sea la carga tanto mayor será el apriete requerido.



### 3. Juego interno del rodamiento

La disminución del juego debida al ajuste puede ser tal que se necesiten rodamientos con un juego radial mayor que el Normal (por ejemplo: C3).





Un eje caliente y un soporte frío afectarán los ajustes y el juego interno.

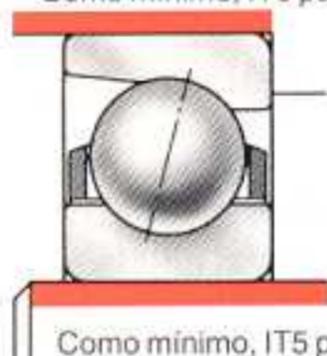
#### 4. Condiciones de temperatura

Los aros de un rodamiento en servicio, pueden alcanzar temperaturas superiores a las de los ejes y soportes correspondientes. Esto puede ser causa de que se afloje el aro interior, mientras que el aro exterior se dilata y reduce el juego.

#### 5. Exactitud de giro

Cuando se precisen rodamientos de una gran exactitud de giro se deben evitar los ajustes flojos para reducir al mínimo los descentramientos y las vibraciones. Los

Como mínimo, IT6 para el soporte



**Reducción de vibraciones**  
No usar ajustes flojos cuando se necesite que los rodamientos tengan una gran exactitud de giro. En caso de duda, le rogamos consulte con su representante SKF.

Como mínimo, IT5 para el eje

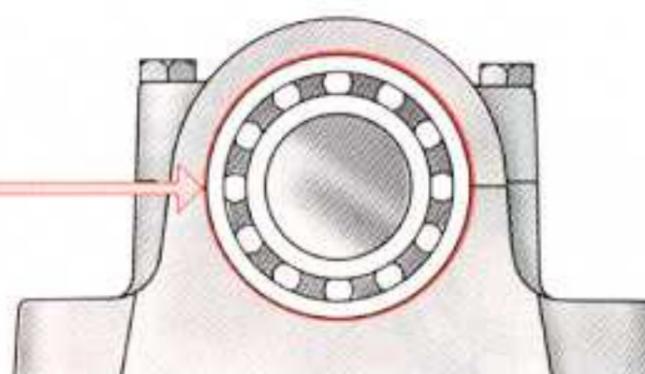
asientos de los rodamientos sobre los ejes y soportes deberán corresponder a las tolerancias recomendadas por SKF.

#### 6. Material y diseño de los ejes y soportes

Un ajuste inadecuado en el asiento del rodamiento y otros problemas de ajuste, como la desalineación de los espaciadores o de los resaltes

##### Soporte partido

Ajuste máximo para el aro exterior de acuerdo con los grupos de tolerancias H o J

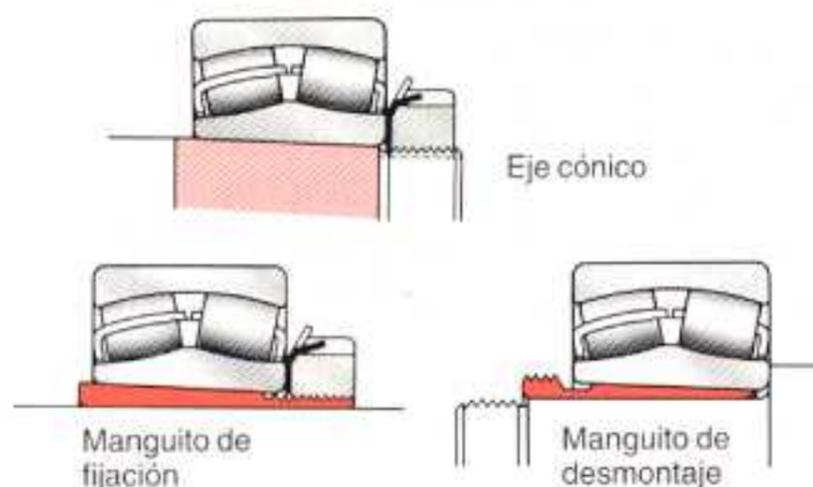


de los ejes y los soportes que no están en ángulo recto, puede causar con el tiempo, deformaciones en el aro. Los límites de tolerancia seleccionados para un aro exterior montado en un soporte partido deberán proporcionar un ajuste igual al obtenido con los grupos de tolerancias H o J.

Para aros de rodamientos montados en soportes de paredes delgadas, o en soportes de aleación ligera, deberán usarse ajustes de apriete más fuertes que los que normalmente se seleccionarían para soportes de pared gruesa de acero o de fundición. Para aros de rodamientos montados en ejes huecos, deberán seleccionarse ajustes de apriete más fuertes que los que normalmente se seleccionarían para ejes macizos.

#### 7. Facilidad de montaje y desmontaje

Para muchas aplicaciones en que se desea facilitar el montaje y el desmontaje, se prefieren ajustes flojos para los rodamientos. Cuando las condiciones de funcionamiento



El montaje y desmontaje de los rodamientos se puede facilitar cambiando de agujero cilíndrico con ajuste de apriete a agujero cónico con manguito de fijación.

imponen el uso de ajustes de apriete, y fuera además esencial contar con facilidad de montaje y desmontaje, los rodamientos desmontables o los de agujero cónico y con manguito de fijación o de desmontaje pueden ser en muchos casos los más adecuados.

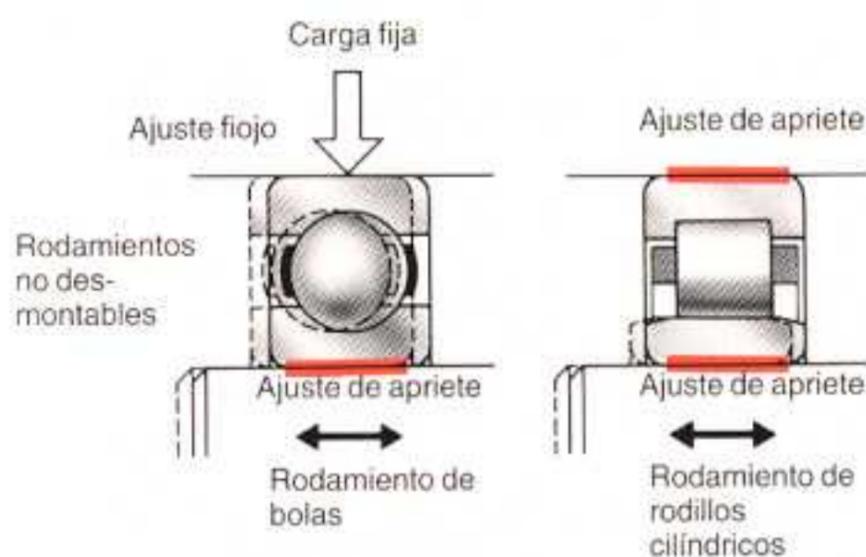
## 8. Desplazamiento de un rodamiento libre

Cuando se usa un rodamiento no desmontable como rodamiento libre, es necesario que uno de los aros tenga libertad para moverse axialmente en todas las condiciones de funcionamiento. Para el aro que soporta la carga fija, se deberá usar un ajuste flojo.

Los rodamientos de rodillos cilíndricos de los tipos N y NU pueden montarse con ajuste fuerte tanto en los aros interiores como en los

especiales relativas a la disminución de la holgura, ver "Montaje de rodamientos", página 128. Para determinar el ajuste del aro exterior, seguir las mismas recomendaciones que para los rodamientos con agujero cilíndrico.

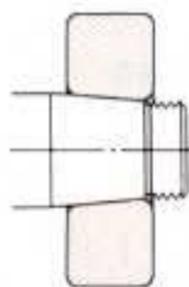
Los manguitos de fijación y de desmontaje permiten usar tolerancias del eje del orden de  $h9$  ó  $h10$ . Cuando los rodamientos se montan sobre manguitos de fijación o de desmontaje, la cilindridad del diámetro del asiento del manguito debe ser  $IT5$  (para  $h9$ ) e  $IT7$  (para  $h10$ ).



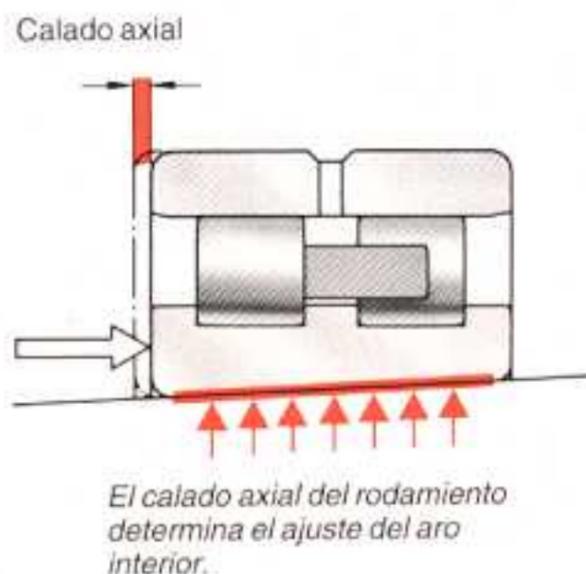
exteriores dado que el posible desplazamiento axial se lleva a cabo dentro del propio rodamiento.

## Rodamientos con agujero cónico

Los rodamientos con agujero cónico se montan sobre un asiento cónico, o sobre ejes cilíndricos con manguitos de fijación o de desmontaje.



El calado axial del rodamiento sobre el eje o sobre el manguito determina el ajuste del aro interior. Asegúrese de seguir las instrucciones



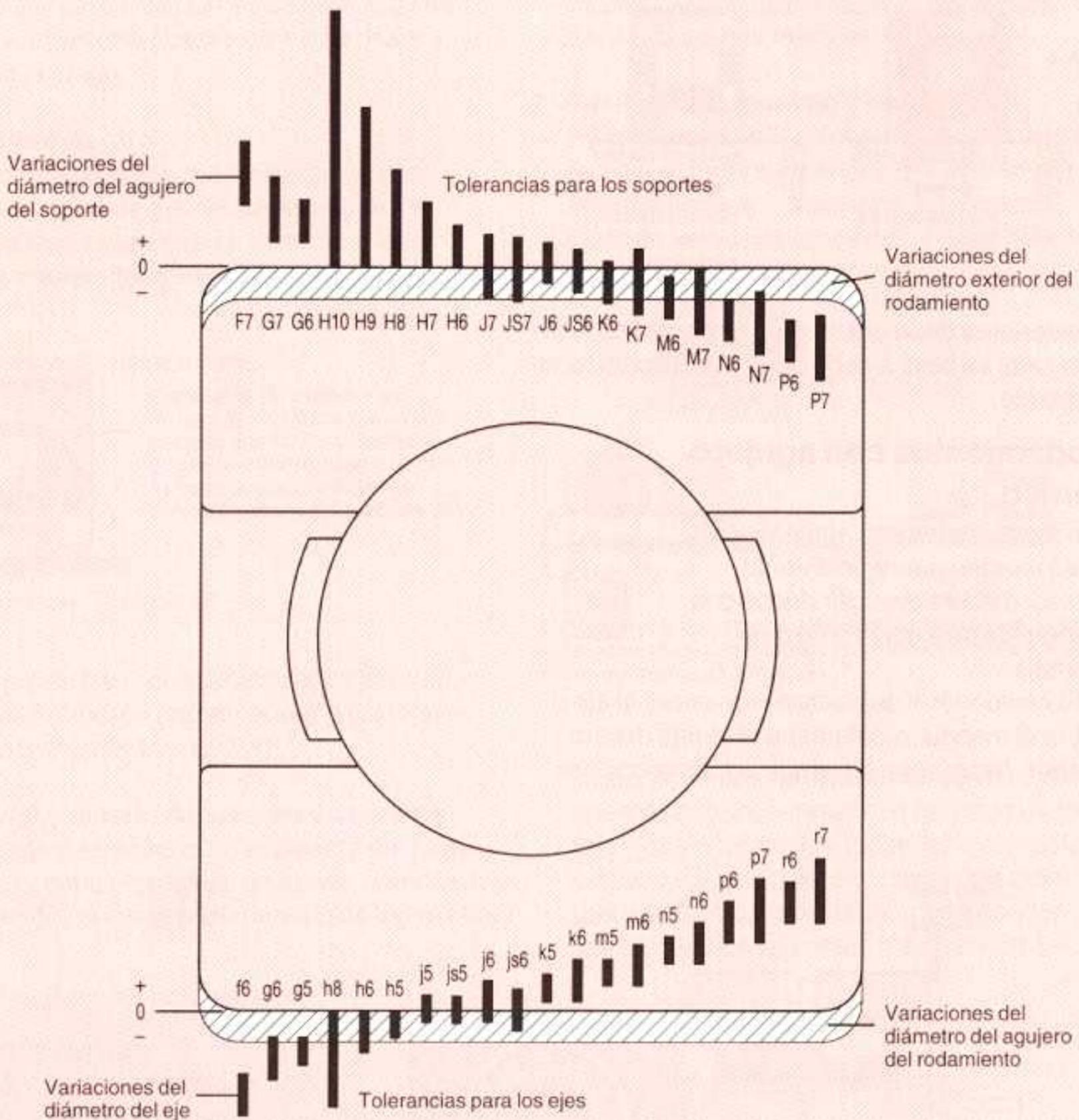
# Ajustes y tolerancias

Las tolerancias para el agujero y para el diámetro exterior de los rodamientos estándar están normalizadas internacionalmente.

Para lograr el ajuste adecuado con un rodamiento de agujero cilíndrico, el usuario puede seleccionar las tolerancias para los ejes y los soportes de acuerdo con las tablas de tolerancias ISO. Solamente se utiliza un número limitado de las zonas de tolerancias ISO para las aplicaciones de rodamientos.

El diagrama que aparece a continuación muestra la relación entre los diámetros nominales y las zonas de tolerancia. Las zonas sombreadas muestran la variación del diámetro del agujero y la del diámetro exterior, respectivamente. Los rectángulos negros muestran la gama de tolerancias para los ejes (mitad inferior) y para los soportes (mitad superior).

Las tablas de tolerancias se pueden hallar en las páginas 250 a 276.



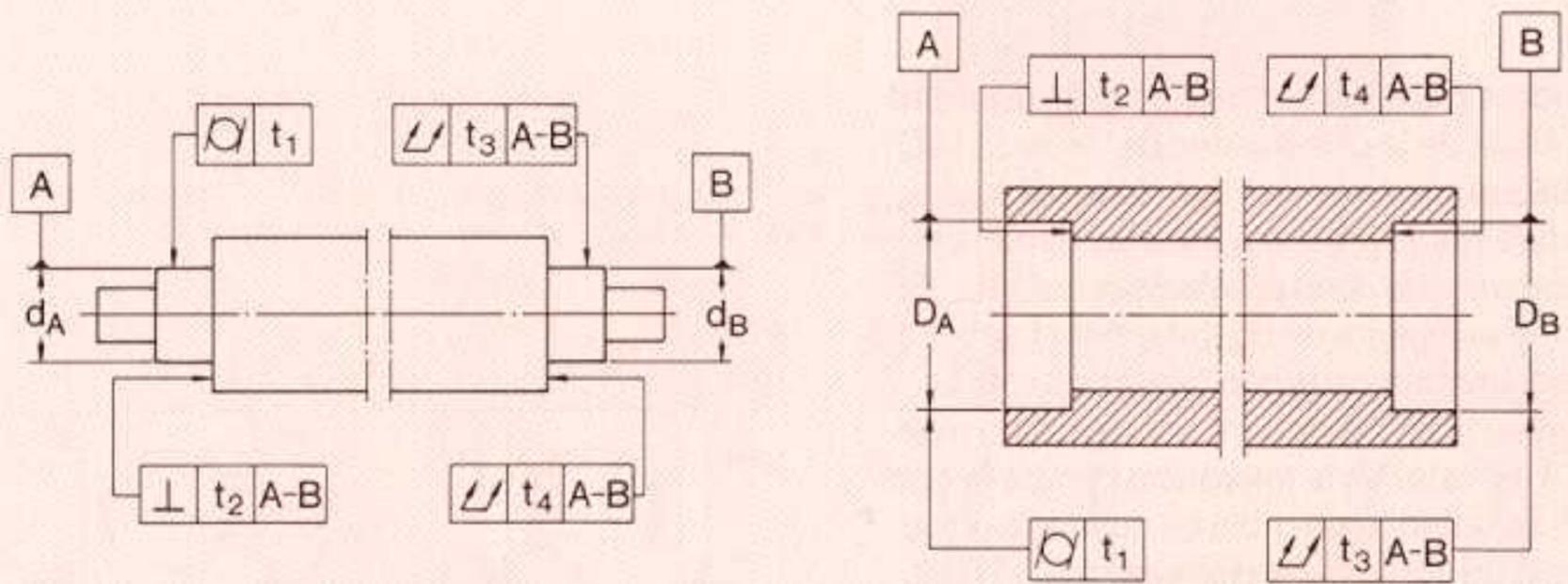
El diagrama ilustra la localización de las "tolerancias" con relación a la tolerancia del agujero del rodamiento (mitad inferior) y con relación a la tolerancia del diámetro exterior (mitad superior).

## Precisión de dimensiones, forma y exactitud de giro de los asientos y de los resaltes de los rodamientos

La precisión de los asientos cilíndricos de los rodamientos sobre los ejes y agujeros de los soportes, así como la precisión de los asientos para los aros de los rodamientos axiales y la precisión de las superficies de apoyo para los aros de los rodamientos proporcionada por los resaltes de los ejes y de los soportes, etc. debe-

rá ser igual a la precisión de los rodamientos utilizados. A la hora de mecanizar los asientos y los resaltes, se deberán seguir los valores que se dan a continuación para la precisión de las dimensiones, la forma y la exactitud de giro.

Exactitud de forma y posición para asientos de rodamientos en ejes y alojamientos



Superficie  
Característica

Símbolo de la característica

zona de tolerancia

Desviaciones permisibles

Rodamientos con clase de tolerancia<sup>1)</sup>  
Normal, CLN P6 P5



### Asiento cilíndrico

Cilíndricidad  
(o variación radial total)

$\varnothing$   
( $\Delta$ )

$t_1$   
( $t_3$ )

$\frac{IT5}{2}$

$\frac{IT4}{2}$

$\frac{IT3}{2}$

$\frac{IT2}{2}$

### Resalte plano

Perpendicularidad  
(o variación axial total)

$\perp$   
( $\Delta$ )

$t_2$   
( $t_4$ )

IT5

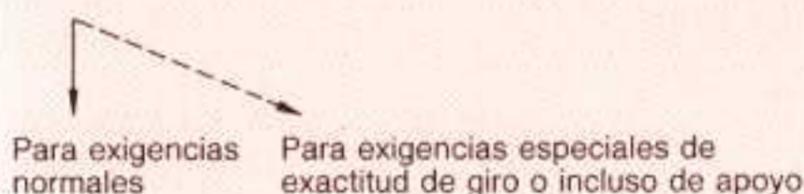
IT4

IT3

IT2

<sup>1)</sup> Para rodamientos de gran precisión (clase de tolerancia P4, etc.) ver el catálogo SKF "Rodamientos de precisión"

### Explicación



### **Tolerancias de las dimensiones**

Para rodamientos con tolerancias normales, la precisión de las dimensiones de los asientos cilíndricos sobre el eje deben ser como mínimo de clase 6, mientras que en el soporte deberá ser como mínimo de clase 7. El uso de manguitos de fijación y de desmontaje sobre ejes cilíndricos podrá permitir el empleo de tolerancias más amplias (clase 9 ó 10) en el diámetro que en los asientos del rodamiento, ver tabla de la página 283. Las tolerancias básicas para las series de tolerancias normalizadas conforme a ISO/R 286-1962 se pueden hallar en la tabla inferior de la página 283. Para rodamientos con mayor precisión, se deberán usar clases de tolerancia más estrechas de acuerdo con la precisión requerida.

### **Tolerancias para los errores de cilindridad**

La tolerancia de la cilindridad definida en ISO 1101-1983 deberá ser de 1 a 2 clases IT superior a la tolerancia prescrita para las dimensiones, dependiendo de la precisión requerida. Por ejemplo, si el asiento de un rodamiento sobre su eje ha sido mecanizado con tolerancia m6, la precisión de la forma deberá ser del orden de IT5 ó IT4. El valor de la tolerancia  $t_1$  para la cilindridad se refiere a un radio tal que para un supuesto eje de 150 mm de diámetro y  $t_1 = IT5/2$ , el valor correcto es de  $18/2 \mu\text{m} = 9 \mu\text{m}$ , o para  $t_1 = IT4/2$ , el valor es de  $12/2 \mu\text{m} = 6 \mu\text{m}$ . La tabla de la página 31 muestra los valores para la tolerancia de los errores de cilindridad (y para la tolerancia del descentramiento total, si se prefiere).

Cuando los rodamientos se montan sobre manguitos de fijación o de desmontaje, la cilindridad del asiento del manguito deberá ser de IT5 (para h9) o de IT7 (para h10), ver tabla de la página 283.

### **Tolerancias para los errores de perpendicularidad**

Los resaltes para los aros de los rodamientos deben tener una tolerancia para los errores de perpendicularidad como la definida en ISO 1101-1983 que es superior como mínimo en una clase IT a la tolerancia del diámetro del asiento cilíndrico asociado. Para los asientos de aros de rodamientos axiales, la tolerancia para los errores de perpendicularidad no debe sobrepasar los valores de IT5. Los valores para la tolerancia (y para la variación axial total) se pueden hallar en la tabla de la página 31.

# Fijación axial de rodamientos

La correcta fijación axial del aro de un rodamiento precisa de algo más que un ajuste de apriete. En todos los casos, se necesitará un medio adicional adecuado para la fijación axial del aro.

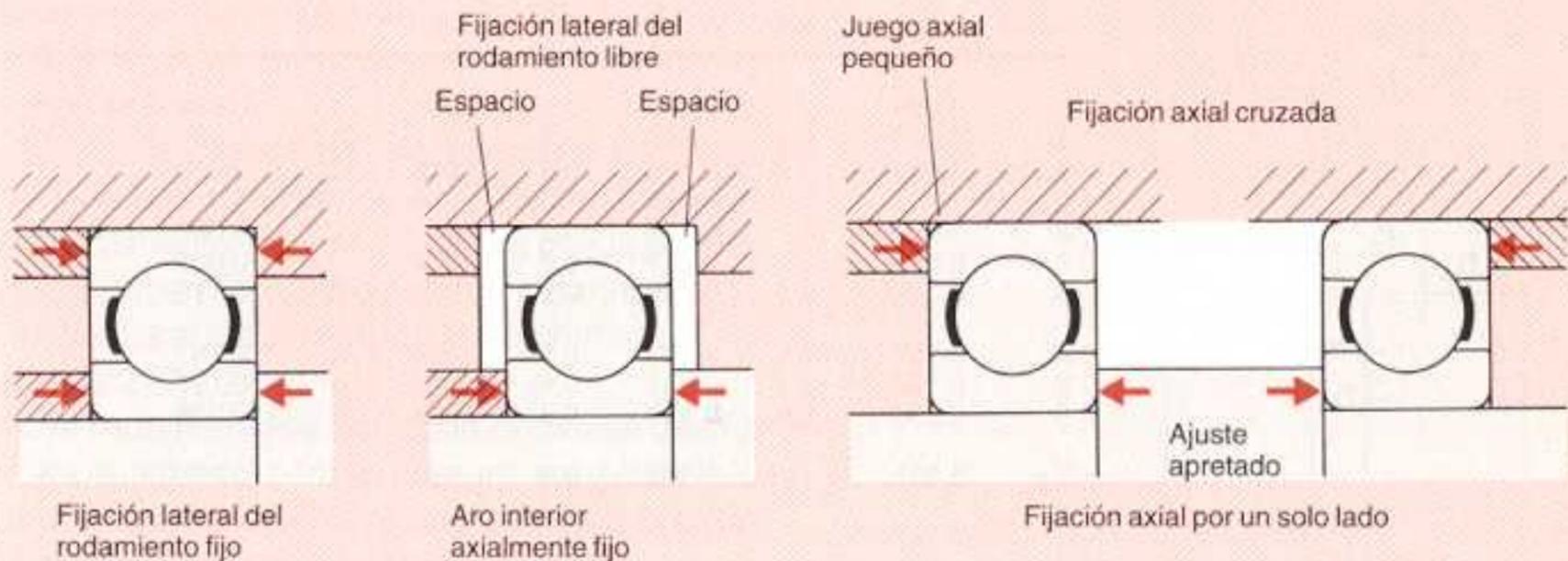
Los aros de los rodamientos fijos se deben sujetar axialmente por ambas caras.

Cuando se usan como rodamientos libres los rodamientos no desmontables, solamente se fija en sentido axial el aro que tiene el ajuste

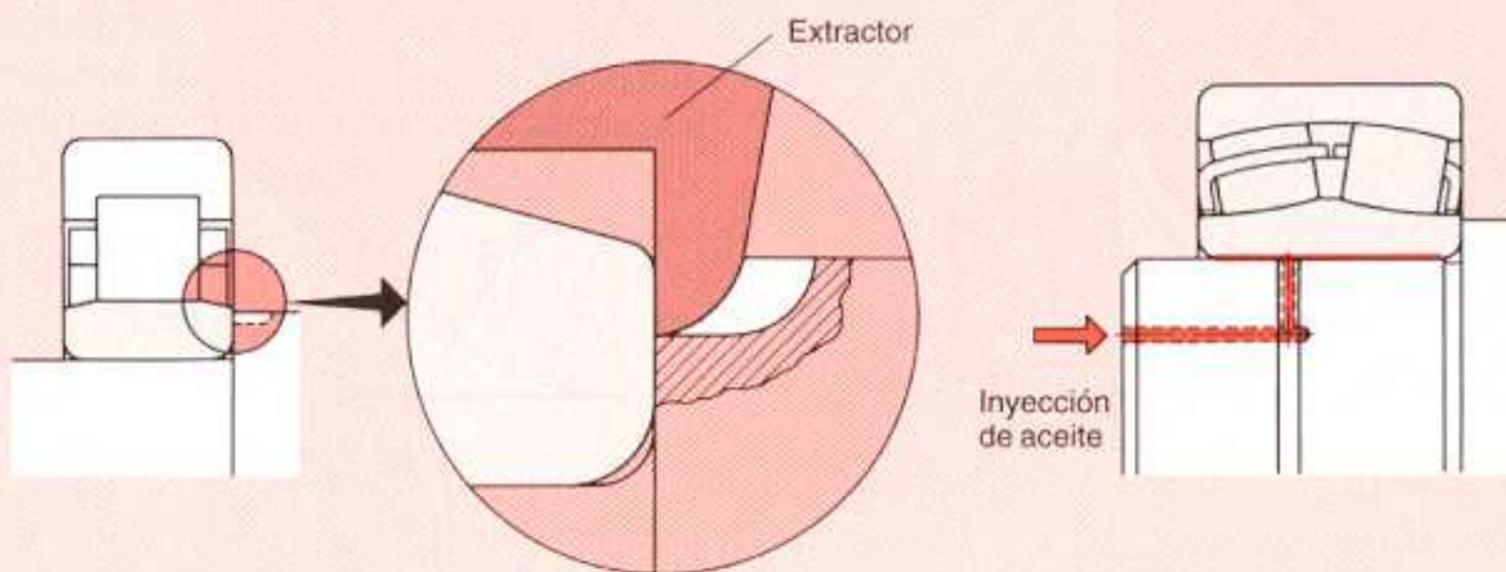
más fuerte (generalmente el aro interior), debiendo quedar el otro aro libre para moverse en sentido axial con relación a su asiento.

En disposiciones de rodamientos que absorben cada uno la carga axial en un sentido, los aros se deben fijar axialmente sólo por una cara.

**!** Los ajustes de interferencia no bastan por sí solos para fijar la posición del rodamiento.



## Preparación para el siguiente desmontaje



Ranuras mecanizadas en el eje (o soporte) para las herramientas de desmontaje ...

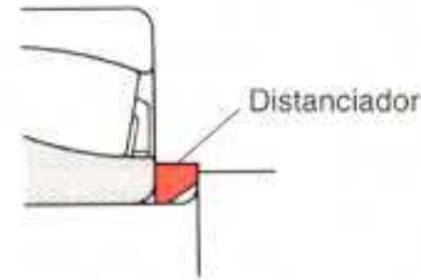
... o agujeros y ranuras para inyección de aceite a presión, ver página 97.

## Acuerdos y resaltes

Las dimensiones de los resaltes de los ejes y de los soportes, distanciadores, etc. deben proporcionar un apoyo suficientemente grande para las caras de los aros, aunque las partes giratorias del rodamiento no deben rozar con piezas fijas. Las tablas de rodamientos del Catálogo General de SKF dan las dimensiones más adecuadas para estos particulares.

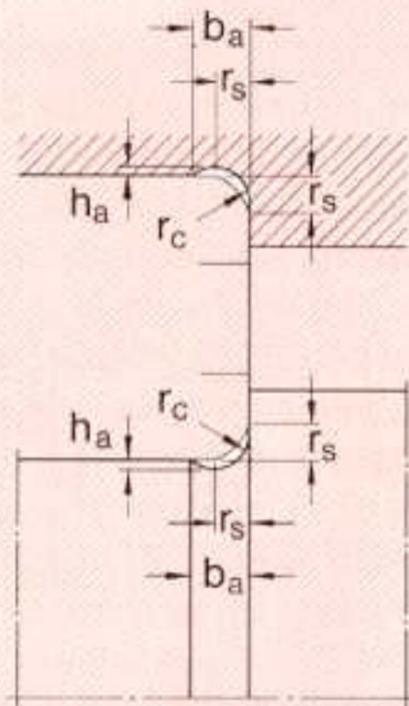
La tabla siguiente muestra las dimensiones adecuadas para los acuerdos.

Cuanto mayor sea el radio de acuerdo, tanto más favorable será la distribución de las tensiones. Los ejes muy cargados generalmente pre-



En algunos casos se deberá disponer de un distanciador entre el aro interior del rodamiento y el resalte del eje.

### Acuerdos



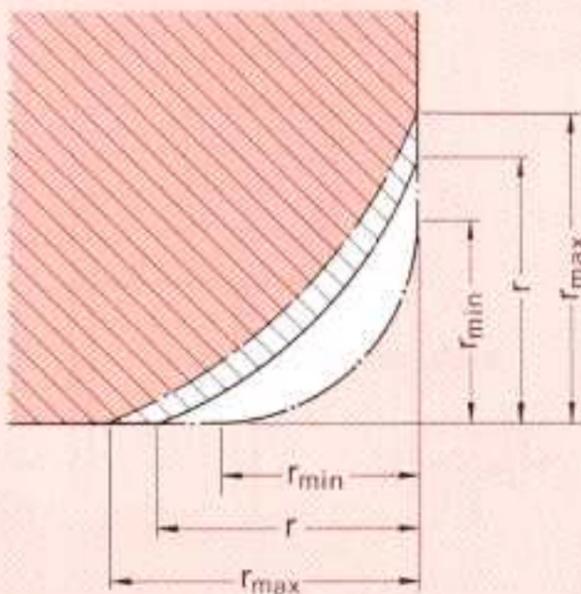
#### Radio del chaflán

#### Dimensiones del acuerdo

$r_{s \text{ min}}$		$b_a$		$h_a$		$r_c$	
mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.
1	0.039	2	0.079	0,2	0.008	1,3	0.051
1,1	0.043	2,4	0.095	0,3	0.012	1,5	0.059
1,5	0.059	3,2	0.126	0,4	0.016	2	0.079
2	0.079	4	0.157	0,5	0.020	2,5	0.098
2,1	0.083	4	0.157	0,5	0.020	2,5	0.098
3	0.118	4,7	0.185	0,5	0.020	3	0.118
4	0.157	5,9	0.232	0,5	0.020	4	0.157
5	0.197	7,4	0.291	0,6	0.024	5	0.197
6	0.236	8,6	0.339	0,6	0.024	6	0.236
7,5	0.295	10	0.394	0,6	0.024	7	0.276

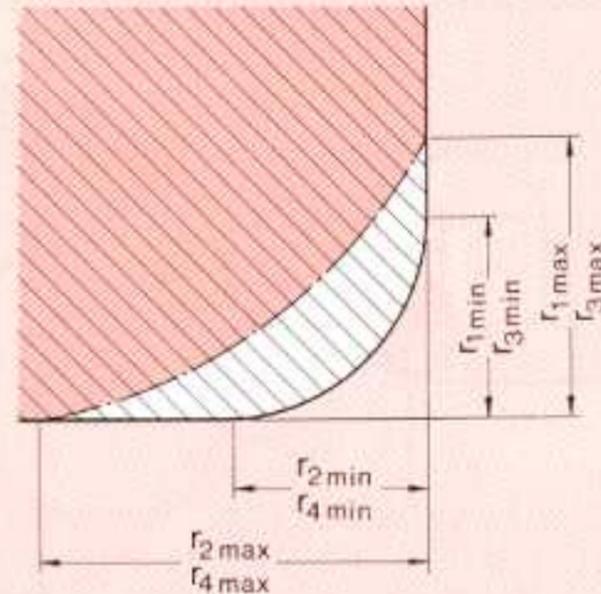
### Diseño anterior

Dimensiones de chaflanes según ISO 582-1972



### Nuevo diseño

Dimensiones de chaflanes según ISO 582-1979



El dibujo de la izquierda muestra las antiguas dimensiones de chaflanes, y el de la derecha los límites válidos ahora. Si los resaltes se hacen según las recomendaciones SKF, la intercambiabilidad de los rodamientos con chaflanes antiguos y modernos está asegurada.

cisan un gran radio. En tales casos se deberá disponer de un distanciador entre el rodamiento y el resalte con el objeto de asegurar que la superficie de contacto con el aro interior sea suficientemente grande. El distanciador debe estar rebajado junto al resalte del eje con el objeto de evitar que toque el acuerdo.

Para simplificar el desmontaje, es conveniente efectuar ranuras en los resaltes de los ejes y de los soportes para facilitar el uso de las herramientas de desmontaje, o efectuar agujeros y ranuras para la aplicación del método SKF de inyección de aceite.

### **Dimensiones de chaflanes para rodamientos de las series métricas**

Las dimensiones de chaflanes en dirección radial ( $r_1$ ,  $r_3$ ) y en dirección axial ( $r_2$ ,  $r_4$ ) que se dan en las tablas de rodamientos son los valores mínimos prescritos de acuerdo con ISO 582-1979, es decir, que las dimensiones nominales ya no se indicarán más.

Los límites máximos adecuados de los chaflanes, que son importantes a la hora de determinar las dimensiones de los radios de los resaltes, aparecen en las tablas en la columna "Límites para las dimensiones de chaflanes", páginas 277 a 279.

Los rodamientos con las dimensiones de chaflanes antiguas y con las nuevas, son totalmente intercambiables, siempre que los resaltes estén diseñados según las recomendaciones.

### **Dimensiones de chaflanes para rodamientos en pulgadas**

En la tabla "Límites de dimensiones de chaflanes" (páginas 277 a 279) se indican los límites máximos adecuados para rodamientos en pulgadas, lo cual es importante cuando se dimensionan los acuerdos y resaltes.

## **Tolerancias, juegos y ajustes para los rodamientos de las series en pulgadas**

En la sección "Tablas" de las páginas 250 a 333, se pueden hallar estos valores para todos los rodamientos SKF de las series métricas y sus respectivas conversiones en pulgadas.

# Designaciones de los rodamientos

Todo rodamiento SKF de las series métricas se identifica por una designación básica que normalmente consta de tres, cuatro o cinco cifras, o bien, de una combinación de letras y cifras.

La ilustración de la página siguiente muestra el sistema básico de designaciones para los tipos de rodamientos más comunes.

Las cifras (o las letras y las cifras) identifican las siguientes características en el mismo orden aquí consignado:

- La primera cifra en la designación básica o alternativamente, la primera letra o combinación de letras denota el tipo de rodamiento. Los tipos de rodamientos identificados por estas designaciones se pueden hallar en el diagrama de la página siguiente y en el texto que le acompaña.
- La segunda y la tercera cifra denotan la Serie de Dimensiones (según ISO). La primera cifra identifica la relación de anchura o de altura (B o T para la anchura y H para la altura) y la otra indica la Serie de Diámetros (D).
- Las dos últimas cifras de la designación básica indican después de multiplicadas por 5, el diámetro del agujero  $d$  en milímetros.

En ciertos casos, se omite la cifra que indica el tipo de rodamiento y/o la primera cifra de la Serie de Dimensiones. Estas cifras omitidas se muestran entre corchetes en la ilustración.

## Designaciones de tipos de rodamientos

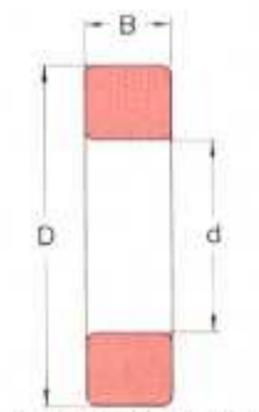
- 0** Rodamientos de dos hileras de bolas con contacto angular.
- 1** Rodamientos de bolas a rótula
- 2** Rodamientos de rodillos a rótula y rodamientos axiales de rodillos a rótula
- 3** Rodamientos de rodillos cónicos
- 4** Rodamientos rígidos de dos hileras de bolas
- 5** Rodamientos axiales de bolas
- 6** Rodamientos rígidos de una hilera de bolas
- 7** Rodamientos de una hilera de bolas con contacto angular
- 8** Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos
- N** Rodamientos de rodillos cilíndricos  
A continuación de la letra N se puede añadir una o dos letras que denotan la configuración de la pestaña, por ejemplo NJ, NU, NUP, etc. Las designaciones para rodamientos con dos o más hileras de rodillos comienzan con las letras NN.

### Rodamientos de agujas

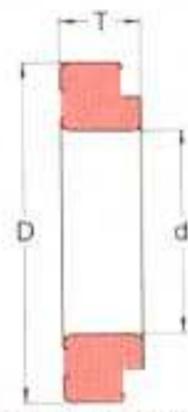
Las designaciones de los rodamientos de agujas normalmente comienzan con las letras NA o NK.

- QJ** Rodamientos de bolas con cuatro puntos de contacto
- T<sup>\*)</sup>** Rodamientos de rodillos cónicos  
Rodamientos con dimensiones según ISO 355  
Los rodamientos de rodillos cónicos pertenecientes a series en conformidad con normas americanas se clasifican aparte.

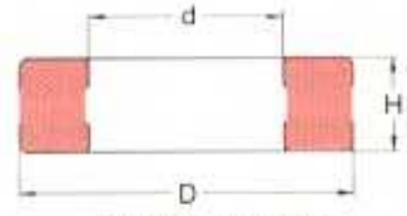
<sup>\*)</sup> La designación T se usa exclusivamente para las series más modernas.



Rodamiento radial



Rodamiento de rodillos cónicos



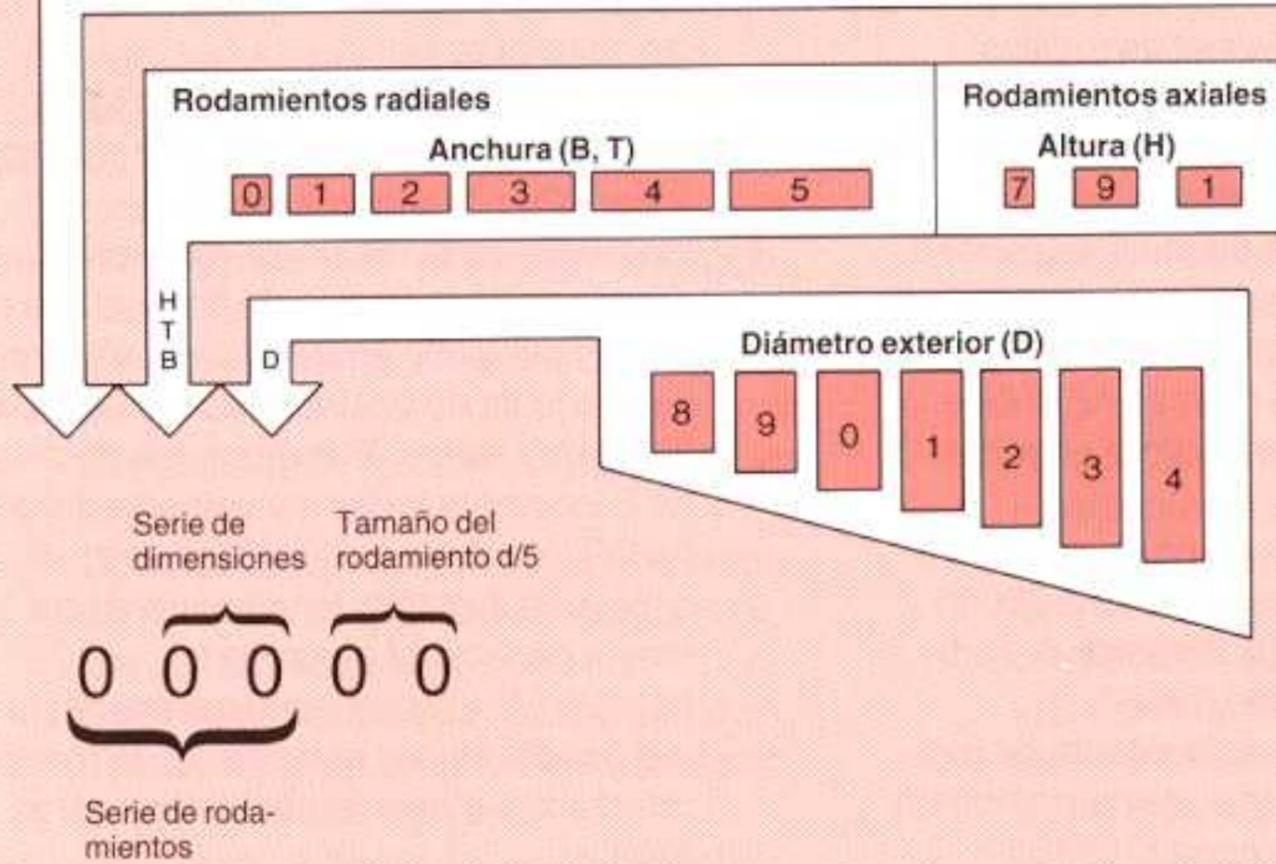
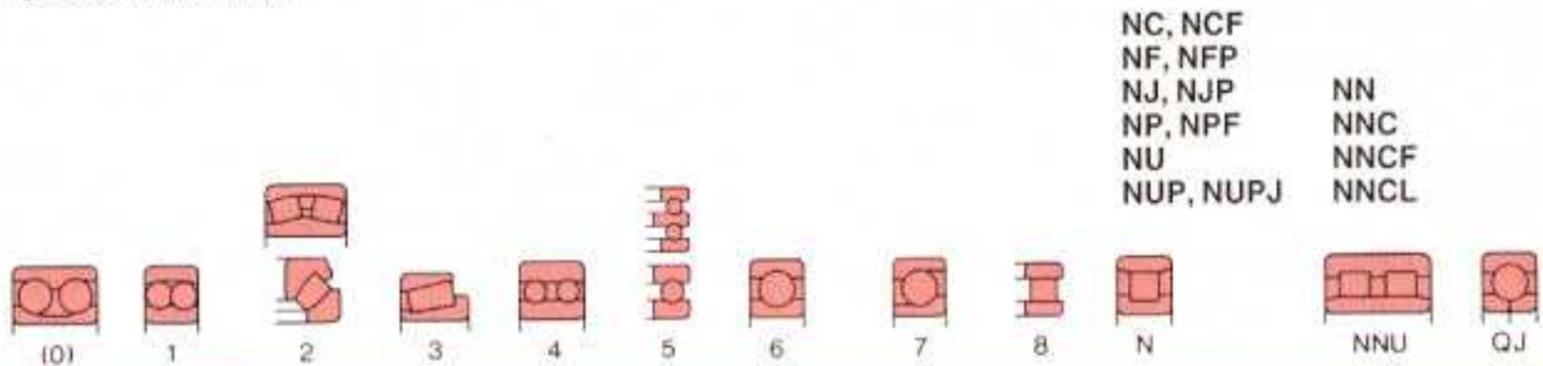
Rodamiento axial

### Diagrama del sistema de designaciones básicas para los rodamientos

Serie de rodamientos

	223				544		(0)4			
	213				524		33			
	232				543	6(0)4	23			
	222				523	623	(0)3			
	241				542	6(0)3	22			
	231				522	(60)3	12			
	240					622	(0)2			
	230	323			534	6(0)2	31			
	249	313			514	(60)2	30			
	239	303			533	16(0)1	20		41	
	122	248	332		513	630	7(0)4	814	10	31
	104	238	322		532	6(1)0	7(0)3	894	39	50
(0)54	(1)23		302		512	16(0)0	7(0)2	874	29	40
(0)53	1(0)3		331		511	619	7(1)0	813	19	30
(0)52	(1)22	294	330		510	609	719	893	38	49
(0)33	1(0)2	293	320	4(2)3	590	618	718	812	28	39
(0)32	1(1)0	292	329	4(2)3	391	608	708	811	18	48
										23
										(0)3
										12
										(0)2
										10
										19

### Tipos de rodamientos



Ejemplo: 22316 CC/C3W33

Sufijo, ver en las páginas siguientes

# Designaciones adicionales

Las designaciones completas de los rodamientos SKF, así como las de sus componentes y accesorios, están formadas por la designación básica y pueden incluir una o más designaciones adicionales. La designación básica generalmente se compone de una identificación del tipo de rodamiento (una cifra, una letra o una combinación de letras), la designación de la serie y la identificación del diámetro del agujero; por ejemplo 23216 ó NU 212. Las designaciones adicionales se colocan antes de la designación básica (prefijo) o después (sufijo). Los prefijos sirven para identificar los componentes de rodamientos. Los sufijos se usan para identificar diseños que de algún modo difieren del diseño original (variante), o que difieren del diseño normal de producción actual.

Para más detalles en cuanto a la estructura de las designaciones básicas y de las designaciones adicionales utilizadas por SKF, se puede consultar el folleto Información de Productos 100, "Designaciones de productos para rodamientos y accesorios", los cuales se pueden suministrar a petición del usuario. Las designaciones adicionales más comúnmente usadas se relacionan a continuación acompañadas de una explicación de su significado.

## Prefijos

- GS** Arandela de alojamiento de un rodamiento axial de rodillos cilíndricos  
Ejemplo: GS 81107 – Arandela de alojamiento del rodamiento axial de rodillos cilíndricos 81107
- K** Corona de rodillos (jaula con rodillos) de un rodamiento axial de rodillos cilíndricos
- K-** Aro interior con corona de rodillos (cono) o aro exterior (copa) de un rodamiento de rodillos cónicos perteneciente a una serie que corresponde a las normas AFBMA y con dimensiones generalmente en pulgadas  
Ejemplos: K-09067 – cono de rodamiento de rodillos cónicos de la serie 09000  
K-09195 – copa de rodamiento de rodillos cónicos de la serie 09000  
K-09067/ K-09195 – rodamiento de rodillos cónicos completo que comprende un cono K-09067 y una copa K-09195

- L** Aro suelto (interior o exterior) de un rodamiento separable  
Ejemplos: LNU 207 – aro interior del rodamiento de rodillos cilíndricos NU 207  
L 30207 – aro exterior del rodamiento de rodillos cónicos 30207
- R** Rodamiento separable, sin su aro suelto (interior o exterior)  
Ejemplos: RNU 207 – aro exterior y corona de rodillos del rodamiento de rodillos cilíndricos NU 207  
R 30207 – aro interior y corona de rodillos del rodamiento de rodillos cónicos 30207
- WS** Arandela de eje de un rodamiento axial de rodillos cilíndricos

## Sufijos

Cuando la designación de un producto incluye varios sufijos, éstos se disponen en el siguiente orden: diseño interno, diseño externo, jaula y otras características del rodamiento. Los sufijos del cuarto grupo (otras características del rodamiento) siempre van precedidos de una barra inclinada que los separa de la designación básica o del sufijo anterior.

### Diseño interno

- A** Diferencias o modificaciones en el diseño
- B** interno del rodamiento
- C** Ejemplos: 7205 BE – rodamiento de una
- D** hilera de bolas, con contacto angular,
- E** ángulo de contacto 40° y corona de bolas reforzada  
23022 CC – rodamiento de rodillos a rótula con camino de rodadura mejorado y por tanto, menor rozamiento  
22218 E – rodamiento de rodillos a rótula con un anillo guía dirigido hacia el aro exterior y centrado en las jaulas, utilizándose una jaula de chapa de acero para cada hilera de rodillos. El rodamiento de diseño E incorpora todas las ventajas del diseño CC, e incluye más rodillos de igual o mayor diámetro y longitud para una mayor capacidad de carga  
NU 205 EC – rodamiento de una hilera de rodillos cilíndricos con corona de rodillos reforzada y mayor capacidad de carga axial

## Diseño externo

<b>CA</b>	Rodamiento de una hilera de bolas con contacto angular para apareamiento al azar (en tándem, espalda con espalda o frente a frente). En las disposiciones espalda con espalda y frente a frente, los rodamientos tendrán un juego interno axial pequeño (CA), normal (CB) o mayor que el normal (CC) antes del montaje
<b>CB</b>	
<b>CC</b>	
<b>-2F</b>	Chapas de acero deflectoras en ambos lados del rodamiento (rodamientos Y)
<b>-2FF</b>	Chapas de acero deflectoras flocadas en ambos lados del rodamiento (rodamientos Y)
<b>G</b>	Rodamientos de una hilera de bolas con contacto angular para apareamiento al azar (en tándem, espalda con espalda o frente a frente). En las disposiciones espalda con espalda y frente a frente, los rodamientos tendrán un cierto juego interno axial antes del montaje
<b>GA</b>	Rodamientos de una hilera de bolas con contacto angular para apareamiento al azar (en tándem, espalda con espalda o frente a frente). En las disposiciones espalda con espalda y frente a frente, los rodamientos tendrán una precarga ligera (GA), media (GB) o elevada (GC) antes del montaje
<b>GB</b>	
<b>GC</b>	
<b>K</b>	Agujero cónico, conicidad 1:12
<b>K30</b>	Agujero cónico, conicidad 1:30
<b>-LS</b>	Obturación de contacto (rozante) en un lado del rodamiento, aro interior sin ranura para la obturación
<b>-2LS</b>	Obturaciones LS en ambos lados del rodamiento
<b>N</b>	Ranura para anillo elástico en la superficie cilíndrica externa del aro exterior
<b>NR</b>	Igual que N, pero con el anillo incorporado
<b>N2</b>	Dos ranuras de fijación (a 180°) en el aro exterior
<b>PP</b>	Obturaciones rozantes en ambos lados del rodamiento (rodillos de apoyo, rodillos de leva con eje)
<b>RS</b>	Obturación rozante de caucho sintético o poliuretano en un lado del rodamiento (rodamientos de agujas)
<b>-RS1</b>	Obturación rozante de caucho sintético con refuerzo de chapa de acero en un lado del rodamiento
<b>-2RS1</b>	Obturaciones RS1 en ambos lados del rodamiento
<b>.2RS</b>	Obturación RS en ambos lados del rodamiento (rodamientos de agujas)
<b>-RZ</b>	Obturación de caucho sintético de bajo rozamiento con refuerzo de chapa de acero en un lado del rodamiento
<b>-2RZ</b>	Obturaciones RZ en ambos lados del rodamiento
<b>X</b>	1. Dimensiones generales modificadas para adaptarlas a las normas ISO 2. Superficie de rodadura cilíndrica (rodillos de apoyo, rodillos de leva con eje)
<b>-Z</b>	Placa de protección (no rozante) en un lado del rodamiento
<b>-2Z</b>	Placas de protección Z en ambos lados del rodamiento
<b>-ZN</b>	Placa de protección Z en un lado del rodamiento y ranura para anillo elástico en el aro exterior del rodamiento en el lado opuesto
<b>-2ZN</b>	Placas de protección Z en ambos lados del rodamiento y ranura para anillo elástico en el aro exterior
<b>-ZNR</b>	Igual que -ZN, pero con el anillo elástico
<b>-2ZNR</b>	Igual que -2ZN, pero con el anillo elástico

## Jaula

<b>F</b>	Jaula mecanizada de acero o de fundición especial
<b>J</b>	Jaula estampada de chapa de acero
<b>L</b>	Jaula mecanizada de aleación ligera
<b>M</b>	Jaula mecanizada de latón
<b>MP</b>	Jaula mecanizada de latón, tipo ventana
<b>P</b>	Jaula moldeada de poliamida 6,6 reforzada con fibra de vidrio
<b>TN</b>	Jaula de plástico moldeado
<b>Y</b>	Jaula estampada de chapa de latón

Para indicar cómo está guiada la jaula en el rodamiento, el sufijo que identifica la jaula puede tener a continuación una letra A o B. La A indica que la jaula está centrada en el aro exterior, mientras que la B indica que está centrada en el aro interior. La ausencia de cualquier letra adicional indica que la jaula está centrada en los elementos rodantes

Ejemplo: MA – jaula mecanizada de latón, centrada en el aro exterior

Los sufijos de las jaulas también pueden estar seguidos por cifras que indican diferentes diseños o materiales

Ejemplo: TN9 – jaula moldeada de poliamida 6,6 reforzada con fibra de vidrio

- V** Rodamiento lleno de bolas o de rodillos, sin jaula
- VH** Rodamiento lleno de rodillos, con el conjunto de rodillos no separable (rodamientos de rodillos cilíndricos)

## Otras características de los rodamientos

Los sufijos de este grupo deben estar precedidos por una barra inclinada que no se incluye en la siguiente relación

### Precisión

- CLN** Corresponde a ISO clase 6X para rodamientos de rodillos cónicos (series métricas), (tolerancias reducidas de anchura)
- CL0** Corresponde a ISO clase 0, (rodamientos de rodillos cónicos de las series en pulgadas)
- CL3** Corresponde a ISO clase 3 (rodamientos de rodillos cónicos de las series en pulgadas)
- CL7A** Clase estándar de rodamiento de rodillos cónicos para disposiciones de piñones
- CL7C** Clase especial de rodamiento de rodillos cónicos para disposiciones de piñones
- P4** Precisión en dimensiones y exactitud de giro según ISO clase 4 (más precisa que P5)
- P4A** Precisión en dimensiones según ISO clase 4 y exactitud de giro según AFBMA clase ABEC 9
- P5** Precisión en dimensiones y exactitud de giro según ISO clase 5 (más precisa que P6)
- P6** Precisión en dimensiones y exactitud de giro según ISO clase 6
- PA9A** Precisión en dimensiones y exactitud de giro según AFBMA clase ABEC 9
- PA9B** Precisión en dimensiones según AFBMA clase ABEC 9, exactitud de giro superior a PA9A

**SP** Precisión en dimensiones aproximadamente igual a P5, exactitud de giro aproximadamente igual a P4

**UP** Precisión en dimensiones aproximadamente igual a P4, exactitud de giro superior a P4

### Juego interno, clases C

- C1** Juego interno menor que C2
  - C2** Juego interno menor que el Normal
  - C3** Juego interno mayor que el Normal
  - C4** Juego interno mayor que C3
  - C5** Juego interno mayor que C4
- La letra C se omite cuando se usa con los sufijos P4, P5 ó P6.  
Ejemplo: P6 + C2 = P62

### Vibración, clases Q

- QE5** Clase especial para motores eléctricos, precisión en dimensiones y exactitud de giro según P6 para aplicaciones que precisen un nivel muy bajo de ruido
- QE6** Clase normal para motores eléctricos, para aplicaciones que precisen un bajo nivel de ruido
- Q05** Picos de vibraciones sumamente bajos
- Q06** Picos de vibraciones inferiores a los normales
- Q5** Nivel de vibraciones sumamente bajo (sustituye a C7)
- Q6** Nivel de vibraciones inferior al normal (sustituye a C6)
- Q55** Q5 + Q05
- Q66** Q6 + Q06

### Estabilización

Los aros de los rodamientos están dimensionalmente estabilizados para las siguientes temperaturas de funcionamiento

- S0** Hasta +150 °C
- S1** Hasta +200 °C
- S2** Hasta +250 °C
- S3** Hasta +300 °C
- S4** Hasta +350 °C

### Características de relubricación

- W20** Tres agujeros de lubricación en el aro exterior del rodamiento
- W26** Seis agujeros de lubricación en el aro interior del rodamiento
- W33** Ranura y tres agujeros de lubricación en el aro exterior del rodamiento
- W33X** Ranura y seis agujeros de lubricación en el aro exterior del rodamiento
- W513** W26 + W33
- W518** W20 + W26

### Lubricantes

Los sufijos que identifican las grasas con que han sido lubricados los rodamientos, constan de letras que indican el campo de temperaturas y de un código de dos cifras que designan la grasa propiamente dicha. Se emplean las letras siguientes:

- HT** Grasa para altas temperaturas  
(-20 a +130 °C)
- LHT** Grasa para bajas y altas temperaturas  
(-40 a +140 °C)
- LT** Grasa para bajas temperaturas  
(-50 a +80 °C)
- MT** Grasa para temperaturas medias  
(-30 a +110 °C)

El sufijo MT solamente se emplea cuando la grasa no es la generalmente usada en el rodamiento en cuestión. Las cantidades de grasa que difieren de la normal (de un 25 a un 35 % del espacio libre del rodamiento) se identifican mediante una letra adicional:

- A cantidad de grasa inferior a la normal  
B cantidad de grasa superior a la normal  
C cantidad de grasa mayor que B

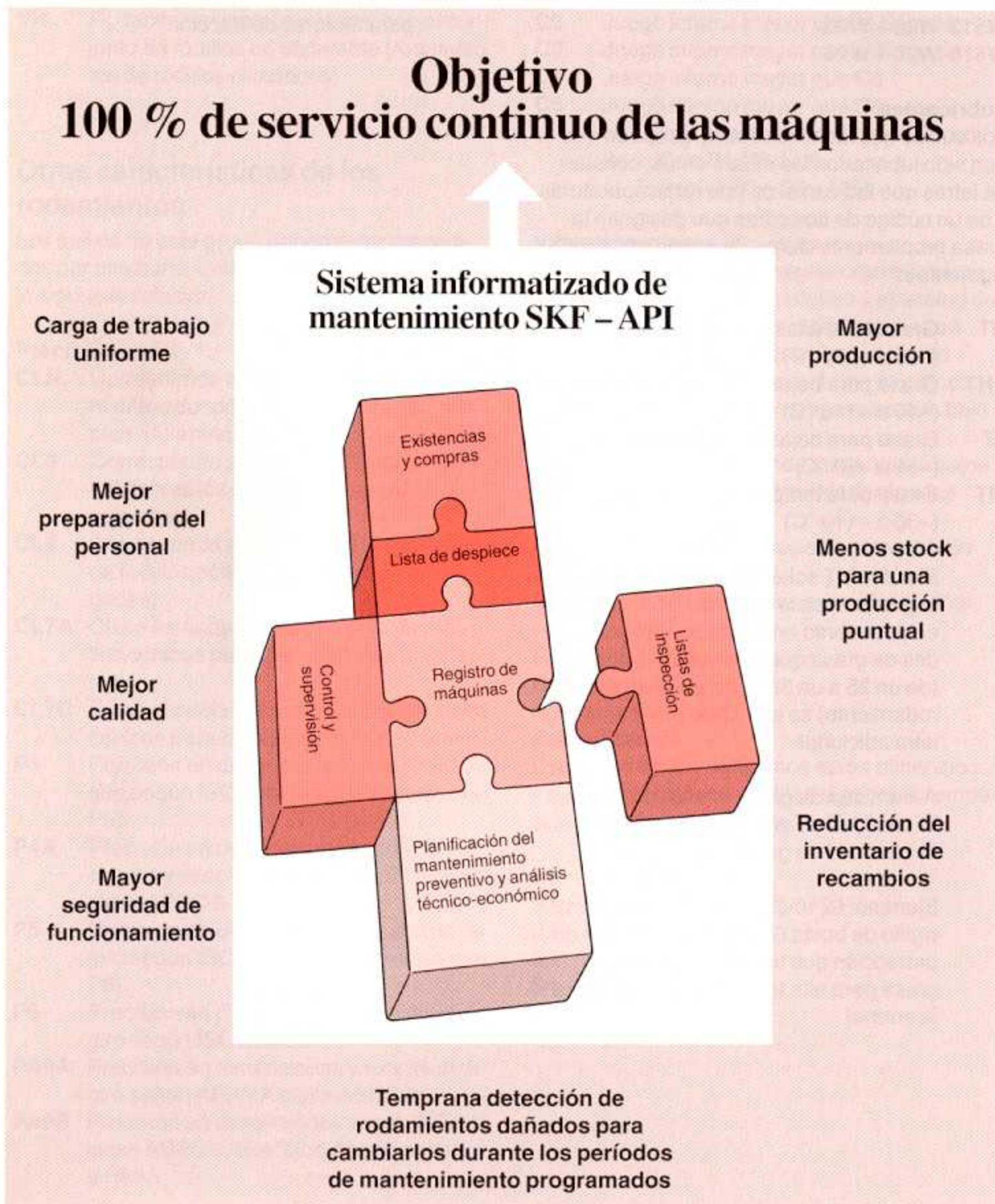
Ejemplo: 6210-2Z/HT51B – rodamiento rígido de bolas 6210 con dos placas de protección que tiene una cantidad de grasa para alta temperatura, superior a la normal

### Otras características

Las combinaciones de la letra V con otra letra (por ejemplo VA) y una combinación de tres cifras indican diferencias con respecto al diseño estándar no cubiertas por alguno de los sufijos establecidos.

- VA201** Rodamientos para carros de horno
- VA301** Rodamientos de rodillos cilíndricos para motores de tracción

# Control de mantenimiento informatizado para una mayor productividad



A medida que el costo y la complejidad de la maquinaria aumenta cada vez más, la aplicación de métodos fiables de mantenimiento resulta cada vez más importante. El nuevo sistema informatizado de mantenimiento de SKF – API – ayuda a los usuarios a minimizar en lo posible el tiempo de interrupción del trabajo de las máquinas por razones de mantenimiento.

El sistema informatizado de mantenimiento de SKF – API – beneficia a los usuarios aumentando la disponibilidad operativa de los equipos y ayudando a asegurar un uso eficaz de los recursos humanos. Reduce la inversión en equipos de capital y disminuye los gastos en recambios. Se puede usar con un ordenador personal, en redes y con una amplia gama de sistemas de miniordenadores.

La estructura modular del software de este sistema permite a SKF suministrar programas hechos a la medida del cliente. Consulte con su representante SKF para más información.

# ¿Qué buscar durante el funcionamiento del rodamiento?

La comprobación de las condiciones de las máquinas en funcionamiento y la planificación que éstas necesitan resulta cada día más importante. Los rodamientos se están convirtiendo en el centro de atención por constituir un factor vital en todas las máquinas con partes giratorias. La supervisión de las condiciones de las máquinas se están convirtiendo en una actividad de rápido crecimiento en el campo del mantenimiento preventivo. Una temprana indicación del daño de un rodamiento permite cambiarlo durante los intervalos de mantenimiento programados regularmente para los equipos y con ello evitar una parada imprevista del equipo como consecuencia del fallo de un rodamiento.

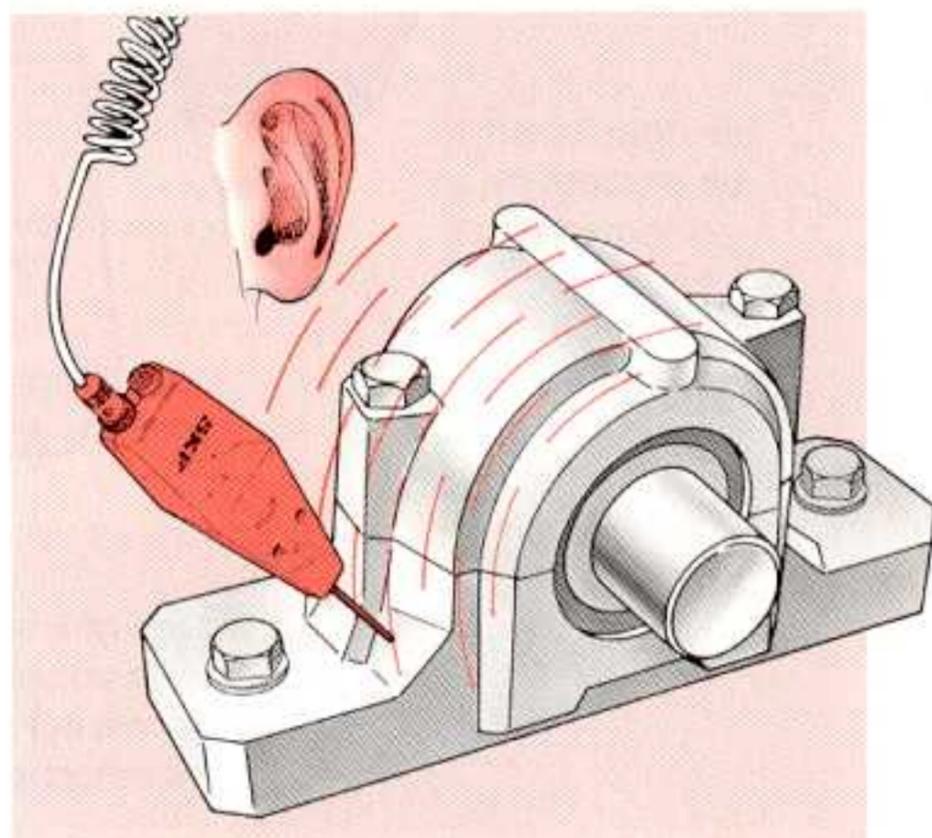
Los rodamientos de las máquinas que funcionan en condiciones críticas o en entornos muy severos necesitan comprobaciones frecuentes. Hoy día existen muchos sistemas y/o instrumentos para supervisar rodamientos disponibles en el mercado. La mayoría de ellos están basados en la medición de vibraciones. Ver el capítulo sobre supervisión de condiciones en la página 48.

No obstante, por razones prácticas, no todas las máquinas o componentes de las mismas se supervisan utilizando una instrumentación avanzada. En estos casos, el operador de la máquina o el ingeniero de mantenimiento debe permanecer alerta para detectar cualquier "síntoma de problema" que puedan presentar los rodamientos. "Escuchar", "tocar" y "mirar" son tres factores importantes. Unos cuantos comentarios adicionales sobre este tema pueden resultar muy útiles.

## Escuchar

Una forma común de identificar cualquier irregularidad en el funcionamiento de una máquina consiste en escuchar el sonido que emite utilizando, por ejemplo, un estetoscopio electrónico que permite detectar cualquier ruido anormal, y hasta incluso localizarlo en el componente específico de la máquina que lo produce por un operario con experiencia. Los rodamientos en buenas condiciones de funcionamiento emiten un suave zumbido. Cuando un rodamiento rechina, cruje o emite otros sonidos irregulares, normalmente es señal de que está funcionando mal.

Los rodamientos pueden chirriar como consecuencia de una lubricación inadecuada. Cuando el rodamiento no tiene el juego interno suficiente, puede producir un sonido metálico. Las indentaciones en el camino de rodadura del aro exterior de un rodamiento pueden causar vibraciones que resultan en un sonido claro y suave. El daño de los aros provocado por golpes durante el montaje o los arañazos originan ruidos que varían según la velocidad de giro del rodamien-



to. Los ruidos intermitentes pueden indicar daños en los elementos rodantes. El sonido se produce cuando la superficie dañada roza. La suciedad en un rodamiento normalmente produce chirridos. Un rodamiento severamente dañado genera ruidos irregulares y fuertes.

Sin lugar a duda, el daño del rodamiento se puede detectar escuchando el ruido que emite pero generalmente, cuando esto ocurre el rodamiento está tan dañado que hay que cambiarlo inmediatamente. Por esta razón, es preferible utilizar, por ejemplo, alguno de los dispositivos electrónicos de control y supervisión, de SKF.

Estos nuevos dispositivos ofrecen diagnósticos más seguros y más precisos que el anterior método de colocar la punta de una varilla de madera o de un destornillador sobre el soporte del rodamiento y poner el oído en el otro extremo.

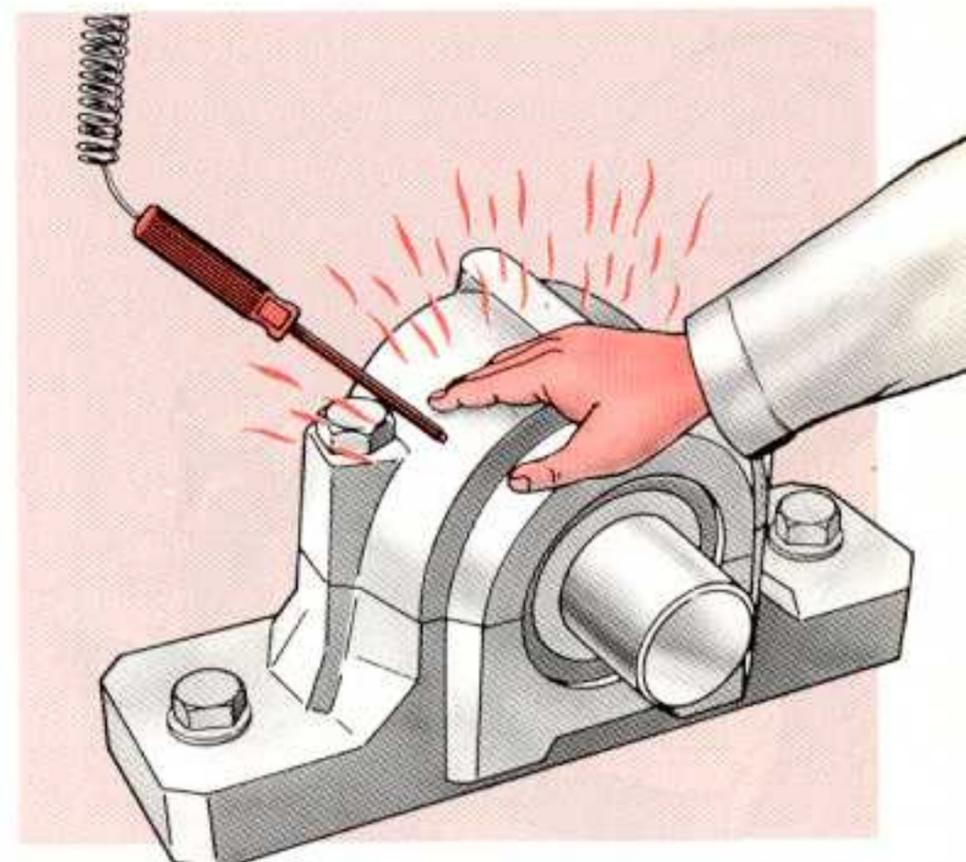
## Tocar

Una alta temperatura generalmente indica que el rodamiento está funcionando de manera anormal. Las altas temperaturas pueden ser perjudiciales para el lubricante del rodamiento. Los sobrecalentamientos algunas veces son atribuibles al lubricante. Un prolongado funcionamiento a temperaturas superiores a 125 °C puede acortar la duración del rodamiento. Entre las causas que provocan altas temperaturas en los rodamientos podemos citar la falta o el exceso de lubricación, las impurezas en el lubricante, las sobrecargas, el daño del rodamiento, la falta de holgura, y el exceso de rozamiento en las obturaciones.

Por consiguiente, se hace necesario comprobar la temperatura constantemente tanto en el propio rodamiento como en otros componentes vitales. Cualquier cambio de temperatura puede ser indicación de mal funcionamiento cuando no ha habido ninguna alteración en las condiciones de funcionamiento. Los termómetros digitales SKF, por ejemplo, están disponibles para medir la temperatura en °C y °F. Los rodamientos críticos que obligan a parar las máquinas cuando

fallan, idealmente deben estar equipados con una sonda térmica.

Cabe destacar que inmediatamente después de las operaciones de lubricación y relubricación, es perfectamente normal que se produzca un aumento de temperatura por espacio de uno o dos días.

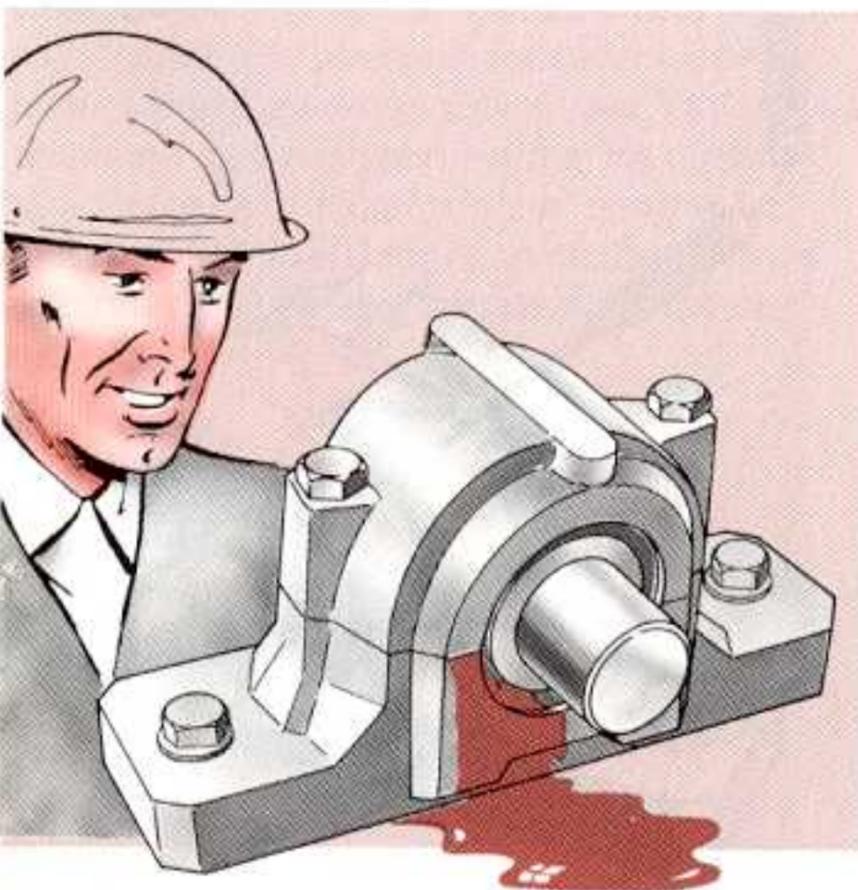


## Mirar

Un rodamiento lubricado correctamente y que esté adecuadamente protegido contra la suciedad y la humedad no debe presentar problemas de desgaste. No obstante, es aconsejable comprobar visualmente los rodamientos al descubierto y comprobar periódicamente las obturaciones. La comprobación de las condiciones de las obturaciones cercanas al rodamiento asegura que éstas no permitan la entrada de calor o de líquidos y gases corrosivos a lo largo del eje. Para asegurar el máximo de protección, los collares de protección y las obturaciones de laberinto se deben mantener bien engrasadas. Las obturaciones de fieltro y de caucho que estén gastadas se deben cambiar lo antes posible.

Además de evitar la entrada de suciedad, las obturaciones también son importantes para que el soporte del rodamiento retenga el lubricante. Cualquier fuga de lubricante en los lugares donde están colocadas las obturaciones se debe inspeccionar inmediatamente para ver si las obturaciones están gastadas o defectuosas, o si hay algún tapón flojo. Las fugas también pueden ser resultado del aflojamiento de la junta entre las superficies de contacto del soporte del rodamiento, y de la descomposición de la grasa que se licúa y suelta aceite provocando una sobrelubricación.

Los sistemas automáticos de lubricación se deben comprobar para asegurar que funcionen correctamente rellenándolos con aceite o grasa y asegurando que emitan la cantidad de lubricante adecuada. Se debe, asimismo, observar



atentamente el lubricante porque cualquier decoloración u oscurecimiento del mismo normalmente es señal de que contiene impurezas.

## Lubricar ... ... con grasa

Lubrique nuevamente las disposiciones de rodamientos conforme a las instrucciones proporcionadas por el fabricante del equipo, o siguiendo las instrucciones de lubricación que se incluyen en las páginas 204 a 247.

La relubricación se debe realizar preferiblemente durante los periodos planificados de parada del equipo. En esas ocasiones se pueden relubricar aunque sea en pequeñas cantidades. Periódicamente, se debe eliminar la grasa ya usada, o purgarla a través de los orificios del drenaje. Deben limpiarse completamente los engrasadores antes de inyectar grasa nueva. Si el alojamiento del rodamiento no dispone de engrasadores será preciso desmontar la tapa frontal o posterior del alojamiento para eliminar la grasa ya usada. A continuación se introducirá grasa nueva del mismo tipo.

SKF suministra equipos de lubricación prácticamente para cualquier aplicación de rodamientos. SKF dispone de equipos automáticos de engrase que reducen los gastos de mantenimiento simplificando el proceso de lubricación.



### ¡ADVERTENCIA!

Utilice guantes protectores siempre que sea posible. El contacto prolongado o regular con productos derivados del petróleo puede producir reacciones alérgicas.

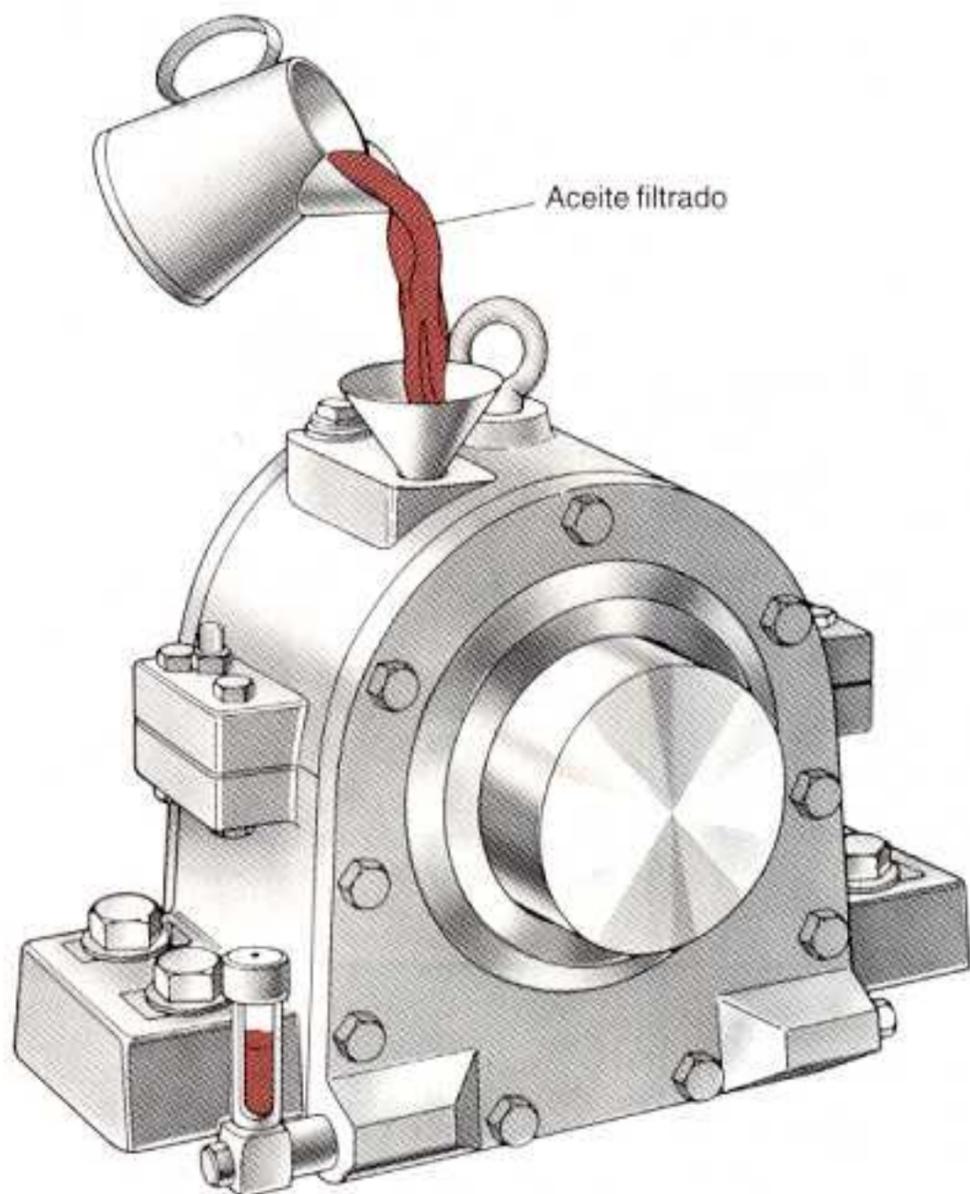
## ... o con aceite

Cuando se inspecciona el nivel de aceite de un rodamiento debe comprobarse que se utiliza el tipo de aceite adecuado y que el orificio de aireación del nivel de aceite no está obstruido.

Tome una pequeña muestra del aceite y compárela con aceite nuevo, si la muestra tiene un aspecto turbio es prueba de que se ha mezclado con agua y debe sustituirse. Si el aceite está espeso o tiene un color obscuro, puede ser debido a la presencia de suciedad o a que el aceite ha comenzado a quemarse. Sustituya el aceite completamente y, cuando sea posible, limpie el rodamiento con aceite limpio. Cuando se cambia el aceite debe comprobarse que se utiliza el mismo tipo de aceite y que se alcanza el nivel de aceite requerido.

Un método más fiable para determinar el estado de un aceite es el análisis del mismo. Si el aceite está contaminado puede ser necesario el cambio de las obturaciones o la instalación de elementos de filtrado.

El aceite de los sistemas de lubricación por baño, sólo debe sustituirse una vez al año, siempre que la temperatura de funcionamiento no sobrepase los 50 ó 60 °C y el aceite no se contamine. Si se alcanzan otras temperaturas, los cambios de aceite se realizarán con la siguiente frecuencia: trimestralmente para temperaturas de funcionamiento de 100 °C, mensualmente para temperaturas de funcionamiento de 120 °C y semanalmente para temperaturas de funcionamiento de 130 °C.



# Comprobación de estado

Existen distintos métodos que permiten controlar el estado de funcionamiento de un rodamiento y que sirven de ayuda a la hora de determinar cuándo es probable que un rodamiento falle, evitándose así costosos periodos de parada de la maquinaria. SKF ofrece no sólo una gama completa de instrumentos de medida altamente fiables sino que también pone a su disposición el software necesario para una más rápida y precisa interpretación de los resultados.

## Reducción de costes

Los datos suministrados por los equipos de control y supervisión pueden ayudar a los usuarios a evitar paradas no planificadas. Los equipos proporcionan datos instantáneos relativos al estado de funcionamiento del rodamiento; estos datos obtenidos de forma regular permiten observar las tendencias, con lo que resulta posible planificar la sustitución de los rodamientos durante los periodos de mantenimiento programados. De esta forma se ahorra tiempo y dinero, al tiempo que se facilita la adquisición en el momento oportuno de los rodamientos nuevos que sustituirán a los deteriorados.

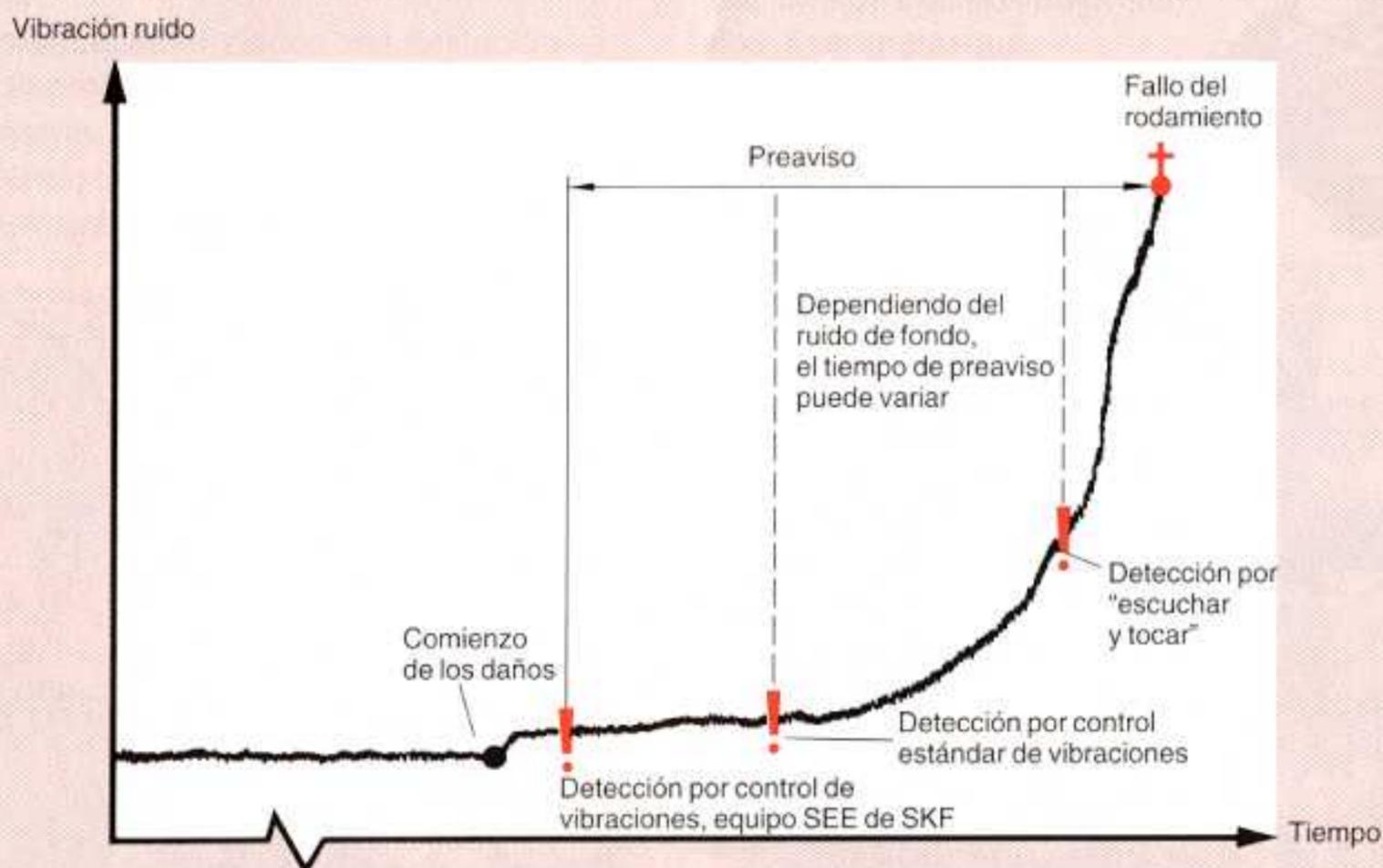
## Técnicas de monitorización

“La monitorización del estado” es un término colectivo que engloba la monitorización de la máquina con la instrumentación. Se puede efectuar continuamente o con carácter periódico.

La monitorización del estado multi-parámetro, que incluye las mediciones tradicionales de vibración de naturaleza de baja frecuencia (aceleración, velocidad, desplazamiento), envolvente basada en el tiempo para lecturas punta o normales, y la técnica conocida como mediciones SEE (Energía Espectral Emitida) son algunas de las técnicas de monitorización más practicadas.

La técnica más adecuada depende de las aplicaciones específicas de los rodamientos. A petición, SKF ofrece recomendaciones para los procedimientos de monitorización.

### Ventajas del “Condition monitoring” (control y supervisión)



*Este diagrama muestra las ventajas de un sistema de comprobación de estado que se base en el análisis de las vibraciones. La prontitud del preaviso que se consigue por este método hace que el tiempo disponible para emprender las medidas correctoras sea bastante largo, y la sustitución del rodamiento pueda planificarse correctamente.*

# El método de monitorización de Tecnología SEE

El método de Tecnología SEE difiere de los enfoques tradicionales para detectar los fallos inherentes de los rodamientos combinando la acústica de alta frecuencia con las técnicas de envolvente. Las señales envueltas de alta frecuencia pueden ser medidas y analizadas usando equipos o dispositivos diseñados para servir de interconexión con los sensores de Tecnología SEE.

El SKF SEE Pen, el CMPS 90 PICOLOG, el CMVA55 MICROLOG y el SKF MULTILOG así como el Software PRISM<sup>4</sup> son ejemplos de productos SKF diseñados para tales propósitos.

El sensor SEE es menos sensible al punto de medición en comparación con otras técnicas de medición de la vibración, aunque la posición óptima de medición está en la zona con carga del rodamiento. Tanto el sensor SEE como el SEE Pen se calibran usando una señal de emisión acústica.

El dispositivo de medición requiere un acoplamiento firme entre la superficie de la máquina y el extremo del sensor. Un acoplador, que puede ser una pequeña cantidad de grasa tal como SKF LGMT 2 o aceite ligero para máquinas, debe ser aplicado siempre al extremo del sensor antes de tomar una medición.

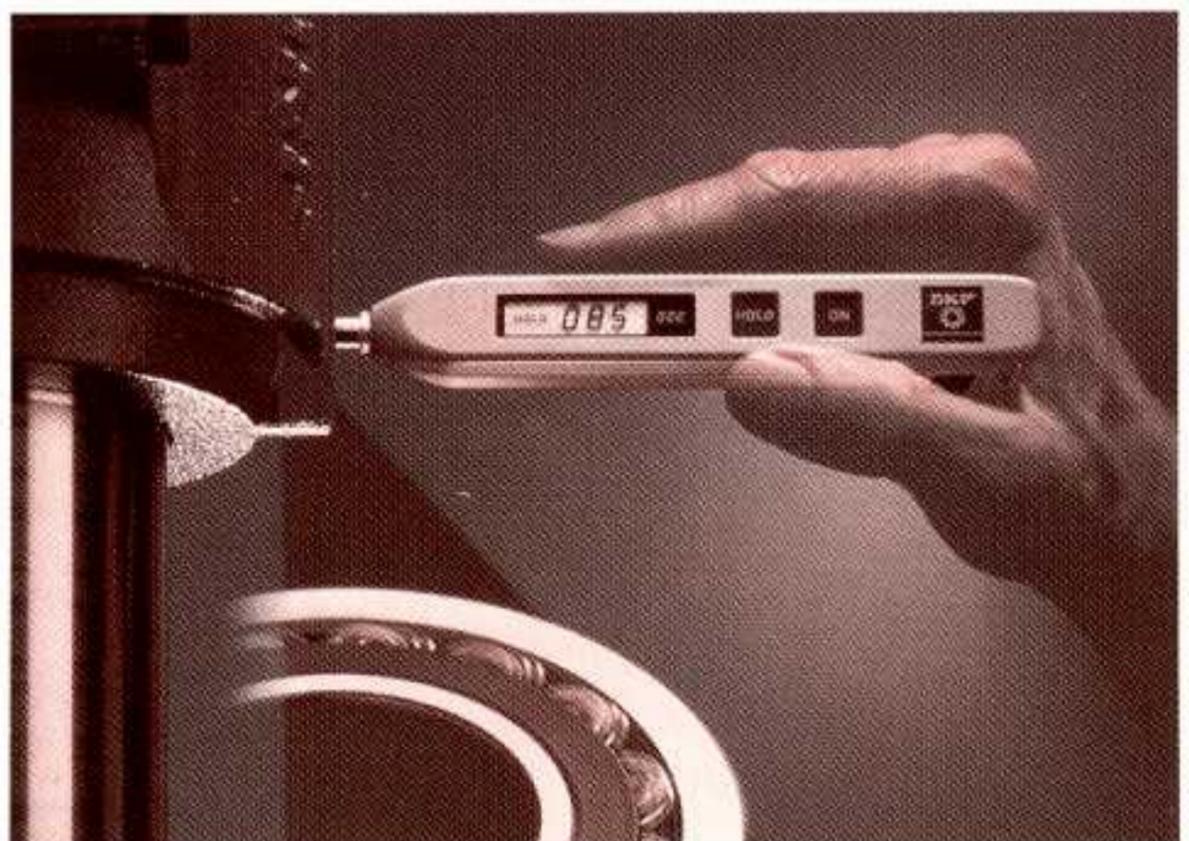


*Coloque el extremo del sensor del lápiz en la zona con carga del rodamiento, perpendicular a la superficie del soporte. La presión aplicada debe ser entre 5 y 20 N.*

Para asegurar unos datos uniformes del rodamiento se ha de tomar una serie de mediciones, siempre en la misma posición en la carcasa de la máquina.

La fatiga del material no es la única causa posible de deterioro del estado de un rodamiento, dando como resultado emisiones acústicas. El estado del rodamiento y la vida de servicio están afectados en gran medida por la instalación (corrosión por contacto), la carga, la lubricación y otros factores externos, que pueden tener efecto en las lecturas de Tecnología SEE.

*Se puede efectuar una monitorización fiable del estado de los rodamientos en funcionamiento con el SKF SEE Pen, que incorpora la Tecnología SEE patentada para la monitorización del estado de los rodamientos. El Equipo mide en una gama de frecuencias muy altas, donde las vibraciones normales de la máquina ya no están presentes. La lectura indicará problemas tales como una calidad inferior o una lubricación insuficiente, sobrecarga o rodamientos ya dañados.*



# Análisis de vibraciones

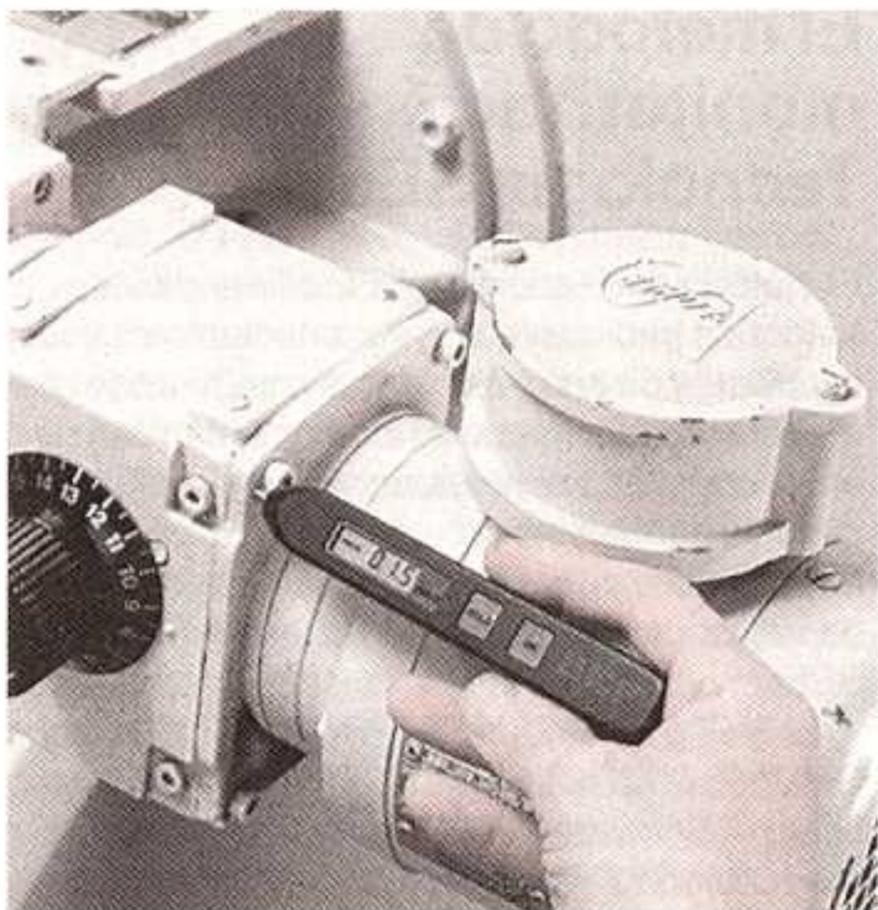
## Introducción

En el control de vibraciones, los transductores convierten un movimiento mecánico en una señal eléctrica.

Un transductor situado en una máquina recogerá una señal compuesta por una gama de frecuencias muy amplia, desde bajas frecuencias a frecuencias muy altas. Estas señales se pueden dividir en tres categorías: baja frecuencia (0 a 2 kHz), alta frecuencia (2 a 50 kHz) y muy alta frecuencia (más de 50 kHz).

La gama de frecuencias audibles por la mayor parte de las personas es la que corresponde a los sonidos entre 20 Hz y 18 kHz. Este límite superior disminuye con la edad de la persona.

Vibraciones de baja frecuencia (0 a 2 kHz), son las causadas por vibraciones de la estructura y fallos de la instalación tales como falta de alineación, desequilibrios, falta de fijación de los montajes, así como zonas deterioradas del rodamiento.



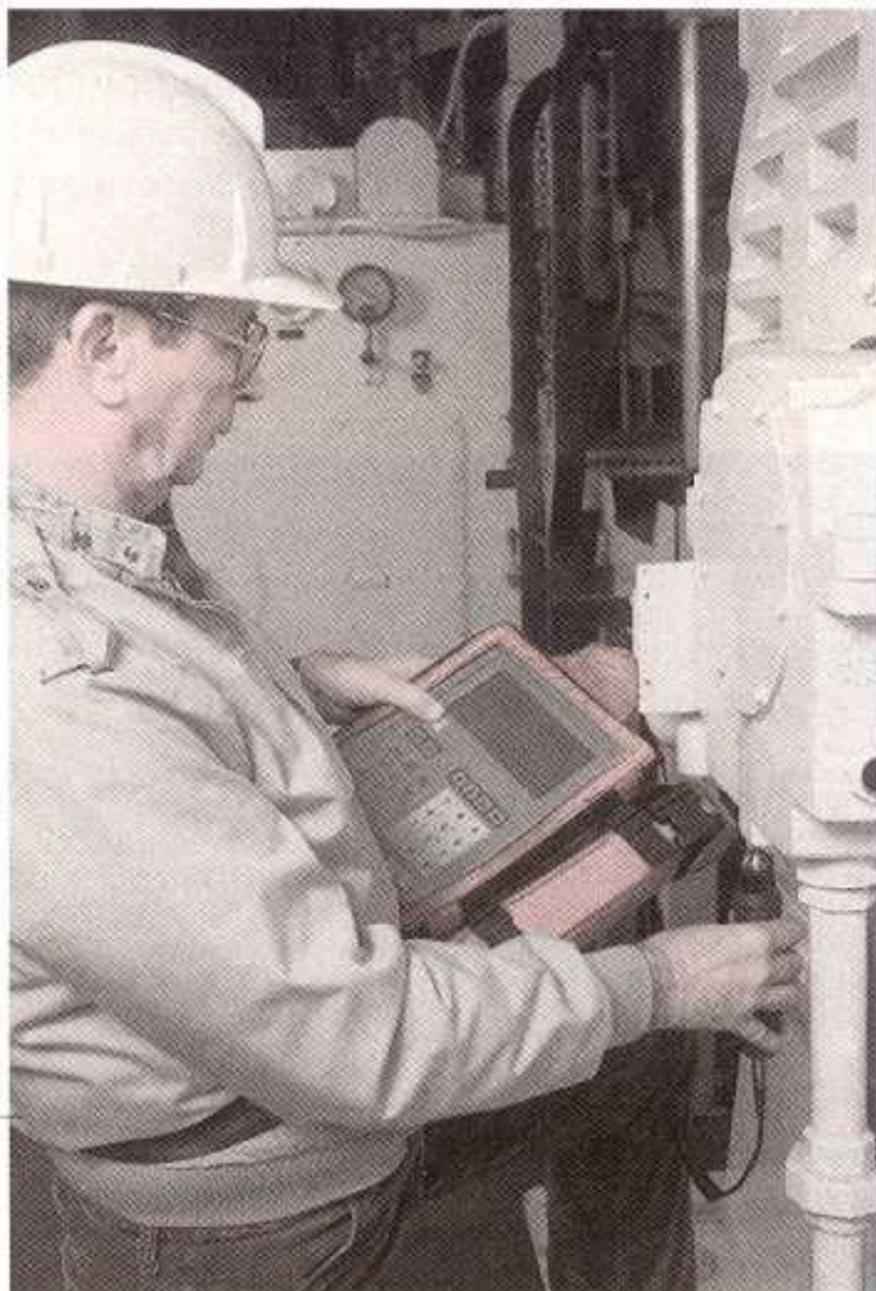
*Este instrumento de medición de vibraciones de SKF debe situarse de forma que quede perpendicular a la superficie de medición.*

Vibraciones de alta frecuencia entre 2 y 50 kHz, ocurren cada vez que se pasa sobre uno de los defectos del rodamiento. Este hecho genera pequeños impulsos que transmiten energía al alojamiento del rodamiento, éste responderá a su frecuencia natural, amortiguada por el efecto de la estructura mecánica. Si se comparan los espectros de frecuencia obtenidos durante un determinado periodo de tiempo es posible detectar un aumento en la amplitud en una de las frecuencias naturales de vibración, aumento que puede estar motivado por un defecto en el rodamiento.

Las señales de muy alta frecuencia se encuentran en la región de emisión acústica por encima de los 50 kHz, y sólo están producidas por el paso por los defectos del rodamiento y como resultado de esos contactos metálicos. Estas señales pueden detectarse mediante dispositivos muy sensibles, tales como el transductor SEE de SKF.

*La comprobación periódica de las vibraciones de una máquina, con un equipo de vibraciones de SKF, permite representar en una gráfica las tendencias en la evolución de las vibraciones. De esta forma se facilita la detección temprana de los problemas.*

*Existe un programa que permite obtener las gráficas de las tendencias en un ordenador personal.*



## Análisis de frecuencias de defectos en rodamientos

Otra posibilidad para la detección de fallos en los rodamientos mediante el control de vibraciones consiste en determinar las frecuencias normales de los defectos en los rodamientos. Cada vez que se pasa sobre un defecto del rodamiento se produce un pico en la vibración. La repetición de estos picos depende de la situación del defecto en el rodamiento (aro interior o exterior, elemento rodante, etc), de la geometría del rodamiento y de su velocidad.

SKF ha desarrollado una aplicación software, ATLAS, que sirve de ayuda para realizar esos análisis. Introduciendo el número del rodamiento SKF y su velocidad, el programa calcula automáticamente las frecuencias de defecto en el rodamiento.

$$n \text{ r/min} < 6\,000$$

$$f_{ord} = \frac{z}{2} \times \frac{n}{60} \left(1 - \frac{D_w}{d_m} \times \cos \alpha\right)$$

$$f_{ird} = \frac{z}{2} \times \frac{n}{60} \left(1 + \frac{D_w}{d_m} \times \cos \alpha\right)$$

$$f_{bd} = 2 \frac{D_w}{d_m} \times \frac{n}{60} \left(1 - \frac{D_w}{d_m}\right)^2 \times \cos^2 \alpha$$

El personal de mantenimiento ha tratado de controlar el estado de funcionamiento de los rodamientos desde la aparición de los primeros instrumentos de medida de vibraciones. Se han utilizado distintas técnicas, si bien, el denominador común de todas ellas es que la frecuencia de un defecto en el aro interior, la frecuencia de un defecto en el aro exterior y la frecuencia de un defecto en un elemento rodante son distintas. Estas frecuencias se pueden calcular a partir de las formulas correspondientes. Sin embargo es preciso saber: el número de elementos rodantes, la velocidad, el diámetro de los elementos rodantes, el diámetro efectivo (medio) y, finalmente, el ángulo de contacto.

Estos datos están disponibles, para la mayor parte de los rodamientos SKF, en el paquete software ATLAS de SKF.

Las frecuencias se pueden calcular utilizando las fórmulas que se muestran en la figura, donde

$f_{ord}$  = frecuencia de defectos en el aro exterior, en Hz

$f_{ird}$  = frecuencia de defectos en el aro interior, en Hz

$f_{bd}$  = frecuencia de defectos en el elemento rodante, en Hz

$z$  = número de elementos rodantes por hilera

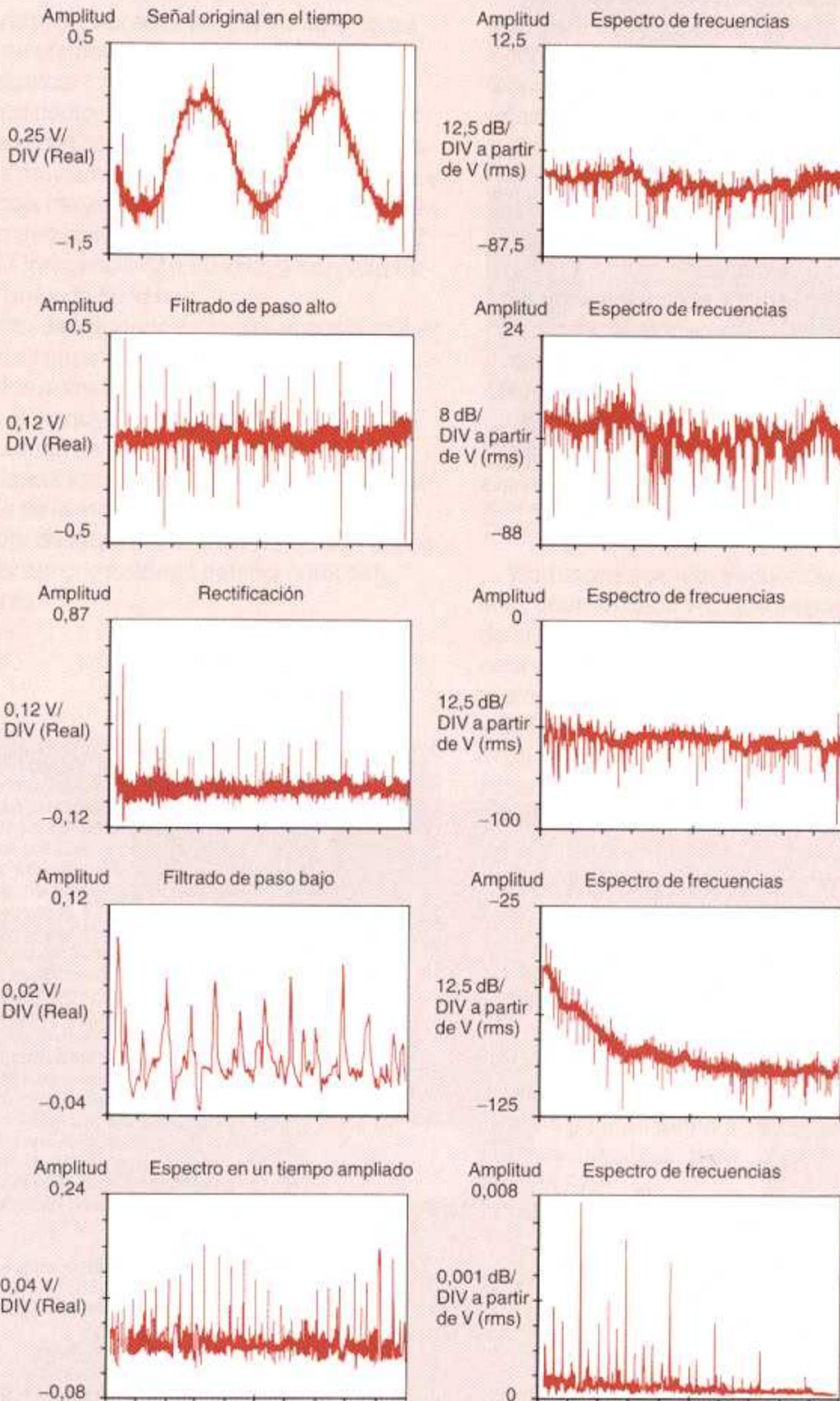
$n$  = velocidad del aro interior, en r/min

$D_w$  = diámetro del elemento rodante, en mm

$d_m$  = diámetro efectivo, en mm

$\alpha$  = ángulo de contacto en grados

## Imágenes de detección de envolvente



Las figuras muestran la pantalla del instrumento en distintas etapas del tratamiento de la señal, estas figuras corresponden a un rodamiento 6202 (rígido de bolas) con un defecto en el aro interior.

La columna de la izquierda de los diagramas muestra la amplitud en función del tiempo, y la columna de la derecha en función de la frecuencia.

## Detección de envolvente

Este método utiliza tanto el contenido de muy altas frecuencias como la repetición de bajas frecuencias en la señal de vibración del rodamiento. Para realizar esta detección de envolvente, se filtra inicialmente la señal para dejar sólo las altas frecuencias, con lo que se elimina la mayor parte del "ruido" causado por la vibración de la estructura, los errores de alineamiento, etc. Los impulsos pierden algo de energía, si bien se siguen produciendo a los mismos intervalos, ya que la frecuencia de repetición de la señal de defecto no se ve afectada por el filtrado.

### Principio de la detección de la envolvente

La detección de la envolvente es aplicable a todas las frecuencias, aunque el método se usa generalmente en la gama de bajas frecuencias. En contraste, la Tecnología SEE de SKF está basada en la detección de la envolvente de una señal de alta frecuencia, que se logra mediante el uso de un sensor SKF especialmente desarrollado. La envolvente, que indica el estado del rodamiento, es analizada en espectros de frecuencia que estén en gran medida libres de interferencias.

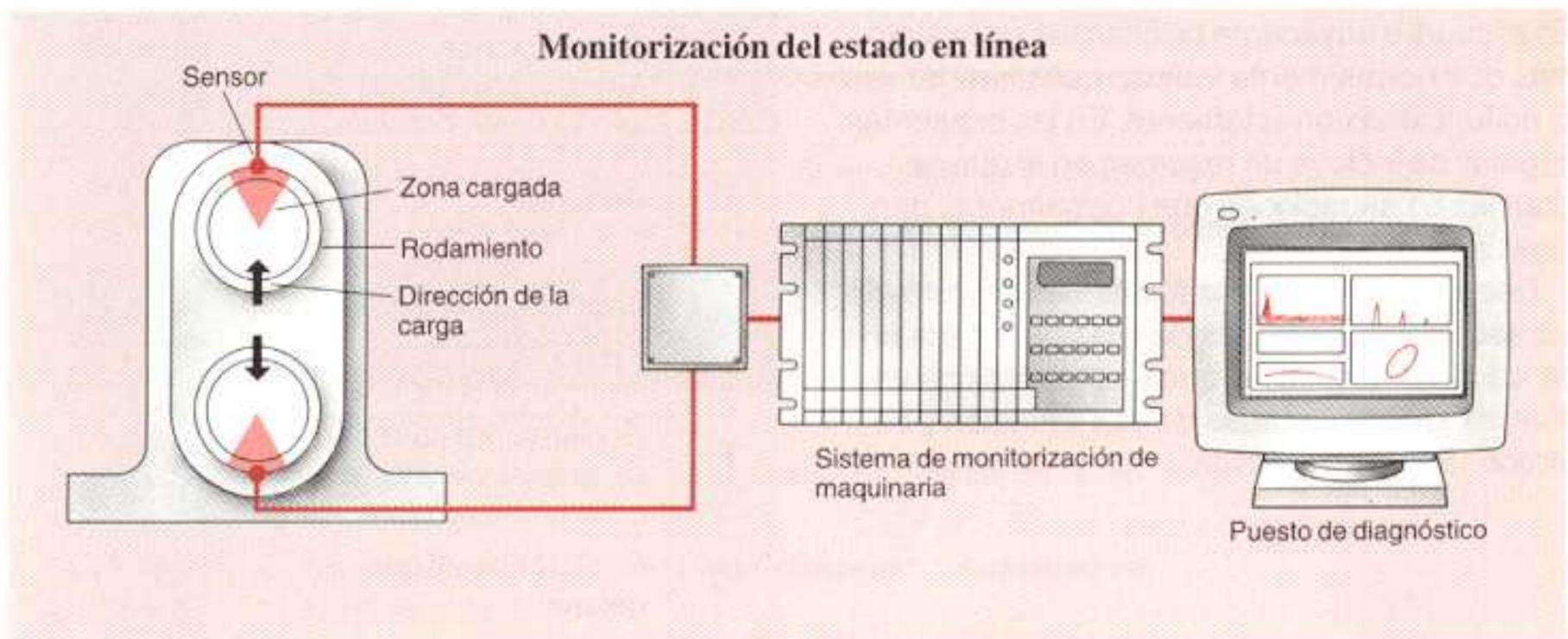
## Monitorización del estado de la maquinaria

La monitorización del estado es una forma eficaz de predecir los fallos de las máquinas o de sus componentes, con lo cual se pueden evitar las averías repentinas que ocasionan unas reparaciones caras y una paralización imprevista de la producción. Dependiendo del tipo de maquinaria, se pueden usar diferentes métodos y equipos.

La monitorización del estado se puede llevar a cabo mediante una verificación periódica utilizando instrumentos portátiles y una evaluación, inmediata o posterior, de la información.

Sin embargo, la mejor forma de proteger la maquinaria de servicio continuo, como las máquinas papeleras, es la monitorización del estado en línea, preferiblemente provista de un aviso automático que alerte cuando se alcance un nivel de estado previamente ajustado. Las aplicaciones más críticas, por ejemplo las turbinas de alta velocidad, pueden necesitar un equipo de monitorización continua que pueda parar la máquina cuando se superan unos determinados niveles de vibración.

SKF tiene una amplia gama de productos de monitorización del estado, que incluye instrumentos portátiles y equipos estacionarios para conexión en línea y parada automática.



# Diagnóstico de problemas

Los rodamientos que no funcionan correctamente muestran a menudo síntomas identificables. Esta sección muestra algunas sugerencias prácticas que pueden ayudarle a evitar que estos problemas se vuelvan a presentar. Las causas que se incluyen en la relación son las que normalmente producen esos síntomas. En los casos en que ha sido posible, se incluyen también soluciones prácticas. Cuanto mayor es el grado de daños que presente el rodamiento, mayor será el número de síntomas de interpretación dudosa que irán apareciendo. En la mayor parte de los casos, esos síntomas son a su vez el resultado de los daños secundarios producidos por el defecto original. Para diagnosticar correctamente la causa de los problemas en los rodamientos es necesario analizar los síntomas que primero se presentan en cada aplicación. En la sección "¿Puede utilizarse nuevamente el rodamiento?", que comienza en la página 117, se incluyen más soluciones prácticas.

## Síntomas que normalmente indican la proximidad del fallo del rodamiento

En el cuadro adyacente se citan los siete síntomas que normalmente indican que un rodamiento no funciona correctamente. En las siguientes páginas se incluye un resumen en el que se citan las 51 situaciones que normalmente dan lugar a estos síntomas.

Después de estas dos relaciones se incluyen las secciones A a G, una de ellas para cada uno de los síntomas, en las que se proporciona una "Causa" que es la causa de esa situación y se ofrece "Solución práctica".

## Cómo utilizar las tablas de diagnóstico de problemas

Cuando aparece un asterisco en la columna A de "Síntomas comunes" es para indicar que el rodamiento sufre un sobrecalentamiento. Si examinamos la lista de situaciones que normalmente dan lugar a este síntoma observaremos que hay 29 situaciones que hacen que un rodamiento se sobrecaliente. A partir de ese momento es posible dirigirse directamente a la sección "Rodamiento sobrecalentado – Síntoma A" de la página 57, o tomar primero nota de algunas de las "situaciones" y los correspondientes "Código de solución"; puede que observe como hay más de una situación que es aplicable a su caso concreto. Entonces podrá pasar a la sección de "Rodamiento sobrecalentado" y utilizar el código de solución para determinar la causa probable del sobrecalentamiento del rodamiento.

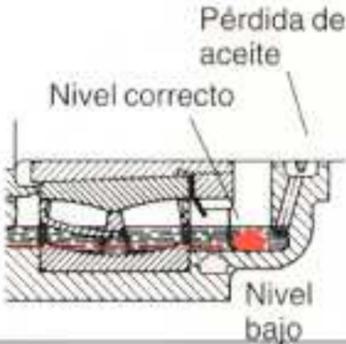
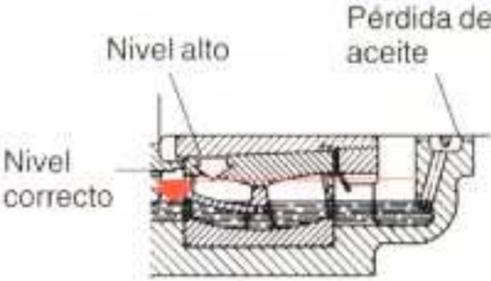
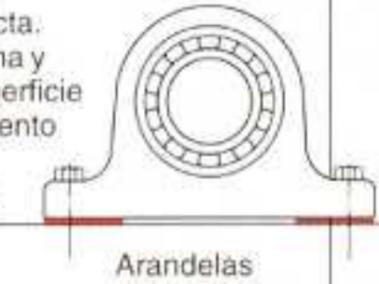
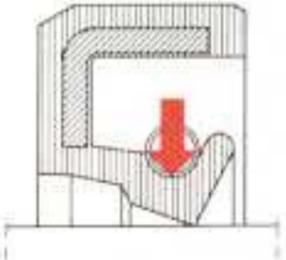
## Síntomas comunes

<b>A</b>	Rodamiento sobrecalentado	páginas 57 a 60
<b>B</b>	Rodamiento ruidoso	páginas 60 a 65
<b>C</b>	Sustituciones demasiado frecuentes	páginas 65 a 70
<b>D</b>	Vibración	páginas 71 a 73
<b>E</b>	Funcionamiento poco satisfactorio de la máquina	páginas 74 a 77
<b>F</b>	Rodamiento suelto en el eje	página 78
<b>G</b>	Resistencia al giro del eje	páginas 78 a 81

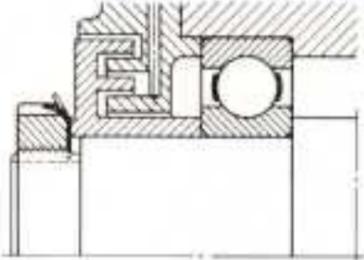
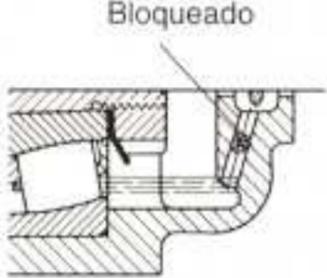
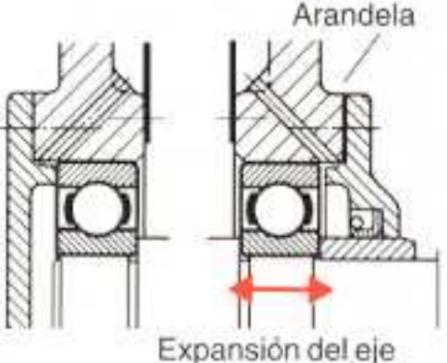
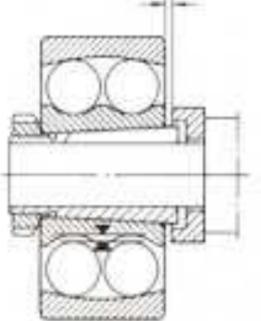
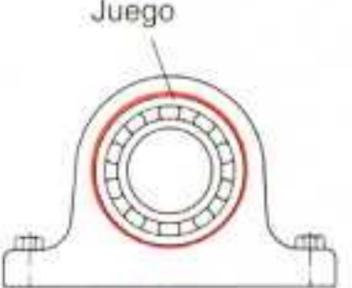
Síntomas							Situaciones habituales	Código de solución
A	B	C	D	E	F	G		
•	•	•					• Lubricación inadecuada (grasa o aceite del tipo incorrecto) .....	1
•	•	•					• Lubricación insuficiente (bajo nivel de aceite – pérdida de lubricante a través de las obturaciones) .....	2
•							• Lubricación excesiva (el nivel de aceite del alojamiento es demasiado alto o el alojamiento está demasiado lleno de grasa) .....	3
•	•	•		•			• Holgura del rodamiento insuficiente (selección incorrecta del ajuste) .....	4
		•	•	•			• Materias extrañas que actúan como abrasivos (arena, carbón, etc.) .....	5
		•	•	•			• Materias extrañas que actúan como corrosivos (agua, ácidos, pinturas, etc.) .	6
•	•	•	•	•			• El rodamiento está oprimido en el alojamiento (orificio ovalado).....	7
•	•	•	•	•			• El rodamiento está oprimido en el alojamiento (alojamiento deformado) .....	8
•	•	•	•	•			• Calzado desigual de la base del alojamiento (alojamiento deformado – posibles grietas en la base) .....	9
	•	•	•	•			• Materias extrañas en el alojamiento del rodamiento (virutas, rebabas o suciedad que haya quedado en el alojamiento) .....	10
		•					Elevada velocidad del aire en los rodamientos que da lugar a diferencias de presión (pérdidas de aceite) .....	11
•							• Las obturaciones están muy apretadas (“obturaciones deformadas”).....	12
•	•						• Obturaciones mal alineadas (rozamiento con componentes fijos) .....	13
•							Orificios de retorno de aceite obstruidos (pérdidas de aceite) .....	14
•	•	•		•			• Rodamientos precargados (fijación cruzada) .....	15
•	•	•					• Rodamientos precargados (dos rodamientos fijos en un eje) .....	16
	•	•	•	•	•		• Rodamiento suelto en el eje (diámetro del eje demasiado pequeño).....	17
	•	•	•	•	•		• Rodamiento suelto en el eje (el manguito de fijación no está apretado lo suficiente) .....	18
•	•	•		•			• Rodamiento muy apretado interiormente (el manguito de fijación está excesivamente apretado) .....	19
		•					Soporte de pie partido con ajuste impreciso de las superficies (pérdidas de aceite) .....	20
•	•	•	•	•			• El aro exterior gira dentro del alojamiento (carga desequilibrada) .....	21
	•		•	•			• Rodamiento ruidoso (superficie aplanada en un elemento rodante debido a deslizamientos) .....	22
		•	•	•			• Asiento cónico en el eje (concentración de cargas en el rodamiento) .....	23
		•	•	•			• Orificio cónico en el alojamiento (concentración de cargas en el rodamiento) .	24
	•	•	•	•			• Apoyo del eje demasiado pequeño (soporte de apoyo inadecuado – flexión del eje) .....	25
•	•	•					• Apoyo del eje demasiado grande (rozamiento con las obturaciones del rodamiento) .....	26
	•	•	•	•			• Apoyo del alojamiento demasiado pequeño (soporte de apoyo inadecuado).....	27
	•	•					• Apoyo del alojamiento demasiado grande (las obturaciones del rodamiento se deforman) .....	28

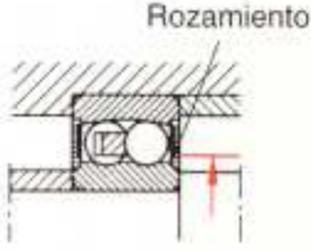
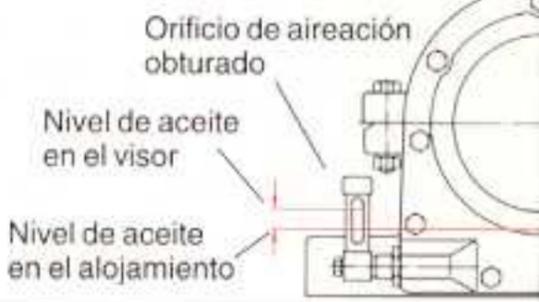
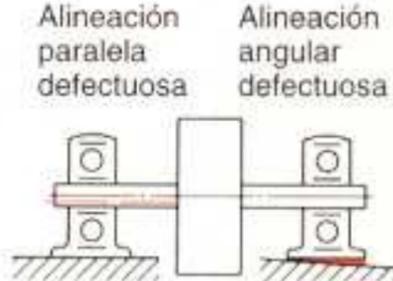
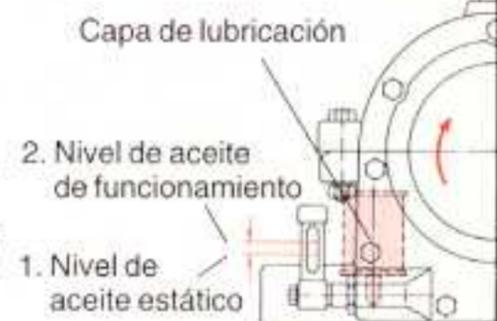
Síntomas							Situaciones habituales	Código de solución
A	B	C	D	E	F	G		
•	•	•	•	•			• Resalte del eje demasiado grande (flexión del eje, rodamiento incorrectamente asentado).....	29
•	•	•	•	•			• Resalte del alojamiento demasiado grande (soporte inadecuado).....	30
•	•	•	•	•			• Holgura insuficiente en las obturaciones de laberinto (rozamiento).....	31
•	•	•	•	•			• El orificio de aireación del nivel de aceite está obturado (indicación incorrecta del nivel de aceite).....	32
•	•	•	•	•			• Alineación lineal incorrecta del eje.....	33
•	•	•	•	•			• Alineación angular incorrecta del eje.....	34
•	•	•	•	•			• Nivel constante del aceite en copas (nivel incorrecto).....	35
•	•	•	•	•			• Nivel constante del aceite en copas (ubicación incorrecta).....	36
•	•	•	•	•			• Pestañas de la arandela de retención dobladas (rozamiento con el rodamiento).....	37
•	•	•	•	•			• Retenes incorrectamente situados (rozamiento con las tapas).....	38
•	•	•	•	•			• Superficie de apoyo desigual (la deformación de alojamiento hace que el rodamiento quede apretado).....	39
•	•	•	•	•			• El elemento rodante está mellado (causado por golpes que ha recibido el rodamiento).....	40
•	•	•	•	•			• Rodamiento ruidoso (producido por otros componentes).....	41
•	•	•	•	•			• Pérdida de lubricante y entrada de suciedad en el rodamiento (obturaciones desgastadas).....	42
•	•	•	•	•			• Vibración (holgura excesiva en el rodamiento).....	43
•	•	•	•	•			• Vibración (carga desequilibrada).....	44
•	•	•	•	•			• Resistencia al giro del eje (los apoyos del eje o del alojamiento están descuadrados respecto al asiento del rodamiento).....	45
•	•	•	•	•			• Rodamiento con cambios de color (para desmontar el rodamiento se utilizó un soplete).....	46
•	•	•	•	•			• Eje de tamaño excesivo (rodamiento sobrecalentado).....	47
•	•	•	•	•			• Orificio del alojamiento de tamaño insuficiente (rodamiento sobrecalentado).....	48
•	•	•	•	•			• Orificio del alojamiento de tamaño excesivo (el aro exterior gira, rodamiento sobrecalentado).....	49
•	•	•	•	•			• Orificio del alojamiento agrandado de tamaño (indentación por martilleo excesivo en alojamientos no féreos).....	50
•	•	•	•	•			• Ruido en el rodamiento (falsa deformación plástica).....	51
<p>"Síntomas" proporciona una referencia a la tabla que se muestran en la página 54.            "Situaciones habituales" (en color) muestra las causas de cada síntoma.            "Código de solución" proporciona la solución práctica.            En las siguientes páginas se ofrecen soluciones prácticas para los síntomas descritos en los rodamientos.</p>								

# Rodamiento sobrecalentado – Síntoma “A”

Código de solución	Causa	Solución práctica
1	La grasa o aceite se está descomponiendo dado que no es el tipo adecuado para las condiciones de funcionamiento del rodamiento.	<p>Consulte al fabricante del lubricante para determinar el tipo adecuado de lubricante. Compruebe que se podían mezclar si se ha realizado un cambio de tipo de grasa o aceite.</p> 
2	<p>Nivel bajo de aceite. Se está produciendo una pérdida de lubricante a través de la obturación.</p> <p>Falta de grasa en el soporte.</p>	<p>El nivel de aceite debe llegar hasta inmediatamente por debajo del centro del elemento rodante del rodamiento que ocupe la posición inferior.</p> <p>Rellene el alojamiento con grasa hasta 1/3 o 1/2 de su capacidad.</p> 
3	El alojamiento está lleno en exceso de grasa, o el nivel de aceite es demasiado alto. Este hecho produce pérdidas por rozamiento líquido del exceso de lubricante, elevadas temperaturas de funcionamiento o pérdidas de aceite.	<p>Purgue el rodamiento hasta que el alojamiento quede lleno de grasa hasta la mitad. En el caso de rodamientos lubricados con aceite, rebaje el nivel hasta que quede inmediatamente por debajo del centro del elemento rodante del rodamiento que ocupe la posición inferior.</p> 
4	El rodamiento tiene un juego interno insuficiente en los casos en que a través del eje se transmite calor externo. Este hecho hace que el aro interior se expanda excesivamente.	<p>Compruebe que el rodamiento sobrecalentado tiene el juego que prescriben las especificaciones de diseño. Si es así, sustituya el rodamiento por otro que tenga un juego radial mayor, por ejemplo: de Normal a C3, o de C3 a C4. En caso contrario, sustitúyalo por el rodamiento especificado. Consulte con SKF en el caso de que la identificación del rodamiento resulte ilegible.</p> 
7 8 9 39 48	El orificio del alojamiento no es redondo. El alojamiento está deformado, la superficie de apoyo es desigual o el orificio del alojamiento es de tamaño inferior al necesario.	<p>Compruebe y ajuste el alojamiento del rodamiento (rasqueteándolo) para aliviar el aprieto del rodamiento. Si es necesario, mecanice el orificio del alojamiento hasta que tenga la dimensión correcta. Asegúrese de que la superficie de apoyo es plana y que las arandelas cubren completamente la superficie de la base del alojamiento. El orificio del alojamiento será de tamaño inferior al necesario cuando se sustituye un rodamiento libre del tipo de rodillos cilíndricos por otro del tipo rígido de bolas.</p> 
12	Las obturaciones de contacto (rozantes) se han secado o ejercen demasiada presión.	<p>Sustituya las obturaciones de contacto (rozantes) por nuevas obturaciones que ejerzan la presión correcta. Lubrique las obturaciones.</p> 

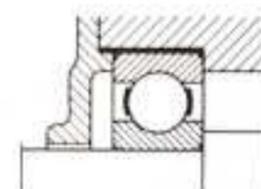
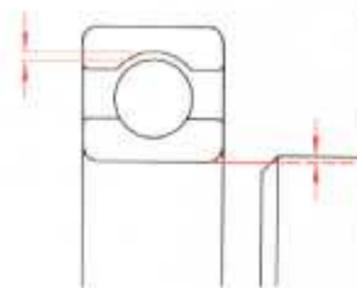
## Rodamiento sobrecalentado – Síntoma “A” (continuación)

Código de solución	Causa	Solución práctica
13 31 38	Los retenes u obturaciones rotativas están rozando con piezas fijas.	<p>Verifique la holgura de funcionamiento del retén u obturación para eliminar ese rozamiento. Rectifique la alineación.</p> 
14	Los orificios de retorno de aceite están bloqueados. La acción de bombeo de las obturaciones hace que haya pérdidas de aceite.	<p>Limpie los orificios. Extraiga el aceite usado y rellene, hasta el nivel apropiado, con lubricante nuevo.</p> 
15	Fijación cruzada.	<p>Introduzca una cuña entre el soporte y el extremo de la tapa para aliviar la precarga axial del rodamiento.</p> 
16	Dos rodamientos fijos en un eje. Juego insuficiente en el rodamiento a causa de una expansión excesiva del eje.	<p>Mueva hacia atrás las tapas de uno de los alojamientos. Utilice arandelas para obtener una holgura apropiada entre el alojamiento y el aro exterior. Aplique una carga axial sobre el aro exterior, si es posible, para reducir el juego axial del eje.</p>
19	El manguito de fijación está excesivamente apretado.	<p>Afloje la tuerca de fijación el conjunto del manguito. Vuelva a apretarlo lo suficiente como para que el manguito quede fijo al eje, pero comprobando que el rodamiento gira sin dificultad.</p> 
21 49	Carga desequilibrada. El orificio del alojamiento es demasiado grande.	<p>Equilibre nuevamente la máquina. Sustituya el alojamiento por otro que tenga el orificio apropiado.</p> 

Código de solución	Causa	Solución práctica
26	El resalte del eje está rozando con las obturaciones del rodamiento.	<p>Mecanice el resalte del eje para que no entre en contacto con las obturaciones. Compruebe que el diámetro del soporte cumple con las recomendaciones de SKF.</p> 
32	Falta de lubricante en el rodamiento debida a un nivel de aceite incorrecto.	<p>Limpie el orificio de aireación del nivel de aceite.</p> 
33 34	Alineación paralela o angular incorrecta en dos o más ejes acoplados con dos o más rodamientos.	<p>Corrija la alineación calzando con chapas los alojamientos. Asegúrese de que los ejes están acoplados en línea recta, especialmente cuando hay tres o más rodamientos en un solo eje. Asegúrese de utilizar chapas de apoyo total.</p> 
35 36	<p>La copa de nivel de aceite constante está montada demasiado alta o demasiado baja La copa está colocada al contrario que el sentido de rotación del rodamiento.</p>	<p>El nivel estático de aceite no debe sobrepasar el centro del elemento rodante que ocupe la posición inferior. Sustituya la copa de lubricación por un visor de nivel. Coloque la copa de acuerdo al sentido de rotación del rodamiento. La figura muestra la colocación correcta de una copa de lubricación de nivel constante dependiendo de la rotación.</p> 
37	La pestaña de la arandela roza con el rodamiento.	<p>Retire la arandela de retención y enderece la pestaña, o sustituya la arandela por una nueva.</p> 
42	Las obturaciones de contacto están excesivamente desgastadas, permitiendo pérdidas de lubricante y entrada de suciedad en el rodamiento.	<p>Sustituya las obturaciones después de haber limpiado cuidadosamente el rodamiento con aceite, y haberlo rellenado hasta el nivel correcto.</p> 

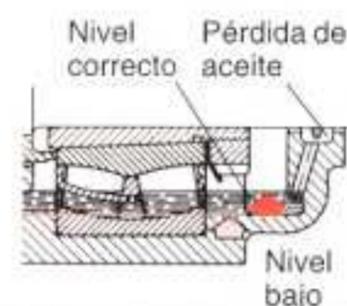
## Rodamiento sobrecalentado – Síntoma “A” (continuación)

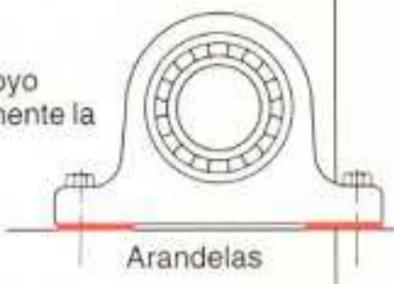
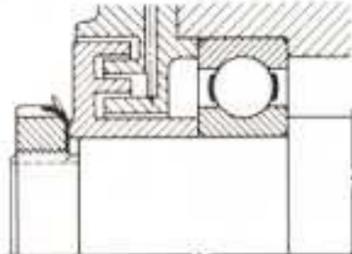
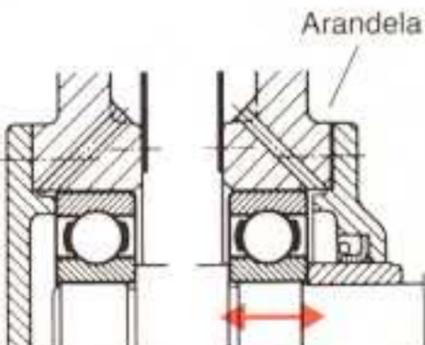
Código de solución	Causa	Solución práctica
47	El diámetro de asiento del rodamiento es de tamaño excesivo, provocando una expansión del aro interior excesiva. De esta forma se reduce el juego interno del rodamiento.	Rebaje el eje hasta lograr un ajuste correcto entre el eje y aro interior del rodamiento. Si no es posible efectuar ese rebaje, cambie el rodamiento montando uno que tenga un juego axial mayor.
50	Orificio del alojamiento “agrandado” por la falta de dureza del material. El orificio resultante (agrandado) hace que el aro exterior gire dentro del alojamiento.	Mecanice el alojamiento para introducir un casquillo de acero en el orificio. Mecanice entonces el casquillo hasta que tenga la dimensión correcta.



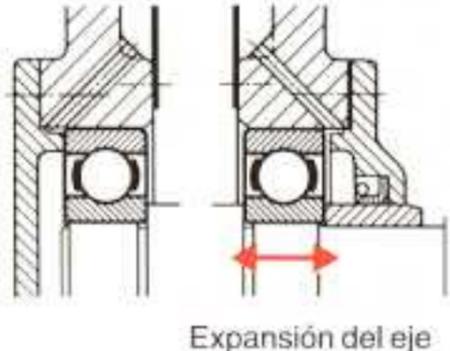
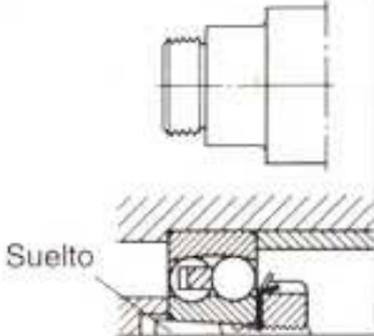
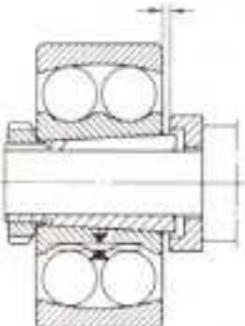
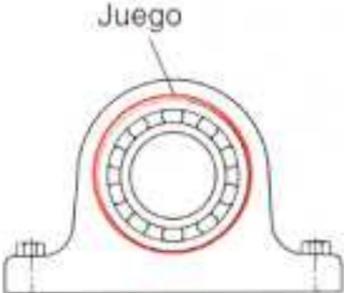
## Rodamiento ruidoso – Síntoma “B”

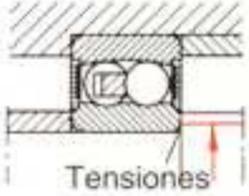
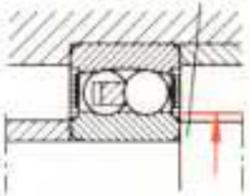
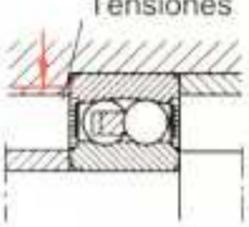
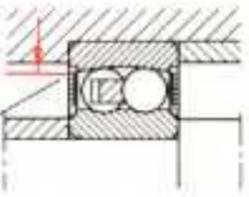
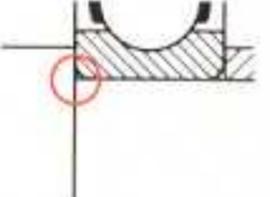
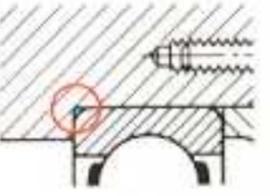
1	La grasa o aceite se está descomponiendo dado que no es el tipo adecuado para las condiciones de funcionamiento del rodamiento.	Consulte al fabricante del lubricante para determinar el tipo adecuado de lubricante. Compruebe que se podían mezclar si se ha realizado un cambio de tipo de grasa o aceite.
2	Nivel bajo de aceite. Se está produciendo una pérdida de lubricante a través de la obturación.  Falta de grasa en el soporte.	El nivel de aceite debe llegar hasta inmediatamente por debajo del centro del elemento rodante del rodamiento que ocupe la posición inferior.  Rellene el alojamiento con grasa hasta 1/3 o 1/2 de su capacidad.
4	El rodamiento tiene un juego interno insuficiente en los casos en que a través del eje se transmite calor externo. Este hecho hace que el aro interior se expanda excesivamente.	Compruebe que el rodamiento sobrecalentado tiene el juego que prescriben las especificaciones de diseño. Si es así, sustituya el rodamiento por otro que tenga una holgura radial mayor, por ejemplo: de Normal a C3, o de C3 a C4. En caso contrario, sustitúyalo por el rodamiento especificado. Consulte con SKF en el caso de que la identificación del rodamiento resulte ilegible.



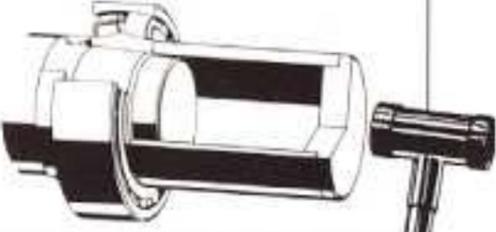
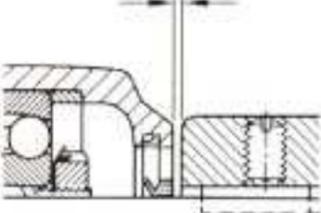
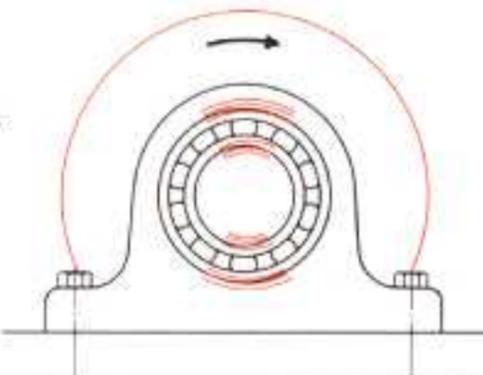
Código de solución	Causa	Solución práctica
5	Suciedad, arena, carbón u otros contaminantes están entrando en el soporte del rodamiento.	Limpie el soporte del rodamiento. Sustituya las obturaciones desgastadas o mejore el diseño de las obturaciones para lograr una protección adecuada de los rodamientos. 
6	Agua, ácidos, pinturas u otros agentes corrosivos están entrando en el soporte del rodamiento.	Instale un escudo y/o retén protector para evitar la entrada de productos extraños. Mejore las obturaciones. 
7 8 9 39 48	El orificio del soporte no es redondo. El alojamiento está deformado, la superficie de apoyo es desigual o el orificio del soporte es de tamaño inferior al necesario.	Compruebe y ajuste el alojamiento (rasqueteándolo) para aliviar el aprieto del rodamiento. Si es necesario, mecanice el alojamiento hasta que tenga la dimensión correcta. Asegúrese de que la superficie de apoyo es plana y que las arandelas cubren completamente la superficie de la base del alojamiento. El alojamiento será de tamaño inferior al necesario cuando se sustituye un rodamiento libre del tipo de rodillos cilíndricos por otro del tipo rígido de bolas. 
10	No se quitaron las rebabas, suciedad, etc. que podía haber en el alojamiento antes de montar el rodamiento.	Limpie detenidamente y ponga lubricante nuevo. 
13 31 38	Los retenes u obturaciones rotativas están rozando con piezas fijas.	Verifique la holgura de funcionamiento del retén u obturación para eliminar ese rozamiento. Rectifique la alineación. 
15	Fijación cruzada.	Introduzca una arandela entre el soporte y el extremo de la tapa para aliviar la precarga axial del rodamiento. 

## Rodamiento ruidoso – Síntoma “B” (continuación)

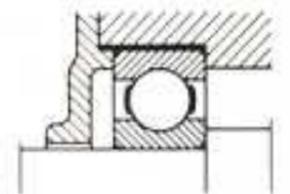
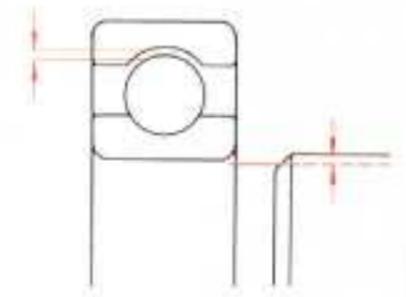
Código de solución	Causa	Solución práctica
16	<p>Dos rodamientos fijos en un eje. Juego insuficiente en el rodamiento a causa de una expansión excesiva del eje.</p>	<p>Mueva hacia atrás las tapas de uno de los alojamientos. Utilice arandelas para obtener una holgura apropiada entre el alojamiento y el aro exterior. Aplique una carga axial sobre el aro exterior, si es posible, para reducir el juego axial del eje.</p>  <p>Expansión del eje</p>
17 18	<p>El diámetro del eje es demasiado pequeño. El manguito no está suficientemente apretado.</p>	<p>Metalice el eje y mecánicelo nuevamente para obtener el ajuste correcto. Apriete nuevamente el manguito para que quede firmemente sujeto al eje.</p>  <p>Suelto</p>
19	<p>El manguito de fijación está excesivamente apretado.</p>	<p>Afloje la tuerca de fijación y el conjunto del manguito. Vuelva a apretarlo lo suficiente como para que el manguito quede fijo al eje, pero comprobando que el rodamiento gira sin dificultad.</p> 
21 49	<p>Carga desequilibrada.</p> <p>El agujero del soporte es demasiado grande.</p>	<p>Equilibre nuevamente la máquina.</p> <p>Sustituya el soporte por otro que tenga el agujero apropiado.</p>  <p>Juego</p>
22	<p>Parte plana en un elemento rodante debido a deslizamientos (causados por arranques demasiado rápidos).</p>	<p>Verifique visualmente el estado de los elementos rodantes y sustituya el rodamiento si alguno de ellos tiene alguna zona plana. Asegúrese de que sobre el rodamiento se está aplicando la carga mínima requerida.</p> 

Código de solución	Causa	Solución práctica
25	El eje flexiona por culpa de un resalte de diámetro incorrecto.	<p>Mecanice nuevamente el resalte del eje para aliviar tensiones. La aplicación puede exigir un casquillo en el soporte. Compruebe que las dimensiones del resalte son las recomendadas por SKF.</p> 
26	El resalte del eje está rozando con las obturaciones del rodamiento.	<p>Mecanice el resalte del eje para que no entre en contacto con las obturaciones. Compruebe que el diámetro del resalte cumple con las recomendaciones de SKF.</p> 
27	Un apoyo incorrecto en el alojamiento está haciendo que el aro exterior se deforme.	<p>Mecanice nuevamente el resalte del soporte para aliviar tensiones. La aplicación puede exigir un casquillo en el soporte. Compruebe que las dimensiones del resalte son las recomendadas por SKF.</p> 
28	Obturaciones del rodamiento deformadas.	<p>Mecanice nuevamente el resalte del soporte para dejar libres las obturaciones.</p> 
29	El eje y el aro interior están deformados.	<p>Mecanice nuevamente el resalte del eje para conseguir un apoyo correcto.</p> 
30	El alojamiento y el aro exterior están deformados.	<p>Mecanice nuevamente el resalte del alojamiento para conseguir un apoyo correcto.</p> 

## Rodamiento – Síntoma “B” (continuación)

Código de solución	Causa	Solución práctica
37	La pestaña de la arandela roza con el rodamiento.	Retire la arandela de retención y enderece la pestaña, o sustituya la arandela por una nueva. 
40	Método de montaje incorrecto. El martillo ha golpeado en el rodamiento.	Sustituya el rodamiento por uno nuevo. No golpee nunca con un martillo ninguna parte del rodamiento mientras lo monta. Utilice siempre un casquillo de montaje. 
41	Los componentes móviles de la máquina interfieren con el funcionamiento de los rodamientos.	Revise cuidadosamente todos los componentes móviles de la máquina. Evite cualquier interferencia. 
42	Las obturaciones de contacto están excesivamente desgastadas, permitiendo pérdidas de lubricante y entrada de suciedad en el rodamiento.	Sustituya las obturaciones después de haber limpiado cuidadosamente el rodamiento, y haberlo rellenado con grasa nueva. 
43	Un juego interno excesivo en el rodamiento da lugar a vibraciones.	Utilice un rodamiento con el juego interno recomendado. Aplique una carga (resorte) al aro exterior del rodamiento libre para eliminar el juego axial y radial. 
44	El equipo está vibrando.	Compruebe que las piezas rotativas están equilibradas. Equilibre nuevamente el equipo. 

Código de solución	Causa	Solución práctica
46	Deformación del eje y otros componentes del rodamiento, probablemente debidas al calor.	Sólo debe utilizarse un soplete para desmontar el rodamiento en casos extremos. Evite una alta concentración de calor en un punto para evitar deformaciones. Sustituya los rodamientos que muestren decoloraciones.
47	El diámetro de asiento del rodamiento es de tamaño excesivo, provocando una expansión del aro interior excesiva. De esta forma se reduce el juego interno del rodamiento.	Rebaje el eje hasta lograr un ajuste correcto entre el eje y aro interior del rodamiento. Si no es posible efectuar ese rebaje, cambie el rodamiento montando uno que tenga un juego interno mayor.
50	Agujero del alojamiento "agrandado" por la falta de dureza del material. El agujero resultante (agrandado) hace que el aro exterior gire dentro del alojamiento.	Mecanice el alojamiento para introducir un casquillo de acero. Mecanice entonces el casquillo hasta que tenga la dimensión correcta.
51	El rodamiento se ve sometido a vibraciones mientras la máquina está parada.	Examine cuidadosamente el rodamiento tratando de localizar áreas de desgaste en los puntos que corresponden al espacio entre los elementos rodantes. En el caso de equipos de reserva, los rodamientos de bolas resisten mejor las vibraciones que los rodamientos de rodillos.

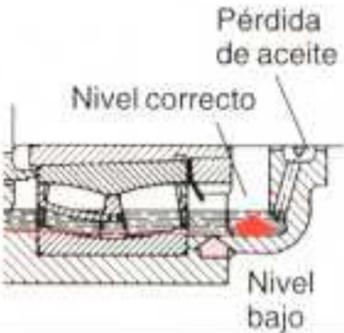
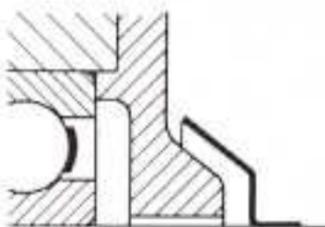
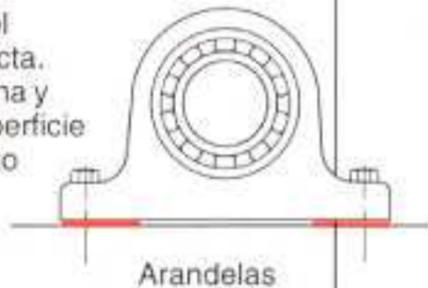


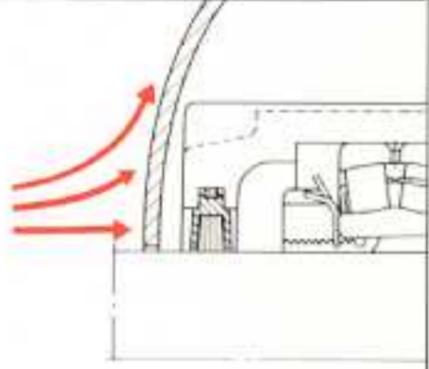
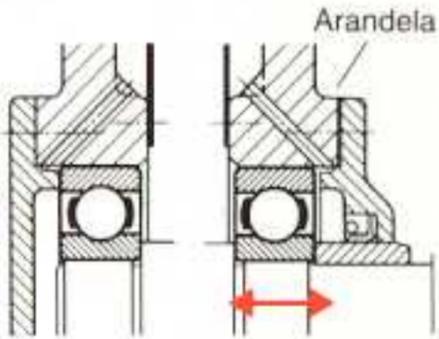
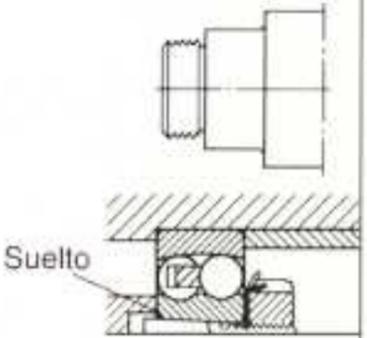
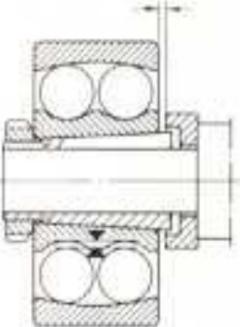
## Sustituciones demasiado frecuentes – Síntoma “C”

1	La grasa o aceite se está descomponiendo dado que no es el tipo adecuado para las condiciones de funcionamiento del rodamiento.	Consulte al fabricante del lubricante para determinar el tipo adecuado de lubricante. Compruebe que se podían mezclar si se ha realizado un cambio de tipo de grasa o aceite.
---	---	---

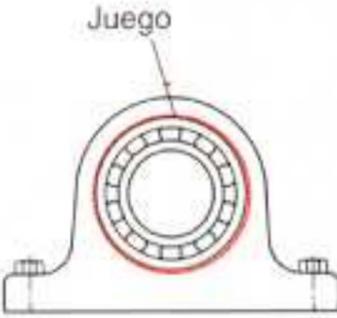
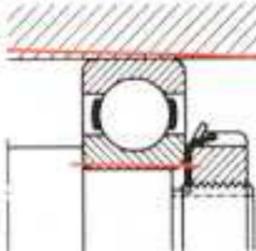
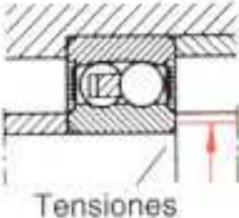
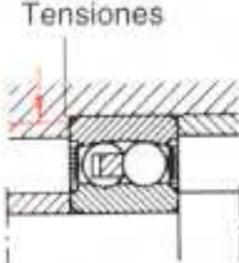
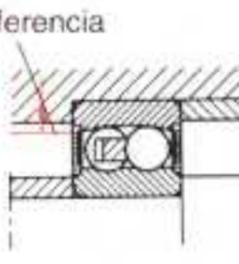


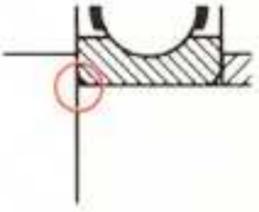
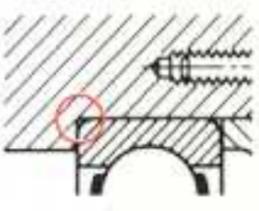
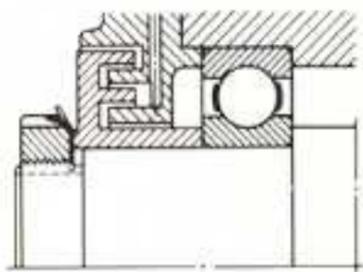
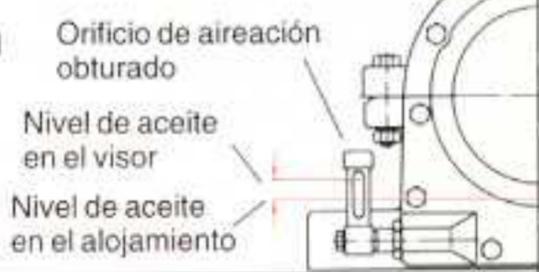
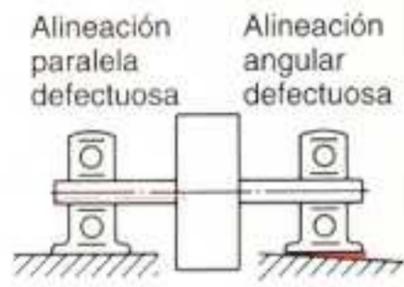
## Sustituciones demasiado frecuentes – Síntoma “C” (continuación)

Código de solución	Causa	Solución práctica
2	<p>Nivel bajo de aceite. Se está produciendo una pérdida de lubricante a través de la obturación.</p> <p>Falta de grasa en el alojamiento.</p>	<p>El nivel de aceite debe llegar hasta inmediatamente por debajo del centro del elemento rodante del rodamiento que ocupe la posición inferior.</p> <p>Rellene el soporte con grasa hasta 1/3 o 1/2 de su capacidad.</p> 
4	<p>El rodamiento tiene un juego interno insuficiente en los casos en que a través del eje se transmite calor externo. Este hecho hace que el aro interior se expanda excesivamente.</p>	<p>Compruebe que el rodamiento sobrecalentado tiene el juego que prescriben las especificaciones de diseño. Si es así, sustituya el rodamiento por otro que tenga un juego radial mayor, por ejemplo: de Normal a C3, o de C3 a C4. En caso contrario, sustitúyalo por el rodamiento especificado. Consulte con SKF en el caso de que la identificación del rodamiento resulte ilegible.</p> 
5	<p>Suciedad, arena, carbón u otros contaminantes están entrando en el soporte del rodamiento.</p>	<p>Limpie el soporte del rodamiento. Sustituya las obturaciones desgastadas o mejore el diseño de las obturaciones para lograr una protección adecuada de los rodamientos.</p> 
6	<p>Agua, ácidos, pinturas u otros agentes corrosivos están entrando en el soporte del rodamiento.</p>	<p>Instale un escudo y/o retén protector para evitar la entrada de productos extraños. Mejore las obturaciones.</p> 
7 8 9 39 48	<p>El agujero del alojamiento no es redondo. El alojamiento está deformado, la superficie de apoyo es desigual o el agujero del alojamiento es de tamaño inferior al necesario.</p>	<p>Compruebe y ajuste el alojamiento del rodamiento (rasqueteándolo) para aliviar el aprieto del rodamiento. Si es necesario, mecanice el agujero del alojamiento hasta que tenga la dimensión correcta. Asegúrese de que la superficie de apoyo es plana y que las arandelas cubren completamente la superficie de la base del soporte. El agujero del alojamiento será de tamaño inferior al necesario cuando se sustituye un rodamiento libre del tipo de rodillos cilíndricos por otro del tipo rígido de bolas.</p> 
10	<p>No se quitaron las rebabas, suciedad, etc. que podía haber en el soporte antes de montar el rodamiento.</p>	<p>Limpie detenidamente y ponga lubricante nuevo.</p> 

Código de solución	Causa	Solución práctica
11	La corriente de aire que incide en el rodamiento está produciendo una pérdida de aceite (ejemplo: un ventilador de extracción forzada de aire cuya toma se encuentra justo enfrente del rodamiento).	<p>Instale placas de apantallamiento para redirigir el flujo de aire. Evite las diferencias de presión en el rodamiento. Utilice lubricación con grasa siempre que sea posible.</p> 
15	Fijación cruzada.	<p>Introduzca una arandela entre el alojamiento y el extremo de la tapa para aliviar la precarga axial del rodamiento.</p>  <p>Arandela</p> <p>Expansión del eje</p>
16	Dos rodamientos fijos en un eje. Juego insuficiente en el rodamiento a causa de una expansión excesiva del eje.	<p>Mueva hacia atrás las tapas de uno de los soportes. Utilice arandelas para obtener una holgura apropiada entre el soporte y el aro exterior. Aplique una carga axial sobre el aro exterior, si es posible, para reducir el juego axial del eje.</p>
17 18	El diámetro del eje es demasiado pequeño. El manguito no está suficientemente apretado.	<p>Metalice el eje y mecanícelo nuevamente para obtener el ajuste correcto. Apriete nuevamente el manguito para que quede firmemente sujeto al eje.</p>  <p>Suelto</p>
19	El manguito de fijación está excesivamente apretado.	<p>Afloje la tuerca de fijación y el conjunto del manguito. Vuelva a apretarlo lo suficiente como para que el manguito quede fijo al eje, pero comprobando que el rodamiento gira sin dificultad.</p> 
20	La pérdida de aceite se produce en la junta del soporte. Pérdida excesiva de lubricante.	<p>Una fina capa de sellante de juntas puede evitar las pérdidas pequeñas. No utilice chapas. Sustituya el soporte en caso necesario.</p>  <p>Superficies desiguales</p>

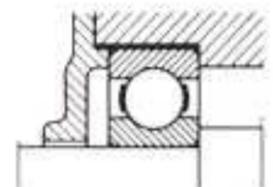
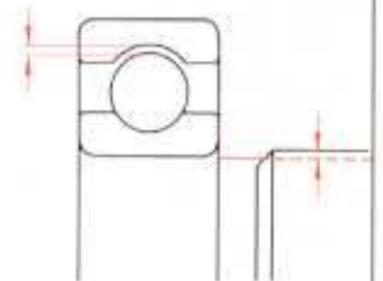
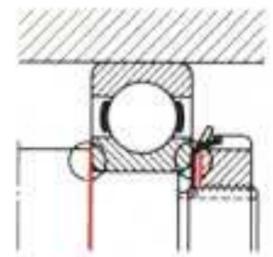
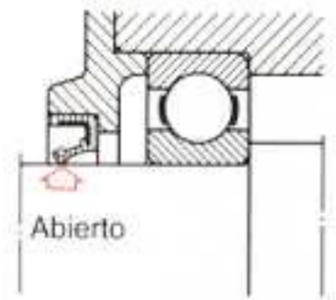
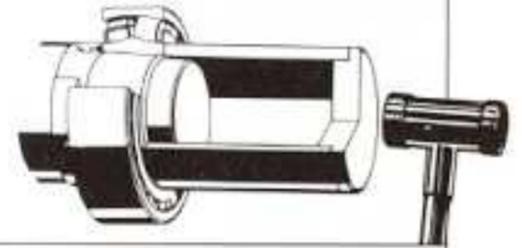
## Sustituciones demasiado frecuentes – Síntoma “C” (continuación)

Código de solución	Causa	Solución práctica
21 49	<p>Carga desequilibrada.</p> <p>El agujero del alojamiento es demasiado grande.</p>	<p>Equilibre nuevamente la máquina.</p> <p>Sustituya el soporte por otro que tenga el agujero apropiado.</p> 
23 24	<p>Distribución de cargas no uniforme en el rodamiento debida a deformaciones del asiento del eje o del agujero del alojamiento.</p>	<p>Mecanice nuevamente el eje, conforme nuevamente el alojamiento (o ambos) para obtener la forma y el ajuste requeridos. Puede ser necesario, en algunos casos, montar un nuevo eje o soporte.</p> 
25	<p>El eje flexiona por culpa de un resalte de diámetro incorrecto.</p>	<p>Mecanice nuevamente el resalte del eje para aliviar tensiones. La aplicación puede exigir un casquillo en el resalte. Compruebe que las dimensiones del resalte son las recomendadas por SKF.</p> 
26	<p>El resalte del eje está rozando con las obturaciones del rodamiento.</p>	<p>Mecanice el resalte del eje para que no entre en contacto con las obturaciones. Compruebe que el diámetro del resalte cumple con las recomendaciones de SKF.</p> 
27	<p>Un apoyo incorrecto en el alojamiento está haciendo que el aro exterior se deforme.</p>	<p>Mecanice nuevamente el resalte del soporte para aliviar tensiones. La aplicación puede exigir un casquillo de apoyo. Compruebe que las dimensiones del resalte son las recomendadas por SKF.</p> 
28	<p>Obturaciones del rodamiento deformadas.</p>	<p>Mecanice nuevamente el resalte del alojamiento para dejar libres las obturaciones.</p> 

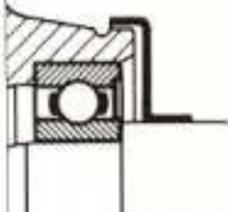
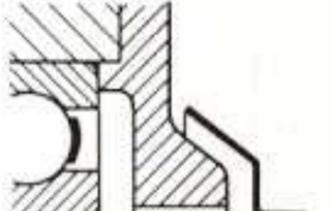
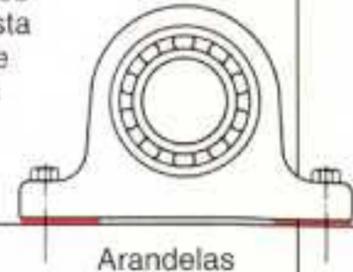
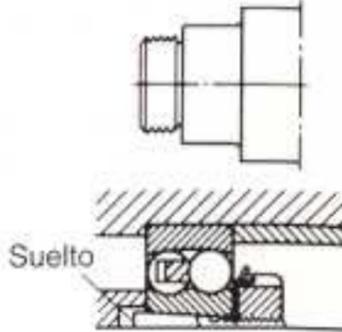
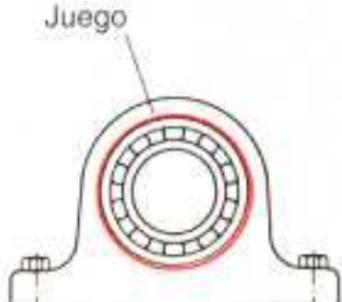
Código de solución	Causa	Solución práctica
29	El eje y el aro interior están deformados.	Mecanice nuevamente el resalte del eje para conseguir un apoyo correcto. 
30	El alojamiento y el aro exterior están deformados.	Mecanice nuevamente el resalte del alojamiento para conseguir un apoyo correcto. 
31 38	Los retenes u obturaciones rotativas están rozando con piezas fijas.	Verifique la holgura de funcionamiento del retén u obturación rotativa para eliminar ese rozamiento. Rectifique la alineación. 
32	Falta de lubricante en el rodamiento debida a un nivel de aceite incorrecto.	Limpie el orificio de aireación del nivel de aceite. 
33 34	Alineación paralela o angular incorrecta en dos o más ejes acoplados con dos o más rodamientos.	Corrija la alineación calzando con chapas los soportes. Asegúrese de que los ejes están acoplados en línea recta, especialmente cuando hay tres o más rodamientos en un solo eje. Asegúrese de utilizar chapas de apoyo total. 
35 36	La copa de nivel de aceite constante está montada demasiado alta o demasiado baja.  La copa está colocada al contrario que el sentido de rotación del rodamiento.	El nivel estático de aceite no debe sobrepasar el centro del elemento rodante que ocupe la posición inferior. Sustituya la copa de lubricación por un visor de nivel.  Coloque la copa de acuerdo al sentido de rotación del rodamiento. La figura muestra la colocación correcta de una copa de lubricación de nivel constante dependiendo de la rotación. 

## Sustituciones demasiado frecuentes – Síntoma “C” (continuación)

Código de solución	Causa	Solución práctica
40	Método de montaje incorrecto. El martillo ha golpeado en el rodamiento.	Sustituya el rodamiento por uno nuevo. No golpee nunca con un martillo ninguna parte del rodamiento mientras lo monta. Utilice siempre un casquillo de montaje.
42	Las obturaciones de contacto están excesivamente desgastadas, permitiendo pérdidas de lubricante y entrada de suciedad en el rodamiento.	Sustituya las obturaciones después de haber limpiado cuidadosamente el rodamiento, y haberlo rellenado hasta el nivel correcto.
45	Los resaltes del eje o del alojamiento, o la tuerca de fijación, están descuadrados respecto al asiento del rodamiento.	Mecanice nuevamente esas piezas para que queden correctamente.
47	El diámetro de asiento del rodamiento es de tamaño excesivo, provocando una expansión del aro interior excesiva. De esta forma se reduce el juego del rodamiento.	Rebaje el eje hasta lograr un ajuste correcto entre el eje y aro interior del rodamiento. Si no es posible efectuar ese rebaje, cambie el rodamiento montando uno que tenga una juego interno mayor.
50	Agujero del alojamiento “agrandado” por la falta de dureza del material. El agujero resultante (agrandado) hace que el aro exterior gire dentro del alojamiento.	Mecanice el alojamiento para introducir un casquillo de acero. Mecanice entonces el casquillo hasta que tenga la dimensión correcta.

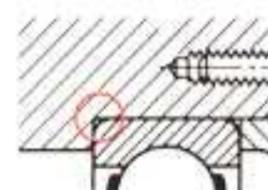
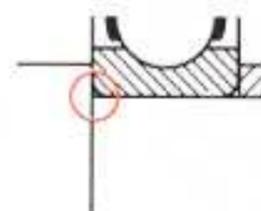
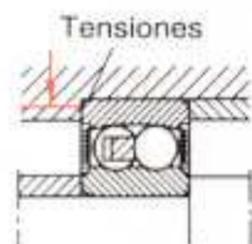
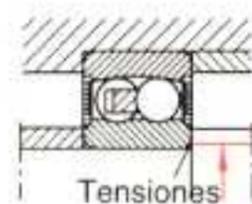
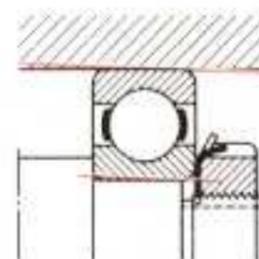


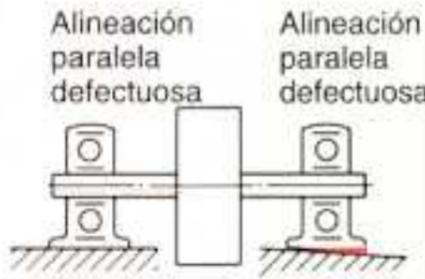
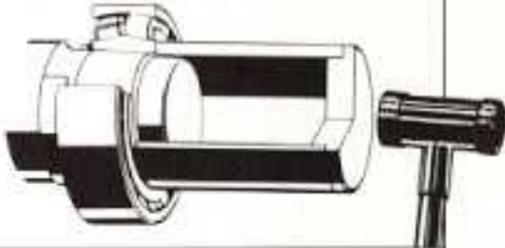
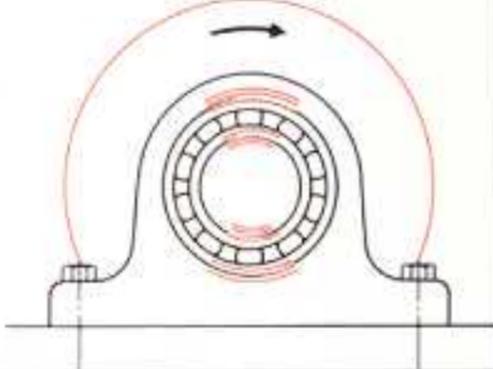
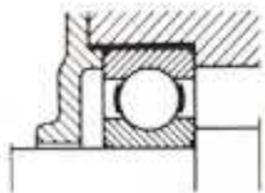
# Vibraciones – Síntoma “D”

Código de solución	Causa	Solución práctica
5	Suciedad, arena, carbón u otros contaminantes están entrando en el soporte del rodamiento.	Limpie el soporte del rodamiento. Sustituya las obturaciones desgastadas o mejore el diseño de las obturaciones para lograr una protección adecuada de los rodamientos. 
6	Agua, ácidos, pinturas u otros agentes corrosivos están entrando en el soporte del rodamiento.	Instale un escudo y/o retén protector para evitar la entrada de productos extraños. Mejore las obturaciones. 
7 8 9 39	El agujero del soporte no es redondo. El alojamiento está deformado, la superficie de apoyo es desigual o el alojamiento es de tamaño inferior al necesario.	Compruebe y ajuste el alojamiento del rodamiento (rasqueteándolo) para aliviar la presión del rodamiento. Si es necesario, mecanice el agujero del alojamiento hasta que tenga la dimensión correcta. Asegúrese de que la superficie de apoyo es plana y que las arandelas cubren completamente la superficie de la base del soporte. El agujero del alojamiento será de tamaño inferior al necesario cuando se sustituye un rodamiento libre del tipo de rodillos cilíndricos por otro del tipo rígido de bolas.  <p style="text-align: center;">Arandelas</p>
10	No se quitaron las rebabas, suciedad, etc. que podía haber en el alojamiento antes de montar el rodamiento.	Limpie detenidamente y ponga lubricante nuevo. 
17 18	El diámetro del eje es demasiado pequeño. El manguito no está suficientemente apretado.	Metalice el eje y mecanícelo nuevamente para obtener el ajuste correcto. Apriete nuevamente el manguito para que quede firmemente sujeto al eje.  <p style="text-align: center;">Suelto</p>
21 49	Carga desequilibrada. El alojamiento es demasiado grande.	Equilibre nuevamente la máquina. Sustituya el soporte por otro que tenga el agujero apropiado.  <p style="text-align: center;">Juego</p>

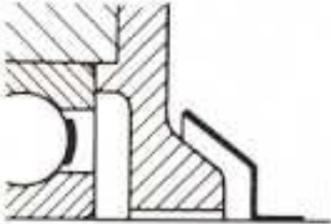
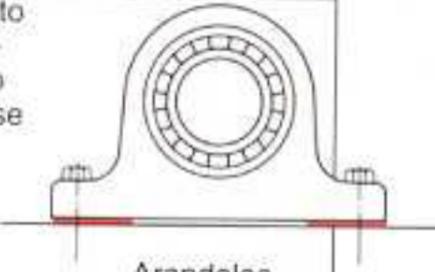
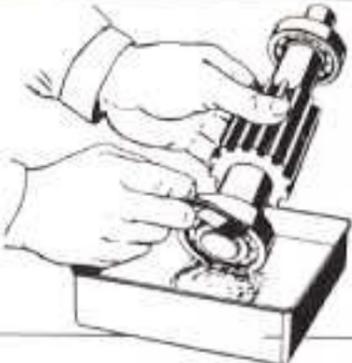
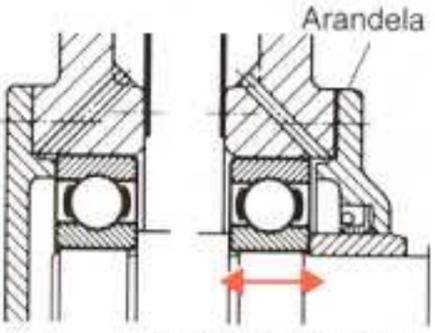
## Vibraciones – Síntoma “D” (continuación)

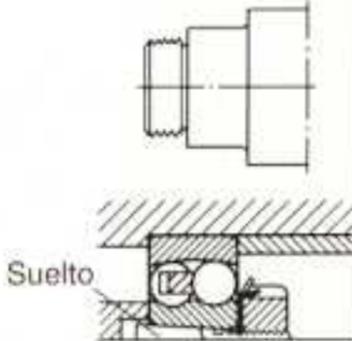
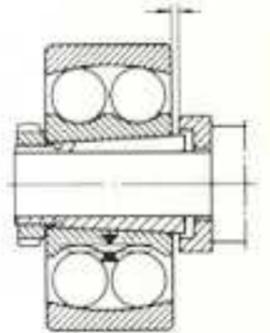
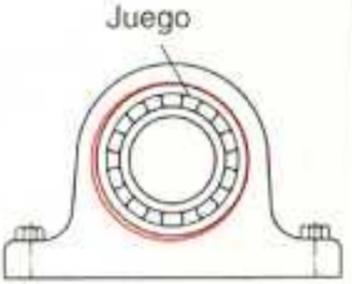
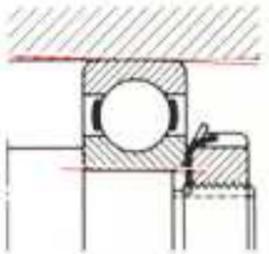
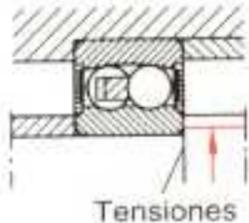
Código de solución	Causa	Solución práctica
22	Parte plana en un elemento rodante debido a deslizamientos (causados por arranques demasiado rápidos).	Verifique visualmente el estado de los elementos rodantes y sustituya el rodamiento si alguno de ellos tiene alguna zona plana. Asegúrese de que sobre el rodamiento se está aplicando la carga mínima requerida.
23 24	Distribución de cargas no uniforme en el rodamiento debida a deformaciones del asiento del eje o del agujero del alojamiento.	Mecanice nuevamente el eje, conforme nuevamente el alojamiento (o ambos) para obtener la forma y el ajuste requeridos. Puede ser necesario, en algunos casos, montar un nuevo eje o soporte.
25	El eje flexiona por culpa de un resalte con diámetro incorrecto.	Mecanice nuevamente el resalte del eje para aliviar tensiones. La aplicación puede exigir un casquillo de apoyo. Compruebe que las dimensiones del resalte son las recomendadas por SKF.
27	Un apoyo incorrecto en el soporte está haciendo que el aro exterior se deforme.	Mecanice nuevamente el resalte del eje para aliviar tensiones. La aplicación puede exigir un casquillo de apoyo. Compruebe que las dimensiones del resalte son las recomendadas por SKF.
29	El eje y el aro interior están deformados.	Mecanice nuevamente el resalte del eje para conseguir un apoyo correcto.
30	El alojamiento y el aro exterior están deformados.	Mecanice nuevamente el resalte del alojamiento para conseguir un apoyo correcto.



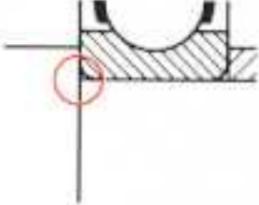
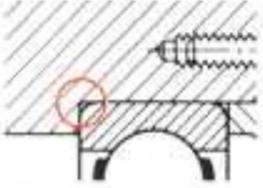
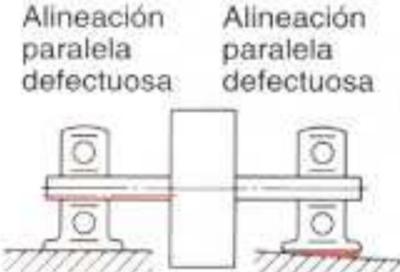
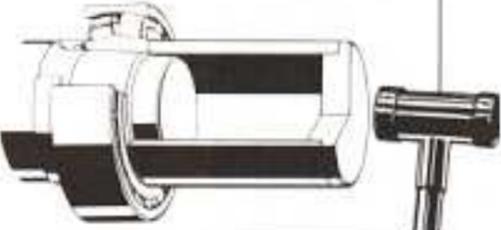
Código de solución	Causa	Solución práctica
33 34	Alineación paralela o angular incorrecta en dos o más ejes acoplados con dos o más rodamientos.	<p>Corrija la alineación calzando con chapas los soportes. Asegúrese de que los ejes están acoplados en línea recta, especialmente cuando hay tres o más rodamientos en un solo eje. Asegúrese de utilizar chapas de apoyo total.</p> 
40	Método de montaje incorrecto. El martillo ha golpeado en el rodamiento.	<p>Sustituya el rodamiento por uno nuevo. No golpee nunca con un martillo ninguna parte del rodamiento mientras lo monta. Utilice siempre un casquillo de montaje.</p> 
43	Un juego excesivo en el rodamiento da lugar a vibraciones.	<p>Utilice un rodamiento con el juego interno recomendado. Aplique una carga (resorte) al aro exterior del rodamiento libre para eliminar el juego axial y radial.</p> 
44	El equipo está vibrando.	<p>Compruebe que las piezas rotativas están equilibradas. Equilibre nuevamente el equipo.</p> 
50	Orificio del soporte "agrandado" por la falta de dureza del material. El alojamiento resultante (agrandado) permite que el aro exterior gire dentro del soporte.	<p>Mecanice el alojamiento para introducir un casquillo de acero. Mecanice entonces el casquillo hasta que tenga la dimensión correcta.</p> 

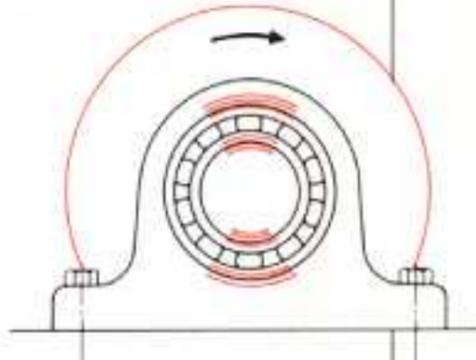
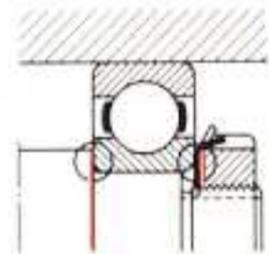
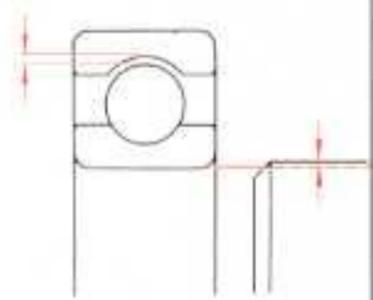
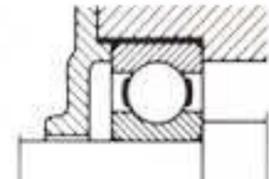
# Funcionamiento poco satisfactorio del equipo – Síntoma “E”

Código de solución	Causa	Solución práctica
4	El rodamiento tiene un juego interno insuficiente en los casos en que a través del eje se transmite calor externo. Este hecho hace que el aro interior se expanda excesivamente.	<p>Compruebe que el rodamiento sobrecalentado tiene el juego que prescriben las especificaciones de diseño. Si es así, sustituya el rodamiento por otro que tenga un juego radial mayor, por ejemplo: de Normal a C3, o de C3 a C4. En caso contrario, sustitúyalo por el rodamiento especificado. Consulte con SKF en el caso de que la identificación del rodamiento resulte ilegible.</p> 
5	Suciedad, arena, carbón u otros contaminantes están entrando en el soporte del rodamiento.	<p>Limpie el alojamiento del rodamiento. Sustituya las obturaciones desgastadas o mejor el diseño de las obturaciones para lograr una protección adecuada de los rodamientos.</p> 
6	Agua, ácidos, pinturas u otros agentes corrosivos están entrando en el soporte del rodamiento.	<p>Instale un escudo y/o retén protector para evitar la entrada de productos extraños. Mejore las obturaciones.</p> 
7 8 9 39 48	El agujero del soporte no es redondo. El alojamiento está deformado, la superficie de apoyo es desigual o el alojamiento es de tamaño inferior al necesario.	<p>Compruebe y ajuste el alojamiento del rodamiento (rasqueteándolo) para aliviar la presión del rodamiento. Si es necesario, mecanice el alojamiento hasta que tenga la dimensión correcta. Asegúrese de que la superficie de apoyo es plana y que las arandelas cubren completamente la superficie de la base del soporte. El alojamiento será de tamaño inferior al necesario cuando se sustituye un rodamiento libre del tipo de rodillos cilíndricos por otro del tipo rígido de bolas.</p>  <p>Arandelas</p>
10	No se quitaron las rebabas, suciedad, etc. que podía haber en el soporte antes de montar el rodamiento.	<p>Limpie detenidamente y ponga lubricante nuevo.</p> 
15	Fijación cruzada.	<p>Introduzca una arandela entre el soporte y el extremo de la tapa para aliviar la precarga axial del rodamiento.</p>  <p>Arandela</p> <p>Expansión del eje</p>
16	Dos rodamientos fijos en un eje. Holgura insuficiente en el rodamiento a causa de una expansión excesiva del eje.	<p>Mueva hacia atrás las tapas de uno de los alojamientos. Utilice arandelas para obtener una holgura apropiada entre el soporte y el aro exterior. Aplique una carga axial sobre el aro exterior, si es posible, para reducir el juego axial del eje.</p>

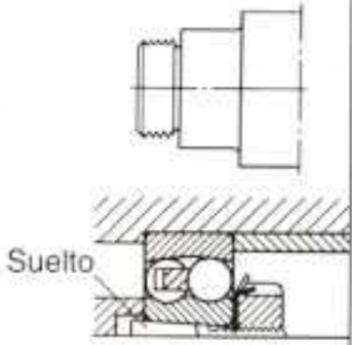
Código de solución	Causa	Solución práctica
17 18	El diámetro del eje es demasiado pequeño. El manguito no está suficientemente apretado.	Metalice el eje y mecanicelo nuevamente para obtener el ajuste correcto. Apriete nuevamente el manguito para que quede firmemente sujeto al eje. 
19	El manguito de fijación está excesivamente apretado.	Afloje la tuerca de fijación y el conjunto del manguito. Vuelva a apretarlo lo suficiente como para que el manguito quede fijo al eje, pero comprobando que el rodamiento gira sin obstáculos. 
21 49	Carga desequilibrada. El alojamiento es demasiado grande.	Equilibre nuevamente la máquina. Sustituya el soporte por otro que tenga el agujero apropiado. 
22	Parte plana en un elemento rodante debido a deslizamientos (causados por arranques demasiado rápidos).	Verifique visualmente el estado de los elementos rodantes y sustituya el rodamiento si alguno de ellos tiene alguna zona plana. Asegúrese de que sobre el rodamiento se está aplicando la carga mínima requerida. 
23 24	Distribución de cargas no uniforme en el rodamiento debida a deformaciones del asiento del eje o del agujero del alojamiento.	Mecanice nuevamente el eje, conforme nuevamente el alojamiento (o ambos) para obtener la forma y el ajuste requeridos. Puede ser necesario, en algunos casos, montar un nuevo eje o alojamiento. 
25	El eje flexiona por culpa de un resalte de diámetro incorrecto.	Mecanice nuevamente el resalte del eje para aliviar tensiones. La aplicación puede exigir un casquillo de apoyo. Compruebe que las dimensiones del resalte son las recomendadas por SKF. 

## Funcionamiento poco satisfactorio del equipo – Síntoma “E” (continuación)

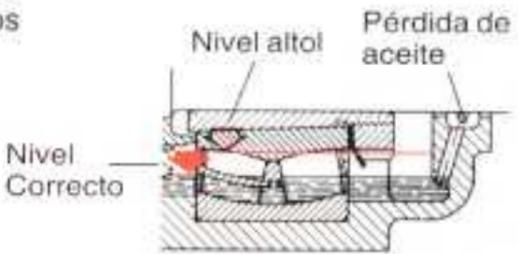
Código de solución	Causa	Solución práctica
27	Un apoyo incorrecto en el soporte está haciendo que el aro exterior se deforme.	<p>Mecanice nuevamente el resalte del eje para aliviar tensiones. La aplicación puede exigir un casquillo de apoyo. Compruebe que las dimensiones del resalte son las recomendadas por SKF.</p>  <p>Tensiones</p>
29	El eje y el aro interior están deformados.	<p>Mecanice nuevamente el resalte del eje para conseguir un apoyo correcto.</p> 
30	El alojamiento y el aro exterior están deformados.	<p>Mecanice nuevamente el resalte del alojamiento para conseguir un apoyo correcto.</p> 
33 34	Alineación paralela o angular incorrecta en dos o más ejes acoplados con dos o más rodamientos.	<p>Corrija la alineación calzando con chapas los soportes. Asegúrese de que los ejes están acoplados en línea recta, especialmente cuando hay tres o más rodamientos en un solo eje. Asegúrese de utilizar chapas de apoyo total.</p>  <p>Alineación paralela defectuosa      Alineación paralela defectuosa</p>
37	La pestaña de la arandela roza con el rodamiento.	<p>Retire la arandela de retención y enderece la pestaña, o sustituya la arandela por una nueva.</p>  <p>Rozamiento</p>
40	Método de montaje incorrecto. El martillo ha golpeado en el rodamiento.	<p>Sustituya el rodamiento por uno nuevo. No golpee nunca con un martillo ninguna parte del rodamiento mientras lo monta. Utilice siempre un casquillo de montaje.</p> 

Código de solución	Causa	Solución práctica
43	Una holgura excesiva en el rodamiento da lugar a vibraciones.	<p>Utilice un rodamiento con el juego interno recomendado. Aplique una carga (resorte) al aro exterior del rodamiento libre para eliminar el juego axial y radial.</p> 
44	El equipo está vibrando.	<p>Compruebe que las piezas rotativas están equilibradas. Equilibre nuevamente el equipo.</p> 
45	Los resaltes del eje o del alojamiento, o la tuerca de fijación, están descuadrados respecto al asiento del rodamiento.	<p>Mecanice nuevamente esas piezas para que queden correctamente.</p> 
47	El diámetro de asiento del rodamiento es de tamaño excesivo, provocando una expansión del aro interior excesiva. De esta forma se reduce el juego del rodamiento.	<p>Rebaje el eje hasta lograr un ajuste correcto entre el eje y aro interior del rodamiento. Si no es posible efectuar ese rebaje, cambie el rodamiento montando uno que tenga un juego axial mayor.</p> 
50	Agujero del soporte "agrandado" por la falta de dureza del material. El alojamiento resultante (agrandado) hace que el aro exterior gire dentro del soporte.	<p>Mecanice el alojamiento para introducir un casquillo de acero. Mecanice entonces el casquillo hasta que tenga la dimensión correcta.</p> 
51	El rodamiento se ve sometido a vibraciones mientras la máquina está parada.	<p>Examine cuidadosamente el rodamiento tratando de localizar áreas de desgaste en los puntos que corresponden a los huecos entre elementos rodantes. En el caso de equipos de reserva, los rodamientos de bolas resisten mejor las vibraciones que los rodamientos de rodillos.</p> 

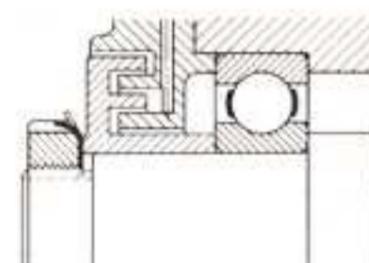
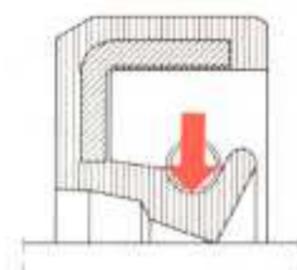
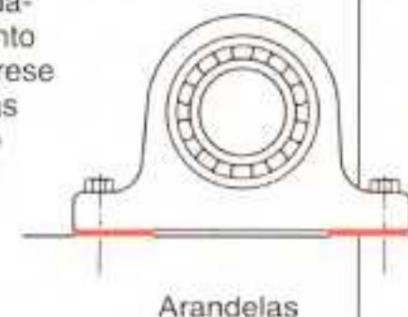
# Rodamiento flojo en el eje – Síntoma “F”

Código de solución	Causa	Solución práctica
17 18	El diámetro del eje es demasiado pequeño. El manguito no está suficientemente apretado.	<p>Metalice el eje y mecanicelo nuevamente para obtener el ajuste correcto. Apriete nuevamente el manguito para que quede firmemente sujeto al eje.</p> 

# El eje ofrece resistencia al giro – Síntoma “G”

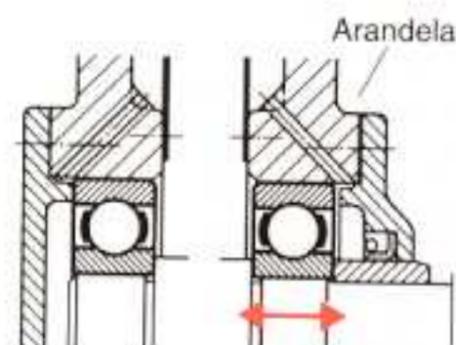
1	La grasa o aceite se está descomponiendo dado que no es del tipo adecuado para las condiciones de funcionamiento del rodamiento.	<p>Consulte al fabricante del lubricante para determinar el tipo adecuado de lubricante. Compruebe que se podían mezclar si se ha realizado un cambio de tipo de grasa o aceite.</p> 
2	<p>Nivel bajo de aceite. Se está produciendo una pérdida de lubricante a través de la obturación.</p> <p>Falta de grasa en el soporte.</p>	<p>El nivel de aceite debe llegar hasta inmediatamente por debajo del centro del elemento rodante del rodamiento que ocupe la posición inferior.</p> <p>Rellene el soporte con grasa hasta 1/3 o 1/2 de su capacidad.</p> 
3	El soporte está lleno en exceso de grasa, o el nivel de aceite es demasiado alto. Este hecho produce pérdidas por rozamiento líquido del exceso de lubricante, elevadas temperaturas de funcionamiento o pérdidas de aceite.	<p>Purgue el rodamiento hasta que el soporte quede lleno de grasa hasta la mitad. En el caso de rodamientos lubricados con aceite, rebaje el nivel hasta que quede inmediatamente por debajo del centro del elemento rodante del rodamiento que ocupe la posición inferior.</p> 
4	El rodamiento tiene un juego interno insuficiente en los casos en que a través del eje se transmite calor externo. Este hecho hace que el aro interior se expanda excesivamente.	<p>Compruebe que el rodamiento sobrecalentado tiene el juego que prescriben las especificaciones de diseño. Si es así, sustituya el rodamiento por otro que tenga un juego radial mayor, por ejemplo: de Normal a C3, o de C3 a C4. En caso contrario, sustitúyalo por el rodamiento especificado. Consulte con SKF en el caso de que la identificación del rodamiento resulte ilegible.</p> 

Código de solución	Causa	Solución práctica
5	Suciedad, arena, carbón u otros contaminantes están entrando en el soporte del rodamiento.	Limpie el soporte del rodamiento. Sustituya las obturaciones desgastadas o mejore el diseño de las obturaciones para lograr una protección adecuada de los rodamientos.
6	Agua, ácidos, pinturas u otros agentes corrosivos están entrando en el soporte del rodamiento.	Instale un escudo y/o retén protector para evitar la entrada de productos extraños. Mejore las obturaciones.
7 8 9 39 48	El alojamiento no es redondo. El alojamiento está deformado, la superficie de apoyo es desigual o el agujero del alojamiento es de tamaño inferior al necesario.	Compruebe y ajuste el alojamiento del rodamiento (rasqueteándolo) para aliviar la presión del rodamiento. Si es necesario, mecanice el alojamiento hasta que tenga la dimensión correcta. Asegúrese de que la superficie de apoyo es plana y que las arandelas cubren completamente la superficie de la base del soporte. El alojamiento será de tamaño inferior al necesario cuando se sustituye un rodamiento libre del tipo de rodillos cilíndricos por otro del tipo rígido de bolas.
10	No se quitaron las rebabas, suciedad, etc. que podía haber en el alojamiento antes de montar el rodamiento.	Limpie detenidamente y ponga lubricante nuevo.
12	Las obturaciones de contacto (rozantes) se han secado o ejercen demasiada presión.	Sustituya las obturaciones de contacto (rozantes) por nuevas obturaciones que ejerzan la presión correcta. Lubrique las obturaciones.
13 31 38	Los retenes u obturaciones rotantes están rozando con piezas fijas.	Verifique la holgura de funcionamiento del retén u obturación para eliminar ese rozamiento. Rectifique la alineación.

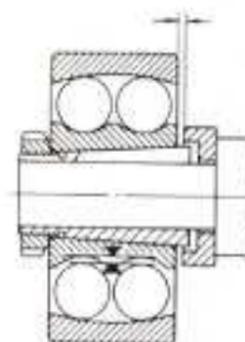


## El eje ofrece resistencia al giro – Síntoma “G” (continuación)

Código de solución	Causa	Solución práctica
15	Fijación cruzada.	Introduzca una arandela entre el soporte y el extremo de la tapa para aliviar la precarga axial del rodamiento.
16	Dos rodamientos fijos en un eje. Juego insuficiente en el rodamiento a causa de una expansión excesiva del eje.	Mueva hacia atrás las tapas de uno de los soportes. Utilice arandelas para obtener una holgura apropiada entre el soporte y el aro exterior. Aplique una carga axial sobre el aro exterior, si es posible, para reducir el juego axial del eje.
19	El manguito de fijación está excesivamente apretado.	Afloje la tuerca de fijación y el conjunto del manguito. Vuelva a apretarlo lo suficiente como para que el manguito quede fijo al eje, pero comprobando que el rodamiento gira sin obstáculos.
25	El eje flexiona por culpa de un resalte de diámetro incorrecto.	Mecanice nuevamente el resalte del eje para aliviar tensiones. La aplicación puede exigir un casquillo de apoyo. Compruebe que las dimensiones del resalte son las recomendadas por SKF.
26	El soporte del eje está rozando con las obturaciones del rodamiento.	Mecanice el resalte del eje para que no entre en contacto con las obturaciones. Compruebe que el diámetro del resalte cumple con las recomendaciones de SKF.
27	Un apoyo incorrecto en el alojamiento está haciendo que el aro exterior se deforme.	Mecanice nuevamente el resalte del eje para aliviar tensiones. La aplicación puede exigir un casquillo de apoyo. Compruebe que las dimensiones del resalte son las recomendadas por SKF.



Expansión del eje



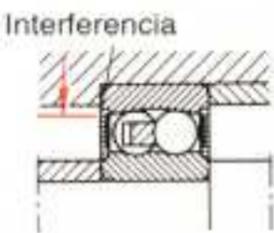
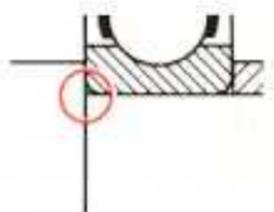
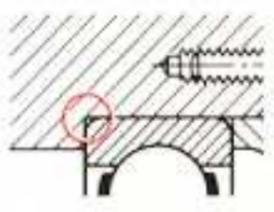
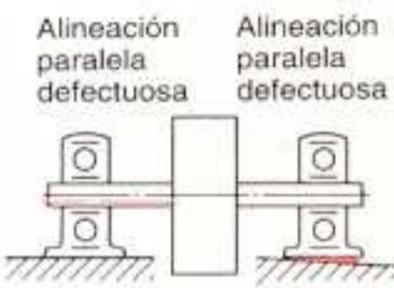
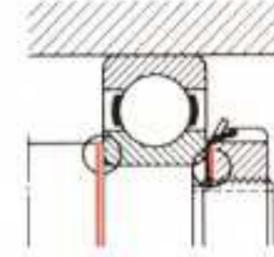
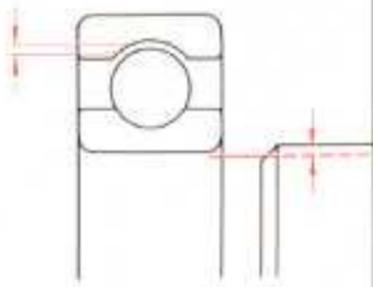
Tensiones



Rozamiento



Tensiones

Código de solución	Causa	Solución práctica
28	Obturaciones del rodamiento deformadas.	Mecanice nuevamente el resalte del alojamiento para dejar libres las obturaciones. 
29	El eje y el aro interior están deformados.	Mecanice nuevamente el resalte del eje para conseguir un apoyo correcto. 
30	El alojamiento y el aro exterior están deformados.	Mecanice nuevamente el resalte del alojamiento para conseguir un apoyo correcto. 
33 34	Alineación paralela o angular incorrecta en dos o más ejes acoplados con dos o más rodamientos.	Corrija la alineación calzando con chapas los soportes. Asegúrese de que los ejes están acoplados en línea recta, especialmente cuando hay tres o más rodamientos en un solo eje. Asegúrese de utilizar chapas de apoyo total. 
37	La pestaña de la arandela roza con el rodamiento.	Retire la arandela de retención y enderece la pestaña, o sustituya la arandela por una nueva. 
45	Los resaltes del eje o del alojamiento, o la tuerca de fijación, están descuadrados respecto al asiento del rodamiento.	Mecanice nuevamente esas piezas para que queden correctamente. 
47	El diámetro de asiento del rodamiento es de tamaño excesivo, provocando una expansión del aro interior excesiva. De esta forma se reduce el juego del rodamiento.	Rebaje el eje hasta lograr un ajuste correcto entre el eje y aro interior del rodamiento. Si no es posible efectuar ese rebaje, cambie el rodamiento montando uno que tenga un juego radial mayor. 

# Inspección cuando la máquina está parada

La inspección periódica de los rodamientos es una operación crítica para garantizar un funcionamiento óptimo de los rodamientos. El momento más adecuado para realizar las inspecciones de los rodamientos es durante los períodos planificados, a intervalos regulares, de parada de las máquinas para operaciones de mantenimiento de rutina, o por cualquier otra razón. Planifique con antelación o tenga presente la ubicación de los rodamientos a sustituir. Puede resultar conveniente el disponer de planos de los rodamientos con este fin.

## La importancia de la limpieza

Tome todas las precauciones posibles para evitar la contaminación de los rodamientos o sus lubricantes.

Comience la inspección limpiando la superficie del rodamiento, desmonte a continuación los componentes cercanos al rodamiento. Las obturaciones se dañan con facilidad, por ello es preciso manipularlas con cuidado. Nunca aplique una fuerza excesiva. Inspeccione detenidamen-

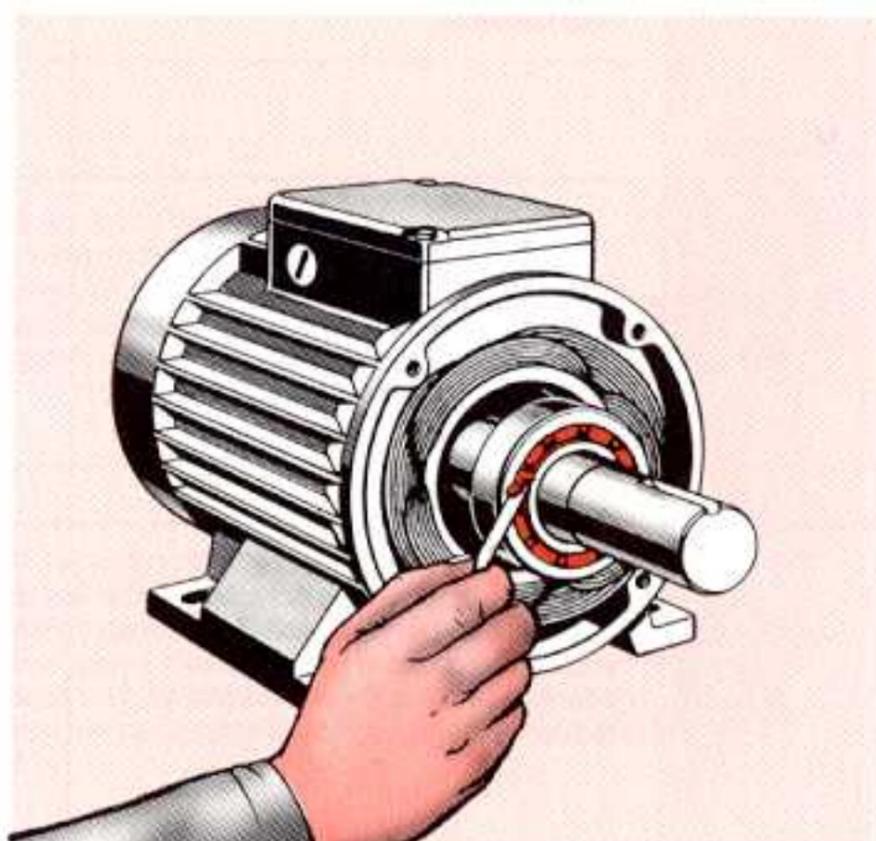
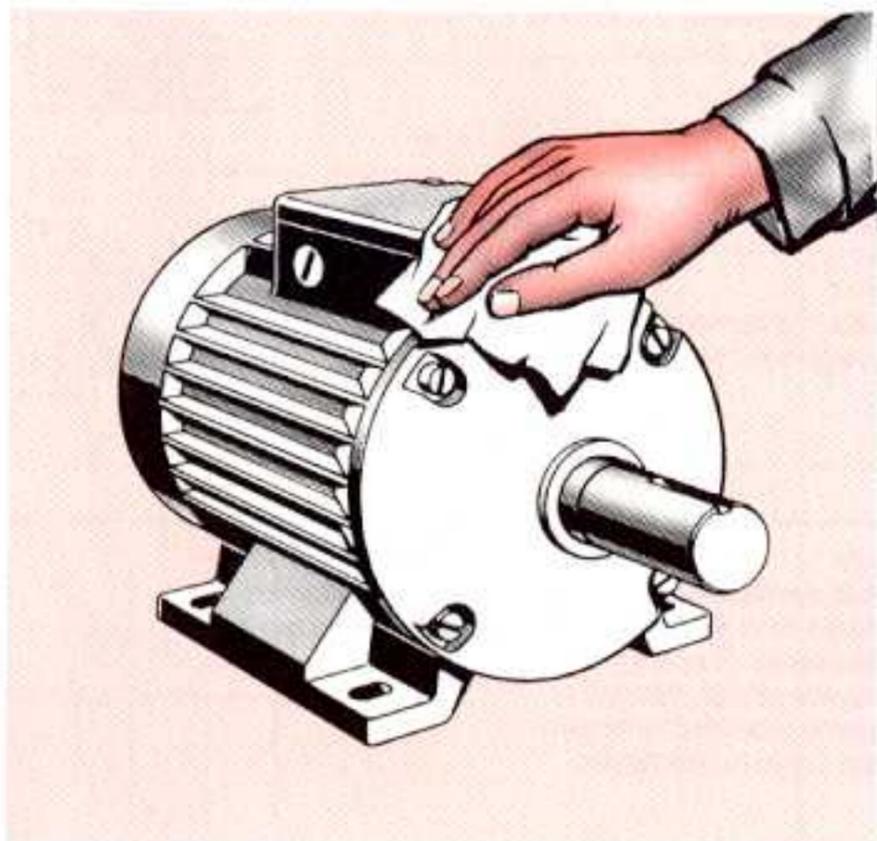
te las obturaciones y los restantes componentes próximos a los rodamientos. Sustituya siempre las obturaciones de goma, así como todas las obturaciones cuyo aspecto sugiera la conveniencia de su sustitución. Una obturación que falle puede provocar un fallo del rodamiento y una parada de la máquina por un tiempo excesivo.

## Inspeccione el lubricante

Extraiga algo de lubricante, ya sea grasa o aceite, del que contiene el alojamiento. En muchas ocasiones basta con frotar el lubricante entre los dedos para detectar impurezas. Otro método consiste en extender una fina capa de lubricante en el dorso de la mano y examinarla con cuidado a la luz.

## Cambie el lubricante

Después de extraer todo el aceite, en el caso de un rodamiento lubricado mediante aceite, introduzca aceite nuevo para limpiarlo. Si es posible, deje funcionar la máquina durante unos minutos (a baja velocidad) para que el aceite pueda desprender la suciedad que pueda quedar en el



alojamiento, a continuación vacíe nuevamente el aceite. El aceite que se vaya a utilizar se debería filtrar siempre antes de su empleo.

En aquellas aplicaciones en las que se utilice lubricación mediante grasa, habrá que extraer el máximo de la grasa del alojamiento con una rasqueta. No permita que entre en contacto ningún resto de algodón con ninguna parte del rodamiento, dado que sus fibras pueden enrollarse después en los elementos rodantes y producir daños. Este problema es especialmente grave en el caso de los rodamientos pequeños.

## Proteja, tapándolos, los rodamientos que queden al descubierto

Mientras se inspecciona un rodamiento, no debe dejarse expuesto a contaminaciones potenciales por suciedad o humedad. Si el trabajo de inspección se ve interrumpido, deberá cubrirse el rodamiento con papel encerado o con un plástico.

Siempre que sea posible se enjuagará el rodamiento utilizando una brocha empapada en disolventes petrolíferos (white spirit), o pulverizando estos disolventes sobre el rodamiento. Esta operación permite la inspección sin necesidad de desmontar el rodamiento. Haga girar lentamente el rodamiento y sígalo limpiando con la brocha o pulverizando el disolvente, hasta que el disolvente ya no desprenda más suciedad. Limpie entonces el rodamiento con una gasa

limpia (que no deje pelusas), o con aire comprimido seco. Asegúrese de evitar que los componentes del rodamiento giren durante la operación de secado.

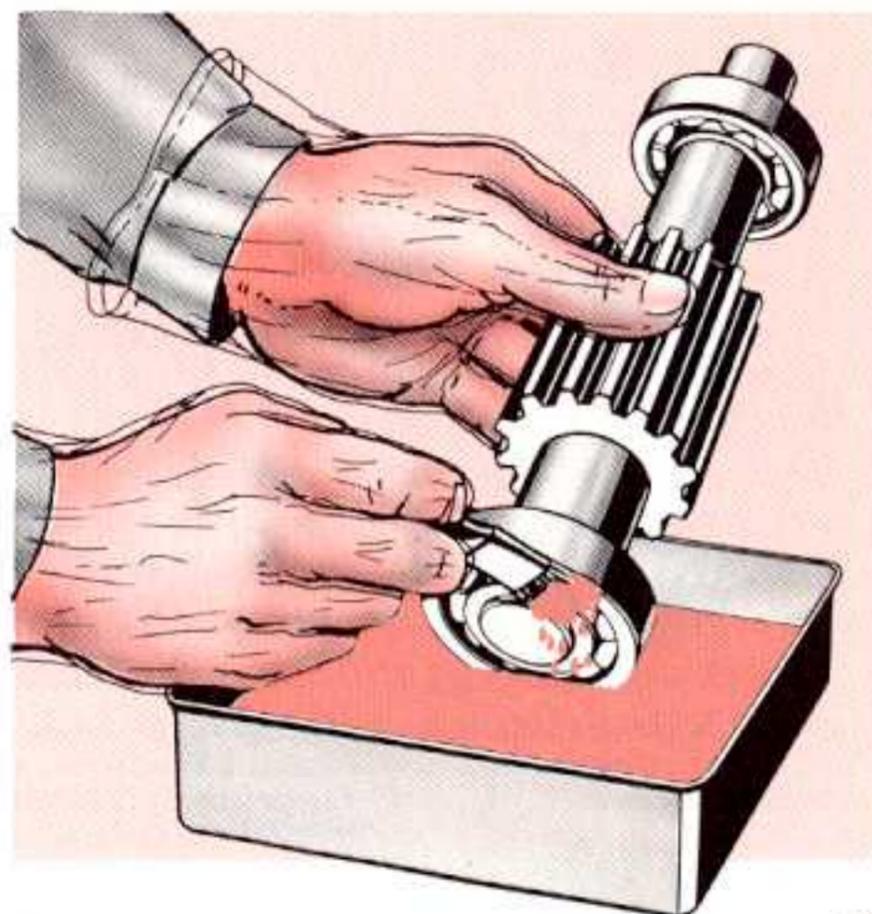
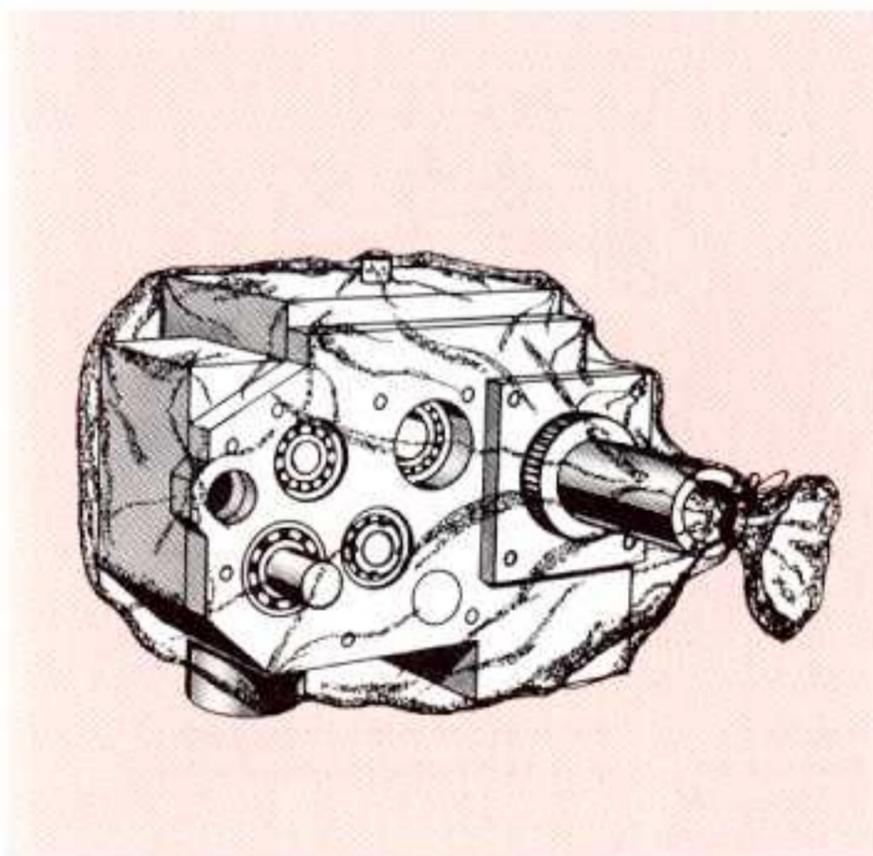
Un espejito y una varilla de punta roma son elementos muy útiles a la hora de inspeccionar los caminos de rodadura, las jaulas y los elementos rodantes.

Lubrique los rodamientos no dañados conforme indiquen las instrucciones del fabricante del equipo, o siguiendo las instrucciones de SKF que se incluyen en las páginas 204 a 247.

No trate de lavar con disolventes los rodamientos obturados, en esos casos límitese a limpiar las superficies exteriores. Sustituya el rodamiento si parece dañado. La instalación de un rodamiento nuevo durante un período planificado de parada de la máquina es mucho más económica que una parada de la máquina debida a un fallo prematuro de un rodamiento.

## ¡ADVERTENCIA!

Utilice guantes protectores siempre que sea posible. El contacto directo y regular con productos derivados del petróleo puede producir reacciones alérgicas.



# Rodamientos y obturaciones de repuesto

Un rodamiento que haya fallado debe reemplazarse siempre por otro del mismo tipo y tamaño. Los rodamientos estándar, así como las herramientas de instalación y mantenimiento, los lubricantes y otros accesorios suelen estar disponibles de forma inmediata a través del distribuidor autorizado de SKF más cercano. Consulte con el distribuidor de SKF incluso cuando el rodamiento que precise no sea un rodamiento SKF. SKF suministra una gama de tipos y tamaños de rodamientos mayor que la de ningún otro fabricante.

Para permitir a los usuarios convertir las denominaciones de otros rodamientos a sus equivalentes SKF, nuestros distribuidores

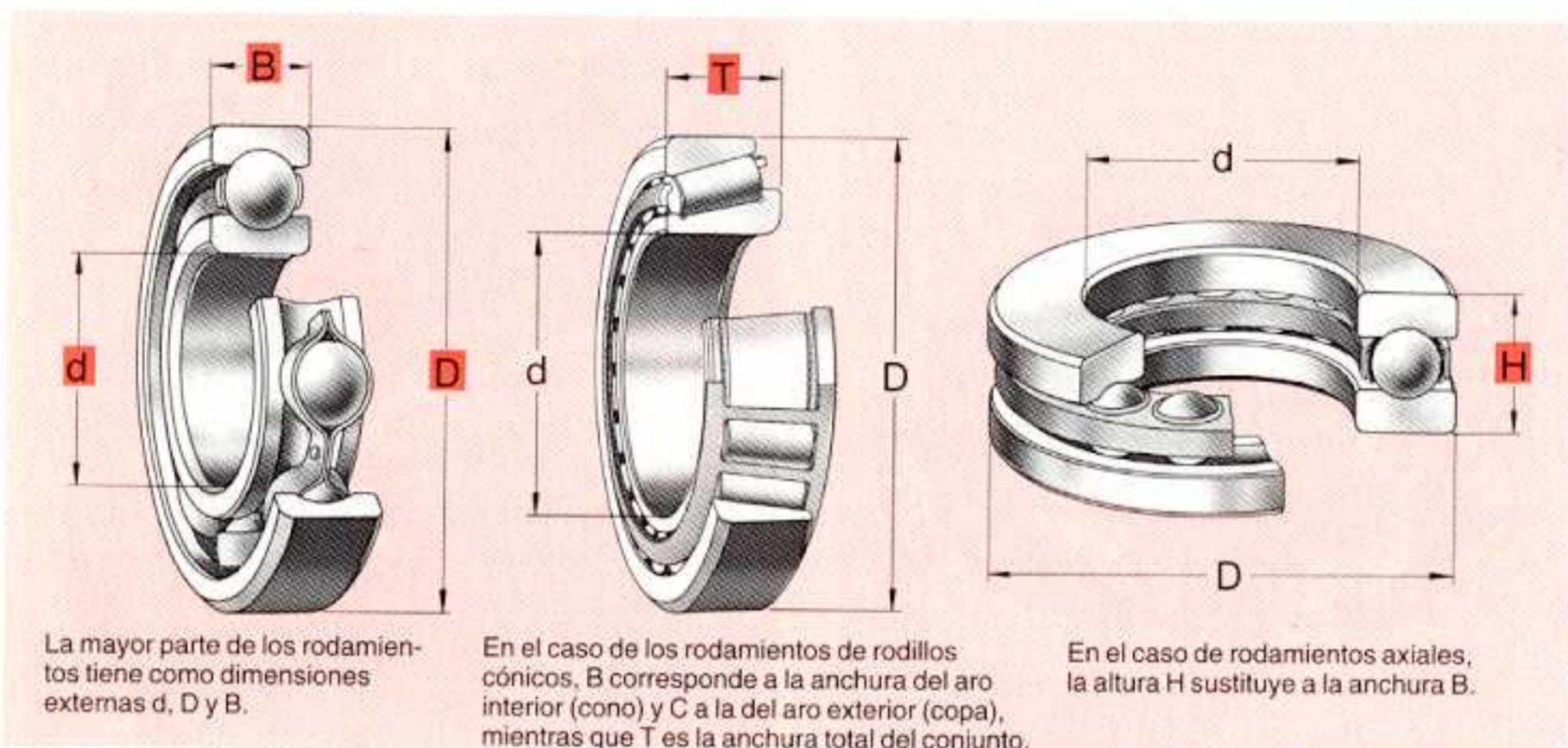
disponen de información acerca de las denominaciones utilizadas por todos los fabricantes más importantes de rodamientos, por lo que podremos recomendar un rodamiento SKF sustituto.

## Almacenaje y manipulación

Los rodamientos de repuesto se deben almacenar y manipular de la misma forma que cualquier otro rodamiento nuevo. Consulte las páginas 248 y 249, "Almacenaje y manipulación de rodamientos".

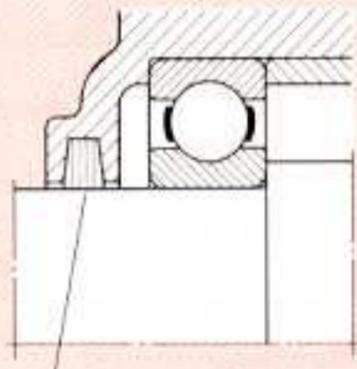
## Identificación de rodamientos

Todos los rodamientos llevan grabada su denominación. La denominación suele aparecer en la cara del aro interior o exterior. También, las especificaciones de los equipos y los planos suelen incluir información acerca de los rodamientos que se deben montar en cada lugar. Si la denominación de un rodamiento resulta ilegible, llévelo a un distribuidor de SKF para que lo identifique.

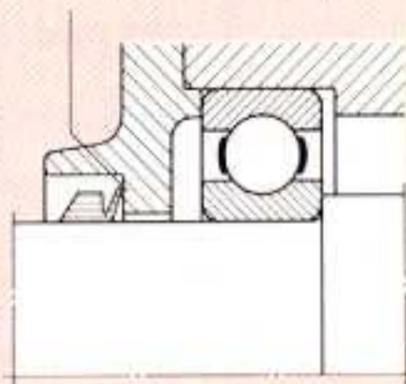


## Identificación de un rodamiento mediante mediciones

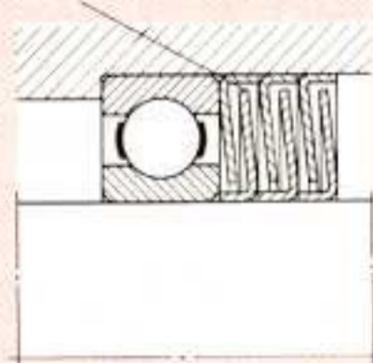
Los rodamientos se pueden identificar en muchas ocasiones midiendo sus dimensiones externas. Utilice el Catálogo General de SKF y busque el capítulo dedicado al tipo de rodamiento de que se trate. Recorra la columna que aparece bajo el encabezamiento "d" (diámetro del agujero) hasta que encuentre la dimensión que ha medido, mida a continuación el diámetro exterior (D) y la anchura o altura (B, T o H), dependiendo del tipo de rodamiento, para determinar sus dimensiones externas.



Obturación rozante presión en la superficie de contacto



Obturación no rozante intersticio



## Obturaciones

Las obturaciones protegen los rodamientos de la humedad y la contaminación, al tiempo que impiden las pérdidas de lubricante. Un montaje correcto de las obturaciones contribuye a aumentar la vida operativa del rodamiento.

Existen dos tipos básicos de obturaciones de rodamientos: no rozantes (obturaciones de intersticio radial o de laberinto) y rozantes (de contacto).

La eficacia de las obturaciones no rozantes depende de la acción obturante del intersticio. La eficacia de una obturación rozante depende del mantenimiento de una determinada presión sobre la superficie de contacto.

### ¿Problemas de obturación?

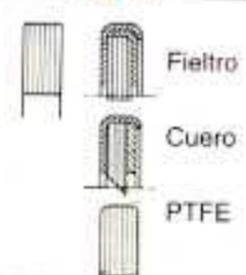
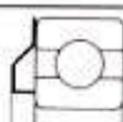
Las obturaciones rozantes se diseñan para permitir que se produzca una pequeña pérdida de lubricante. Esta pérdida sirve para lubricar el área de contacto de la obturación. Si estas pérdidas parecen ser excesivas, o si la humedad o suciedad entran al rodamiento, la obturación debe ser reemplazada o reforzada. A menudo, cuando un tipo de obturación no cumple satisfactoriamente con su misión, la solución estriba en utilizar combinadamente dos tipos de obturaciones.

La información que a continuación se presenta acerca de las obturaciones (existentes en el mercado, listas para su montaje y de uso externo al rodamiento) está basada en datos publicados por los respectivos fabricantes. Excepto en el caso de que SKF suministre las obturaciones como accesorios, por ejemplo para soportes, SKF no puede asumir ninguna responsabilidad en cuanto a su funcionamiento.

# Tabla de identificación y selección de obturaciones rozantes

El valor que se indica a continuación se refiere a diseños estándar. Normalmente están disponibles variantes de mayor calidad.

● = Adecuada  
○ = Inadecuada

Velocidad 3) Máx velocidad perifé- rica m/s	Sustancias obturadas										Otros	Temperatura de funcionamiento				Tipo de obturación con ejemplo de tipo y alternativas	Materiales		
	Exclusión											Retención		Temp. adyacente a la posición de la obturación					
	1)		2)									Aceite		°C				°F	
Fluido lubricante	Fluido no lubricante	Fluido de salpicadura	Baño de fluido	Polv. Suciedad ligera, seca	Grava. Suciedad pesada, húmeda	Varrillas, astillas etc	Gas	Salpicaduras	Nivel sobre el mar	Grasa	Actúa como válvula de grasa	Acepta el eje desalineado	mín	máx	mín	máx			
12(35) 12 <6 de acuerdo con la presión >20	● ○	● ○	● ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	● ○	● ○	● ○	○ ○	○ ○	-40	+110	-40	+230	Obturación radial de labio NBR = Caucho nitrilo 		
4(10) 5 0,5	○ ○	○ ○	○ ○	● ○	● ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	-50	+100	-58	+212	Anillo 		
2(4) 4 6	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	-40	+110	-40	+230	Junta tórica 		
10 26 25(40)	● ○	● ○	● ○	● ○	● ○	● ○	● ○	● ○	● ○	● ○	○ ○	○ ○	-90	+120	-130	+248	Prensaestopas 		
12-18 >18: obturación de intersticio 12-18	● ○	● ○	● ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	● ○	● ○	● ○	○ ○	○ ○	-40	+100	-40	+212	Obturación axial de labio NBR 		
20 20 10	● ○	● ○	● ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	● ○	● ○	● ○	○ ○	○ ○	-30	+180	-22	+356	Retén mecánico 1  2 		
5	● ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	-40	+120	-40	+248	Arandela elástica 		
20 20	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	-30	+150	-22	+302	Obturación flocada 		
	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	-30	+130	-22	+266	Arandela flocada de poliéster en arandelas de obturación Z 		

1) Se refiere a la acción física del fluido en la obturación  
2) Obturación sumergida/presurizada

3) Los valores que figuran entre paréntesis indican la velocidad máxima que se puede obtener con diseños especiales

## Consejos y recomendaciones de aplicación

Requisitos especiales de las superficies en contacto			Ventajas	Desventajas	Observaciones:  4) Comentarios generales: La combinación de dos tipos de obturaciones resuelve con frecuencia los problemas de obturado.
$R_{\max}$ ( $R_a$ ) $\mu\text{m}$	Máx excentricidad (diám. eje = 100 mm) mm	Máx variación radial (a $n = 2\,000$ r/min) mm			
A, B 1,0–1,6 (0,3–0,5) – – F 1,0 (0,1–0,5) G –	0,25 – – 0,12 0,5–2	0,2 – – 0,08 0,35	Obtura bien. Norma DIN 3760. BS 1399. El tipo F es adecuado para aplicaciones vibratorias.	Sustitución de la obturación difícil. El labio se daña fácilmente. Alto calor generado por el rozamiento.	El eje debe ser rectificadado en profundidad. Para altas velocidades, se debe aumentar la dureza y corresponde a HRC 60 a 10 m/s. Puede resultar útil un manguito de desgaste. Están disponibles obturaciones partidas, reforzadas con fibra, fáciles de instalar, para grandes diámetros. Las obturaciones PTFE llenas de carbón con un valor pv máximo de 4,5 tienen unas buenas propiedades de funcionamiento en seco.
cuando $v > 4$ m/s (1,6–3,2) (0,8) –	– 0,1 –	– 0,1 –	Eficiente.	Fieltro: la menor elasticidad produce un intersticio no deseado. El anillo de fieltro puede encoger – pérdidas.	Obturaciones de fieltro disponibles como anillos o en tiras. Seleccione la densidad adecuada. Después de rodaje = obturación de intersticio. Para $t > 100$ °C elija materiales sintéticos, anillos con lubricación con grafito, o similar.
– (0,5–1,6) –	0,1 0,05–0,13 Grande	< 0,05 < 0,05 –	Compacto, fácil de cambiar. Anillo en X: menos rozamiento. Junta tórica en el cono: Sencillo, bajo rozamiento. DIN 3770	El rozamiento puede variar a pesar de una tolerancia fuerte. En el cono: El anillo se estira (envejece). Efecto de obturación deteriorado.	Las juntas tóricas soportan unos altos valores pv cuando están comprimidas; $d = 1,05 \times$ diám. de eje. En el cono: ángulo del cono 30°. Las juntas tóricas se deben estirar 10–15 %. Seleccione unas juntas que resistan el envejecimiento.
eje (0,3–0,8) caja (4–5)		En principio = 0 (0,05) Si > 0 ⇒ pérdidas	Soporta altas temperaturas, presión y sustancias agresivas. Fácil de reajustar o reemplazar.	Reajuste necesario. Alta generación de calor por rozamiento. Riesgo de rozamiento, seco si no hay pérdidas.	La selección de la empaquetadura es muy importante. Se requiere refrigeración forzada cuando $t > 120$ °C, no para grafito. Si la sustancia contiene partículas sólidas, se debe suministrar lubricante/refrigerante a través de un tubo separado a un anillo para una barrera líquida.
(3–5) –			Fácil de instalar. Actúa como esparcidor.		Los anillos en V necesitan apoyo axial a $v > 7$ m/s. A $v > 12$ m/s la obturación se fija mediante una abrazadera o un manguito de apoyo. A $v > 18$ m/s la obturación actúa como esparcidor y protección de intersticial.
1–5 1–5 –			1. Resiste el funcionamiento en seco. Autoajustable. 2. Como 1, robusto y fácil de instalar.	1. Generación de calor por rozamiento; con frecuencia se requiere refrigeración separada.	Algunas obturaciones están diseñadas sólo para rotación unidireccional. Están disponibles diseños especiales para $p = 10^{-5}$ torr – 25 MPa, $v = 100$ m/s y $t = +200$ –400 °C. Hermético al gas en combinación con fluido de barrera y anillo. Pérdidas durante el rodaje.
			Compacto. La cara lateral del rodamiento actúa como contracara.	Se daña fácilmente al instalarlo. Calor por rozamiento durante el rodaje.	¡El centrado es crítico! El borde de la obturación debe estar concéntrico con el borde del rodamiento. Después del rodaje ⇒ obturación estrecha.
(3,2) –	– 0,12	– 0,1	Fácil de combinar con otras obturaciones/ arandelas de obturación.	No muy adecuado para obturación radial.	Flocado: fibras de nylon (22 dtex) longitud 1–3 mm, encoladas a, por ejemplo, una arandela metálica con adhesivo epoxidico. Densidad de la fibra: 50–60 fibras/mm <sup>2</sup> . Compresión: 0–0,1 mm.

<sup>4)</sup> Para la máxima diferencia de presión sobre la obturación, ver las recomendaciones del fabricante.

# Tabla de identificación y selección de obturaciones no rozantes

El valor que se indica a continuación se refiere a diseños estándar. Normalmente están disponibles variantes de mayor calidad.

● = Adecuada  
○ = Inadecuada

Velocidad	Sustancias obturadas										Otros	Temperatura de funcionamiento	Tipo de obturación con ejemplo de tipo y alternativas	Materiales		
	Exclusión															
Máx velocidad periférica m/s	1) Fluido lubricante	Fluido no lubricante	2) Fluido de selladura	Baño de fluido	Polvo. Suciedad ligera, seca	Grava. Suciedad pesada, húmeda	Varillas, astillas etc	Gas	Retención		Actúa como válvula de grasa	Acepta el eje desalineado	Temp. adyacente a la posición de la obturación			
								Aciete		Grasa						
50																
15																
20																

Estas obturaciones se pueden usar para una extensa gama de temperaturas si los materiales de los componentes con los cuales forman intersticios tienen el mismo coeficiente de dilatación térmica.

Cuando el intersticio se llena con grasa, es la grasa la que impone las temperaturas máxima y mínima.

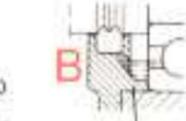
Riesgo de congelación a temperaturas muy bajas.

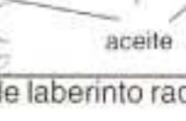
°C mín máx    °F mín máx

-40 +120    -40 +248

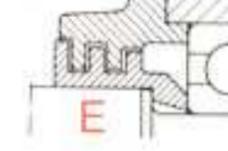
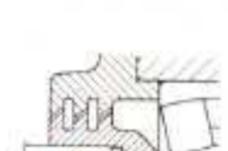
-30 +110    -22 +230

Obturación de intersticio  **A** Obturación de intersticio con esparcidor

Obturación de intersticio con rosca de tornillo  **B**

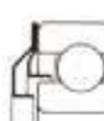
 **C**

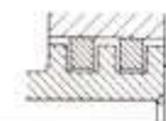
 **D** aceite

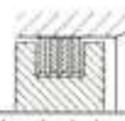
Obturación de laberinto radial  **E**  **F**

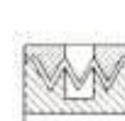
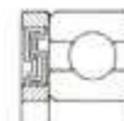
Obturación de laberinto axial  **G**  **H**

Arandela de obturación Z 

Arandela elástica 

Anillo de pistón 

Anillo laminar  Fey

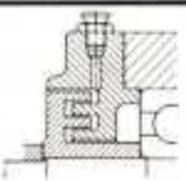
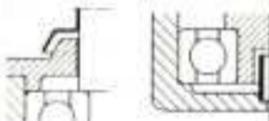
Unidad de anillo de laberinto  Leidenfrost   Arandela de obturación  plástico

Asumiendo que el intersticio esté lleno de grasa

<sup>1)</sup> Se refiere a la acción física del fluido en la obturación

<sup>2)</sup> Obturación sumergida/presurizada

## Consejos y recomendaciones de aplicación

Requisitos especiales de las superficies en contacto			Ventajas	Desventajas	Observaciones: Comentarios generales: 1. Si no es suficiente un tipo particular de obturación, una combinación de dos tipos de obturaciones resuelve con frecuencia los problemas de obturado. 2. La reducción de presión durante el enfriamiento después del funcionamiento produce a menudo humedad y suciedad, que se introduce en el rodamiento.																														
	Máx excentricidad Diámetro "eje"	Máx variación radial																																	
 <p><b>Intersticio radial recomendado para laberintos</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Diámetro "eje" mm</th> <th>a1 mm</th> <th>a2 mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20-30</td><td>0,10</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>32-50</td><td>0,15</td><td>0,30</td></tr> <tr><td>52-80</td><td>0,15</td><td>0,4</td></tr> <tr><td>82-120</td><td>0,2</td><td>0,5</td></tr> <tr><td>125-180</td><td>0,3</td><td>0,6</td></tr> <tr><td>185-250</td><td>0,3</td><td>0,7</td></tr> <tr><td>260-310</td><td>0,3</td><td>0,8</td></tr> <tr><td>320-400</td><td>0,4</td><td>0,9</td></tr> <tr><td>410-500</td><td>0,4</td><td>1,0</td></tr> </tbody> </table> <p>a1: Cuando la disposición del rodamiento es rígida a2: Para soportes con rodamientos autoalineables Para laberintos multietapa tomar como diámetro "eje" = diámetro medio.</p>			Diámetro "eje" mm	a1 mm	a2 mm	20-30	0,10	0,25	32-50	0,15	0,30	52-80	0,15	0,4	82-120	0,2	0,5	125-180	0,3	0,6	185-250	0,3	0,7	260-310	0,3	0,8	320-400	0,4	0,9	410-500	0,4	1,0	Robusto. Sin desgaste. No hay generación extra de calor.	<p>A-D: Se puede formar suciedad y humedad a lo largo del eje.</p> <p>D: La obturación funciona sólo cuando el eje está girando. Únicamente rotación unidireccional.</p>	<p>Las obturaciones de intersticio se deben usar cuando haya poco riesgo de que entre suciedad o humedad en los asientos del soporte. La eficacia de las obturaciones con intersticios llenos de grasa aumenta con la longitud del intersticio. Con disposiciones de eje vertical, se puede usar un esparcidor para proteger la entrada del intersticio.</p> 
Diámetro "eje" mm	a1 mm	a2 mm																																	
20-30	0,10	0,25																																	
32-50	0,15	0,30																																	
52-80	0,15	0,4																																	
82-120	0,2	0,5																																	
125-180	0,3	0,6																																	
185-250	0,3	0,7																																	
260-310	0,3	0,8																																	
320-400	0,4	0,9																																	
410-500	0,4	1,0																																	
			Robusto.	Requiere mucho espacio.	Se requieren soportes partidos o cubiertas. Se debe tener en consideración el desplazamiento del eje al graduar el intersticio axial. La relubricación aumenta considerablemente la eficacia de obturado. F acepta desalineación del eje.																														
			Robusto. Fácil de instalar. G: Permite cierto desplazamiento axial sin afectar la eficacia de obturado.	Puede producir efecto de bombeo a altas velocidades.	El intersticio axial debe ser ancho para permitir cambios en la longitud del eje. La relubricación aumenta considerablemente la eficacia de obturado. H acepta desalineación del eje.																														
	0,12	0,10	Compacto. Resulta fácil aumentar la eficacia de obturado instalando varios juegos juntos.		Instale la arandela del soporte lo más cerca del rodamiento. De este modo se evitará la acción de bombeo del rodamiento. Para arandelas Z floccadas, ver la página 86.																														
			Compacto.	Se daña fácilmente al ser instalado.	El anillo debe ser comprimido contra el componente no giratorio. El espacio entre dos anillos se llena con grasa.																														
			Compacto. Es permisible cierto movimiento axial – los anillos se deslizan.	Difícil de relubricar.																															
			Compacto. Es permisible cierto movimiento axial – los anillos se deslizan.	Difícil de relubricar.																															
			Se requiere poco o nulo mecanizado de los asientos de la obturación.																																

# Manipulación y cuidado de los rodamientos

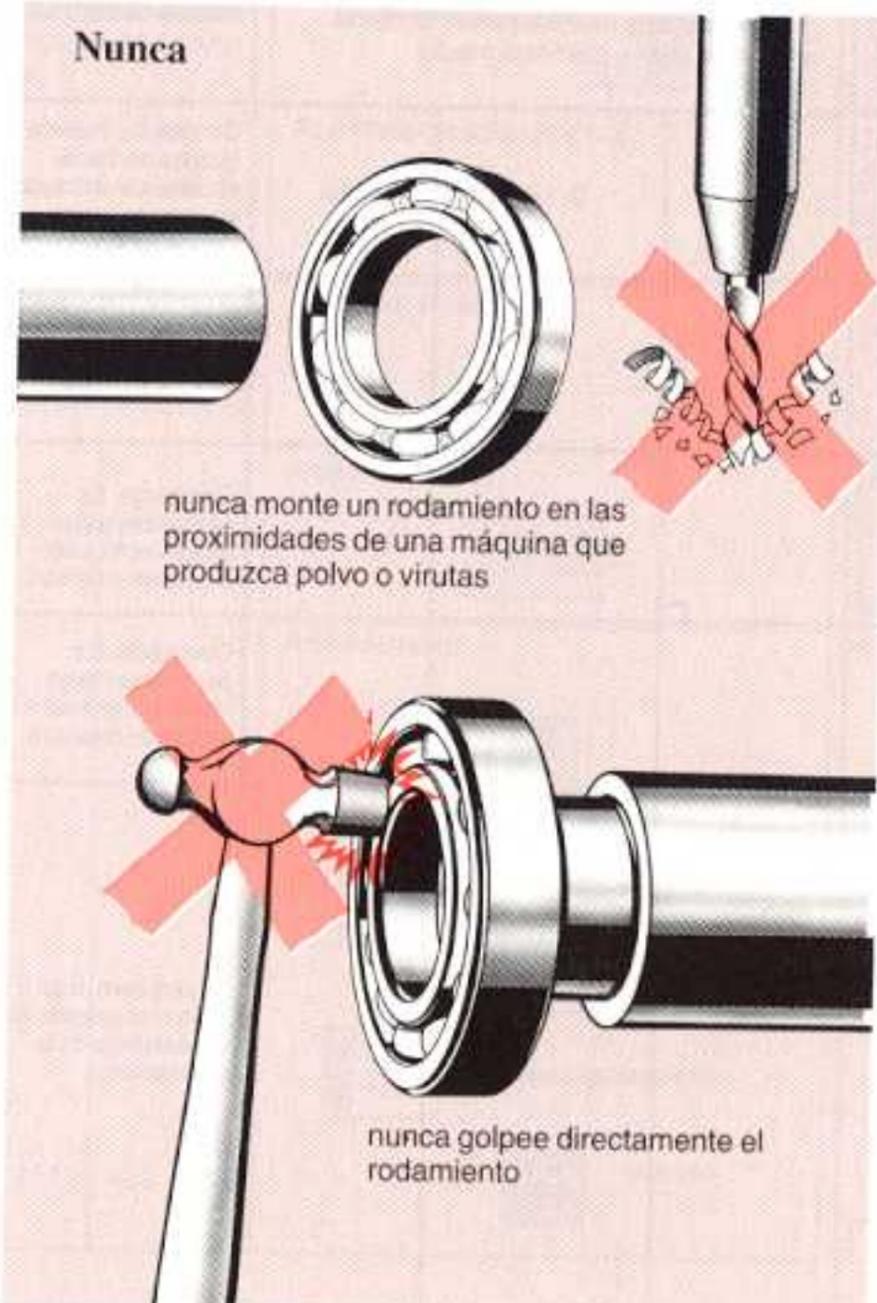
El montaje y mantenimiento correctos son fundamentales para conseguir que la vida útil de un rodamiento llegue al máximo. También son factores importantes la limpieza, la selección cuidadosa del rodamiento y el uso de las herramientas más adecuadas para el montaje y mantenimiento del rodamiento. Los rodamientos se deben proteger de la suciedad y la humedad, montarse correctamente y lubricarse. El diseño de la disposición de rodamientos, el estado de las obturaciones, el tipo de lubricante y los intervalos de lubricación, así como la capacidad y experiencia del personal de mantenimiento, son también factores vitales.

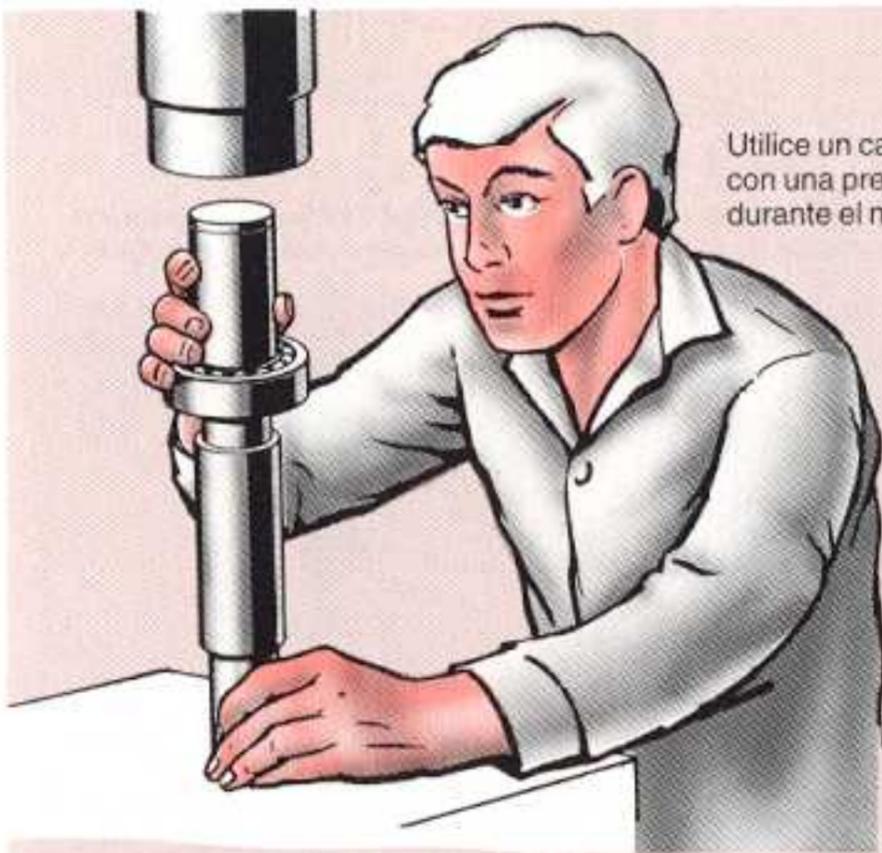
En este manual encontrará instrucciones para el montaje, desmontaje y mantenimiento de rodamientos de bolas y rodillos que le permitirán obtener los mejores resultados. SKF le puede ayudar a reducir la frecuencia de fallos en los rodamientos, y a aumentar su capacidad de mantenimiento de rodamientos para que pueda realizar reparaciones "in situ" con el consiguiente ahorro de tiempo.

**Siempre**



**Nunca**

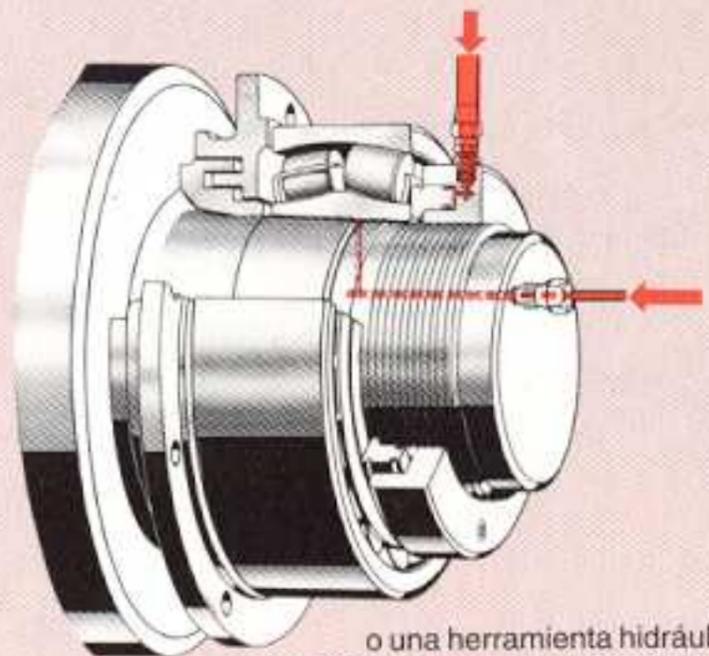




Utilice un casquillo con una prensa durante el montaje



una herramienta de calentamiento



o una herramienta hidráulica – en combinación con el método de inyección de aceite siempre que sea posible.



Lubrique con la cantidad correcta del lubricante apropiado y limpio, y en el momento oportuno.

# Equipos de mantenimiento, montaje y desmontaje

Un personal bien entrenado que utilice equipos de mantenimiento profesionales puede evitar prácticamente los daños en los rodamientos durante el montaje y el desmontaje. También se reduce la mano de obra necesaria, y contribuye a hacer más segura la operación, al tiempo que ayuda a reducir los plazos de montaje y desmontaje de rodamientos. La gama de equipos de mantenimiento de alta calidad de SKF incluye herramientas y dispositivos para el montaje y desmontaje de, prácticamente, cualquier tipo y tamaño de rodamiento. Póngase en contacto con SKF si desea más información acerca de herramientas.

## Tenazas de suspensión o ganchos

Las tenazas/ganchos disponen de mordazas que sujetan el rodamiento por la parte interior del aro exterior, entre los elementos rodantes. Esta herramienta es más fácil de utilizar que una eslinga.

## Eslingas

Se puede utilizar una correa limpia o cable de acero o cobre para fabricar una eslinga.

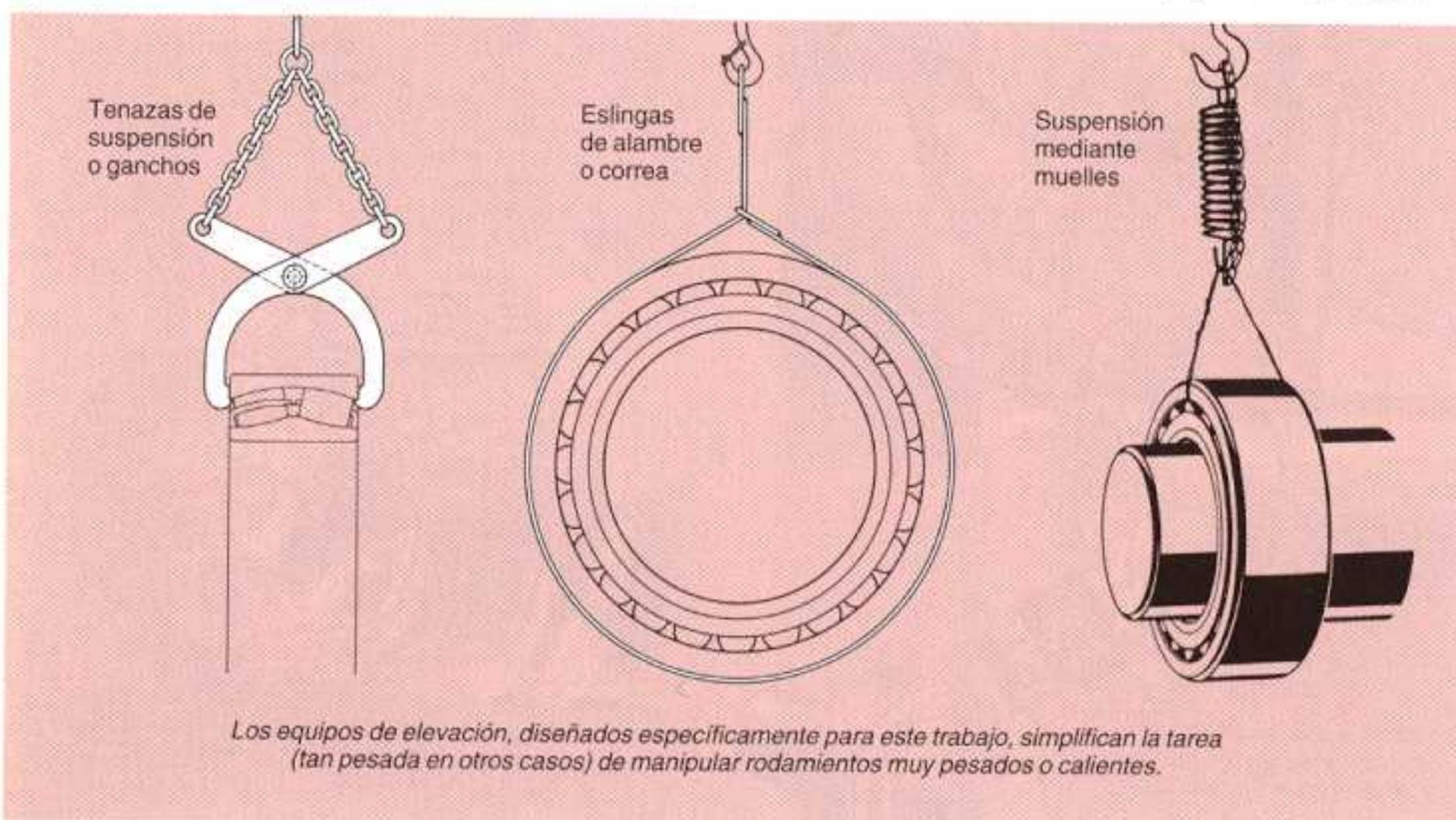
## Eslingas de alambre

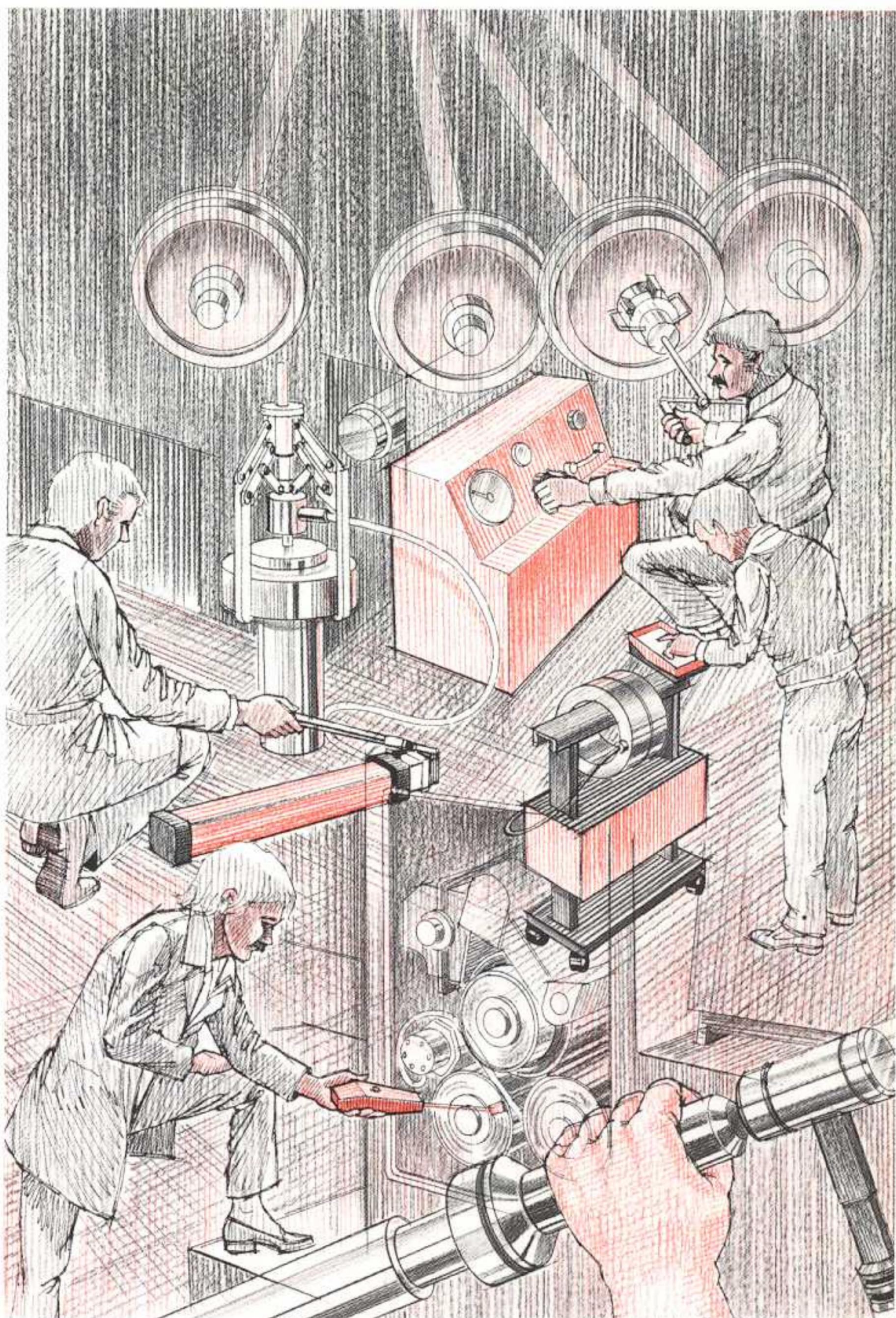
Se puede utilizar un alambre blando y limpio para fabricar una eslinga.

## Suspensión mediante muelles

La suspensión mediante muelles puede simplificar mucho el posicionamiento del rodamiento.

Póngase en contacto con SKF si desea recibir documentación acerca de las herramientas de montaje y desmontaje de SKF.





SKF actualiza constantemente su amplia gama de herramientas de mantenimiento, de fácil uso.

# Alineación de ejes

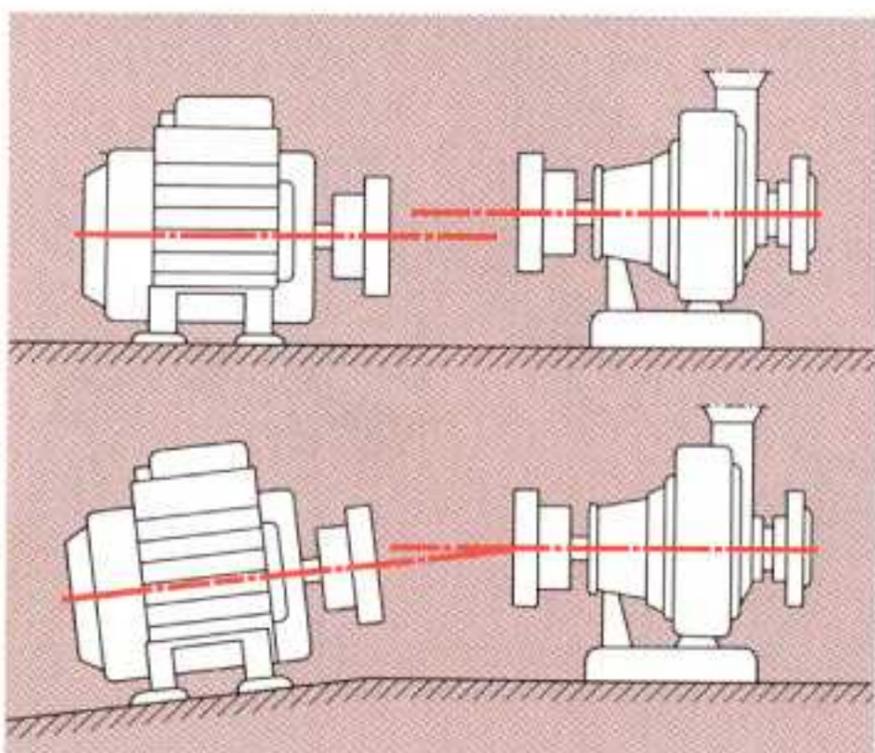
Los ejes desalineados producen frecuentemente problemas en los componentes de las máquinas. Las investigaciones realizadas en los EE.UU. han demostrado que la desalineación es el motivo de aproximadamente el 50 % de las averías de la maquinaria rotativa. Así pues, la alineación correcta de los ejes es una forma muy rentable de mantenimiento preventivo.

## Dos tipos básicos de desalineación

Los tipos básicos de desalineación son paralela (descentramiento) y angular. En la práctica ambos tipos se producen siempre en combinación. El objetivo de la alineación del eje es ajustar dos unidades de la maquinaria rotativa de modo que el eje de estas unidades esté en línea recta.

## Desalineación y vida de los rodamientos

El funcionamiento y fiabilidad de una máquina dependen en gran medida de lo bien que estén alineados los ejes.



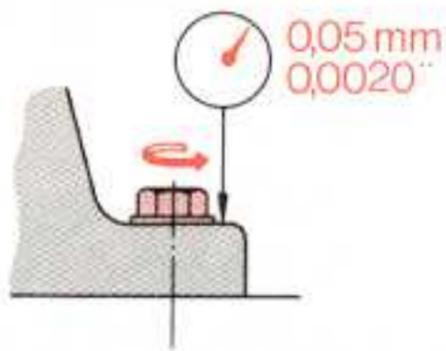
Los ejes desalineados generan un momento que crea una fuerza de reacción en los rodamientos de las unidades de accionamiento y de las accionadas. Un aumento de la carga del 20 % a causa de la desalineación reduce la vida calculada del rodamiento en casi un 50 %. Otro efecto serio es el desgaste de las obturaciones, que hará que aumente el riesgo de daños adicionales al rodamiento por entrada de contaminación o fugas del lubricante.

Es fácil comprender que la implantación de un programa bien organizado de alineación para máquinas críticas ahorrará dinero y problemas. Se mejorará la vida de servicio tanto de los rodamientos como de las obturaciones. Otros efectos beneficiosos son un nivel más bajo de vibración y ruido, y un menor consumo de energía.

### Los ejes desalineados pueden causar:

- un aumento de la carga sobre el rodamiento,
- una reducción de la vida del rodamiento,
- mayor desgaste de las obturaciones,
- más vibraciones
- mayor ruido, y
- mayor consumo de energía,

**lo que se evitará con una alineación correcta del eje**



## Comprobación de “pie flojo” y error de paralelismo

“Pie flojo” es la expresión que se usa cuando una máquina no descansa por igual en todos sus pies. Utilice un comparador aplicado en la parte superior del pie. Afloje el perno y compruebe el movimiento del comparador. Una regla general es que si la lectura excede de 0,05 mm es necesario hacer un ajuste por reglaje o mecanizado.

Una situación más seria es cuando los pies no están paralelos con la placa base. Compruebe que la base está recta. En muchos casos los daños se han atribuido al envejecimiento del hormigón, por ejemplo. Otras causas que afectarán la alineación son la herrumbre, pintura, quemaduras y cambios térmicos.

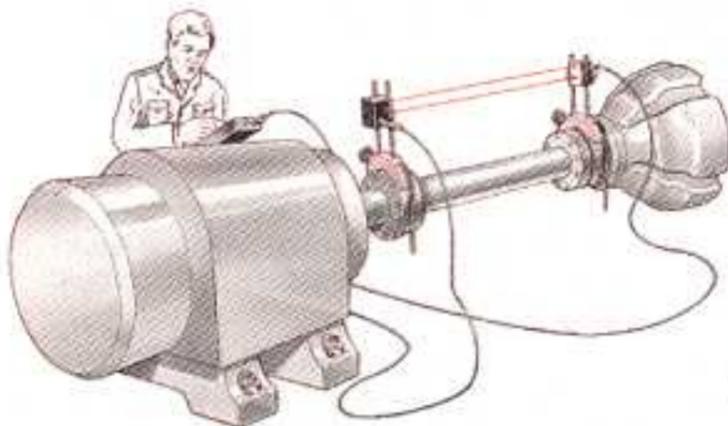
Compruebe también si los pernos están bien centrados en los agujeros, para permitir el movimiento horizontal de la unidad al efectuar la alineación.

Asegúrese que la distancia entre los manguitos de acoplamiento es la recomendada por el fabricante.

## El equipo correcto

SKF puede proporcionar tanto el equipo como la técnica necesaria para una alineación correcta de la maquinaria. La gama de equipos, sencillos de usar, incluye un sistema electromecánico y un sistema muy avanzado por rayo láser. El sistema láser se puede usar para todas las fases del proceso de alineación.

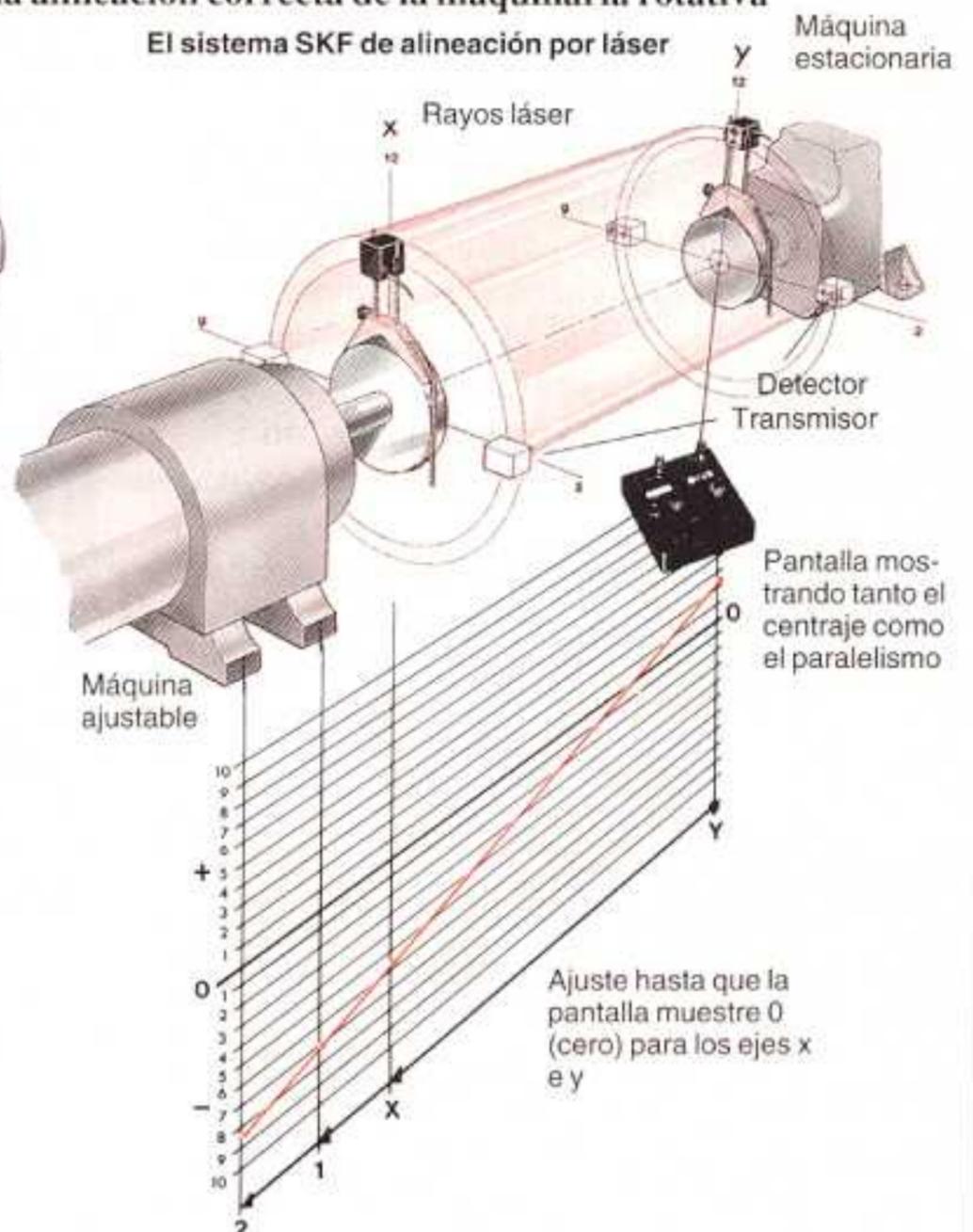
### El funcionamiento sin problemas exige una alineación correcta de la maquinaria rotativa



*Teniendo en cuenta que aproximadamente el 50 % de todas las averías de la maquinaria rotativa se producen por una alineación deficiente, resulta obvia la necesidad de una alineación precisa del eje. Una alineación correcta aumentará la producción y reducirá los costes de mantenimiento.*

*Los sistemas de alineación de eje SKF son eficaces, fiables y sencillos de usar. Esta ilustración muestra el sistema SKF de alineación de eje por láser, el cual resulta muy adecuado para las diversas operaciones de alineación que es necesario realizar.*

### El sistema SKF de alineación por láser



# Método de inyección de aceite de SKF

El método de inyección de aceite de SKF es muy utilizado para el montaje y desmontaje de componentes con un ajuste de interferencia, especialmente en el caso de los rodamientos. El aceite se inyecta a presión – hasta 50 MPa en el caso de los rodamientos – entre las superficies, a través de conductos y una ranura de distribución. La película de aceite que se forma en el asiento reduce la fricción hasta prácticamente anularla.

Si desea montar el rodamiento en un eje que no disponga de conductos y acanaladura, puede consultar los planos y dimensiones que se incluyen en la siguiente página. La acanaladura de distribución debe estar siempre situada a un tercio del ancho del rodamiento a partir del extremo del asiento.

## Superficies cónicas de contacto

La inyección de aceite se puede utilizar para montar y desmontar rodamientos en asientos de forma cónica. El uso combinado de la inyección de aceite y de una tuerca hidráulica facilitará aún más el montaje de rodamientos de grandes dimensiones. También simplifica su desmontaje, ya que el rodamiento se liberará en cuanto se inyecte el aceite. Debe preverse un tope, en caso contrario el rodamiento puede salir proyectado con mucha fuerza.

Para facilitar el drenaje, se utilizará un aceite con una viscosidad de unos 300 mm<sup>2</sup>/s a temperatura ambiente.

### Presión

1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup> = 145 psi = 10 kp/cm<sup>2</sup>

1 psi = 0,007 N/mm<sup>2</sup> = 0,007 MPa

### Viscosidad

1 mm<sup>2</sup>/s = 1 cSt = 4,6 SUS sobre 60 mm<sup>2</sup>/s

300 cSt = 39 E = 1 400 SUS

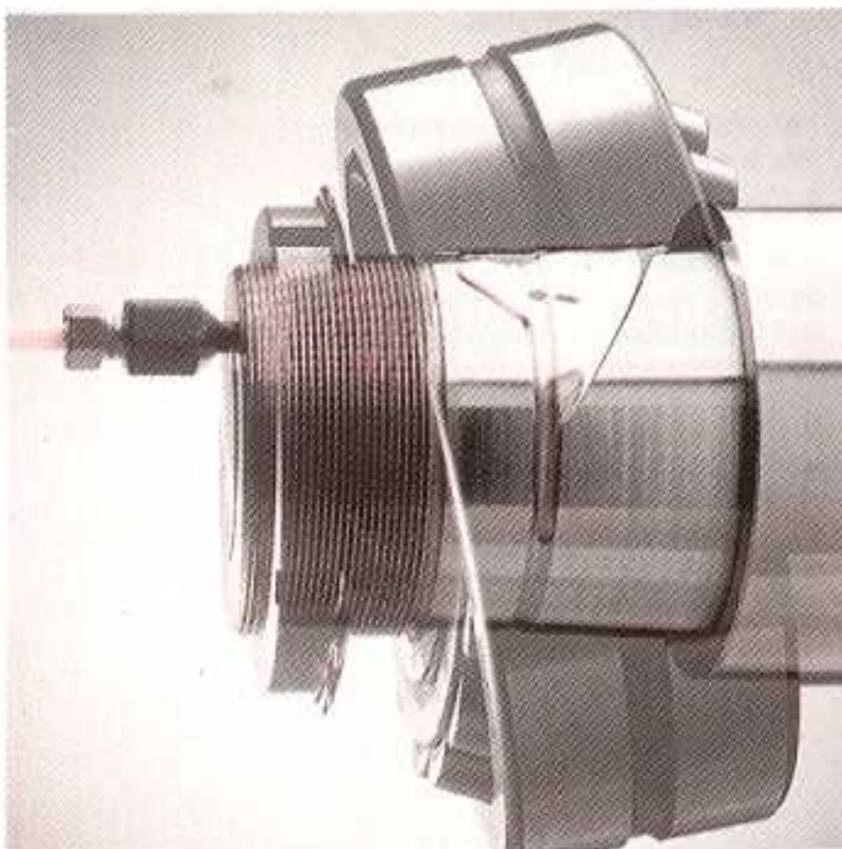
1 000 cSt = 135 E = 4 600 SUS

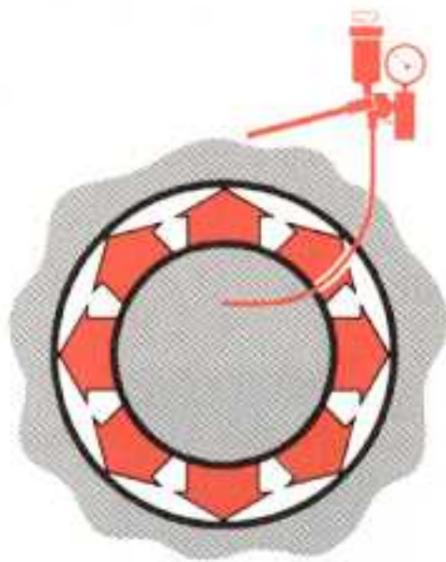
SKF suministra una gama completa de equipos de inyección de aceite. Póngase en contacto con SKF si desea detalles específicos.

## Superficies cilíndricas de contacto

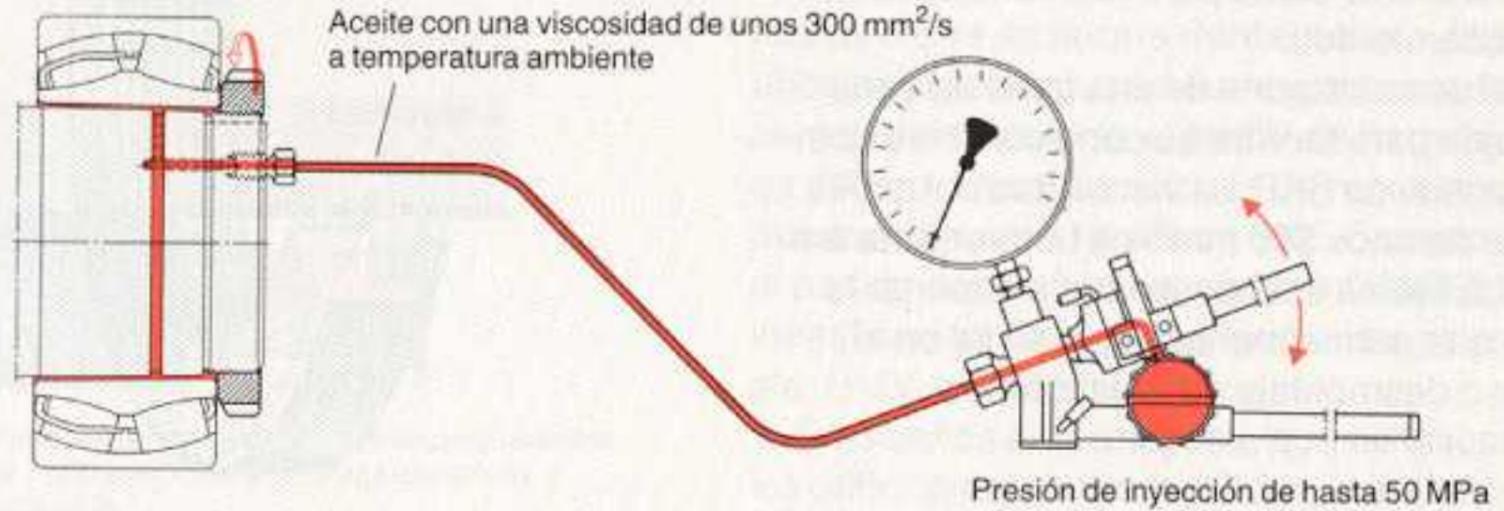
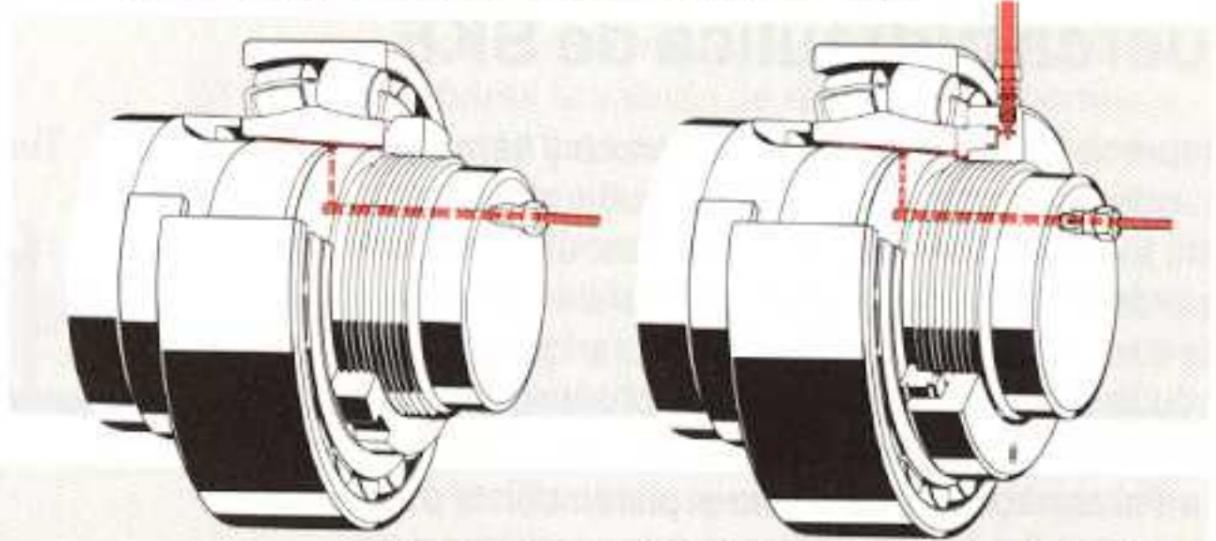
En este tipo de asiento sólo hay que utilizar aceite para el desmontaje. Asegúrese de que el aceite no drene con demasiada rapidez, utilizando para ello aceites con una viscosidad de unos 1 000 mm<sup>2</sup>/s a temperatura ambiente. Esto es importante ya que cuando el rodamiento se desplaza hasta más allá de la acanaladura de distribución, el aceite puede cesar de inyectarse entre las superficies y el rodamiento puede comenzar a tener un contacto metal-metal con el eje.

*Cuando se inyecta aceite entre dos superficies, éste desarrolla una presión que las mantiene separadas. Se forma entonces una película de aceite y la fricción se reduce prácticamente hasta desaparecer.*

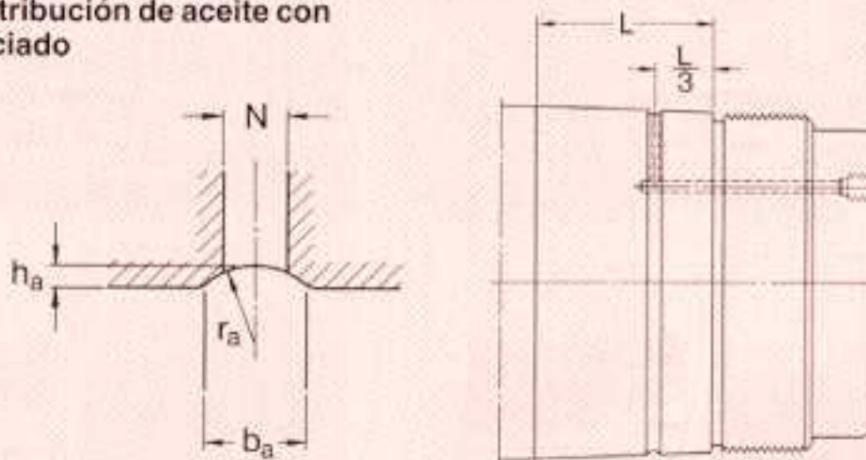




La inyección de aceite y la tuerca de fijación permiten un montaje más seguro y fácil. El montaje de rodamientos de grandes dimensiones se facilita aún más sustituyendo la tuerca de fijación por una tuerca hidráulica.

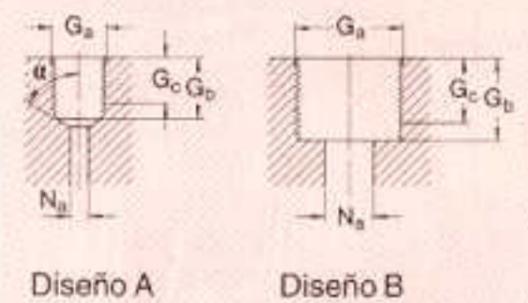


**Dimensiones recomendadas para las ranuras de distribución de aceite con conducto asociado**



Diámetro de la superficie de contacto más de		Dimensiones Usos generales				Aplicaciones de rodamientos			
incl.		$b_a$	$h_a$	$r_a$	N	$b_a$	$h_a$	$r_a$	N
mm	mm	mm							
–	30	2,5	0,5	2	2	2	0,3	2	2
30	50	3	0,5	2,5	2,5	2,5	0,5	2	2
50	100	4	0,8	3	3	3	0,5	2,5	2,5
100	150	5	1	4	4	4	0,8	3	3
150	200	6	1,25	4,5	5	4	0,8	3	3
200	250	7	1,5	5	5	5	1	4	4
250	300	8	1,5	6	6	5	1	4	4
300	400	10	2	7	7	6	1,25	4,5	5
400	500	12	2,5	8	8	7	1,5	5	5
500	650	14	3	10	10	8	1,5	6	6
650	800	16	3	12	12	10	2	7	7
800	1 000	18	4	12	12	12	2,5	8	8

**Diseños recomendados para los orificios de conexión con el conducto asociado**



Rosca	Di- seño	Angulo	Dimensiones		
		$\alpha$ máx	$G_b$	$G_c$ <sup>1)</sup>	$N_a$ máx
–	–	grados	mm		
M 4x0,5	A	–	5	4	2
R 1/8"	A	45	9 <sup>2)</sup>	7 <sup>2)</sup>	5
R 1/4"	A	60	15	12	8
R 3/8"	B	–	9	7	8
R 1/2"	B	–	18	14	8
R 3/4"	B	–	20	16	12 <sup>3)</sup>

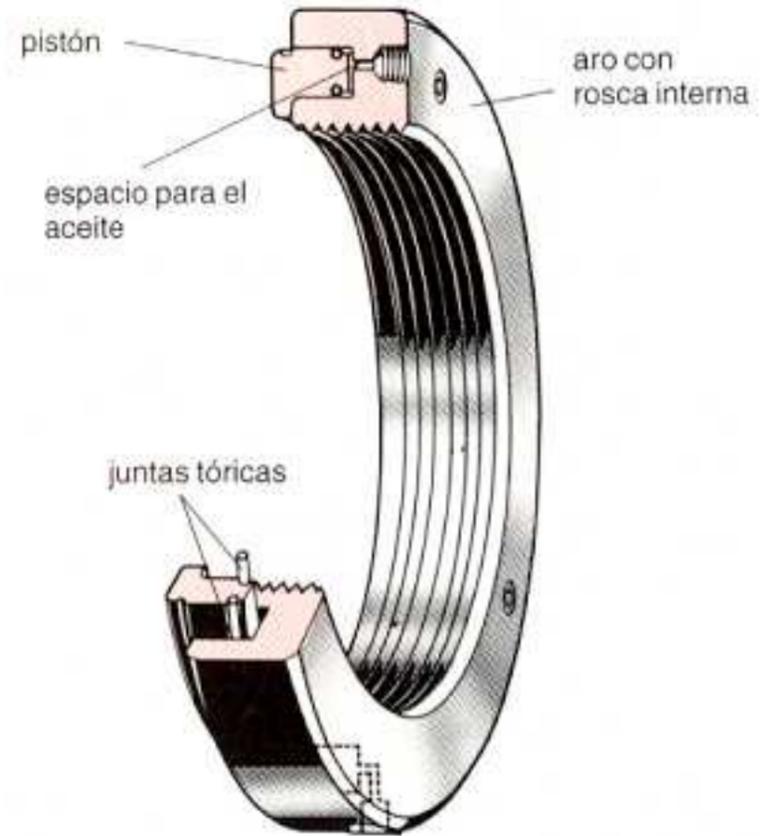
<sup>1)</sup> Longitud roscada efectiva  
<sup>2)</sup> Valor mínimo, que puede incrementarse en 2 mm si el espesor del material lo permite  
<sup>3)</sup> Valor mínimo

# Tuerca hidráulica de SKF

La tuerca hidráulica ahorra esfuerzos y tiempo cuando se montan y desmontan rodamientos. Está formada por dos componentes: un aro con una rosca interna y una acanaladura en una de sus caras laterales y un pistón anular que se introduce en la acanaladura. Las obturaciones son dos juntas tóricas. Cuando se bombea aceite en el espacio, se presiona el pistón con la fuerza suficiente como para montar o desmontar los rodamientos.

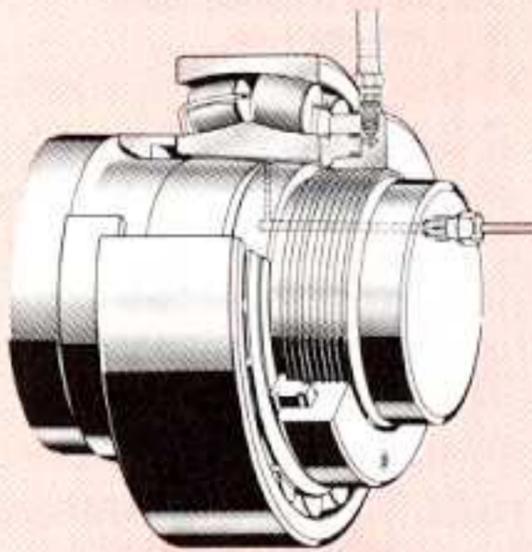
Cada tuerca dispone de una toma de conexión rápida para facilitar su conexión a las bombas de aceite de SKF. La viscosidad del aceite debe ser de unos  $300 \text{ mm}^2/\text{s}$  a temperatura ambiente. La tuerca está destinada a soportar la presión que normalmente se presenta en el montaje o desmontaje de rodamientos.

## Tuerca hidráulica

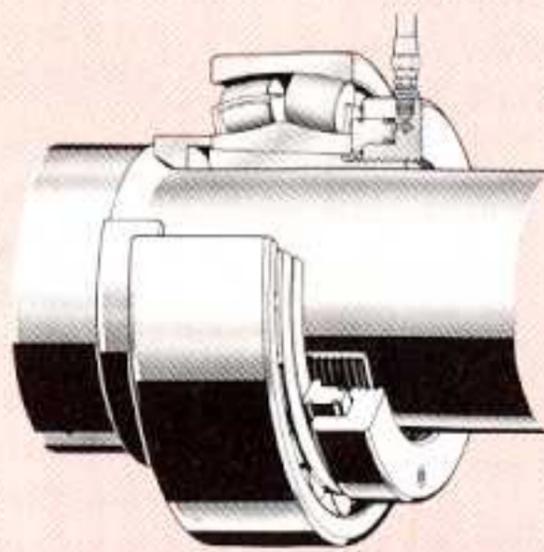


*Cuando se bombea aceite en el espacio existente en la acanaladura, se proyecta el pistón con considerable fuerza.*

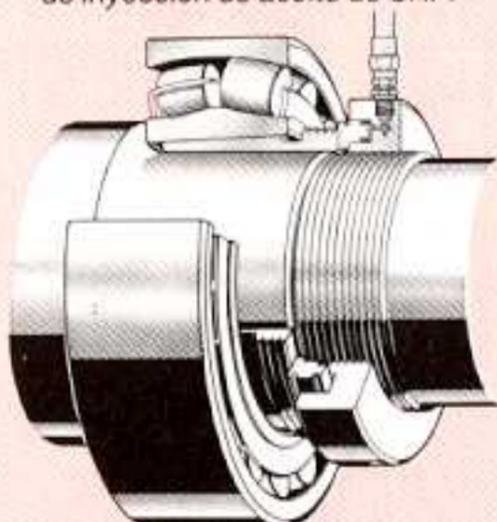
## Montaje



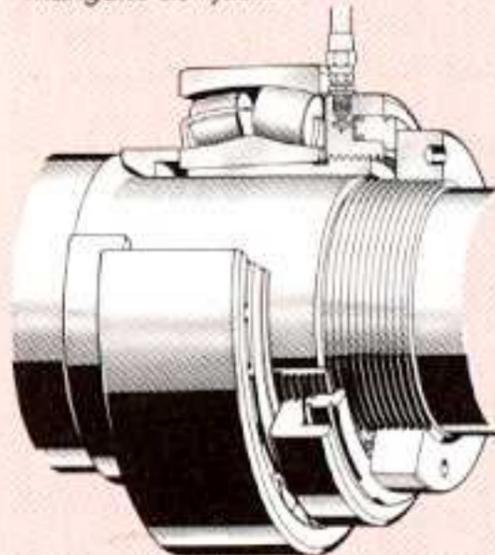
1. Tuerca hidráulica utilizada para introducir un rodamiento en un eje cónico, combinada con el método de inyección de aceite de SKF.



2. Tuerca hidráulica utilizada para introducir un rodamiento en un manguito de fijación.

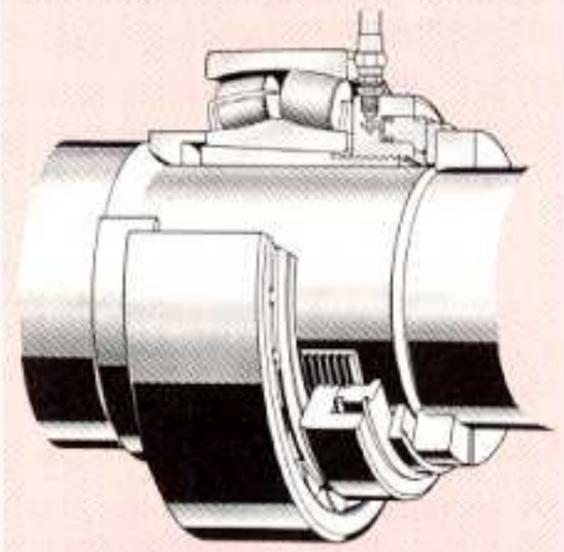


3. Tuerca hidráulica utilizada para introducir un rodamiento en un manguito de desmontaje.

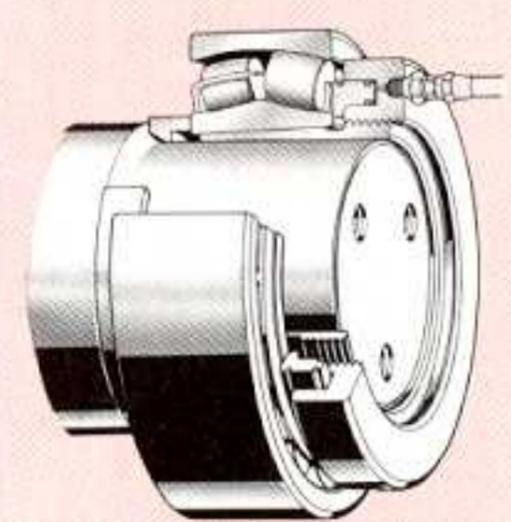


4. Tuerca hidráulica y tuerca de eje utilizada para introducir un rodamiento en un manguito de desmontaje.

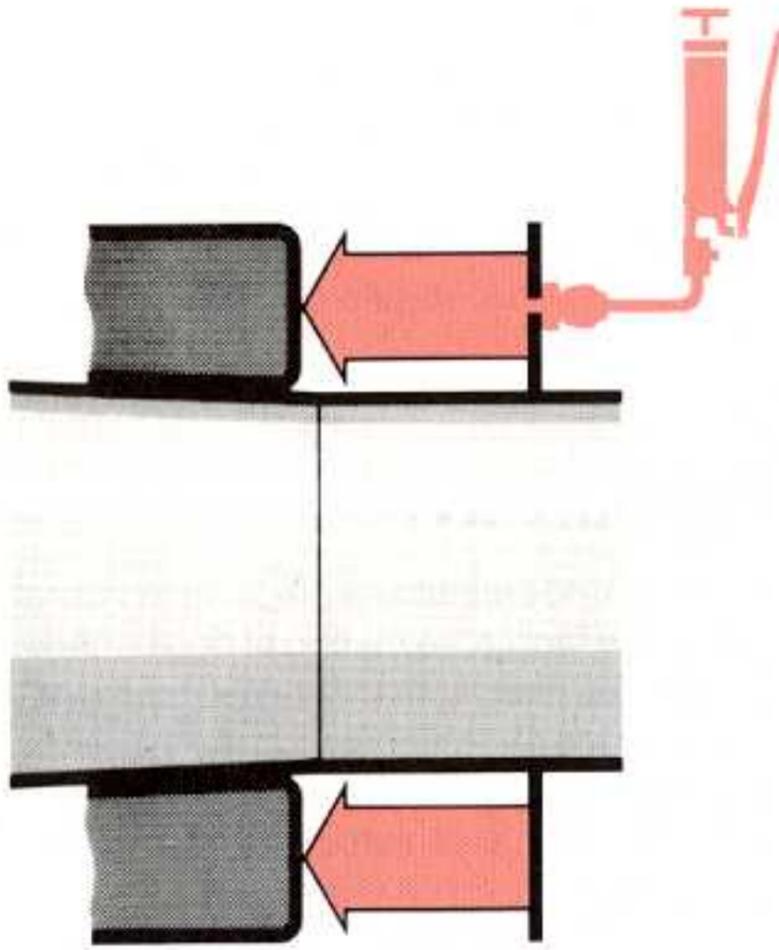
## Desmontaje



1. Tuerca hidráulica y aro de tope que se utilizan para soltar el manguito de fijación.



2. Tuerca hidráulica utilizada para liberar el manguito de desmontaje.



Aceite de una viscosidad de unos 300 mm<sup>2</sup>/s para asientos cónicos y unos 1 000 mm<sup>2</sup>/s para asientos cilíndricos, a temperatura ambiente.

Después del montaje o del desmontaje, habrá de abrirse la válvula de retorno de la bomba y apretar la tuerca para empujar el pistón de forma que vuelva a su posición inicial y que el aceite vuelva a la bomba.

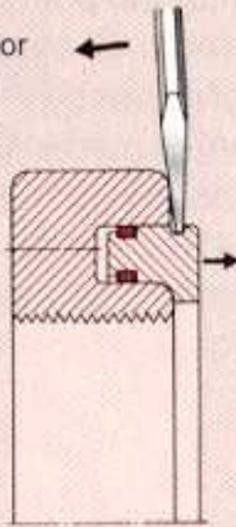
Si sale aceite de la tuerca hidráulica cuando el pistón está funcionando, es porque la obturación está desgastada o dañada, y debe ser sustituida. Para ello debe extraerse el pistón del aro. Para facilitar esta operación, existen tres orificios auxiliares con sus correspondientes tapones de cierre en la cara frontal del aro. Utilizando unos pasadores que se suministran con la tuerca, puede empujarse el pistón de forma que salga del aro. Las obturaciones de repuesto se pueden obtener a través de SKF. Cuando efectúe el pedido debe añadir el número /233983 a la identificación de la tuerca hidráulica, por ejemplo: HMV 10/233983.

En diseños más antiguos, que no disponen de los orificios auxiliares roscados, extraiga el pistón con ayuda de un destornillador, retire las juntas tóricas viejas y monte unas nuevas.

Póngase en contacto con SKF si desea más información acerca de tuercas estándar para roscas métricas, HMV y del estándar americano, series HMVC. Se pueden hacer también tuercas de medidas especiales bajo pedido.

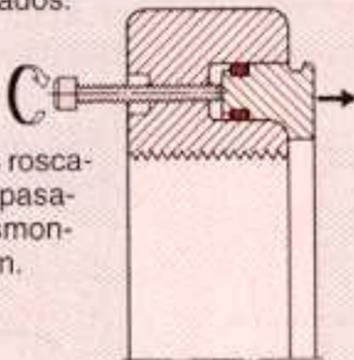
### Cuando reemplace las juntas tóricas

Utilice un destornillador en el caso de que la tuerca sea de diseño antiguo ...



El pistón se extrae con ayuda de un destornillador. Desmonte las juntas tóricas viejas, limpie las acanaladuras y monte nuevas juntas.

... o pasadores cuando la tuerca dispone de orificios roscados.



Tres orificios roscados para los pasadores de desmontaje del pistón.

El pistón se extrae del aro mediante los tres pasadores.

Cuando efectúe el pedido de nuevas juntas tóricas, deberá añadir el número /233983 a la identificación de la tuerca hidráulica, por ejemplo: HMV 10/233893.

# Desmontaje de rodamientos

Las operaciones de desmontaje pueden producir daños internos en los rodamientos. Puede entrar suciedad en el rodamiento, o cometerse algún error durante el montaje posterior del mismo. Es por ello por lo que debe evitarse, siempre que sea posible, el desmontar un rodamiento que no esté dañado.

Cuando haya que desmontar un rodamiento, deberá hacerse con cuidado. Prepare un tope o apoyo para el eje; caso de no disponer de uno, los rodamientos pueden dañarse por las fuerzas de desmontaje.

La limpieza es otro factor importante. Es más fácil evitar que los rodamientos se ensucien que limpiarlos una vez que se han ensuciado. Muchos tipos de rodamientos no pueden desarmarse, y por lo tanto son extremadamente difíciles de limpiar.

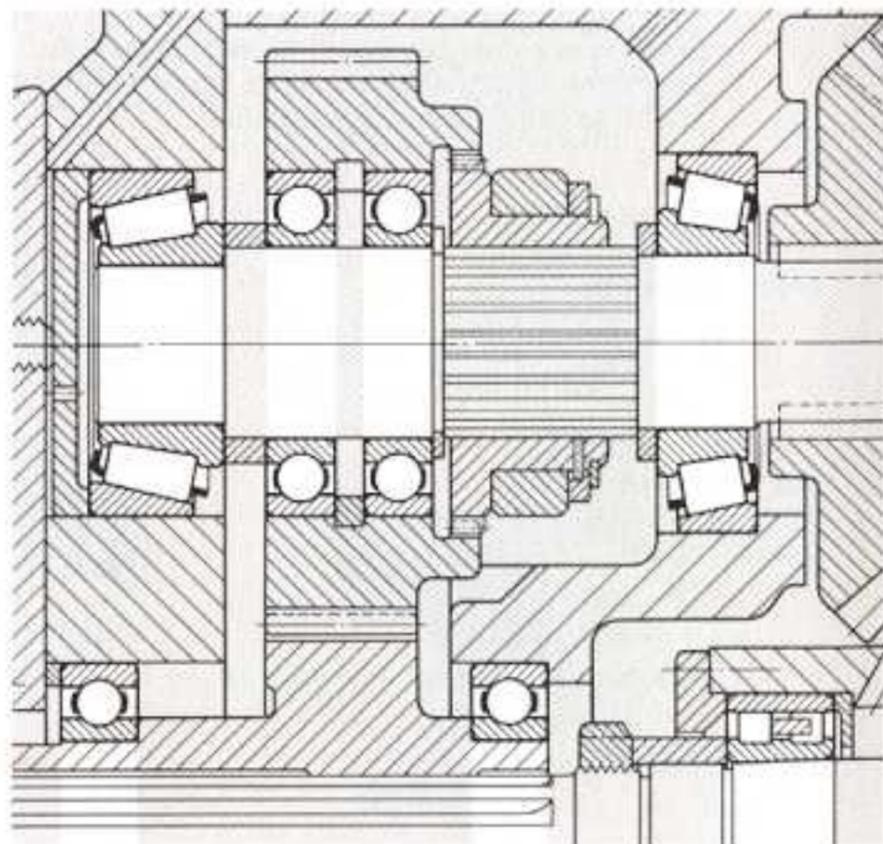
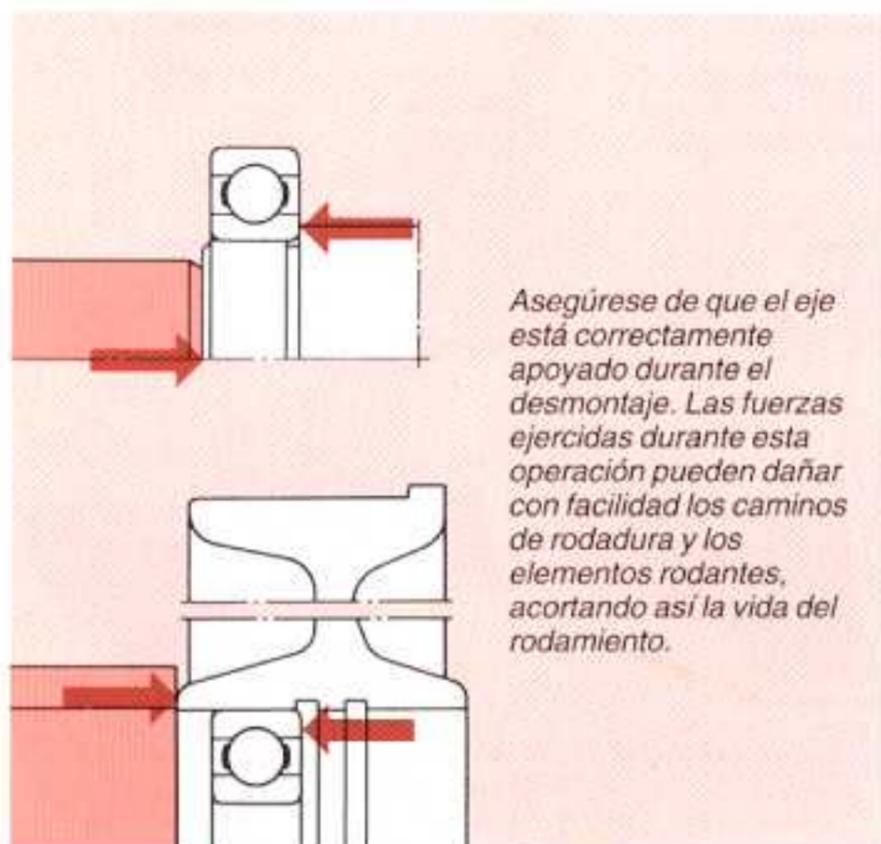
Un rodamiento no dañado debe montarse en el mismo eje, y conservando la misma posición y orientación que tenía anteriormente. Marque la posición relativa de cada rodamiento, es decir, qué sección del rodamiento ocupa la parte superior, qué parte está en el frente, etc.

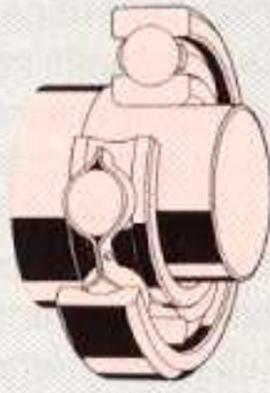
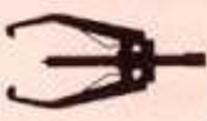
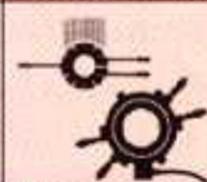
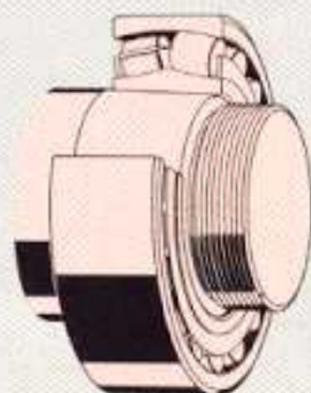
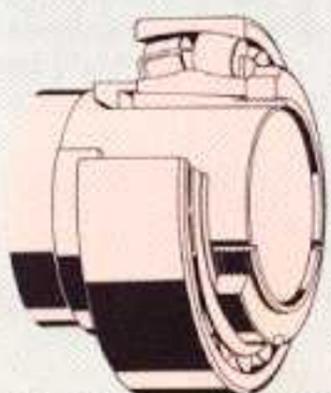
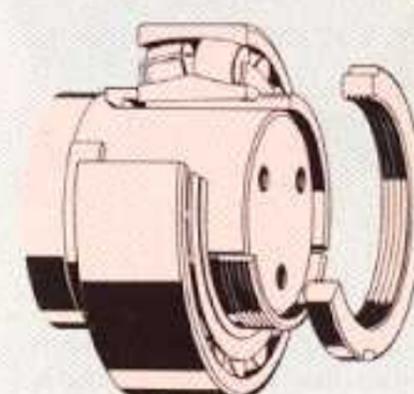
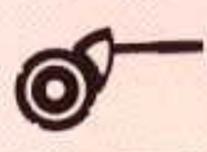
## Preparativos

Dedique unos minutos a preparar la operación, así puede facilitarse mucho el desmontaje. Estudie los planos de montaje y analice la disposición de los rodamientos. Utilice entonces el diagrama que se incluye en la página contigua para seleccionar el método de desmontaje más apropiado.

## El método más apropiado

Existen cuatro tipos distintos de montajes de rodamientos – asiento cilíndrico, asiento cónico, manguito de fijación y manguito de desmontaje – y cuatro métodos de desmontaje – mecánico, hidráulico, inyección de aceite y calentamiento. La elección del método puede depender del tamaño del rodamiento. Si el rodamiento es relativamente pequeño, puede resultar admisible el uso de herramientas mecánicas. Los rodamientos de mayor tamaño pueden exigir el uso del desmontaje por inyección de aceite. SKF puede ayudarle, si así lo solicita, a decidir cual es el método que mejor se adapta a su aplicación específica.



Disposición de rodamientos		Herramientas de desmontaje			
		Mecánica	Hidráulica	Inyección de aceite	Calentadores
<b>Asiento cilíndrico</b>  rodamientos pequeños rodamientos medianos rodamientos grandes rodamientos de rodillos cilíndricos de los tipos NU, NJ y NUP en todos los tamaños	rodamientos pequeños				
	rodamientos medianos				
	rodamientos grandes				
					
<b>Asiento cónico</b>  rodamientos pequeños rodamientos medianos rodamientos grandes	rodamientos pequeños				
	rodamientos medianos				
	rodamientos grandes				
<b>Manguito de fijación</b>  rodamientos pequeños rodamientos medianos rodamientos grandes	rodamientos pequeños				
	rodamientos medianos				
	rodamientos grandes				
<b>Manguito de desmontaje</b>  rodamientos pequeños rodamientos medianos rodamientos grandes	rodamientos pequeños				
	rodamientos medianos				
	rodamientos grandes				

rodamientos pequeños: diámetro del agujero < 80 mm  
 rodamientos medianos: diámetro del agujero entre 80 y 200 mm  
 rodamientos grandes: diámetro del agujero > 200 mm

inadecuado 

## **La herramienta más apropiada**

La elección de la herramienta adecuada es crítica. Para que el desmontaje concluya con éxito deberá utilizarse la herramienta más adecuada para cada caso individual; en este manual se incluyen consejos para efectuar esa selección. Si desea más información puede solicitar a SKF documentación relacionada con la gama completa de herramientas de montaje y desmontaje de SKF.

## **Ajustes**

Los procedimientos de desmontaje dependen en gran medida del ajuste del rodamiento en el eje y en el alojamiento. Normalmente, el aro interior o el exterior tienen un ajuste de interferencia. Sin embargo, hay casos en que ambos tienen este tipo de ajuste.

Como norma general, el aro que gira respecto a la dirección de la carga es el que tiene el ajuste de interferencia, sea cual sea el tipo de carga. Esta información se puede obtener examinando los planos de la maquinaria. Los rodamientos que cumplen con las normas métricas tienen una tolerancia "en menos" en los aros interior y exterior, mientras que los rodamientos que cumplen con las normas americanas (en pulgadas) tienen una tolerancia "en más" en los aros interior y exterior.

## **Obturaciones**

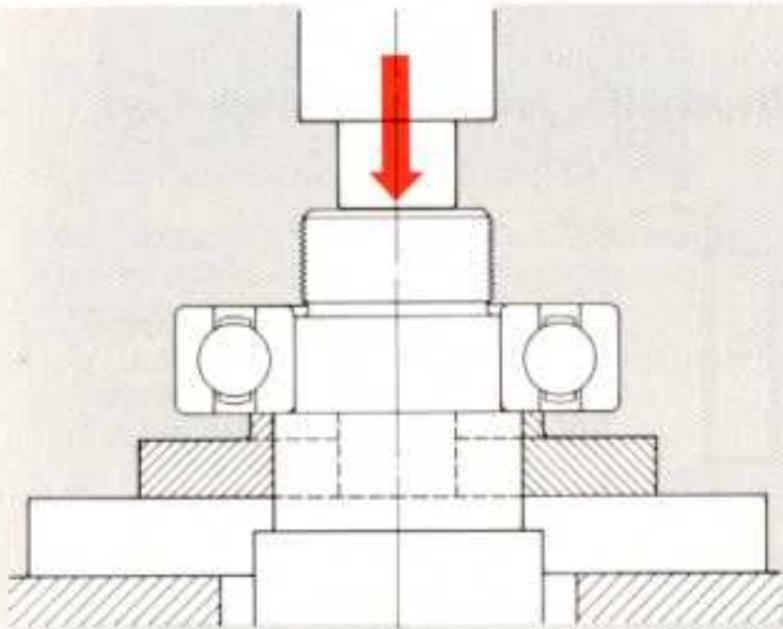
Reemplace en todos los casos las obturaciones de goma.

# Desmontaje de rodamientos con agujero cilíndrico

## Herramientas mecánicas

Los rodamientos de tamaño pequeño o medio montados con un ajuste de interferencia en el eje se pueden desmontar utilizando un extractor convencional. Si es posible se hará que el extractor agarre al rodamiento por el aro interior, para a continuación extraer el rodamiento con una fuerza uniforme hasta que el aro interior del rodamiento haya salido por completo del asiento cilíndrico del eje.

El extractor debe centrarse con mucha precisión durante el desmontaje, en caso contrario es relativamente fácil dañar el asiento.



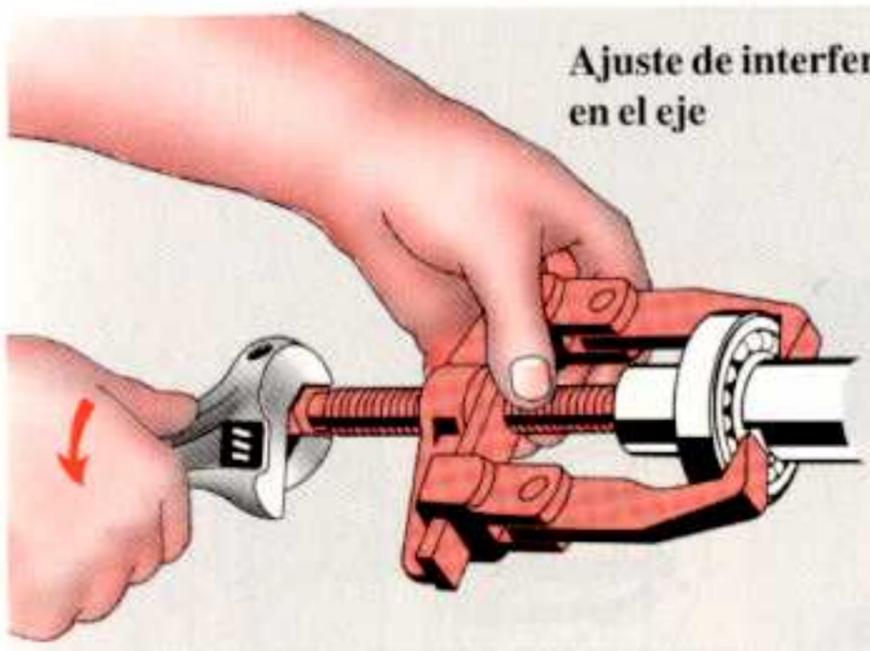
La mejor forma de desmontar un rodamiento montado en un asiento cilíndrico en un eje es utilizando una prensa; asegúrese de que sólo se ejerce presión sobre el aro del rodamiento que tiene el ajuste de interferencia (en este caso, el aro interior).

Para evitar este riesgo se pueden utilizar extractores autoajustables.

Si no es posible agarrar el aro interior con el extractor, se fijará el extractor al aro exterior. Tenga en cuenta que de esta forma se puede dañar el rodamiento. Si el rodamiento debe utilizarse nuevamente, o si existe alguna otra razón que aconseje evitar daños en el rodamiento, habrá que hacer girar el aro exterior durante el desmontaje. Esta operación puede realizarse

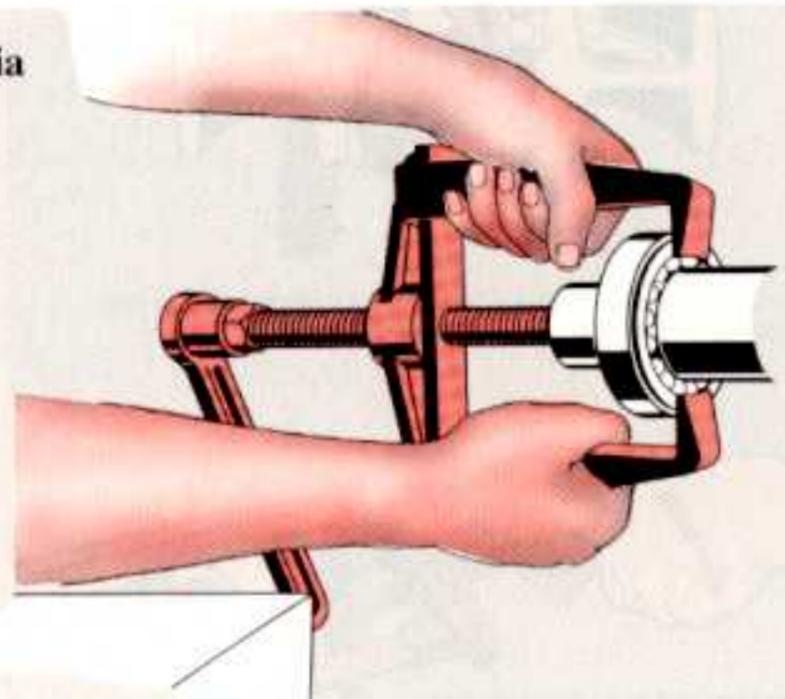


Nunca golpee directamente con un martillo en los aros del rodamiento. Utilice una prensa o un casquillo apropiado. Se puede utilizar un martillo ordinario o un martillo de golpe seco. Un martillo demasiado blando puede, por el contrario, dejar fragmentos que ocasionen deterioros.



Ajuste de interferencia en el eje

Los rodamientos pequeños se pueden extraer utilizando un extractor fijado al aro interior, o mediante un casquillo metálico y un golpe seco con un martillo.



Si el extractor ha de fijarse al aro exterior y el rodamiento debe usarse nuevamente, debe hacerse girar el aro exterior durante el desmontaje.

fijando el tornillo y haciendo girar continuamente el extractor hasta que el rodamiento quede libre.

## Ajuste de interferencia en el alojamiento

A menudo es posible utilizar una prensa para extraer el aro exterior del alojamiento. En caso contrario, será preciso utilizar un extractor.

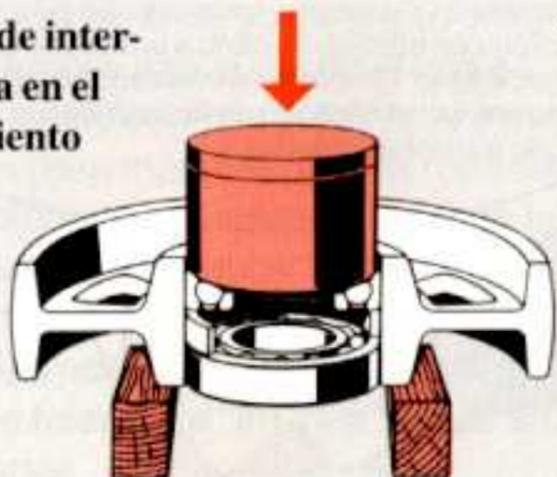
Cuando utilice un extractor para desmontar rodamientos de bolas a rótula, bascule el conjunto del aro interior de forma que el extractor se pueda fijar al aro exterior. En los restantes tipos de rodamientos, cuando haya que fijar el extractor al aro interior y haya de utilizarse nuevamen-

te el rodamiento, deberá hacerse girar el aro interior durante el desmontaje para reducir las posibilidades de dañarlo.

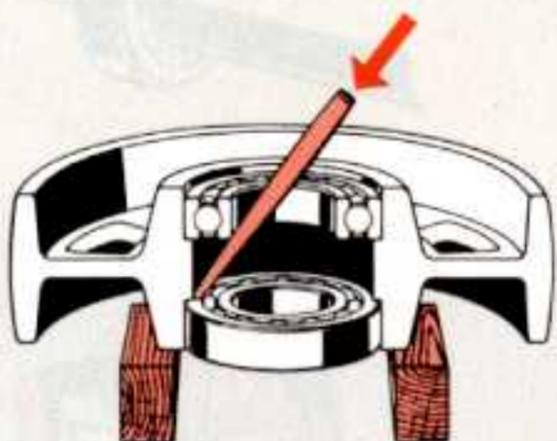
Un rodamiento montado en un alojamiento sin resaltes puede extraerse mediante golpes de martillo sobre un casquillo que esté apoyado directamente en el aro exterior. Se puede utilizar un martillo ordinario, no debiendo emplearse en ningún caso un martillo con cabeza de metal blando, dado que pueden desprenderse fragmentos que pueden introducirse en el rodamiento.

SKF pone a disposición de sus clientes un conjunto completo de herramientas con aros y casquillos de impacto.

### Ajuste de interferencia en el alojamiento



En el caso de un alojamiento sin apoyos, los rodamientos se pueden desmontar con un casquillo.

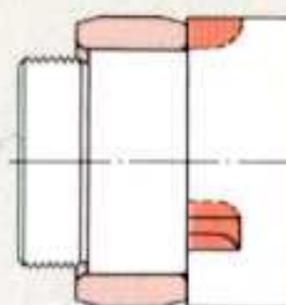


Utilice un botador de metal blando, o un extractor, si hay un soporte integral entre los rodillos.



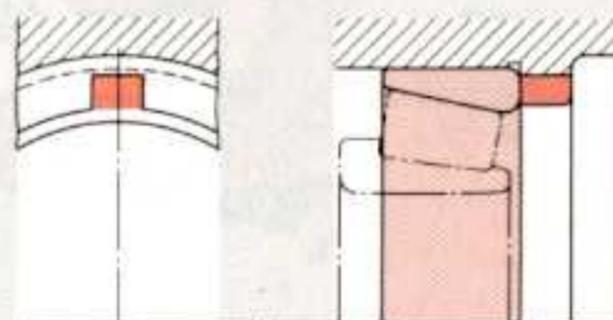
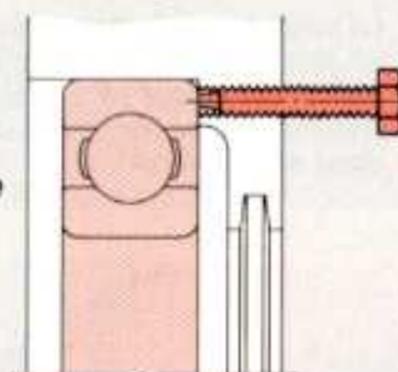
Los rodamientos autoalineables se pueden hacer bascular de forma que se pueda utilizar un extractor.

### Preparativos para un desmontaje eficaz



Unas muescas en el apoyo del eje en el que se va a montar el extractor elimina los riesgos de daños al rodamiento o al asiento.

Es preferible utilizar tres orificios roscados para tornillos de desmontaje que recurrir a un martillo y un botador.



Muecas para extraer el aro exterior de un rodamiento con un extractor.

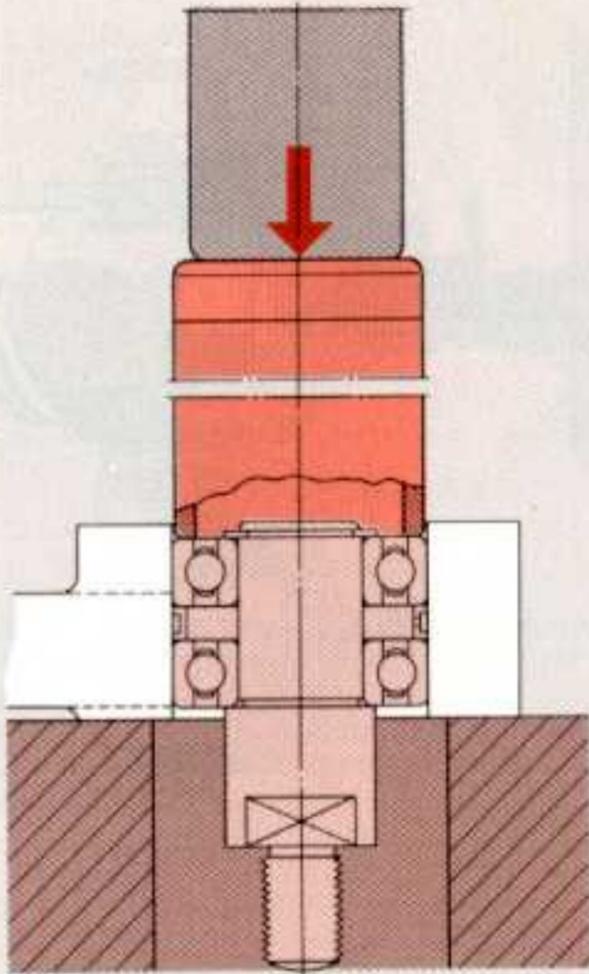
## Ajuste de interferencia en el eje y en el alojamiento

En el caso de rodamientos no desarmables con ajuste de interferencia tanto en el eje como en el alojamiento, el mejor método consiste en permitir que el rodamiento salga del alojamiento junto con el eje. Este método garantiza que en ningún caso se transmitirán las fuerzas ejercidas en el desmontaje a los elementos rodantes.

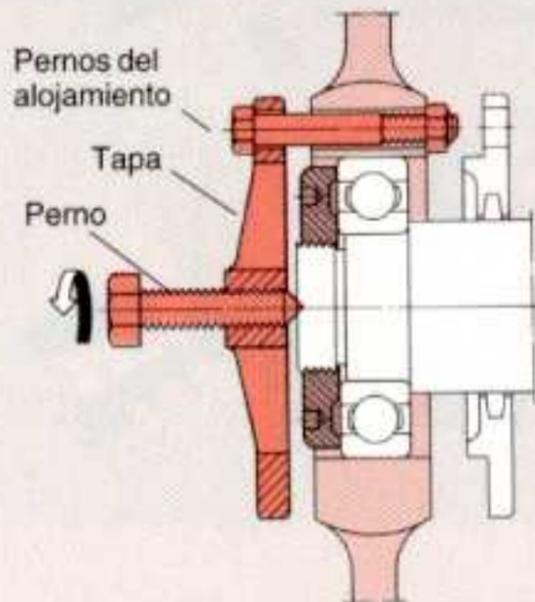
También se puede utilizar el método opuesto, permitir que el rodamiento se separe del eje junto con el alojamiento.

Los pernos de la tapa del alojamiento del rodamiento se pueden aprovechar. Utilice una placa especial que ajuste perfectamente sobre las superficies frontales del rodamiento, de forma que el rodamiento acompañe al eje cuando éste se extraiga del alojamiento, vea la figura.

Cuando el aro está en contacto con un apoyo y no existen ranuras para extractor, los rodamientos de bolas se pueden desmontar con un extractor especial. Las prolongaciones, con forma de dedos, de esta herramienta, se introducen entre los elementos rodantes y se fijan al aro.



*Los rodamientos no desmontables acompañan al eje conforme éste se extrae . . . o el alojamiento sale junto con el rodamiento.*



Pernos del alojamiento  
Tapa  
Perno

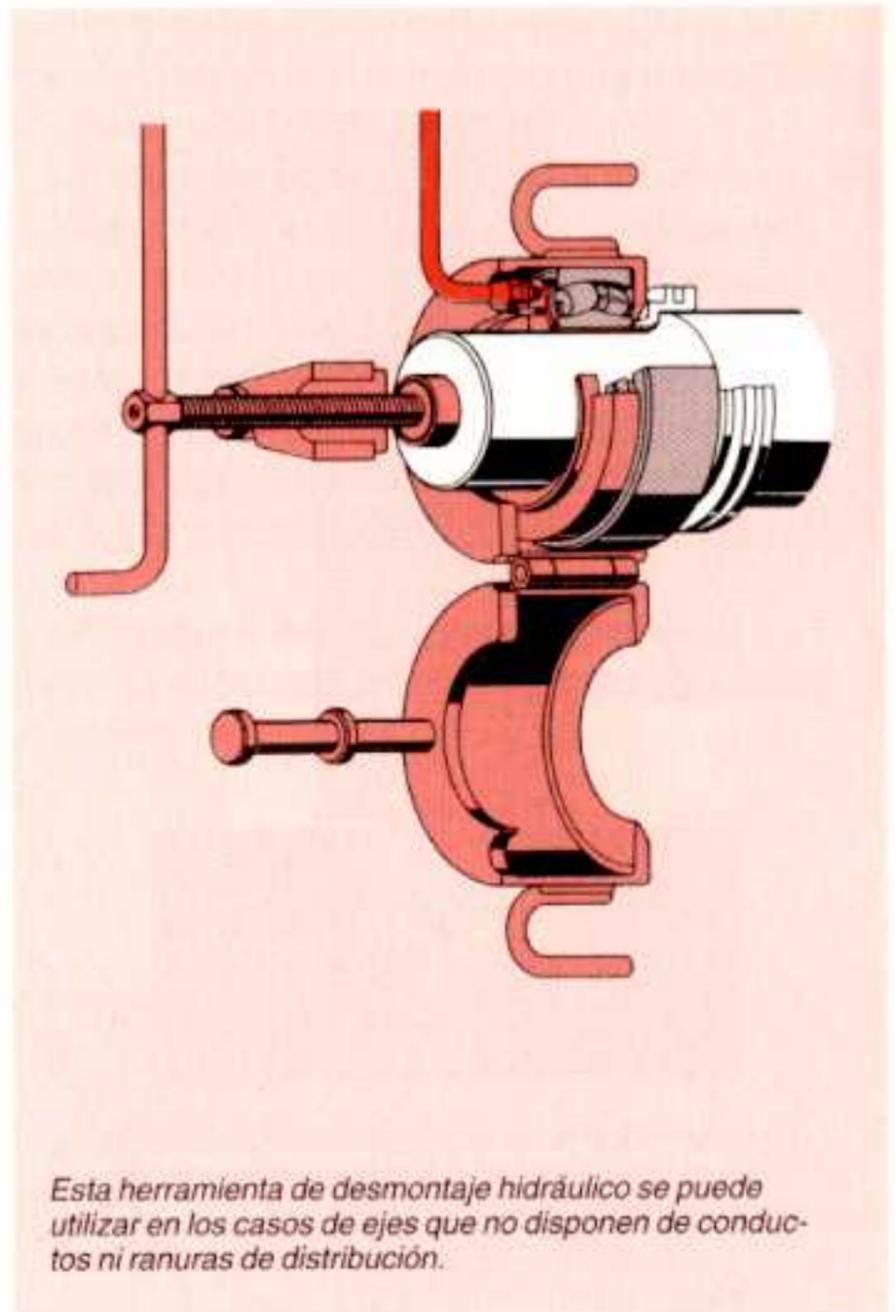


*Los rodamientos de bolas se pueden desmontar con un extractor especial.*

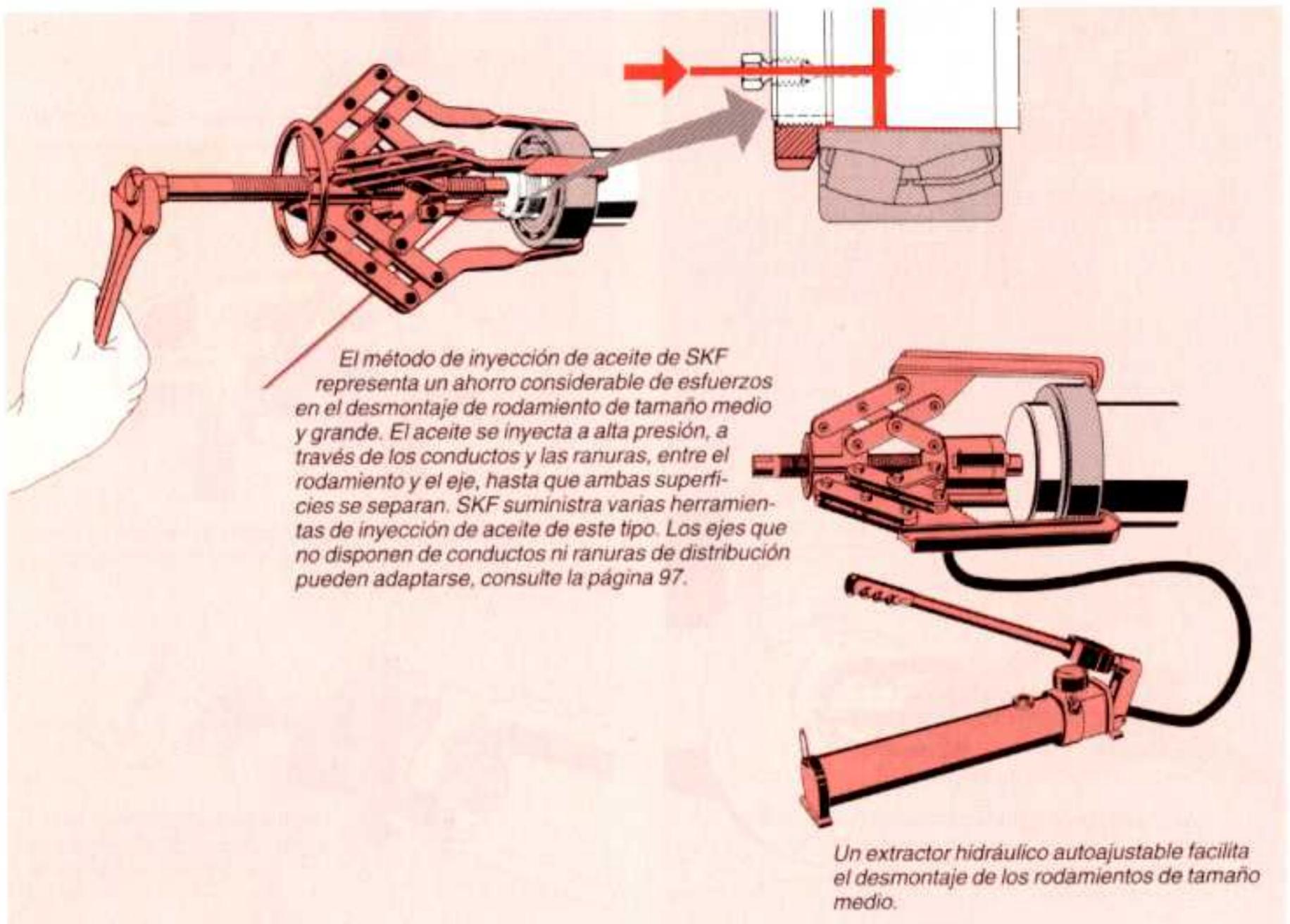
## Herramienta hidráulica e inyección de aceite

Los rodamientos de tamaño medio con ajuste de interferencia en el eje necesitan normalmente de una fuerza de desmontaje considerable. En estos casos es preferible utilizar una herramienta hidráulica en lugar de una mecánica. Se puede utilizar un extractor autoajustable para fuerzas de hasta 500 kN.

Un rodamiento montado en un eje con conductos y ranuras de distribución se puede desmontar mediante inyección de aceite (consulte las páginas 96 y 97 para más detalles). La viscosidad del aceite debe ser de unos  $1\ 000\ \text{mm}^2/\text{s}$  a temperatura ambiente. Utilice un extractor autoajustable para obtener los mejores resultados. La fuerza aplicada no es muy grande, por lo que las mordazas pueden tirar del aro exterior en caso de que sea necesario.

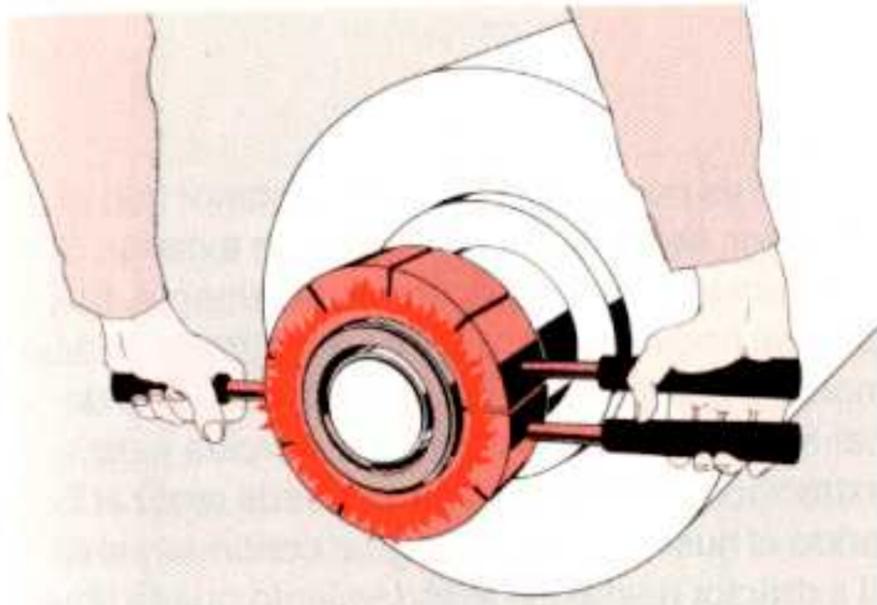


*Esta herramienta de desmontaje hidráulico se puede utilizar en los casos de ejes que no disponen de conductos ni ranuras de distribución.*

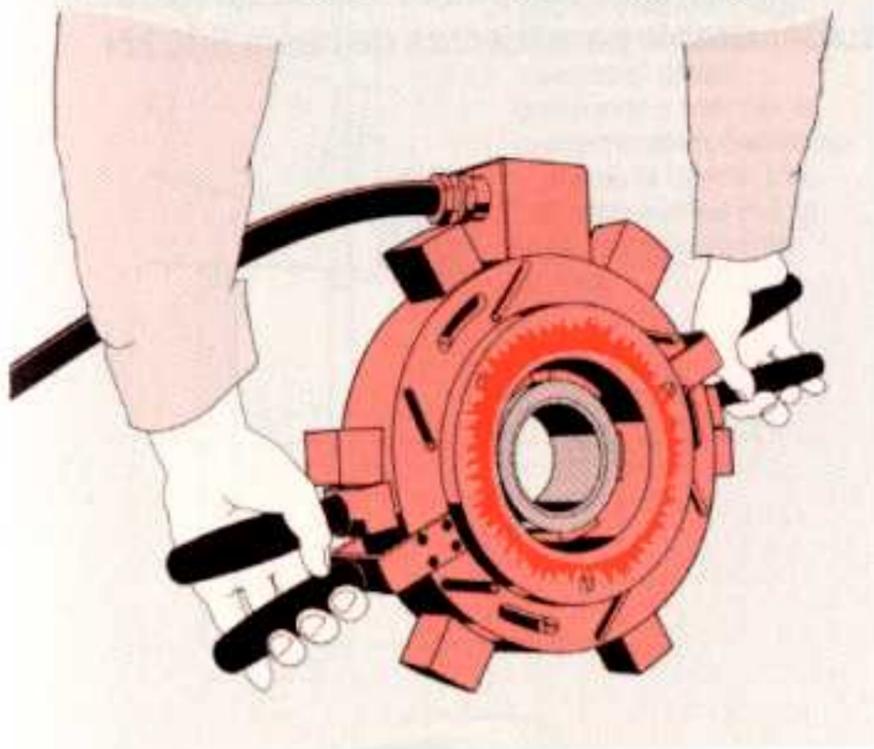


*El método de inyección de aceite de SKF representa un ahorro considerable de esfuerzos en el desmontaje de rodamiento de tamaño medio y grande. El aceite se inyecta a alta presión, a través de los conductos y las ranuras, entre el rodamiento y el eje, hasta que ambas superficies se separan. SKF suministra varias herramientas de inyección de aceite de este tipo. Los ejes que no disponen de conductos ni ranuras de distribución pueden adaptarse, consulte la página 97.*

*Un extractor hidráulico autoajustable facilita el desmontaje de los rodamientos de tamaño medio.*



Utilice un aro de calentamiento de aluminio para desmontar el aro interior de un rodamiento de rodillos cilíndricos ...  
... o un aro ajustable de calentamiento por inducción, de SKF, si ha de realizar frecuentes desmontajes de aros de distintos tamaños.



## Calentamiento

El desmontaje por calentamiento es un método adecuado cuando se han de desmontar los aros interiores de rodamiento de rodillos cilíndricos. SKF ha desarrollado y suministra distintas herramientas que se utilizan con este fin, incluyendo aros de aluminio disponibles para todos los rodamientos de las series NU, NJ y NUP con montaje de rodillo y jaula, es decir, rodamientos sin pestañas en el aro interior.

El método es simple. Desmonte el aro exterior y recubra el camino de rodadura del aro interior con un aceite resistente a la oxidación. Sitúe el aro de calentamiento, a una temperatura de unos 280 °C alrededor del aro interior y presione sobre los mangos. Extraiga el aro cuando note que está suelto.

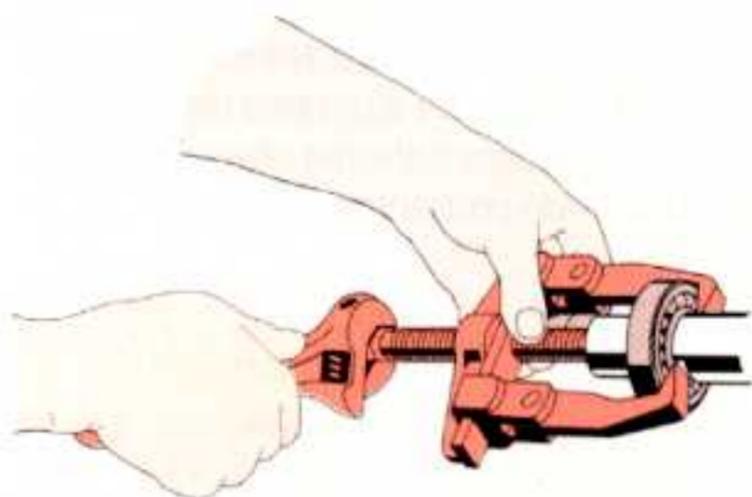
Si desmonta con frecuencia aros interiores de distintos diámetros, puede resultar más económico utilizar un calentador ajustable de inducción de SKF. Estos calentadores elevan la temperatura induciendo corrientes eléctricas.

# Desmontaje de rodamientos con agujero cónico

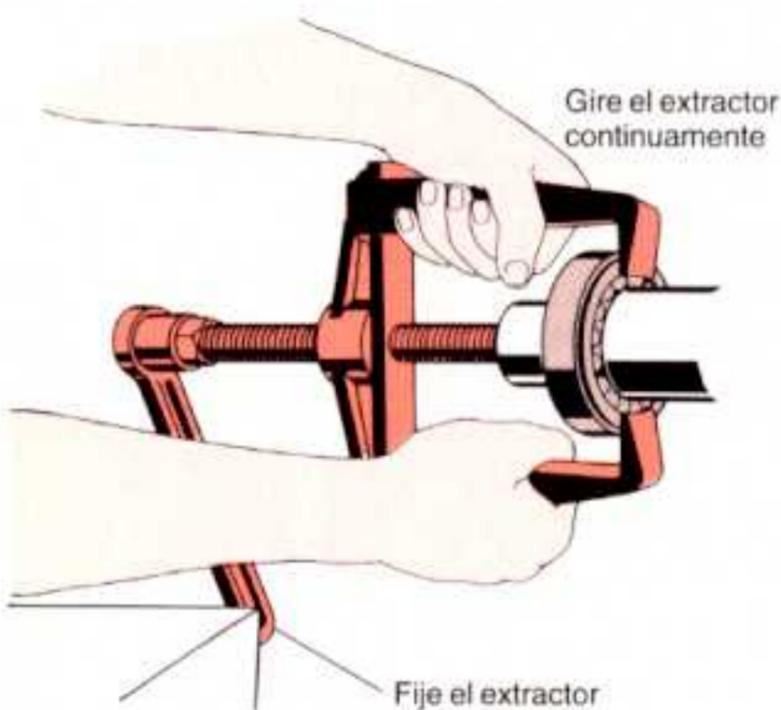
## Montado en un eje cónico

Los rodamientos de tamaño pequeño se pueden desmontar utilizando un extractor convencional. Dado que el rodamiento está montado con un ajuste de interferencia en el eje, el extractor se fijará, siempre que sea posible, al aro interior.

El extractor debe centrarse con mucha precisión durante el desmontaje, en caso contrario es relativamente fácil dañar el asiento del rodamiento. Para eliminar este riesgo se pueden utilizar extractores autoajustables, al tiempo que facilitan y hacen más rápido el desmontaje.



Utilice un extractor con los rodamientos pequeños  
Fije el extractor al aro interior y tire de él.



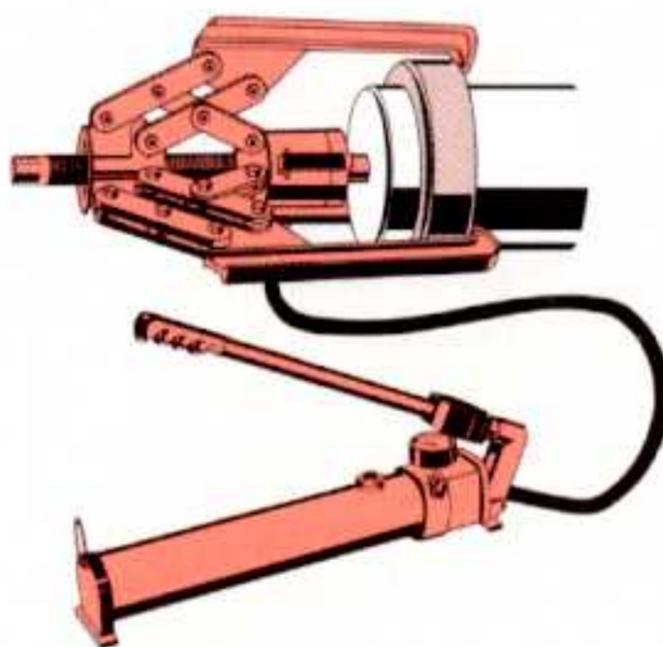
Si el extractor ha de fijarse al aro exterior, debe hacerse girar el rodamiento o el extractor durante el desmontaje para reducir las posibilidades de dañar el rodamiento.

Si no es posible agarrar el aro interior con el extractor, se fijará el extractor al aro exterior. Si el rodamiento debe utilizarse nuevamente, habrá que hacer girar el aro exterior durante el desmontaje para reducir al mínimo el riesgo de dañar el rodamiento con la fuerza ejercida para la extracción. Esta operación se puede realizar fijando el husillo y haciendo girar continuamente el extractor hasta que el rodamiento quede libre.

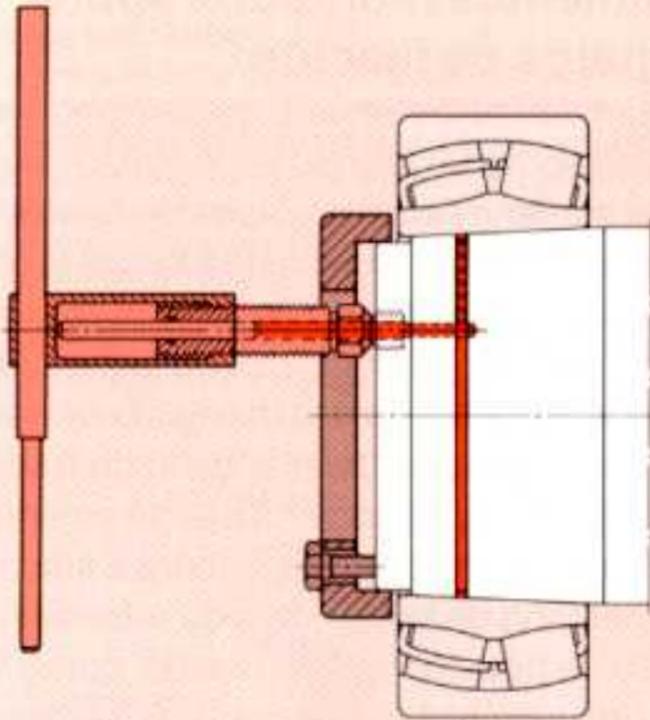
## Herramientas hidráulicas

Los rodamientos de tamaño medio necesitan normalmente de una fuerza de desmontaje considerable. En estos casos es preferible utilizar una herramienta de desmontaje hidráulica en lugar de una mecánica.

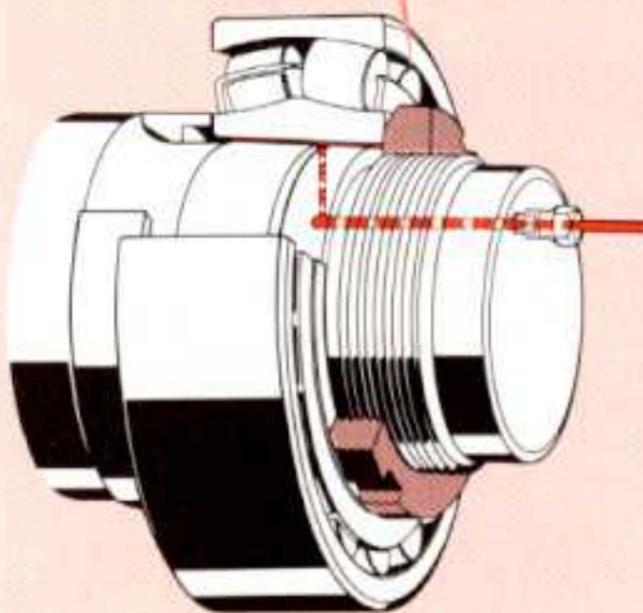
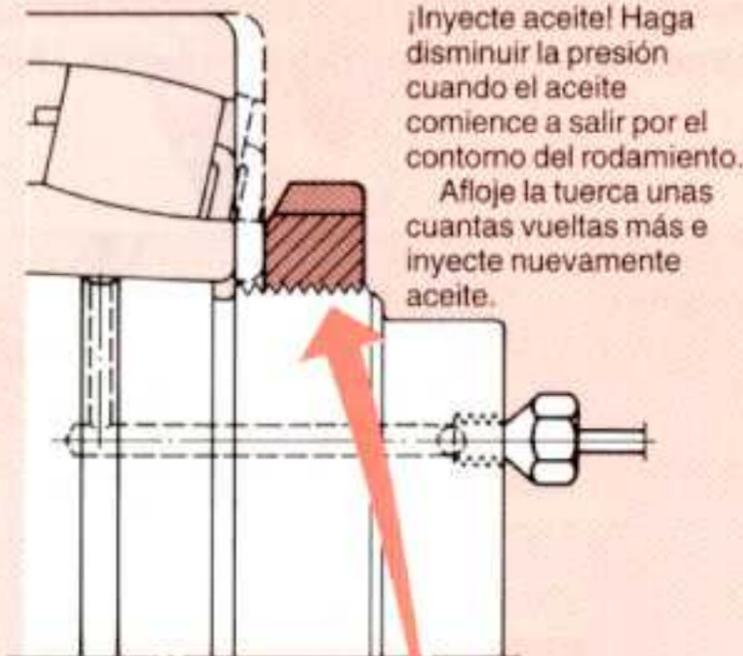
Normalmente, se puede utilizar un extractor autoajustable para fuerzas de hasta 500 kN.



Un extractor autoajustable facilita el desmontaje de rodamientos de tamaño medio.



Para usuarios poco frecuentes del método de inyección, el inyector de aceite de tornillo constituye una herramienta muy útil.



El aceite presurizado es muy útil a la hora de desmontar rodamientos. Es un método sencillo y eficaz que consiste en inyectar aceite a alta presión entre el asiento del rodamiento y el orificio del mismo, creando una película que separa ambas superficies. El aceite se introduce a través de los conductos (a) y (b) en el eje, y se distribuye a través de una ranura de diseño especial (c).

## Método de inyección de SKF

El método de inyección de aceite de SKF representa un ahorro considerable de esfuerzos en el desmontaje de rodamientos de tamaño medio y grande. El aceite se inyecta a alta presión, a través de los conductos y las ranuras, entre el rodamiento y el eje, hasta que se forma una película de aceite que separa completamente ambas superficies. Además se ejerce una fuerza axial y el rodamiento sale del eje.

SKF suministra varias herramientas de inyección de aceite de este tipo que pueden utilizarse en operaciones de desmontaje de rodamientos y de otros componentes.

Los ejes que no disponen de conductos ni ranuras de distribución pueden adaptarse para el método de inyección de aceite. En la página 97 se muestran instrucciones y planos con dimensiones para ello.

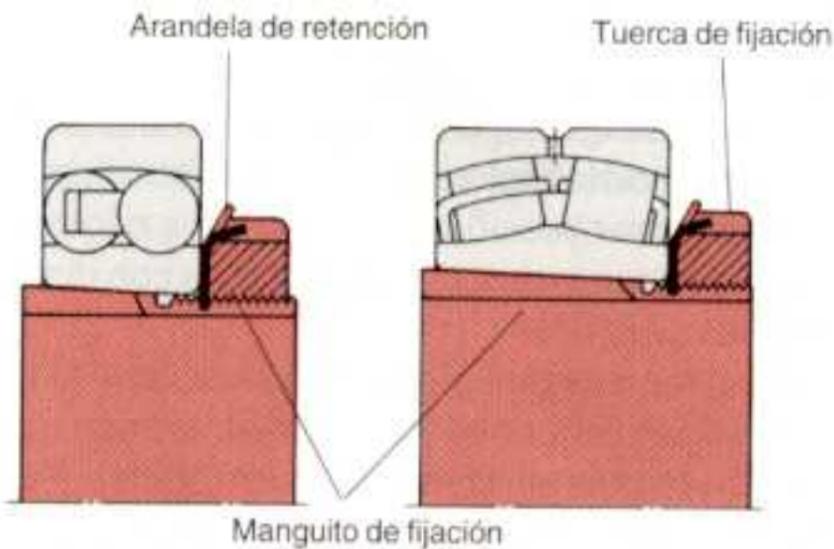
Las fuerzas que produce la inyección de aceite pueden hacer que los rodamientos con asiento cónico queden libres con gran rapidez. Por lo tanto es preciso disponer de un tope – por ejemplo una tuerca de fijación – para evitar que el rodamiento salga proyectado. Esto debe hacerse antes de que se cree la película de aceite entre las superficies.

Cuando el aceite inyectado comienza a fluir por el agujero del rodamiento es porque éste ya se ha desprendido del eje. En ese momento se debe rebajar la presión y cambiar la distancia a la que está fijado el tope (la tuerca) de forma que sea ligeramente superior que el recorrido axial de extracción. Vuelva a inyectar entonces aceite, y el rodamiento se deslizará con facilidad y se detendrá al llegar a la tuerca.

Normalmente se utiliza aceite con una viscosidad de  $300 \text{ mm}^2/\text{s}$  a temperatura ambiente.

## Rodamientos montados sobre manguitos

Los rodamientos de bolas a rótula y los rodamientos de rodillos a rótula se montan normalmente sobre un manguito de fijación o de desmontaje. Existen varias ventajas en este método: el asiento del eje no tiene que estar mecanizado con tanta precisión, al tiempo que se facilita mucho el montaje y el desmontaje.



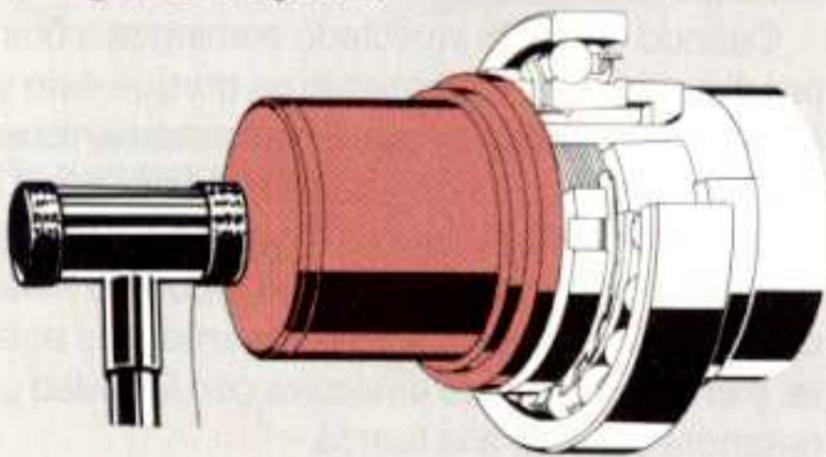
## Rodamientos montados sobre manguitos de fijación

Los rodamientos de tamaño pequeño y medio montados sobre un manguito de fijación se pueden desmontar mediante golpes de martillo aplicados directamente a un casquillo que esté en contacto con la tuerca de fijación o el aro interior. No utilice nunca un botador, dado que es muy fácil dañar al rodamiento o al manguito de fijación.

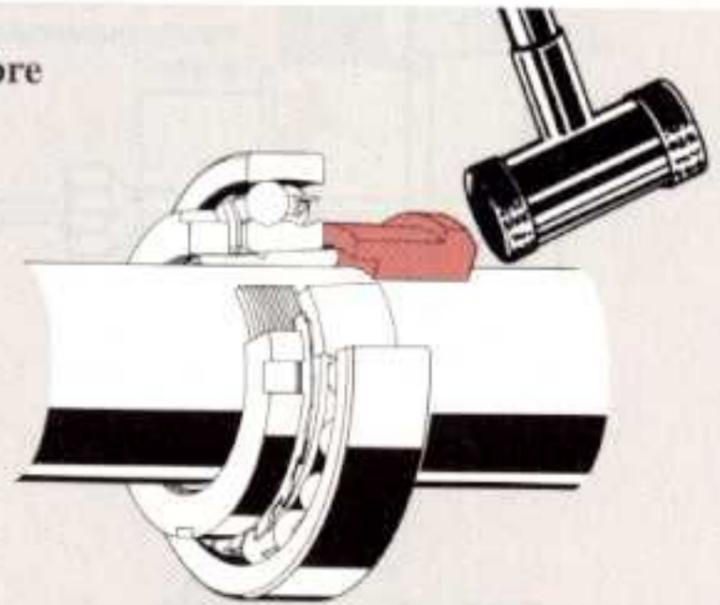
Marque la posición del manguito de fijación en el eje de forma que pueda montarse posteriormente en la misma posición. Libere a continuación la pestaña de la arandela de retención. Un casquillo de desmontaje apropiado, como los que se incluyen en los conjuntos de herramientas de SKF, debe disponer de una tapa para amortiguar los golpes del martillo.

Afloje la tuerca de fijación unas vueltas. Sitúe el casquillo de forma que esté en contacto con la tuerca y golpee unos cuantos golpes secos de forma que el rodamiento quede suelto. Utilice un

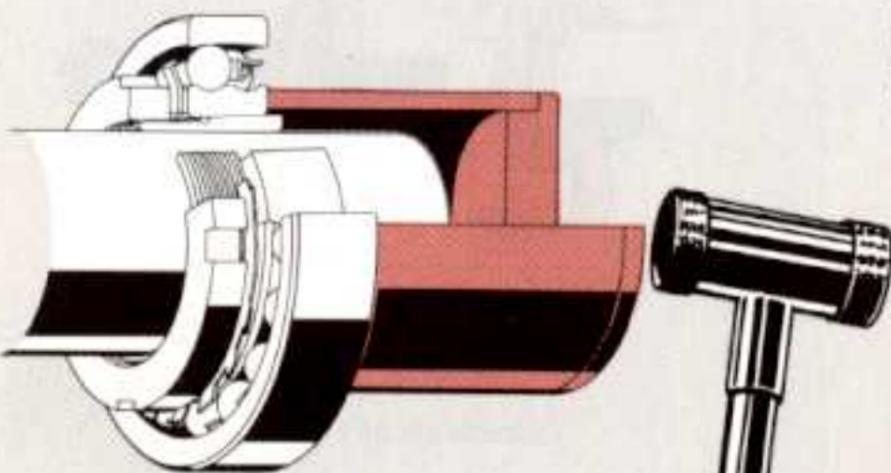
### Rodamientos de tamaño pequeño y mediano montados sobre manguitos de fijación



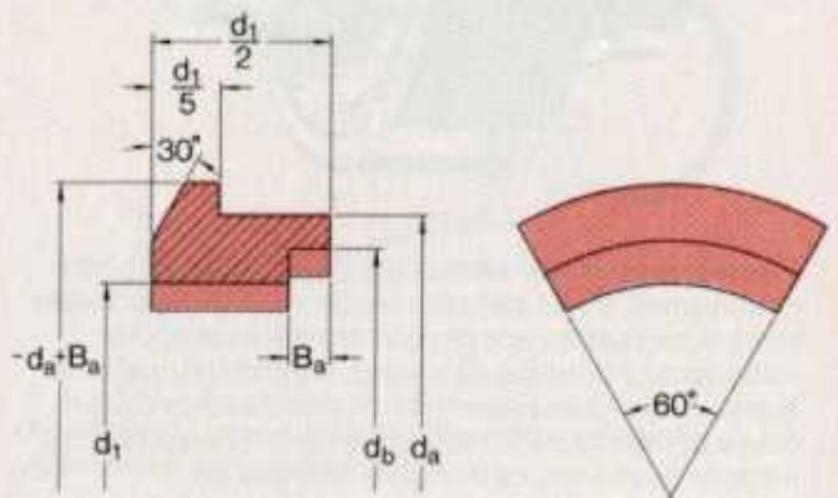
Para desmontar rodamientos de tamaño pequeño y mediano se utilizará un martillo y un casquillo apoyado sobre la tuerca de fijación o el aro interior.



Cuando no se pueda utilizar un casquillo, utilice una pieza de acero fabricada conforme al esquema que se muestra a continuación. Este esquema presenta un segmento de un aro. Para determinar los valores numéricos que corresponden a los símbolos utilizados en el esquema, debe consultar las tablas de rodamientos correspondientes a ese tipo de rodamiento que se incluyen en el catálogo SKF, o consulte a un representante de SKF.



Sitúe el casquillo contra el aro interior cuando la tuerca esté introducida hacia adentro.



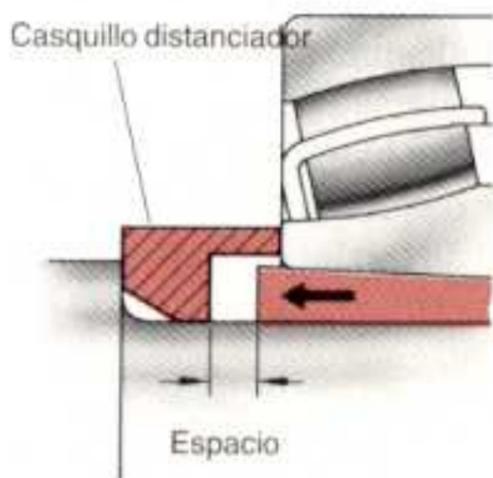
## Tuercas hidráulicas SKF

Cuando se utiliza una tuerca hidráulica para desmontar un rodamiento montado en un manguito de fijación, el rodamiento debe montarse sobre un apoyo diseñado de forma que el manguito se pueda presionar hacia adentro. Las figuras muestran un casquillo distanciador del eje entre el apoyo y el rodamiento.

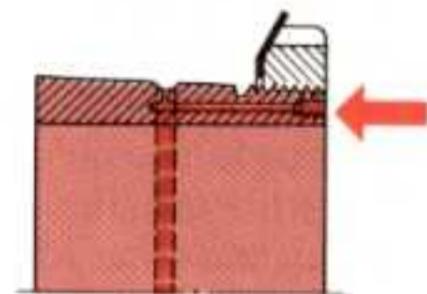
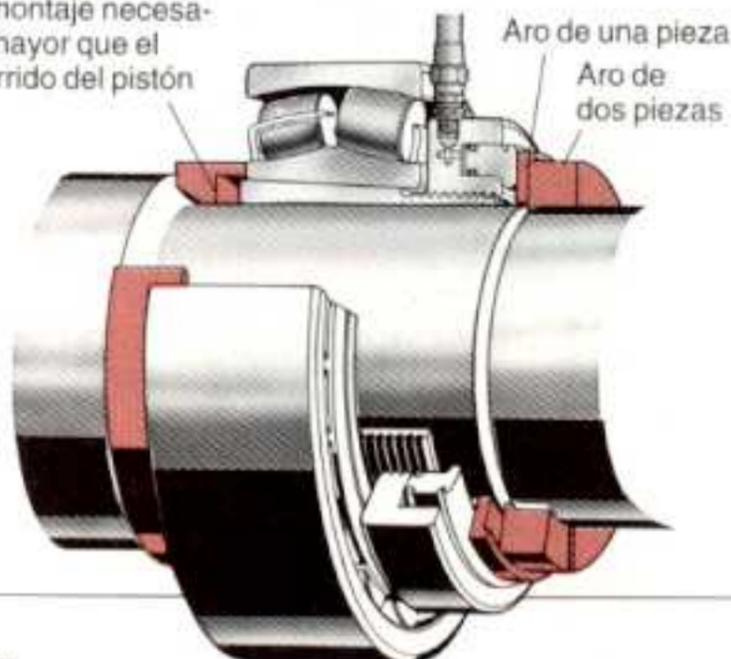
Además, debe existir un tope formado por un aro de dos piezas sobre el que pueda apoyarse el pistón, o una arandela fijada mediante un perno al extremo del eje y un casquillo distanciador. Consulte también las páginas 112 y 113.



Tuerca hidráulica SKF (HMV)



Distancia de desmontaje necesaria, mayor que el recorrido del pistón



Los manguitos SKF de fijación, desde el tamaño 44 (agujero de 200 mm), se suministran de forma estándar con conductos y ranuras de distribución de aceite.

Utilice un martillo rígido y golpee con firmeza en el centro.

Si el manguito de fijación está montado hacia adentro, sitúe el manguito contra el aro interior del rodamiento.

Los rodamientos que estén montados de forma que resulte imposible utilizar un martillo y un casquillo se desmontarán empleando una herramienta especial. Esta herramienta puede fabricarse en cualquier taller conforme al diseño que se muestra en la página 110.

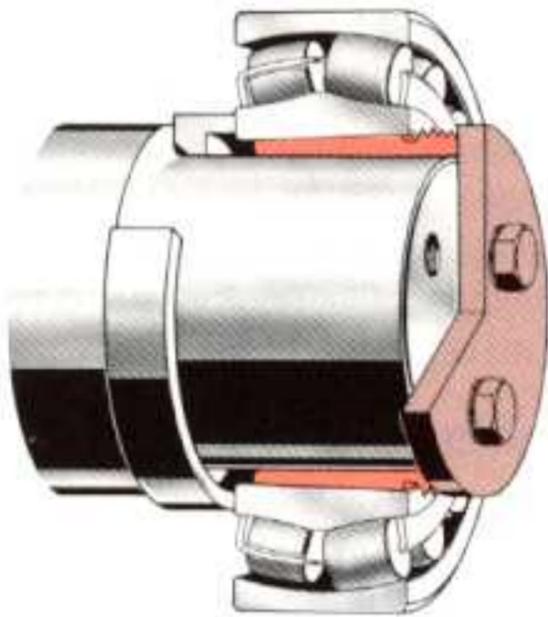
## Herramientas hidráulicas

Se ha demostrado que las tuercas hidráulicas de SKF constituyen un método muy eficaz y rápido para el desmontaje de rodamientos montados sobre manguitos de fijación. Sin embargo, para utilizar esta técnica es preciso que el rodamiento esté montado sobre un apoyo, y debe haber el espacio suficiente para que el manguito de fijación se pueda empujar hacia adentro.

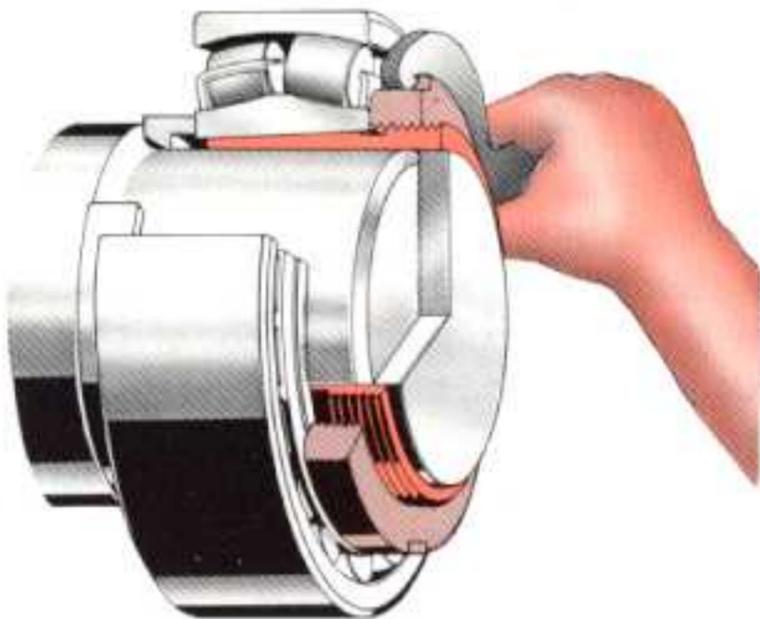
Además, debe ser posible montar un tope apropiado contra el que pueda detenerse el pistón de la tuerca hidráulica. Este tope puede consistir en un aro de dos piezas fijado a una acanaladura existente en el eje, y fijado en esa posición mediante un aro enterizo. También puede ser una arandela o placa fijada mediante tornillos al extremo del eje.

La tuerca hidráulica es fácil de usar. Sitúela en la posición correcta, dejando un pequeño juego con el rodamiento mayor que el recorrido axial del pistón. Bombee entonces un aceite, con una viscosidad de unos  $300 \text{ mm}^2/\text{s}$  a temperatura ambiente, en la tuerca hasta que el rodamiento quede suelto.

## Rodamientos montados sobre manguito de desmontaje



El manguito de desmontaje debe estar siempre sujeto, normalmente mediante una tuerca de eje o una placa de retención, de forma que no pueda salirse del rodamiento en el caso de que haya poca fricción entre las superficies de contacto.

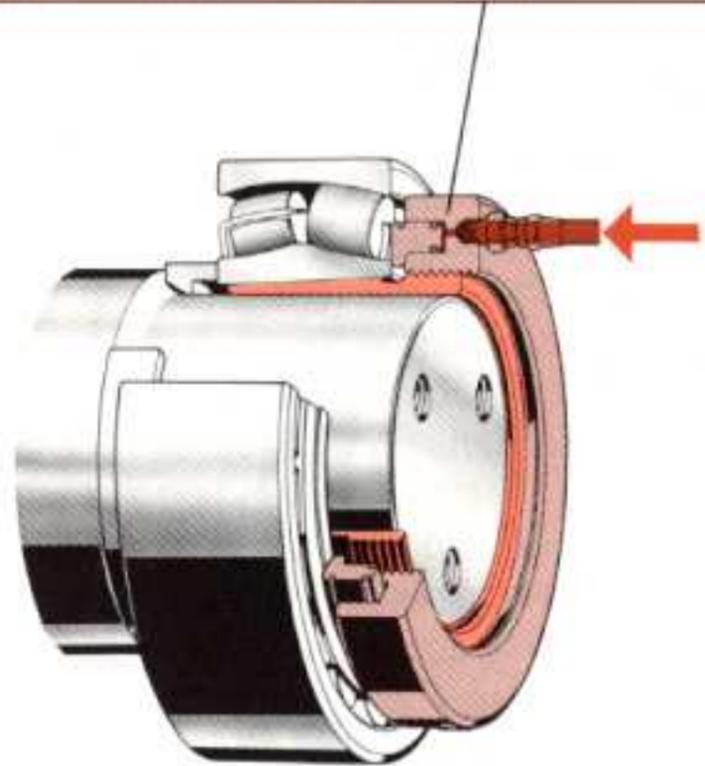


*Los rodamientos de tamaño pequeño y medio montados sobre manguitos de desmontaje se pueden desmontar empleando una tuerca de fijación y una llave.*

Un rodamiento de tamaño pequeño o medio montado sobre un manguito de desmontaje se puede desmontar utilizando una tuerca de fijación y una llave de gancho o una llave de impacto. Si el manguito sobresale más allá del extremo del eje, se puede insertar un disco de apoyo con un diámetro nominal igual al de agujero del manguito para evitar su deformación.

Lubrique la rosca y la superficie de la tuerca que esté en contacto con el rodamiento con pasta de bisulfuro de molibdeno u otra sustancia similar. Apriete la tuerca utilizando una llave

Las tuercas hidráulicas de SKF, disponibles con roscas métricas o en pulgadas, son unas herramientas eficaces que ahorran tiempo y esfuerzos. Consulte las páginas 98 y 99 si desea más información.

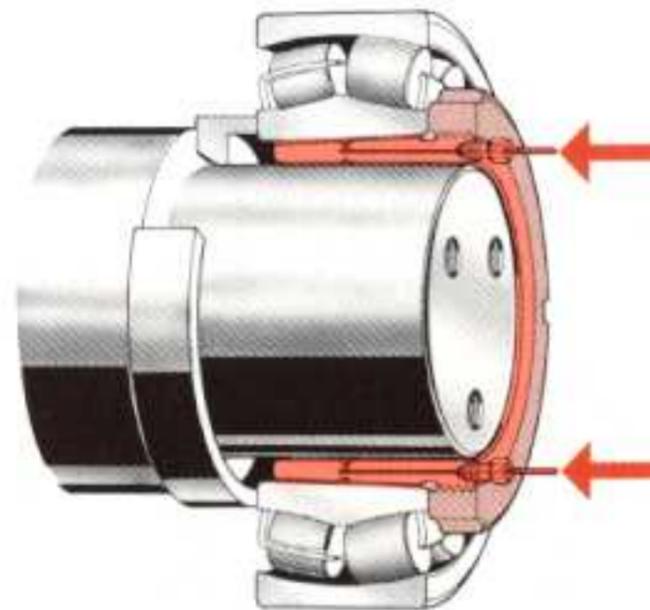


*Una tuerca hidráulica facilita el desmontaje, especialmente cuando se trata de rodamientos de grandes dimensiones.*

de gancho o de impacto hasta que el rodamiento quede suelto.

## Desmontaje hidráulico

El método más aconsejable para el desmontaje de un rodamiento grande consiste en el uso de una tuerca hidráulica de SKF. Se ha demostrado que es de fácil uso y muy efectiva en las operaciones de montaje y desmontaje. Rosque la tuerca con el pistón dirigido hacia el rodamiento, y



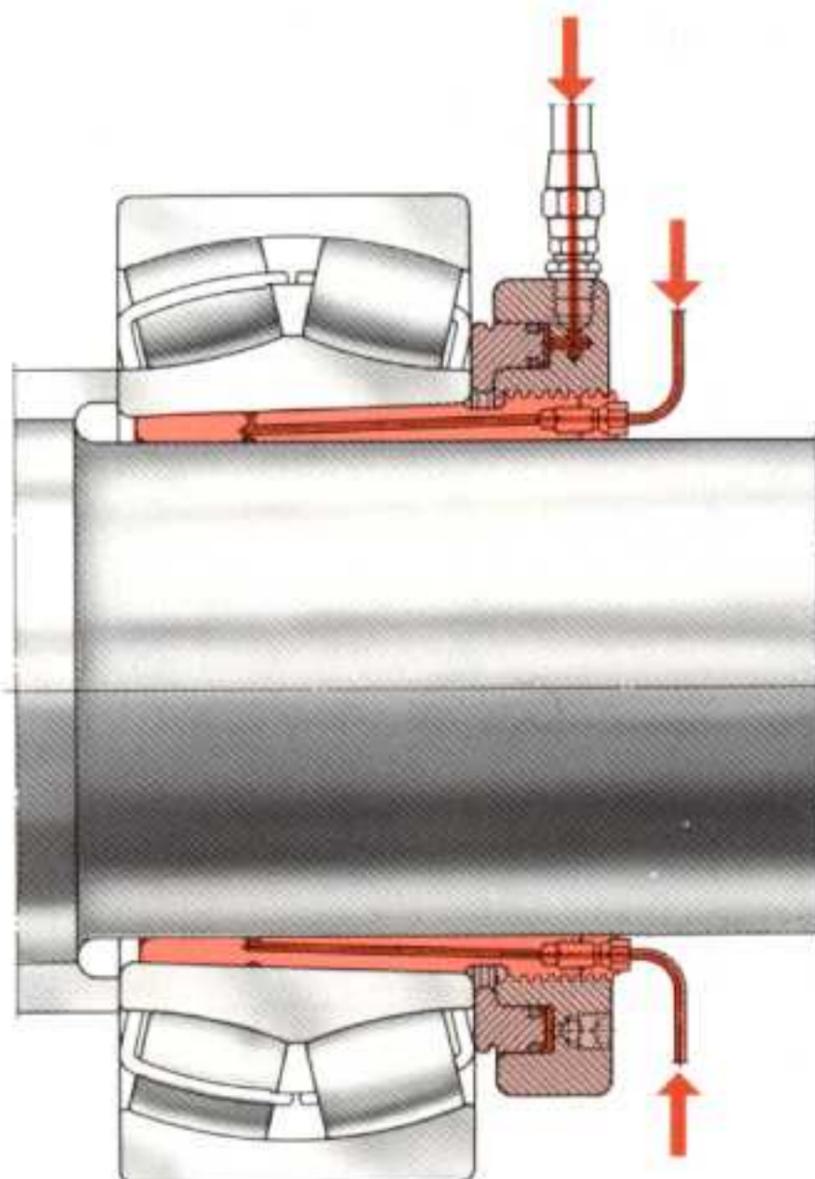
*Como norma general, los manguitos de desmontaje de gran tamaño disponen de conductos y acanaladuras para la inyección de aceite. El aceite se inyecta entre el eje y el manguito, y entre el manguito y el rodamiento.*

apriétela con suavidad hasta que se ponga en contacto con el aro interior. Bombee entonces aceite en la tuerca hasta que el rodamiento quede suelto.

Los manguitos de desmontaje para rodamientos de gran tamaño disponen normalmente de ranuras de distribución y dos conductos para el aceite presurizado.

El aceite se inyecta entre el manguito y el eje a través de uno de esos conductos, y entre el manguito y el rodamiento a través del otro. El aceite presurizado reduce la fuerza que es preciso ejercer para desmontar los rodamientos.

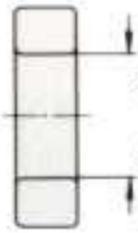
El método de inyección de aceite y la tuerca hidráulica se pueden utilizar combinadamente para desmontar rodamientos de gran tamaño.



*El método de inyección de aceite y la tuerca hidráulica se pueden utilizar combinadamente para desmontar rodamientos de grandes dimensiones.*

# Desmontaje de rodamientos de grandes dimensiones

Normalmente se pueden utilizar los mismos métodos para desmontar rodamientos grandes y rodamientos pequeños.



SKF considera que un rodamiento es "grande" cuando el diámetro de su agujero es de 200 mm o más.

La tabla de la página 101 muestra los métodos de desmontaje recomendados para las distintas aplicaciones y tamaños de rodamientos. También define las clasificaciones, que respecto a tamaño, se utilizan al tratar de rodamientos. Por ejemplo, SKF considera que un rodamiento es "grande" cuando tiene un diámetro de agujero de 200 mm o mayor.

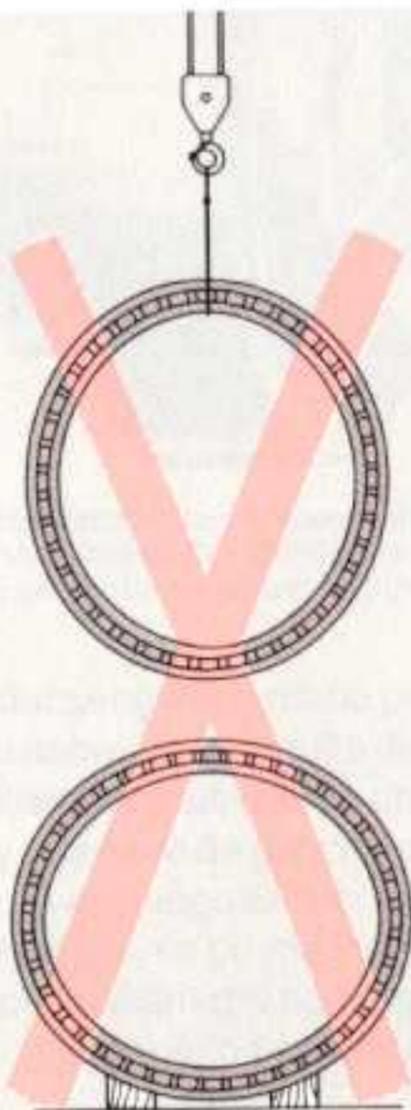
Los procedimientos que se incluyen en las siguientes páginas describen los métodos de desmontaje más apropiados para rodamientos de rodillos cilíndricos de cuatro hileras, y rodamien-

tos de rodillos a rótula montados a mucha distancia del extremo del eje.

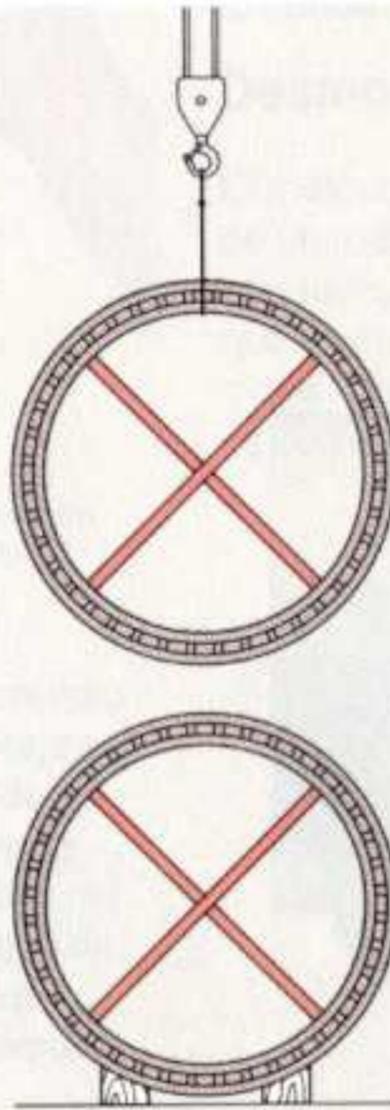
Póngase en contacto con SKF si tiene alguna duda acerca de cualquiera de los pasos que componen esos procedimientos de desmontaje de rodamientos de grandes dimensiones. SKF le podrá dar sugerencias, e incluso realizar completamente el desmontaje.

## Utilice equipos de elevación para facilitar el trabajo

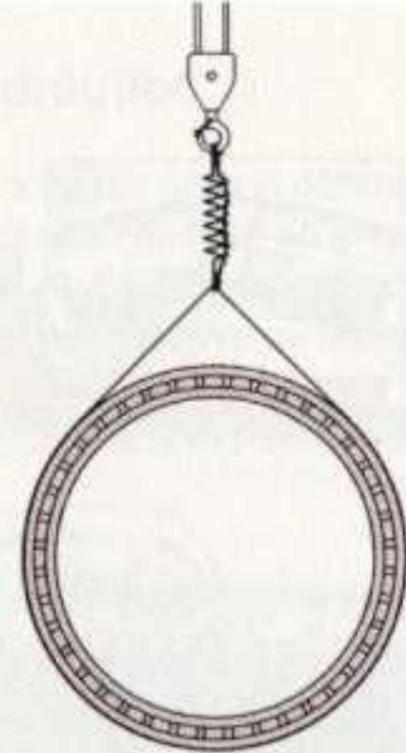
Utilice equipos de elevación cuando desmonte rodamientos de gran tamaño. Los rodamientos grandes son bastante elásticos y se pueden deformar con facilidad. Si el rodamiento debe utilizarse nuevamente, deberá dejarse siempre en posición horizontal. Cuando se eleva un rodamiento de grandes dimensiones se debe situar una correa o banda a su alrededor. Un rodamiento que se almacene o se manipule en posición vertical debe llevar siempre montado un soporte cruzado en su agujero.



Nunca deje un rodamiento en posición vertical sin un soporte cruzado en su agujero, y nunca eleve un rodamiento fijándolo por un punto.



Utilice un soporte cruzado cuando almacene o manipule un rodamiento en posición vertical.



Cuando eleve un rodamiento debe utilizar una correa o banda de sujeción.



Si se va a utilizar nuevamente un rodamiento, deberá almacenarse en posición horizontal.

# Rodamientos de rodillos cilíndricos de gran tamaño

Normalmente se trata de rodamientos de hileras múltiples que disponen de un aro enterizo muy ancho y dos aros interiores o exteriores. En este ejemplo se utiliza un rodamiento de cuatro hileras con dos aros interiores.

El aro exterior con conjuntos de rodillos y jaula es fácil de desmontar. Permanece dentro del alojamiento cuando se extrae el eje (o cuando se desmonta el alojamiento del eje).

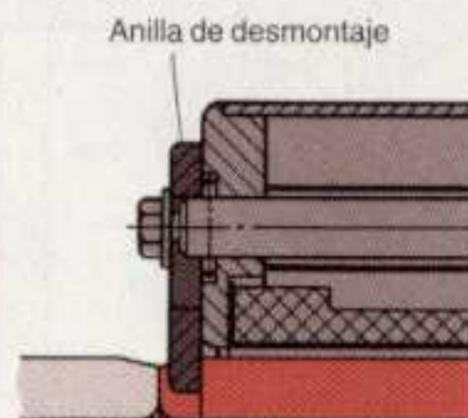
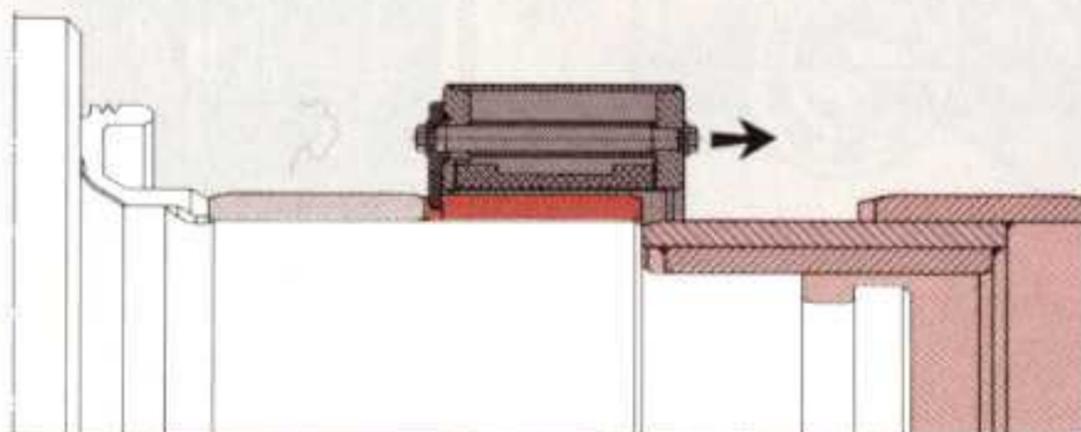
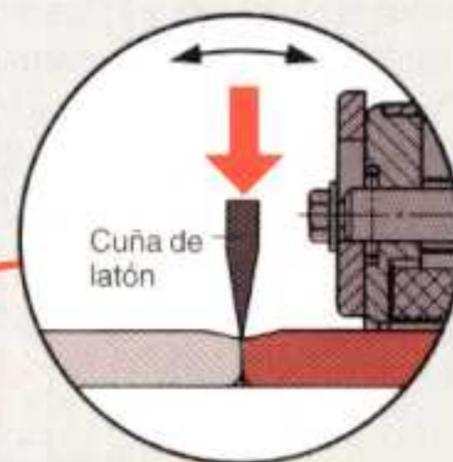
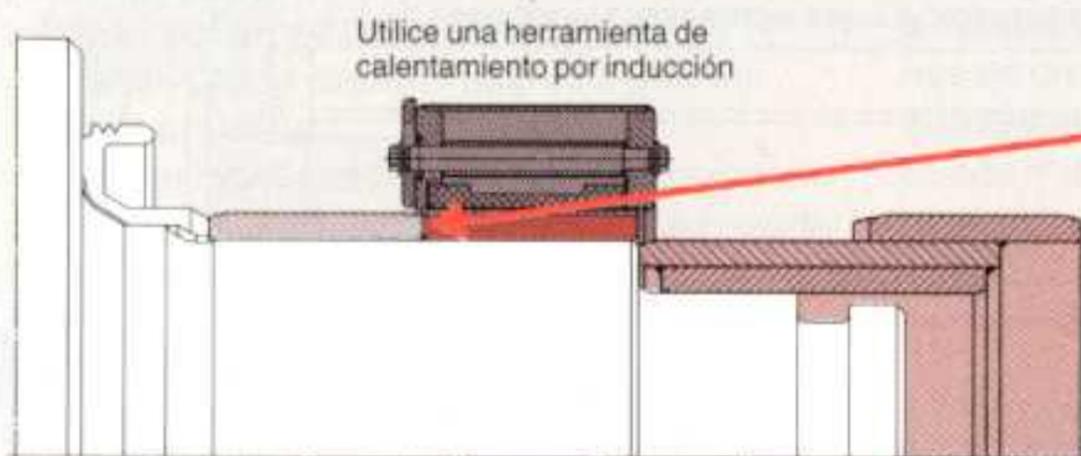
El mejor método para desmontar los aros interiores del eje consiste en el uso de un calentador de inducción. Coloque el calentador sobre el aro más externo, caliente el aro y retire ligeramente hacia afuera el calentador de inducción. Empuje

un poco el aro aflojado, utilizando una cuña de latón, introduzca la anilla de desmontaje del calentador en la ranura.

Instale una pieza de soporte para el aro calentado que llegue hasta el extremo del eje – por ejemplo, un casquillo de fijación especialmente fabricado con el mismo diámetro y anchura que los dos aros. Extraiga el aro situándolo en el casquillo de montaje/desmontaje. Repita a continuación la operación con el aro restante.

En lugar del calentador de inducción se puede utilizar un aro de cobre o aluminio previamente calentado.

## Desmontaje del aro interior más externo en un rodamiento de rodillos cilíndricos de cuatro hileras



Algunos rodamientos disponen de ranuras para la anilla de desmontaje.

## Rodamientos de rodillos a rótula de gran tamaño

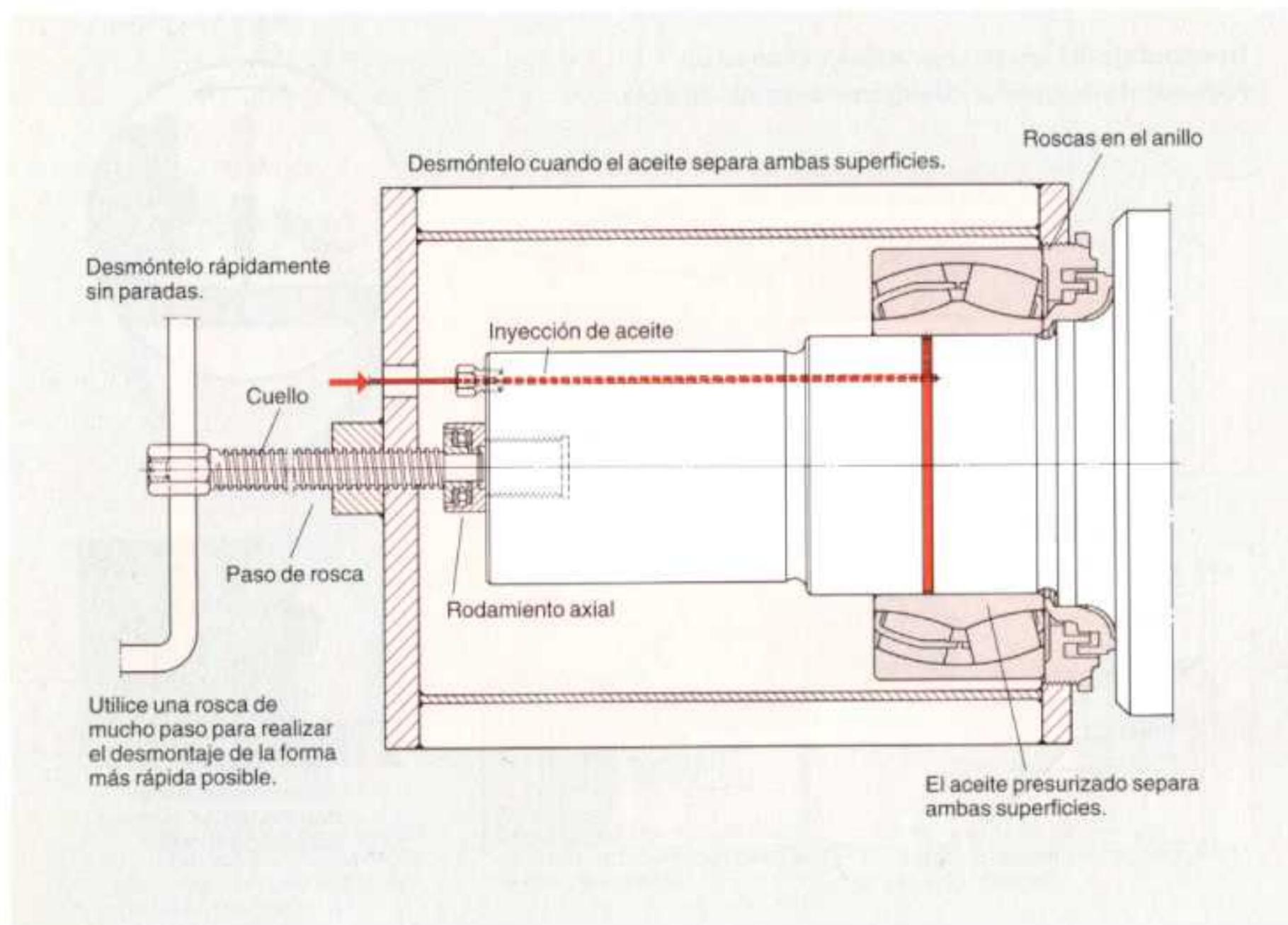
Estos rodamientos se suelen desmontar siempre por el mismo procedimiento, sin que tenga importancia alguna su tamaño. El método de inyección de aceite de SKF se utiliza con mucha frecuencia (consulte la página 97). Pero cuando el extremo del eje sobresale demasiado del asiento del rodamiento, y éste tiene un agujero cilíndrico, puede resultar muy útil una herramienta especial.

En principio, la herramienta especial se puede fabricar conforme al esquema que se muestra a continuación. Esta herramienta es a la vez eficaz y de fácil manejo, siempre que el asiento del rodamiento esté preparado para la inyección de aceite. En este ejemplo, el anillo de obturación interior dispone de una rosca a la que se conecta la herramienta. También se pueden utilizar otras técnicas de conexión.

Después de haber desmontado el alojamiento, coloque en la posición correcta la herramienta. Inyecte aceite entre el aro interior y el asiento

hasta que el aceite comience a salir, realice entonces el desmontaje sin efectuar ninguna pausa. Esto es especialmente importante en la fase final cuando ya el rodamiento ha salido de la acanaladura de inyección de aceite. Si el rodamiento se queda unido al eje en ese punto, deberá calentarse y utilizar una herramienta hidráulica, y una fuerza considerable, para concluir el desmontaje.

Si el asiento del rodamiento no está preparado para el método de desmontaje por inyección de aceite, habrá que utilizar el calentamiento o una herramienta hidráulica apropiada (consulte la sección "Desmontaje de rodamientos"). En ese momento (después de haber concluido el desmontaje), aproveche para hacer en el eje las ranuras y agujeros necesarios para la inyección de aceite. De esta forma será más fácil el desmontaje en la siguiente ocasión en que haya que realizarlo.



# ¿Puede utilizarse nuevamente el rodamiento?

Inspeccione siempre un rodamiento desmontado, pero no trate de determinar si se puede volver a utilizar hasta que esté totalmente limpio. ¡Trátelo como si fuera un rodamiento nuevo!

Nunca haga girar rápidamente un rodamiento sucio, por el contrario, gírelo lentamente mientras lo enjuaga con un disolvente petrolífero. Séquelo con una gasa limpia (que no deje pelusas) o con un chorro de aire comprimido seco y limpio, evitando que ninguna parte del rodamiento comience a girar. Póngase en contacto con SKF para más detalles relacionados con equipos de limpieza y secado.

Los rodamientos de gran tamaño que hayan estado en contacto con un lubricante muy oxidado pueden limpiarse con una solución fuertemente alcalina, por ejemplo, una solución que contenga al menos el 10 % de sosa cáustica. Añada un 1 % de un agente humidificador apropiado.

Extreme las precauciones cuando realice el siguiente proceso de limpieza. Esta solución alcalina es peligrosa para la piel, la ropa y el aluminio. Utilice siempre guantes, gafas y ropa protectora.

Examine el rodamiento usado con mucho detenimiento para determinar si se puede



utilizar nuevamente. Utilice un pequeño espejo y una sonda similar a la que usan los dentistas (con su extremo redondeado) para inspeccionar los caminos de rodadura, la jaula y los elementos rodantes.

Esté atento a los arañazos, marcas, estrias, grietas, decoloraciones, superficies cristalizadas, etc. Haga girar rápidamente el rodamiento y escuche el sonido que produce. Un rodamiento sin ningún daño – es decir, uno que no tenga marcas u otros defectos y que gire de forma constante sin juegos interiores anormalmente grandes – puede volverse a montar. Antes de volver a montar un rodamiento de grandes dimensiones en una aplicación crítica puede pedir a SKF que lo examine. El coste de esta inspección puede incluso suponer un ahorro importante de dinero.



*Dado que un rodamiento limpio es más fácil de examinar, deberán limpiarse los rodamientos con un disolvente petrolífero, y secarlos posteriormente con mucho cuidado.*



*Inspeccione que en los rodamientos no se presentan grietas, decoloraciones, arañazos y marcas por sobrecarga. Haga girar rápidamente el aro exterior del rodamiento ya limpio y escuche para tratar de detectar ruidos sospechosos.*



*Un rodamiento sin daños se puede volver a montar sin que suponga ningún riesgo. Engrase el rodamiento inmediatamente después de concluir su limpieza para evitar oxidaciones, hágalo girar lentamente al mismo tiempo.*

En el caso de rodamientos que disponen de una protección u obturación lateral, se deberá limpiar todo el rodamiento, secarlo, inspeccionarlo y manipularlo de la misma forma que se haría con un rodamiento sin obturaciones. Sin embargo, no se debe limpiar en ningún caso un rodamiento con obturaciones o protecciones en ambos laterales. Estos rodamientos están obturados y lubricados para toda su vida, y se deberán sustituir cuando se sospeche que existe un daño en el rodamiento o en la obturación.

Para evitar la corrosión se deben lubricar los rodamientos inmediatamente después de concluir su limpieza.

## Señales de carga normales y anormales

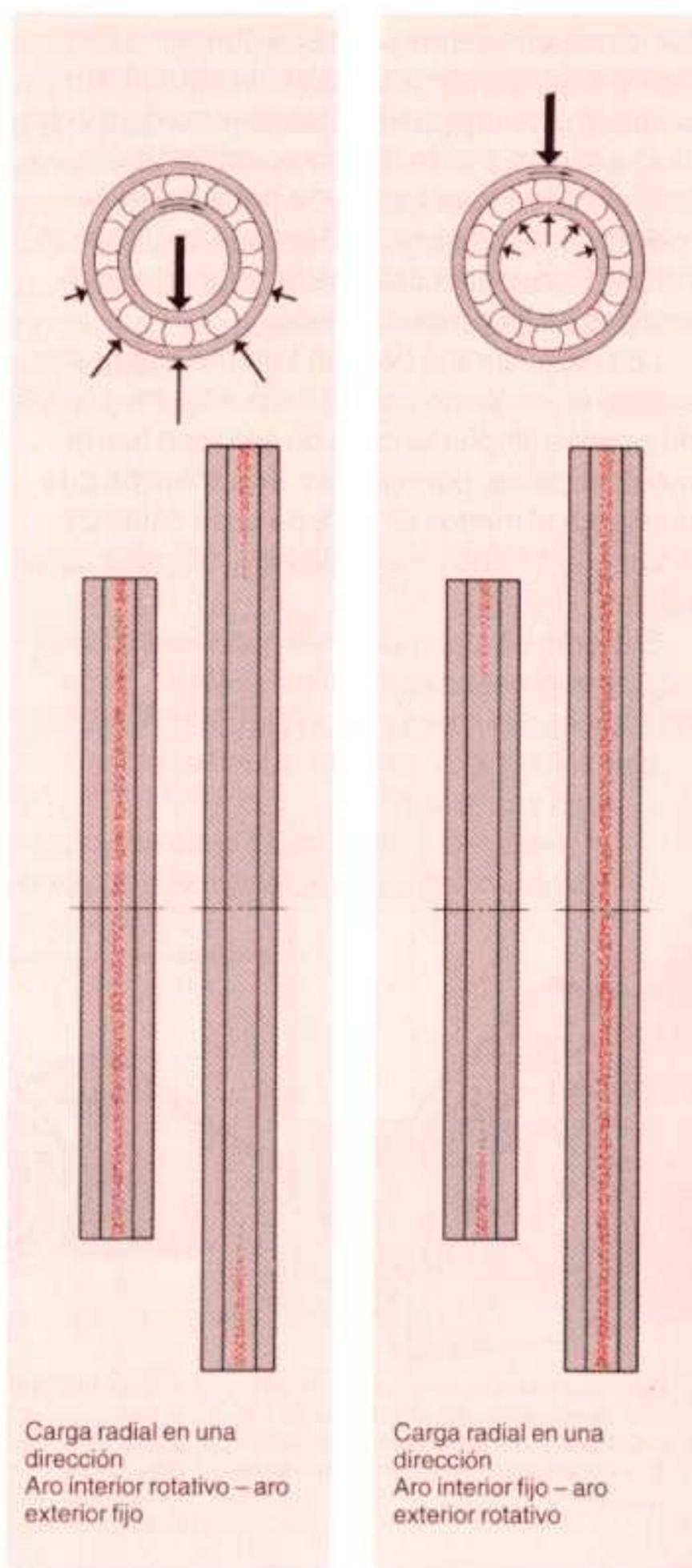
No todas las marcas y señales son signos de daños en el rodamiento. Los rodamientos presentan a menudo señales de carga que son el resultado de un funcionamiento normal.

### Reparación de grandes rodamientos

SKF puede reparar algunos rodamientos dañados cuyo diámetro exterior sea mayor de 420 mm. Esta reparación incluye la eliminación de las pequeñas marcas existentes en los caminos de rodadura mediante un pulido de los mismos, la sustitución de los elementos rodantes y de las jaulas cuando sea necesario, y la eliminación abrasiva del óxido presente en las superficies exteriores. Póngase en contacto con SKF si desea más información.

## Interpretación de las señales de carga

Cuando un rodamiento gira sometido a una carga, las superficies en contacto adquieren un aspecto mate. Esta no es una muestra de desgaste en el sentido normal de la palabra, y no afecta en nada a la vida del rodamiento. La superficie mate del camino de rodadura presenta unas señales de carga, cuya distribución varía en función de las condiciones de giro y carga. Examinando con más detalle esa distribución es posi-

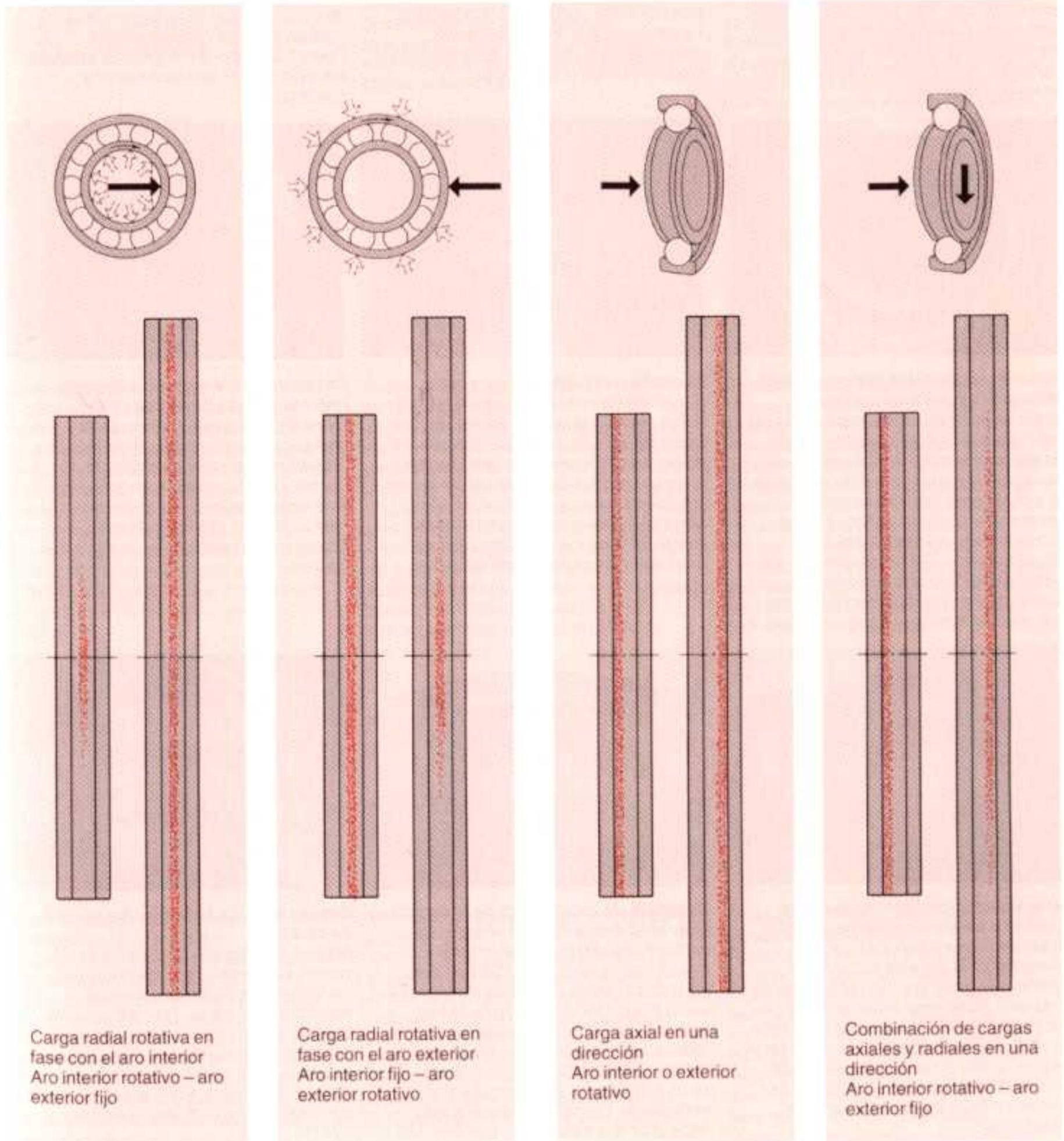


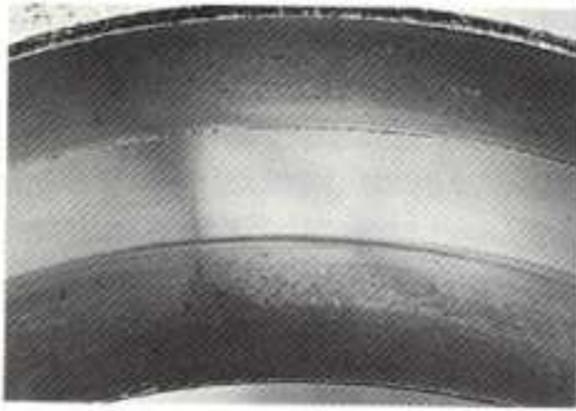
ble determinar cuándo un rodamiento opera de forma normal o anormal.

Una vez que haya aprendido a distinguir entre las distribuciones normales y anormales de las señales de carga, podrá diagnosticar la causa del daño del rodamiento y evitar que vuelva a repetirse.

Las fotografías que se muestran a partir de la página 120 muestran daños en los rodamientos causados por una gran variedad de factores. Compárelas con los rodamientos dañados de que disponga en su trabajo para descubrir las

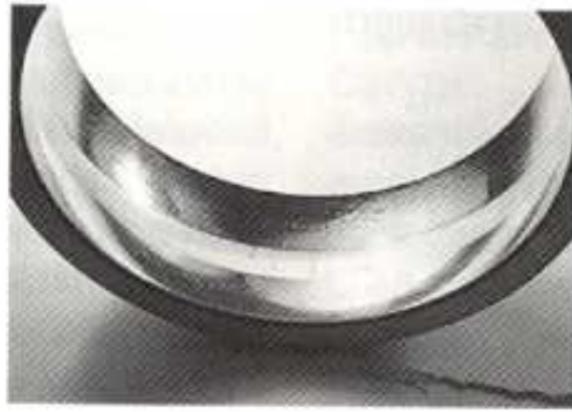
causas de esos daños. Sin embargo, para convertirse en un experto hace falta algo más que fotografías. Póngase en contacto con SKF si desea recibir más información acerca de los daños en rodamientos y sus causas. SKF le puede proporcionar la formación y el apoyo técnico que pueda necesitar.





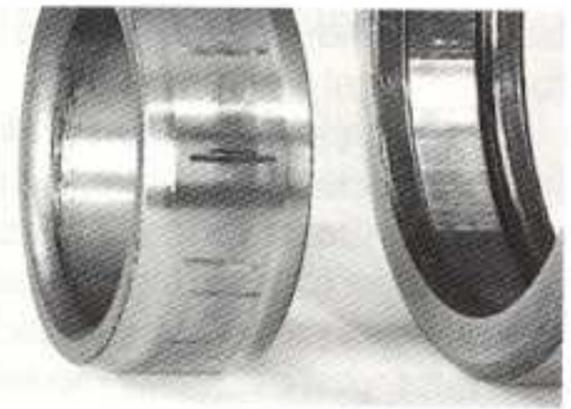
**Desgaste producido por partículas abrasivas**

Pequeñas muescas que aparecen alrededor del camino de rodadura y de los elementos rodantes; superficies desgastadas o grasa con cambios de color debidos a la presencia de partículas de la jaula. Normalmente como consecuencia de una falta de limpieza durante el montaje. Conserve el rodamiento limpio mientras lo monta, utilice un lubricante nuevo y compruebe el estado de las obturaciones.



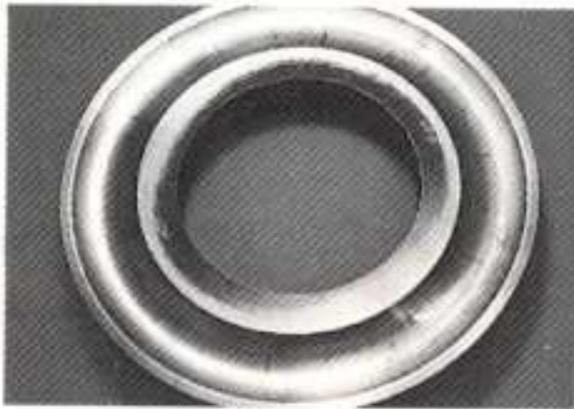
**Desgaste causado por una lubricación inadecuada**

Superficies desgastadas, en algún momento especulares. Decoloración con tonos azules a marrones después de un corto periodo de funcionamiento. Estos cambios están motivados por una lubricación insuficiente, que puede producir elevaciones muy rápidas de la temperatura. Mejore la lubricación, compruebe los intervalos de lubricación y el estado de las obturaciones.



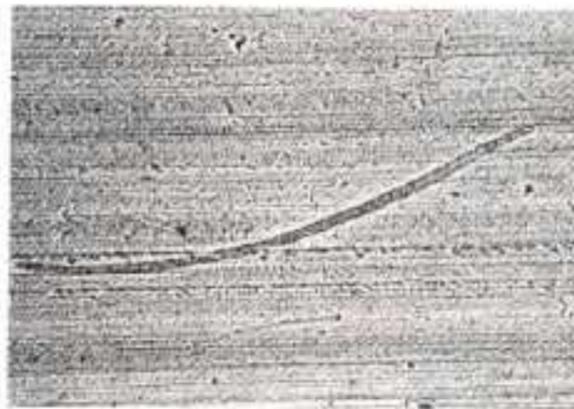
**Desgaste causado por vibraciones**

Depresiones rectas en los rodamientos de rodillos, y circulares en los rodamientos de bolas, aspecto oxidado o brillante en el fondo. El rodamiento se ha visto expuesto a vibraciones durante periodos en que ha estado parado. Instale una base amortiguadora. Utilice rodamientos de bolas en lugar de rodamientos de rodillos, siempre que sea posible. Cuando transporte maquinaria, asegure los rodamientos aplicándoles una precarga.



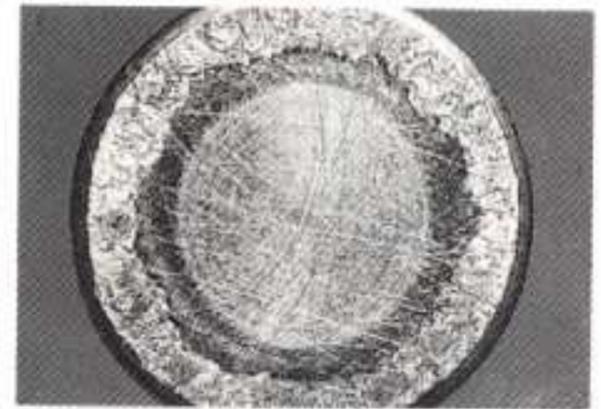
**Muecas producidas por un montaje defectuoso o por sobrecargas**

Muecas en ambos aros, espaciadas en una distancia igual a la existente entre los elementos rodantes. La presión de montaje se ejerció sobre el aro incorrecto, o el rodamiento se introdujo en exceso en un asiento cónico, o se ha visto sometido a sobrecargas en su funcionamiento. Siga estrictamente las instrucciones de montaje de SKF. Sustituya el actual rodamiento por otro que soporte mayores cargas estáticas.



**Muecas causadas por partículas**

Pequeñas muescas presentes alrededor del camino de rodadura y en los elementos rodantes. Las partículas han penetrado en el rodamiento durante el montaje, junto con el lubricante, o procedentes del medio ambiente de la aplicación. Conserve el rodamiento limpio mientras se monta. Utilice lubricante limpio y compruebe el estado de las obturaciones.



**Desgaste de los extremos de los rodillos y de las pestañas de guía**

Extremos de los rodillos y pestañas arañados y decolorados por deslizamientos bajo cargas axiales muy fuertes y una lubricación inadecuada. Este tipo de daño se puede evitar seleccionando un lubricante más adecuado, por ejemplo, un aceite más viscoso.



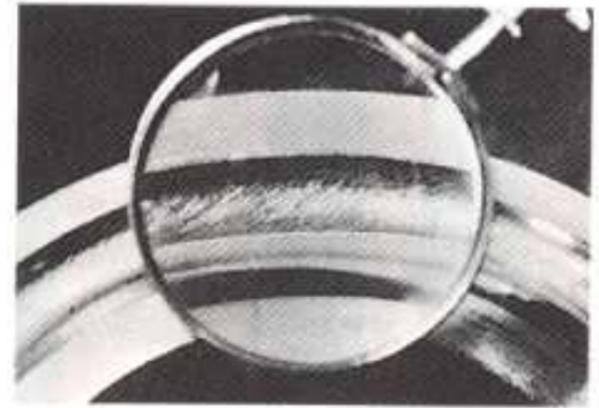
**Desgaste por deslizamiento de los rodillos y los caminos de rodadura**

Áreas arañadas y decoloradas al comienzo de la zona de carga en los caminos de rodadura y en las superficies rodantes. Están producidas por la aceleración de los rodillos cuando entran en la zona de carga. Existen dos posibles soluciones: Seleccionar un lubricante más apropiado, por ejemplo, un aceite más viscoso, o reducir el juego interior del rodamiento.



**Desgaste de los caminos de rodadura**

Marcas de desgaste transversales espaciadas a una distancia que es igual a la que hay entre los rodillos. Causas posibles: rodamientos de rodillos cilíndricos – el aro con los rodillos y la jaula se han instalado mal alineados; rodamientos de rodillos a rótula o cónicos – los golpes de montaje se dieron en el aro incorrecto, o se ha ejercido una sobrecarga sobre el rodamiento. Lubrique las superficies y haga girar el aro durante el montaje. Utilice un manguito guía para montar los rodamientos de rodillos cilíndricos.



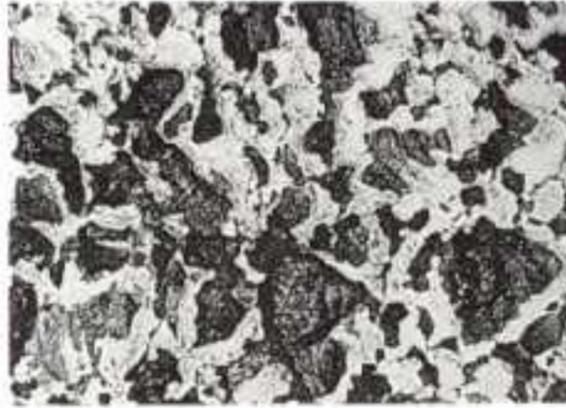
**Desgaste en los rodamientos axiales de bolas**

Marcas de desgaste diagonales en los caminos de rodadura. Debidas a una velocidad de rotación excesiva en relación con la carga. Este daño puede evitarse aplicando una carga adicional, por ejemplo mediante resortes. Compruebe que siempre hay aplicada una carga axial mínima. Póngase en contacto con SKF si desea más aclaraciones.



**Desgaste de las superficies exteriores**

Desgaste o decoloración del agujero del aro, las superficies exteriores o las caras frontales. Debido al giro del aro con respecto al eje o al alojamiento. Este tipo de desgaste sólo se puede evitar cuando el ajuste de interferencia es suficiente como para evitar el giro del aro respecto al asiento. La compresión axial o la fijación no resolverán este problema.



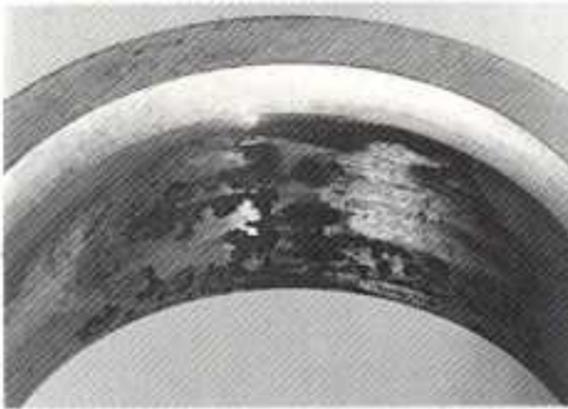
**Fatiga superficial**

Pequeños cráteres, poco profundos, con fracturas cristalinas en la superficie. Están causados por una lubricación inadecuada. Cuando la película de lubricante no puede mantener separadas las superficies, por ejemplo, por una falta de lubricación o cambios de viscosidad ocasionados por la elevación de temperatura, las superficies entrarán momentáneamente en contacto directo. Mejore la lubricación.



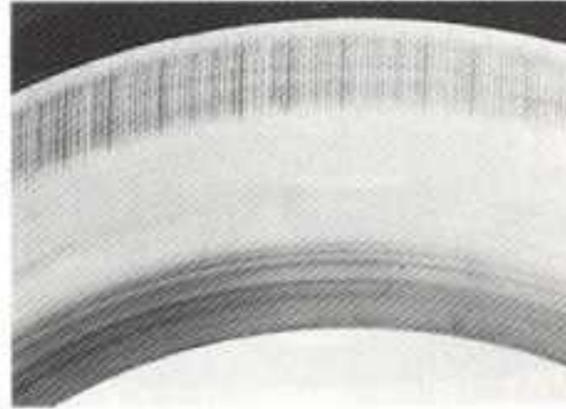
**Corrosión u óxido interno**

Rayas de color gris o negro que atraviesan los caminos de rodadura, principalmente coincidiendo con el espaciado de los elementos rodantes. Están causadas por agua, humedad o sustancias corrosivas que han entrado en el rodamiento. En una fase posterior, se llegan a producir picaduras en las superficies del rodamiento. Compruebe el estado de las obturaciones y utilice un lubricante con mejores cualidades en cuanto a protección frente a la corrosión.



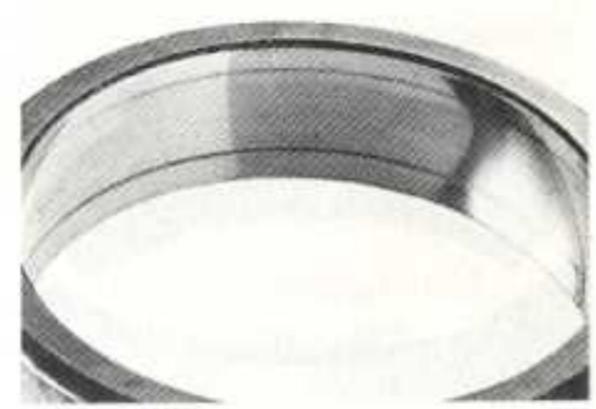
**Corrosión por contacto**

Ocurre cuando existe un movimiento relativo entre el rodamiento y el eje o alojamiento. Esta corrosión tiene aspecto de óxido en las superficies exteriores del rodamiento o en el agujero; también puede presentarse como marcas de carga excesivamente profundas en los caminos de rodadura, en las posiciones correspondientes. Se produce por un ajuste excesivamente flojo, o un asiento con errores en la forma. Ajuste el asiento.



**Daños causados por el paso de corriente eléctrica**

Estrías o puntos de color negro, grisáceo o marrón oscuro en los caminos de rodadura y en los elementos rodantes, que también presentan estas decoloraciones oscuras. Cuando las corrientes eléctricas atraviesan el rodamiento se produce una "soldadura" entre las superficies de los componentes del rodamiento. El uso de rodamientos aislados resolverá el problema. Si lo desea, puede pedir más información a SKF.



**Desconchado debido a precargas**

Marcas por sobrecarga en caminos de rodadura. Se deben a una precarga excesiva por un ajuste de interferencia o exceso de calado en un asiento cónico. Rodamientos de una hilera de bolas de contacto angular o de rodillos cónicos sometidos a una precarga excesiva. Suele producirse en la zona más cargada. Cambie los ajustes o seleccione rodamientos con un juego interno mayor. Siga exactamente las instrucciones de SKF al realizar el montaje.



**Desconchado debida a una compresión oval (apriete)**

Señales de carga muy pronunciadas en dos secciones de cualquier aro diametralmente opuestas, exfoliación en esas secciones. Normalmente es preciso fabricar un nuevo eje o alojamiento. Otra solución posible consiste en pulverizar metal sobre el asiento y mecanizarlo nuevamente. Si el alojamiento está montado sobre una base desigual, el asiento puede no ser redondo.



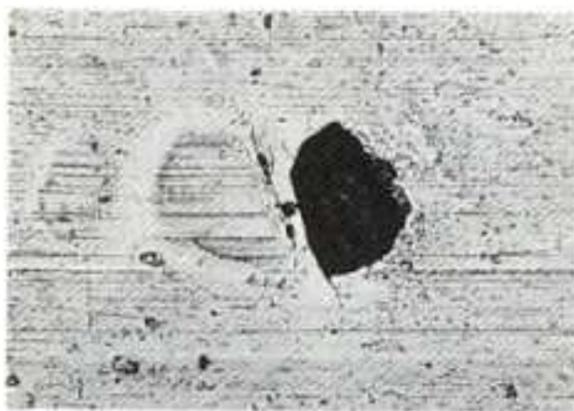
**Desconchado producida por cargas axiales**

Señales de carga muy pronunciadas y desconchado en un lado de los aros, o en un camino de rodadura en los rodamientos de dos hileras. Causas posibles: montaje defectuoso que produce una carga axial, precarga excesiva, retención en el caso de un rodamiento libre, o juego axial insuficiente. Compruebe los ajustes y los juegos.



**Desconchado producida por alineación incorrecta**

Rodamientos rígidos de bolas con señales de carga diagonales en dos secciones diametralmente opuestas. Está producida por una alineación incorrecta de los asientos. En el caso de los rodamientos de rodillos cilíndricos, la desconchado comienza en el extremo del camino de rodadura cuando se ha realizado un montaje defectuoso. Compruebe los asientos y siga estrictamente las instrucciones de montaje.



**Desconchado producida por indentaciones**

Desconchado en el camino de rodadura con muescas que corresponden a la distancia que separa los elementos rodantes. Está producida por un montaje incorrecto, que causa una sobrecarga del rodamiento cuando está parado. La desconchado con pequeñas muescas está producida por partículas introducidas durante el montaje o presentes en lubricante contaminado. Siga estrictamente las instrucciones de montaje de SKF.



**Desconchado causada por el desgaste**

El desgaste producido por deslizamientos presenta el aspecto de una desconchado en los caminos de rodadura cerca de la zona de carga, donde aceleran los elementos rodantes. Utilice un lubricante con buenos aditivos anti-desgaste. El desgaste transversal está ocasionado por un montaje defectuoso, en el que uno de los aros debería haberse hecho girar durante el montaje. Siga estrictamente las instrucciones de SKF durante el montaje.



**Desconchado producida por corrosión por contacto**

Desconchado en el camino de rodadura de un aro y zonas corroídas en la superficie exterior o en el agujero. Están causadas por un ajuste demasiado flojo o un asiento con errores de forma. Compruebe el ajuste y los asientos.



**Desconchado producida por estrias o cráteres**

Estrias o cráteres brillantes o corroídos causados por vibraciones con el equipo parado, o marcas de color oscuro o quemaduras producidas por el paso de corriente eléctrica. Instale un sistema de amortiguación de vibraciones. Cambie el flujo de la corriente eléctrica.



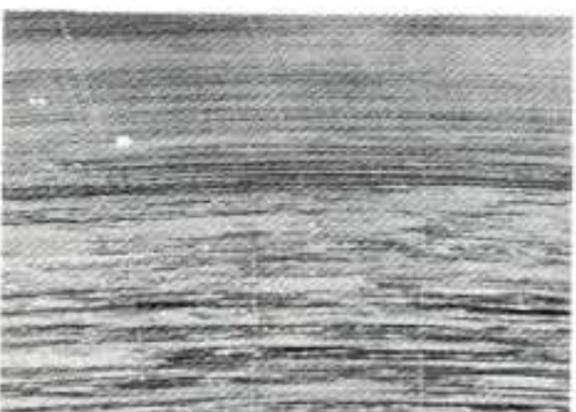
**Grietas producidas por un trato incorrecto**

Grietas o roturas en las piezas, generalmente en una cara. Están causadas por golpes dados al aro durante el montaje. Siga estrictamente las instrucciones de SKF durante el montaje, y nunca someta un rodamiento a un golpe directo.



**Grietas producidas al introducir en exceso el rodamiento**

El aro se ha agrietado completamente en su sección transversal. Esta grieta se produce al introducir excesivamente un rodamiento en un asiento cónico o montar con un ajuste de interferencia excesivo un rodamiento en un asiento cilíndrico. Siga estrictamente las instrucciones de SKF y modifique el ajuste.



**Grietas producidas por el desgaste**

Grietas junto al desgaste del aro de un rodamiento, que puede estar incluso agrietado completamente. Esta es una de las fases finales del desgaste y puede prevenirse seleccionando un lubricante con buenos aditivos anti-desgaste.



**Grietas causadas por corrosión por contacto**

Grietas transversales en el aro interior, y grietas normalmente longitudinales en el aro exterior, en combinación con corrosión por contacto. Son el resultado de la corrosión por contacto producida por un ajuste excesivamente flojo o de un asiento con errores de forma. Compruebe el ajuste y el asiento.

## Daños en la jaula

Cuando se producen daños en la jaula no resulta fácil determinar cuál es la causa. Normalmente se dañan otros componentes del rodamiento al mismo tiempo, lo que dificulta aun más el aislar la causa. Las causas principales de daños en la jaula son las vibraciones, la velocidad excesiva, el desgaste, las gripaduras y la alineación incorrecta.

### Vibración

Cuando un rodamiento queda expuesto a vibraciones, las fuerzas de inercia pueden ser tan grandes que produzcan grietas de fatiga en el material de la jaula. Más tarde o más temprano, estas grietas producirán la rotura de la jaula. Para evitarlo, debe utilizarse un rodamiento de SKF con una jaula especialmente diseñada. Instale además una base amortiguadora.

### Velocidad excesiva

Si un rodamiento gira a velocidades que superen a las especificaciones de diseño de la jaula, las fuerzas de inercia pueden producir roturas. SKF puede suministrar rodamientos de alta velocidad diseñados especialmente para estas condiciones especiales de funcionamiento.



Póngase en contacto con SKF si desea más información.

### Desgaste

Una lubricación inadecuada o partículas abrasivas pueden producir el desgaste de la jaula. En el caso de rodamientos, es importante evitar una fricción deslizante. Sin embargo, el deslizamiento entre la jaula y los elementos rodantes no se puede evitar. Por lo tanto, la jaula es el primer componente en verse afectado cuando la lubricación no es la correcta. Y dado que la jaula está construida de un material más blando, el desgaste se produce con mayor rapidez. Conforme el desgaste de la jaula hace que los alveolos de la misma tengan un tamaño mayor, las fuerzas resultantes pueden producir en corto plazo la rotura de la jaula.

El mismo resultado puede producirse cuando se introducen partículas abrasivas en el rodamiento.

### Gripado

Fragmentos procedentes del desconchado del material u otras partículas pueden actuar a modo de cuñas entre los elementos rodantes y la jaula, evitando que los elementos rodantes rueden. Este hecho puede producir la rotura de la jaula. Si se evita que entren en el rodamiento partículas de gran tamaño, la jaula puede soportar las condiciones de funcionamiento más severas.

*El desgaste de esta jaula se ha debido a una lubricación inadecuada.*

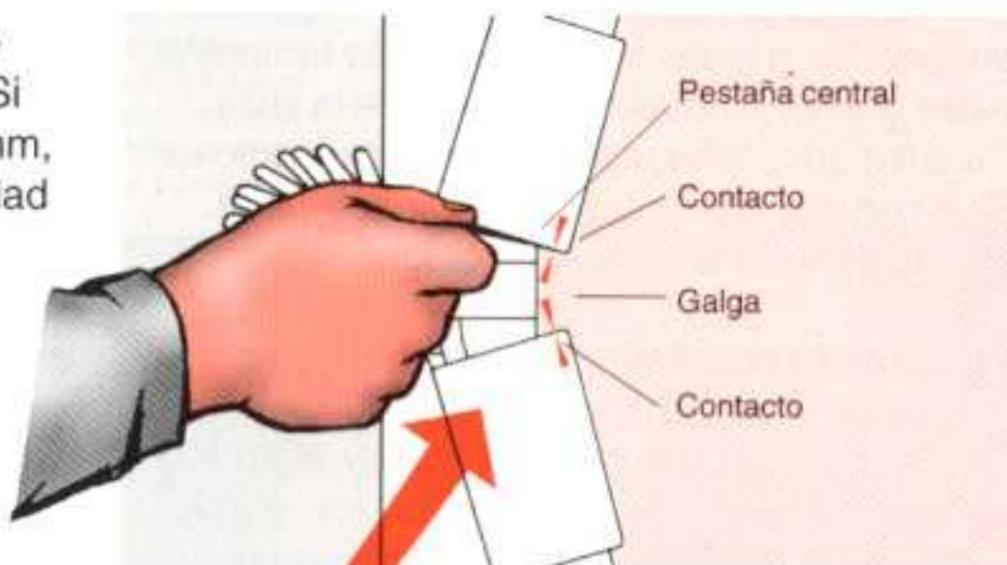
*Esta jaula se ha dañado por un gripado.*

# Grandes rodamientos

Los daños de los grandes rodamientos se detectan por los mismos procedimientos que en el caso de los rodamientos pequeños. Sin embargo, debe prestarse una especial atención a los rodamientos de rodillos cónicos de grandes dimensiones, que tienen distanciadores calibrados entre los aros exterior e interior, y los rodamientos apareados. Mida el juego interior (consulte la siguiente figura) de forma que el rodamiento funcione en condiciones óptimas después del montaje. Incluso un desgaste normal que no puede apreciarse a simple vista puede haber cambiado el juego interno preseleccionado.

Se ha elegido como ejemplo un rodamiento de rodillos cónicos de grandes dimensiones. Si el rodamiento es más pequeño de unos 500 mm, se pueden realizar las mediciones sin necesidad de desarmarlo.

*Compruebe con una galga que ambas hileras de rodillos están en contacto directo con la pestaña central del aro interior superior.*



*Aplique una carga igual a aproximadamente la mitad del peso del rodamiento.*

Giro 2

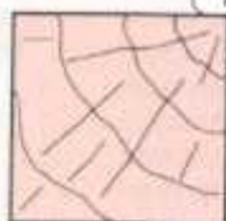
Retire el aro distanciador

Giro 1

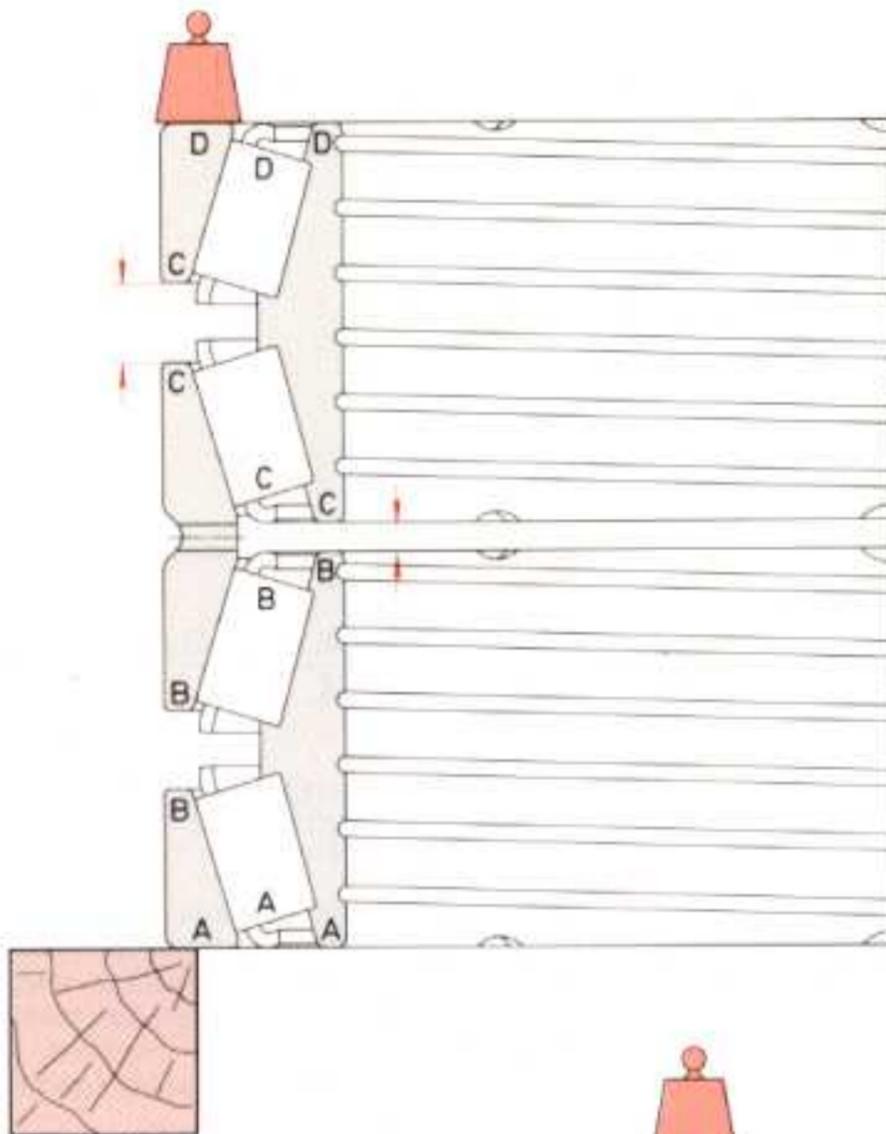
Permo de acero

Retire el aro distanciador

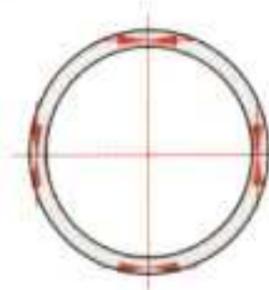
*Haga girar el aro central de los exteriores. Haga girar después el aro exterior superior.*



*Retire los aros distanciadores del rodamiento. Ponga después el rodamiento en una base (en este caso, la cara A está dirigida hacia abajo).*

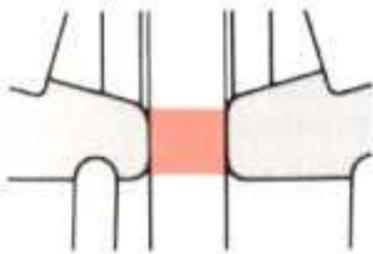


Mida la distancia entre las caras laterales B y C en los aros interiores, y entre las caras laterales C y C en los aros exteriores; haga varias mediciones y tabule los resultados.

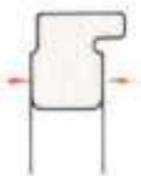


Dé la vuelta al rodamiento, aplique la carga nuevamente y repita el procedimiento. Mida las distancias entre las caras laterales B y C en los aros interiores, y entre las caras laterales B y B en los aros exteriores. Tabule los resultados.

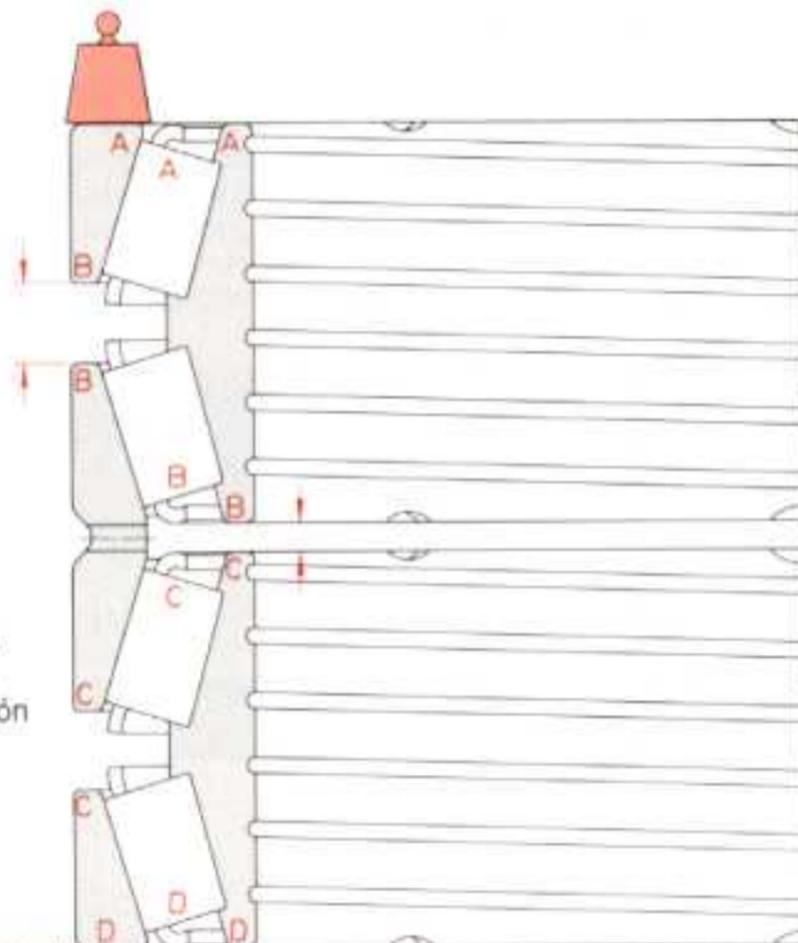
Si los valores anotados correspondientes a las distancias entre las caras B y C son las mismas en ambas posiciones, las mediciones se han efectuado correctamente.



El valor para un juego interno cero + el juego axial del rodamiento, se obtiene la dimensión nominal del aro distanciador.



Si es demasiado ancho, deberá mecanizarse hasta darle la dimensión requerida.



Dimensión del distanciador necesario para conseguir un juego interno correcto.

Obtenga los valores calculando la media de los tres valores individuales medidos. De esta forma se obtiene la dimensión del distanciador que proporcionaría un juego interno cero.

Suma a ese resultado, que corresponde a la dimensión requerida para un juego interno

cero, el juego axial previsto del rodamiento (valor medio) para cada distanciador. Esta es la dimensión que deberá tener cada uno de los tres distanciadores.

Si el rodamiento está ligeramente desgastado, el aro distanciador debe mecanizarse hasta que tenga la dimensión correcta.

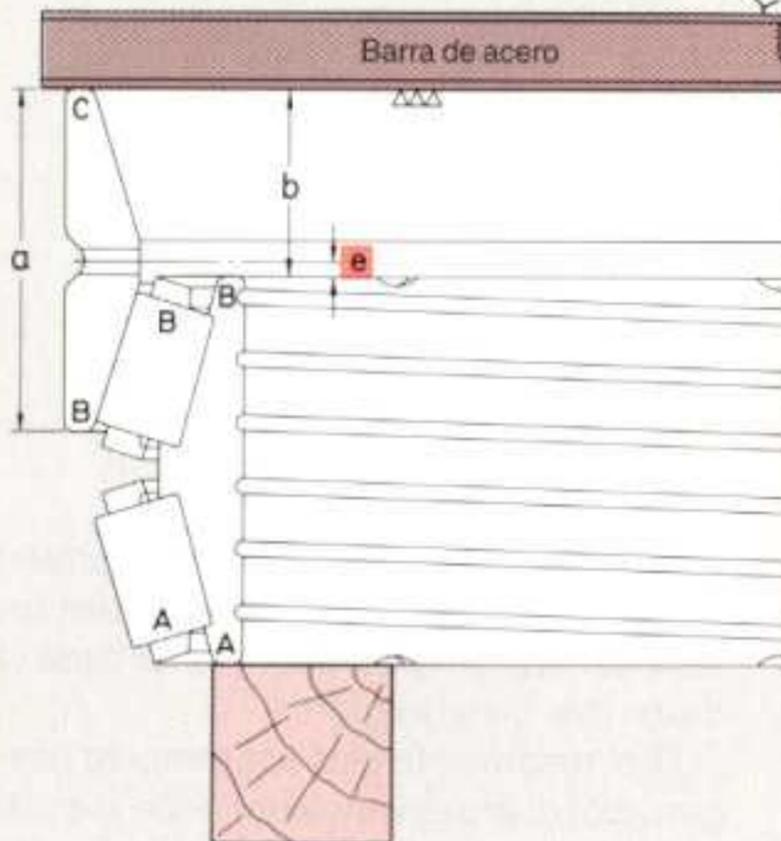
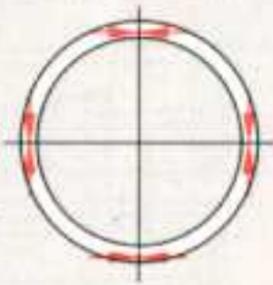
# Diámetros de agujero mayores de 500 mm

Los rodamientos grandes con diámetros de agujero de 500 mm o más, son normalmente demasiado pesados como para hacerlos girar a mano. En este caso, se puede utilizar un procedimiento ligeramente distinto en el que se comprueba un aro y un conjunto de rodillos.

$e + f$  + "valor medio" del juego axial = anchura del distanciador interior

Coloque el aro interior (identificado como A y B) y su conjunto de rodillos sobre una base. Sitúe el aro exterior central en la posición correcta. Haga girar el aro exterior algunas vueltas (si se insertan pernos de acero en los agujeros de lubricación se facilita esta operación). Compruebe entonces el contacto entre las pestañas del aro interior y los rodillos.

Mida la distancia (b), en cuatro puntos espaciados por igual a lo largo de la circunferencia, a una recta de referencia, por ejemplo una barra de acero, mediante un micrómetro de interiores.

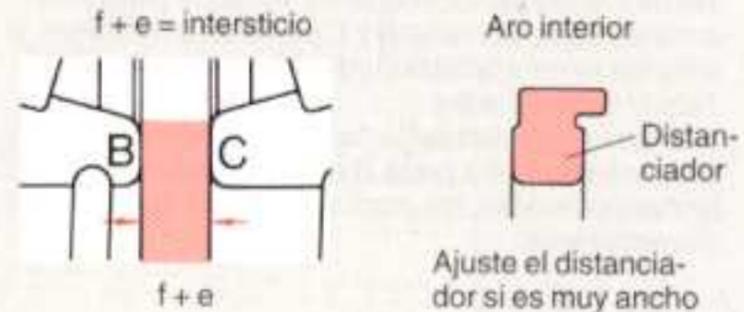


$$\frac{b_1 + b_2 + b_3 + b_4}{4} - \frac{a}{2} = e$$

$$\frac{c_1 + c_2 + c_3 + c_4}{4} - \frac{a}{2} = f$$

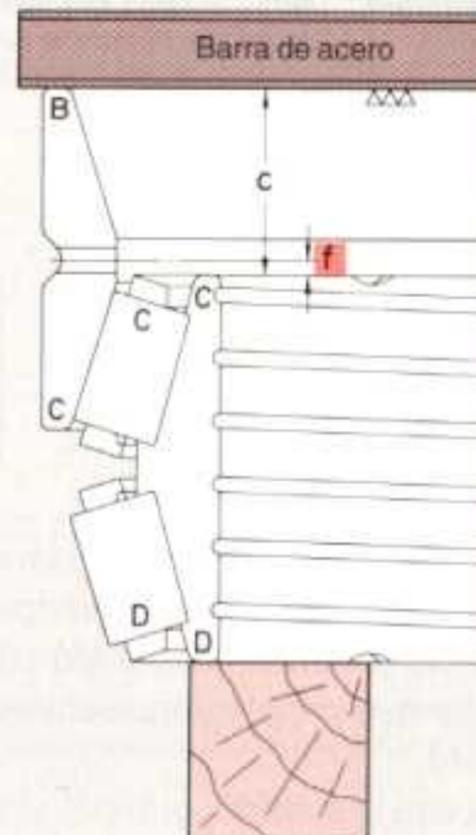
Los valores medios de las cuatro mediciones (b y c), menos la mitad de la anchura del aro exterior medio (a), permite obtener los valores (e) y (f) respectivamente. La suma de ambos (e + f) es igual a la anchura del intersticio existente entre las caras B y C de los aros interiores.

Si el aro distanciador es demasiado ancho, deberá mecanizarse.



Ajuste el distanciador si es muy ancho

Repita este procedimiento con el otro aro interior. Mida la distancia (c) en cuatro puntos.



Coloque el rodamiento con el distanciador interior ajustado – primero con el lado de la cara A hacia abajo. Mida el espacio (g) en cuatro puntos distribuidos alrededor de la circunferencia. Tabule los valores medidos, dé la vuelta entonces al rodamiento (póngalo boca abajo) de forma que la cara D quede hacia abajo, repita el mismo procedimiento, midiendo ahora el espacio (h). Durante la medición, el aro exterior superior está cargado por el inferior que está libre.

Los aros distanciadores exteriores deben ajustarse de forma que las cuatro hileras tengan el mismo juego.

$$\frac{g_1 + g_2 + g_3 + g_4}{4} = (g) \text{ distanciador}$$

En primer lugar mida el intersticio "g". Dé la vuelta al rodamiento (póngalo boca abajo).

Si el distanciador es demasiado ancho, ajústelo.

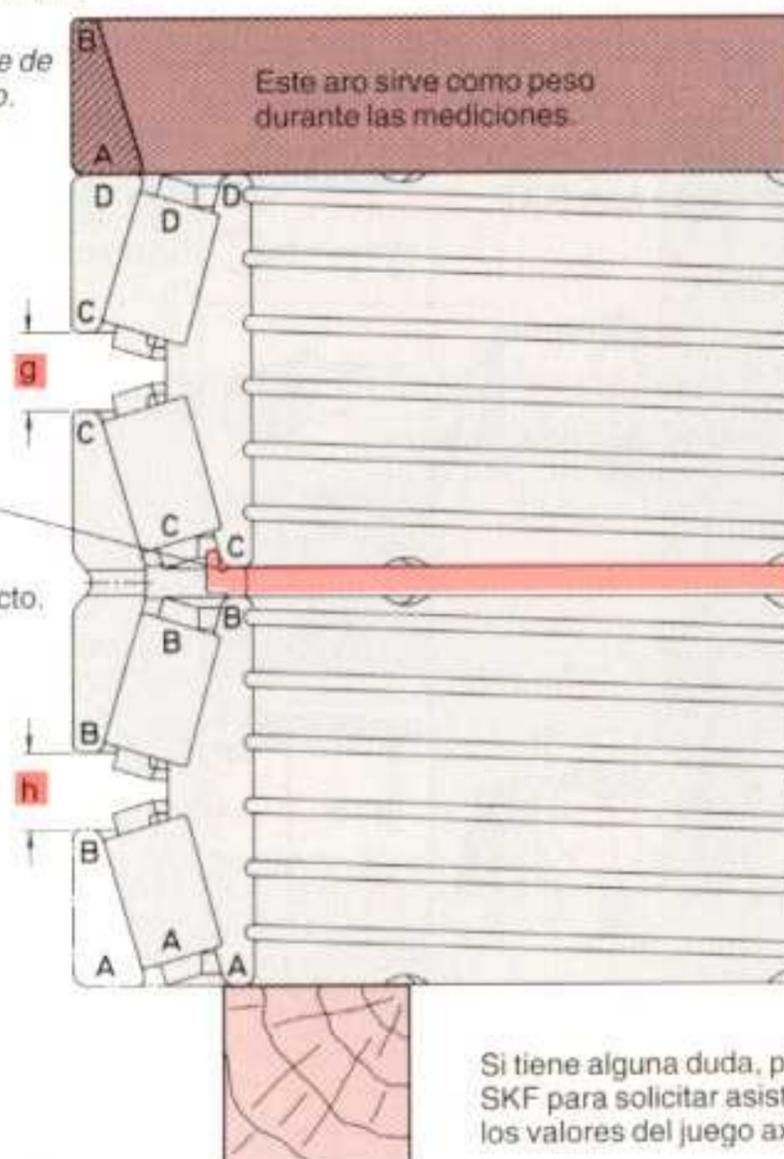
Aro distanciador interior ajustado al juego axial correcto.

$$\frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4} = (h) \text{ distanciador}$$

Mida el intersticio "h" utilizando el aro exterior C-D como peso.

Ajuste los dos aros distanciadores exteriores, dándoles los valores medios de los cuatro valores (g) y (h) medidos.

Si no se va a montar inmediatamente el rodamiento, proteja frente a la corrosión todos sus componentes.



Si tiene alguna duda, póngase en contacto con SKF para solicitar asistencia en el cálculo de los valores del juego axial del rodamiento.

# Montaje de rodamientos

La regla principal en el mantenimiento de rodamientos es mantener los rodamientos limpios antes y durante su montaje. Distintos factores – técnicas de montaje incorrectas, manos o herramientas sucias, grasa o aceite contaminado – pueden producir daños en los rodamientos. Sea cual sea la calidad de los rodamientos o las obturaciones, estos factores pueden conducir rápidamente a un fallo en el rodamiento.

Mantenga los rodamientos limpios en todo momento. Es siempre más fácil evitar que se ensucien u oxiden, que luego limpiarlos de manera efectiva. Existen varios tipos de rodamientos que no se pueden desensamblar y son por tanto de muy difícil limpieza.

Siga las sencillas reglas que para el montaje y la lubricación de rodamientos se describen en las siguientes páginas.

## Ajustes y tolerancias

Revise los planos del conjunto para comprobar las tolerancias, ajustes y el juego interno. Si desea más información, puede consultar la página 250 o ponerse en contacto con SKF.

## Preparativos

Estudie la disposición de los rodamientos y seleccione el método de montaje utilizando el diagrama de la siguiente página.

### El método más adecuado

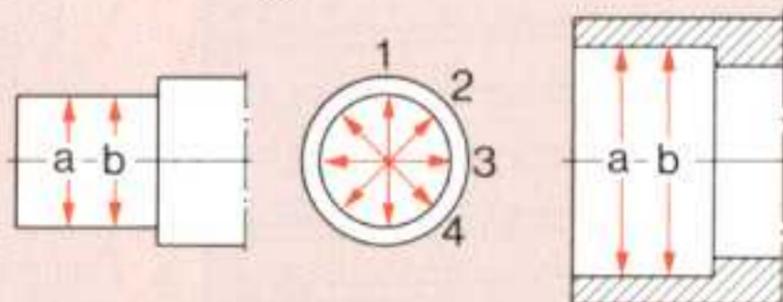
Esa tabla incluye cuatro métodos de montaje distintos – mecánico, hidráulico, de inyección de aceite y por calentamiento – e indica su aplicación a cada uno de los distintos tipos de disposición de los rodamientos – asiento cilíndrico, asiento cónico, manguito de fijación y manguito de desmontaje.

Si el rodamiento es comparativamente pequeño, pueden utilizarse las herramientas mecánicas. Los rodamientos grandes pueden precisar del método de inyección de aceite de SKF. Póngase en contacto con SKF si precisa de ayuda para seleccionar el método más adecuado para su aplicación específica.

### La herramienta más adecuada

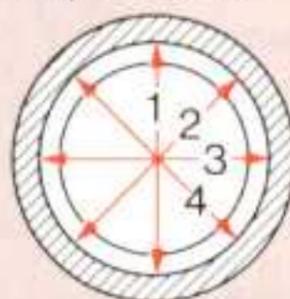
SKF puede suministrar la mayor parte de las herramientas de montaje recomendadas en este

## Medición de los asientos del rodamiento

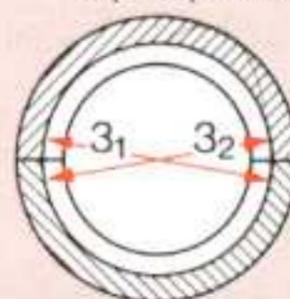


Normalmente la forma cilíndrica del eje y de los asientos del alojamiento se comprueban midiendo el diámetro en tres secciones cruzadas y cuatro planos, para ello se realizará una medición de dos puntos utilizando un micrómetro.

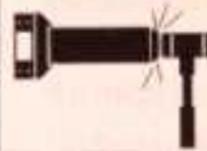
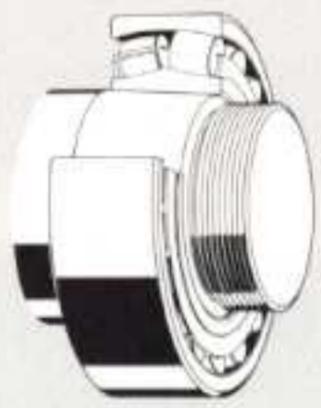
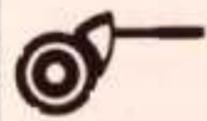
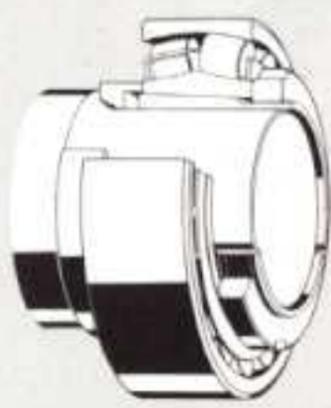
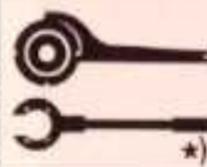
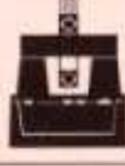
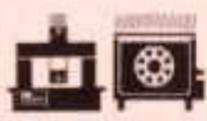
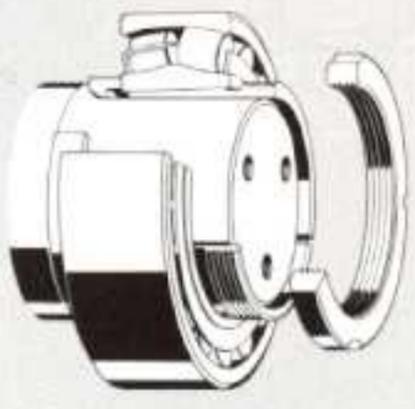
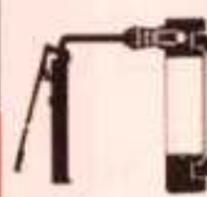
Soporte enterizo



Soporte partido



Compruebe en el plano que se cumplen las especificaciones. Registre las mediciones para consultas futuras. SKF le puede proporcionar un documento de registro de estas mediciones si lo solicita.

Disposición de rodamientos		Herramientas de montaje			
		Mecánica	Hidráulica	Inyección de aceite	Calentadores
<b>Asiento cilíndrico</b>  rodamientos de rodillos cilíndricos de los tipos NU, NJ y NUP en todos los tamaños	rodamientos pequeños				
	rodamientos medianos				
	rodamientos grandes				
					
<b>Asiento cónico</b> 	rodamientos pequeños				
	rodamientos medianos				
	rodamientos grandes				
<b>Manguito de fijación</b> 	rodamientos pequeños				
	rodamientos medianos				
	rodamientos grandes				
<b>Manguito de desmontaje</b> 	rodamientos pequeños				
	rodamientos medianos				
	rodamientos grandes				

rodamientos pequeños: diámetro del agujero < 80 mm  
 rodamientos medianos: diámetro del agujero entre 80 y 200 mm  
 rodamientos grandes: diámetro del agujero > 200 mm

<sup>1)</sup> Sólo para rodamientos de bolas a rótula

inadecuado 

manual. Existe documentación adicional en la que se describen las distintas herramientas. Si desea más información, puede ponerse en contacto con SKF.

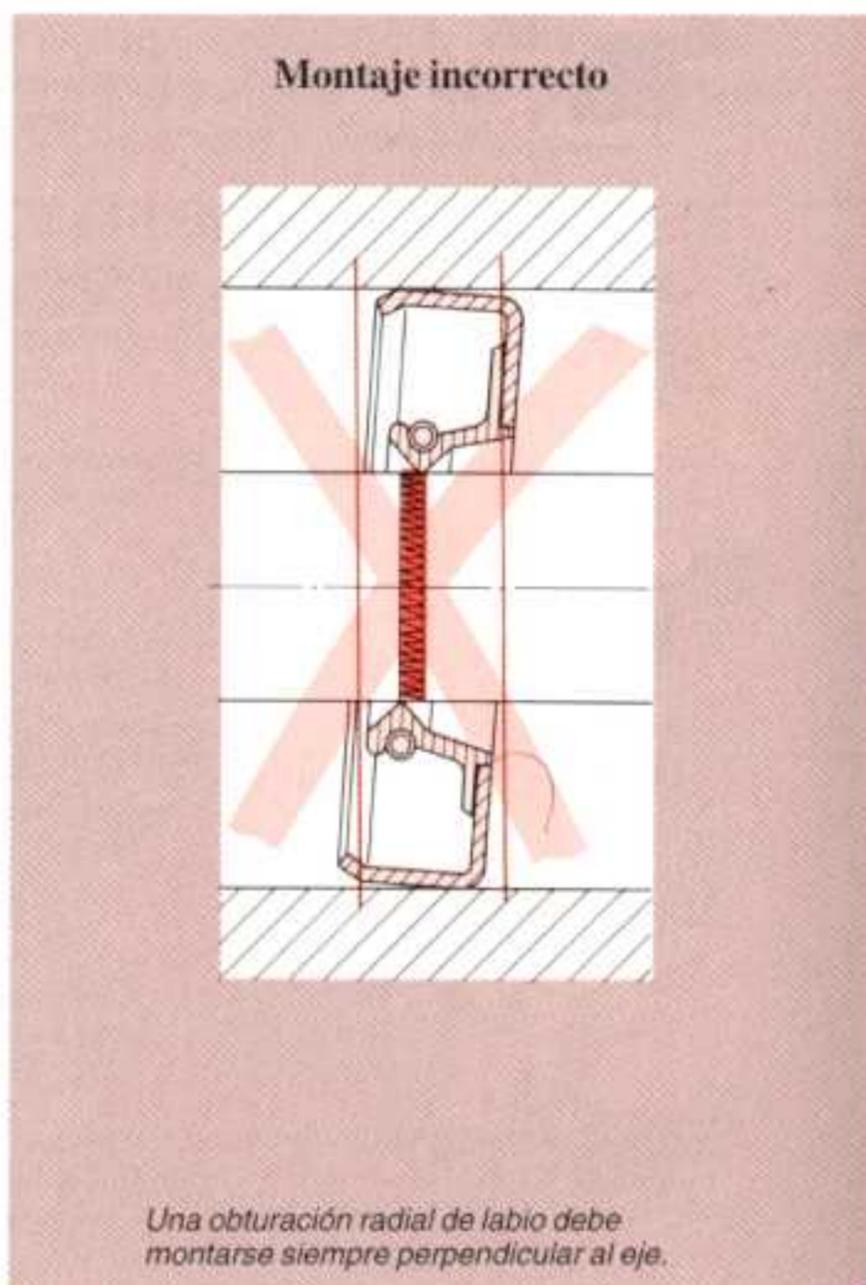
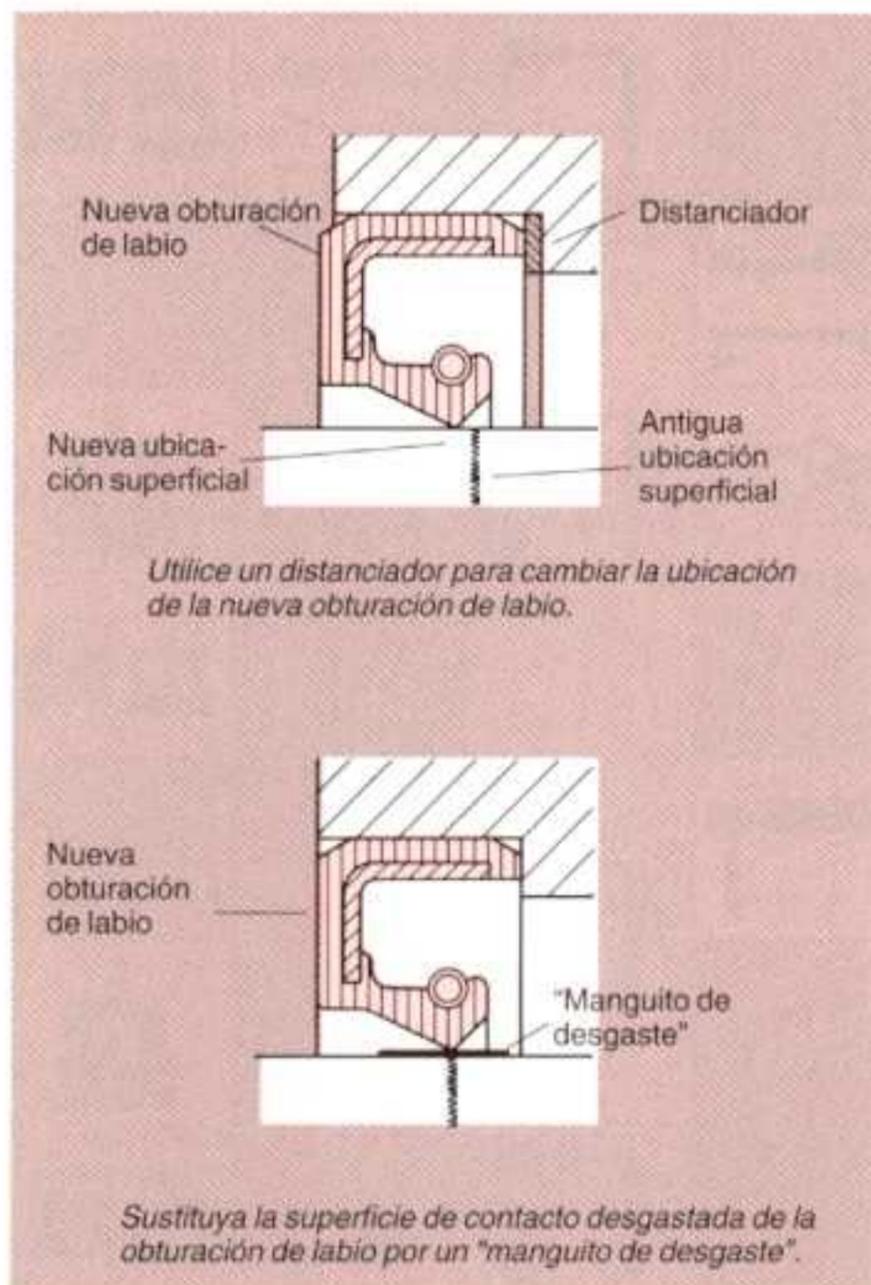
## ¿Montaje en frío o en caliente?

Los rodamientos cuyos aros exteriores precisan de un ajuste de interferencia se suelen montar en frío. Pero si es el anillo interno el que precisa del ajuste de interferencia, se pueden utilizar ambos métodos (en frío o caliente), dependiendo de la situación.

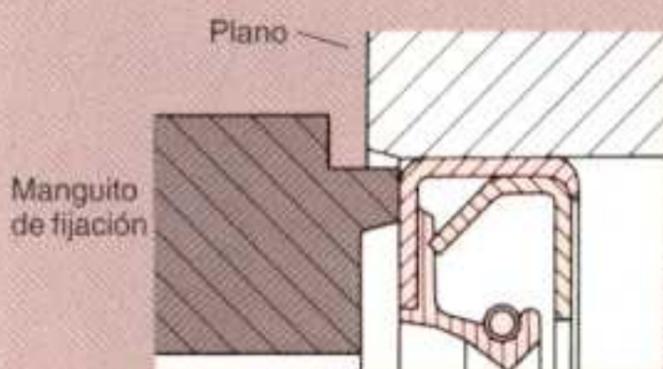
Los rodamientos pequeños se pueden montar sin calentar, utilizando una prensa, o un casquillo y un martillo. Los rodamientos más grandes son más fáciles de montar utilizando el método de inyección de aceite o herramientas hidráulicas, o calentando el rodamiento.

## Montaje de obturaciones

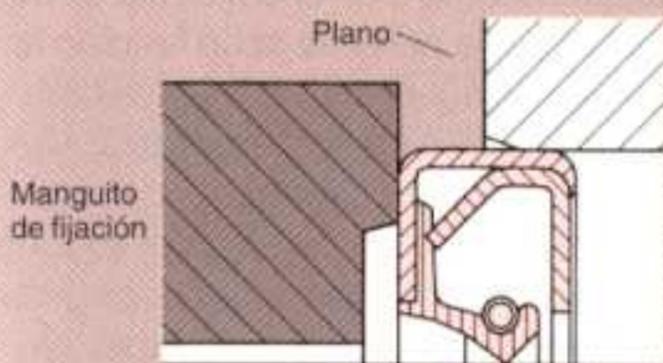
El procedimiento recomendado de montaje para los distintos tipos de obturaciones puede ser distinto dependiendo del fabricante, incluso en el caso de que las obturaciones parezcan idénticas. Por supuesto, que siempre es preferible seguir las instrucciones de los fabricantes acerca de como se deben montar sus obturaciones. Sin embargo, a continuación se describen algunas normas generales, que pueden utilizarse cuando no se disponga de otras instrucciones.



### Obturaciones radiales de labio sin apoyo



*Montaje correcto cuando la obturación se ha de insertar más allá de la cara frontal.*



*Montaje correcto cuando la obturación debe quedar alineada con la cara frontal.*

*Monte la obturación radial de labio de esta forma cuando el fin principal sea conservar ...*



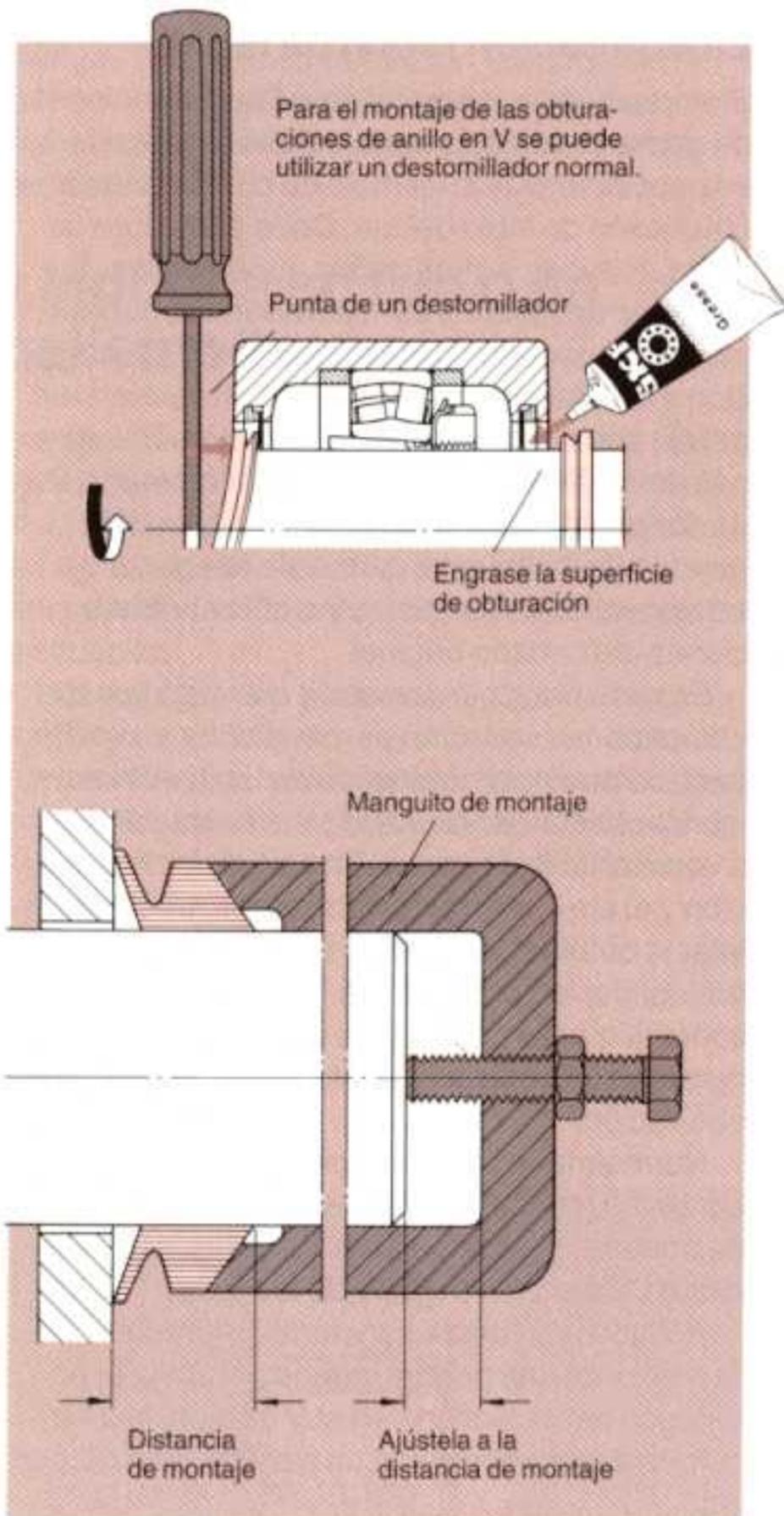
### La obturación radial de labio

Siempre han de reemplazarse las obturaciones de goma. Antes del montaje debe limpiarse e inspeccionarse la superficie de contacto de la obturación de labio del eje. Debe estar libre de óxido, rebabas y otros daños superficiales. Si existe un desgaste o daños evidentes, deberá utilizar un pequeño distanciador entre la obturación y el rodamiento para utilizar un nuevo área del eje como superficie de obturación. En algunas aplicaciones se puede instalar un manguito de desgaste especial en el eje dañado. SKF puede suministrar manguitos de desgaste de espesores tales que permitan utilizar obturaciones del tamaño original.

Es de la mayor importancia que este tipo de obturaciones se monte perpendicular al eje. En caso contrario, la obturación de labio extraerá el lubricante del eje, causando un desgaste excesivo en el labio de goma. El labio de la obturación y el eje deben estar lubricados antes de instalar la obturación. Esto es importante ya que la prelubricación proporciona la película lubricante sobre la que se desplaza la obturación, hasta que hay suficiente lubricante en la cavidad de la obturación.

Normalmente, la obturación está montada contra un resalte, distanciador, o algún otro tipo de soporte, pero cuando no es así es recomendable utilizar un manguito de montaje.

Aplique una fuerza constante, preferiblemente mediante una prensa, cuando empuje la obturación para colocarla en su posición. Nunca golpee directamente con un martillo en la obturación.



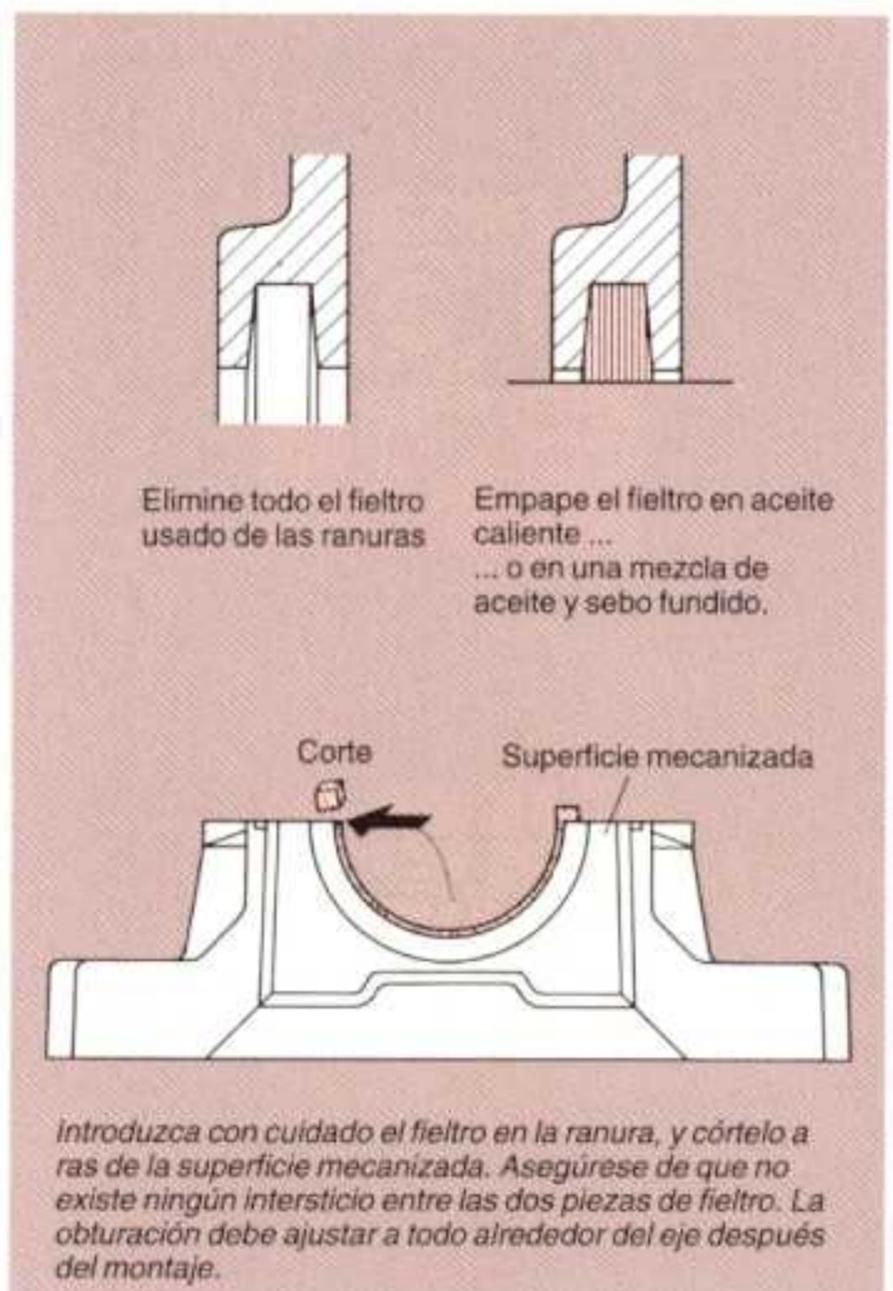
## Obturaciones de anillo en V

Dado que las obturaciones de anillo en V no están reforzadas con metal es fácil desplazarlas a lo largo del eje. Se pueden empujar con facilidad, de forma axial, en el eje hasta que su labio de obturación quede correctamente alineado y posicionado. La forma más sencilla de realizar esta operación consiste en empujar la obturación con la punta de un destornillador, mientras se hace girar lentamente el eje.

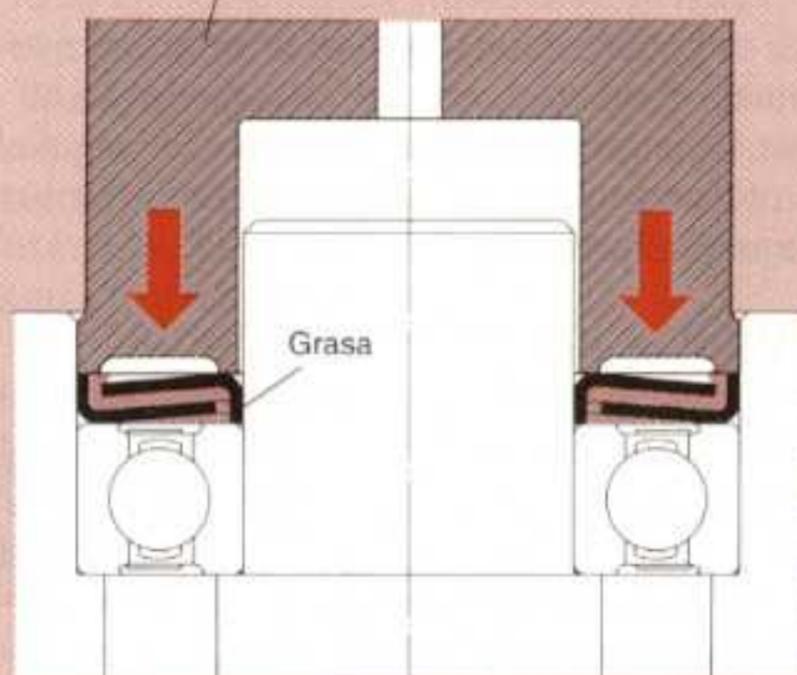
## Obturaciones de fieltro

Las obturaciones de fieltro se suelen montar en dos mitades. El fieltro antiguo debe eliminarse completamente, y las ranuras se han de limpiar con detenimiento. El nuevo fieltro debe empaparse en aceite caliente o en una mezcla de dos partes de aceite y una parte de sebo fundido a una temperatura de 80–85 °C. Extraiga a continuación el fieltro y elimine el exceso de aceite.

Introduzca con cuidado el fieltro en las acanaladuras existentes en las mitades del soporte del rodamiento, y córtelo a ras de las superficies mecanizadas. Asegúrese de que no existe ningún intersticio entre las piezas de fieltro. La obturación debe ajustar a todo alrededor del eje sin presionar en ningún lugar contra él.



Casquillo

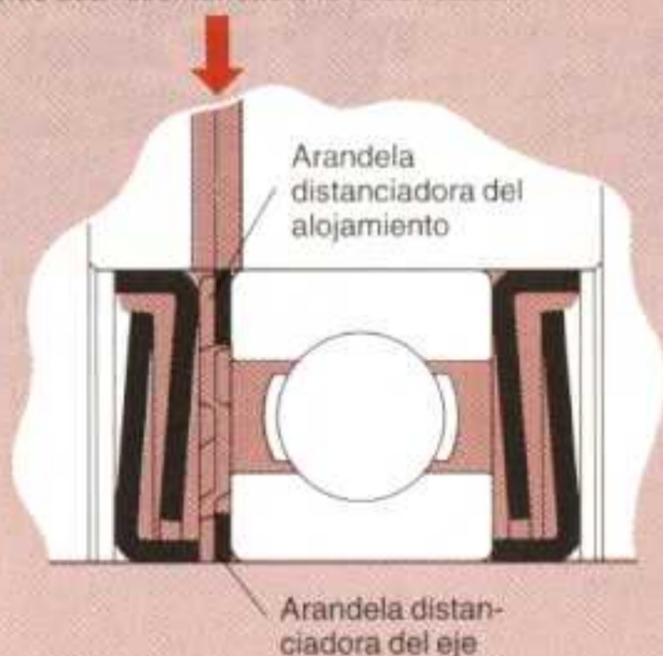


Utilice un casquillo apoyado en ambas arandelas.



Monte siempre la arandela del alojamiento junto al rodamiento en esta posición.

Utilice un conjunto de arandelas distanciadoras del tipo ZW entre el rodamiento y la arandela de obturación, cuando sea recomendable la relubricación.



## Arandelas distanciadoras y obturadoras de SKF

Antes del montaje, debe llenarse con un producto hidrófobo e inhibidor de la corrosión el espacio que queda libre entre las dos arandelas de obturación del conjunto. El agujero y las superficies exteriores se deben engrasar ligeramente.

La arandela del alojamiento debe estar siempre junto al rodamiento con su sección cilíndrica mirando en dirección opuesta a la del rodamiento. De esta forma, la acción de bombeo de la obturación se dirigirá hacia afuera del rodamiento.

Utilice un casquillo o elemento similar cuando realice el montaje, para evitar que las arandelas se inclinen. El casquillo debe apoyar en ambas arandelas. Se recomienda utilizar una prensa.

Cuando se montan varios conjuntos, unos al lado de otros, debe montarse un conjunto antes del siguiente.

Normalmente, un conjunto de arandelas proporciona una obturación adecuada, aunque se pueden llegar a utilizar cuatro juegos de arandelas de forma conjunta. También hay disponibles arandelas agrupadas.

Cuando es recomendable relubricar un rodamiento que tenga arandelas de obturación en ambos lados (no agrupadas), puede prepararse un pequeño camino para la grasa utilizando un conjunto de arandelas distanciadoras de SKF, del tipo ZW.

# Precauciones durante el montaje de rodamientos

Inspeccione los componentes del conjunto de rodamientos y elimine todas las rebabas. Limpie el eje y el apoyo, y compruebe la tolerancia del diámetro y la precisión de la forma de las obturaciones. Inspeccione las obturaciones y reemplácelas si están dañadas. Las obturaciones de goma se deben reemplazar siempre.

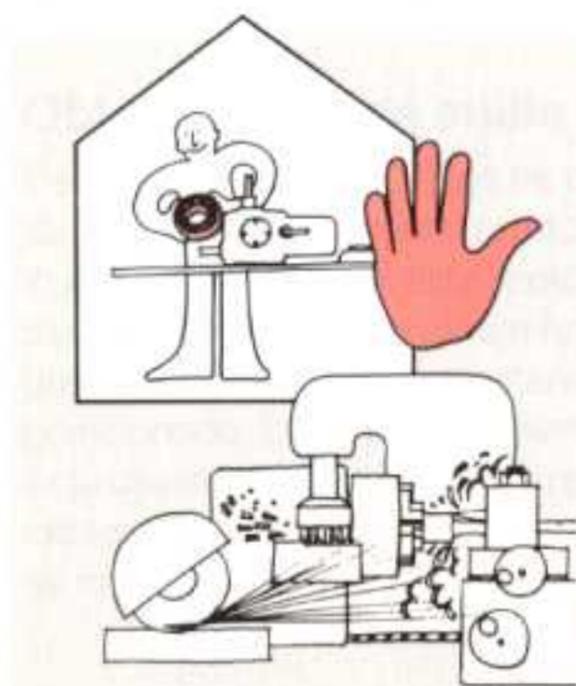
No extraiga los nuevos rodamientos de su envoltorio hasta que se vayan a montar. Deben permanecer protegidos de la suciedad el mayor tiempo posible.

Conserve intacto el compuesto inhibidor de la corrosión excepto en el agujero del rodamiento y en la superficie externa del aro exterior. Limpie esas superficies con un disolvente petrolífero y séquelas.

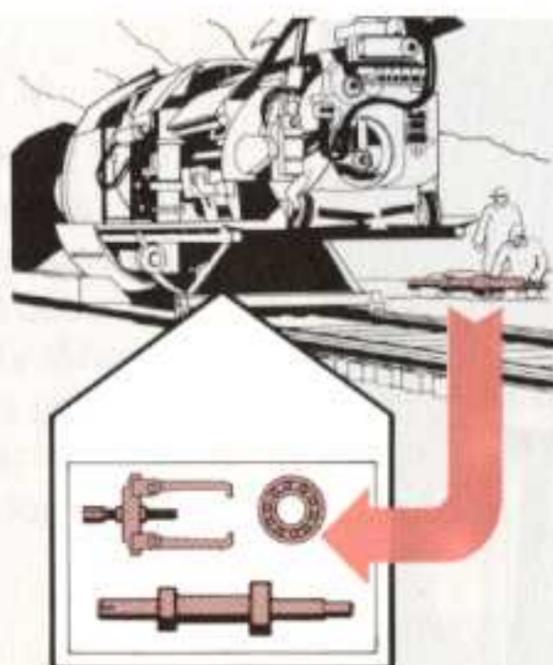
Los rodamientos grandes están a menudo protegidos mediante una espesa capa de grasa. Elimine esa grasa, lavando el rodamiento en disolvente, antes de proceder a su montaje.

## Seleccione un entorno de trabajo adecuado

Una superficie de trabajo limpia y unos métodos de montaje y herramientas apropiados garantizan unos resultados correctos. El entorno de trabajo durante el montaje debe estar libre de partículas metálicas, polvo de aserrado, arena, cemento, sustancias corrosivas y otros materiales semejantes.



*El montaje de los rodamientos se debe realizar en un área libre de suciedad, polvo y humedad.*



*Traslade la máquina al taller siempre que sea posible.*

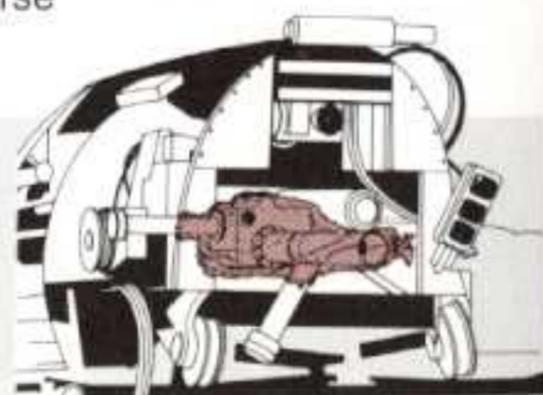
Si es posible debe trasladar la máquina, o la parte de la máquina en que vaya a trabajar, al taller. Cuando no sea posible, cubra la máquina y proteja los rodamientos de los contaminantes que pueda haber en el entorno.

## Limpie todos los componentes

Asegúrese de que los ejes, alojamientos y otros componentes de la aplicación de rodamientos están limpios y secos. La máquina debe limpiarse detenidamente, especialmente en la zona en que se van a montar los nuevos rodamientos. Cubra las partes de la máquina en las que pueda entrar suciedad o humedad con un papel encerado, láminas de plástico u otro material similar.

## Montaje de rodamientos nuevos

Los rodamientos nuevos de SKF están perfectamente protegidos en su envoltorio, éste deberá permanecer intacto hasta momentos antes de realizarse el montaje. Limpie el orificio y las superficies exteriores con una gasa limpia (que no deje pelusas). ¡¡No utilice nunca borra de algodón!! Los rodamientos que se lubricarán con grasa para temperaturas extremadamente altas o bajas, específicamente con lubricantes sintéticos, deben limpiarse



*Cubra la máquina en las zonas en las que pueda entrar suciedad o humedad. Mantenga la cubierta puesta el mayor tiempo posible en las zonas de la máquina en las que pueda entrar suciedad o humedad.*

completamente para evitar cualquier efecto nocivo de los compuestos protectores en las propiedades del lubricante.

Los rodamientos contaminados o procedentes de envoltorios que aparecen deteriorados se tratarán como si fueran rodamientos usados. Por lo tanto, deberán limpiarse e inspeccionarse antes de proceder a su montaje.



*Deje el rodamiento en su envoltorio, donde está perfectamente protegido, hasta momentos antes de proceder a su montaje.*

*Retire el compuesto inhibidor de la corrosión del agujero y de las superficies exteriores, únicamente. Utilice para ello una gasa que no deje pelusas.*

## Montaje de rodamientos usados

Los rodamientos usados se deben limpiar exhaustivamente antes de proceder a su montaje, excepto en el caso de rodamientos que incorporan sus propias protecciones u obturaciones que no deben limpiarse nunca; en esos casos bastará con limpiar las superficies



exteriores. El rodamiento deberá reemplazarse si parece sufrir algún daño.

Si un rodamiento está muy sucio o tiene incrustada grasa carbonizada, no suele merecer la pena limpiarlo. En la mayor parte de los casos es más económico y seguro montar un nuevo rodamiento.

*Limpie en disolvente petrolífero, u otro producto similar, los rodamientos usados que no tengan incorporadas protecciones u obturaciones.*

*Limpie con una brocha el rodamiento mientras lo hace girar lentamente dentro del fluido, de esta forma se limpiarán todas las superficies.*



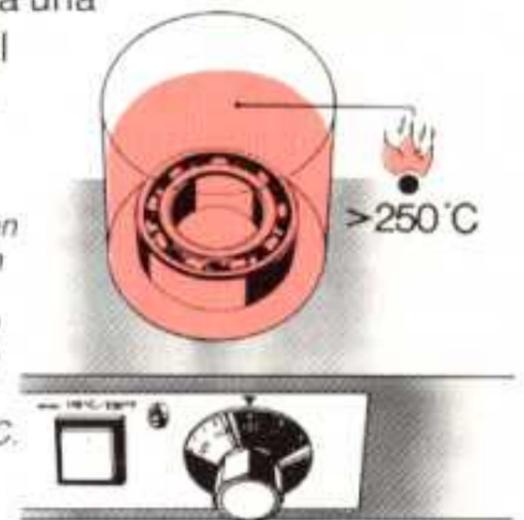
## Limpieza de rodamientos

Existen dos métodos de limpieza de rodamientos – en frío y en caliente.

La limpieza en frío consiste en el lavado del rodamiento en un baño de disolventes petrolíferos o sustancias similares. Siempre se utilizarán líquidos y herramientas limpias, utilizando un recipiente para el lavado inicial y otro distinto para el último enjuague. Seque el rodamiento y engráselo o lubríquelo inmediatamente después del secado. Protéjalo de la suciedad hasta el montaje.

En el lavado en caliente se utiliza un aceite de limpieza con un punto de inflamación de al menos 250 °C. Caliente este aceite hasta los 120 °C. Este lavado en caliente suele ser muy efectivo. Además, el aceite residual proporciona una protección temporal contra la oxidación.

*En el caso de la limpieza en caliente se debe utilizar un aceite de limpieza con un punto de inflamación de al menos 250 °C. Caliente el aceite hasta que alcance una temperatura de 120 °C.*



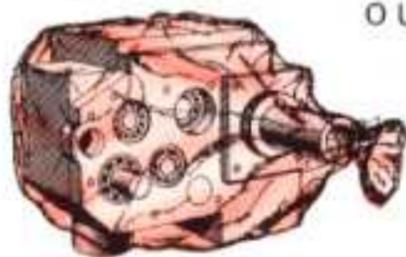
## ¡ADVERTENCIA!

Utilice guantes protectores siempre que sea posible. El contacto regular con productos derivados del petróleo puede producir reacciones alérgicas.

## Proteja los rodamientos durante el montaje

Algunos rodamientos, como por ejemplo los que van montados en los husillos de las máquinas herramienta, requieren un complicado proceso de montaje que puede dejar a los rodamientos expuestos a la atmósfera durante prolongados períodos de tiempo. Este hecho puede reducir la eficacia de otras medidas protectoras tomadas previamente. Asegúrese de que los rodamientos están protegidos durante el montaje, y también lo están en el caso de que el montaje deba suspenderse por alguna razón. A continuación se citan algunas medidas sencillas, pero muy efectivas, para proteger los rodamientos, especialmente durante los procedimientos de montaje en línea:

La mejor protección consiste en envolver completamente la máquina con papel encerado o una lámina de plástico.



*Un método de protección sencillo y efectivo consiste en cubrir toda la máquina con hojas de papel encerado o de plástico.*

*Si no se puede cubrir la máquina en su totalidad, cubra al menos los rodamientos y el eje. Nunca utilice borra de algodón. Enrolle fuertemente el material protector y fíjelo con cinta adhesiva.*



Si esto no es posible, recubra los rodamientos cuando se encuentren al descubierto. Si no dispone de hojas de papel encerado o láminas de plástico, utilice una gasa limpia que no deje pelusas. Enrolle el material protector con fuerza para evitar la entrada de contaminantes.

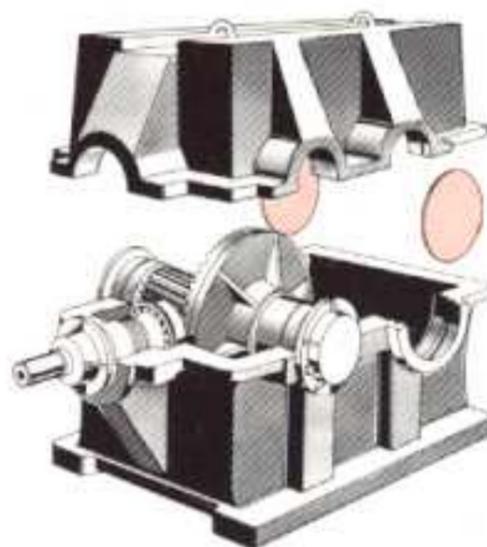
También se pueden proteger los rodamientos con unos discos realizados con cartón, planchas metálicas o plástico. Se pueden cortar al tamaño requerido y fijarse con tornillos al alojamiento. Si los rodamientos ya están montados, engráselos y asegúrese de que no entren en contacto directo con los discos.



*Para cubrir el asiento del rodamiento en el alojamiento se pueden utilizar discos hechos de cartón, metal o madera. Utilice tornillos para sujetar esos discos.*



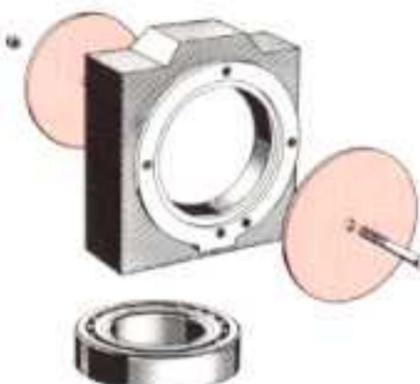
*En cuanto haya que interrumpir el montaje de los rodamientos, por cualquier razón, deberá procederse inmediatamente a su protección de la mejor forma posible.*



Cuando desmonte estos discos, limpie la capa exterior de grasa y sustitúyala por una cantidad igual de grasa nueva.

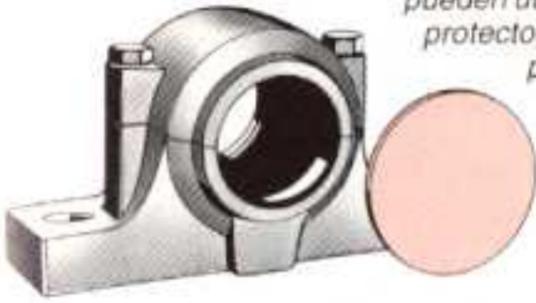
En el caso de soportes partidos, los discos se pueden montar en los rebajes previstos para el montaje de las obturaciones.

En los soportes que no son partidos, la mejor protección la proporcionan los discos cuando se mantienen en posición mediante un tornillo central. Cuando se utilicen discos de madera, asegúrese de que no entran en contacto directo con el rodamiento o el alojamiento, dado que el ácido que contiene la madera puede producir corrosión. El problema se puede solucionar fácilmente interponiendo una hoja de papel encerado o de plástico entre ambas superficies.



*En el caso de un soporte no partido, los discos se pueden sujetar con un tornillo central. Si se permite que los discos de madera entren en contacto directo con el rodamiento o el alojamiento, producirán oxidación.*

Los soportes de pie SNH y SAF de SKF disponen de tapas protectoras como accesorio. Estas tapas pueden utilizarse como discos protectores durante los períodos de revisión o almacenamiento.



### Utilice lubricantes limpios

Los lubricantes que se utilizan en los rodamientos deben ser siempre limpios y nuevos. Asegúrese de que utiliza el tipo y cantidades correctas.

El lubricante evita los contactos metal-metal entre las distintas partes de los rodamientos, y una lubricación correcta es una condición previa para el buen funcionamiento del rodamiento. Si se utiliza un tipo incorrecto de rodamiento, o si el lubricante está contaminado, el rodamiento puede fallar de forma prematura.

Si desea más información puede consultar el capítulo dedicado a los lubricantes, que comienza en la página 204.



### Compruebe el estado del eje

Compruebe que las dimensiones del asiento, y la precisión de su forma corresponden a lo especificado en los planos y/o en las recomendaciones específicas de SKF. Los asientos pueden haber resultado dañados durante el desmontaje.



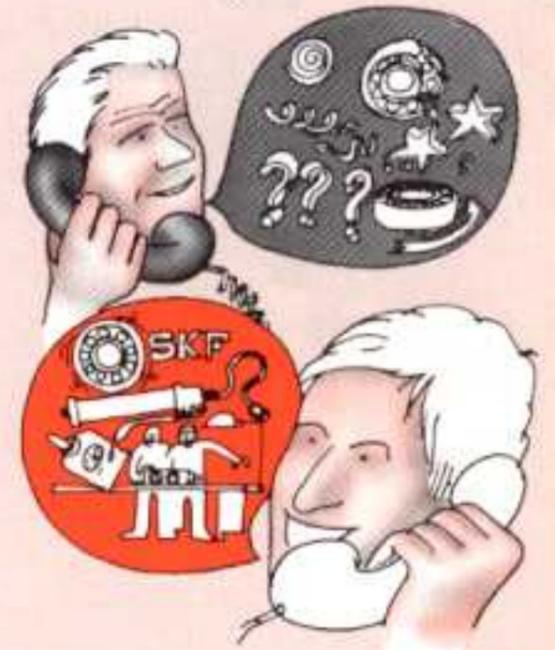
### Mantenga limpio el rodamiento

Deje el rodamiento en su envoltorio hasta momentos antes de proceder a su montaje. Puede dejarse sin eliminar el compuesto inhibidor de la corrosión, ya que seguirá protegiendo al rodamiento después del montaje. Límitese a limpiar el orificio y las superficies exteriores. Limpie e inspeccione los rodamientos cuyos envoltorios aparezcan deteriorados, o que hayan sufrido alguna caída durante el montaje.

## Experiencia y conocimiento acerca de los rodamientos

Siga estrictamente las reglas para realizar un montaje correcto. Si tiene que montar un gran número de rodamientos o diseñar un taller especializado para estas operaciones de montaje, puede ponerse en contacto con SKF que le proporcionará información más detallada relacionada con su aplicación específica.

Los ingenieros de SKF son expertos en solucionar los problemas de nuestros clientes y pueden sugerirle muchas soluciones óptimas para el montaje. Deje que le ayuden en sus aplicaciones con rodamientos.



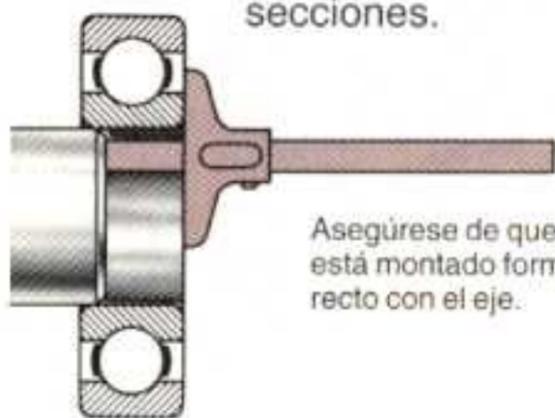
# Montaje de rodamiento con agujero cilíndrico

Existen algunas normas básicas a la hora de montar rodamientos con agujeros cilíndricos. Nunca golpee directamente los aros, la jaula ni los elementos rodantes de un rodamiento mientras procede a su montaje. De hacerlo podría agrietarse un aro, o desprenderse fragmentos metálicos.

Nunca presione sobre un aro para montar el otro.

Las siguientes recomendaciones son válidas para la mayor parte de los tipos de rodamientos. Algunos rodamientos precisan de procedimientos de montaje adicionales; estos procedimientos específicos se describirán en otras

secciones.



## Montaje en frío

El ajuste del rodamiento en el eje y en el alojamiento lo selecciona normalmente el diseñador y debe constar en los planos de la máquina. Pero en el caso de que tenga que seleccionar el ajuste más adecuado para un caso en particular pueden resultarle útiles las siguientes sugerencias.

Los aros de los rodamientos que permanecen inmóviles en relación con la carga pueden montarse con un ajuste flojo. Los aros que giran respecto a la carga, deberán tener un ajuste de interferencia para evitar el arrastre o giro de los

### Martillo y casquillo

Los rodamientos pequeños se pueden montar con golpes de martillo aplicados a un casquillo que se apoye en el aro que tenga el ajuste de interferencia. Utilice para ello un martillo ordinario, dado que los martillos con cabeza blanda pueden dejar fragmentos. El casquillo debe estar construido de una sola pieza para moderar los golpes. SKF dispone de un conjunto de herramientas para rodamientos con aros y casquillos que permiten realizar un montaje rápido y seguro.





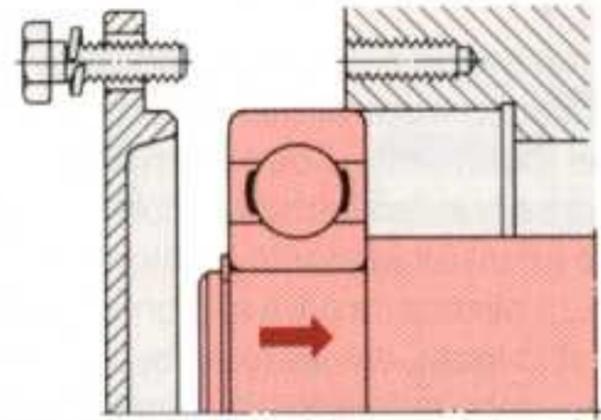
**Utilice una prensa siempre que sea posible**

*El uso de una prensa está especialmente indicado cuando han de montarse con mucha frecuencia rodamientos de pequeño tamaño. Lubrique el eje y sitúe un casquillo de montaje entre el rodamiento y la prensa, apoyándolo en el aro que tiene el ajuste de interferencia. Los extremos deben estar planos, paralelos y libres de rebabas.*

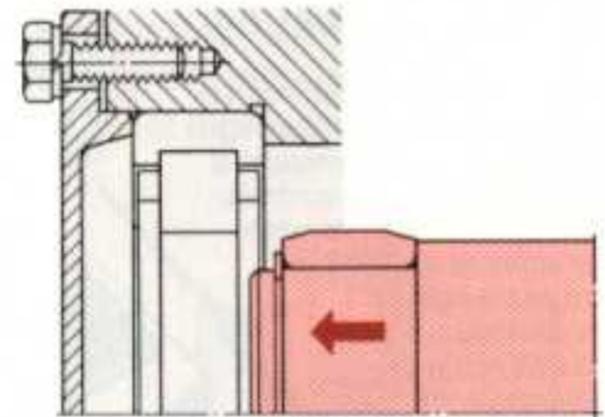
mismos. En las páginas 27 a 32 se incluyen otros consejos más detallados.

**Montaje en serie**

El montaje de pequeños rodamientos, con un diámetro de menos de 100 mm, puede realizarse a menudo con ayuda de una prensa hidráulica o mecánica. Debe utilizarse un casquillo entre la prensa y el rodamiento, el casquillo presionará sobre el aro que se monte con ajuste de interferencia. SKF puede suministrar casquillos especiales para un montaje más seguro de rodamientos no desarmables con ajuste de interferencia en el eje, en el aloja-

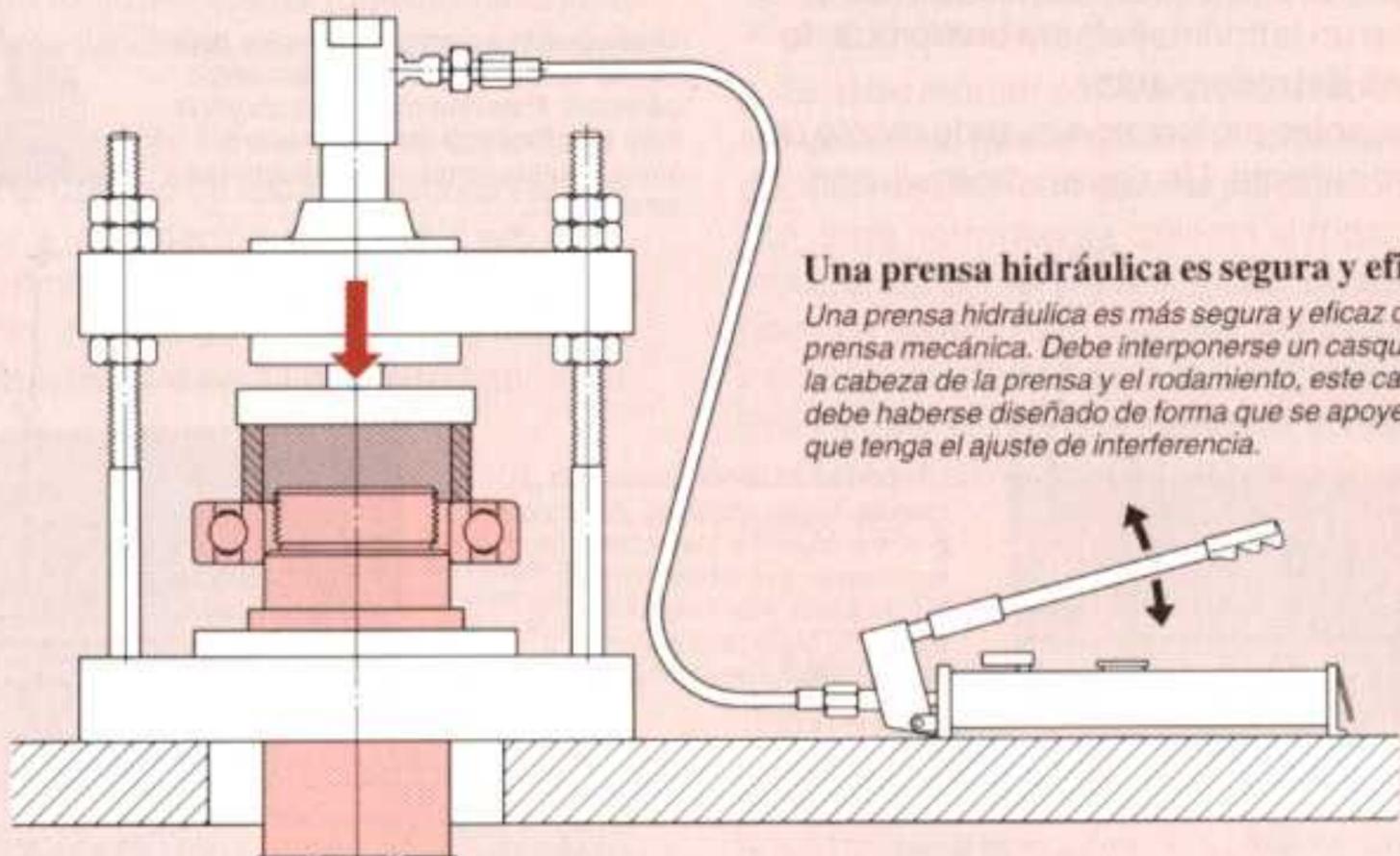


*Si es el aro interior el que debe tener el ajuste de interferencia, deberá montarse primero el rodamiento en el eje, para a continuación introducir el eje con el rodamiento en el alojamiento.*



*Los aros de un rodamiento desarmable se pueden montar de forma independiente. Esta posibilidad es especialmente útil cuando existe un ajuste de interferencia en ambos aros.*

miento, o en ambos. Los rodamientos desarmables son más fáciles de montar ya que se pueden ir montando los aros independientemente.



**Una prensa hidráulica es segura y eficaz**

*Una prensa hidráulica es más segura y eficaz que una prensa mecánica. Debe interponerse un casquillo entre la cabeza de la prensa y el rodamiento, este casquillo debe haberse diseñado de forma que se apoye en el aro que tenga el ajuste de interferencia.*

## Montaje en caliente

Los rodamientos con protecciones u obturaciones no deben calentarse.

La fuerza necesaria para montar un rodamiento aumenta enormemente con el tamaño del rodamiento. Los rodamientos grandes no se pueden introducir con facilidad en un eje o en un alojamiento presionando, ya que la fuerza necesaria para el montaje es muy grande. Por lo tanto, el rodamiento, o un aro del rodamiento, debe calentarse antes del montaje.

La diferencia de temperatura entre el rodamiento y su asiento depende de la magnitud el ajuste de interferencia y del tamaño del rodamiento. Normalmente basta con que el rodamiento alcance una temperatura superior en unos 80 a 90 °C a la del eje para poder realizar el montaje. Sin

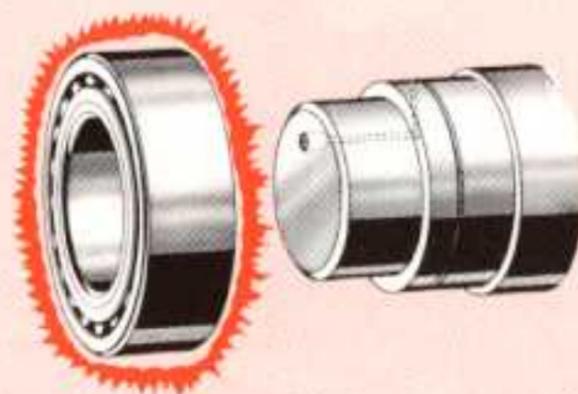
Los calentadores de SKF están normalmente equipados con termostatos regulables. Sin embargo, es recomendable utilizar otro termómetro para controlar la temperatura del rodamiento inmediatamente antes de montarlo. El termómetro es también útil durante las pruebas de funcionamiento y para el control del rodamiento durante el funcionamiento normal.



embargo, nunca caliente un rodamiento a una temperatura superior a los 125 °C, ya que se pueden producir transformaciones metalúrgicas en el material y producirse variaciones de diámetro o dureza. Debe evitarse que se produzcan sobrecalentamientos locales. Cuando se utilice un dispositivo de calentamiento, habrá de utilizarse un termómetro para comprobar la temperatura del rodamiento.

Utilice guantes protectores cuando monte un rodamiento caliente. Un equipo de elevación

Para facilitar el desmontaje, mecanice en el eje unos conductos y acanaladuras de distribución para aceite presurizado. Compruebe las dimensiones en la página 97.



(con eslingas) puede facilitar el montaje. Presione el rodamiento a lo largo del eje hasta su posición y manténgalo allí, presionando, hasta que se obtenga el ajuste de interferencia deseado.

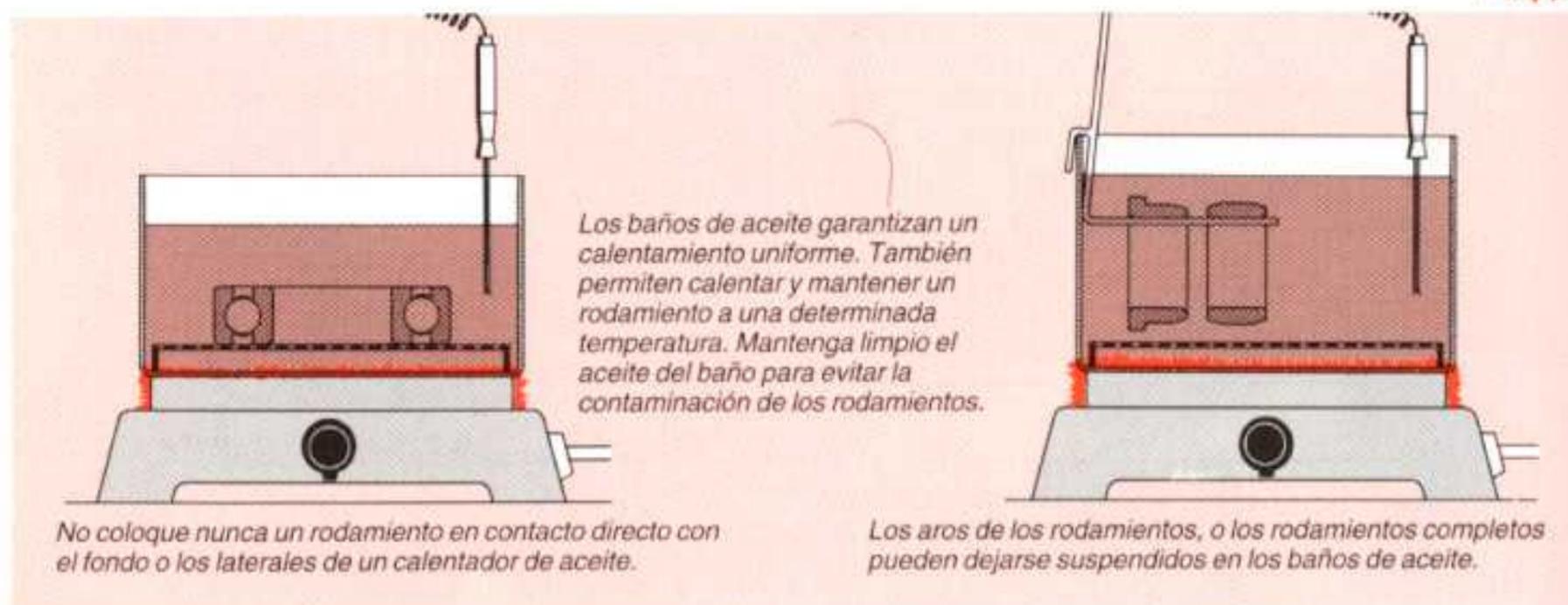
SKF puede suministrar herramientas de calentamiento, tales como baños de aceite, calentadores por inducción, estufas de calentamiento y placas eléctricas con termostato regulable y tapa, estas herramientas responden a todas las necesidades normales de montaje.

Cuando un rodamiento exige de un montaje de interferencia en el alojamiento, un moderado aumento en la temperatura del alojamiento (entre 20 y 50 °C) suele bastar, dado que la interferencia que se desea alcanzar nunca suele ser grande. Para realizar este trabajo se puede utilizar un

Equipo de elevación (con eslingas)



Utilice guantes protectores limpios para sujetar con las manos los rodamientos calientes. Presione con fuerza contra la cara de soporte de forma que el aro interior quede completamente apretado en el apoyo.



Los baños de aceite garantizan un calentamiento uniforme. También permiten calentar y mantener un rodamiento a una determinada temperatura. Mantenga limpio el aceite del baño para evitar la contaminación de los rodamientos.

No coloque nunca un rodamiento en contacto directo con el fondo o los laterales de un calentador de aceite.

Los aros de los rodamientos, o los rodamientos completos pueden dejarse suspendidos en los baños de aceite.



Los aros de aluminio de calentamiento de SKF son de uso muy sencillo y se fabrican en todos los tamaños correspondientes a los aros interiores de los rodamientos de rodillos cilíndricos. En primer lugar conviene humedecer el asiento del rodamiento con una fina capa de aceite ligero. Coloque el aro caliente alrededor del aro del rodamiento e introduzca el aro en el eje cuando su temperatura se haya elevado en aproximadamente unos 80 °C.

## Estufa de calentamiento

Un armario (estufa) equipado con un termostato regulable y un ventilador es una herramienta de lo más versátil para muchas operaciones de calentamiento. En una de estas estufas se pueden calentar a la vez rodamientos de distintos tamaños y en gran número; también pueden calentarse alojamientos para rodamientos pequeños. Mantenga limpio el armario para reducir las posibilidades de que los rodamientos se contaminen. También es posible almacenar los rodamientos calientes, dispuestos para su montaje inmediato.

Además de rodamientos, también se pueden calentar en el armario otros componentes como acoplamientos, manguitos y otros.

## Aros de calentamiento

Los aros de aluminio para calentamiento, inicialmente diseñados para el desmontaje de aros interiores en rodamientos de rodillos cilíndricos, son también efectivos en operaciones de montaje.

El procedimiento de montaje es sencillo. Recubra el camino de rodadura con un aceite resistente a la oxidación. Caliente el aro de calentamiento a unos 250 °C, sitúelo alrededor del aro del rodamiento y presione los mangos uniéndolos. Espere hasta que la temperatura

se haya elevado aproximadamente unos 80 °C, utilice un termómetro para controlar la temperatura. Coloque el aro del rodamiento en el eje, afloje y retire el aro de calentamiento. Mantenga en su posición el aro interior hasta que al enfriarse quede fijo en el eje.



Un calentador de inducción con desmagnetización automática de SKF puede calentar de forma segura rodamientos de tamaños pequeños y medios que hayan de montarse con un ajuste de interferencia en el eje.

Si debe montar con frecuencia aros de distintos tamaños, puede utilizar un calentador de inducción de SKF con desmagnetización automática. Esta herramienta calienta el rodamiento induciendo corrientes eléctricas. Basta con un poco de tiempo para calentar un rodamiento, incluso aunque sea grande, hasta los 125 °C. Entonces sólo hay que introducir el rodamiento en el eje y mantenerlo en su posición hasta que quede fijo.



Para calentar pequeños rodamientos se puede utilizar una placa caliente eléctrica, equipada con un termostato regulable y una tapa. En esta placa se pueden calentar varios rodamientos pequeños simultáneamente, y pueden mantenerse calientes hasta que se vaya a realizar su montaje.

**No caliente nunca un rodamiento con una llama.**



# Montaje de rodamientos de bolas de contacto angular

Los rodamientos de bolas de contacto angular de una hilera sólo transmiten las cargas axiales en una dirección. Por lo tanto, se montan junto a un segundo rodamiento de una hilera para las cargas axiales inversas. Estos rodamientos son no desarmables y se montan espalda-contra-espalda, cara-a-cara, o en tándem.

Algunos rodamientos de bolas de contacto angular se fabrican especialmente para que cuando se montan en un orden aleatorio, pero uno al lado de otro, se logre un valor predeterminado de precarga o juego axial interno.

## Rodamientos de una hilera

Los rodamientos montados deben ajustarse entre sí conforme a lo que indiquen los planos de la máquina, o la tabla que se incluye en la página 321.

Cuando se efectúe su montaje, se utilizará un casquillo de montaje y un martillo o prensa, o una unidad de calentamiento.

# Rodamientos de dos hileras de bolas con contacto angular y de cuatro puntos de contacto

Estos rodamientos están preajustados y se pueden montar sin que haya que preocuparse de juegos internos ni de la dirección de la carga axial.

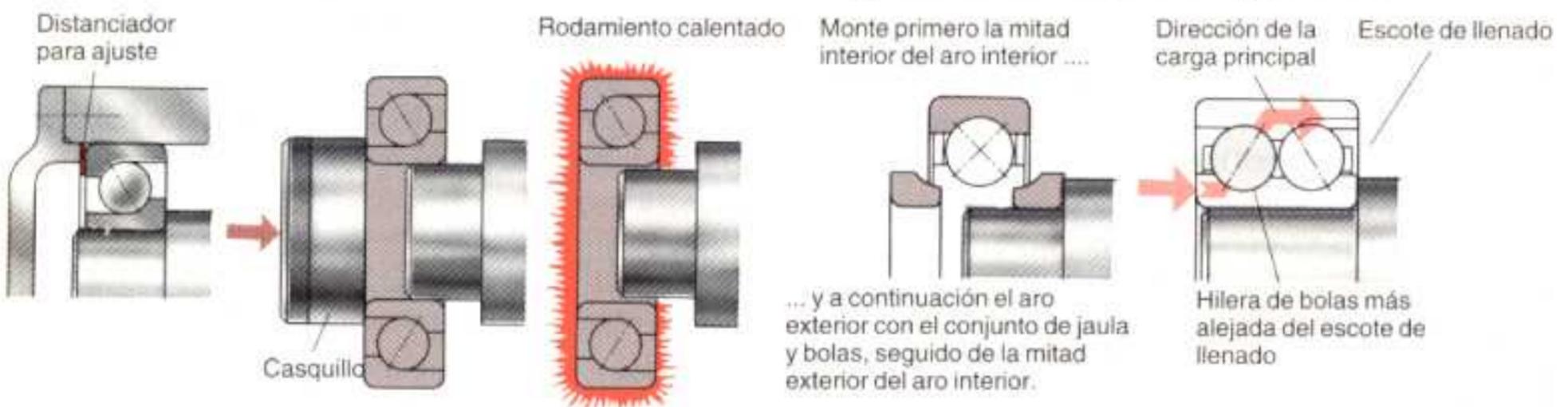
Utilice un casquillo de montaje y un martillo, o utilice calor si el rodamiento tiene un ajuste de interferencia con el eje.

Cuando el rodamiento tiene un aro interior partido, monte primero la mitad interior del aro interior. A continuación, monte el aro exterior con el conjunto de bolas y la jaula, para finalmente montar la mitad exterior del aro interior.

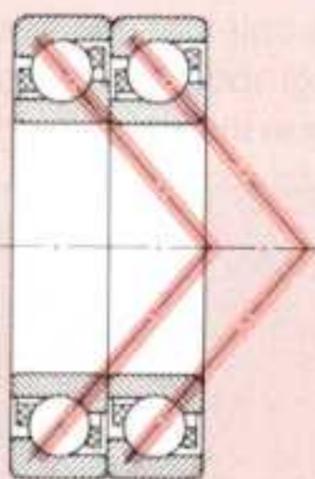
Los rodamientos pequeños se pueden montar con un casquillo de montaje y un martillo, mientras que los grandes se montan calentando las dos mitades del aro interior.

## Rodamiento de dos hileras con escotes de llenado

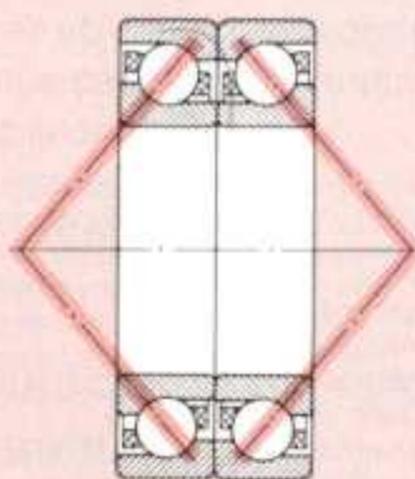
Los rodamientos de dos hileras de bolas con contacto angular y con escotes de llenado deben girarse de forma que la carga axial de



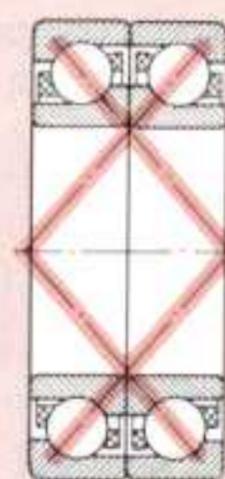
Adjuste los rodamientos entre sí.



Tándem



Espalda-contra-espalda



Cara-a-cara

dirección única, o la mayor de las cargas axiales que actúen en ambas direcciones, se dirija contra la hilera de bolas que esté más alejada del escote de llenado.

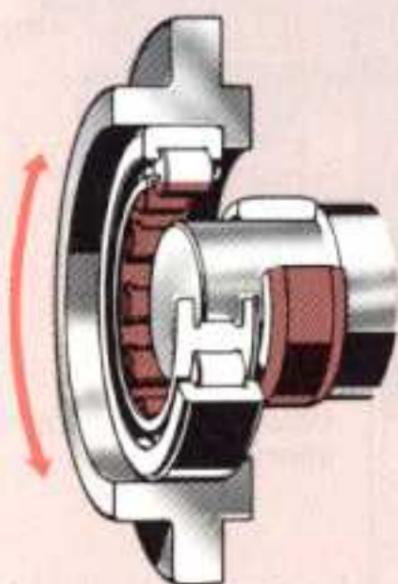
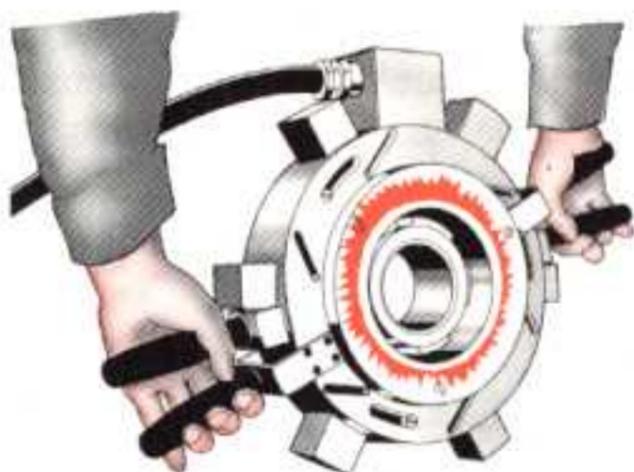
## Rodamientos de rodillos cilíndricos

Los rodamientos de una hilera de rodillos cilíndricos son desarmables, y sus partes se suelen montar de forma independiente. Pueden tener ajuste de interferencia tanto en el eje como en el alojamiento.

Los rodamientos de rodillos cilíndricos de dos hileras se utilizan principalmente en máquinas

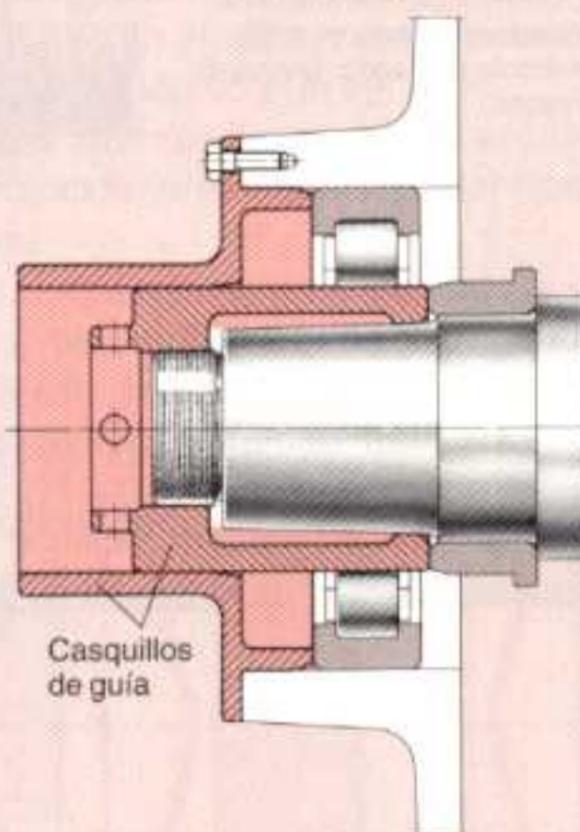
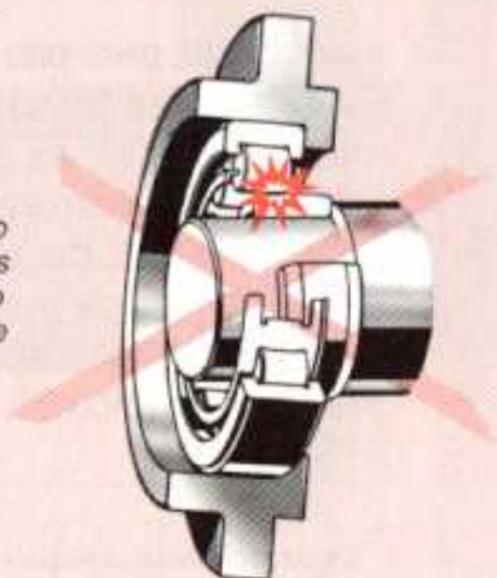
herramienta. Sus instrucciones de montaje se incluyen en publicaciones SKF. Las instrucciones para los rodamientos de rodillos cilíndricos de varias hileras se incluyen en la página 199.

En el caso de los rodamientos de rodillos cilíndricos de una hilera, los rodillos se dirigen axialmente entre las pestañas internas de uno de los aros del rodamiento. El aro con pestañas y el conjunto de jaula y rodillos constituyen una unidad que puede separarse del otro aro. Esta posibilidad de desarmado facilita el montaje, especialmente cuando es necesario tener ajuste de interferencia en ambos aros.



*Monte el aro desarmable primero. Si se trata del aro interior, puede ser necesario el uso de un calentador de inducción, una estufa de calentamiento o un baño de aceite. Si se trata del aro exterior, bastará con introducirlo a presión en el alojamiento. Lubrique con aceite el camino de rodadura y los rodillos y monte en el otro aro el conjunto de aro y rodillos. Haga girar el eje o el alojamiento durante el montaje. Asegúrese de que el conjunto de rodillos no está inclinado, utilizando un casquillo de guía para mayor garantía.*

*Si alguna parte del rodamiento se monta torcida, es fácil dañar un aro o rodillo, especialmente cuando los rodillos y el camino de rodadura no están lubricados con aceite o no se giran las dos partes durante el montaje.*



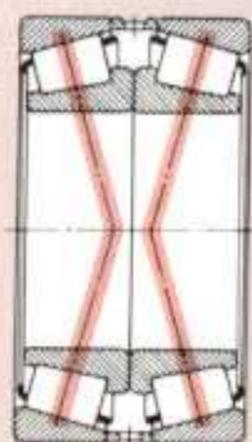
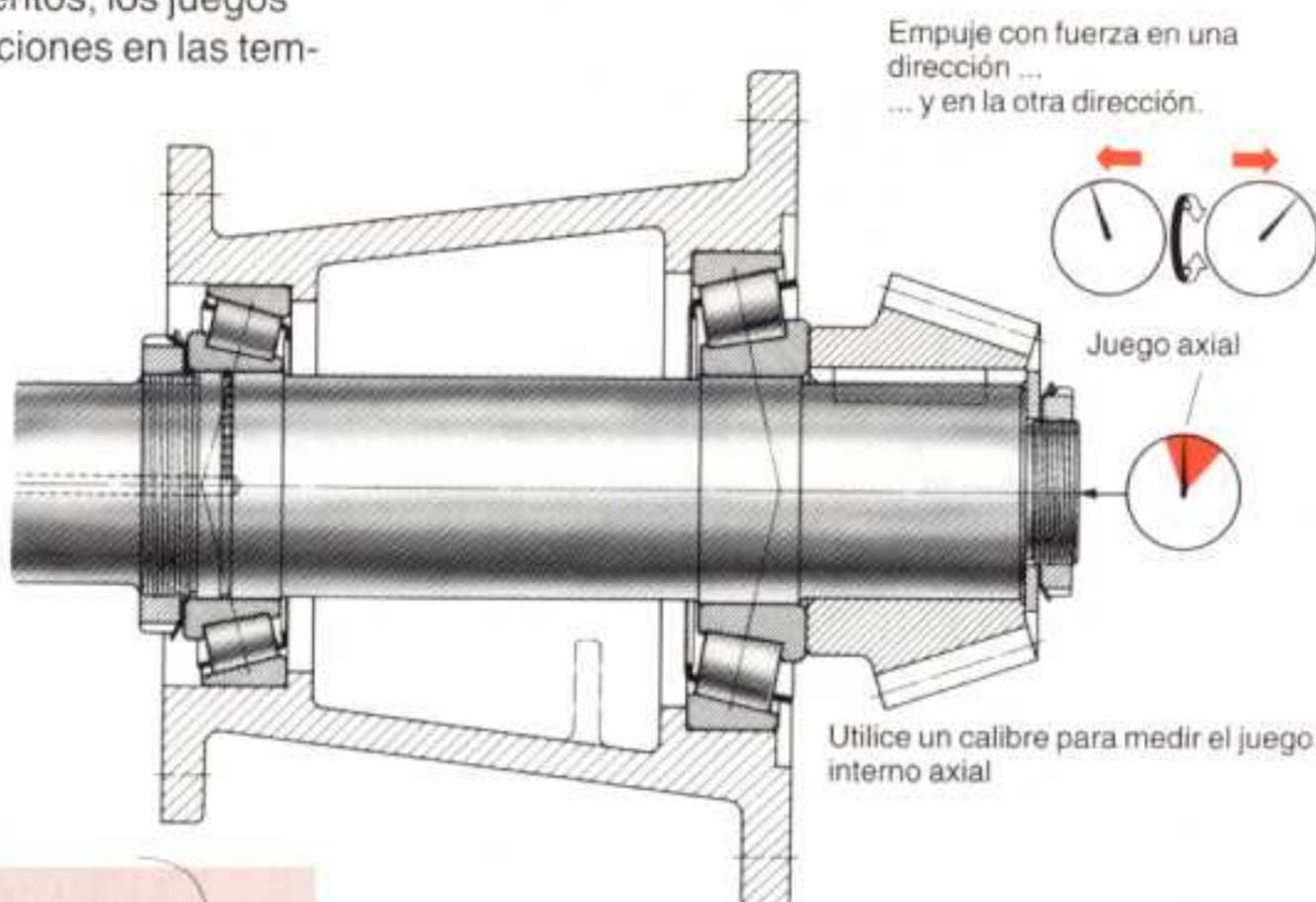
## Rodamiento de rodillos cónicos

Los rodamientos de rodillos cónicos sólo transfieren cargas axiales en una dirección. Por lo tanto, deben ajustarse junto con un segundo rodamiento para las cargas axiales inversas. Deben ajustarse para conseguir un juego interno específico o una precarga predefinida en el montaje. Los rodamientos de rodillos cónicos se pueden suministrar en parejas con una precarga o juego predeterminados, valor que se ha alcanzado durante su fabricación. Si no dispone de las instrucciones de montaje del fabricante de la máquina, consulte el capítulo relativo a ajustes y juegos, página 250, o póngase en contacto con SKF.

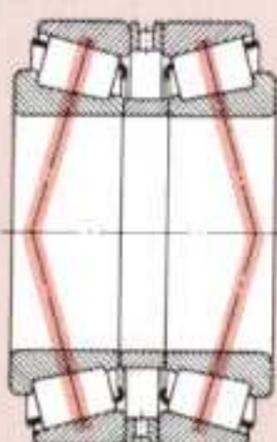
### Montaje para lograr un juego calculado

Una vez montados los rodamientos, los juegos pueden variar debido a fluctuaciones en las tem-

El método de inyección de aceite de SKF facilita enormemente el ajuste durante el montaje de rodamientos de rodillos cónicos.



Montaje cara-a-cara



Montaje espalda-contra-espalda

peraturas durante el funcionamiento. Por lo tanto, los rodamientos se deben montar inicialmente conforme a los valores calculados (o estimados). Consulte los planos de la máquina para más información. Estos valores también los pueden calcular los programas de ordenador de SKF.

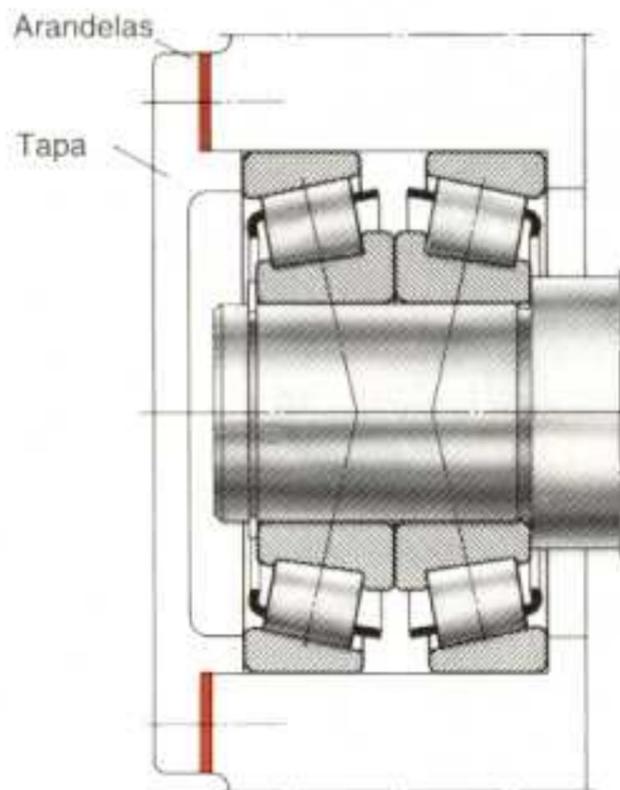
El juego axial de un montaje de rodamientos se puede medir utilizando un calibre. Mida el movimiento axial presionando el calibre contra el extremo del eje, empujando fuertemente en una dirección y girando varias vueltas de forma que los rodillos se coloquen correctamente. Compare esta lectura con la que obtendrá cuando presione en el eje en la otra dirección y gire unas vueltas. La diferencia entre ambas lecturas es el juego axial.

Los rodamientos con un ajuste de interferencia grande respecto al eje deben ajustarse de forma gradual hasta que se alcance el valor

calculado; para ello es necesario medir el juego varias veces. En caso contrario, el juego puede llegar a ser demasiado pequeño y habrá que desmontar el aro interior para ajustarlo nuevamente, lo que, dado el ajuste de interferencia utilizado, puede resultar difícil.

Consulte también el capítulo "Ajustes y tolerancias", página 30.

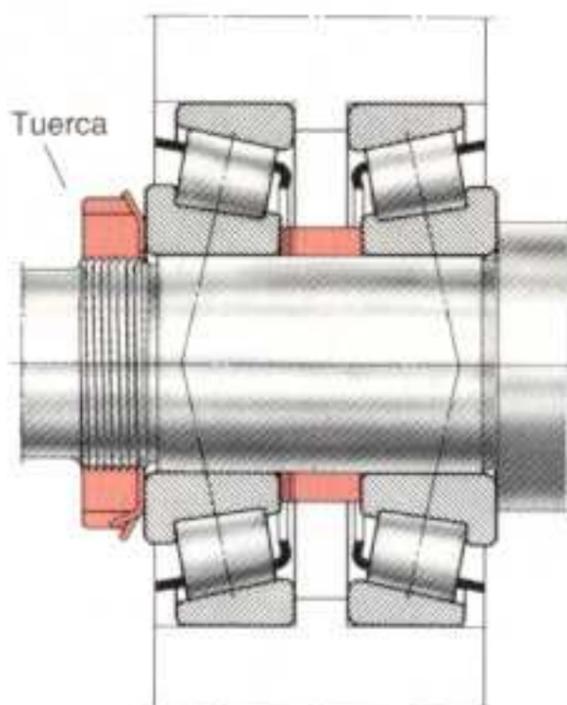
*Estos rodamientos están emparejados y tienen un juego interno axial predeterminado. También pueden montarse con un distanciador calibrado entre los dos rodamientos.*



## Ajuste mediante tapa y arandelas

Este método se puede utilizar para montajes cara-a-cara con ajuste flojo en el alojamiento. En primer lugar se montarán, intencionadamente, los rodamientos con una cuña demasiado gruesa, por lo que el juego será mayor que el valor previsto. La diferencia entre los dos valores indica cuánto debe ajustarse el valor previsto. Utilice el método de inyección de aceite durante el montaje, siempre que sea posible.

Distanciador calibrado



## Ajuste mediante tuerca, inyección de aceite o prensa

Los rodamientos pequeños se pueden ajustar mediante una tuerca y una llave de gancho. En el caso de los rodamientos grandes puede ser necesario el uso del método de inyección de aceite o de una prensa.

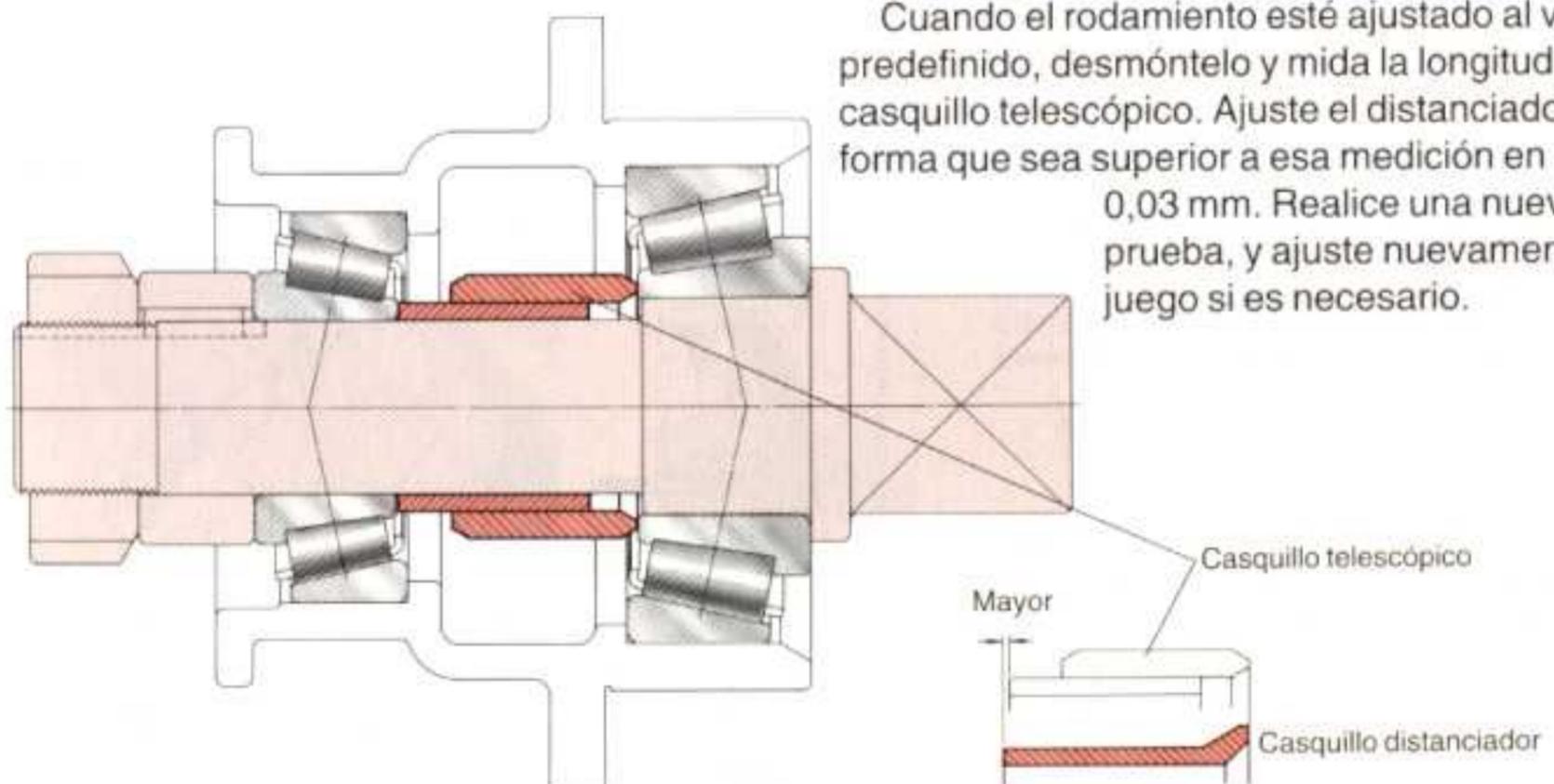
Si el eje dispone de los elementos necesarios para el montaje mediante inyección de aceite se efectuará un ajuste cero, y se apretará o aflojará posteriormente la tuerca dependiendo del ajuste positivo o negativo. Si el juego es muy pequeño, deberá desmontarse el aro interior y ajustarlo nuevamente.

## Ajuste mediante tuerca y distanciador telescópico

Los rodamientos montados espalda-contra-espalda, separados uno del otro por distanciador y que tienen un ajuste de interferencia con el eje, deben montarse en prueba preferiblemente con un casquillo telescópico y un eje falso.

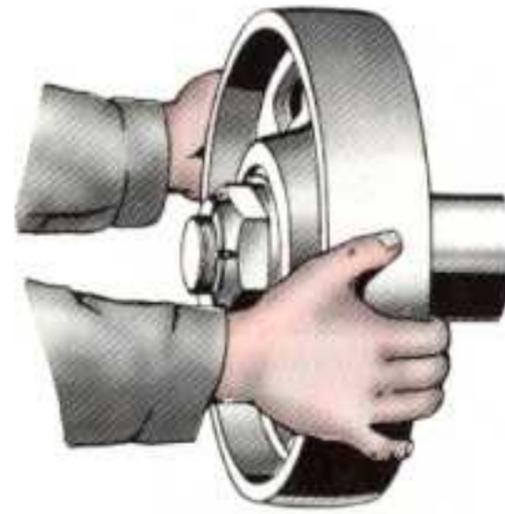
El eje debe tener un juego con los aros interiores. Los aros exteriores deberán estar fijos en el alojamiento.

Cuando el rodamiento esté ajustado al valor predefinido, desmóntelo y mida la longitud del casquillo telescópico. Ajuste el distanciador de forma que sea superior a esa medición en 0,02 a 0,03 mm. Realice una nueva prueba, y ajuste nuevamente el juego si es necesario.



## Un ejemplo de montaje

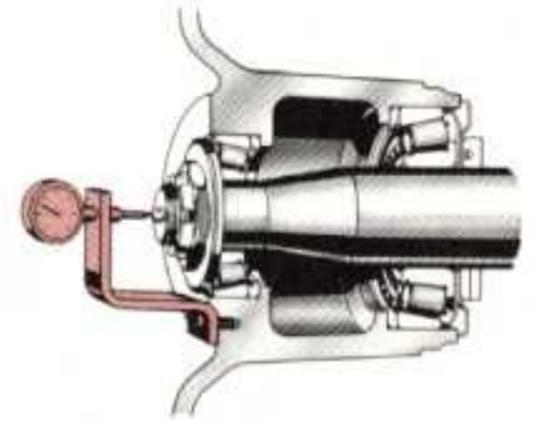
El siguiente ejemplo muestra cómo montar rodamientos en una aplicación con ajuste de interferencia en el cubo de una rueda y un ajuste flojo en el eje.



Compruebe el juego en la aplicación intentando inclinar la rueda. Debe observar un pequeño movimiento axial. Si los rodamientos se montan muy apretados, estarán precargados, y de esta forma el fallo prematuro del rodamiento será más fácil.



Los dos aros exteriores se montan en frío por medio de un casquillo de montaje y unos golpes de martillo. Deben introducirse en el cubo de la rueda hasta que presionen con fuerza contra el resalte.



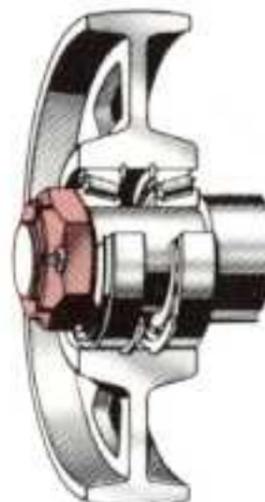
Utilice un calibre para medir el juego axial interno, especialmente si se requiere una gran precisión. Es importante hacer girar el eje o alojamiento unas cuantas veces durante los ajustes y antes de medir, para permitir que los extremos de los rodillos pasen a ocupar sus posiciones correctas contra la pestaña guía.

En la página 331 se incluye una tabla de juegos axiales internos.



El aro interior del rodamiento interno, junto con el conjunto de rodillos y jaula, debe montarse presionando sobre el soporte. Rellene con grasa el espacio existente entre los rodillos de ambos rodamientos. Coloque la rueda en su lugar, y monte el aro interior del rodamiento externo, junto con su conjunto de jaula y rodillos.

Monte la tuerca y apriétela conforme hace girar la rueda. Cuando la rueda deje de girar libremente, afloje la tuerca sólo lo necesario para permitir que la rueda gire de nuevo libremente. Fije la tuerca y monte la tapa del cubo inmediatamente.



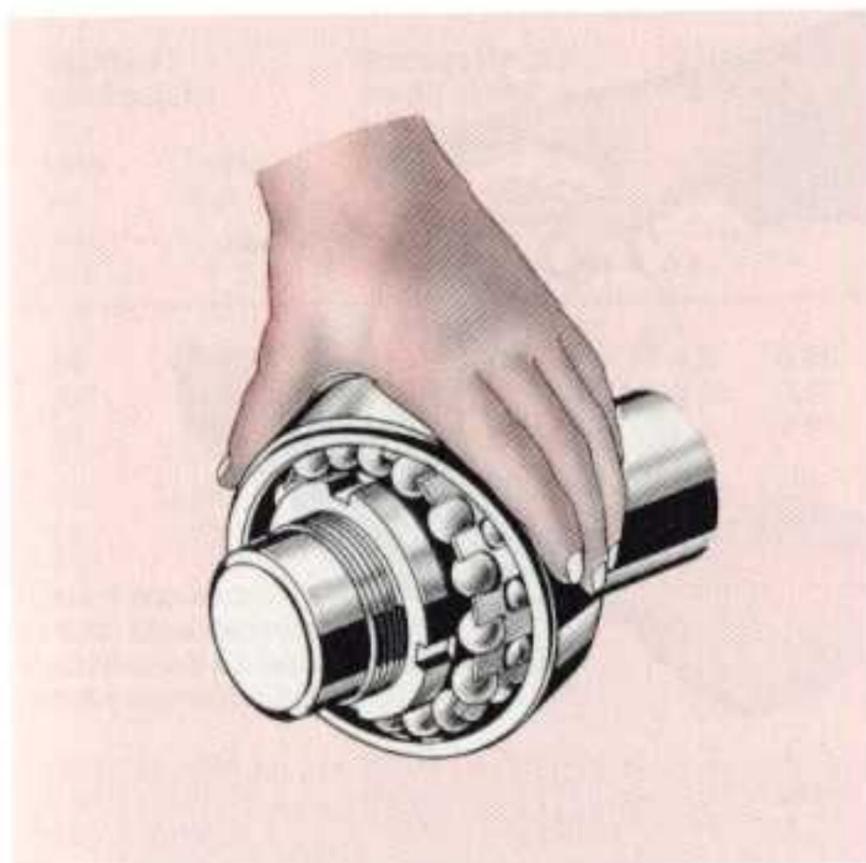
# Montaje de rodamientos con agujero cónico

Los rodamientos de pequeño tamaño se montan generalmente en frío usando un casquillo y un martillo o una tuerca de fijación y una llave. Los rodamientos grandes son más fáciles de montar con la ayuda de una tuerca hidráulica y/o el método de inyección de aceite. En casos excepcionales, se puede usar calor.

Antes de proceder al montaje, compruebe el asiento cónico, incluyendo el diámetro, la conicidad y la precisión de la forma. Los asientos pequeños con un cono de 1:12 se pueden comprobar por medio de un aro-calibre y marcaje de

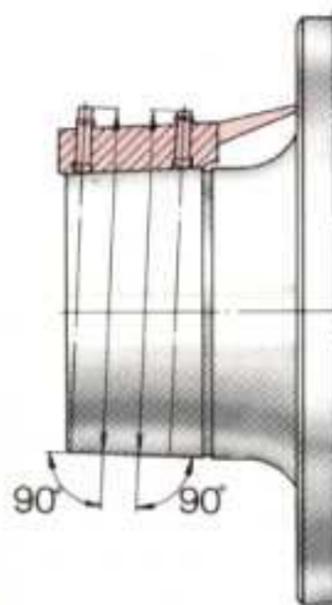
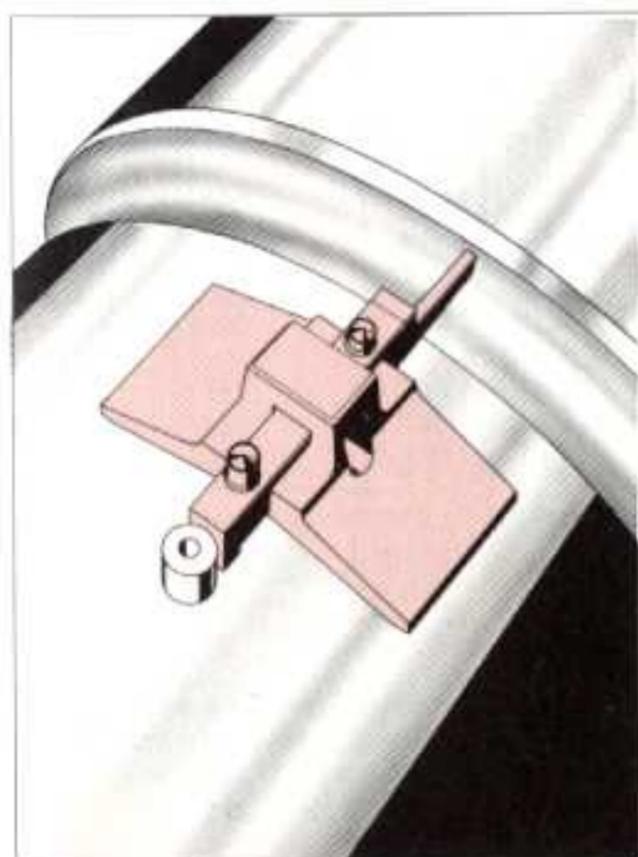
color. Un cono correctamente hecho muestra una coloración uniforme en toda su superficie.

Compruebe los asientos de tamaño medio y grande con un cono de 1:12 o 1:30 usando un calibre para conos y un micrómetro de estribo y una regla. El calibre consiste en un soporte de pasador con forma de regla en el cual se colocan dos pasadores de medición. Un asiento asegurado con un pasador de fijación mantiene fijo el soporte. SKF dispone de calibres para conos y calibres de anillo.



*Cuando monte rodamientos de bolas a rótula con juego radial interno normal, compruebe la reducción del juego durante el calado del rodamiento girando y ladeando el aro exterior. Cuando el rodamiento está correctamente montado, el aro exterior gira con facilidad, pero se nota cierta resistencia al ladearlo.*

*SKF suministra llaves para tuercas de fijación que están claramente marcadas con el ángulo correcto de apriete para rodamientos de bolas a rótula.*



*Usando un micrómetro, tome una medida sobre cada pasador, en ángulo recto con relación al lado inferior del cono. Si las dimensiones son iguales, la conicidad es correcta.*

## Montaje de rodamientos de rodillos a rótula

Antes de montar el rodamiento, mida el juego interno radial con una galga, ya que la reducción de juego interno se usa como una medida de la interferencia.

Coloque el rodamiento sobre una superficie limpia y haga girar el aro interior unas cuantas veces. Utilice una galga ligeramente más delgada que el valor mínimo del juego antes del montaje, compruebe la tabla. Insértela sobre el rodillo que se encuentra al lado del rodillo que ocupa la posición superior. En esta posición, mida con una galga cada vez más gruesa hasta que, cuando intente sacarla, encuentre una ligera resistencia.

Cale el rodamiento en el eje y compruebe la reducción de juego interno durante el calado debajo del rodillo que ocupa la posición inferior. Para los valores orientativos, consulte la tabla. Los valores mínimos de juego interno que se indican en la tabla son válidos principalmente para los rodamientos donde el juego es cercano al límite inferior. Esto dará el juego mínimo admisible.

Para asegurar un ajuste correcto del eje cuando se calan rodamientos con un juego mayor que el normal – por ejemplo, C3 o C4 – se recomienda mantenerse en la mitad superior de la gama de reducción de juego.

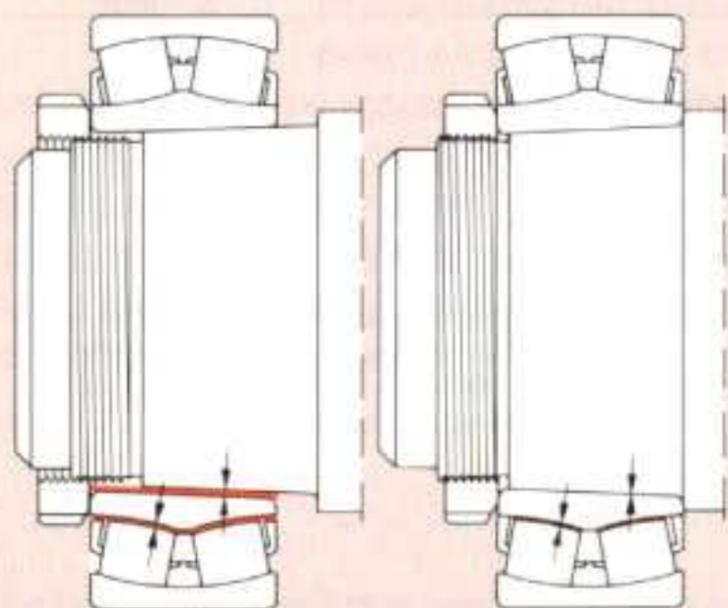


Antes de montar un rodamiento de rodillos a rótula, mida el juego mediante una galga.

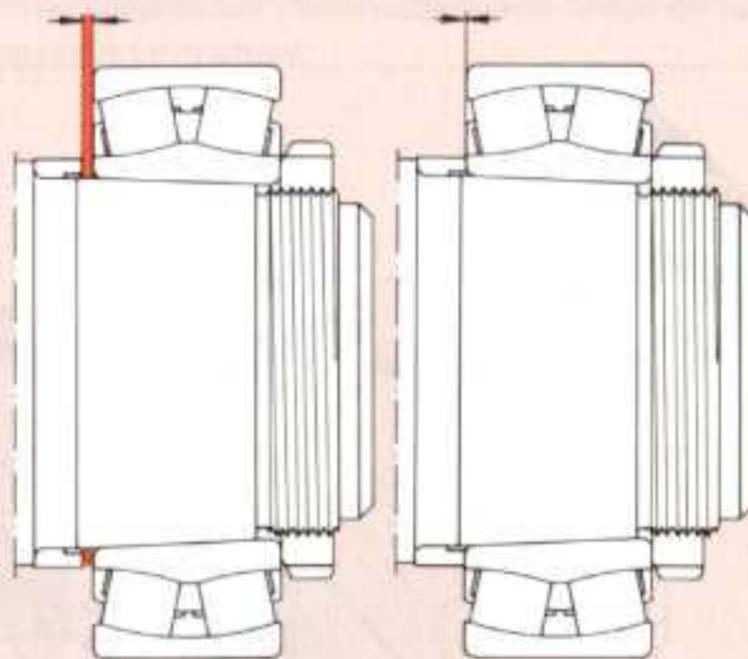


Compruebe el juego recientemente durante el calado midiendo debajo del rodillo que ocupa la posición inferior.

### Reducción del juego radial interno y calado

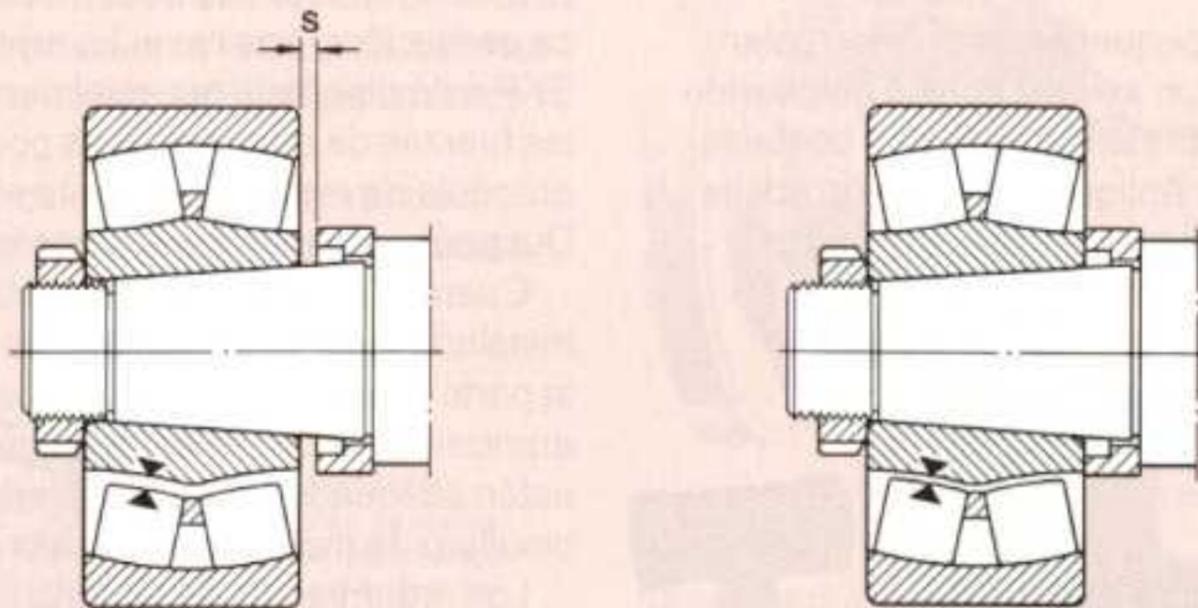


El grado de ajuste de interferencia depende de la magnitud del calado del rodamiento en su asiento cónico. Durante el calado, el juego radial se reducirá gradualmente según se expande el aro interior.



Para rodamientos pequeños de rodillos a rótula o cuando el espacio para medir es limitado, utilice el calado axial en el asiento cónico en lugar de la reducción de juego, vea la tabla en la página contigua.

## Montaje de rodamientos de rodillos a rótula con agujero cónico



Para dimensiones en pulgadas ver página 330

Diámetro del agujero d		Reducción del juego radial interno		Calado axial s <sup>1)</sup>				Juego mínimo residual admisible <sup>2)</sup> después del montaje para rodamientos con juego interno inicial		
más de	hasta incl.	min	máx	Conicidad 1:12 en diámetro		Conicidad 1:30 en diámetro		Normal	C3	C4
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
24	30	0,015	0,020	0,3	0,35	-	-	0,015	0,020	0,035
30	40	0,020	0,025	0,35	0,4	-	-	0,015	0,025	0,040
40	50	0,025	0,030	0,4	0,45	-	-	0,020	0,030	0,050
50	65	0,030	0,040	0,45	0,6	-	-	0,025	0,035	0,055
65	80	0,040	0,050	0,6	0,75	-	-	0,025	0,040	0,070
80	100	0,045	0,060	0,7	0,9	1,7	2,2	0,035	0,050	0,080
100	120	0,050	0,070	0,75	1,1	1,9	2,7	0,050	0,065	0,100
120	140	0,065	0,090	1,1	1,4	2,7	3,5	0,055	0,080	0,110
140	160	0,075	0,100	1,2	1,6	3,0	4,0	0,055	0,090	0,130
160	180	0,080	0,110	1,3	1,7	3,2	4,2	0,060	0,100	0,150
180	200	0,090	0,130	1,4	2,0	3,5	5,0	0,070	0,100	0,160
200	225	0,100	0,140	1,6	2,2	4,0	5,5	0,080	0,120	0,180
225	250	0,110	0,150	1,7	2,4	4,2	6,0	0,090	0,130	0,200
250	280	0,120	0,170	1,9	2,7	4,7	6,7	0,100	0,140	0,220
280	315	0,130	0,190	2,0	3,0	5,0	7,5	0,110	0,150	0,240
315	355	0,150	0,210	2,4	3,3	6,0	8,2	0,120	0,170	0,260
355	400	0,170	0,230	2,6	3,6	6,5	9,0	0,130	0,190	0,290
400	450	0,200	0,260	3,1	4,0	7,7	10	0,130	0,200	0,310
450	500	0,210	0,280	3,3	4,4	8,2	11	0,160	0,230	0,350
500	560	0,240	0,320	3,7	5,0	9,2	12,5	0,170	0,250	0,360
560	630	0,260	0,350	4,0	5,4	10	13,5	0,200	0,290	0,410
630	710	0,300	0,400	4,6	6,2	11,5	15,5	0,210	0,310	0,450
710	800	0,340	0,450	5,3	7,0	13,3	17,5	0,230	0,350	0,510
800	900	0,370	0,500	5,7	7,8	14,3	19,5	0,270	0,390	0,570
900	1 000	0,410	0,550	6,3	8,5	15,8	21	0,300	0,430	0,640
1 000	1 120	0,450	0,600	6,8	9,0	17	23	0,320	0,480	0,700
1 120	1 250	0,490	0,650	7,4	9,8	18,5	25	0,340	0,540	0,770

<sup>1)</sup> Únicamente para ejes macizos de acero

<sup>2)</sup> Comprobar el juego residual en los casos en que el juego radial interno inicial está en la mitad inferior del campo de tolerancia y cuando pueden producirse en funcionamiento grandes diferencias de temperaturas entre ambos aros del rodamiento. El juego residual no debe ser inferior a los valores mínimos citados arriba

## Montaje en frío sobre un asiento cónico

Los rodamientos pequeños se pueden calar generalmente en un asiento cónico golpeando con un martillo sobre un casquillo en contacto con el aro interior. Aplique una capa de aceite en el asiento, ya que de lo contrario existe el



*Un martillo y un casquillo de montaje enterizo son unas herramientas eficaces para montar los rodamientos de pequeño tamaño.*

riesgo de que se dañe. La información sobre el calado axial aparece en las páginas 148 y 149.

Utilice un casquillo de montaje y un martillo. Con golpes firmes, cale el rodamiento hasta la distancia previamente determinada. En los rodamientos de bolas a rótula, compruebe la holgura girando el rodamiento y ladeándolo. Debe ser fácil girarlo, pero debe haber una ligera resistencia al ladearlo. En los rodamientos de rodillos a rótula, compruebe la reducción de juego con una galga.

Este método de montaje no es recomendable para aplicaciones de precisión, tales como husillos de máquinas-herramienta y aplicaciones similares.



*En un eje roscado, también se puede usar una tuerca de fijación para el montaje. Apriete la tuerca con una llave de gancho.*

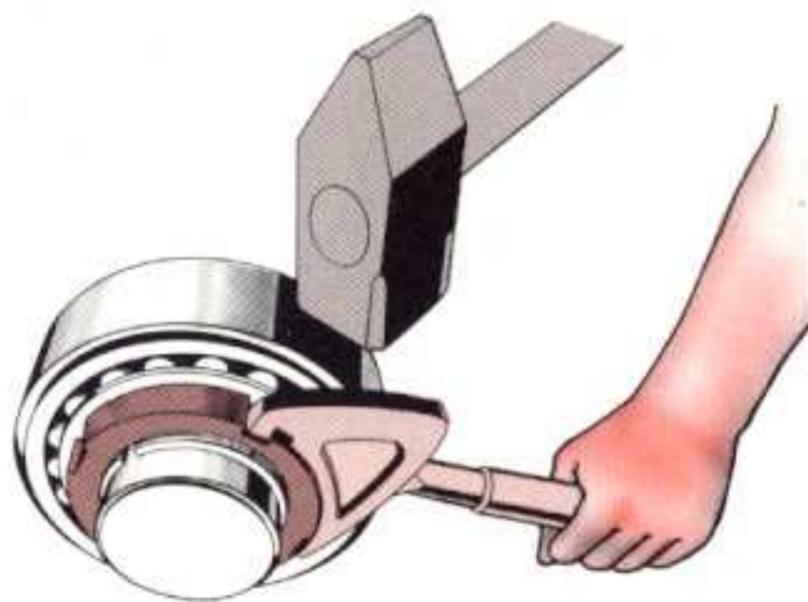
## Usando una tuerca y una llave

Si el asiento tiene roscas, los rodamientos de pequeño tamaño se pueden calar con una tuerca de fijación y una llave. La tuerca de fijación SKF está diseñada especialmente para resistir las fuerzas de montaje. Si es posible, omita la arandela de retención durante el montaje.

Después, compruebe el juego interno residual.

Cuando la arandela de retención deba estar instalada durante el montaje, es importante que la parte roscada y las caras de la tuerca y la arandela, que deben estar en contacto entre sí, estén adecuadamente recubiertas con pasta de bisulfuro de molibdeno o un lubricante similar.

Los rodamientos de tamaño mediano también se puede montar con una tuerca de fijación, si bien se necesita una llave de impacto y un martillo para introducir el rodamiento en el cono. Lubrique y aplique golpes firmes pero no fuertes.



*Los rodamientos de mayor tamaño requieren una mayor fuerza de montaje. La tuerca de fijación se puede usar en combinación con una llave de impacto y un martillo.*

El método más aconsejable para el montaje de rodamientos de tamaño mediano es una tuerca hidráulica o, incluso mejor, el equipo de inyección de aceite SKF en combinación con una tuerca de fijación o una tuerca hidráulica.

## Herramientas hidráulicas

Los rodamientos con un diámetro de agujero mayor de 50 cm se pueden montar de forma fácil y fiable utilizando una tuerca hidráulica. El método de inyección de aceite SKF garantiza un desmontaje sencillo.

Coloque la tuerca con el pistón mirando al rodamiento, apriete a mano y bombee aceite a

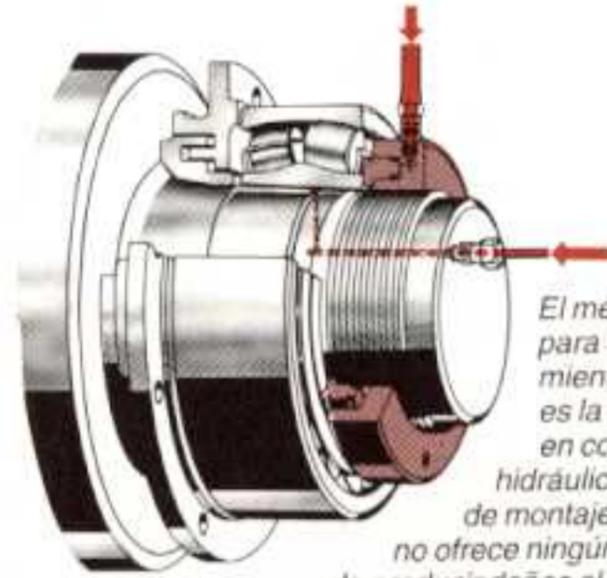


Con una tuerca hidráulica se pueden montar rodamientos con un diámetro de agujero de hasta 1 000 mm. Dote al eje de ranuras y un conducto para el desmontaje con inyección de aceite.

la tuerca hasta que el rodamiento sea calado a la posición deseada, vea la tabla en la página 149. Después sustituya por una tuerca de fijación, fijela y compruebe el juego interno residual. Si el ajuste es demasiado fuerte, el calado se puede corregir fácilmente con el método de inyección de aceite.

## Método de inyección de aceite SKF

Se trata de un método para rodamientos de tamaño mediano y grande. Se inyecta aceite a elevada presión entre el rodamiento y las superficies de asiento, hasta que se separan completamente. Esto reduce el rozamiento prácticamente a cero, con lo cual se necesita muy poca



El método más aconsejable para el montaje de rodamientos con agujero cónico es la inyección de aceite en combinación con la tuerca hidráulica. Este método de montaje, sencillo y eficaz, no ofrece ningún riesgo potencial de producir daños al rodamiento o al eje. También resulta un método eficaz para el desmontaje.

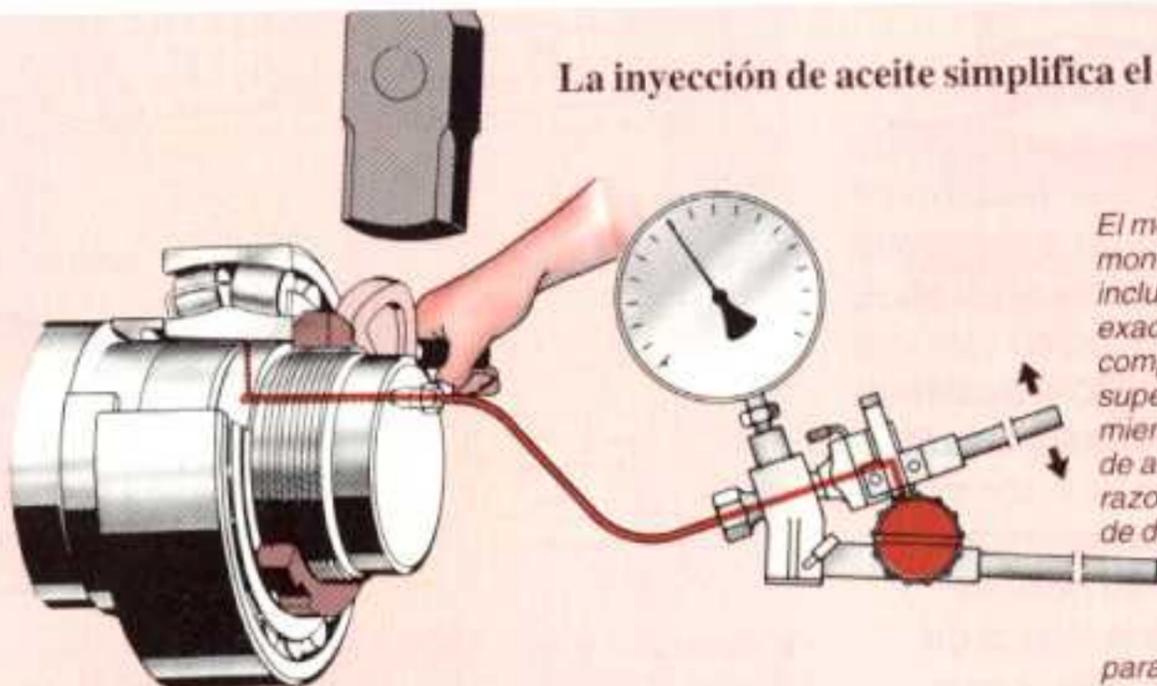
fuerza para el calado, y hace que sea fácil montar a precisión de acuerdo con un juego interno específico. Se debe hacer una comprobación final de la holgura aproximadamente 20 minutos después de que se haya liberado la presión.

SKF dispone de diversas herramientas de inyección de aceite que se pueden usar combinadas entre sí para una variedad de operaciones de montaje.



Para los usuarios que no utilizan con frecuencia el método de inyección de aceite, un inyector de aceite de tornillo es una herramienta manejable.

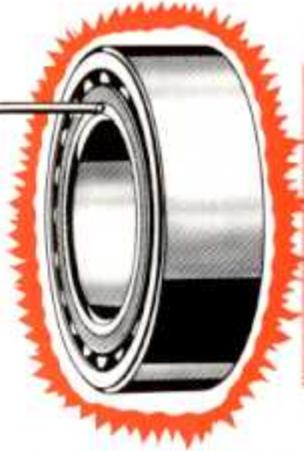
## La inyección de aceite simplifica el montaje



El método de inyección de aceite permite montar los rodamientos medianos, e incluso los pequeños, de forma fácil y exacta. El aceite a elevada presión separa completamente el rodamiento y las superficies de asiento y reduce el rozamiento casi a cero. El método de inyección de aceite SKF está recomendado por razones de eficacia, seguridad y facilidad de desmontaje. Los ejes pueden ser dotados de los conductos y ranuras necesarios mediante una sencilla operación. Vea las páginas 96 y 97 para más información.

## Montaje en caliente

Si por alguna razón no se puede usar el método de inyección de aceite ni una tuerca hidráulica, la alternativa es calentar el rodamiento. Esta operación se puede hacer con un calentador por inducción SKF, una estufa o baño de aceite.

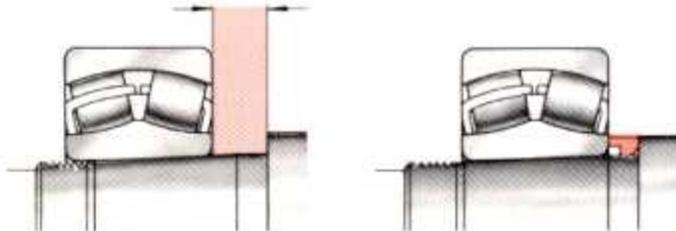


Caliente el rodamiento a 80–90 °C por encima de la temperatura del eje, pero nunca a más de 125 °C, con un calentador por inducción o un baño de aceite. Compruebe el juego interno cuando el rodamiento se haya enfriado hasta la temperatura del eje, después del montaje.

Casi todos los calentadores SKF están equipados con un termostato ajustable para facilitar el calentamiento exacto de rodamientos específicos. Compruebe la temperatura del rodamiento con un termómetro de contacto inmediatamente antes de proceder con el montaje. Un termómetro también resulta útil durante las pruebas de funcionamiento y para monitorizar los rodamientos en operación.

## Montaje contra un resalte

Inserte el rodamiento frío en el eje hasta que haya un buen contacto entre el rodamiento y su asiento. Mida la distancia desde la cara del aro interior hasta el resalte. Se debe reducir por la distancia de calado axial, vea la página 149. Haga un distanciador con la misma anchura

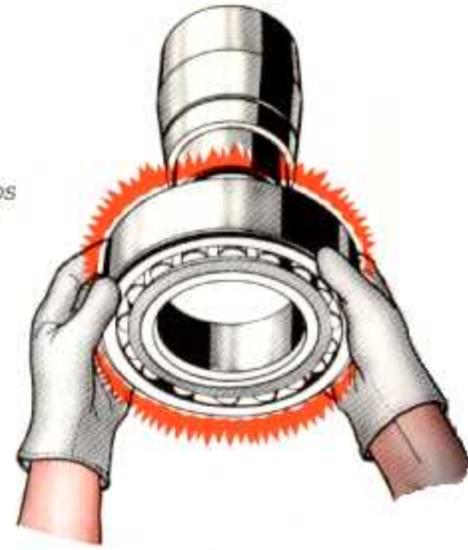


Mida la distancia desde la cara del aro interior hasta el resalte y reste la distancia de calado axial. Haga un distanciador con esa dimensión.

que la distancia medida menos la distancia de calado de la tabla. Monte el distanciador contra el resalte.

Caliente el rodamiento, presiónelo contra el aro distanciador y manténgalo en su posición hasta que quede fijo al eje. Instale la tuerca de fijación, cuando el rodamiento esté frío, y compruebe el juego radial interno residual.

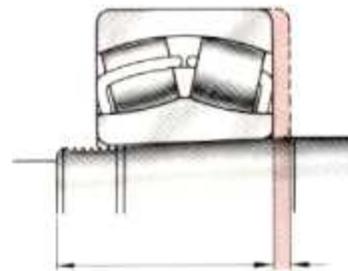
Use guantes de protección o trapos limpios para sujetar el rodamiento caliente. Empújelo hasta su posición y manténgalo hasta que quede fijo al eje. Utilice un termómetro de contacto para comprobar la temperatura inmediatamente antes del montaje.



## Montaje en un eje sin resalte

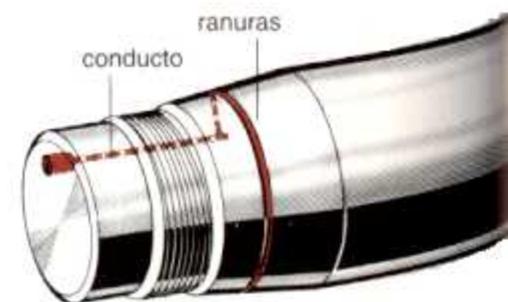
Siga el procedimiento descrito arriba, pero mida en un plano de referencia en lugar del resalte.

Sume o reste la distancia de calado para obtener la distancia de "montaje". Mida la distancia mientras cala el rodamiento en el



Mida en un plano de referencia en lugar de un resalte. Sume o reste la distancia de calado.

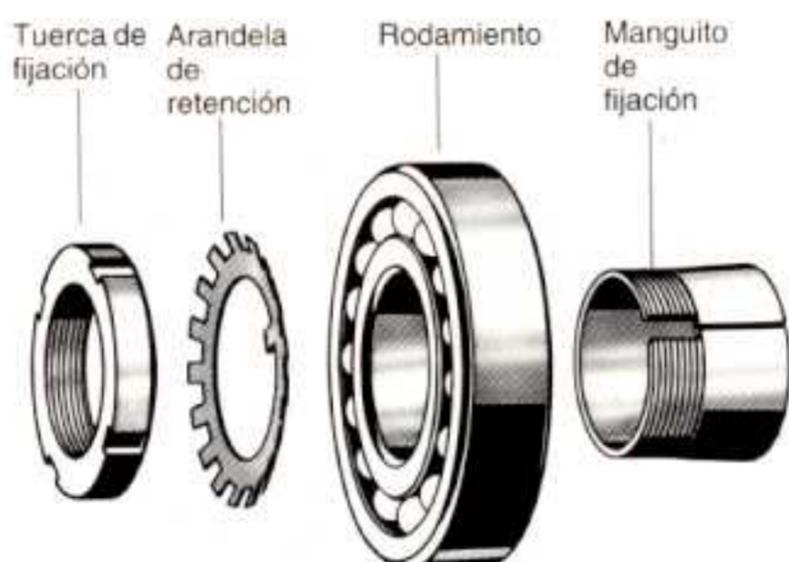
como a la distancia de "montaje". Mantenga el rodamiento en su posición hasta que quede fijo, ponga la tuerca de fijación y compruebe la holgura cuando el rodamiento esté frío.



Pensando en el posterior desmontaje, equípe al eje con conductos y ranuras de distribución para la inyección de aceite. Vea las dimensiones en las páginas 96 y 97.

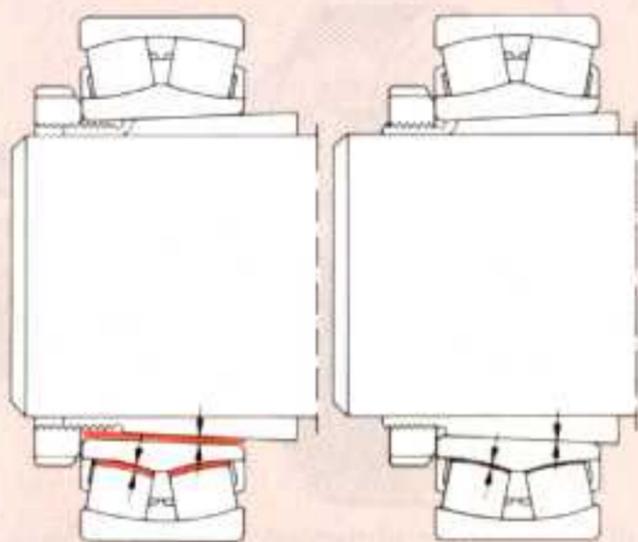
# Montaje de rodamientos con agujero cónico sobre un manguito

Los rodamientos de bolas a rótula y de rodillos a rótula se montan con frecuencia sobre un manguito de fijación o un manguito de desmontaje. El uso de un manguito simplifica el montaje y el desmontaje y reduce la necesidad de un mecanizado altamente preciso en el asiento del eje.

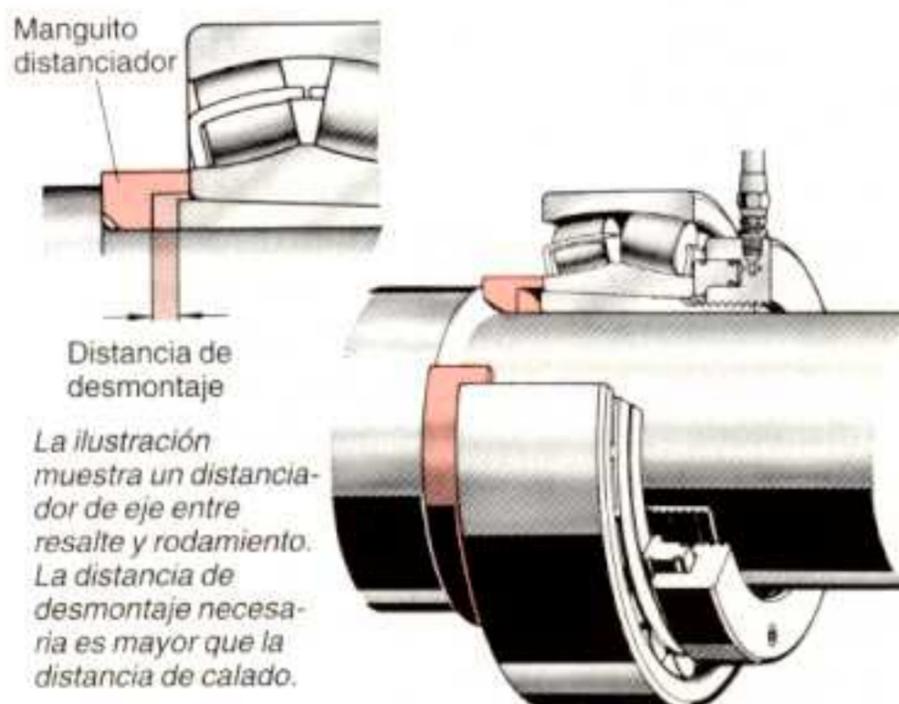


Con un manguito de fijación, no es necesario un eje mecanizado a alta precisión. También se facilita el montaje.

El aro interior de un rodamiento sobre un manguito se monta siempre con ajuste de interferencia. El grado de interferencia depende de la magnitud del calado en el manguito. El juego radial interno original se reduce gradualmente según se cala el rodamiento y se expande el aro interior. Por tanto, la reducción de juego es una medida del grado de interferencia.



El grado de ajuste de interferencia depende de la magnitud del calado del rodamiento.



La ilustración muestra un distanciador de eje entre resalte y rodamiento. La distancia de desmontaje necesaria es mayor que la distancia de calado.

La información sobre la reducción de juego interno y el calado axial aparece en la página 149.

## Manguito de fijación

El uso de un manguito de fijación montado contra un resalte requiere un casquillo distanciador. El distanciador debe estar diseñado de tal forma que el manguito de fijación se pueda mover debajo de aquél para permitir que el rodamiento entre en contacto con dicho distanciador.



Utilice un destornillador para abrir el manguito de fijación.

Cuando se empleen ejes sin resaltes, coloque el manguito de fijación en la posición del eje que se marcó antes de ser desmontado, o mida para adecuarlo a la posición del rodamiento en el soporte. En ciertos casos puede ser necesario un montaje de prueba del rodamiento para asegurarse que la posición del manguito es correcta.

El manguito de fijación se puede mover fácilmente sobre el eje abriendo ligeramente la ranura con un destornillador.

## Montaje de un rodamiento de bolas a rótula sobre un manguito de fijación

Para asegurar una larga duración y un funcionamiento sin problemas, es vital que el rodamiento se instale con el juego radial correcto. Por lo tanto, se deberá usar uno de los dos procedimientos de montaje que se describen a continuación – el método A con la llave de gancho SKF y el método B usando el juego de llaves para tuercas de fijación SKF. Siguiendo la secuencia de montaje para el método en cuestión, cualquiera de estos métodos de montaje garantizará una instalación adecuada del rodamiento.

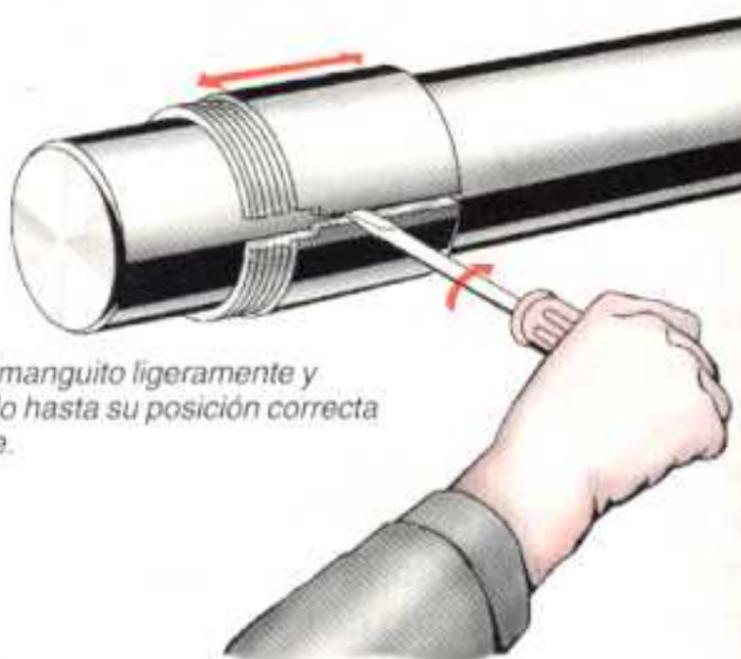
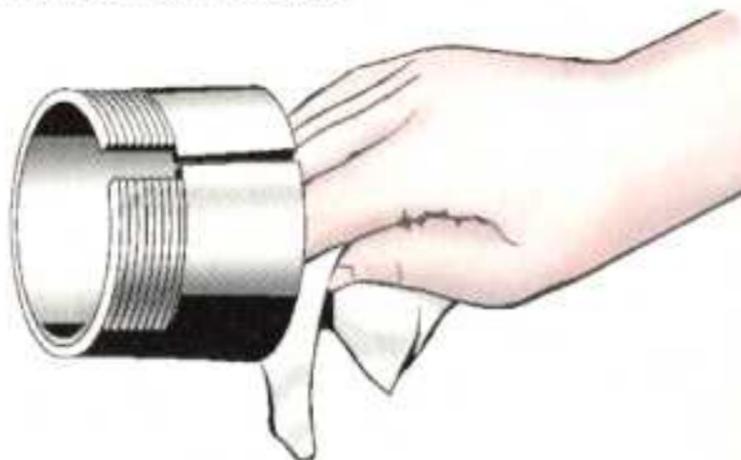
El rodamiento se debe calar siempre en el asiento hasta que el agujero del rodamiento esté en contacto con el asiento del eje o del manguito en toda su circunferencia antes de comenzar el procedimiento final de apriete. Entonces se obtendrá un apriete suficientemente fuerte y el juego residual corresponderá a los valores medios dados en la tabla de la página 156.

### Antes del montaje

Limpie el rodamiento y el agujero del manguito. Utilice aceite de baja viscosidad para lubricar el eje y el diámetro exterior del manguito.



*Limpie la capa protectora de los agujeros del manguito y del rodamiento, después lubrique ligeramente la superficie exterior del manguito con aceite mineral de baja viscosidad.*



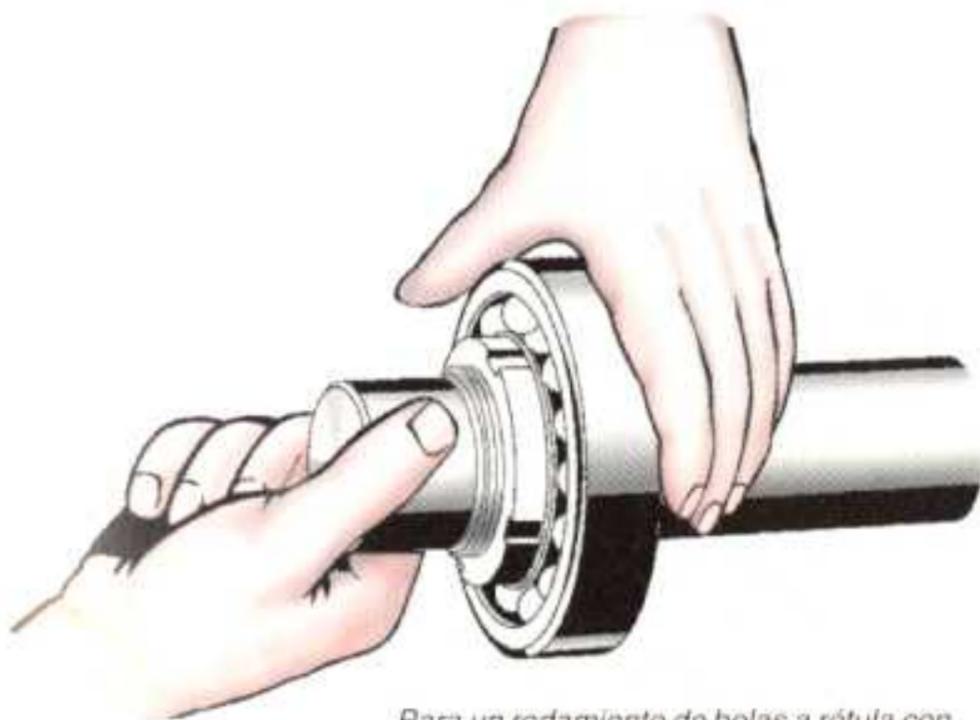
*Abra el manguito ligeramente y deslícelo hasta su posición correcta en el eje.*



*Coloque el rodamiento en el manguito y rosque la tuerca con el chaffán hacia el rodamiento. Apriete la tuerca justo lo suficiente para asegurar que el rodamiento y el eje hagan contacto con el manguito, pero no apriete más el rodamiento de forma que se pudiera calar sobre el manguito.*



Para lograr el ajuste correcto, gire la tuerca el ángulo  $\alpha$ , vea la tabla en la página 156. Después vuelva a colocar la llave a 180° y apriete un poco más golpeando la llave con un martillo.



Para un rodamiento de bolas a rótula con juego normal, el calado es correcto cuando el aro exterior gira fácilmente, pero opone una pequeña resistencia al movimiento de rótula.

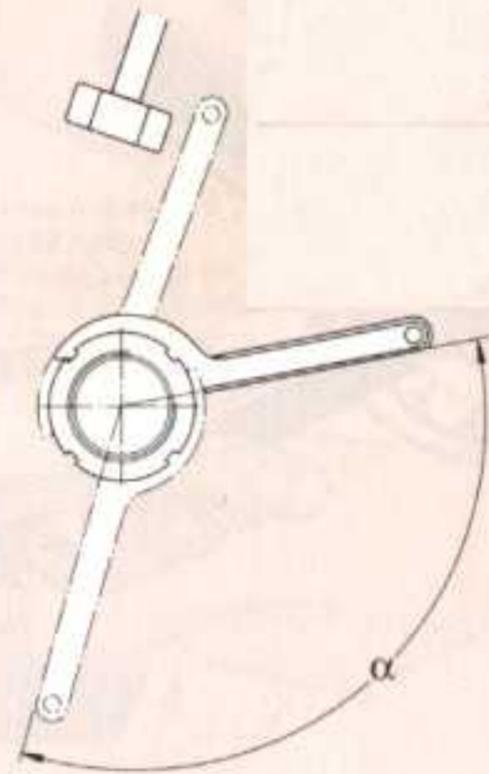
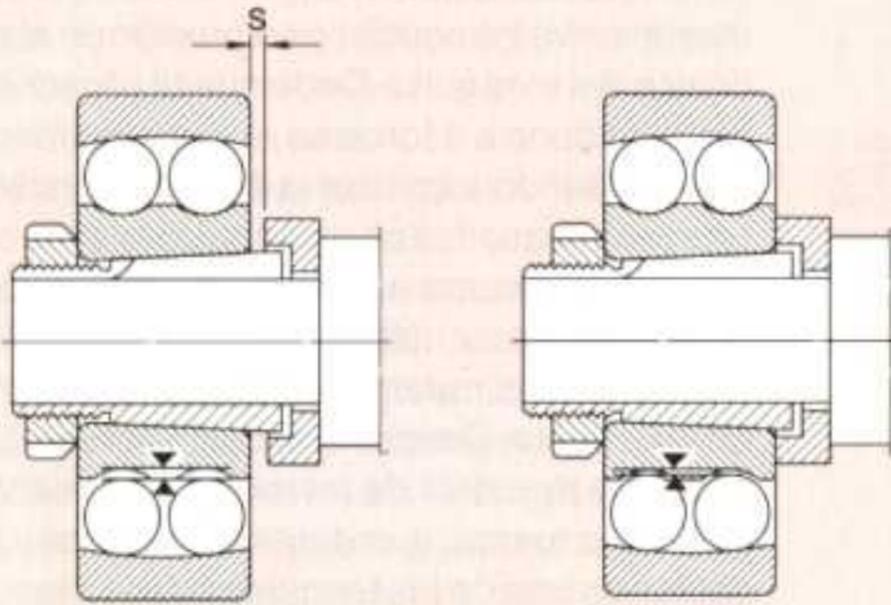
## Método de montaje A – usando la llave de gancho

Este método está basado en el ángulo de apriete  $\alpha$  o los desplazamientos axiales. Los valores orientativos se dan en la tabla de la página 156.

Girando la tuerca el ángulo  $\alpha$  dado, el rodamiento se va introduciendo a presión en el asiento cónico del manguito. Dado que el rodamiento tiene tendencia a torcerse, es aconsejable finalizar volviendo a colocar la llave de gancho en una ranura que forme un ángulo de 180° con la ranura usada para apretar y a continuación, golpear ligeramente la llave con un martillo. Hecho esto, el rodamiento quedará enderezado en su asiento. Después, se quita la tuerca, se inserta la arandela de retención y se vuelve a colocar la tuerca, que deberá apretarse y fijarse doblando una de las lengüetas de la arandela de retención. Concluya comprobando el juego residual del rodamiento.

Una alternativa es medir los desplazamientos axiales entre el distanciador y el aro interior del rodamiento en el asiento cónico, en lugar de usar el ángulo de apriete. Las directrices se dan en la tabla de la página 156.

Montaje de rodamientos de bolas a rótula con agujero cónico



Diámetro agujero rodamiento d	Angulo de apriete $\alpha$	Desplazamiento axial s				Juego residual medio después del montaje para rodamientos con juego interno inicial	
		Series de rodamientos 12 K	13 K	22 K	23 K	Normal	C3
mm	grados	mm				$\mu\text{m}$	
20	70	0,22	0,23	-	-	10	20
25	70	0,22	0,23	0,22	0,23	10	20
30	70	0,22	0,23	0,22	0,23	10	20
35	70	0,30	0,30	0,30	0,30	10	20
40	70	0,30	0,30	0,30	0,30	10	20
45	70	0,31	0,34	0,31	0,33	15	25
50	70	0,31	0,34	0,31	0,33	15	25
55	90	0,40	0,41	0,39	0,40	15	30
60	90	0,40	0,41	0,39	0,40	15	30
65	90	0,40	0,41	0,39	0,40	15	30
75	120	0,45	0,47	0,43	0,46	20	40
80	120	0,45	0,47	0,43	0,46	20	40
85	120	0,58	0,60	0,54	0,59	20	40
90	120	0,58	0,60	0,54	0,59	20	40
95	120	0,58	0,60	0,54	0,59	20	40
100	120	0,58	0,60	0,54	0,59	20	40
105	120	0,67	-	0,66	-	25	55
110	120	0,67	0,70	0,66	0,69	25	55
120	120	0,67	-	-	-	25	55

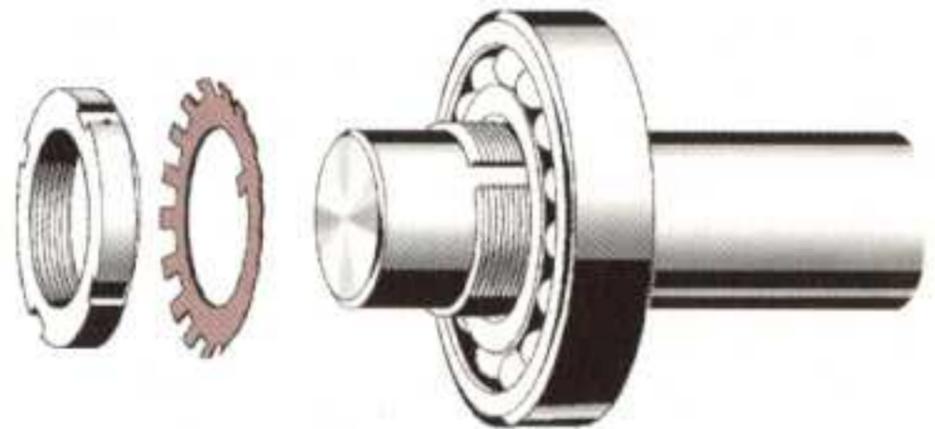
## Método de montaje B

### – usando la llave para tuercas de fijación

Para los rodamientos que tengan un diámetro de agujero de 25 a 55 mm, la llave para tuercas de fijación y el método de montaje B es la mejor alternativa. Cada llave de este diseño está señalada claramente con una marca semicircular coloreada que muestra el ángulo de apriete correcto. Esta marca facilita el montaje y asegura que se utilice el calado correcto.



## Después del montaje



Desenrosque la tuerca, coloque la arandela de retención en su posición y después vuelva a apretar firmemente la tuerca, asegurándose de que el rodamiento no se cale más.



## Montaje de un rodamiento de rodillos a rótula sobre un manguito de fijación

Elija el método más adecuado para el calado, bien midiendo la distancia de calado axial en el manguito durante el montaje, o bien midiendo la reducción del juego radial interno, vea las páginas 148 y 149.

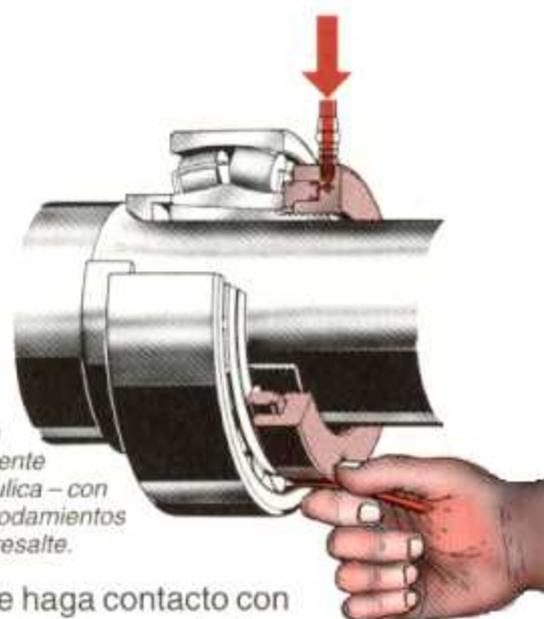
Lubrique la rosca de la tuerca y la cara de ésta que se apoyará en el rodamiento con pasta de bisulfuro de molibdeno o un lubricante similar, y aplique una capa de aceite fino en el eje y en la superficie exterior del manguito.

Si el espacio entre el rodamiento y el aro distanciador lo permite, el montaje será más fácil usando dos placas o arandelas. Pueden ser una combinación de galgas, o distanciadores calibrados iguales que el calado axial requerido.

Inserte el manguito de fijación debajo del aro distanciador, presione las arandelas de reglaje contra éste y cale el rodamiento en el



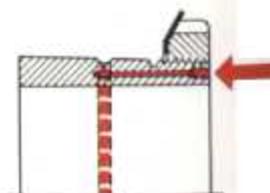
Los rodamientos de rodillos a rótula de tamaño pequeño a mediano se pueden montar sobre el manguito de fijación por medio de una tuerca de fijación y una llave.



Los rodamientos de mayor tamaño, con un diámetro de agujero de 50 mm o más, se pueden montar sencilla y fiablemente usando una tuerca hidráulica – con independencia de si los rodamientos van a hacer tope con un resalte.

manguito hasta que haga contacto con las arandelas. Apriete la tuerca de fijación, pero no más de lo que aún es posible para retirar las placas o arandelas. Desmonte la arandela y cale el rodamiento hasta que haga contacto con el aro distanciador, apretando la tuerca con la ayuda de una llave de impacto. Desmonte la tuerca, monte la arandela de retención, vuelva a colocar la tuerca, apriétela y fíjela. Compruebe el juego radial interno residual.

Si se debe montar la arandela de retención entre la tuerca y el rodamiento durante el montaje, lubrique la rosca de la tuerca y la cara de ésta que se apoyará en la arandela de fijación con pasta de bisulfuro de molibdeno o un lubricante similar.

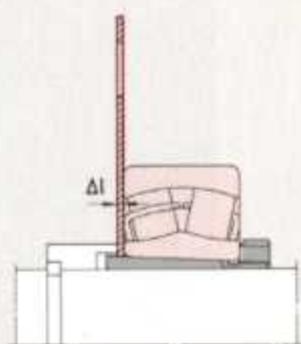


A partir del tamaño 44, diámetro de agujero del manguito de fijación SKF 200 mm, éstos se fabrican de serie con conducto y ranura de distribución de aceite.

### Montaje en frío con un martillo y una llave



Lubrique la rosca de la tuerca y la cara de ésta que se apoyará en el rodamiento con pasta de bisulfuro de molibdeno o un lubricante similar y aplique una capa de aceite fino en la superficie en el eje y la superficie exterior del manguito.



Utilice por lo menos dos arandelas de reglaje con un grosor igual a la distancia de calado.



Apriete con una tuerca de fijación y una llave hasta que el rodamiento comience a presionar las arandelas de reglaje. Quite las arandelas y apriete la tuerca al calado axial previamente determinado. Compruebe el juego interno.

## Montaje en caliente de un rodamiento de rodillos a rótula sobre un manguito de fijación

Un método alternativo consiste en calentar el rodamiento. Esto se puede hacer con un calentador por inducción, una estufa o un baño de aceite. El calentador por inducción es seguro y limpio. La estufa también es limpia y tiene la ventaja de que puede almacenar los rodamientos calientes hasta que se necesiten.

Otra alternativa es usar un calentador de baño de aceite con un termostato regulable. Se debe tener cuidado para no calentar en exceso



Calentar el rodamiento es un método alternativo al montaje mediante tuerca y llave.

el aceite ya que podría dar lugar a la formación de ácido, lo que sería perjudicial para el rodamiento.

Utilice siempre aceite limpio, con un punto de inflamación por encima de 250 °C, y en cantidad suficiente para cubrir completamente el rodamiento.

Si no se hace correctamente, el montaje en caliente con aceite puede ser un riesgo potencial de incendio y se puede contaminar el rodamiento. Pero hecho correctamente, es un método excelente para calentar uniformemente los rodamientos. El aceite también protegerá a los rodamientos contra la corrosión durante un corto período de tiempo después del montaje.

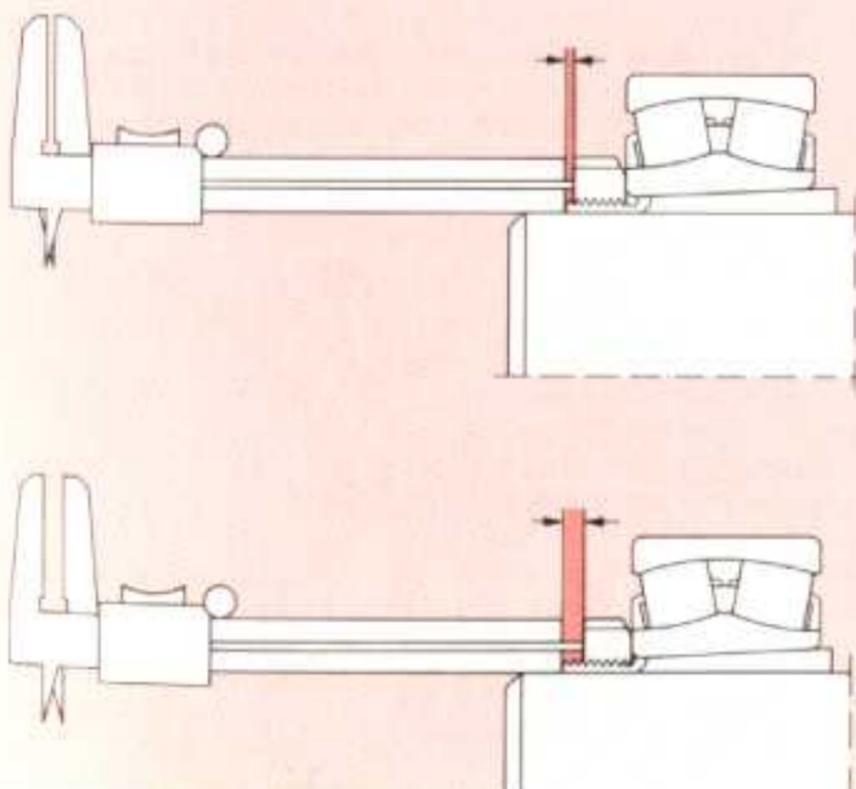
SKF suministra una variedad de equipos de calentamiento, seguros y eficaces.

### Cómo medir la distancia de calado

Cuando efectúe el montaje en caliente, mida la distancia de calado desde el extremo de la tuerca. Monte el rodamiento en el manguito, rosque la tuerca y apriétela para asegurar el contacto entre el rodamiento, el manguito y el eje. Mida la distancia entre el extremo pequeño del manguito y la tuerca y añada la distancia de calado axial. Esta es la distancia de "montaje".

Caliente el rodamiento, colóquelo en el manguito, apriete la tuerca y fíjela. Compruebe el juego interno cuando el rodamiento se haya enfriado.

La mayoría de los equipos de calentamiento SKF están equipados con termostatos regulables, aunque es bueno utilizar un termómetro de superficie para comprobar la temperatura inmediatamente después del montaje, durante la prueba de funcionamiento y mientras los rodamientos están funcionando.



### Mida la distancia de calado cuando efectúe el montaje en caliente

El calado axial y el juego radial se pueden determinar mediante la tabla de la página 149. Mida la distancia entre el extremo pequeño del manguito y la tuerca y añada la distancia de calado axial para obtener la distancia de "montaje". Después del montaje, compare el juego radial interno residual con el valor de la tabla.

# Montaje de un rodamiento con agujero cónico sobre un manguito de desmontaje

Para los rodamientos montados sobre un manguito de desmontaje son válidas las mismas normas en cuanto a juego interno radial y calado que las aplicables a los rodamientos montados sobre un manguito de fijación. La información sobre el juego interno y el calado aparece en las páginas 148 y 149.

Cuando se efectúa el montaje, el manguito de desmontaje se inserta debajo del rodamiento, el cual puede descansar contra un resalte o distanciador. El manguito se sacará de debajo del rodamiento cuando esté desmontado.

Como los manguitos de fijación, los de desmontaje se moverán con cierta dificultad al ser insertados en el eje. Abriendo la ranura ligeramente con un destornillador se facilitará el deslizamiento.

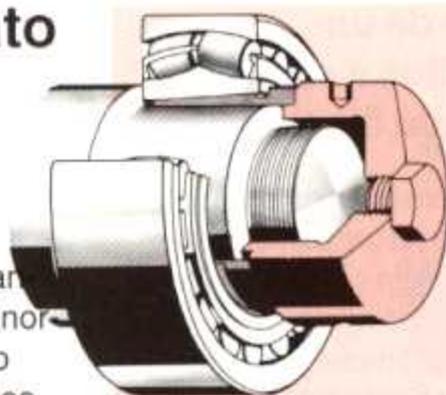
Los rodamientos pequeños se pueden montar normalmente en frío, bien con un casquillo de montaje y un martillo, o bien con una tuerca hidráulica y/o inyección de aceite. Utilice el montaje en caliente sólo cuando no se puedan usar los métodos de montaje en frío.

## Montaje en frío

Para impedir que el manguito quede montado en posición torcida, es aconsejable usar un casquillo de montaje especialmente diseñado, que se fijará en el eje o en el agujero del manguito de desmontaje. También se recomienda montar una tuerca de fijación para evitar que se expanda el manguito.

Lubrique con una capa de aceite fino el eje y la superficie exterior del manguito de desmontaje. Después insértelo debajo del rodamiento golpeando en el manguito de montaje con un martillo para calar el rodamiento en el cono hasta la distancia de montaje previamente determinada. Fíjelo y compruebe el juego radial interno residual.

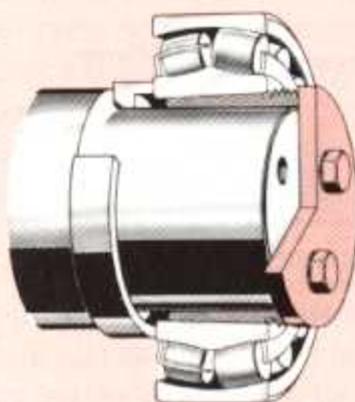
Si el eje tiene una sección roscada, puede usar una tuerca de fijación y una llave para insertar el manguito. Lubrique la rosca y la cara de la tuerca que se apoya con el manguito de desmontaje con pasta de bisulfuro de molibdeno. Ponga la tuerca en su posición y apriétela con una llave. El manguito es presionado debajo



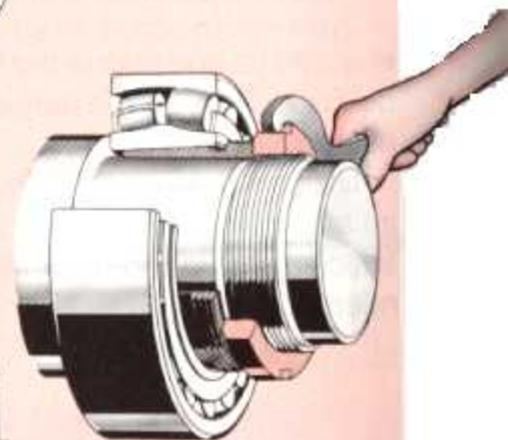
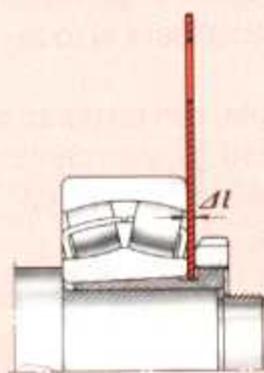
Utilice un casquillo de montaje que se apoye contra el manguito de desmontaje. Para impedir que se tuerza, el casquillo se debe fijar en el eje o en el agujero del manguito de desmontaje.



Lubrique el eje y la superficie exterior del manguito con aceite fino antes del montaje.



Fije el manguito de desmontaje en su posición antes de comprobar el juego interno residual.



Si el eje tiene roscas, el manguito de desmontaje se puede insertar debajo del rodamiento por medio de una tuerca y una llave. Utilice dos placas o arandelas de reglaje para ajustar el rodamiento con exactitud. Rosque la tuerca hasta que presione las arandelas, desmóntelas y apriete la tuerca del eje.



Los rodamientos de mayor tamaño se pueden montar con una tuerca y un tipo de llave más grande – la llave de impacto.

del rodamiento y éste se cala en el cono. Fije el manguito y compruebe la holgura.

## Uso de una tuerca hidráulica o aceite presurizado

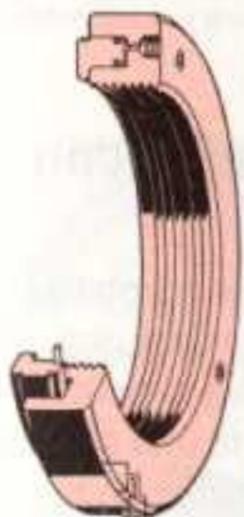
La tuerca hidráulica SKF y el método de inyección de aceite, tanto por separado como combinados, facilitan considerablemente el montaje.

Para manguitos de desmontaje de tamaño pequeño y mediano, use una tuerca hidráulica solamente.

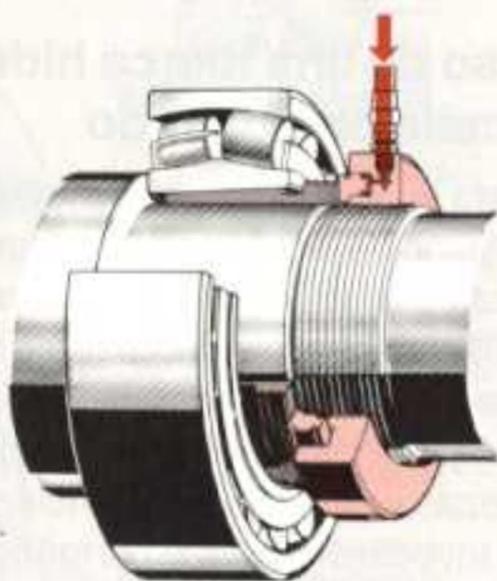
Los manguitos grandes requieren una fuerza considerable y normalmente van dotados de ranuras de distribución y dos conductos para el aceite presurizado. El aceite se inyecta entre el manguito y el eje a través de uno de los conductos, y entre el manguito y el rodamiento a través del otro. Para manguitos de desmontaje grandes, utilice una combinación de inyección de aceite y tuerca hidráulica, o una tuerca hidráulica y una llave.

El aceite debe tener una viscosidad de unos 300 mm<sup>2</sup>/s a la temperatura de montaje.

### Cómo usar la tuerca hidráulica: tres ejemplos



La tuerca hidráulica SKF facilita considerablemente el montaje.



1. Si el eje tiene roscas cerca del manguito de desmontaje, utilice la tuerca hidráulica como sigue:

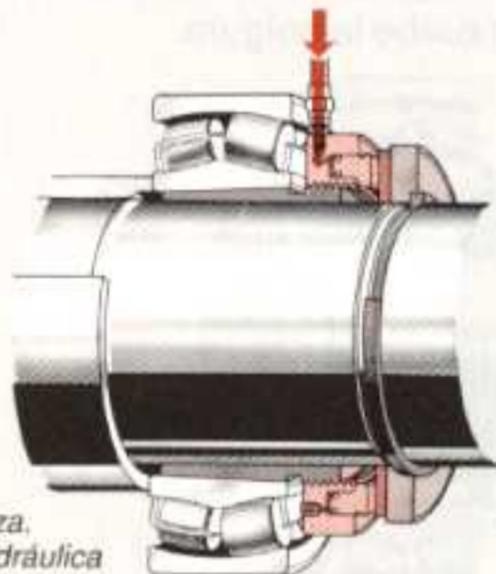
Lubrique el eje y la superficie del manguito y coloque éste en el eje. Rosque la tuerca en el eje con el pistón mirando hacia el manguito. Bombeo aceite en la tuerca. El manguito se presiona ahora debajo del rodamiento y éste se cala en el cono. Desmonte la tuerca hidráulica y fije el manguito con una tuerca de fijación SKF. A continuación compruebe la holgura.

Para el desmontaje no se puede usar la misma tuerca, ya que es demasiado pequeña. Por tanto, asegúrese de que dispone de una tuerca con un tamaño acorde con la rosca del manguito.

2. En el ejemplo siguiente, se puede usar la misma tuerca hidráulica tanto para el montaje como para el desmontaje.

La tuerca debe tener las mismas dimensiones de rosca que el manguito. Rósquela con el pistón separado del manguito. Deje un espacio mayor que la distancia de "montaje" entre el rodamiento y la tuerca. Rosque una tuerca de fijación en la rosca del eje y apríetela contra el pistón.

Bombee aceite en la tuerca. El manguito se presiona debajo del rodamiento a la posición previamente determinada. Desenrosque la tuerca hidráulica, vuelva a poner la tuerca de fijación y compruebe la holgura del rodamiento.



3. En un eje sin rosca, utilice un aro de apoyo partido, que se fija axialmente mediante una ranura y radialmente mediante un anillo de retención de una pieza.

Una vez montados la tuerca hidráulica (pistón contra el aro de apoyo) y el aro de apoyo, gire la tuerca en el sentido contrario al del reloj hasta que presione contra el aro de apoyo. Continúe con el montaje y compruebe la holgura.

Este método se puede usar en el extremo de un eje fijando con tornillos una arandela en dicho extremo. Utilice tornillos de alta calidad, de grado ISO 12.9 o mejor.

## Manguitos de desmontaje con conductos

Los manguitos de desmontaje con conductos y ranuras de distribución para el aceite presurizado pueden simplificar el montaje de los rodamientos de gran tamaño. Los racores de inyección de aceite sobresalen del manguito, por lo que no es posible efectuar el montaje con una tuerca girando contra éste. En un eje roscado, efectúe el montaje con una tuerca de fijación y un distanciador, o un manguito que tenga una



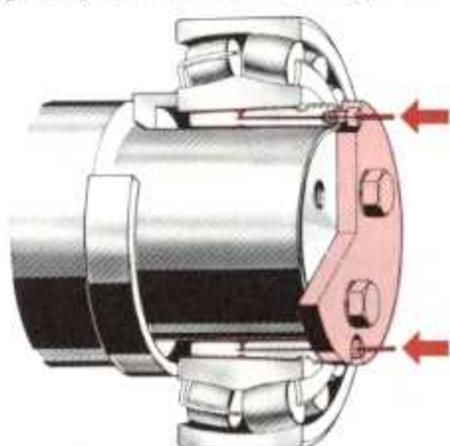
Sólo es posible insertar el manguito debajo del rodamiento mediante una tuerca si se coloca un distanciador entre el manguito y la tuerca.

forma tal, que soporte la tuerca de fijación pero aun así deje espacio para los racores.

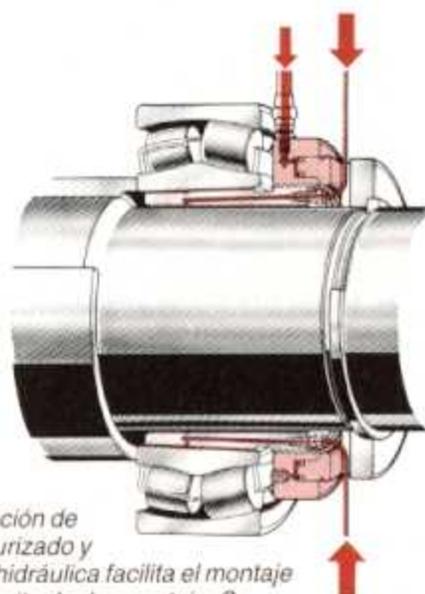
Si el manguito de desmontaje está cerca del extremo del eje, se puede insertar usando una placa y tornillos.

Inserte el manguito debajo del rodamiento y presione hasta obtener un contacto firme.

Inyecte aceite en los conductos hasta que salga por todo alrededor del manguito. Cale el rodamiento debajo del manguito la distancia de calado axial previamente determinada, vea las páginas 148 y 149. Deje que drene el aceite, fije el manguito y compruebe la holgura.



Un manguito de desmontaje colocado en el extremo de un eje se puede insertar debajo del rodamiento mediante una placa de fijación y sus tornillos después de haber inyectado el aceite.

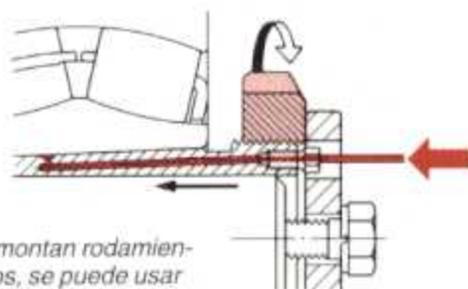


La combinación de aceite presurizado y una tuerca hidráulica facilita el montaje de un manguito de desmontaje. Se debe instalar algún tipo de tope – por ejemplo, un aro de apoyo de dos piezas fijado axialmente por una ranura y radialmente por un anillo de retención entero.

## Uso de una tuerca hidráulica con aceite presurizado

Para el calado, el mejor método es combinar la presión de aceite con una tuerca hidráulica. Instale un tope en el eje contra el que pueda descansar el pistón. Si el eje tiene una sección roscada, resulta adecuado el uso de una tuerca de fijación; si no, utilice un aro de apoyo de dos piezas y un anillo de retención entero.

Inyecte el aceite en el manguito de desmontaje y después bombee aceite en la tuerca



Cuando se montan rodamientos medianos, se puede usar una tuerca de fijación en lugar de una tuerca hidráulica. Colóquela en las roscas del manguito mirando hacia el apoyo, lubrique la superficie de contacto y gire en sentido contrario al del reloj con una llave.

hidráulica. El manguito debe deslizarse suavemente debajo del rodamiento. Una vez que esté en su posición, drene el aceite presurizado y

SKF puede suministrar manguitos de desmontaje con conductos y ranuras de distribución para el aceite presurizado. Los manguitos de desmontaje con un diámetro de agujero de 200 mm y superior se suministran de forma estándar con conductos y ranuras para el aceite presurizado, designación AOH.

mantenga el manguito y el rodamiento en esta posición durante algún tiempo, después libere la presión hidráulica y desmonte la tuerca hidráulica. Fije el manguito y compruebe la holgura.

## Montaje en caliente

En las situaciones donde no se puedan utilizar los métodos de montaje en frío, caliente el rodamiento antes de montarlo. SKF puede suministrar los equipos adecuados para montaje en caliente, tales como un calentador por inducción o baño de aceite.

Cuando monte en caliente un rodamiento en un manguito de desmontaje, utilice una arandela

o un distanciador calibrado, cuyo grosor debe ser igual que la distancia de calado.

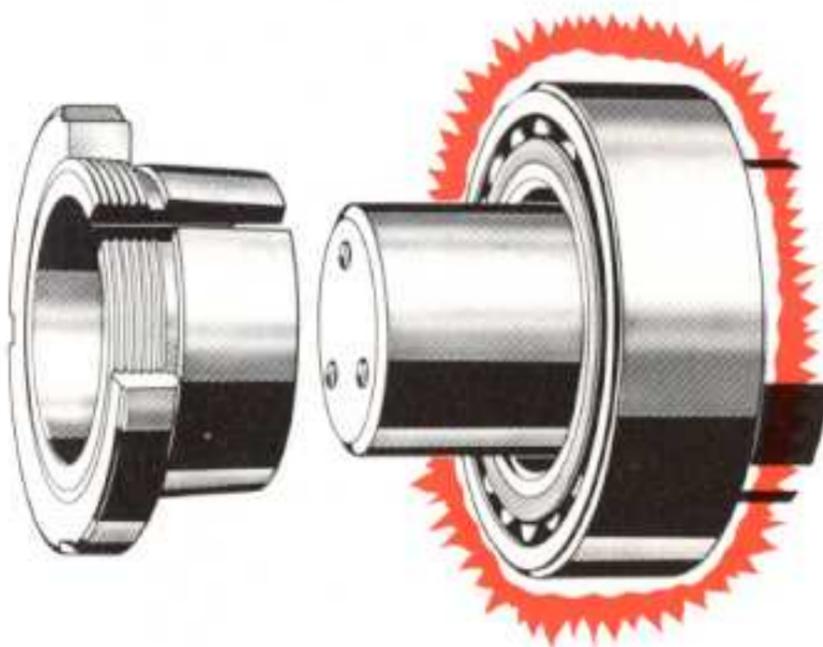
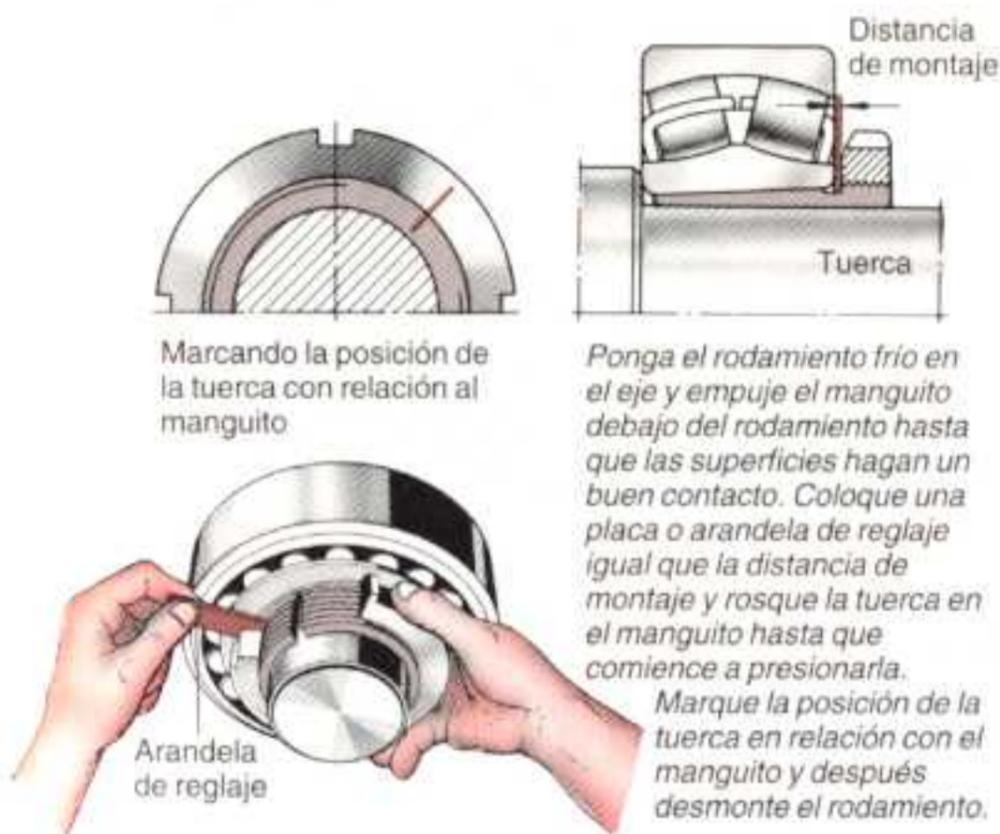
Inserte el manguito debajo del rodamiento hasta que haga un contacto firme. Rosque una tuerca de fijación en el manguito de desmontaje, pero deje un espacio correspondiente a la distancia de calado axial, vea las páginas 148 y 149. Fije la tuerca y marque la posición en el manguito con una línea a lo largo de la cara de la tuerca y la cara final del manguito.

Caliente el rodamiento a unos 80–90 °C por encima de la temperatura del eje. No caliente nunca el rodamiento a una temperatura superior a 125 °C.

Use guantes de protección limpios para sujetar el rodamiento caliente. También es posible utilizar un equipo de elevación, póngase en contacto con SKF para más detalles.

Tan pronto como el rodamiento se haya calentado a la temperatura de montaje, empuje el manguito con la tuerca debajo del rodamiento hasta que ambos estén en contacto. Mantenga el manguito en su posición y deje que se enfríe. Compruebe el juego radial.

Si el manguito de desmontaje se ha introducido en exceso debajo del rodamiento, es decir, si el juego es demasiado pequeño, utilice la tuerca para sacar el manguito y desmontar el rodamiento. Corrija la distancia de calado, vuelva a calentar el rodamiento a la temperatura correcta y repita el procedimiento de montaje.



Caliente el rodamiento a 80–90 °C por encima de la temperatura ambiente. Utilice un termómetro de contacto para asegurarse que la temperatura de montaje es correcta. Coloque la tuerca en su posición con relación al manguito y empuje éste hasta que el rodamiento y la tuerca hagan buen contacto. Deje que se enfríe el rodamiento y se quede fijo mientras presiona la tuerca.

# Montaje de los rodamientos Y de SKF

Los rodamientos Y se fijan sobre el eje bien mediante dos prisioneros en el aro interior o bien mediante un anillo de fijación excéntrico con un prisionero. Estos rodamientos pueden tolerar unos errores iniciales moderados de alineación pero no permiten el desplazamiento axial, por lo que no resultan apropiados para disposiciones de rodamientos libres.

Los rodamientos se fijan en el eje después que el soporte ha sido atornillado firmemente a su base de fijación. Esto permite que el rodamiento adopte su posición axial sin introducir tensiones en el rodamiento.

No saque los rodamientos ni soportes de sus envoltorios hasta el momento inmediatamente anterior al de su montaje, y no los lave.

Limpie los ejes y elimine cualquier rebaba. Asegúrese de que los asientos del eje están dentro de la tolerancia.

## Soportes para rodamientos Y

Los soportes para rodamientos Y están disponibles como soportes de pie o como soportes de brida, y en diseño de fundición o de chapa de acero embutida.

Los soportes de fundición pueden resistir las mismas cargas que los rodamientos que incorporan. Los soportes de chapa de acero embutida no pueden soportar unas cargas tan altas como los rodamientos para los que están diseñados. Consulte la literatura actual de productos SKF.

Los soportes de fundición tienen un engrasador y una ranura de lubricación en el alojamiento.

Los rodamientos Y están equipados con agujeros de lubricación, por lo que pueden ser relubricados cuando están montados en soportes de fundición para dichos rodamientos.

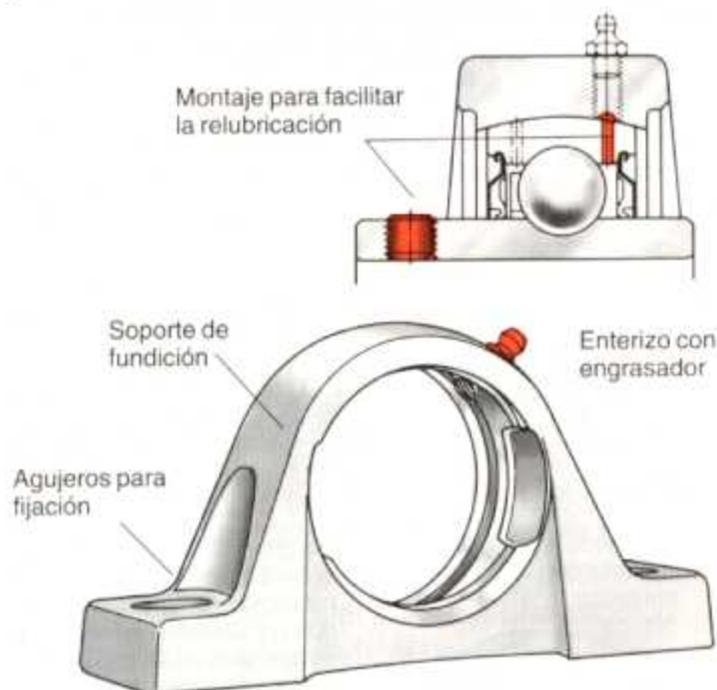
Los soportes de chapa de acero embutida se componen de dos partes y no están preparados para relubricación.

## Unidades con soportes de fundición

Los soportes de fundición se suministran generalmente con el rodamiento ya montado. Si no es así, lo primero que debe hacerse es efectuar el montaje.

Desmonte el anillo de fijación excéntrico (si hay). Inserte el rodamiento a través de las dos escotaduras del soporte. A continuación, gírelo a su posición correcta usando un trozo de tubo metido en el agujero del rodamiento.

Para facilitar la relubricación, el agujero en la cara del rodamiento alejada del dispositivo de fijación debe estar colocado de modo que coinci

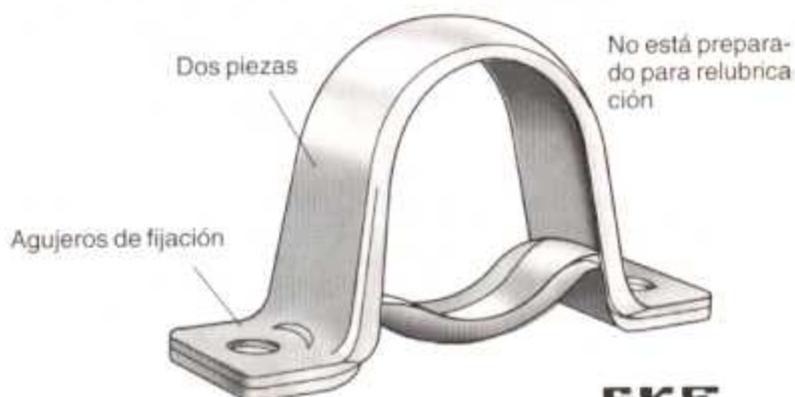


da con la ranura del alojamiento del rodamiento. La desalineación inicial no debe exceder de  $2^\circ$  hasta los rodamientos de tamaño 211, y de  $1,5^\circ$  por encima de dicho tamaño, ya que de lo contrario la ranura de lubricación y los agujeros de lubricación no estarán alineados.

Instale de nuevo el anillo de fijación excéntrico. La unidad completa ya está preparada para montar en el eje.

## Unidades con soportes de chapa de acero

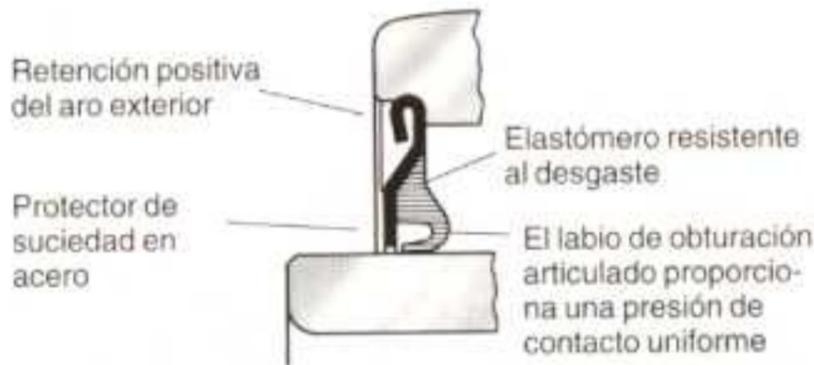
Estos soportes se componen de dos partes. Para montar las unidades con soporte de pie,



cale el rodamiento en el eje y sitúelo en la parte inferior del soporte, que ya ha sido colocado en su placa de fijación.

A continuación ponga la parte superior del soporte sobre el rodamiento y apriete los tornillos.

Cuando monte unidades con soportes de brida, pase un medio soporte sobre el eje antes de colocar el rodamiento en su posición.



## Obturaciones

Los rodamientos Y fueron diseñados originalmente para usar en maquinaria agrícola, y se ha prestado gran atención a sus obturaciones. Todos los rodamientos Y de SKF tienen obturaciones rozantes. Están disponibles otras obturaciones adicionales para usar en ambientes contaminados.

Elija la obturación correcta. Unas obturaciones ineficaces pueden producir fácilmente daños en los rodamientos.

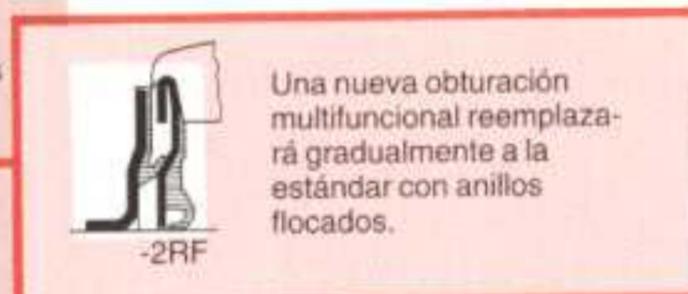
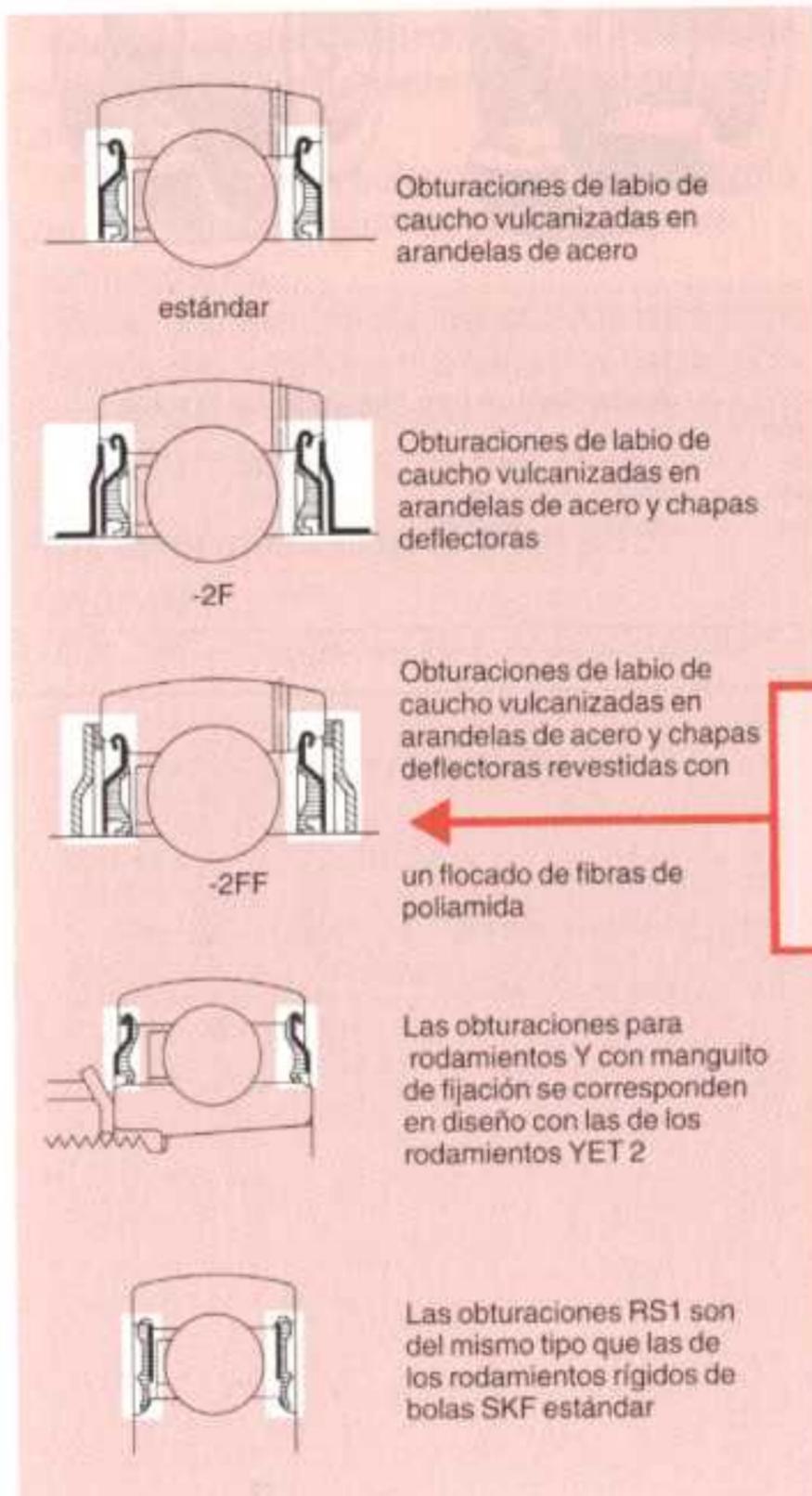
## Lubricación

Todos los rodamientos Y estándar están llenos de grasa de base lítica con propiedades antioxidantes de consistencia NLGI 3. Normalmente no necesitan relubricación. No obstante, cuando están expuestos a condiciones de humedad o contaminación, o la temperatura de funcionamiento supera los 70 °C se recomienda relubricar el rodamiento.

Todas las unidades están dotadas de engrasadores excepto las que tienen soportes de chapa de acero.

El tamaño de engrasador es el siguiente:

- Hasta e inclusive un diámetro de eje de 25 mm (1"), 1/4"-28
- Diámetro de eje superior a 25 mm (1"), rosca de gas 1/8"



# Fijación del rodamiento en el eje

## Rodamientos con anillo de fijación excéntrico

El anillo de fijación excéntrico tiene un rebaje que es excéntrico con relación al agujero. En el aro interior tiene su correspondiente sección excéntrica.

Coloque el anillo de fijación excéntrico en el aro interior y gírelo rápidamente en el sentido de rotación del eje, hasta que quede bloqueado. Apriete el prisionero con una llave exagonal.

Si no se conoce el sentido de rotación del eje, se recomienda bloquear los rodamientos situados en los dos extremos del eje en sentido opuesto.

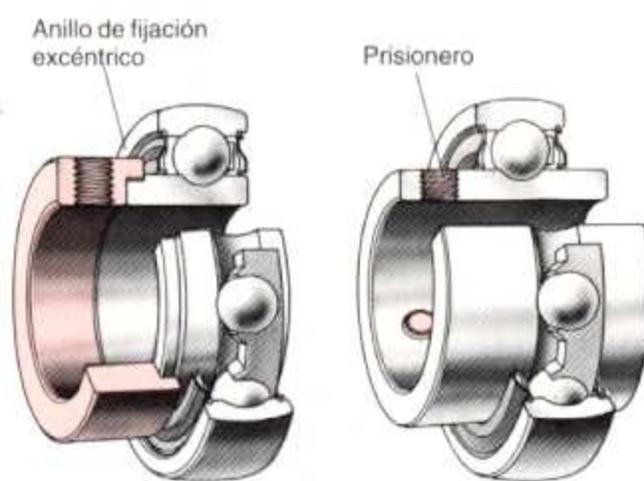
## Rodamientos con prisioneros de fijación

Fije estos rodamientos al eje apretando simplemente los prisioneros en la extensión del aro interior. Apriete con una llave exagonal.

## Tamaños de llave exagonal

Las dimensiones entre caras del exágono interior de los prisioneros aparecen en la tabla adyacente.

Si dispone de los medios para medir el par de apriete, no sobrepase los valores de la tabla de abajo.



Prisionero de fijación, llaves de gancho, pares de apriete

Diámetro del agujero d	Rodamientos con anillo de fijación excéntrico		Rodamientos con prisionero de fijación		Rodamientos con manguito de fijación		Par de apriete	
	Prisionero de fijación	Par de apriete	Prisionero de fijación	Par de apriete	Llave de gancho para apriete	Llave de gancho para sujetar	mín	máx
mm	Dimensión entre caras exágono interior	Nm	Dimensión entre caras exágono interior	Nm	mm	mm	Nm	
12	3	4	3	4	-	-	-	-
15	3	4	3	4	-	-	-	-
17	3	4	3	4	-	-	-	-
20	3	4	3	4	HN 4	HN 2	13	17
25	3	4	3	4	HN 5	HN 3	22	28
30	4	6,5	3	4	HN 6	HN 4	33	40
35	5	16,5	3	4	HN 7	HN 5	47	56
40	5	16,5	4	6,5	HN 8	HN 6	70	80
45	5	16,5	4	6,5	-	-	-	-
50	5	16,5	5	16,5	-	-	-	-
55	5	16,5	5	16,5	-	-	-	-
60	5	16,5	5	16,5	-	-	-	-
65	-	-	5	16,5	-	-	-	-
70	-	-	6	28,5	-	-	-	-
75	-	-	6	28,5	-	-	-	-
80	-	-	6	28,5	-	-	-	-
90	-	-	6	28,5	-	-	-	-
100	-	-	6	28,5	-	-	-	-

## Rodamientos con manguito de fijación

Inserte el rodamiento sobre el asiento conico del manguito de fijación empleando la tuerca. El manguito tiene un corte axial que permite obtener un ajuste de interferencia entre el rodamiento y el manguito, y el manguito y el eje. El grado de interferencia correcto se obtendrá roscando la tuerca al par que se indica en una de las tablas de las páginas 166 y 167. El par de apriete utilizado debe estar comprendido en la zona coloreada.

Si es posible, utilice una llave dinamométrica. También se puede apretar la tuerca usando dos llaves de gancho, una para apretar la tuerca y la otra para impedir que gire el manguito.

La segunda llave se introduce en la ranura que tiene el manguito en la zona roscada. Las llaves de gancho figuran en la tabla de la página anterior. Fije la arandela doblando una lengüeta en una de las ranuras de la tuerca.

Cuando se efectúe el montaje, el rodamiento se desplazará ligeramente en la dirección del calado.

Para mantener la holgura en funcionamiento correcta, no sobrepase los pares de apriete recomendados.

Esos rodamientos son adecuados para disposiciones con rotación constante o variable, donde se requiere una velocidad comparativamente alta y un funcionamiento suave.

## Rodamientos con aro interior estándar

Los rodamientos de las series 17262(00)-2RS1

Par de apriete para los prisioneros (tamaños en pulgadas)		
Dimensión del prisionero	Longitud pulg.	Par pulg.lbs
# 10-32	$\frac{3}{16}$ y más	36
$\frac{1}{4}$ "-28	$\frac{3}{16}$ $\frac{1}{4}$ y más	50 87
$\frac{3}{8}$ "-24	$\frac{1}{4}$ $\frac{3}{16}$ y más	90 165
$\frac{1}{2}$ "-24	$\frac{5}{16}$ $\frac{3}{8}$ y más	250 290
$\frac{5}{8}$ "-20	$\frac{3}{8}$ $\frac{7}{16}$ y más	350 430
$\frac{3}{4}$ "-20	$\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ y más	500 620

y 17263(00)-2RS1 se fabrican con las mismas tolerancias para el diámetro del agujero que los rodamientos rígidos de bolas estándar, y por lo tanto se fijan en el eje con un ajuste de interferencia. Siga las recomendaciones de montaje de los rodamientos rígidos de bolas en la página 138.

Estos rodamientos se fabrican de forma estándar sin agujeros de lubricación en el aro exterior pero, si así se requiere, se pueden suministrar con dos agujeros de lubricación; sufijo B en la designación. Los rodamientos son adecuados para aplicaciones de alta velocidad donde se altera el sentido de rotación.

## Placas laterales

Es posible añadir una placa en la cara de los alojamientos de fundición cuando éstos están colocados en el extremo de un eje, para proporcionar una protección adicional.

Coloque la placa en una ranura mecanizada en el alojamiento de fundición.



# Soportes para rodamientos SKF

Los soportes con sus rodamientos son conjuntos intercambiables económicos, sencillos de montar y de fácil mantenimiento.

Los soportes para rodamientos SKF se fabrican en una amplia gama de diseños y tamaños. Los diseños más populares son los soportes de pie SNH en Europa, y los soportes de pie SAF en los EE.UU. En las páginas siguientes ofrecemos información sobre cómo montar estos soportes, comenzando por los SNH en la página siguiente. Las instrucciones de montaje de los soportes SAF comienzan en la página 175.

El programa de fabricación de SKF también incluye:

- Soportes de pie de gran tamaño,
- soportes dobles,
- soportes de brida,
- soportes de pie con anillo para lubricación con aceite,

así como muchos otros soportes especiales de fundición, de fundición de grafito esferoidal y de acero moldeado, que han sido diseñados específicamente para aplicaciones concretas. A petición, facilitaremos información sobre estos soportes.



# Soportes SNH de SKF

## Un principio básico con muchas variantes

El diseño de los soportes de pie SNH se basa en un principio "modular". Esto permite numerosas opciones de rodamientos autoalineables y métodos de montaje, así como obturaciones, métodos de lubricación y sistemas de monitorización.

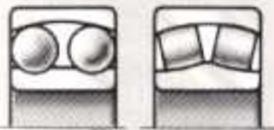
Cuando se monta un soporte en una viga con perfil "I" o "T", se pueden taladrar cuatro agujeros para tornillos en las posiciones indicadas en la base. También hay dos posiciones para los agujeros de las fijas de situación.

## Montaje del rodamiento

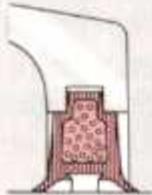
Los soportes SNH están diseñados para ser usados con rodamientos de bolas a rótula o de rodillos a rótula. Los rodamientos se pueden montar directamente sobre un manguito de fijación, o directamente sobre el eje, vea las páginas 138 a 159.

Cuando el rodamiento se monta en un manguito cónico, la magnitud del ajuste de interferencia se determina por la reducción de juego interno del rodamiento, vea las páginas 149, 156 y 157.

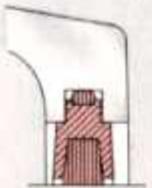
### Sistema de soporte de pie SNH de SKF



Rodamientos de bolas a rótula    Rodamientos de rodillos a rótula



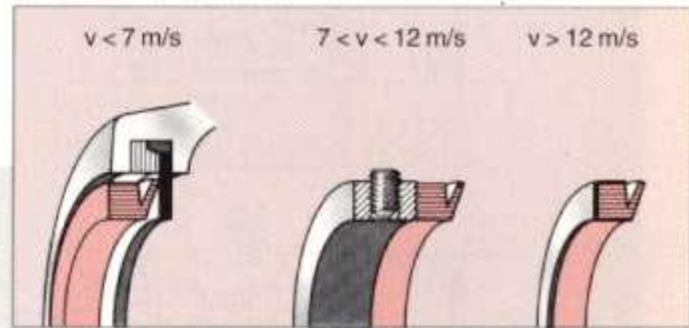
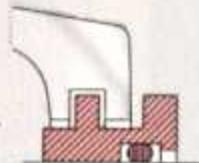
Obturación de doble labio en dos mitades fabricadas en poliuretano  $v < 8 \text{ m/s}$



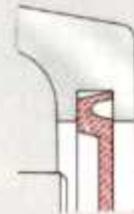
La obturación de fieltro se puede usar para lubricación con grasa hasta  $4 \text{ m/s}$

Las mitades superiores y la base no son intercambiables

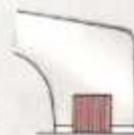
Obturaciones de laberinto para condiciones de funcionamiento severas o de alta velocidad



Las obturaciones de anillo en V proporcionan una obturación eficaz en la mayoría de las condiciones de funcionamiento



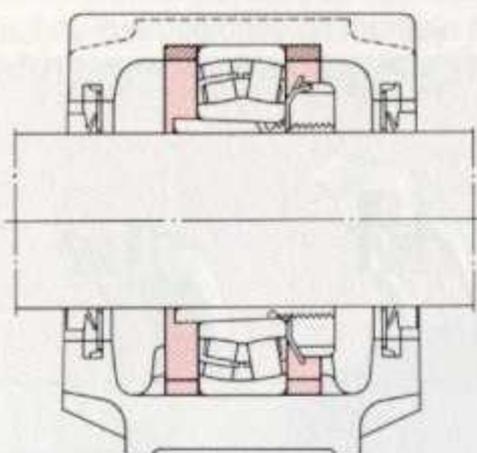
Placa lateral (extremo)



Obturación de fieltro para soportes SNH de tamaños 205 a 218, hasta  $4 \text{ m/s}$

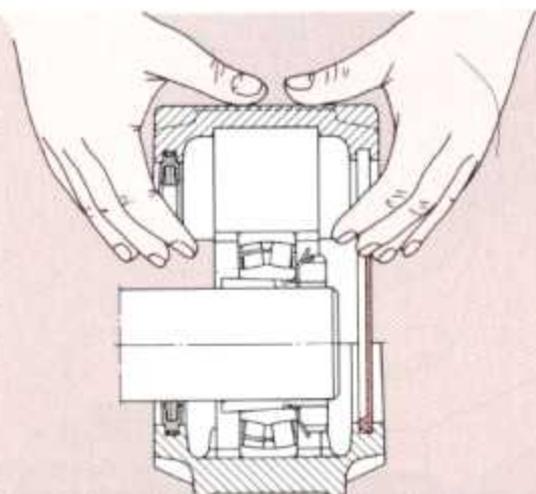
### Pares de apriete para tornillos

hasta 510-608	50 Nm
hasta 210	
511-609 a 211	80 Nm
517-613 a 217	
518-615 a 218	150 Nm
519-616 a 219	
520-617 a 220	200 Nm
524-620 a 224	
526 a 532	350 Nm



### Anillos de fijación

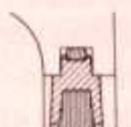
Los rodamientos previstos para fijar el eje axialmente se deben posicionar con dos anillos de fijación, uno a cada lado del rodamiento.



### Montaje de la placa lateral

La placa lateral se debe colocar en la mitad inferior del soporte, después de que el eje, completo con el conjunto de rodamiento y obturación (y anillos de fijación) haya sido instalado en la citada mitad.

### Velocidades máximas recomendadas del eje



Tipo C  
Obtura-  
ciones de  
fieltro

Tipo A  
Obtura-  
ciones de  
anillo en V

Tipo G  
Obtura-  
ciones de  
doble labio

Tipo A +  
anillos de  
apoyo axial

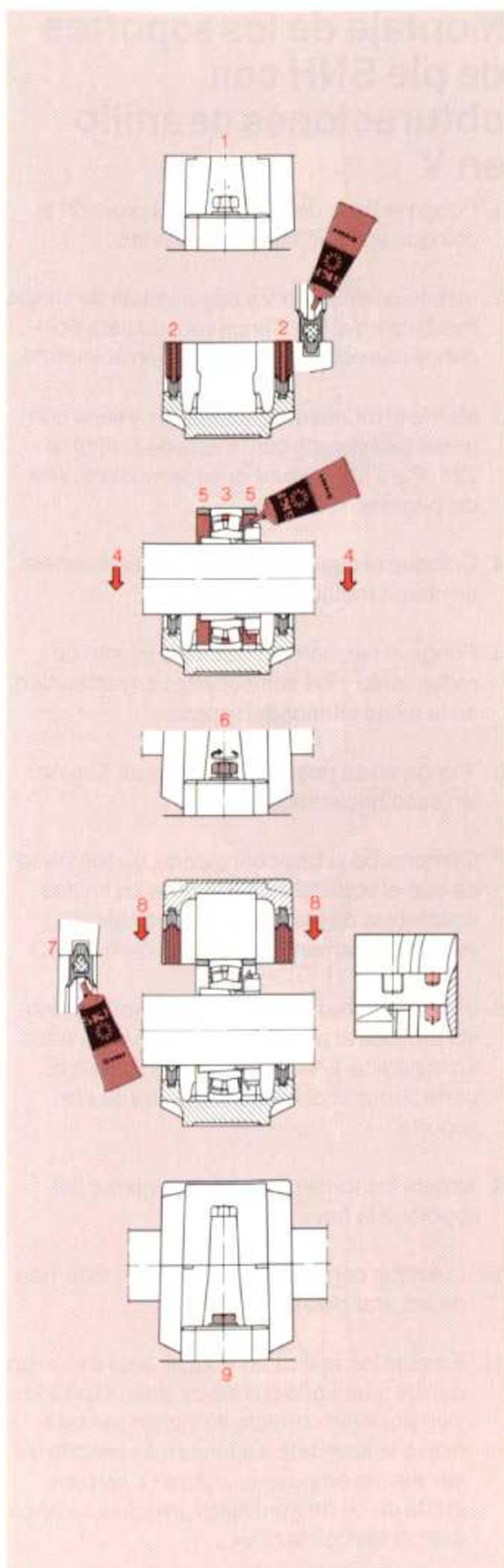
Diámetro del eje  $d_a, d_b$     Velocidad máxima recomendada del eje para obturaciones estándar del tipo

mm	r/min			
	C	A	G	A + anillos de apoyo axial
20	3 820	6 680	7 640	11 460
25	3 060	5 350	6 110	9 170
30	2 550	4 460	5 090	7 640
35	2 180	3 820	4 360	6 550
40	1 910	3 340	3 820	5 730
45	1 700	2 970	3 390	5 090
50	1 530	2 670	3 060	4 580
55	1 390	2 430	2 780	4 170
60	1 270	2 230	2 550	3 820
65	1 180	2 060	2 350	3 530
70	1 090	1 910	2 180	3 270
75	1 020	1 780	2 040	3 050
80	960	1 670	1 910	2 870
85	900	1 570	1 800	2 700
90	850	1 490	1 700	2 550
95	800	1 410	1 610	2 410
100	760	1 340	1 530	2 290
110	690	1 220	1 390	2 080
115	660	1 160	1 330	1 990
120	640	1 110	1 270	1 910
125	610	1 070	1 220	1 830
130	590	1 030	1 180	1 760
135	570	990	1 130	1 700
140	550	960	1 090	1 640
145	530	920	1 050	1 580
150	510	890	1 020	1 530
155	490	860	990	1 480
160	480	840	960	1 430
165	460	810	930	1 390
170	450	790	900	1 350

Para velocidades más altas, utilice obturaciones de laberinto

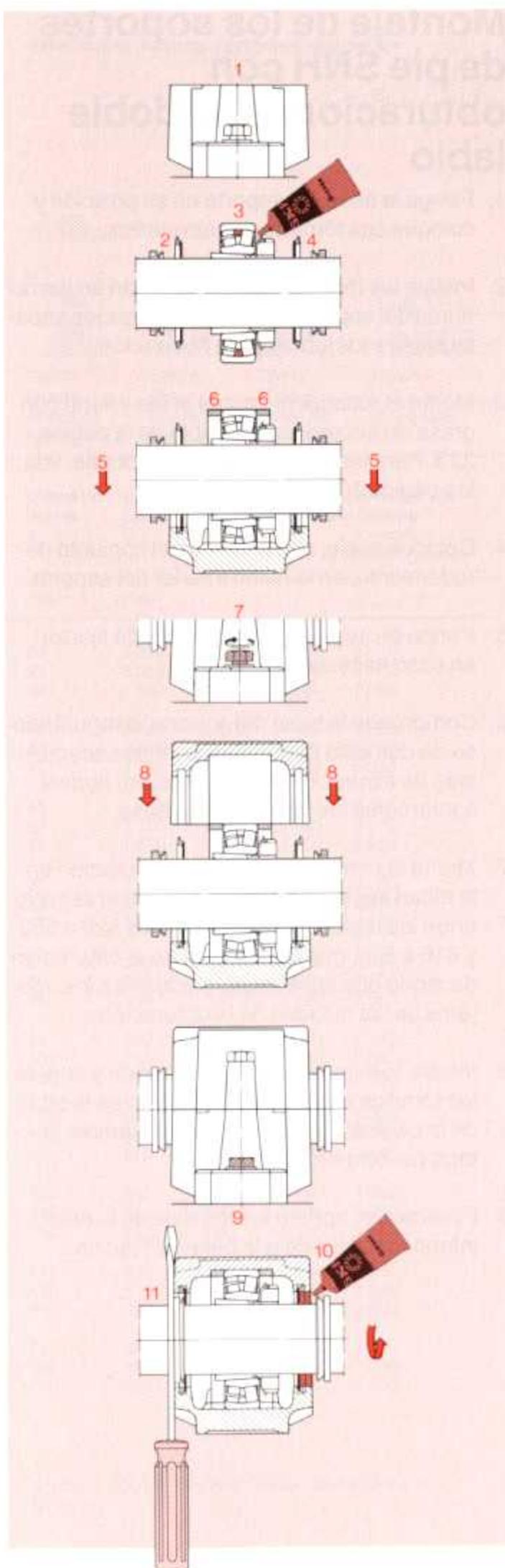
## Montaje de los soportes de pie SNH con obturaciones de doble labio

1. Ponga la base del soporte en su posición y coloque sus tornillos, sin apretarlos.
2. Instale las mitades de la obturación en las ranuras del soporte, y llene con grasa los espacios entre los labios de la obturación.
3. Monte el rodamiento sobre el eje y llene con grasa de acuerdo con la tabla de la página 223. Para las instrucciones de montaje, vea las página 138 a 159.
4. Coloque el eje, completo con el conjunto de rodamiento, en la mitad inferior del soporte.
5. Ponga en su posición los anillos de fijación, en caso necesario.
6. Compruebe la base del soporte, asegurándose de que está dentro de los límites aceptables de alineación. A continuación, apriete ligeramente los tornillos de la base.
7. Monte las otras mitades de la obturación en la mitad superior y llene con grasa el espacio entre los labios. Para los tamaños 528 a 532 y 616 a 620, gire las mitades de la obturación de modo que las espigas encajen en los agujeros de las mitades de la obturación.
8. Instale la mitad superior del soporte y apriete los tornillos al par recomendado, vea la tabla de la página 170. ¡Nota! No intercambie la tapa por otra de otro soporte.
9. Finalmente, apriete los tornillos de la mitad inferior del soporte a la base de fijación.



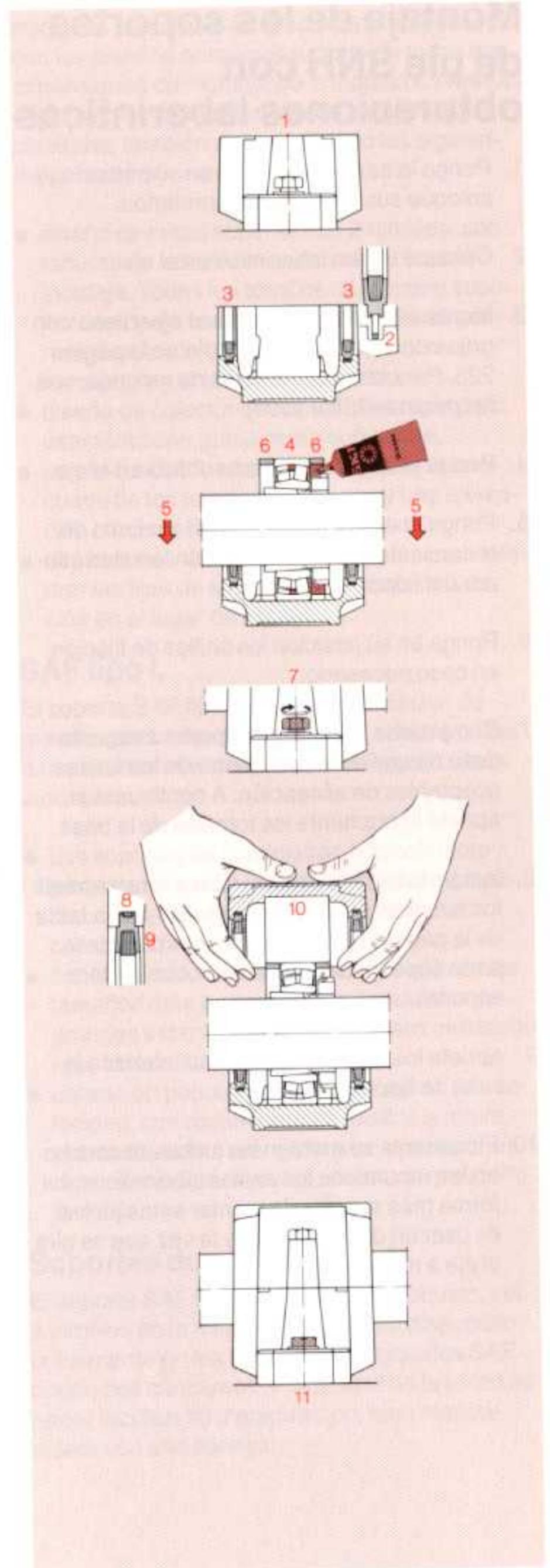
# Montaje de los soportes de pie SNH con obturaciones de anillo en V

1. Ponga la base del soporte en su posición y coloque sus tornillos, sin apretarlos.
2. Instale un anillo en V y una arandela de chapa metálica en el eje. Tenga cuidado para colocarlos correctamente con relación al soporte.
3. Monte el rodamiento sobre el eje y llene con grasa de acuerdo con la tabla de la página 223. Para las instrucciones de montaje, vea las páginas 138 a 159.
4. Coloque el segundo anillo en V y la arandela de chapa metálica en el eje.
5. Ponga el eje, completo con el conjunto de rodamiento y los componentes de obturación, en la mitad inferior del soporte.
6. Ponga en su posición los anillos de fijación, en caso necesario.
7. Compruebe la base del soporte, y asegúrese de que el soporte está dentro de los límites aceptables de alineación. A continuación, apriete ligeramente los tornillos de la base.
8. Instale la mitad superior del soporte y apriete los tornillos al par recomendado, vea la tabla en la página 170. ¡Nota! No intercambie la parte superior del soporte por otra de otro soporte.
9. Apriete los tornillos de la mitad inferior del soporte a la base de fijación.
10. Lubrique con grasa las superficies externas de las arandelas.
11. Empuje los anillos en V axialmente a lo largo del eje hasta que sus labios estén alineados y en posición correcta de trabajo con relación a la arandela. La forma más sencilla de hacerlo es empujar el anillo en V con una punta de un destornillador, mientras se hace girar el eje con la mano.



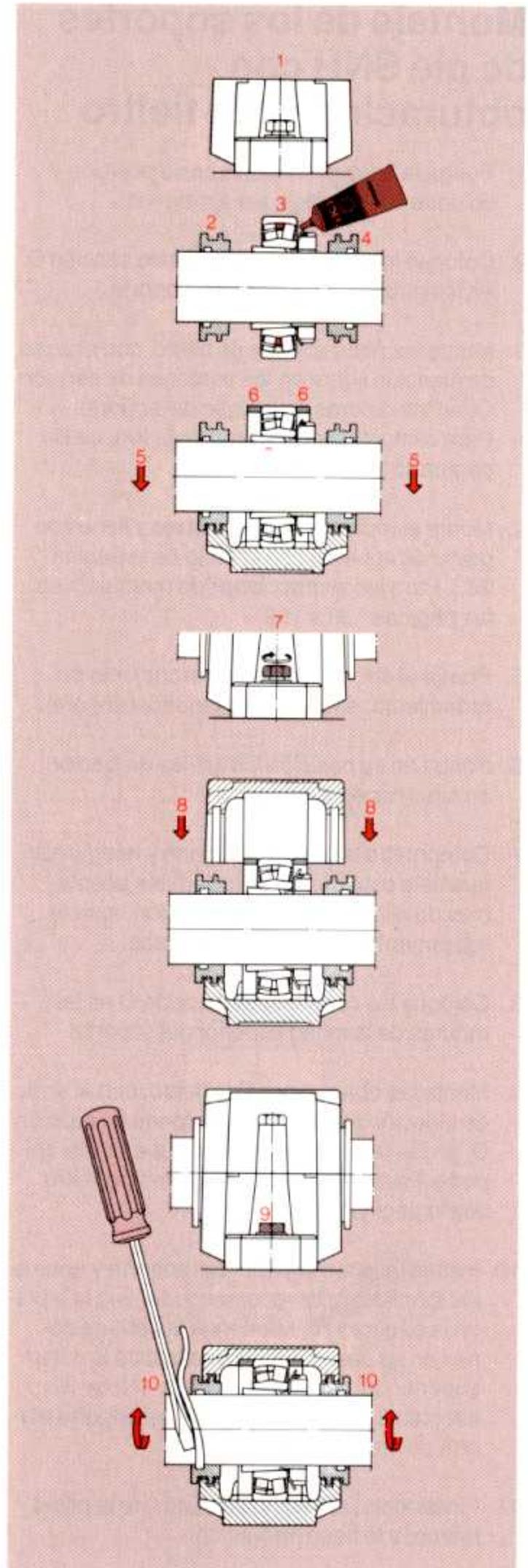
## Montaje de los soportes de pie SNH con obturaciones de fieltro

1. Ponga la base del soporte en su posición y coloque sus tornillos, sin apretarlos.
2. Coloque los cordones de goma de sección O en las ranuras de la base del soporte.
3. Monte las obturaciones de fieltro, con el anillo de aleación ligera en los cordones de sección O, en las ranuras de la base del soporte. Para el montaje de las tiras de fieltro, vea la página 132.
4. Monte el rodamiento sobre el eje y llene con grasa de acuerdo con la tabla de la página 223. Para las instrucciones de montaje, vea las páginas 138 a 159.
5. Ponga el eje, completo con el conjunto de rodamiento, en la mitad inferior del soporte.
6. Ponga en su posición los anillos de fijación, en caso necesario.
7. Compruebe la base del soporte y asegúrese que éste está dentro de los límites aceptables de alineación. A continuación, apriete ligeramente los tornillos de la base.
8. Coloque los cordones de sección O en las ranuras de la mitad superior del soporte.
9. Monte las obturaciones de fieltro, con el anillo de aleación ligera en los cordones de sección O, en las ranuras de la mitad superior del soporte. Para el montaje de las tiras de fieltro, vea la página 132.
10. Instale la mitad superior del soporte y apriete los tornillos al par recomendado, vea la tabla en la página 170. Mantenga las obturaciones en su posición mientras instala la mitad superior del soporte en la base. ¡Nota! No intercambie la parte superior del soporte por otra de otro soporte.
11. Finalmente, apriete los tornillos de la mitad inferior a la base de fijación.



# Montaje de los soportes de pie SNH con obturaciones laberínticas

1. Ponga la base del soporte en su posición y coloque sus tornillos, sin apretarlos.
2. Coloque un aro laberíntico en el eje.
3. Monte el rodamiento sobre el eje y llene con grasa de acuerdo con la tabla de la página 223. Para las instrucciones de montaje, vea las páginas 138 a 159.
4. Ponga el segundo aro laberíntico en el eje.
5. Ponga el eje, completo con el conjunto de rodamiento y los laberintos, en la mitad inferior del soporte.
6. Ponga en su posición los anillos de fijación, en caso necesario.
7. Compruebe la base del soporte, asegurándose de que éste está dentro de los límites aceptables de alineación. A continuación, apriete ligeramente los tornillos de la base.
8. Instale la mitad superior del soporte y apriete los tornillos al par recomendado, vea la tabla de la página 170. ¡Nota! No intercambie la parte superior del soporte por otra de otro soporte.
9. Apriete los tornillos de la mitad inferior a la base de fijación.
10. Finalmente se montan las juntas de caucho en las ranuras de los anillos laberínticos. La forma más sencilla de montar estas juntas es usar un destornillador a la vez que se gira el eje a mano.



# Soportes de pie SAF de SKF

## Una gama de posibilidades

El diseño de los soportes de pie SAF se basa en un principio "modular". Esto permite numerosas opciones de rodamientos autoalineables y métodos de montaje, así como obturaciones, métodos de lubricación y sistemas de monitorización.

A continuación se describen los tipos de soportes que tienen características especiales:

### SAF tipo A

Aprovechando las ventajas de los avances tecnológicos en diseño y fabricación, el soporte tipo A de SKF ofrece un diseño muy eficaz mecánicamente, con una capacidad de carga ascendente notablemente mejorada para una mayor seguridad y fiabilidad con un mínimo de peso de material. De aspecto moderno y funcional, y con una opción de variantes de montaje de 2 o 4 tor-

nillos, los soportes SAF A son intercambiables con los diseños anteriores y cumplen todas las dimensiones de montaje de la industria. Además de su excelente resistencia con carga radial hacia arriba, también se han añadido las siguientes características:

- diseño de mitad superior con 2 tornillos, con ranuras de apalancar para facilitar su desmontaje. Todos los tornillos de la mitad superior son de un material termotratado de gran resistencia a la tracción para ofrecer mejor resistencia y la máxima seguridad,
- diseño de colector de lubricante amplio para usar tanto con grasa como con aceite,
- un pie cuadrado plano para un asiento adecuado de los tornillos de la base y una alineación correcta durante la instalación,
- depresiones de fundición en la base para talar las fijaciones de situación durante la instalación en el lugar de trabajo.

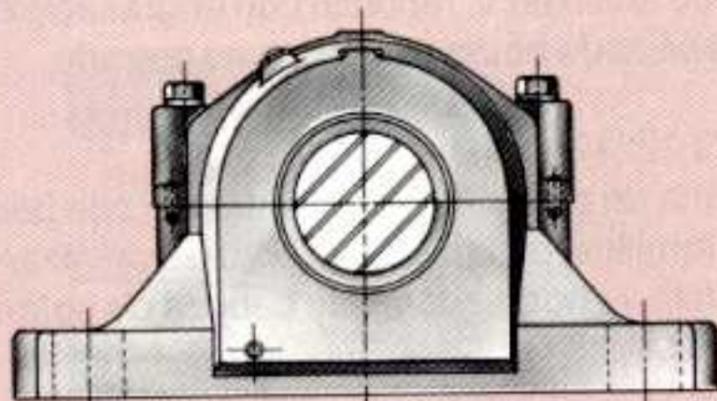
### SAF tipo L

El soporte SAF tipo L es el diseño clásico de mitad superior con 2 tornillos que estableció las dimensiones intercambiadas SAF dentro de la industria:

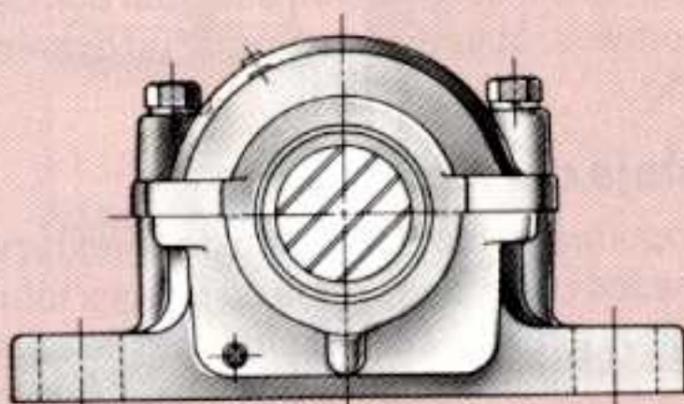
- Los soportes se suministran normalmente para montaje sencillo en una base de 2 tornillos, con montaje para base de 4 tornillos como opción,
- soportes de fundición disponibles sólo en los tamaños más pequeños. Los tamaños más grandes están disponibles en acero moldeado resistente a los golpes,
- utilización popular en aplicaciones de alta velocidad, con rodamiento de rodillos a rótula montados sobre manguito o en aplicaciones de rodamientos de bolas a rótula de pequeño tamaño.

### Soportes de pie SAF tipo N

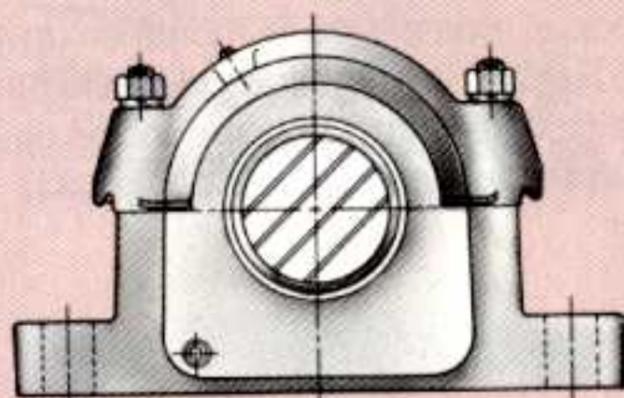
El soporte SAF tipo N es un diseño robusto, con 4 tornillos en la mitad superior. Está disponible únicamente en los tamaños más grandes SAF, donde dos cáncamos a cada lado de la mitad superior facilitan su manipulación, bien manualmente con una eslinga.



SAF tipo A



SAF tipo L



SAF tipo N

- Sólo disponibles con base de 4 tornillos para vigas con perfil I, así como para montaje convencional,
- apoyo de pie extra pesado con una superficie superior plana y lisa para un asiento adecuado de los tornillos,
- disponibles como una variación del soporte de pie SAW de "fundición ancha" para acomodar los rodamientos de rodillos a rótula de la serie 232 o proporcionar un mayor recorrido axial con la serie 222.

## Nomenclatura de los soportes de pie partidos

### Fundición

Prefijo

SAF

- └─ Obturación laberíntica
- └─ Dimensión en pulgadas
- └─ Soporte de pie estándar

FSAF

- └─ Cuatro tornillos – se usa sólo cuando es opcional una base de 2 o 4 tornillos

### Fundición

Prefijo

SAFS

- └─ Fundición

Nota:

Use el sufijo -11 para indicar una base de 4 tornillos en acero, cuando sea opcional una base de 2 o 4 tornillos.

Series básicas		
Soporte de pie completo Serie	Sólo soporte de pie Serie	Rodamiento básico Serie
SAF 222	SAF 2	222
SAF 223	SAF 3	223
SAF 225	SAF 5	222
SAF 226	SAF 6	223
SAF 230 KA	SAF 0 KA	230 K
SAF 13	SAF 3	13
SAF 15	SAF 5	12 K
SAF 16	SAF 6	13 K

## Sufijos comunes

- F Obturación de laberinto tipo LER en acero
- T Conjunto de obturación Taconite con obturación rozante de eje
- TV Conjunto de obturación Taconite con obturación rozante de anillo en V
- TA o TVA Obturación Taconite con engrasador de "cabeza de botón"
- TB o TBV Obturación Taconite con engrasador de "cabeza de botón gigante"
- Y Soporte de pie con un extremo cerrado con un tapón EPR
- U Soporte de pie suministrado sin obturaciones
- 210 Obturaciones de contacto moldeadas en lugar de obturaciones laberínticas

### Ejemplos

SAF 22520 TVAY

Soporte de pie de fundición estándar con manguito para eje de 3 7/16", equipado con obturación de anillo en V Taconite con engrasadores de cabeza de botón y un extremo cerrado.

SAFS 22217-11 TB

Soporte de pie de fundición estándar con base de 4 tornillos, equipado con obturación rozante Taconite y engrasadores de cabeza de botón gigante.

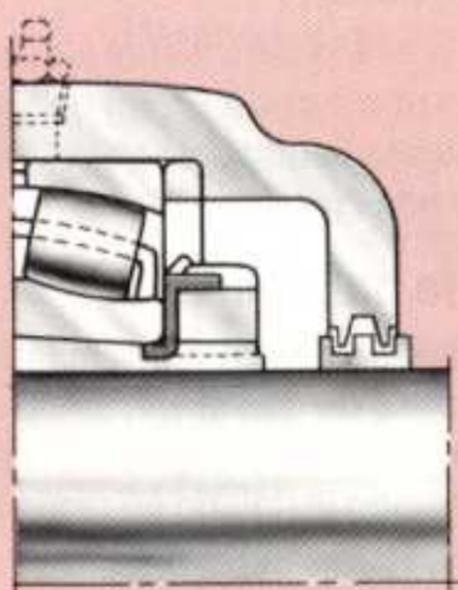
FSAF 22520-210 Y

Soporte de pie de fundición estándar con base de 4 tornillos, obturación rozante, un extremo cerrado.

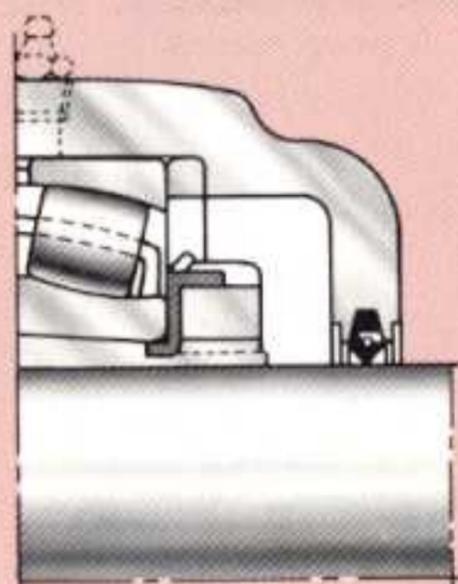
## Montaje del rodamiento

Los soportes de pie SAF están diseñados para ser usados con rodamientos de bolas a rótula o de rodillos a rótula. Los rodamientos se pueden montar sobre un manguito de fijación, vea las páginas 181 y 182, o directamente sobre el eje, vea la página 183.

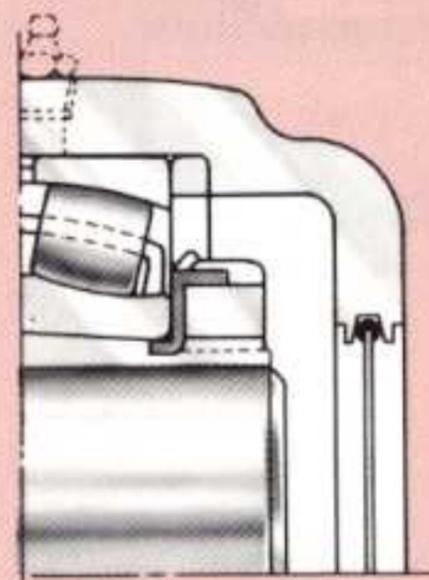
Cuando el rodamiento se monta en un manguito de fijación, la magnitud del ajuste de interferencia se determina por la reducción de juego interno del rodamiento, vea la página 33.



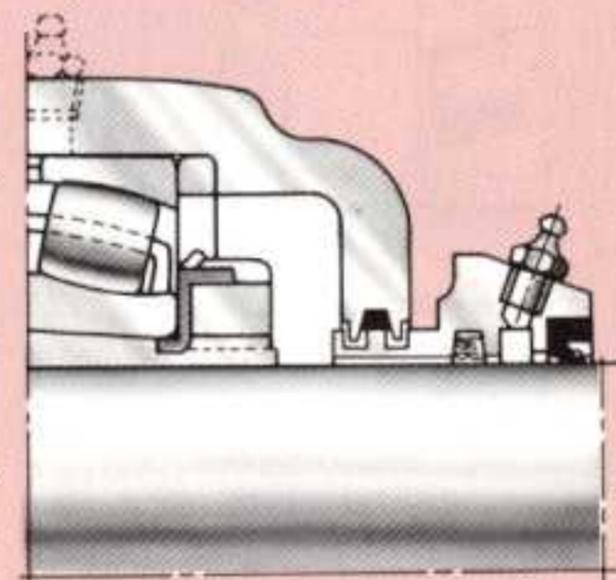
Obturación laberíntica



Obturación rozante



Obturación de tapa lateral



Obturación TER Taconite

## Obturaciones y cierres para soportes de pie partidos

### Obturación LER de laberinto

- Obturación estándar en los soportes de pie partidos
- Obturación rotativa de laberinto enteriza
- Tolerancia estrecha de funcionamiento entre las superficies del eje y del soporte
- Proporciona protección contra los contaminantes
- Material de aluminio resistente a las chispas

### Obturación rozante

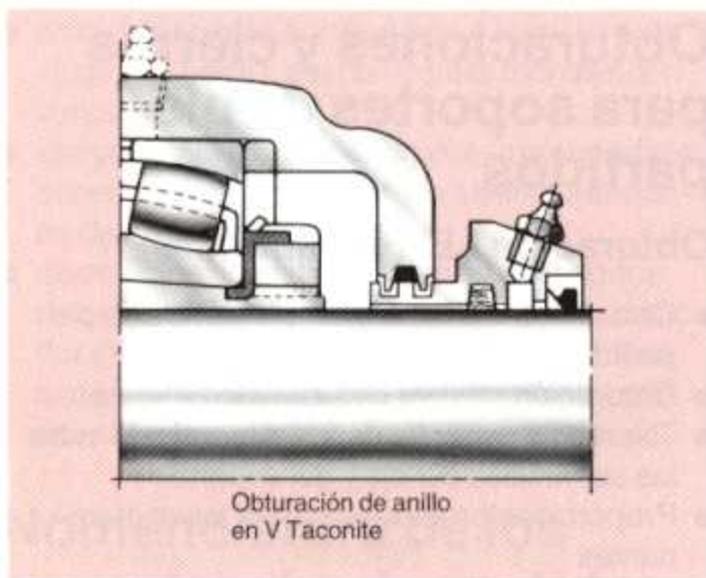
- Obturación de caucho nitrilo enteriza
- Contacto positivo incluso en condiciones de desalineación
- Moldeada especialmente para encajar en el centro del laberinto del soporte
- Para usar en ambientes con suciedad, polvo y humedad

### Tapón final

- Tira de caucho nitrilo extruido montada sobre una placa de metal
- Diseñada para dar un ajuste positivo en el centro del laberinto del soporte
- Proporciona un cierre perfecto

### Obturación TER Taconite

- Obturación auxiliar, incorpora tres obturaciones en una:
  - a) obturación rozante exterior radial del eje.
  - b) obturación interior de fieltro.
  - c) cavidad de grasa con engrasador para expulsar los contaminantes
- Diseñada para funcionar en ambientes abrasivos, con polvo, suciedad y humedad. Ideal para usar en minas, canteras y otras aplicaciones severas
- Proporciona una retención efectiva del lubricante para un funcionamiento más eficaz del rodamiento
- La grasa se purga a través de la obturación exterior durante el reengrase de la obturación Taconite, para expulsar los contaminantes



### Obturación de anillo en V Taconite

- Obturación auxiliar, incorpora tres obturaciones en una:
  - a) obturación exterior radial de anillo en V ,para un desgaste mínimo del eje,
  - b) obturación interior de fieltro,
  - c) cavidad de grasa con engrasador para expulsar los contaminantes
- Diseñada para funcionar en ambientes abrasivos, con polvo, suciedad y humedad. Ideal para usar en minas, canteras y otras aplicaciones severas
- Proporciona una retención efectiva del lubricante para un funcionamiento más eficaz del rodamiento
- La grasa se purga a través de la obturación exterior durante el reengrase de la obturación Taconite, para expulsar los contaminantes

Para los números de referencia de las obturaciones y los límites de velocidad, consulte las páginas 188 a 197. Para las instrucciones de montaje, consulte las páginas 179, 180, 185 y 186.

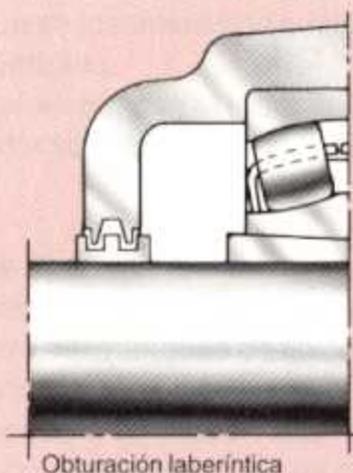
### Anillos de fijación

Un rodamiento previsto para fijar el eje debe ser posicionado con uno o dos anillo(s) de fijación (anillos guía), dependiendo del tipo de rodamiento utilizado en el soporte.

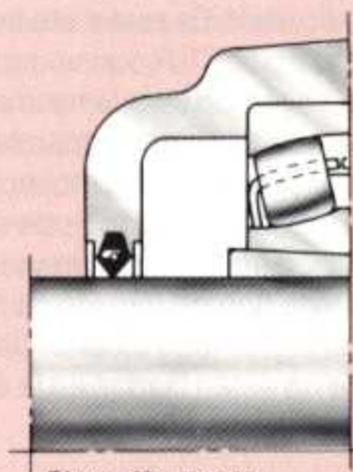
### Montaje de la placa final

La placa final se debe colocar en la mitad inferior del soporte después de que el eje, completo con el conjunto de rodamiento y obturación (y anillos de fijación), haya sido instalado en dicha mitad.

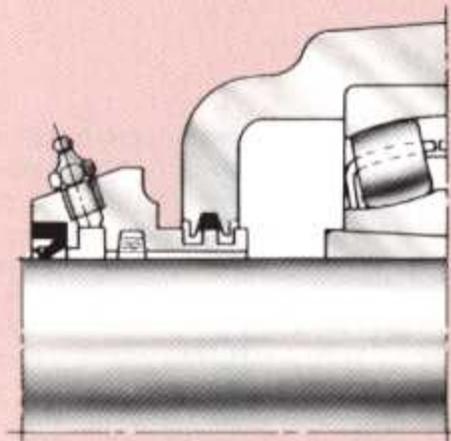
### Obturación interior



Obturación laberíntica



Obturación rozante



Obturación TER Taconite

## Instrucciones de montaje para soporte de pie partido

### Selección de la obturación interior

Determine qué tipo de obturación se usa en el soporte de pie y siga las instrucciones que se ofrecen a continuación.

Antes de montar la obturación, asegúrese de que el eje está limpio. Elimine todas las rebabas y compruebe el diámetro del eje con las especificaciones del plano.

### Montaje de las obturaciones interiores

#### Obturación laberíntica

Deslice la obturación sobre el eje. Esta obturación se desplazará libremente a su posición.

#### Obturación rozante

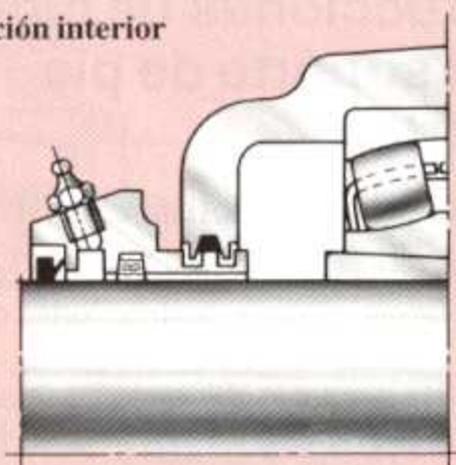
Lubrique el eje con aceite. Aplique grasa en el labio de la obturación y deslícela en el eje hasta su posición aproximada. Las obturaciones se pueden montar en cualquier posición con el labio mirando hacia el exterior, como se indica en la ilustración, para impedir que entre contaminación y permitir que se purgue el lubricante, o con el labio mirando hacia el interior para impedir que salga el lubricante y que entre suciedad. La dirección del labio de la obturación depende de la aplicación y/o de la preferencia del cliente. Para la mayor parte de las aplicaciones lubricadas con grasa, el labio debe mirar hacia el exterior.

#### Obturación TER Taconite\*)

Lubrique el eje con aceite. Aplique grasa en el agujero del cartucho de obturación, llenando la cavidad entre las obturaciones y lubricando el agujero de la obturación de fieltro y el labio de la obturación rozante. Es preferible llenar la cavidad de la obturación TER con una grasa fibrosa; no obstante, se puede usar la misma grasa que la empleada para lubricar el rodamiento. Si el extremo del eje no tiene un bisel de entrada puede resultar práctico aplanar el agujero de la obturación de fieltro con un instrumento plano para ayudar a introducir el fieltro en el extremo del

\*) Vea la Nota en la página siguiente

## Obturación interior



Obturación TER-V Taconite

eje. Deslice con cuidado el conjunto de cartucho de obturación, primero la obturación rozante sobre el eje, hasta la posición aproximada de montaje.

Asegúrese de que los lóbulos de la extrusión de caucho en el diámetro exterior de la obturación Taconite no están fijados en la divisoria del soporte.

### Obturación TER-V Taconite\*)

Lubrique el eje con aceite. Si el extremo del eje no tiene un bisel de entrada puede resultar práctico aplanar el agujero de la obturación de fieltro con un instrumento plano para ayudar a introducir el fieltro en el extremo del eje. Deslice la obturación de anillo en V sobre el eje hasta la posición aproximada, con el labio de la obturación mirando hacia el rodamiento. Mida la profundidad de la ranura de la obturación de anillo en V en el cartucho de obturación y tome nota de ella.

Aplique grasa en el agujero del cartucho de obturación llenando la cavidad entre las obturaciones y lubricando el agujero de la obturación de fieltro y la cara vertical de la cavidad de obturación con la que hará contacto el labio de la obturación de anillo en V. Es preferible llenar la cavidad de la obturación TER con una grasa fibrosa; no obstante, se puede usar la misma grasa que la empleada para lubricar el rodamiento. Deslice con cuidado el conjunto de cartucho de obturación, primero la obturación rozante sobre el eje, hasta la posición aproximada de montaje.

Asegúrese de que los lóbulos de la extrusión de caucho en el diámetro exterior de la obturación Taconite no están fijados en la divisoria del soporte.

### \*) Nota

Debido a las variaciones de tolerancia entre los soportes de pie actuales y los fabricados antes de la aparición de los cartuchos de obturación T y TV, se recomienda que los clientes que compran sólo obturaciones TER y TER-V monten los cartuchos de obturación en el soporte antes del montaje real sobre el eje, asegurándose de que los tornillos de fijación están correctamente apretados. Durante la inspección se debe comprobar que una galga de 0,51 mm (0.002") no puede ser insertada en la divisoria de la tapa y la base.

Cuando se montan soportes de pie utilizando obturaciones Taconite se ha de tener cuidado, ya que

estas obturaciones están diseñadas con unas tolerancias estrechas de funcionamiento para proporcionar la máxima eficacia de obturado, y por tanto, no pueden tolerar una gran desalineación del eje. El movimiento máximo del eje en el área de obturación no puede exceder de 0.030" por cara desde la línea central verdadera del rodamiento, o un movimiento total del eje de 0.060". Una desalineación por encima de esta cifra dañará la obturación y reducirá su eficacia.

Las instrucciones de montaje de las obturaciones exteriores son las mismas que para las obturaciones interiores, ver página 179.

## Montaje de un rodamiento sobre manguito de fijación

No quite el compuesto antioxidante del rodamiento ya que se mezclará con cualquier grasa o aceite de petróleo.

Antes de proceder con el montaje, consulte la página anterior sobre el montaje de la obturación interior.

### Manguito de fijación

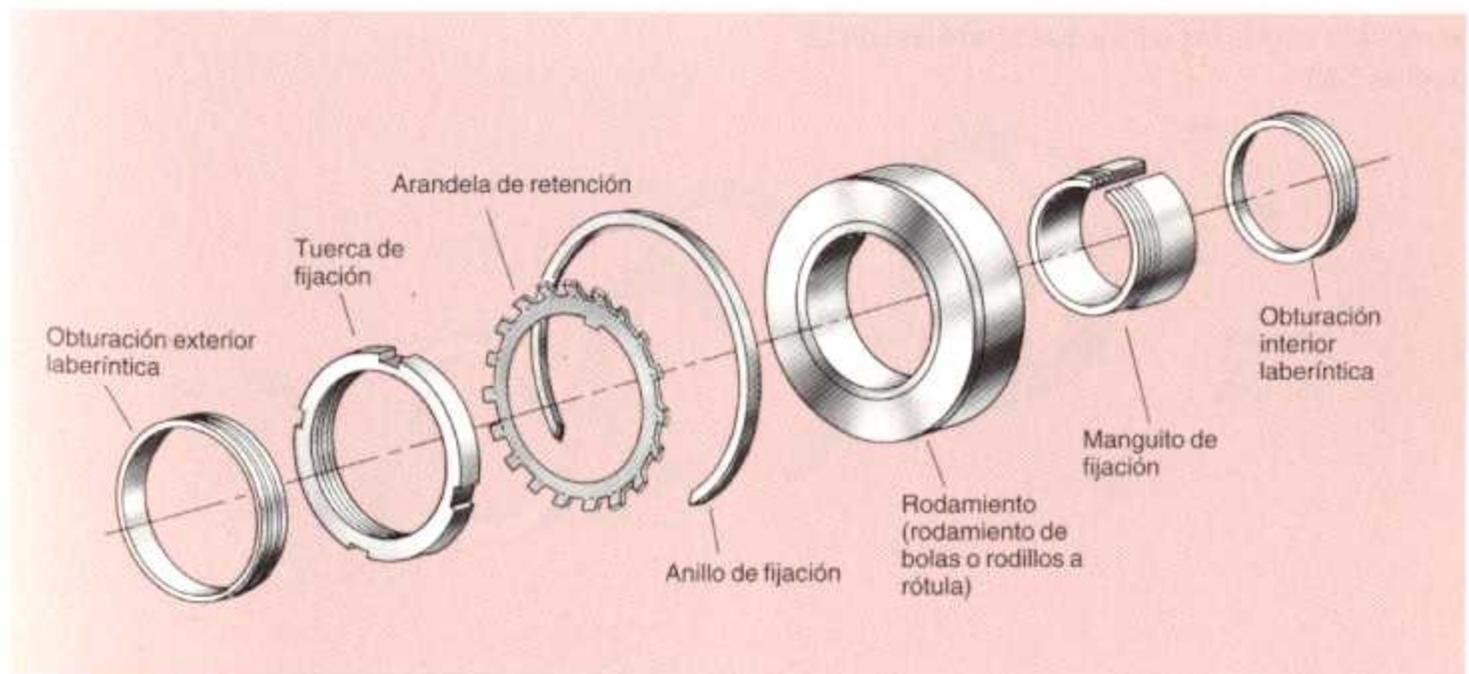
Limpie el aceite del eje para evitar que se transfiera al agujero del manguito de fijación. Coloque el manguito de fijación en el eje, con la rosca hacia el exterior como se indica, hasta la posición aproximada con respecto a la línea central requerida del rodamiento. Aplicando aceite fino en la superficie del diámetro exterior del manguito se facilita el montaje y desmontaje del rodamiento.

### Rodamientos de bolas a rótula

Monte el rodamiento en el manguito de fijación, comenzando con el agujero grande del aro interior para que coincida con el cono del manguito. Con el rodamiento apretado a mano en el manguito, fijelo en la posición axial adecuada del eje. (**No ponga la arandela de retención de momento ya que se podría dañar durante el procedimiento de calado.**)

Ponga la tuerca de fijación con la cara achaflanada hacia el rodamiento, después de lubricar la cara que hará contacto con el rodamiento. Apriete la tuerca a mano con una llave hasta que el manguito de fijación no pueda moverse axialmente ni girar sobre el eje. A continuación, golpee la llave con un martillo hasta que la tuerca de fijación haya girado 90° o 1/4 de vuelta en el manguito de fijación.

**Precaución:** Un manguito de fijación flojo puede hacer que el aro interior gire sobre dicho manguito y/o el manguito gire en el eje. Para asegurarse que la tuerca no está excesivamente apretada, cerciórese de que el aro exterior del rodamiento gira libre. Cuando monte un rodamiento con ajuste normal, al ladear el aro exterior se producirá una ligera resistencia. Si el rodamiento tiene un juego C3, el aro exterior se ladeará libremente.



### Rodamientos de rodillos a rótula

Mida el juego radial interno sin montar, insertando galgas cada vez de mayor tamaño en toda la longitud del rodillo entre el rodillo descargado más vertical y el aro exterior. **No** haga rodar la galga a través de la holgura; deslícela a través de ella. Tome nota de la medida de la galga de mayor tamaño que puede deslizarse. Este es el juego radial interno sin montar.

Monte el rodamiento en el manguito de fijación, comenzando con el agujero grande del aro interior para que coincida con el cono del manguito. Con el rodamiento apretado a mano en el manguito, fíjelo en la posición axial adecuada del eje. (**No** ponga la arandela de retención de momento ya que se podría dañar durante el procedimiento de calado.) Coloque la tuerca de fijación con la cara achaflanada hacia el rodamiento. Lubrique la cara de la tuerca de fijación donde hará contacto con la cara del aro interior del rodamiento para facilitar el montaje en los tamaños más grandes.

En los rodamientos de gran tamaño hay que usar una llave de impacto robusta y un martillo para obtener la reducción necesaria de juego radial interno. Una tuerca hidráulica SKF facilita el montaje de los rodamientos grandes. No intente apretar la tuerca de fijación con un martillo y un botador. La tuerca de fijación se dañará y pueden entrar virutas en el rodamiento. En los tamaños grandes será imposible apretar suficientemente la tuerca de fijación con un botador. Apriete la tuerca de fijación y mida el juego radial interno con galgas entre el rodillo descargado más vertical y el aro exterior, hasta que el juego radial interno sea menor que el valor previamente medido según las cifras que aparecen en la página 330.

**Precaución:** Si el manguito queda flojo, puede dar lugar a que el aro interior gire sobre dicho manguito y/o éste sobre el eje. Para asegurar que la tuerca no está excesivamente apretada, compruebe la reducción del juego interno.

### Tuerca de fijación y arandela de retención

Desmonte la tuerca de fijación y monte la arandela de retención en el manguito, con la pestaña de la arandela hacia la cara del rodamiento y fijada en la ranura del manguito de fijación. Monte de nuevo la tuerca y apriétela. (No introduzca el rodamiento más en el cono, ya que se reduciría el juego radial interno previamente asegurado. Compruebe que el juego radial interno no ha cambiado.) Localice la lengüeta de la arandela de retención más próxima a la ranura de la tuerca de fijación. Si la ranura está ligeramente más allá de la lengüeta, no afloje la tuerca sino apriétela hasta que coincida con otra lengüeta.

## Montaje de un rodamiento sobre asiento cilíndrico

No quite el compuesto antioxidante del rodamiento ya que se mezclará con cualquier grasa o aceite de petróleo.

Antes de proceder con el montaje, consulte la página anterior sobre el montaje de la obturación interior.

### Rodamiento

Para calar rodamientos pequeños en el eje, instale un tubo limpio sobre éste de modo que descansa sobre el aro interior. Antes de aplicar presión al rodamiento, aplique una capa de grafito micronizado en el eje y en el agujero del rodamiento. Asegúrese que el rodamiento está centrado sobre el eje y después aplique presión usando un martillo o una prensa de husillo. Para montar rodamientos de mayor tamaño, que no se calan fácilmente en el eje, caliente el rodamiento a una temperatura máxima de 125 °C. Coloque soportes debajo del rodamiento para aislarlo del fondo del contenedor e impedir que se caliente en exceso. El rodamiento se puede calentar en aceite limpio o en una emulsión de 15 % de aceite soluble durante un tiempo de 30 minutos a 1 hora, dependiendo de su tamaño. Alternativamente, para calentar el rodamiento se puede usar una estufa de temperatura controlada o un calentador por inducción, pero sólo

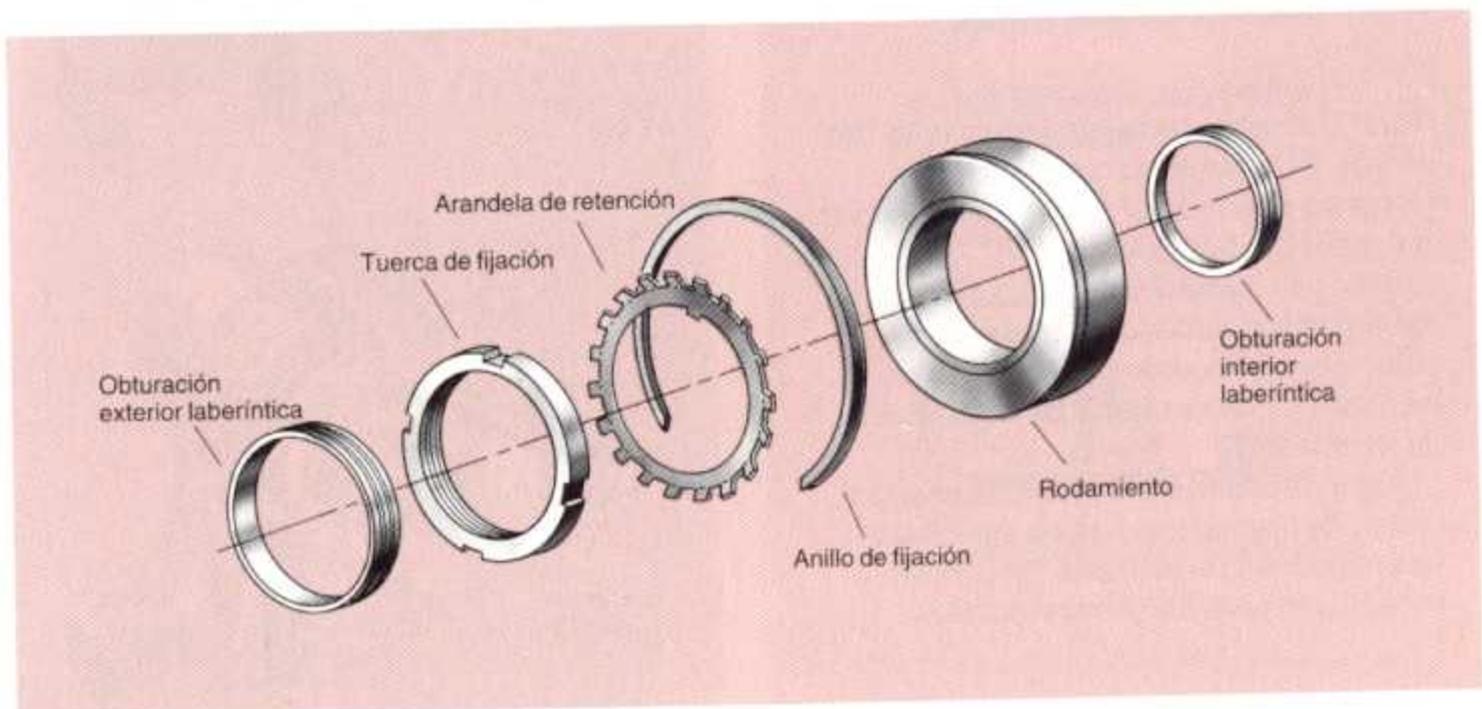
el tiempo suficiente para dilatar el agujero del rodamiento para el montaje y en ningún caso durante más de 4 horas. Para calentar el baño de aceite se puede usar una placa caliente. El rodamiento no se debe calentar en ningún caso con una llama. Monte el rodamiento firmemente contra el apoyo del eje. Mantenga el rodamiento en posición hasta que agarre, para impedir que el rodamiento pierda su posición correcta contra el apoyo del eje.

### Arandela de retención

Monte la arandela de retención sobre la rosca del eje, con la pestaña hacia la cara del rodamiento y fíjela en la ranura en el eje.

### Tuerca de fijación

Ponga la tuerca de fijación con la cara achaflada hacia el rodamiento. Apriete con una llave y un martillo hasta que el rodamiento esté asentado firmemente contra el apoyo del eje. Doble una de las lengüetas de la arandela de retención en una ranura de la tuerca. Puede que sea necesario apretar un poco más la tuerca para acoplar la lengüeta de la arandela de retención. Moviendo ligeramente la tuerca se alineará una ranura con la lengüeta.



## Montaje de los conjuntos de rodamiento y obturación en el soporte

Se ha de tener en cuenta la obturación exterior que se va a utilizar. Consulte la página siguiente sobre el montaje de la obturación exterior.

### Mitad inferior del soporte (base)

Elimine cualquier huella de pintura o rebabas de la superficie de contacto en las juntas y limpie bien los soportes. El agujero vertical en la parte inferior de cada ranura de cierre debe estar libre de materia extraña. Coloque las mitades inferiores de los soportes en la base y lubrique los asientos de los rodamientos. Coloque el eje con los rodamientos en las mitades inferiores de los soportes, guiando con cuidado las obturaciones en sus ranuras y asegurándose de que los aros exteriores de los rodamientos se asientan bien en los asientos de los soportes. Centre el rodamiento "libre" en su alojamiento, y atornille el soporte firmemente en su posición.

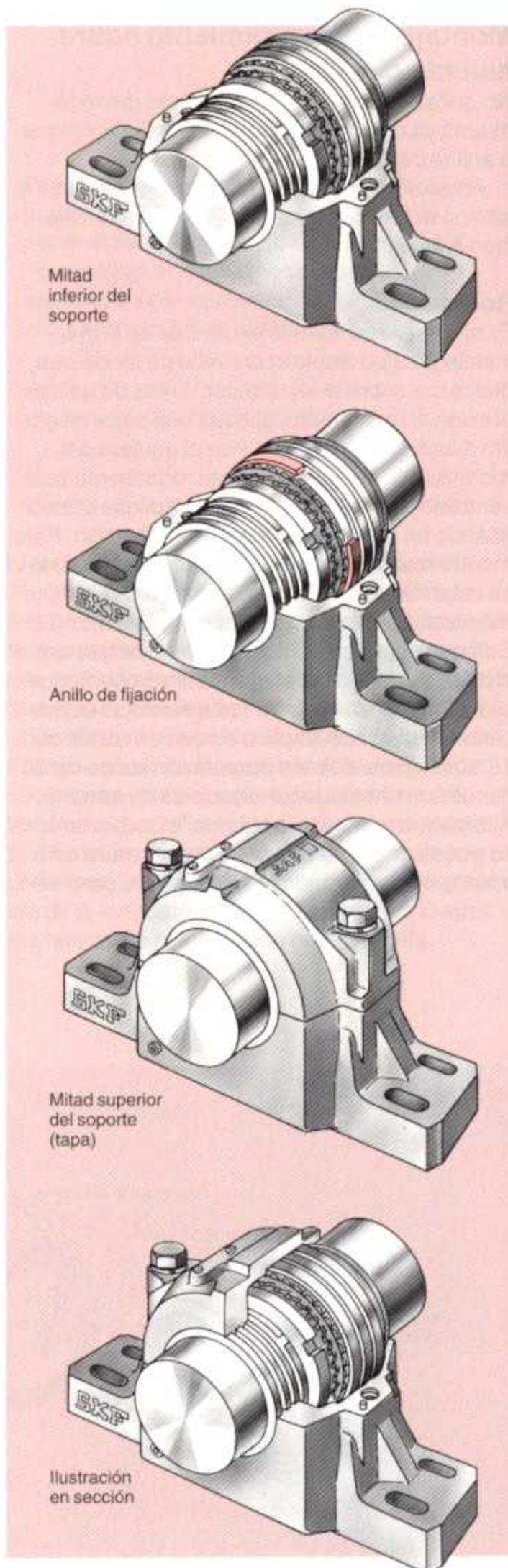
### Estabilización (rodamiento "fijo")

Se debe utilizar un anillo de fijación sólo si se ha de fijar el rodamiento. Mueva el eje axialmente de modo que el anillo de fijación pueda ser insertado entre el aro exterior del rodamiento "fijo" y el apoyo del soporte en la cara de la tuerca de fijación del rodamiento, donde resulte práctico hacerlo. Centre todos los demás rodamientos en un eje en sus asientos de soporte.

**Nota:** Sólo debe haber un rodamiento "fijo" por eje. El rodamiento o rodamientos restantes deben estar "libres" para permitir la expansión del eje.

Si se usa grasa como lubricante, se deberá aplicar antes de fijar la mitad superior y de acuerdo con las notas de lubricación que se ofrecen en la "sección de lubricación".

Algunos soportes de pie incluyen dos anillos de fijación que han de ser insertados para crear un conjunto "fijo" con el rodamiento centrado en el soporte.



### Mitad superior del soporte (tapa)

Compruebe si el asiento para el rodamiento en la mitad superior del soporte (tapa) tiene rebabas, límpielo bien, lubríquelo y colóquelo sobre el rodamiento. Especialmente en la lubricación con aceite, resulta útil usar un compuesto de sellado, tal como Permatex 2, en las superficies divisorias. Se ha de aplicar una pequeña cantidad del citado compuesto. Aplique una película delgada cerca de los bordes exteriores. Si se pone una cantidad excesiva, no sólo se saldrá el compuesto, sino que penetrará entre el agujero del soporte y el diámetro exterior del rodamiento, lo cual puede presionar el aro exterior o convertir un rodamiento "libre" en "fijo". Las dos fijas de situación alinearán la mitad superior del soporte.

A continuación se instalan las arandelas de retención y los tornillos de la mitad superior

**Nota:** Las tapas y bases de los soportes de pie no son intercambiables. Cada tapa y base se deben montar con su tapa o base compañera.

### Tolerancia de diámetro para montajes con manguito de fijación y agujero cilíndrico

Para montajes con manguito de fijación: S-1  
Para montajes en asiento cilíndrico: S-2 y S-3

Diámetro normal		Límites de tolerancia de diámetro	
Pulgadas desde	hasta	Pulgadas S-1	S-2 y S-3
1	2	máx 0.000 mín -0.003	0.000 -0.003
2	4	máx 0.000 mín -0.004	0.000 -0.003
4	6	máx 0.000 mín -0.005	0.000 -0.003
6	10	máx 0.000 mín -0.006	0.000 -0.004
10	15	máx 0.000 mín -0.006	0.000 -0.005
15 y más		máx 0.000	0.000

Para la selección de las tolerancias correctas de asiento de eje de rodamiento con agujero cilíndrico, vea "Ajustes del eje" en las páginas 284 a 299.

del soporte y se aprietan para completar el montaje.

En caso de ser necesario efectuar un reglaje, sólo se recomienda usar placas o arandelas que cubran toda la superficie de montaje del soporte.

### Obturaciones exteriores

Determine qué obturación se va a utilizar, o si se va a usar un tapón final en el soporte de pie, como se indica más abajo, y siga las instrucciones.

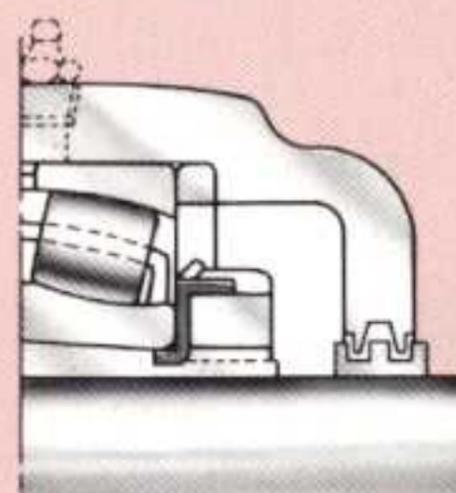
#### Obturación de laberinto

Deslice la obturación exterior de laberinto sobre el eje. Localice unas obturaciones de laberinto, tanto interiores como exteriores, que se adapten a los laberintos del soporte.

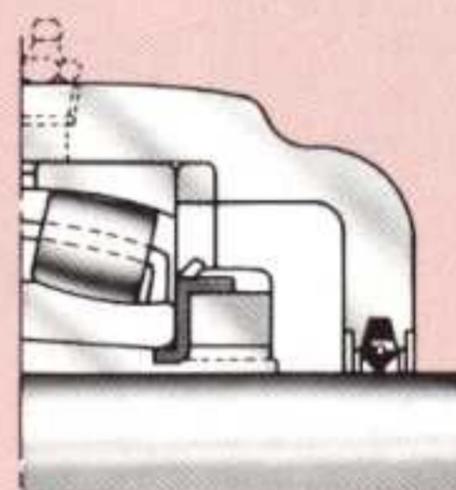
#### Obturación TER Taconite

Siga el mismo procedimiento que para el montaje de la obturación interior (página 179), con la excepción de que hay que deslizar primero el cartucho de obturación sobre el eje con el extremo de la ranura del laberinto a la posición de montaje aproximada.

### Obturaciones exteriores



Obturación laberíntica



Obturación rozante

TER, TER-V y tapa lateral, vea la página siguiente

### Obturación rozante

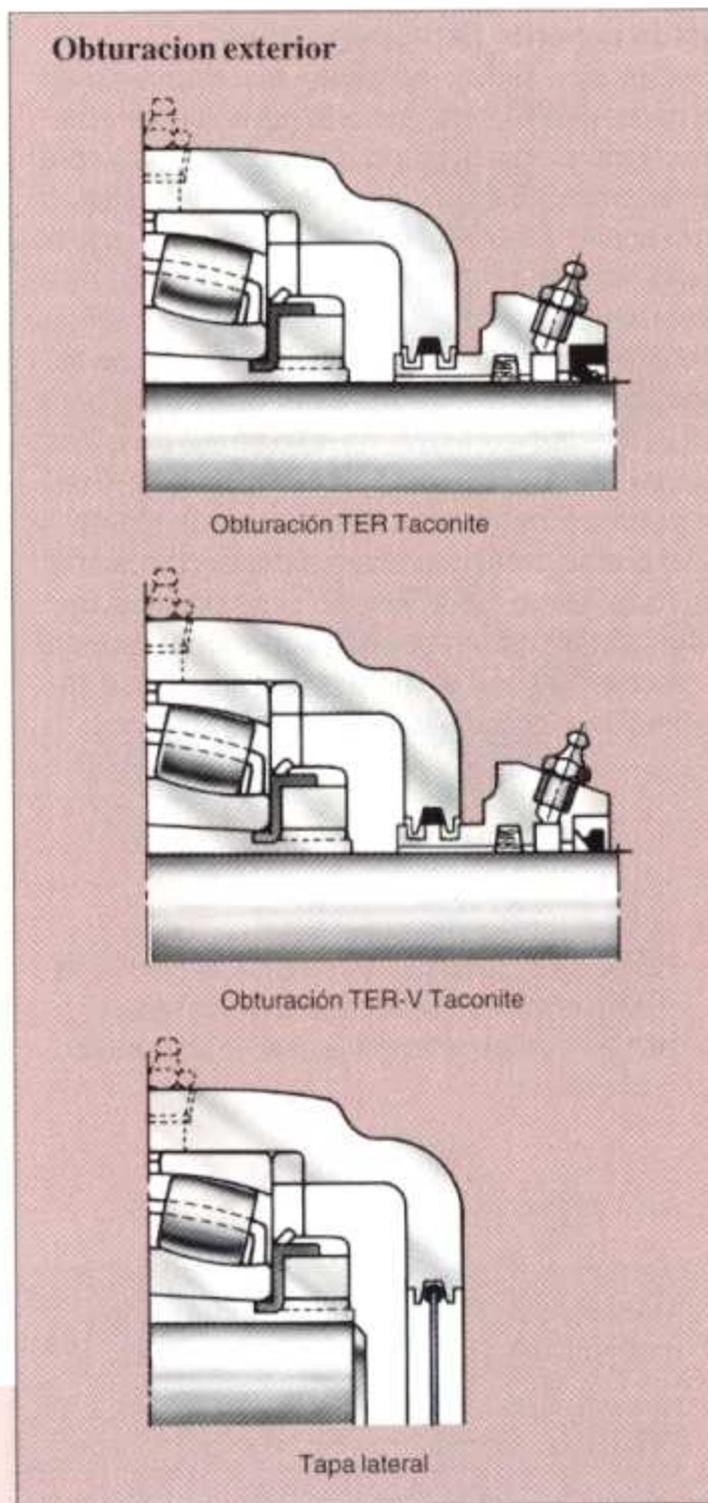
Siga el mismo procedimiento que para el montaje de la obturación interior (página 179) asegurándose de que el labio de la obturación apunta en la dirección deseada.

### Obturación TER-V Taconite

Siga el mismo procedimiento que para el montaje de la obturación interior (página 180), con la excepción de que hay que deslizar primero el cartucho de obturación sobre el eje con el extremo de la ranura del laberinto a la posición de montaje aproximada. Cercíese de que el labio de la obturación de anillo en V mira al rodamiento. Para asegurarse de que las obturaciones interiores TER-V están posicionadas en la anchura ajustada, utilice una sencilla herramienta de chapa metálica, como se muestra en la ilustración. Obtenga la separación adecuada restando la anchura ajustada en la tabulación de anillo en V de la profundidad de la ranura del anillo en V en el alojamiento de la obturación, de acuerdo con lo anotado anteriormente en el montaje de la obturación interior.

### Tapa lateral

Inserte la tapa lateral en el laberinto del soporte.



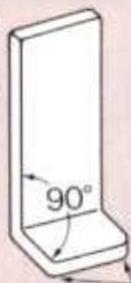
Obturación TER Taconite

Obturación TER-V Taconite

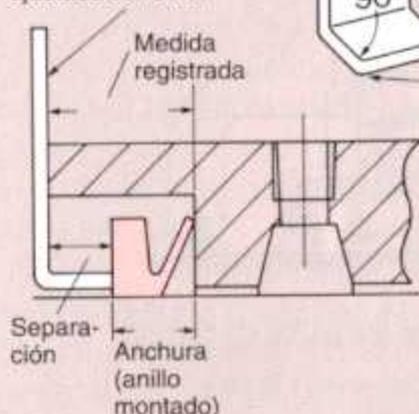
Tapa lateral

### Instalación de un anillo en V

Este lado de la herramienta se debe mantener a escuadra contra la cara del cartucho mientras se hace girar el eje para asentar la obturación a la anchura ajustada correcta.



Pula todos los bordes y aristas vivas para que el anillo en V no se corte al obtener la anchura ajustada correcta.



#### Diámetro de eje en pulgadas

#### Anchura ajustada mm      pulg.

3/4" hasta e inclusive 1 1/2"	6,1	0.24
1 9/16" hasta e inclusive 2 5/8"	7,1	0.28
2 11/16" hasta e inclusive 4 1/8"	8,9	0.35
4 3/16" hasta e inclusive 6 1/16"	10,4	0.41
6 1/8" hasta e inclusive 8 3/16"	11,9	0.47
8 1/4" hasta e inclusive 14"	20,1	0.79

Par de apriete de los tornillos de fijación

Soportes de las series		SAF 3	SAF 5	SAF 6	Tipo	Tornillo (N)	Tamaño	Par		Grado SAE
SAF 2	SAF 0 KA							pie. lbs	Nm	
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
209		308	509		L	(2)	7/16"-14	30	47	2
210			510		L	(2)	7/16"-14	30	41	2
		309		609	L	(2)	1/2"-13	50	68	2
211			511		A	(2)	1/2"-13	110	149	8
		310		610	L	(2)	1/2"-13	50	68	2
213			513		L	(2)	1/2"-13	110	149	8
		311		611	L	(2)	1/2"-13	50	68	2
		311*)		611*)	L	(2)	1/2"-13	50	68	2
		312			L	(2)	1/2"-13	50	68	2
		312*)			L	(2)	1/2"-13	50	68	2
215			515		A	(2)	1/2"-13	110	149	8
215*)			515*)		A	(2)	1/2"-13	110	149	8
216		313	516	613	A	(2)	5/8"-11	220	298	8
216*)		313*)	516*)	613*)	A	(2)	5/8"-11	220	298	8
		314			L	(2)	5/8"-11	100	136	2
		314*)			L	(2)	5/8"-11	100	136	2
217			517		A	(2)	5/8"-11	220	298	8
217*)			517*)		A	(2)	5/8"-11	220	298	8
218		315	518	615	N	(4)	1/2"-13	50	68	2
218*)		315*)	518*)	615*)	N	(4)	1/2"-13	50	68	2
		319		616	N	(4)	1/2"-13	50	68	2
		319*)		616*)	N	(4)	1/2"-13	50	68	2
220	024	317	520	617	N	(4)	5/8"-11	100	136	2
220*)	024*)	317*)	520*)	617*)	N	(4)	5/8"-11	100	136	2
		318		618	N	(4)	5/8"-11	100	136	2
222	026		522		A	(2)	3/4"-10	380	515	8
224	028	320	524	620	N	(4)	5/8"-11	100	136	2
226	030	322	526	622	N	(4)	3/4"-10	175	237	2
	032				N	(4)	3/4"-10	175	237	2
228			528		N	(4)	7/8"-9	165	224	2
	034				N	(4)	3/4"-10	380	515	8
230		324	530	624	N	(4)	7/8"-9	165	224	2
232	036	326	532	626	N	(4)	7/8"-9	165	224	2
	038				N	(4)	7/8"-9	165	224	2
234	040	328	534	628	N	(4)	1"-8	250	339	2
236		330	536	630	N	(4)	1"-8	250	339	2
238	044	332	538	638	N	(4)	1 1/8"-7	350	475	2
240	048	334	540	634	N	(4)	1 1/4"-7	500	678	2
244	052	338	544	638	N	(4)	1 3/8"-6	660	895	2
	056	340			L	(2)	1 3/4"-5	1 250	1 695	2

\*) Cuando el soporte está disponible tanto con una base de dos tornillos como de cuatro, el asterisco indica las cargas admisibles para la opción de cuatro tornillos.

**Soportes SAF – componentes de obturación y límites de velocidad**  
**Rodamientos de bolas a rótula**

Diámetro de eje			Soporte partido, sólo soporte			Obturaciones laberínticas		
S-1	S-2	S-3	Series			Límite de velocidad r/min		
pulg.	pulg.	pulg.	SAF 3	SAF 5	SAF 6	LER no.	Grasa	Aceite
1 7/16				509		LER-17	5 100	6 600
1 7/16					609	LER-17	4 700	6 600
		1 7/16	308			LER-17	4 900	4 900
1 11/16				510		LER-20	4 700	5 650
1 11/16					610	LER-20	4 200	5 650
		1 11/16	309			LER-20	4 500	4 500
		1 7/8	310			LER-23	4 000	4 000
1 15/16				511		LER-24	4 300	4 900
1 15/16					611	LER-24	3 800	4 900
	1 15/16		308			LER-24	4 900	4 900
		2 1/16	311			LER-27	3 700	3 700
	2 1/8		309			LER-28	4 500	4 500
2 3/16				513		LER-29	3 600	4 350
2 3/16					613	LER-32	3 200	4 350
		2 1/4	312			LER-33	3 300	3 300
	2 3/8		310			LER-35	4 000	4 000
2 7/16				515		LER-37	3 200	3 900
2 7/16					615	LER-37	2 800	3 900
		2 7/16	313			LER-37	3 100	3 100
	2 9/16		311			LER-40	3 700	3 700
		2 5/8	314			LER-43	2 900	2 900
2 11/16				516		LER-44	3 000	3 550
2 11/16					616	LER-44	2 600	3 550
		2 13/16	315			LER-46	2 800	2 800
	2 7/8		312			LER-47	3 300	3 300
2 15/16				517		LER-53	2 800	3 250
2 15/16					617	LER-184	2 500	3 250
		3	316			LER-60	2 600	2 650
	3 1/16		313			LER-55	3 100	3 100
3 3/16					618	LER-188	2 300	3 000
		3 3/16	317			LER-188	2 400	2 400
	3 1/4		314			LER-64	2 900	2 900
		3 3/8	318			LER-191	2 300	2 300
	3 7/16		315			LER-79	2 800	2 800
3 7/16					620	LER-102	2 100	2 800
	3 5/8		316			LER-84	2 600	2 650
		3 13/16	320			LER-106	2 100	2 100
3 15/16					622	LER-109	1 800	2 400
	3 15/16		317			LER-109	2 400	2 400
	4 1/8		318			LER-112	2 300	2 300
		4 3/16	322			LER-113	1 800	1 950
	4 1/2		320			LER-118	2 100	2 100
	4 7/8		322			LER-121	1 800	1 950

Obturaciones Taconite			Obturaciones rozantes		Tapa lateral
Obturación rozante	Obturación de anillo en V	Límite de velocidad		Límite de velocidad	
TER	TER	r/min	B-9784-	r/min	EPR no.
17	17V	2 175	12 <sup>2)</sup>	4 000	EPR-3
17	17V	2 175	12 <sup>2)</sup>	4 000	EPR-3
17	17V	1 575	12 <sup>2)</sup>	2 950	EPR-3
20	20V	1 800	15 <sup>2)</sup>	3 400	EPR-4
20	20V	1 800	15 <sup>2)</sup>	3 400	EPR-4
20	20V	1 450	15 <sup>2)</sup>	2 700	EPR-4
23	23V	1 300	18 <sup>2)3)</sup>	2 400	EPR-5
24	24V	1 575	19 <sup>2)</sup>	2 950	EPR-5
24	24V	1 575	19 <sup>2)</sup>	2 950	EPR-5
24	24V	1 575	19 <sup>2)</sup>	2 950	-
27	27V	1 200	22 <sup>2)3)</sup>	2 250	EPR-6
28	28V	1 450	23 <sup>2)3)</sup>	2 700	-
29	29V	1 400	24 <sup>2)</sup>	2 600	EPR-6
32	32V	1 400	27 <sup>2)</sup>	2 600	EPR-7
33	33V	1 075	28 <sup>2)</sup>	2 000	EPR-7
35	35V	1 300	30 <sup>2)3)</sup>	2 400	-
37	37V	1 250	32 <sup>2)</sup>	2 350	EPR-7
37	37V	1 250	32 <sup>2)</sup>	2 350	EPR-7
37	37V	1 000	32 <sup>2)</sup>	1 850	EPR-7
40	40V	1 200	35 <sup>2)</sup>	2 250	-
43	43V	925	38 <sup>2)</sup>	1 750	EPR-8
44	44V	1 150	39 <sup>2)</sup>	2 150	EPR-8
44	44V	1 150	39 <sup>2)</sup>	2 150	EPR-8
46	46V	900	41 <sup>2)</sup>	1 650	EPR-8
47	47V	1 075	42 <sup>2)</sup>	2 000	-
53	53V	1 050	48 <sup>2)</sup>	1 950	EPR-9
184	184V	1 050	54	1 950	EPR-10
60	60V	850	56 <sup>2)</sup>	1 600	EPR-10
55	55V	1 000	50 <sup>2)</sup>	1 850	-
188	188V	950	65	1 800	EPR-11
188	188V	775	65	1 450	EPR-11
64	64V	925	60 <sup>2)</sup>	1 750	-
191	191V	750	68 <sup>2)</sup>	1 400	EPR-11
79	79V	900	73 <sup>2)</sup>	1 650	-
102	102V	900	71	1 650	EPR-12
84	84V	850	75 <sup>2)</sup>	1 600	-
106	106V	675	79	1 275	EPR-12
109	109V	775	82	1 450	EPR-13
109	109V	775	82	1 450	-
112	112V	750	85	1 400	-
113	113V	625	86	1 175	EPR-14
118	118V	675	91	1 275	-
121	121V	625	94	1 175	-

1) Solamente SAF

2) No utiliza un muelle toroidal

3) Consulte a SKF sobre disponibilidad

4) Solamente SAW

**Soportes SAF – componentes de obturación y límites de velocidad**  
**Rodamientos de rodillos a rótula**

Diámetro de eje			Soporte partido, sólo soporte					Obturaciones laberínticas		
S-1	S-2	S-3	Series					Límite de velocidad r/min		
pulg.	pulg.	pulg.	SAF 2	SAF 3	SAF 5	SAF 6	SAF 0 KA	LER no.	Grasa	Aceite
1 7/16					509			LER-17	5 300	6 600
1 7/16						609		LER-17	3 800	4 800
		1 7/16		308	510			LER-17	4 500	4 900
1 11/16						610		LER-20	5 000	5 650
1 11/16								LER-20	3 400	4 300
		1 11/16		309				LER-20	3 800	4 500
		1 7/8		310				LER-23	3 400	4 000
1 15/16					511			LER-24	4 500	4 900
1 15/16						611		LER-24	3 200	4 000
	1 15/16			308				LER-24	4 500	4 900
		2 1/16		311				LER-27	3 200	3 700
	2 1/8			309				LER-28	3 800	4 500
2 3/16					513			LER-29	3 800	4 500
2 3/16						613		LER-32	2 600	3 400
		2 1/4		312				LER-33	3 000	3 300
	2 3/8			310				LER-35	3 400	4 000
2 7/16					515			LER-37	3 400	3 900
2 7/16						615		LER-37	2 200	3 000
		2 7/16		313				LER-37	2 600	3 100
	2 9/16			311				LER-40	3 200	3 700
		2 5/8		314				LER-43	2 400	2 900
2 11/16					516			LER-44	3 400	3 550
2 11/16						616		LER-44	2 000	2 800
		2 13/16		315				LER-46	2 200	2 800
	2 7/8			312				LER-47	3 000	3 300
2 15/16					517			LER-53	3 000	3 250
2 15/16						617 <sup>1)</sup>		LER-184	1 900	2 600
		3	216					LER-54	2 650	2 650
		3		316				LER-60	2 000	2 650
	3 1/16			313				LER-55	2 600	3 100
		3 3/16	217					LER-63	2 400	2 400
3 3/16					518			LER-188	2 600	3 000
3 3/16						618 <sup>1)</sup>		LER-188	1 800	2 400
	3 1/4	3 3/16		317 <sup>1)</sup>				LER-188	1 900	2 400
				314				LER-64	2 400	2 900
		3 3/8	218					LER-191	2 300	2 300
		3 3/8		318 <sup>1)</sup>				LER-191	1 800	2 300
	3 7/16			315				LER-79	2 200	2 800
3 7/16					520			LER-102	2 200	2 800
3 7/16					520 <sup>4)</sup>			LER-102	1 700	2 200
						620		LER-102	1 700	2 200
3 7/16	3 5/8		216					LER-82	2 650	2 650
	3 5/8			316				LER-84	2 000	2 650
		3 13/16						LER-106	2 100	2 100
		3 13/16	220					LER-106	1 700	2 100
			220 <sup>4)</sup>							
		3 13/16		320				LER-106	1 700	2 100
	3 15/16		217					LER-89	2 400	2 400
3 15/16					522			LER-109	2 000	2 400
3 15/16					522 <sup>4)</sup>			LER-109	1 600	2 000
3 15/16						622		LER-109	1 600	2 000

Obturaciones Taconite			Obturaciones rozantes		Tapa lateral
Obturación rozante	Obturación de anillo en V	Límite de velocidad		Límite de velocidad	
TER	TER	r/min	B-9784-	r/min	EPR no.
17	17V	2 175	12 <sup>2)</sup>	4 000	EPR-3
17	17V	2 175	12 <sup>2)</sup>	3 800	EPR-3
17	17V	1 575	12 <sup>2)</sup>	2 950	EPR-3
20	20V	1 800	15 <sup>2)</sup>	3 400	EPR-4
20	20V	1 800	15 <sup>2)</sup>	3 400	EPR-4
20	20V	1 450	15 <sup>2)</sup>	2 700	EPR-4
23	23V	1 300	18 <sup>2)3)</sup>	2 400	EPR-5
24	24V	1 575	19 <sup>2)</sup>	2 950	EPR-5
24	24V	1 575	19 <sup>2)</sup>	2 950	EPR-5
24	24V	1 575	19 <sup>2)</sup>	2 950	-
27	27V	1 200	22 <sup>2)3)</sup>	2 250	EPR-6
28	28V	1 450	23 <sup>2)3)</sup>	2 700	-
29	29V	1 400	24 <sup>2)</sup>	2 600	EPR-6
32	32V	1 400	27 <sup>2)</sup>	2 600	EPR-7
33	33V	1 075	28 <sup>2)</sup>	2 000	EPR-7
35	35V	1 300	30 <sup>2)3)</sup>	2 400	-
37	37V	1 250	32 <sup>2)</sup>	2 350	EPR-7
37	37V	1 250	32 <sup>2)</sup>	2 200	EPR-7
37	37V	1 000	32 <sup>2)</sup>	1 850	EPR-7
40	40V	1 200	35 <sup>2)</sup>	2 250	-
43	43V	925	38 <sup>2)</sup>	1 750	EPR-8
44	44V	1 150	39 <sup>2)</sup>	2 150	EPR-8
44	44V	1 150	39 <sup>2)</sup>	2 000	EPR-8
46	46V	900	41 <sup>2)</sup>	1 650	EPR-8
47	47V	1 075	42 <sup>2)</sup>	2 000	-
53	53V	1 050	48 <sup>2)</sup>	1 950	EPR-9
184	184V	1 050	54	1 900	EPR-10
54	54V	850	49 <sup>2)3)</sup>	1 600	EPR-9
60	60V	850	56 <sup>3)</sup>	1 600	EPR-10
55	55V	1 000	50 <sup>2)</sup>	1 850	-
63	63V	775	59 <sup>2)</sup>	1 450	EPR-9
188	188V	950	65	1 800	EPR-11
188	188V	950	65	1 800	EPR-11
188	188V	775	65	1 450	EPR-11
64	64V	925	60 <sup>2)</sup>	1 750	-
191	191V	750	68 <sup>3)</sup>	1 400	EPR-11
191	191V	750	68 <sup>3)</sup>	1 400	EPR-11
79	79V	900	73 <sup>2)</sup>	1 650	-
102	102V	900	71	1 650	EPR-12
102	102V	900	71	1 650	EPR-12
102	102V	900	71	1 650	EPR-12
82	82V	850	74 <sup>2)3)</sup>	1 600	-
84	84V	850	75 <sup>3)</sup>	1 600	-
106	106V	675	79	1 275	EPR-12
106	106V	675	79	1 275	EPR-12
106	106V	675	79	1 275	EPR-12
89	89V	775	76 <sup>2)</sup>	1 450	-
109	109V	775	82	1 450	EPR-13
109	109V	775	82	1 450	EPR-13
109	109V	775	82	1 450	EPR-13

1) Solamente SAF

2) No utiliza un muelle toroidal

3) Consulte a SKF sobre disponibilidad

4) Solamente SAW

**Soportes SAF – componentes de obturación y límites de velocidad**  
**Rodamientos de rodillos a rótula**

Diámetro de eje			Soporte partido, sólo soporte					Obturaciones laberínticas		
S-1	S-2	S-3	Series					Limite de velocidad r/min		
pulg.	pulg.	pulg.	SAF 2	SAF 3	SAF 5	SAF 6	SAF 0 KA	LER no.	Grasa	Aceite
	3 15/16			317 <sup>1)</sup>				LER-109	1 900	2 400
	4 1/8		218	318 <sup>1)</sup>				LER-112	2 300	2 300
	4 1/8							LER-112	1 800	2 300
		4 3/16	222					LER-113	1 950	1 950
		4 3/16	222 <sup>4)</sup>					LER-113	1 600	1 950
		4 3/16		322				LER-113	1 600	1 950
4 3/16					524			LER-113	1 900	2 250
4 3/16					524 <sup>4)</sup>			LER-113	1 500	1 900
4 3/16						624		LER-113	1 400	1 800
4 3/16							024 KA	LER-113	2 000	2 250
4 7/16					526			LER-117	1 800	2 150
4 7/16					526 <sup>4)</sup>			LER-117	1 300	1 700
4 7/16						626		LER-117	1 300	1 700
4 7/16							026 KA	LER-117	1 900	2 150
	4 1/2		220					LER-118	2 100	2 100
	4 1/2		220 <sup>4)</sup>					LER-118	1 700	2 000
	4 1/2			320				LER-118	1 700	2 100
		4 9/16	224					LER-119	1 800	1 800
		4 9/16	224 <sup>4)</sup>					LER-119	1 500	1 800
		4 9/16		324				LER-119	1 400	1 800
	4 7/8		222					LER-121	1 950	1 950
	4 7/8		222 <sup>4)</sup>					LER-121	1 600	1 950
	4 7/8			322				LER-121	1 600	1 950
		4 15/16	226					LER-122	1 625	1 625
		4 15/16	226 <sup>4)</sup>					LER-122	1 300	1 625
		4 15/16		326				LER-122	1 300	1 625
4 15/16					528			LER-122	1 700	1 900
4 15/16					528 <sup>4)</sup>			LER-122	1 200	1 600
4 15/16						628		LER-122	1 100	1 500
4 15/16							028 KA	LER-122	1 500	1 500
5 3/16					530			LER-125	1 600	1 850
5 3/16					530 <sup>4)</sup>			LER-125	1 100	1 500
5 3/16						630		LER-125	1 000	1 400
5 3/16							030 KA	LER-125	1 400	1 400
	5 5/16		224					LER-127	1 800	1 800
	5 5/16		224 <sup>4)</sup>					LER-127	1 500	1 800
	5 5/16			324				LER-127	1 400	1 800
		5 5/16	228					LER-127	1 525	1 525
		5 5/16	228 <sup>4)</sup>					LER-127	1 200	1 525
		5 5/16		328				LER-127	1 100	1 500
5 7/16					532			LER-130	1 500	1 750
5 7/16					532 <sup>4)</sup>			LER-130	1 000	1 400
5 7/16						632		LER-130	950	1 300
5 7/16							032 KA	LER-130	1 700	1 750
		5 3/4	230					LER-134	1 450	1 450
		5 3/4	230 <sup>4)</sup>					LER-134	1 100	1 450
		5 3/4		330				LER-134	1 000	1 400
	5 7/8		226					LER-136	1 625	1 625

Obturaciones Taconite			Obturaciones rozantes		Tapa lateral
Obturación rozante	Obturación de anillo en V	Límite de velocidad		Límite de velocidad	
TER	TER	r/min	B-9784-	r/min	EPR no.
109	109V	775	82	1 450	-
112	112V	750	85	1 400	-
112	112V	750	85	1 400	-
113	113V	625	66	1 175	EPR-14
113	113V	625	86	1 175	EPR-14
113	113V	625	86	1 175	EPR-14
113	113V	725	86	1 350	EPR-14
113	113V	725	86	1 350	EPR-14
113	113V	725	86	1 350	EPR-14
113	113V	725	86	1 350	EPR-14
117	117V	700	90	1 300	EPR-15
117	117V	700	90	1 300	EPR-15
117	117V	700	90	1 300	EPR-15
117	117V	700	90	1 300	EPR-15
118	118V	675	91	1 275	-
118	118V	675	91	1 275	-
118	118V	675	91	1 275	-
119	119V	575	92	1 075	EPR-15
119	119V	575	92	1 075	EPR-15
119	119V	575	92	1 075	EPR-15
121	121V	625	94	1 175	-
121	121V	625	94	1 175	-
121	121V	625	94	1 175	-
122	122V	520	95	975	EPR-27
122	122V	520	95	975	EPR-27
122	122V	520	95	975	EPR-27
122	122V	620	95	1 150	EPR-27
122	122V	620	95	1 150	EPR-27
122	122V	620	95	1 150	EPR-27
122	122V	620	95	1 100	EPR-27
122	122V	620	95	1 150	EPR-27
125	125V	590	98 <sup>3)</sup>	1 100	EPR-16
125	125V	590	98 <sup>3)</sup>	1 100	EPR-16
125	125V	590	98 <sup>3)</sup>	1 000	EPR-16
125	125V	590	98 <sup>3)</sup>	1 100	EPR-16
127	127V	575	100	1 075	-
127	127V	575	100	1 075	-
127	127V	575	100	1 075	-
127	127V	490	100	900	EPR-16
127	127V	490	100	900	EPR-16
127	127V	490	100	900	EPR-16
130	130V	560	103	1 050	EPR-16
130	130V	560	103	1 000	EPR-16
130	130V	560	103	950	EPR-16
130	130V	560	103	1 050	EPR-16
134	134V	460	107	850	EPR-17
134	134V	460	107	850	EPR-17
134	134V	460	107	850	EPR-17
136	136V	520	109	975	-

<sup>1)</sup> Solamente SAF

<sup>2)</sup> No utiliza un muelle toroidal

<sup>3)</sup> Consulte a SKF sobre disponibilidad

<sup>4)</sup> Solamente SAW

**Soportes SAF – componentes de obturación y límites de velocidad**  
**Rodamientos de rodillos a rótula**

Diámetro de eje			Soporte partido, sólo soporte					Obturaciones laberínticas		
S-1	S-2	S-3	Series					Límite de velocidad r/min		
pulg.	pulg.	pulg.	SAF 2	SAF 3	SAF 5	SAF 6	SAF 0 KA	LER no.	Grasa	Aceite
	5 7/8		226 <sup>(4)</sup>					LER-136	1 300	1 625
	5 7/8			326				LER-136	1 300	1 625
5 15/16					534			LER-140	1 300	1 600
5 15/16					534 <sup>(4)</sup>			LER-140	950	1 300
5 15/16						634		LER-140	950	1 300
5 15/16							034 KA	LER-140	1 600	1 600
		6 1/16	232					LER-142	1 350	1 350
		6 1/16	232 <sup>(4)</sup>					LER-142	1 000	1 350
		6 1/16		332				LER-142	950	1 300
	6 1/4		228					LER-144	1 525	1 525
	6 1/4		228 <sup>(4)</sup>					LER-144	1 200	1 525
	6 1/4			328				LER-144	1 100	1 500
		6 7/16	234					LER-148	1 300	1 300
		6 7/16	234 <sup>(4)</sup>					LER-148	950	1 300
		6 7/16		334				LER-148	950	1 300
6 7/16					536			LER-148	1 300	1 500
6 7/16					536 <sup>(4)</sup>			LER-148	900	1 200
6 7/16							036 KA	LER-148	1 400	1 500
	6 5/8		230					LER-151	1 450	1 450
	6 5/8		230 <sup>(4)</sup>					LER-151	1 100	1 450
	6 5/8			330				LER-151	1 000	1 400
		6 7/8	236					LER-154	1 225	1 225
		6 7/8	236 <sup>(4)</sup>					LER-154	900	1 225
6 15/16					538			LER-155	1 200	1 375
6 15/16					538 <sup>(4)</sup>			LER-155	850	1 100
6 15/16						638		LER-155	850	1 000
6 15/16							038 KA	LER-155	1 300	1 375
	7		232					LER-156	1 350	1 350
	7		232 <sup>(4)</sup>					LER-156	1 000	1 350
	7			332				LER-156	950	1 300
	7 3/16				540			LER-159	1 100	1 325
	7 3/16				540 <sup>(4)</sup>			LER-159	850	1 100
	7 3/16						040 KA	LER-159	1 200	1 325
		7 1/4	238					LER-160	1 150	1 150
		7 1/4	238 <sup>(4)</sup>					LER-160	850	1 150
		7 1/4		338				LER-160	850	1 100
	7 7/16		234					LER-161	1 300	1 300
	7 7/16		234 <sup>(4)</sup>					LER-161	950	1 300
	7 7/16			334				LER-161	950	1 300
		7 5/8	240					LER-164	1 100	1 100
		7 5/8	240 <sup>(4)</sup>					LER-164	850	1 100
	7 13/16		236					LER-165	1 225	1 225
	7 13/16		236 <sup>(4)</sup>					LER-165	900	1 225
7 15/16					544			LER-167	950	1 200
7 15/16					544 <sup>(4)</sup>			LER-167	750	950
7 15/16							044 KA	LER-167	1 100	1 200
		8 5/16	244					LER-170	950	990
		8 5/16	244 <sup>(4)</sup>					LER-170	750	990
	8 3/6		238					LER-171	1 150	1 150
	8 3/8		238 <sup>(4)</sup>					LER-171	850	1 150

Obturaciones Taconite			Obturaciones rozantes		Tapa lateral
Obturación rozante	Obturación de anillo en V	Límite de velocidad		Límite de velocidad	
TER	TER	r/min	B-9784-	r/min	EPR no.
136	136V	520	109	975	-
136	136V	520	109	975	-
140	140V	515	113	950	EPR-18
140	140V	515	113	950	EPR-18
140	140V	515	113	950	EPR-18
140	140V	515	113	950	EPR-18
142	142V	435	115	815	EPR-18
142	142V	435	115	815	EPR-18
142	142V	435	115	815	EPR-18
144	144V	490	121	900	-
144	144V	490	121	900	-
144	144V	490	121	900	-
148	148V	410	125	775	EPR-19
148	148V	410	125	775	EPR-19
148	148V	410	125	775	EPR-19
148	148V	475	125	875	EPR-19
148	148V	475	125	875	EPR-19
148	148V	475	125	875	EPR-19
151	151V	460	128	850	-
151	151V	460	128	850	-
151	151V	460	128	850	-
154	154V	390	132 <sup>3)</sup>	750	EPR-20
154	154V	390	132 <sup>3)</sup>	750	EPR-20
155	155V	440	133	825	EPR-20
155	155V	440	133	825	EPR-20
155	155V	440	133	825	EPR-20
155	155V	440	133	825	EPR-20
156	156V	435	134	815	-
156	156V	435	134	815	-
156	156V	435	134	815	-
159	159V	425	137	800	EPR-21
159	159V	425	137	800	EPR-21
159	159V	425	137	800	EPR-21
160	160V	365	138	700	EPR-21
160	160V	365	138	700	EPR-21
160	160V	365	138	700	EPR-21
161	161V	410	142	775	-
161	161V	410	142	775	-
161	161V	410	142	775	-
164	164V	350	145 <sup>3)</sup>	650	EPR-22
164	164V	350	145 <sup>3)</sup>	650	EPR-22
165	165V	390	147 <sup>3)</sup>	750	-
165	165V	390	147 <sup>3)</sup>	750	-
167	167V	385	150	725	EPR-23
167	167V	385	150	725	EPR-23
167	167V	385	150	725	EPR-23
170	170V	315	153	600	EPR-24
170	170V	315	153 <sup>3)</sup>	600	EPR-24
171	171V	365	154	700	EPR-24
171	171V	365	154	700	-

<sup>1)</sup> Solamente SAF  
<sup>2)</sup> No utiliza un muelle toroidal  
<sup>3)</sup> Consulte a SKF sobre disponibilidad  
<sup>4)</sup> Solamente SAW

**Soportes SAF – componentes de obturación y límites de velocidad**  
**Rodamientos de rodillos a rótula**

Diámetro de eje			Soporte partido, sólo soporte					Obturaciones laberínticas			
S-1	S-2	S-3	Series					Límite de velocidad r/min			
in	in	in	SAF 2	SAF 3	SAF 5	SAF 6	SAF 0 KA	LER no.	Grasa	Aceite	
8 7/16	8 3/8			338				048 KA	LER-171	850	1 100
8 1/2								048 KA	LER-550	1 000	1 130
	8 3/4		240						LER-551	1 000	1 125
	8 3/4		240 <sup>4)</sup>						LER-175	1 100	1 100
									LER-175	850	1 100
8 15/16								048 KA	LER-552	1 000	1 070
9								048 KA	LER-513	1 000	1 060
9 7/16								052 KA	LER-553	900	1 010
								052 KA	LER-178	900	1 000
	9 9/16		244						LER-179	950	990
	9 9/16		244 <sup>4)</sup>						LER-179	750	990
9 15/16								056 KA <sup>1)</sup>	ER-751	850	960
9 15/16								056 KA	LER-607	850	960
10								056 KA <sup>1)</sup>	ER-705	850	950
10								056 KA	LER-568	850	950
10 7/16								056 KA <sup>1)</sup>	ER-745	850	915
10 7/16								056 KA	LER-606	850	915
10 1/2								056 KA <sup>1)</sup>	ER-710	850	900
10 1/2								056 KA	LER-519	850	900

Obturaciones Taconite			Obturaciones rozantes		Tapa lateral
Obturación rozante	Obturación de anillo en V	Límite de velocidad		Límite de velocidad	
TER	TER	r/min	B-9784-	r/min	EPR no.
171	171V	365	154	700	-
550	550V	360	-	-	X-5217-4
551	551V	355	-	-	X-5217-4
175	175V	350	158 <sup>3)</sup>	650	-
175	175V	350	158 <sup>3)</sup>	650	-
552	552V	340	-	-	X-5217-4
513	513V	340	-	-	X-5217-4
553	553V	325	-	-	X-5217-219 1/12
178	178V	320	-	-	X-5217-2
179	179V	315	163 <sup>3)</sup>	600	-
179	179V	315	163 <sup>3)</sup>	600	-
751	751V	310	-	-	X-5217-1
607	607V	310	-	-	X-5217-2
705	705V	305	-	-	X-5217-1
568	568V	305	-	-	X-5217-2
745	745V	295	-	-	X-5217-15
606	606V	295	-	-	X-5217-1
710	710V	290	-	-	X-5217-15
519	519V	290	-	-	X-5217-1

<sup>1)</sup> Solamente SAF

<sup>2)</sup> No utiliza un muelle toroidal

<sup>3)</sup> Consulte a SKF sobre disponibilidad

<sup>4)</sup> Solamente SAW

# Montaje de rodamientos de gran tamaño

Generalmente se pueden emplear los mismos métodos para montar rodamientos



SKF considera generalmente que un rodamiento es grande cuando tiene un diámetro de agujero de 200 mm o mayor.

Generalmente se pueden emplear los mismos métodos para montar rodamientos grandes que para montar rodamientos pequeños. La diferencia principal del procedimiento radica sencillamente en el tamaño y peso del rodamiento y de los componentes adyacentes.

La tabla de la página 129 muestra los métodos utilizados para montar los rodamientos. También clasifica los rodamientos de acuerdo con su tamaño. Las clasificaciones del tamaño pueden variar en la práctica, dependiendo del tipo de rodamiento y de la aplicación.

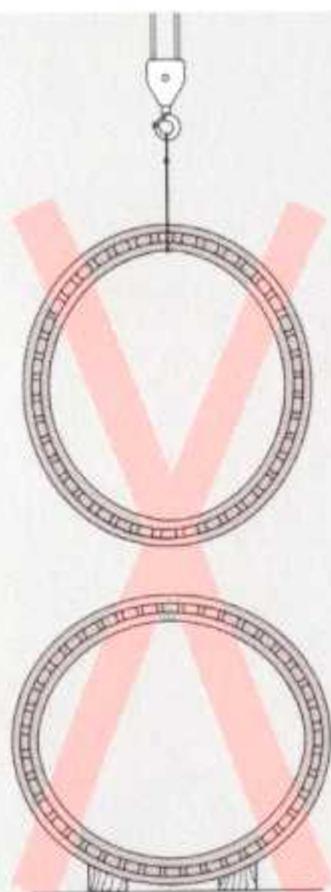
En los ejemplos siguientes se describe cómo se montan en un eje largo los rodamientos gran-

des de rodillos cilíndricos y de cuatro hileras de rodillos cónicos, así como los de rodillos a rótula. Los procedimientos de montaje para otros tipos de rodamientos grandes son similares. Si no está seguro sobre qué paso seguir durante el procedimiento de montaje, contacte con SKF. Podemos ofrecerle sugerencias, e incluso hacernos cargo de todo el trabajo de montaje.

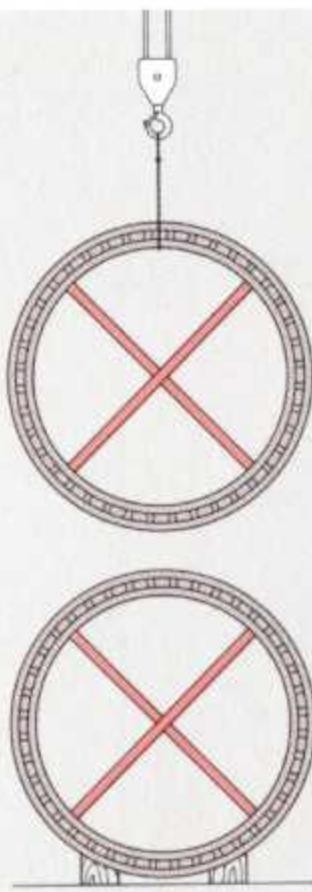
Comience el procedimiento de montaje comprobando la dimensión, tolerancias y error de redondez del eje, vea la sección "Montaje de rodamientos" en la página 128. Mantenga las piezas del rodamiento en su envoltorio hasta inmediatamente antes del montaje.

## Utilice un equipo de elevación para manipular los rodamientos de gran tamaño

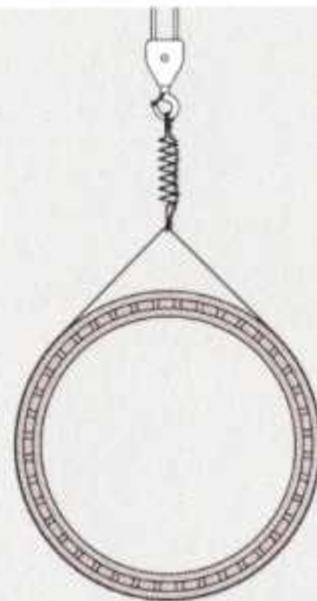
Utilice un equipo de elevación cuando monte rodamientos de gran tamaño. Esto es especial-



No deje un rodamiento en posición vertical ...  
... y no lo levante nunca fijándolo en un solo punto.



Utilice un soporte cruzado cuando almacene o manipule un rodamiento en posición vertical.



Cuando eleve un rodamiento, utilice una correa o banda de sujeción.



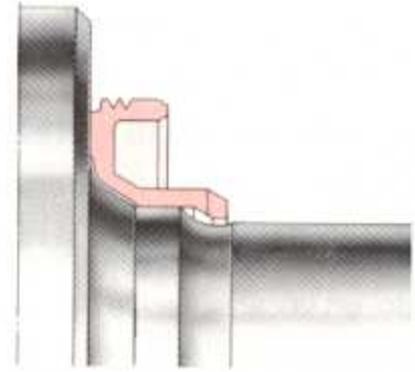
Almacene y manipule los rodamientos grandes en posición horizontal.

mente importante cuando se monta un rodamiento caliente. Además, los rodamientos grandes se deforman fácilmente dado que sus dimensiones de sección son menores con relación a su tamaño y peso que las de los rodamientos más pequeños. Por lo tanto, los rodamientos grandes se deben almacenar y transportar en posición horizontal siempre que sea posible. Cuando se eleva un rodamiento de grandes dimensiones se debe situar una correa o banda a su alrededor. Un rodamiento que se almacene o manipule en posición vertical debe llevar siempre un soporte cruzado en su agujero.

## Rodamientos grandes de rodillos cilíndricos

Normalmente se trata de rodamientos de varias hileras que disponen de un aro enterizo muy ancho y un aro exterior o interior partido, respectivamente. En el ejemplo siguiente se describe un rodamiento de cuatro hileras con aro exterior partido.

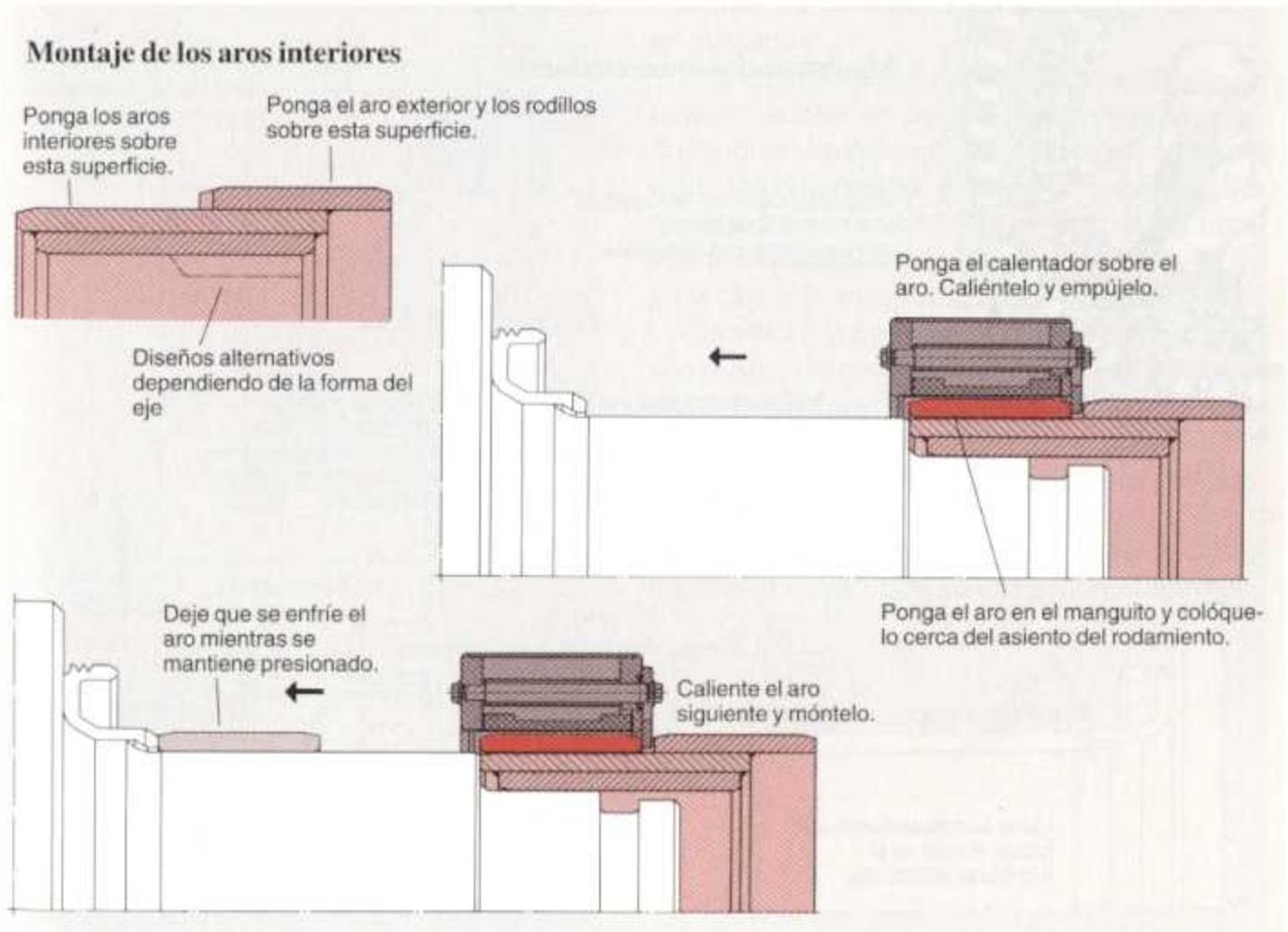
El método más aconsejable para montar los aros interiores consiste en usar un calentador



por inducción y un casquillo de fijación especialmente fabricado que tenga la misma anchura que los dos aros, vea las ilustraciones. El diámetro exterior de este casquillo es escalonado y los aros se pueden insertar fácilmente en el eje. Utilice el diámetro exterior grande cuando monte los aros exteriores y los conjuntos de rodillos.

### Montaje de los aros interiores

Coloque el primer aro en el manguito, caliéntelo e introdúzcalo en el eje hasta su posición. Presione contra el apoyo mientras deja que se enfríe el aro. Retire la herramienta y déjela descansar sobre el asiento exterior. Ponga el segundo aro, caliéntelo y colóquelo en su posición.



El procedimiento de montaje es más fácil si se usa un calentador por inducción con desmagnetización automática.

## Montaje de los aros exteriores

Lubrique los rodillos y los aros exteriores. Ponga el primer conjunto de rodillos, que se debe montar en el soporte junto con el conjunto segundo, en la cara grande del manguito de fijación. Monte las obturaciones, si las hay, en la tapa interior antes de empujarla contra el anillo de obturación. Lubrique los labios de la obturación y tenga cuidado con las obturaciones, ya que se dañan con facilidad. Después coloque el manguito en el eje y empújelo suavemente hasta que el conjunto completo esté en su posición.

Tenga cuidado para no desalinearse el conjunto con los aros. La desalineación puede causar daños en los caminos de rodadura o en los rodillos. Use un equipo de elevación con una suspensión por muelle para facilitar la colocación del conjunto de rodamiento en el eje.

Monte las obturaciones exteriores y fije la disposición de rodamiento en el eje.



### Servicio de Montaje SKF

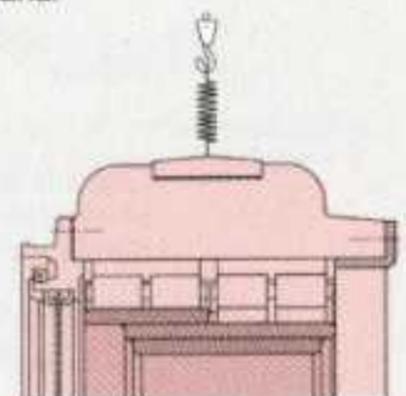
Si necesita consejo sobre cómo montar los rodamientos de grandes dimensiones, póngase en contacto con SKF. Nuestros ingenieros de servicio se pueden encargar incluso de hacer todo el trabajo.



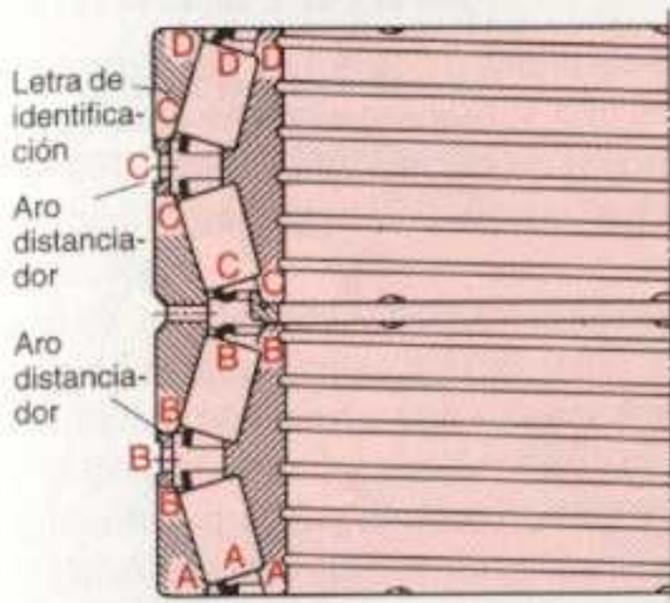
### Montaje de los aros exteriores

Lubrique los caminos de rodadura con el lubricante utilizado. Lubrique el conjunto de rodillos.

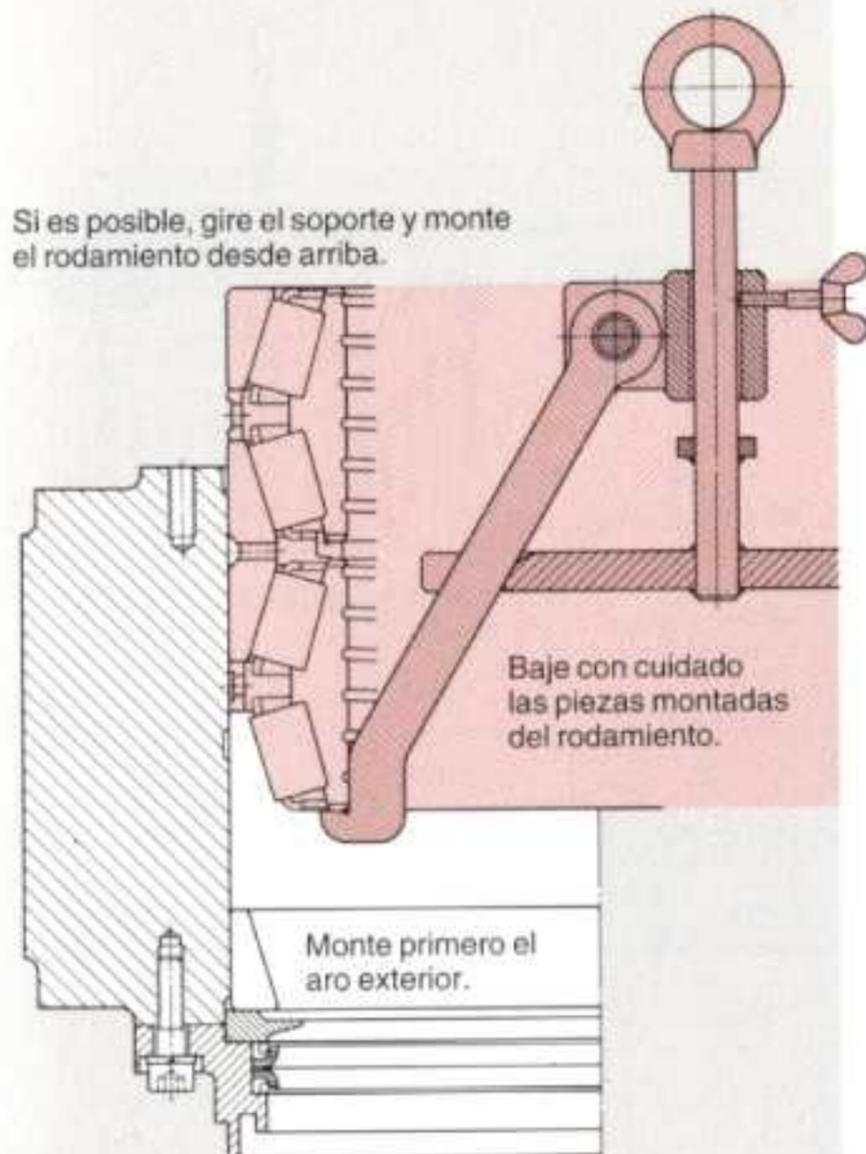
Monte los dos aros y el conjunto de rodillos en el soporte, Introduzca el extremo grande del manguito debajo de los rodillos y mueva despacio la disposición completa axialmente, al tiempo que hace girar el eje. Tenga cuidado para no dañar las piezas del rodamiento debido a la desalineación.



Utilice un equipo de elevación con suspensión por muelle.



Hay que montar cada uno de los componentes en la secuencia correcta. De lo contrario, se verá afectado el rendimiento del rodamiento. Todos los componentes del rodamiento tienen el mismo número de identificación. Las superficies enfrentadas están identificadas por letras. Los aros distanciadores determinan el juego interno. Para algunas aplicaciones, los dos aros distanciadores entre los aros exteriores determinan el juego de las hileras exteriores de rodillos. En este caso, están marcados con el número apropiado de rodamiento y las letras B y C, respectivamente.



Si es posible, gire el soporte y monte el rodamiento desde arriba.

Baje con cuidado las piezas montadas del rodamiento.

Monte primero el aro exterior.

Una herramienta especialmente fabricada facilita incluso más el trabajo. Los rodamientos con un diámetro de agujero de hasta 500 mm (19") se pueden bajar al alojamiento casi totalmente ensamblados, después de haber colocado el aro exterior "inferior".

## Montaje del anillo de obturación

Lubrique el resalte y el apoyo con un antioxidante antes de montar el anillo de obturación. Caliente el anillo, introdúzcalo en el asiento y presiónelo contra el apoyo hasta que se enfríe y quede fijo al eje.

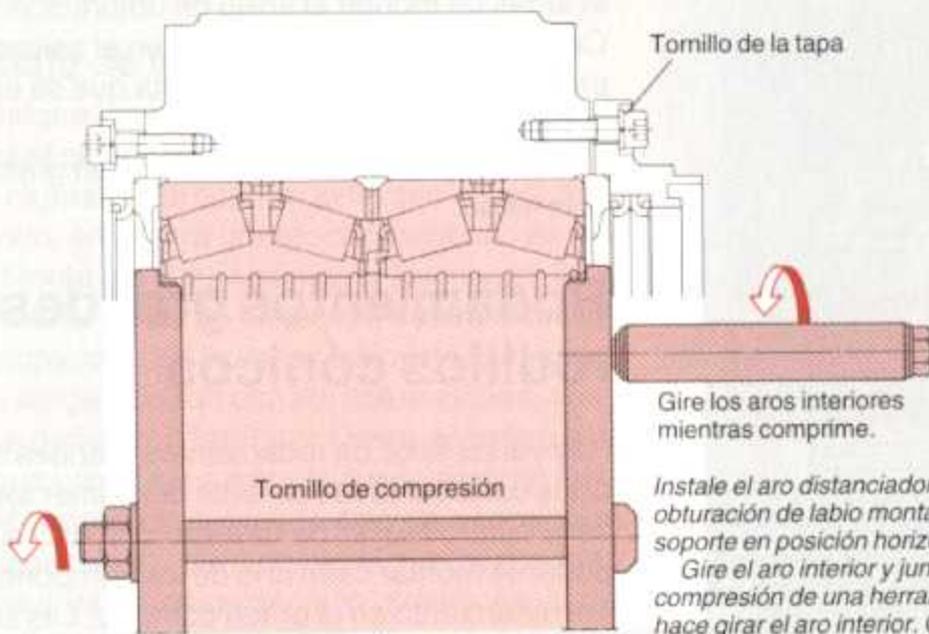
Llene las ranuras del laberinto con grasa hasta la mitad.

## Rodamientos grandes de rodillos cónicos

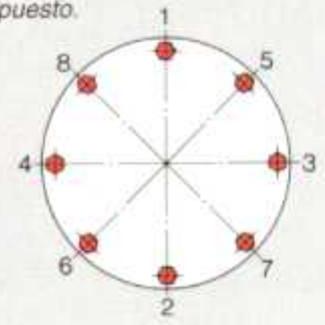
Hay varios tipos de rodamientos grandes de rodillos cónicos. El rodamiento del primer ejemplo tiene cuatro hileras de rodillos cónicos. Es importante montar cada uno de los componentes del rodamiento en el orden correcto. Las superficies enfrentadas están marcadas con letras. El rodamiento y todos sus componentes llevan el mismo número de identificación. Los distanciadores y todos los elementos de separación están marcados con este número y con una letra, en este caso B y C, vea la ilustración. Esto es válido para los rodamientos identificados por un número de plano de seis cifras, pero no para los rodamientos de rodillos cónicos con dimensión en pulgadas.

Los rodamientos SKF nuevos, solamente se pueden montar sin comprobar el juego interno, si disponen de distanciadores o aros de separación!. De lo contrario, es importante comprobar el juego interno y el estado general de los rodamientos utilizados, vea las páginas 124 a 127 para más información.

Comience el montaje organizando las diversas piezas del rodamiento; compruebe todos los números y letras de identificación. Si es posible, gire el soporte de modo que el rodamiento se pueda montar desde arriba. Este es el método más sencillo ya que permite montar el rodamiento completamente ensamblado, excepto el aro exterior "inferior", que se debe montar primero.



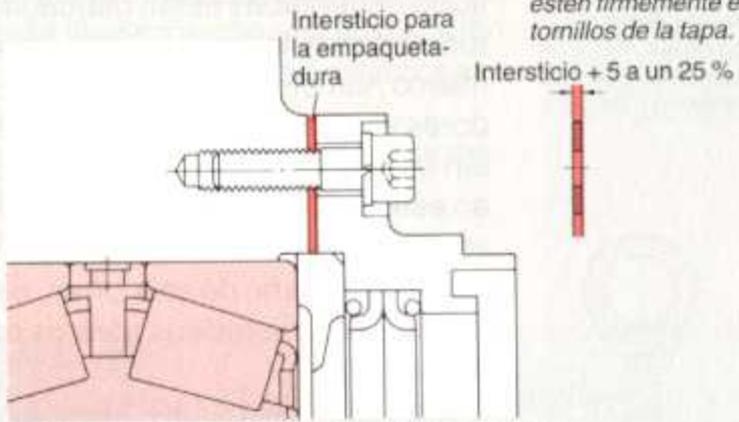
Apriete los tornillos de la tapa, primero uno de ellos y a continuación el tornillo diagonalmente opuesto.



Gire los aros interiores mientras comprime.

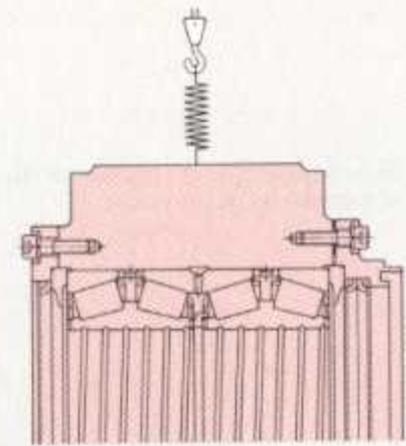
Instale el aro distanciador exterior y la tapa exterior con la obturación de labio montada, apriete los tornillos y ponga el soporte en posición horizontal.

Gire el aro interior y junte las piezas mediante el tornillo de compresión de una herramienta especial de montaje, mientras hace girar el aro interior. Continúe hasta que todas las piezas estén firmemente en su posición. A continuación, apriete los tornillos de la tapa.

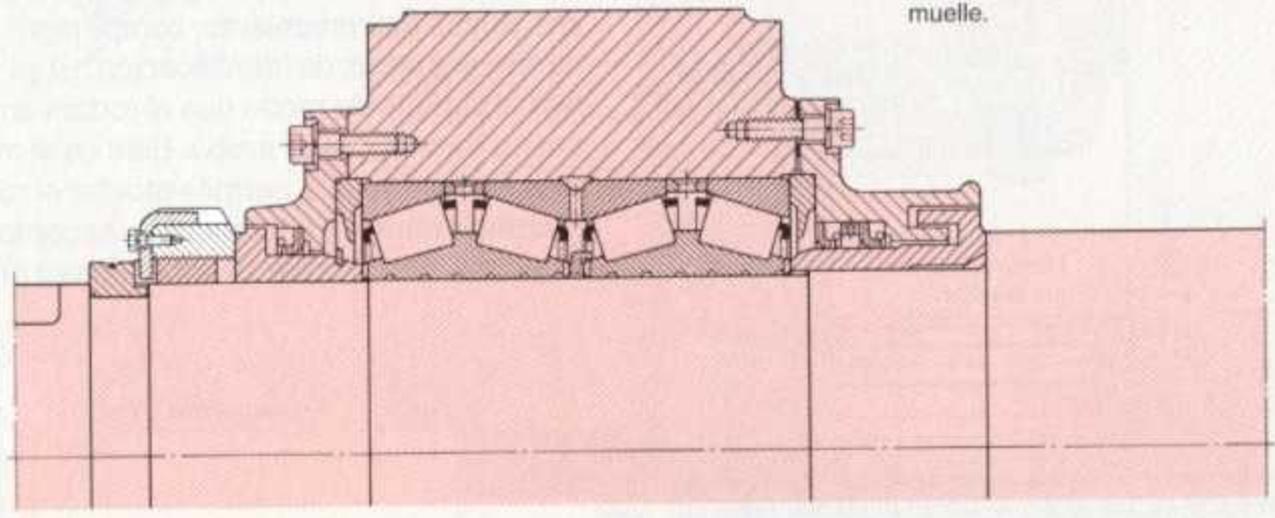


Mida el intersticio para determinar la anchura de la empaquetadura. Dependiendo del material, la empaquetadura debe ser de un 5 a un 25 % más gruesa que el intersticio medido. Monte la empaquetadura con la anchura correcta, las obturaciones y apriete los tornillos.

Aplique grasa o aceite en los agujeros del aro interior y cale el rodamiento y el alojamiento despacio en el eje. Utilice un equipo de elevación adecuado para el trabajo.



Use un equipo de elevación con un muelle.



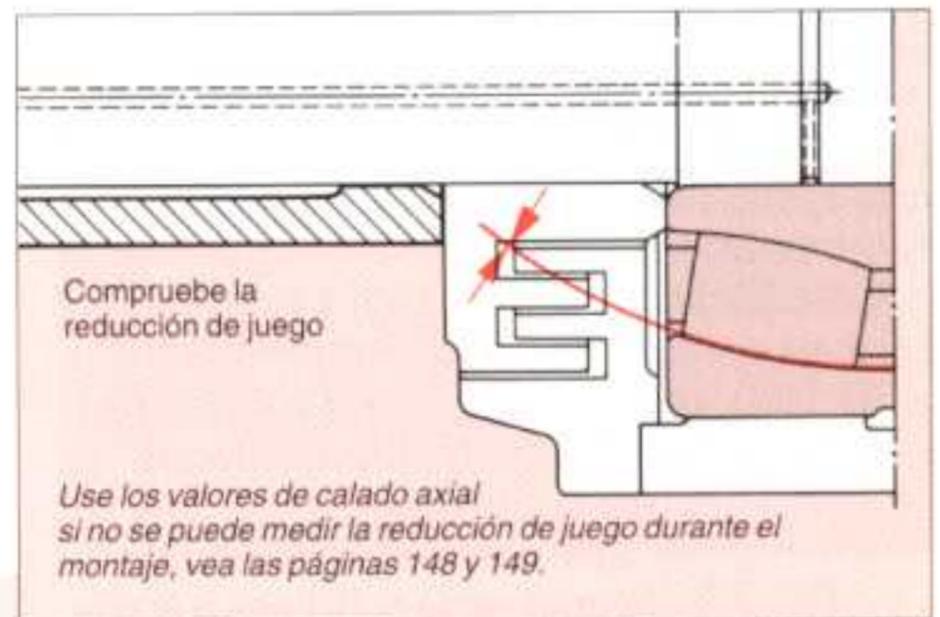
Apriete la tuerca de fijación hasta que las piezas del rodamiento estén en contacto estrecho, es decir, sin holgura. Después afloje la tuerca hasta que haya un intersticio de aproximadamente 0,4 mm (0.0157") hasta el aro interior, y fijela.

# Rodamientos grandes de rodillos a rótula

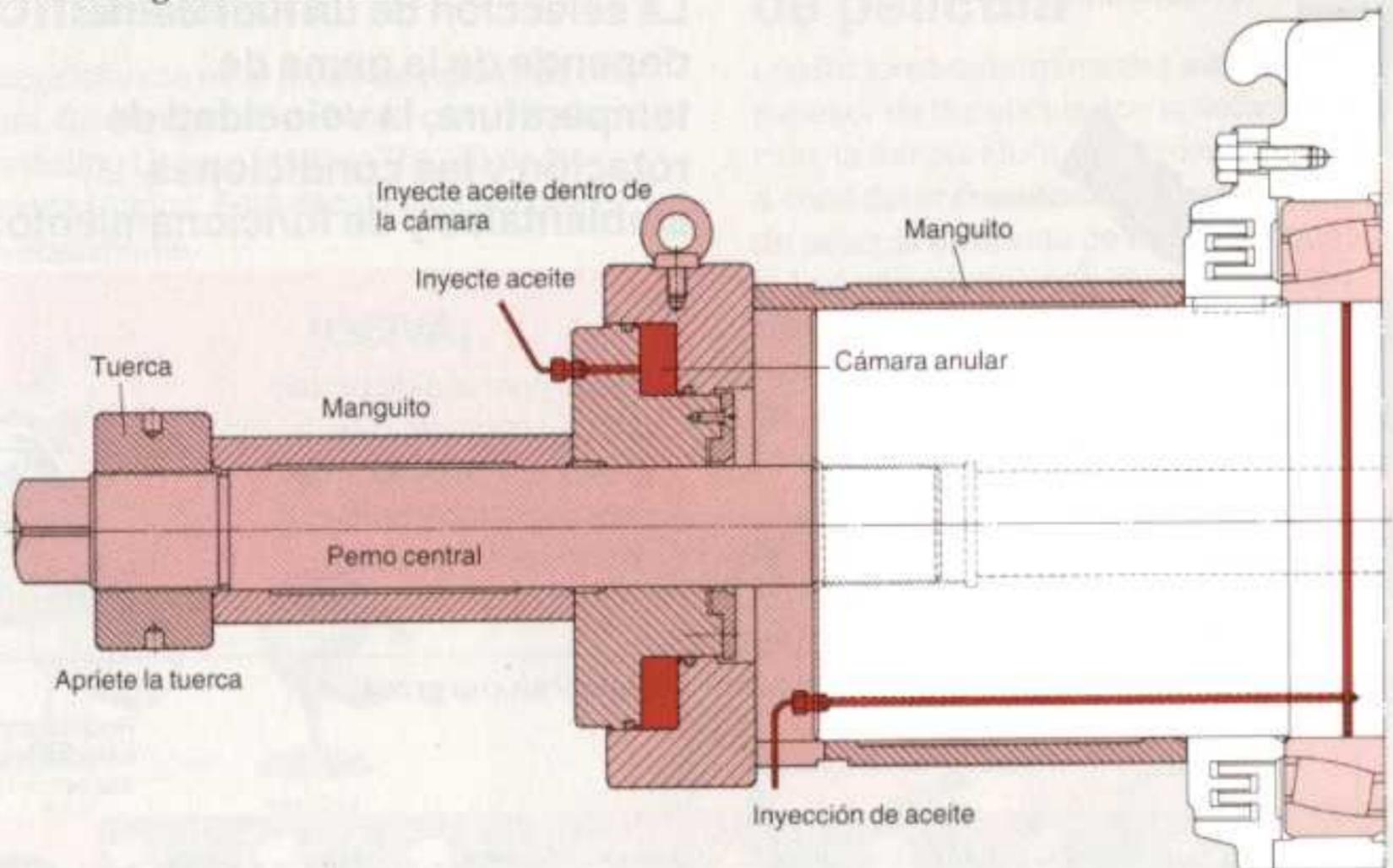
Los rodamientos de rodillos a rótula se montan generalmente de la misma forma, con independencia del tamaño. Las siguientes recomendaciones de montaje son válidas para la mayoría de los casos.

Sólo se han de utilizar herramientas especiales en ciertas situaciones, por ejemplo, cuando el rodamiento se va a montar en un asiento cónico lejos del extremo del eje. En este caso, una herramienta hidráulica del tipo que aparece en la ilustración es la mejor forma de calar el rodamiento en su asiento.

Apriete la herramienta hidráulica contra el manguito por el perno central roscado e inyecte aceite en la cámara anular. Al mismo tiempo, inyecte aceite entre las superficies del rodamiento y del eje, bien hasta que el rodamiento entre en contacto con el apoyo, o bien hasta que se alcance la reducción de juego correcta, vea la tabla de la página 149.



## Herramienta hidráulica para montar rodamientos grandes de rodillos a rótula



# Lubricación

## Por qué se deben lubricar los rodamientos

El lubricante reduce el rozamiento. También impide el desgaste y la corrosión, y protege contra la contaminación de sólidos y líquidos.

Teóricamente, un rodamiento correctamente lubricado y funcionando en condiciones ideales, duraría eternamente. Lógicamente, esto no es posible en la realidad. Pero un rodamiento que está correctamente lubricado tiene más posibilidades de alcanzar su vida máxima de servicio.

El lubricante forma una película entre las superficies de rodadura y de deslizamiento de un rodamiento, con lo cual se evita el contacto de metal-metal incluso bajo una carga elevada.

Los rodamientos se lubrican normalmente con grasa o aceite. En casos especiales se emplea un lubricante sólido.



### Lubricación con grasa

En los casos en que el rodamiento funciona en condiciones normales de velocidad y temperatura se elige la grasa como lubricante. Como lubricante, la grasa presenta diversas ventajas con respecto al aceite; requiere un sistema más sencillo y barato, mejor adhesión, y protección contra la humedad y los contaminantes del ambiente de trabajo.



### Lubricación con aceite

El aceite es el lubricante apropiado cuando la velocidad y/o las condiciones de funcionamiento no permiten usar grasa o cuando es necesario evacuar el calor del rodamiento; muchas veces se emplea aceite debido a los requisitos de otros componentes, es decir, obturaciones, engranajes, cojinetes lisos, etc.



**La selección de un lubricante depende de la gama de temperatura, la velocidad de rotación y las condiciones ambientales y de funcionamiento.**

### ¡AVISO!

Utilice guantes de protección. El contacto directo con productos derivados del petróleo puede producir reacciones alérgicas.



Aproximadamente el 90 % de todos los rodamientos se lubrican con grasa

Rodamientos lubricados con grasa

Rodamientos lubricados con aceite



# Una pequeña introducción a la teoría de la lubricación

La principal función de un lubricante es formar una película que separe los componentes del rodamiento en movimiento, reduciendo el rozamiento y el desgaste. Algunas de las propiedades importantes de un lubricante son la viscosidad, la capacidad de formación de película y la consistencia (en el caso de la grasa).

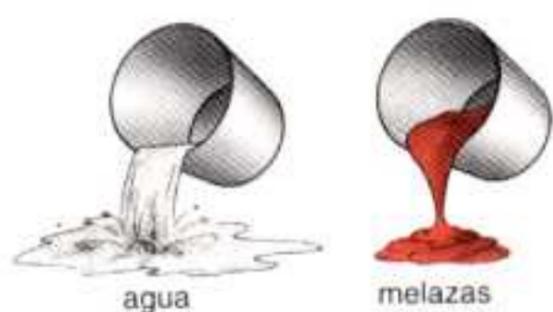
## Viscosidad

La viscosidad es la facilidad con la que fluye un líquido. Técnicamente, es una medida del rozamiento interno de un aceite lubricante que surge entre diferentes capas moleculares cuando un líquido se pone en movimiento. El concepto de viscosidad es el principio de guía en la recomendación de un lubricante para rodamientos.

La unidad de medida para la viscosidad cinemática es  $\text{mm}^2/\text{s}$  (ISO), anteriormente conocido como cSt (centistoke), o SUS (Saybolt Universal Seconds) en los EE.UU. Las mediciones se hacen generalmente a 40 y 100 °C, pero también a 37,8, 50 y 98,9 °C.

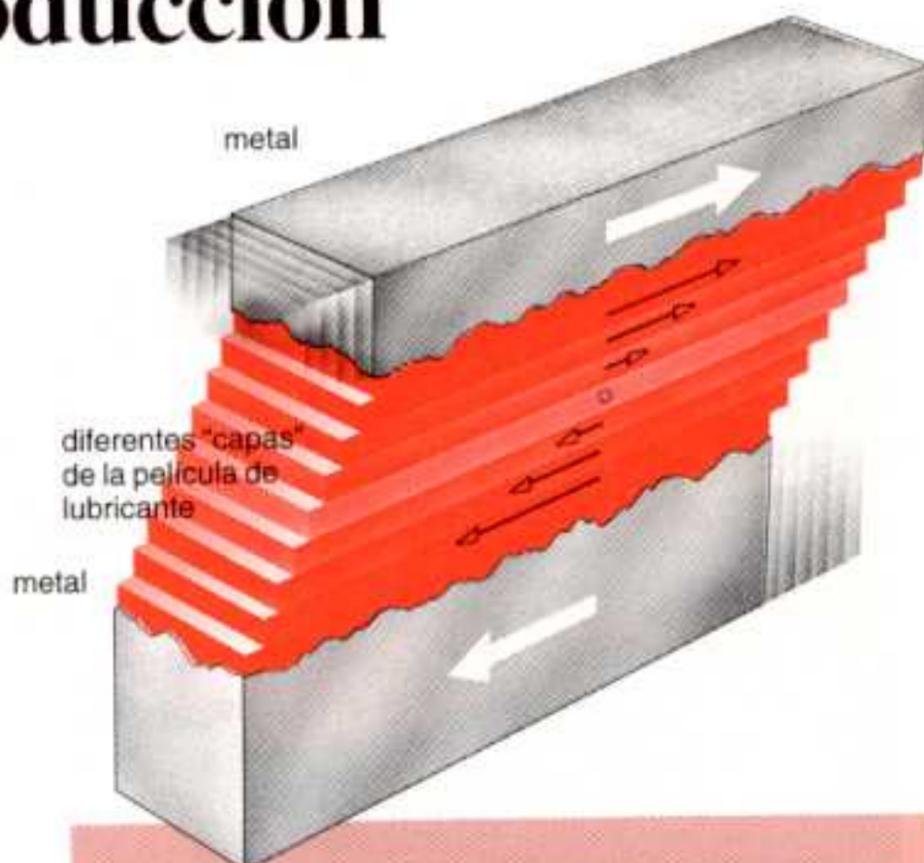
## Consistencia

La consistencia es el grado de rigidez de una grasa. Se clasifica de acuerdo con el National Lubricating Grease Institute (NLGI) de los Estados Unidos. Esta escala está aceptada universalmente.



### Ejemplos de la vida cotidiana

El agua tiene una baja viscosidad, la melaza una alta viscosidad.



### Rozamiento entre capas de lubricante

El lubricante forma una película entre los componentes del rodamiento que se mueven en relación uno del otro y se adhiere firmemente a las superficies a separar. Cuando los componentes del rodamiento se mueven con relación uno del otro, la película está expuesta a una tensión cortante interna. Para simplificar, se puede decir que el resultado es un deslizamiento entre diferentes capas de la película y un rozamiento entre ellas. Un término más usual para la resistencia de un fluido al deslizamiento entre capas es la viscosidad.

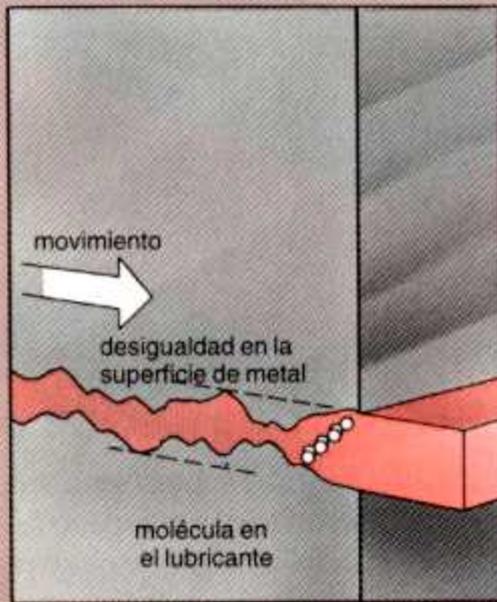
## Capacidad de formación de película

Los factores determinantes más importantes del espesor de la película son la velocidad de rotación, la temperatura y la viscosidad. Otro factor a considerar cuando se selecciona el espesor de película es la vida de servicio requerida.

Las tres situaciones importantes de la lubricación son: lubricación por capa límite, lubricación hidrodinámica y lubricación elastohidrodinámica.

### Estos factores principales determinan el espesor de la película

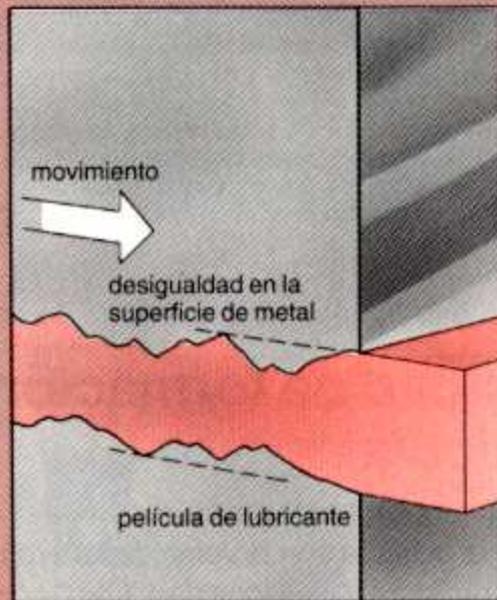




### Lubricación por capa límite

La lubricación por capa límite se produce cuando el espesor de la película de lubricante es demasiado escaso para separar adecuadamente las superficies de contacto. Esta situación tiene lugar cuando la cantidad de lubricante es insuficiente, o cuando el movimiento relativo entre dos superficies es demasiado bajo para crear una película de lubricante. Esta condición también se puede dar cuando la viscosidad del lubricante es demasiado baja, bien debido a una temperatura alta, o bien a causa de un lubricante con una baja viscosidad inicial.

En esta situación de lubricación, el roce metal-metal se produce en la zona de contacto, produciendo una soldadura localizada de las crestas de la superficie. El resultado final es un alto rozamiento, un elevado desgaste y un deterioro de la superficie. En esta situación de lubricación, se recomienda usar aditivos que refuercen la película, vea Aditivos en las páginas 212 y 213.



### Lubricación hidrodinámica

También se denomina lubricación de película espesa. En esta situación, la película de lubricante separa completamente las superficies en movimiento. El rozamiento es mucho menor que en la lubricación de capa límite; no hay ningún contacto metálico entre las superficies en movimiento.

## Lubricación hidrodinámica parcial

La lubricación hidrodinámica parcial se sitúa en la franja entre la lubricación por capa límite y la lubricación hidrodinámica.

# Lubricación elastohidrodinámica

La lubricación elastohidrodinámica tiene lugar tanto en la lubricación hidrodinámica parcial como en la lubricación hidrodinámica, y sucede cuando un elemento rodante bajo una carga elevada rueda a lo largo del camino de rodadura y se produce un aumento de la presión en el punto de contacto, causando microdeformaciones. Las superficies deformadas se comprimen momentáneamente entre sí y se aplanan ligeramente (deformación elástica). Se podría pensar que el lubricante es expulsado del punto de contacto y que las superficies están en contacto directo una con otra, pero no es así. Por el contrario, la viscosidad aumenta dramáticamente. Cuando los elementos rodantes continúan rodando, las superficies recuperan su forma original y la viscosidad vuelve a su estado original.

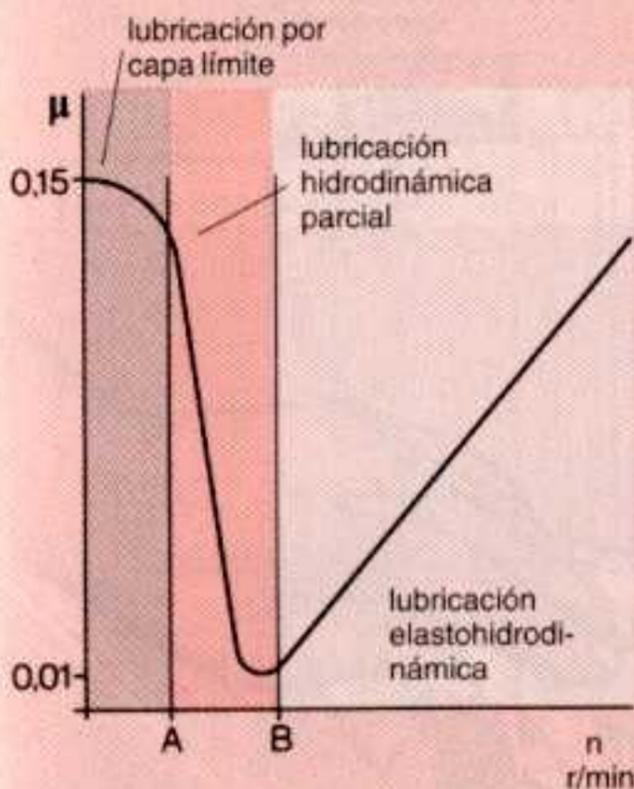
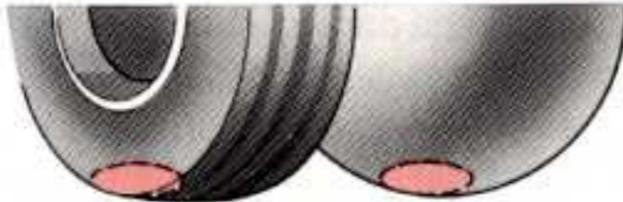
## Ejemplos de lubricación

La lubricación por capa límite tiene lugar, por ejemplo, en las aplicaciones con muy baja velocidad y cuando el aceite tiene una viscosidad baja. Los rodamientos en los cilindros de secado de las máquinas papeleras funcionan a menudo con lubricación de capa límite; las temperaturas de funcionamiento hacen que la viscosidad sea baja.

En el área de la lubricación elastohidrodinámica parcial, las aplicaciones comunes de rodamiento son las cajas de engranajes, ventiladores, bombas, etc.

La lubricación elastohidrodinámica pura existe cuando la lubricación es muy buena, por ejemplo en aplicaciones de alta velocidad, como los husillos de máquinas-herramienta.

*Una bola de un rodamiento está separada del camino de rodadura, de la misma forma que el neumático de un coche pierde contacto con la superficie de la carretera.*



*Se arrastra un objeto a través de una superficie cubierta con un fluido – un lubricante, por ejemplo. Las variaciones del coeficiente de rozamiento  $\mu$  en relación con la velocidad, se expresa en esta curva, donde también se muestran las regiones de las diferentes condiciones de lubricación.*

A muy bajas velocidades – el área a la izquierda del punto A en la curva – predomina la lubricación por capa límite. Toda la carga es soportada por las crestas de la superficie en el área de contacto.

A velocidades altas – el área a la derecha del punto B – se crea un efecto de cuña entre el fluido y el objeto. La presión hidrodinámica separa completamente el objeto de la superficie. Esto se denomina lubricación hidrodinámica. Además de la velocidad, la forma geométrica también juega un papel importante.

Cuando la velocidad está entre los puntos A y B, el efecto de cuña no es lo suficientemente fuerte para elevar el objeto completamente de la superficie. Una parte de la carga es soportada por el contacto directo entre las dos superficies; en otras palabras, la lubricación es parcialmente hidrodinámica.

# Limpieza

La limpieza tiene una gran importancia para el rendimiento correcto de los rodamientos. Las recientes investigaciones de SKF han hecho posible cuantificar mejor la influencia que tiene la contaminación en la vida del rodamiento.

Esto se refleja en la nueva teoría de la vida de SKF, donde la influencia de la contaminación en la fatiga del rodamiento depende de cierto número de parámetros, incluyendo el tipo y tamaño de rodamiento, el espesor relativo de la película de lubricante y el tamaño, dureza y distribución de las partículas contaminantes sólidas.

Por consiguiente, es importante lubricar los rodamientos con grasa o aceites limpios y que el lubricante se mantenga limpio durante el funcionamiento. Esto significa que la disposición de obturación en una aplicación de rodamiento tiene que impedir de forma eficaz que entren contaminantes externos.

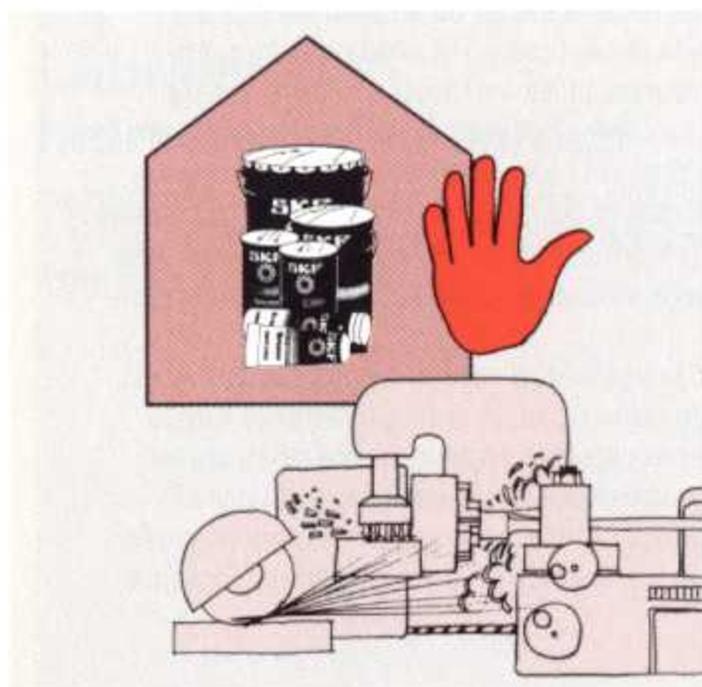
## Limpieza de la grasa

Las grasas deben permanecer en sus envases originales hasta que se usen y nunca se han de dejar destapadas o abiertas. Las herramientas de lubricación, envases, pistola, etc. se han de lavar con disolventes limpios y secar antes de usarlos. La grasa captará rápidamente el polvo y las partículas dañinas del ambiente de trabajo.

Nunca se deben usar espátulas de madera para sacar la grasa de los tambores o contenedores, debido al riesgo de contaminación.

Cuando se relubrica un rodamiento, lo primero que hay que hacer es limpiar el engrasador y la zona que lo rodea. La grasa utilizada para la relubricación debe cumplir los mismos requisitos de limpieza que la grasa original.

La grasa empleada para la lubricación de los rodamientos debe ser de una calidad alta y continua. Las grasas SKF se controlan cuidadosamente para satisfacer constantemente las especificaciones requeridas de calidad y limpieza.



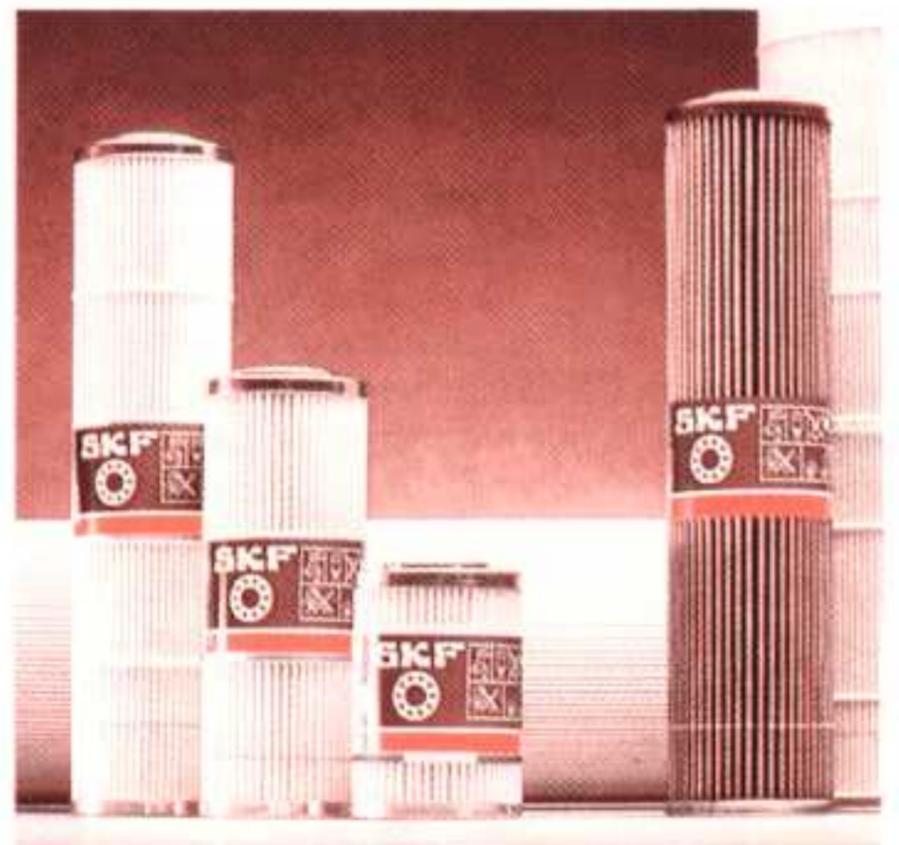
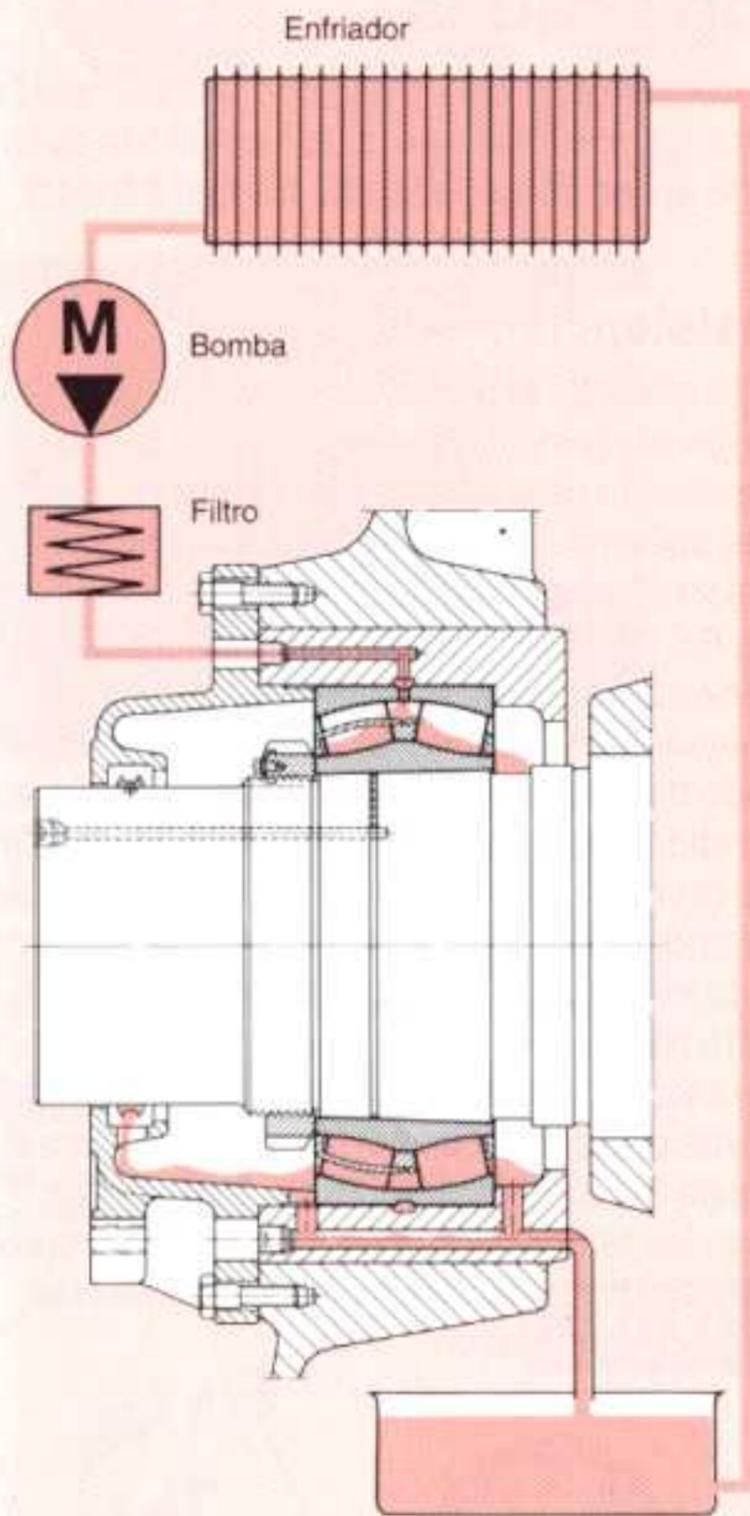
## Limpieza del aceite

El aceite nuevo se debe filtrar preferiblemente antes de suministrarlo a la disposición de rodamiento.

En los sistemas de circulación de aceite también se pueden instalar filtros en las posiciones

adecuadas para eliminar la contaminación que se produce en la aplicación.

Para más información, por favor póngase en contacto con SKF.



# Lubricación con grasa



La grasa es el lubricante más ampliamente utilizado para los rodamientos. Una grasa lubricante se define como la dispersión semilíquida a sólida de un agente espesante en un líquido (aceite base). Se compone de una mezcla de hasta un 90 % de aceite mineral, o aceite sintético, y un espesante. En casi el 90 % de todas las grasas, el espesante es un jabón metálico que se forma cuando un hidróxido de metal reacciona con un ácido graso. Un ejemplo es el estearato de litio, también llamado jabón de litio.

Variando el jabón, el aceite y el aditivo, es posible producir diferentes grasas para una extensa variedad de aplicaciones.

## Cómo funciona la grasa en un rodamiento

El espesante, que está hecho de una red de fibras de jabón, actúa como un contenedor para el aceite lubricante. Las cavidades de esta red se llenan de aceite, como los poros de una esponja se llenan de agua.

Si apretamos una esponja llena de agua, el agua se drena – la esponja “sangra”. El aceite también sangra de la grasa. No obstante, la grasa en un conjunto de rodamiento raramente está expuesta a amasamiento, que podría dar lugar al sangrado, ya que durante el rodaje de un rodamiento recién lubricado, la grasa se introduce por sí misma en las cavidades alrededor del rodamiento.

Es el aumento de temperatura en la masa de grasa alrededor del rodamiento, más que el trabajo mecánico, lo que produce el sangrado y el suministro de aceite a las superficies de contacto y de deslizamiento. A estas superficies debe llegar suficiente cantidad de aceite. El tipo de grasa elegida debe tener unas propiedades adecuadas al tipo de rodamiento y a las condiciones de funcionamiento. A veces surgen requisitos

especiales, por ejemplo en los rodamientos sometidos a unos altos niveles de vibración. En este caso, una grasa que no sea mecánicamente estable entrará y saldrá del rodamiento, debido a las vibraciones, en un continuo proceso de circulación. Esto produce una descomposición mecánica de la matriz del jabón metálico, destruyendo la grasa.

## Propiedades

Es necesario usar una grasa con unas propiedades que permitan obtener una lubricación satisfactoria en las condiciones de trabajo específicas.

### Consistencia

La consistencia, el grado de rigidez de una grasa, depende principalmente del tipo y cantidad de espesante utilizado. La consistencia se clasifica de acuerdo con una escala desarrollada por el National Lubricating Grease Instituto (NLGI) de los EE.UU. Esta escala se basa en el grado de penetración obtenido permitiendo que un cono estándar se hunda en la grasa durante un periodo de 5 segundos, y midiendo después la profundidad de penetración en décimas de milímetro (mm/10). Esto da el Índice de Penetración Deducido, vea la tabla en la página siguiente. Cuanto más blanda es la grasa, más bajo será el número NLGI.

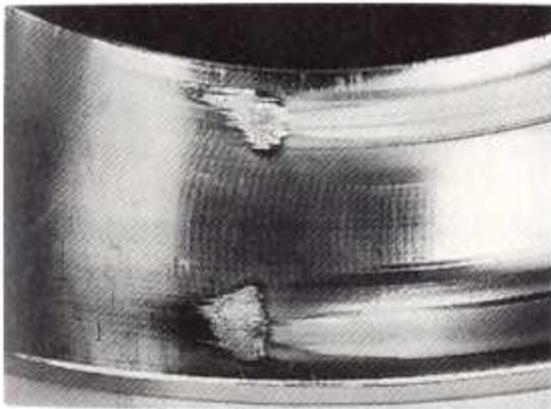
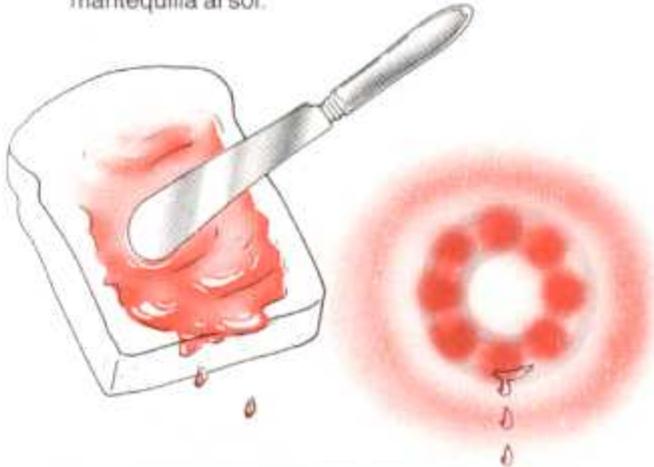
Para los rodamientos, se recomiendan generalmente grasas con un número NLGI de 2, o a veces de 3. Las grasas NLGI 1 y 0 se utilizan cuando las temperaturas de funcionamiento son muy bajas o cuando se emplean sistemas de lubricación automática.



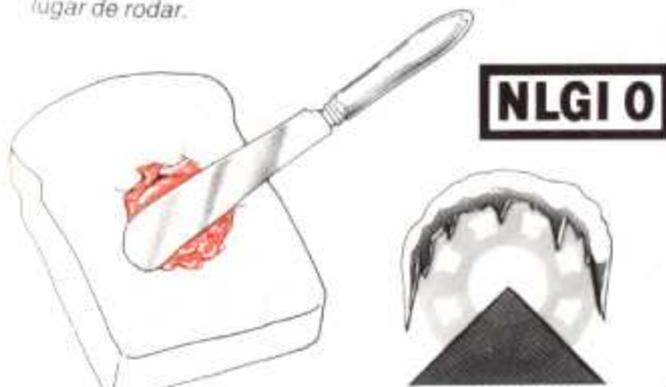
## Gama de temperatura

Es importante seleccionar una grasa perfectamente adecuada a la temperatura de funcionamiento.

A temperaturas elevadas muchas grasas se ablandan, como cuando dejamos la mantequilla al sol.



A temperaturas muy bajas, las grasas normales se vuelven tan rígidas que no lubrican bien. Los elementos rodantes de los rodamientos giran con dificultad, y reducen la velocidad o se paran completamente en la zona descargada. Cuando los elementos vuelven a pasar por la zona de carga, se ven obligados a acelerar inmediatamente bajo la carga. El resultado es un fuerte deslizamiento; los elementos rodantes rompen la película de aceite y producen desgaste, el tipo de daño superficial que muestra la ilustración de arriba. Los elementos rodantes se deslizan en lugar de rodar.



Como la mantequilla, las grasas se vuelven rígidas y duras cuando se enfrían.

°C  
°F  
140  
284

250

100

200

150

50

100

50

0  
32

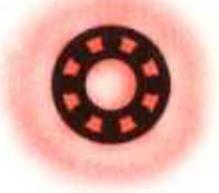
0

-30

-22

El límite superior de temperatura para grasas convencionales es aproximadamente +140 °C.

**NLGI 4**



### Temperaturas elevadas

A temperaturas altas la grasa se ablanda, con el consiguiente riesgo de escapes. A temperaturas elevadas y constantes, es importante usar una grasa de alta temperatura. A temperaturas extremadamente altas, las grasas lubricantes, particularmente las grasas de jabón metálico, se oxidan rápidamente. La grasas se endurece, y el sangrado del aceite cesa inmediatamente.

Las grasas que se emplean para lubricar los rodamientos son de jabón metálico con consistencia de clases 1, 2 y 3. Las grasas de clase 2 son las más comunes.

NLGI  
Número

Indice de  
penetración  
deducido

mm/10

000	445-475
00	400-430
0	355-385
1	310-340
2	265-295
3	220-250
4	175-205
5	130-160
6	85-115

### Temperaturas bajas

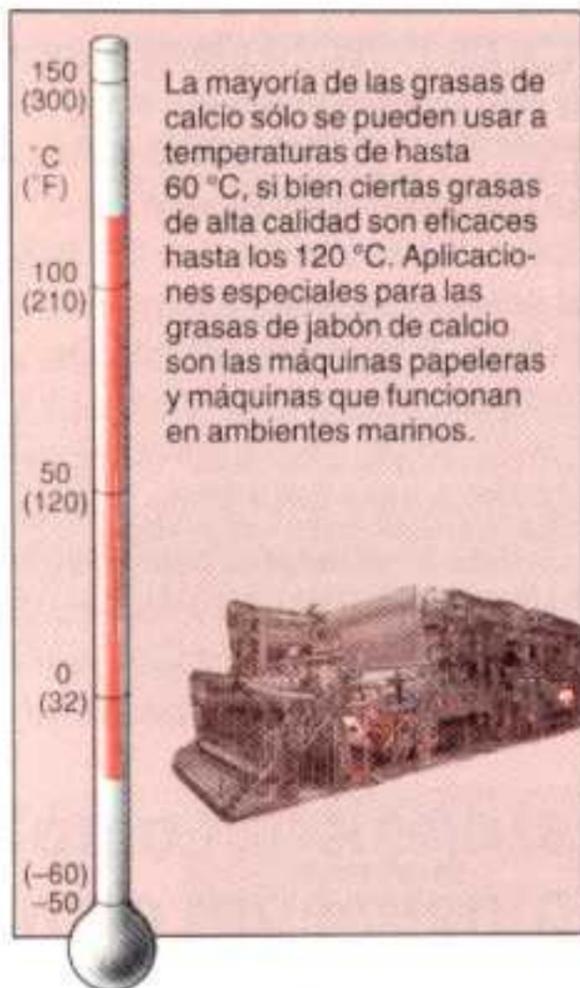
Las grasas normales lubrican mal a bajas temperaturas. Esto puede impedir que giren los elementos rodantes, especialmente en el arranque y bajo cargas ligeras sobre el rodamiento. El deslizamiento resultante produce desgaste, que conduce a la rotura del rodamiento.



El límite inferior de temperatura para grasas convencionales es aproximadamente -30 °C.

# Tipos de grasas y aditivos

Las grasas lubricantes más comunes emplean jabón de calcio (Ca), de sodio (Na) o de litio (Li) como espesante. Las grasas de jabón de litio resultan particularmente adecuadas para lubricar los rodamientos.



## Grasas de jabón de calcio (Ca)

Las grasas de calcio tienen una estructura suave, como la mantequilla, y presentan una buena estabilidad mecánica. No se disuelven en el agua y no se deben usar a temperaturas superiores a 60 °C.

Las grasas de calcio se recomiendan para instalaciones expuestas al agua a temperaturas de hasta 60 °C, tales como la sección de la tela de las máquinas papeleras. Algunas grasas de calcio también proporcionan una buena protección contra el agua salina y por consiguiente se usan en ambiente marinos.

Las grasas de calcio estabilizadas con otros medios distintos al agua se pueden usar a temperaturas de hasta 120 °C. Las grasas complejas de calcio son un ejemplo.



## Grasas de jabón de sodio (Na)

Las grasas de jabón de sodio, también conocidas como grasas de sosa, se pueden usar para una gama de temperaturas más amplia que las grasas de calcio normales. Estas grasas presentan unas buenas propiedades de adherencia y obturación. También proporcionan protección anticorrosiva ya que absorben el agua, aunque su capacidad de lubricación disminuye considerablemente por este mismo motivo. Si penetra demasiado agua en el rodamiento, existe el riesgo de que la grasa desaparezca. Por lo tanto, no se deben usar en aplicaciones "húmedas".

Las grasas sintéticas de sodio de alta temperatura resisten unas temperaturas de hasta 120 °C.



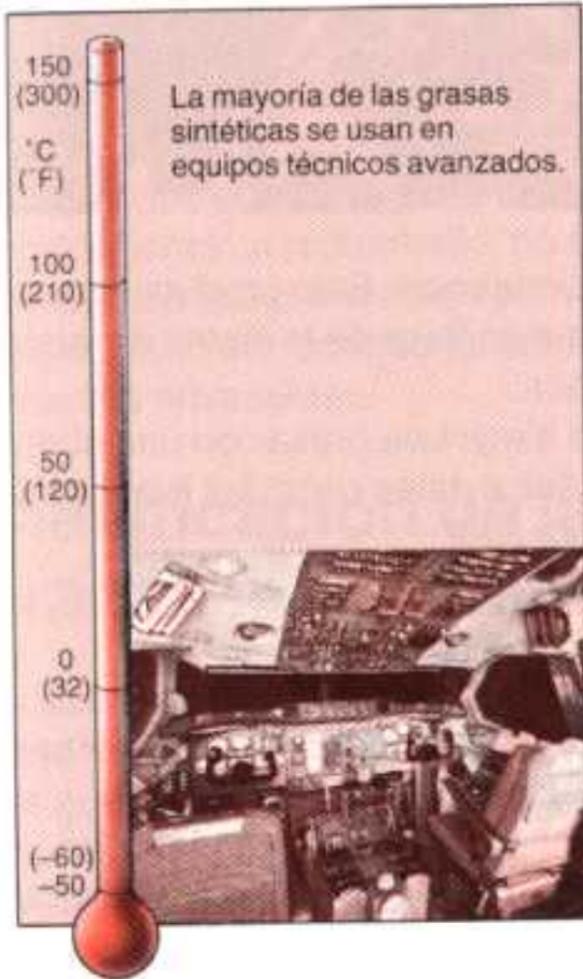
## Grasas de jabón de litio (Li)

La estructura de estas grasas es similar a la de las grasas de jabón de calcio. Comparten muchas de las ventajas de las grasas de jabón de calcio y de sodio, pero prácticamente ninguna de las desventajas. Su capacidad de adherirse a las superficies metálicas es buena. La estabilidad a altas temperaturas es excelente; la mayoría de las grasas de jabón de litio se pueden usar en una gama de temperaturas muy amplia.

Las grasas de litio apenas son solubles en agua. Se pueden usar en aplicaciones húmedas, por ejemplo si la temperatura es demasiado alta para las grasas de calcio.

## Grasas complejas de jabón

Este término se utiliza para las grasas que contienen un jabón salino así como un jabón metálico, normalmente del mismo metal. Algunos ejemplos son las grasas complejas de Li, Na, Ba (bario), y Al (aluminio). Estas grasas pueden soportar unas temperaturas más altas que las grasas convencionales equivalentes.



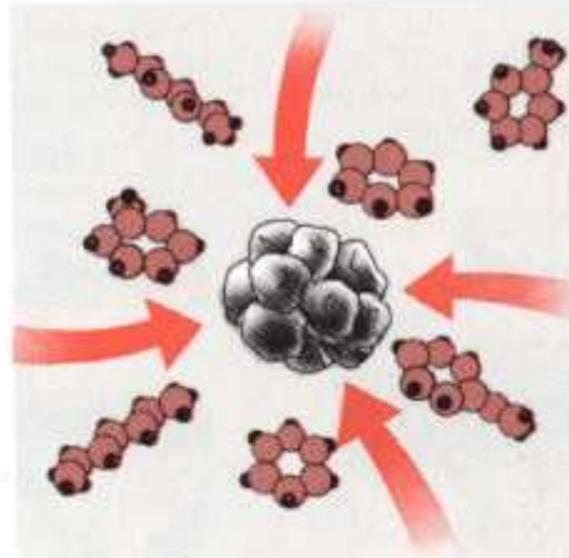
## Grasas sintéticas

Este grupo comprende las grasas basadas en aceites lubricantes sintéticos, tales como polialfaolefinas (PAO) éster y siliconas, que no se oxidan tan rápidamente como los aceites minerales. Por consiguiente, las grasas sintéticas tienen por lo general una gama más amplia de aplicaciones que las otras grasas. Se utilizan diversos espesantes, incluyendo jabón de litio, bentonita y PTFE. Las grasas sintéticas se fabrican para diversas aplicaciones especiales que han de cumplir las normas militares, y para dispositivos de instrumentación y control en aviones, robots y satélites. Estas grasas presentan a menudo una baja resistencia de rozamiento en temperaturas tan bajas como  $-70^{\circ}\text{C}$ .

## Aditivos

En las grasas lubricantes se incorporan diversos aditivos que las confieren propiedades adicionales. Algunos de las más comunes son:

- Los agentes anticorrosión mejoran la protección que ofrece la grasa. Estos aditivos son útiles para rodamientos que funcionan en ambientes húmedos. También protegen a los rodamientos durante el transporte y almacenaje.
- Los antioxidantes retrasan la descomposición del aceite base a temperaturas elevadas. Esto, a su vez, prolonga los intervalos de relubricación y reduce los costes.
- Los aditivos EP, o de extrema presión, incluyen compuestos de azufre, cloro y fósforo. (Algunos aditivos EP son perjudiciales para los rodamientos, por lo que se ha de tener cuidado en su selección.)
- Lubricantes sólidos como bisulfuro de molibdeno y grafito.

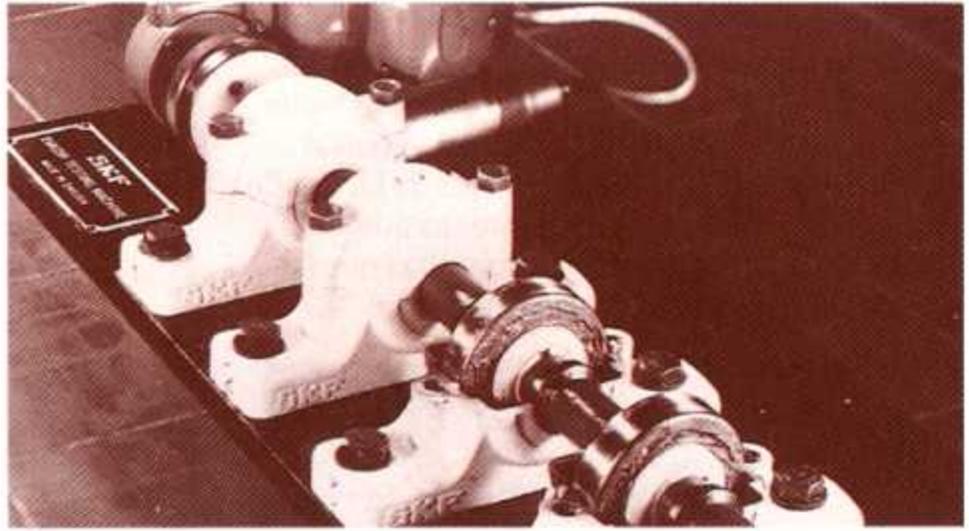


## Grasas espesadas con sustancias inorgánicas

Las sustancias inorgánicas, tales como la bentonita y silicagel, también se pueden usar como espesantes. Las moléculas de aceite son absorbidas por las superficies activas de estas sustancias. Estas grasas no escapan de la disposición a altas temperaturas y son resistentes al desgaste.

## Prueba de las propiedades antioxidantes

Para que SKF certifique que una grasa tiene propiedades antioxidantes, dicha grasa debe pasar previamente la prueba Emscor de SKF. Sólo se aprueban las grasas que impiden completamente que se forme oxidación.



## Propiedades antioxidantes

La grasa que se usa en los rodamientos debe proteger siempre contra la oxidación. El agente antioxidante debe ser preferiblemente insoluble en agua. La grasa debe tener una potencia de adherencia tal, que las superficies de acero estén siempre cubiertas por una película aunque la grasa esté saturada de agua.

## Estabilidad mecánica

Algunas grasas tienden a ablandarse durante el trabajo mecánico, lo que puede dar lugar a escapes. En aplicaciones sometidas a vibración, la grasa es arrojada al rodamiento desde el alojamiento. Si la grasa no es mecánicamente estable, entrará y saldrá del rodamiento en un proce-

so continuo de circulación. Esto produce una descomposición mecánica de la matriz de jabón y destruye la grasa.

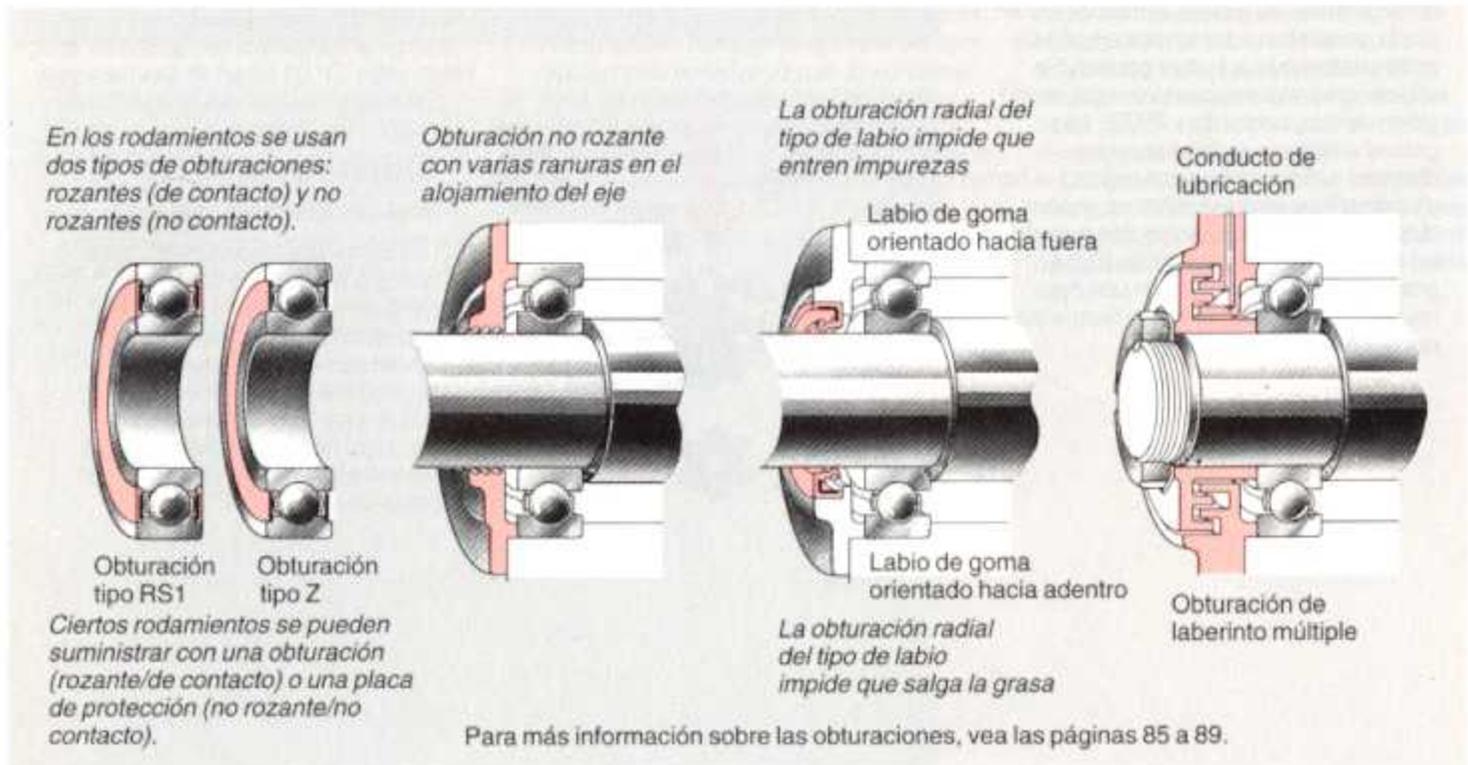
Es importante elegir una grasa con una buena estabilidad mecánica, tales como las grasas líticas fabricadas por SKF.

## Obturaciones

Una obturación debe proteger tanto al rodamiento como a su lubricante del ambiente externo. No se debe permitir que entren en el rodamiento impurezas ni humedad y produzcan daños.

Las obturaciones también deben limitar el escape de la grasa. La eficacia de una obturación es crítica para la vida de servicio del rodamiento.

Es muy importante elegir la disposición de



obtención correcta. No permita nunca que un rodamiento siga funcionando con una obturación que esté dañada o cuyo aspecto sugiera la conveniencia de su sustitución.

## Mezcla de grasas

No mezcle nunca grasas que sean incompatibles. Si se combinan dos de estas grasas, la mezcla resultante tendrá normalmente una menor consistencia, lo que acabará produciendo el fallo del rodamiento debido a las fugas.

Si no sabe el tipo de grasa con que se lubricó originalmente un rodamiento, no efectúe el reengrase sin haber eliminado primero la grasa antigua tanto del rodamiento como de los componentes adyacentes.

## Clasificación de las grasas lubricantes

### De acuerdo con la temperatura y las condiciones de funcionamiento

Las grasas lubricantes se pueden agrupar de acuerdo con su adecuabilidad para diferentes condiciones de funcionamiento. La consistencia y capacidad de lubricación de una grasa están influenciadas por la temperatura de trabajo. Un rodamiento que funciona a una temperatura determinada debe ser lubricado con una grasa que tenga la consistencia y capacidad de lubricación correctas a esa misma temperatura. Las grasas

se fabrican con composiciones para las diferentes gamas de temperatura de funcionamiento y se clasifican como grasas de baja (LT), media (MT) o alta (HT) temperatura. También hay un grupo de grasas, clasificadas EP (extrema presión) o EM (extrema presión con bisulfuro de molibdeno), con aditivos para incrementar la resistencia de la película de lubricante.

### No mezcle nunca grasas con espesantes diferentes.

*Cuando una grasa de litio ...*

*se mezcla con una grasa de sodio,*



*... la mezcla resultante es más blanda que cualquiera de sus dos componentes. Además, la mezcla tendrá una temperatura máxima de trabajo más baja y una menor capacidad de lubricación.*

*Se pueden mezclar grasas con el mismo espesante y un aceite base similar.*



*Cuando se mezclan dos grasas que no son compatibles, el resultado es generalmente una mezcla más blanda, o a veces incluso mucho más rígida.*

# Selección de una grasa

De poco servirán todas las precauciones adoptadas para impedir que falle un rodamiento si se selecciona una grasa incorrecta. Es importante elegir una grasa que ofrezca la viscosidad del aceite base necesaria para proporcionar una lubricación suficiente a la temperatura de funcionamiento existente. La viscosidad depende en gran medida de la temperatura. Disminuye cuando sube la temperatura y aumenta cuando baja la temperatura. Por lo tanto, es importante conocer la viscosidad del aceite base a la temperatura de trabajo. Los fabricantes de maquinaria especifican generalmente un tipo determinado de grasa, y la mayoría de las grasas estándar cubren una amplia gama de aplicaciones.

A continuación se indican los factores más importantes a considerar cuando se selecciona una grasa lubricante:

- Tipo de máquina
- Tipo y tamaño del rodamiento
- Temperatura de funcionamiento
- Condiciones de carga de trabajo
- Gama de velocidades
- Condiciones de trabajo, tales como la vibración y la orientación del eje, en dirección horizontal o vertical
- Condiciones de refrigeración
- Eficacia de la obturación
- Ambiente externo

La mayoría de los usuarios de rodamientos eligen una familia de grasas que pueda servir para casi cualquier aplicación o situación que puedan encontrar. SKF, por ejemplo, ha desarrollado seis grasas diseñadas para funcionar eficazmente en el 95 % de las aplicaciones de rodamientos. La grasa LGHT se debe usar cuando la temperatura sobrepasa los 80 °C; la grasa LGLT cuando la temperatura es inferior a 0 °C.

Para los rodamientos sometidos a unas cargas extremadamente altas y para los que funcionan a una velocidad muy baja se puede usar la grasa LGEM 2; las cargas moderadas aconsejan la grasa LGMT 3. Los rodamientos pequeños a medianos pueden ser lubricados con LGMT 2,

y los de mayor tamaño con LGMT 3. Vea la información sobre las grasas lubricantes SKF en las páginas 232 y 233.

## ¡AVISO!

Compruebe con el proveedor que los aditivos EP no son perjudiciales para los rodamientos.

### Factores que afectan la selección de la grasa



Tipo y tamaño de rodamiento

Temperatura de funcionamiento



Velocidad



Carga



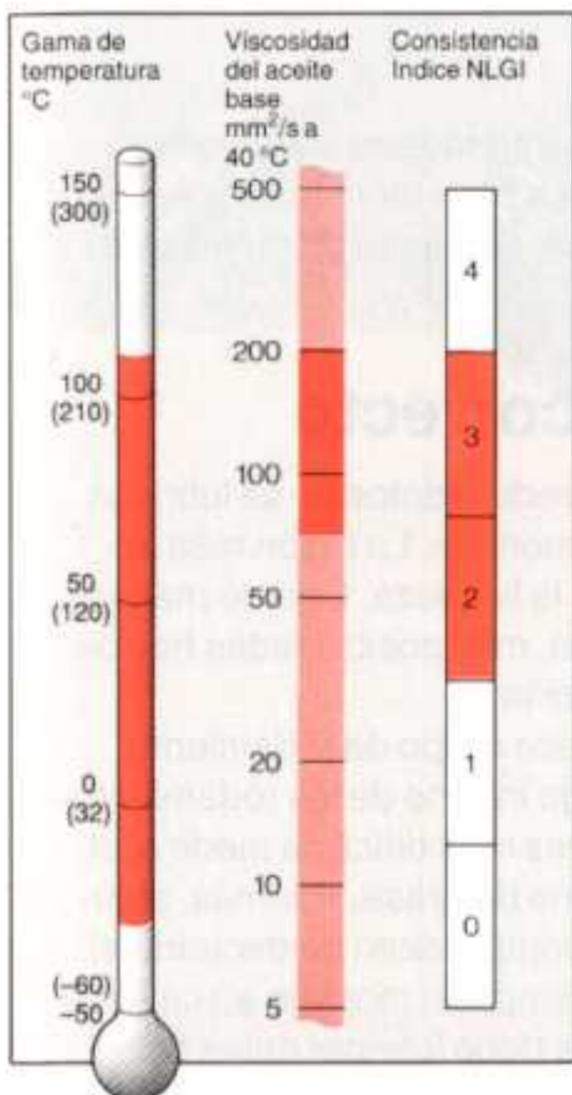
### Grasa de alta temperatura (HT)

Utilice la grasa HT cuando la temperatura de funcionamiento supera generalmente los 80 °C o cuando no son aceptables los intervalos cortos de relubricación para rodamientos que funcionan a una temperatura de 70 a 85 °C.

### Grasa de baja temperatura (LT)

Utilice la grasa LT cuando tanto la temperatura de funcionamiento como la temperatura ambiente son inferiores a 0 °C, o para rodamientos con cargas ligeras que funcionan a altas velocidades en aplicaciones donde no se puede tolerar un incremento de la temperatura de funcionamiento.

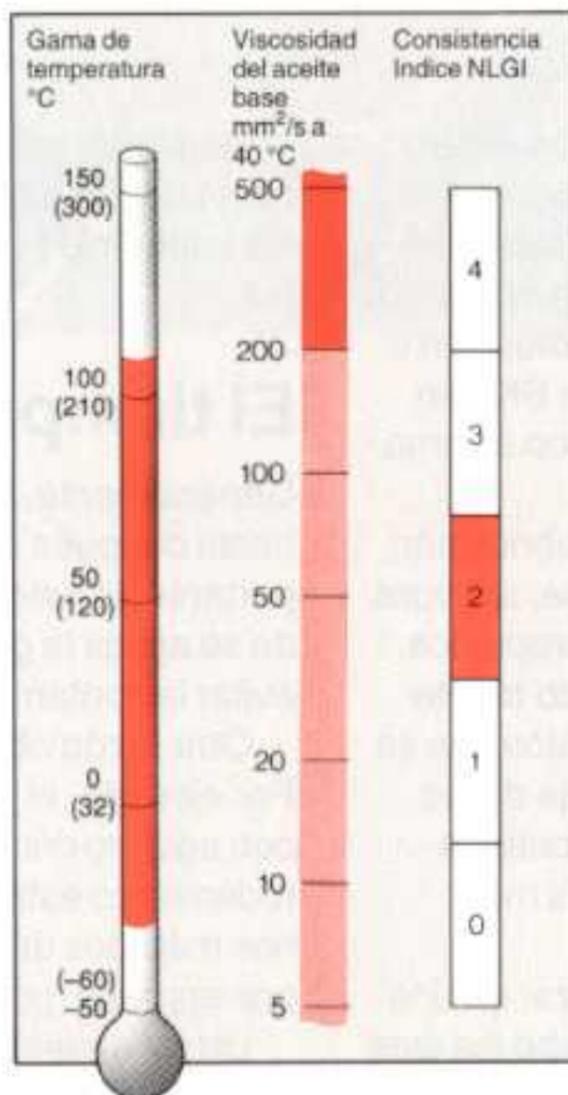




### Grasas de temperatura media (MT)

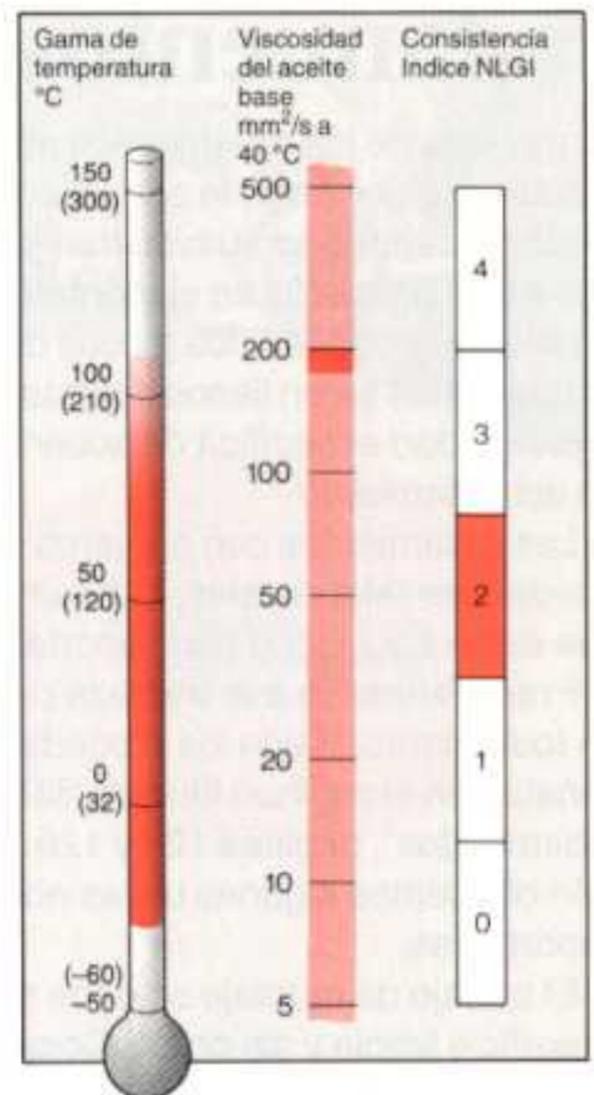
Estas grasas "multiuso" están recomendadas para rodamientos que funcionan a temperaturas de -30 a 120 °C. Se pueden usar en la amplia mayoría de las aplicaciones lubricadas con grasa. La viscosidad del aceite base debe ser entre 75 y 200 mm<sup>2</sup>/s a 40 °C. La consistencia es normalmente 2 (ó 3) de acuerdo con la escala NLGI.

Para aplicaciones que funcionan constantemente a más de 80 °C se recomienda una grasa de alta temperatura.



### Grasas EM

Las grasas con la designación EM contienen bisulfuro de molibdeno (MoS<sub>2</sub>), el cual produce una capa de cristales MoS<sub>2</sub> en la superficie de metal que se deslizan unos sobre otros y proporcionan una lubricación temporal. En lugar de esta grasa, a veces se usa grafito o un lubricante seco similar.



### Grasas EP

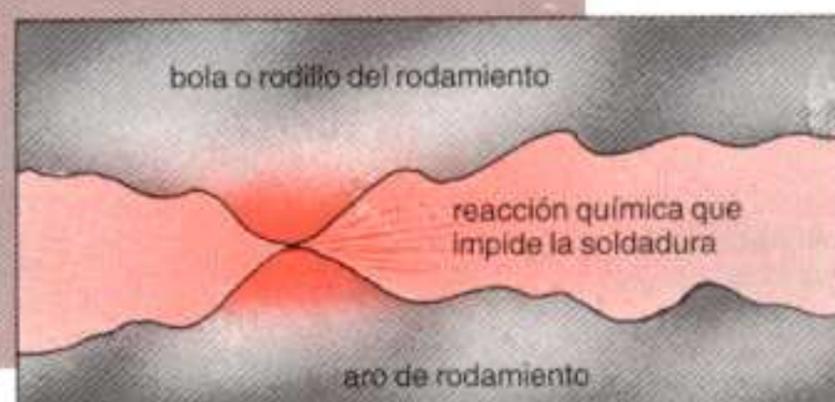
Las grasas EP contienen compuestos de azufre, cloro y fósforo. Tienen propiedades de refuerzo de la película, es decir aumentan la capacidad de carga de la película. Esto es importante en las grasas destinadas a rodamientos de tamaño mediano y grande sometidos a gran tensión. Cuando se ha alcanzado una temperatura suficientemente alta en los contactos entre las crestas de las superficies normales de metal del rodamiento, se produce una reacción química que impide la posibilidad de soldadura. La viscosidad del aceite base es aproximadamente 200 mm<sup>2</sup>/s a 40 °C. La consistencia corresponde a NLGI 2. Generalmente, estas grasas no se deben usar a temperaturas inferiores a -30 °C o por encima de 110 °C.

¡Aviso! Algunos aditivos EP tienen un efecto perjudicial en los rodamientos y pueden acortar dramáticamente su vida de servicio. Por favor compruebe con su proveedor.

Para aplicaciones que funcionan constantemente por encima de los 80 °C se recomienda una grasa de alta temperatura.

### Grasas para cargas elevadas

En los rodamientos que giran a poca velocidad bajo cargas elevadas, se requieren aditivos para reforzar la película de aceite. De lo contrario, las crestas rugosas de las superficies metálicas del rodamiento estarán en contacto, la temperatura subirá y las superficies se soldarán entre sí. Los aditivos minimizan el contacto entre las partes de metal y producen una reacción química que impide la soldadura.



# Importante cuando se engrasan los rodamientos

La mayoría de los rodamientos abiertos están recubiertos únicamente con un compuesto anti-oxidante cuando se suministran y por tanto deben ser engrasados en el montaje. Sin embargo, los rodamientos con dos placas de protección u obturaciones salen llenos de grasa de SKF en una cantidad específica de acuerdo con el tamaño del rodamiento.

Los rodamientos con agujeros de lubricación pueden ser relubricados, naturalmente, siempre que estén equipados con soportes apropiados.

Preste atención a la limpieza cuando monte un rodamiento, y siga los procedimientos que se señalan en el capítulo titulado "Montaje de los rodamientos", páginas 128 y 129. A continuación ofrecemos algunas de las normas más importantes:

El trabajo de montaje se debe realizar en una superficie limpia y sin polvo. Compruebe los ejes y los aros, y límpielos. Compruebe también las obturaciones y cámbielas si presentan algún tipo de desgaste o daño.

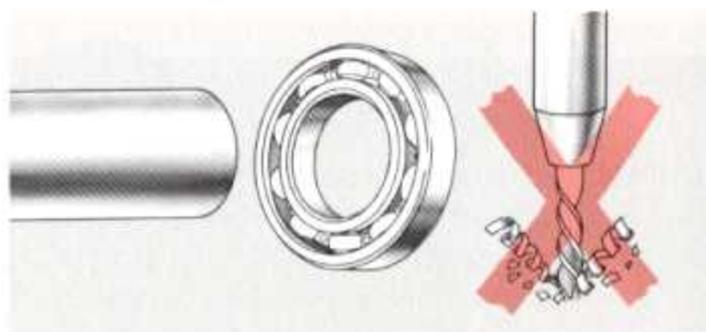
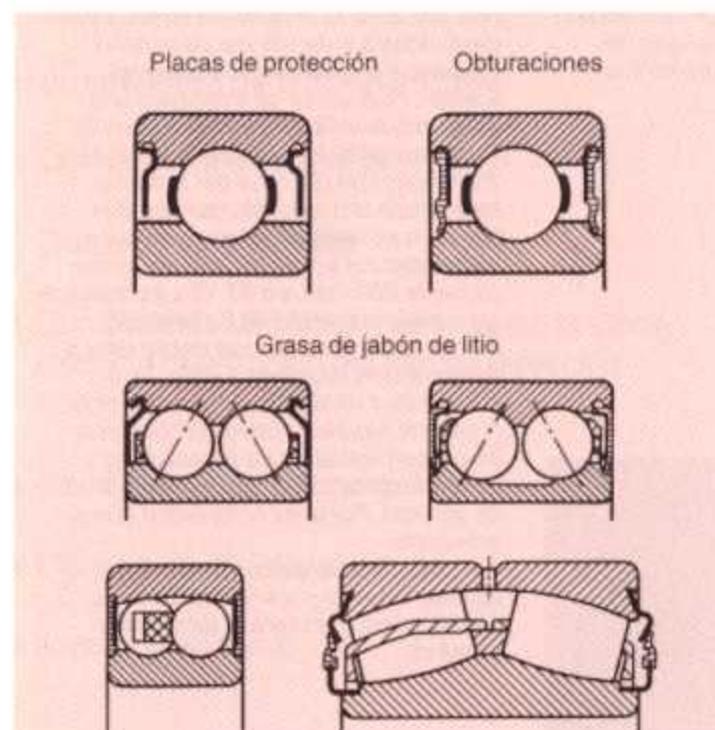
No saque los rodamientos de su envoltorio hasta que estén listos para montar. Limpie sólo las superficies del agujero y del diámetro exterior.

## El tiempo correcto

Generalmente, los rodamientos no se lubrican hasta después del montaje. La razón más importante de esto es la limpieza. Cuanto más tarde se aplica la grasa, más posibilidades hay de evitar la contaminación.

Otra razón obedece al tipo de rodamiento. Por ejemplo, el juego interno de los rodamientos con agujero cónico es más difícil de medir si el rodamiento está lleno de grasa. Además, algunos métodos de montaje hacen inadecuado el pre-engrase, por ejemplo el montaje en caliente.

Un rodamiento se debe lubricar antes del montaje sólo cuando el pre-engrase sea la única forma de obtener una distribución uniforme de la grasa.



### Las siguientes condiciones son importantes cuando se engrasan los rodamientos:

- Cantidad correcta
- Método correcto
- Tipo y cantidad correctos de grasa
- Intervalos correctos de relubricación

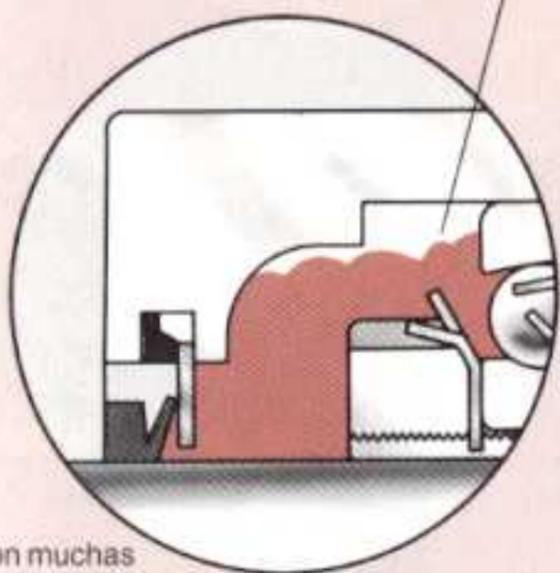
### Recuerde que la grasa no dura indefinidamente. Dos aspectos importantes son:

- ¿Cuánto tiempo permanece utilizable la grasa?
- ¿Cómo se cambia la grasa?

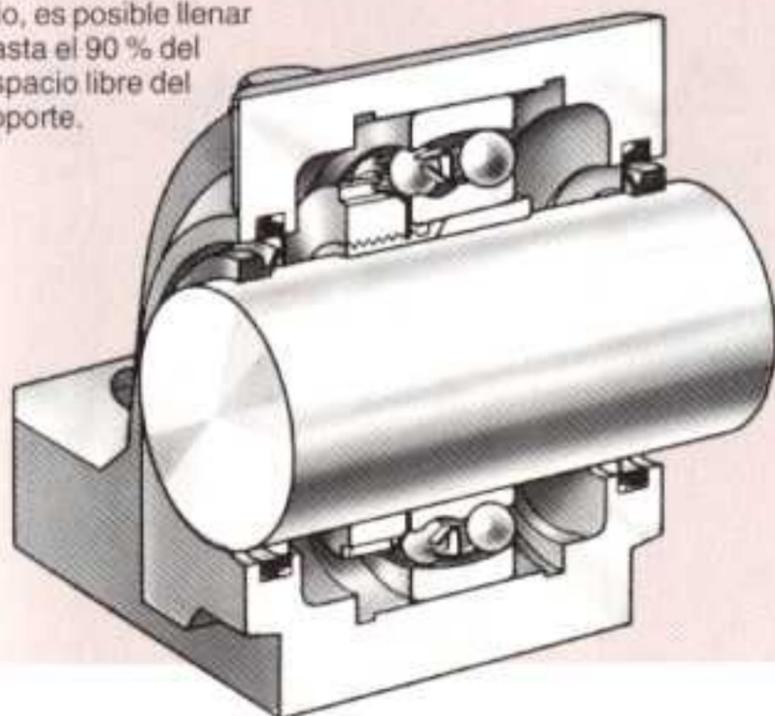


Cuanto más tarde se lubrica un rodamiento, mayores son las posibilidades de evitar la contaminación.

Deje siempre libre una parte del soporte para la grasa que sale del rodamiento en el arranque.



Con muchas grasas de jabón de litio, es posible llenar hasta el 90 % del espacio libre del soporte.



## La cantidad correcta

Siga estas normas generales: Un rodamiento se debe llenar completamente de grasa, pero el espacio libre del soporte se ha de llenar sólo parcialmente (entre el 30 y el 50 %). No obstante, en las aplicaciones que no producen vibración, muchas grasas de jabón de litio, también denominadas grasas de llenado total, pueden ocupar hasta el 90 % del espacio libre del soporte sin ningún riesgo de que aumente la temperatura. De esta forma, se puede impedir que entren impurezas en el rodamiento y es posible alargar los intervalos de relubricación. Los rodamientos que tienen que funcionar a altas velocidades, por ejemplo en husillos de máquinas-herramienta, donde es aconsejable mantener baja la temperatura, se deben lubricar con pequeñas cantidades de grasa.

Para más información sobre los soportes SNH y SAF de SKF, vea las páginas 223 a 227 de este manual.

Las aplicaciones de alta velocidad, por ejemplo husillos de máquinas-herramienta, se deben lubricar con pequeñas cantidades de grasa.

La información de los soportes SNH figura en las páginas 223 y 224, y la de los soportes SAF, en las páginas 225 a 227.

# Cómo engrasar un rodamiento

Las técnicas de engrase varían de acuerdo con el diseño del rodamiento y de su soporte. Los rodamientos pueden ser desarmables o no desarmables, los soportes pueden ser partidos o enterizos.

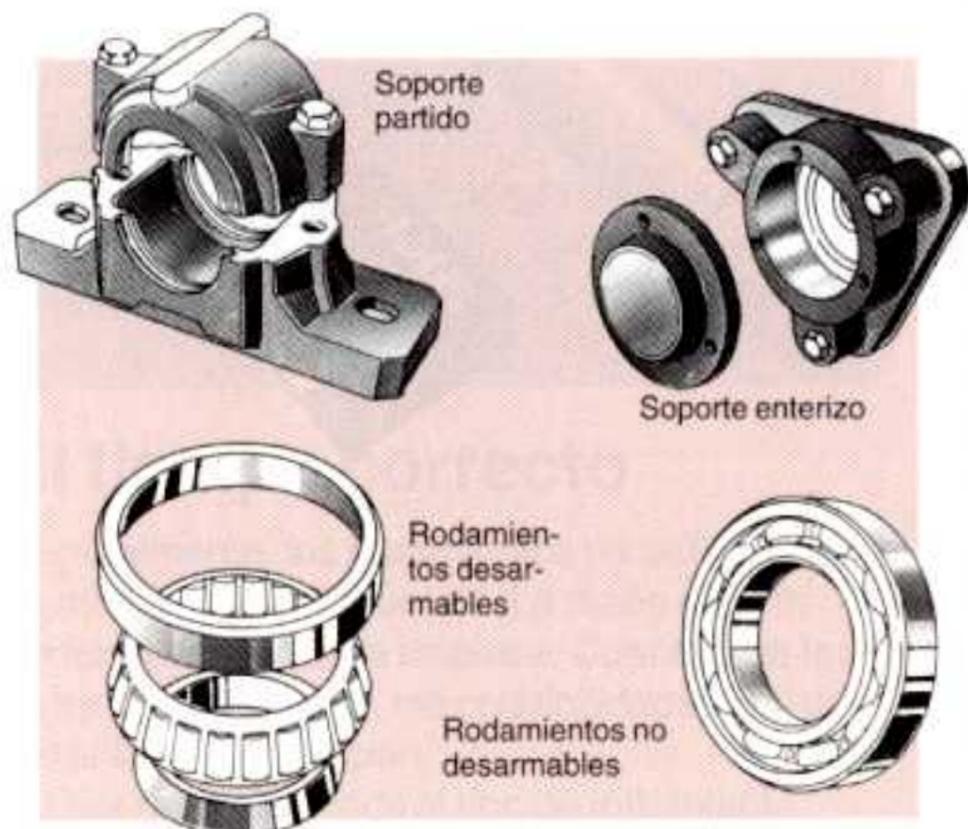
## Rodamientos desarmables

Los rodamientos desarmables incluyen los de rodillos cilíndricos, los de rodillos cónicos y todos los tipos de rodamientos axiales. Estos rodamientos se pueden engrasar desarmados, en el orden determinado por la secuencia de montaje.

Después de montar el primer aro, llene el espacio interno con grasa. A continuación engrase el aro. Si el aro tiene fijado un conjunto de jaula y bolas o rodillos no desarmable, asegúrese de que todos los espacios están bien llenos. Si el aro es desarmable, es suficiente engrasarlo ligeramente para que no se dañe al insertar el aro con la jaula y los elementos rodantes.

## Rodamientos no desarmables

Aquí se incluyen los rodamientos rígidos y los de a rótula. Los rodamientos rígidos, tales como los rígidos de bolas y los de bolas con contacto angular, se deben llenar con grasa desde ambas caras. En los rodamientos de bolas a rótula y de rodillos a rótula, se puede girar un aro para tener acceso a los elementos rodantes e inyectar la grasa en todo el espacio libre que hay entre ellos.



Utilice guantes de protección cuando manipule lubricantes. El contacto directo con los productos derivados del petróleo puede producir reacciones alérgicas.



Los rodamientos rígidos se llenan con grasa desde ambas caras.



Es posible ladear un aro de los rodamientos a rótula.



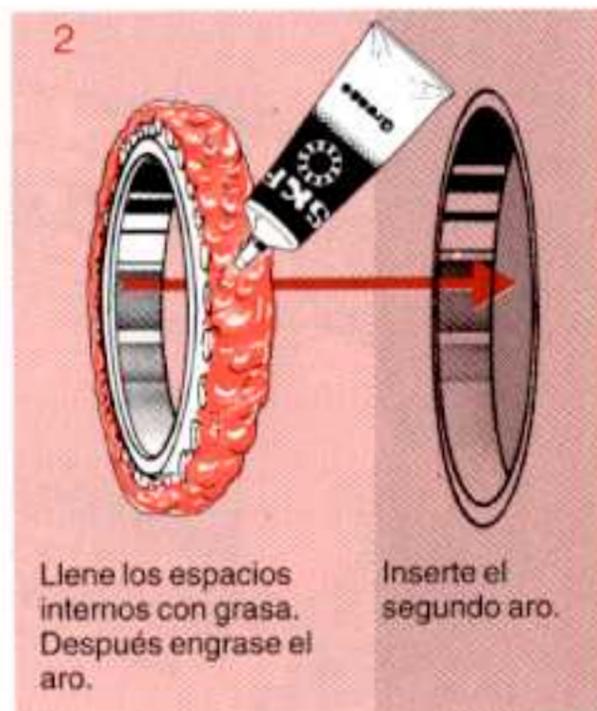
Rodamientos de rodillos cilíndricos

Rodamientos de rodillos cónicos

Rodamientos axiales



1 Monte el primer aro.



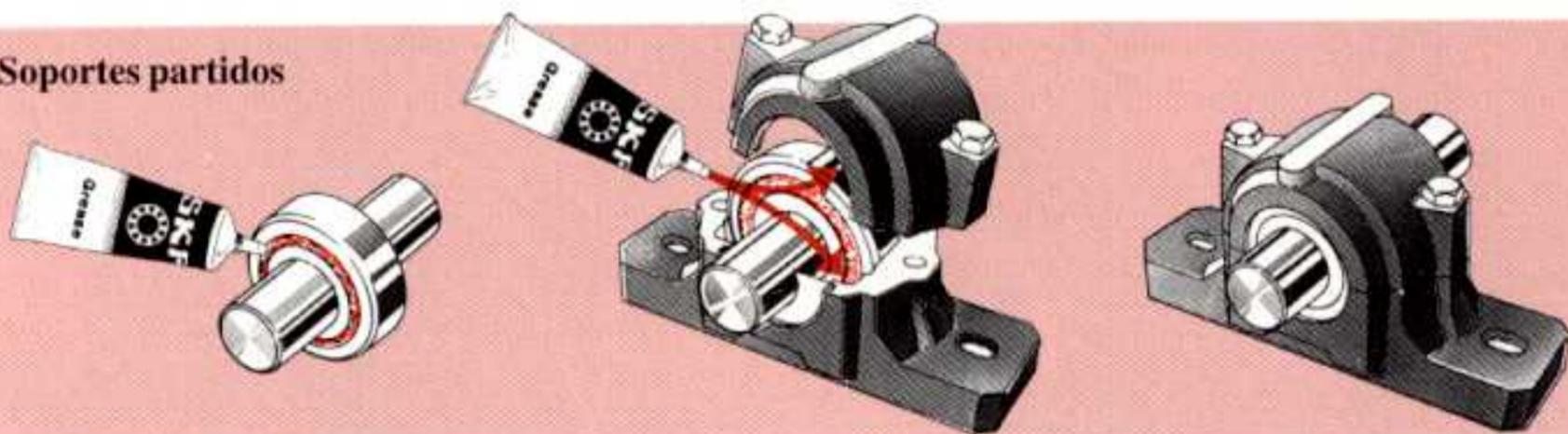
2 Llene los espacios internos con grasa. Después engrase el aro.

Inserte el segundo aro.

Con la excepción de los rodamientos axiales de rodillos a rótula, que se lubrican generalmente con aceite, todos los rodamientos axiales se montan en tres etapas. Sólo se engrasa el conjunto de elementos rodantes y jaula. También hay que llenar con grasa cualquier otro espacio fuera de los aros.



### Soportes partidos



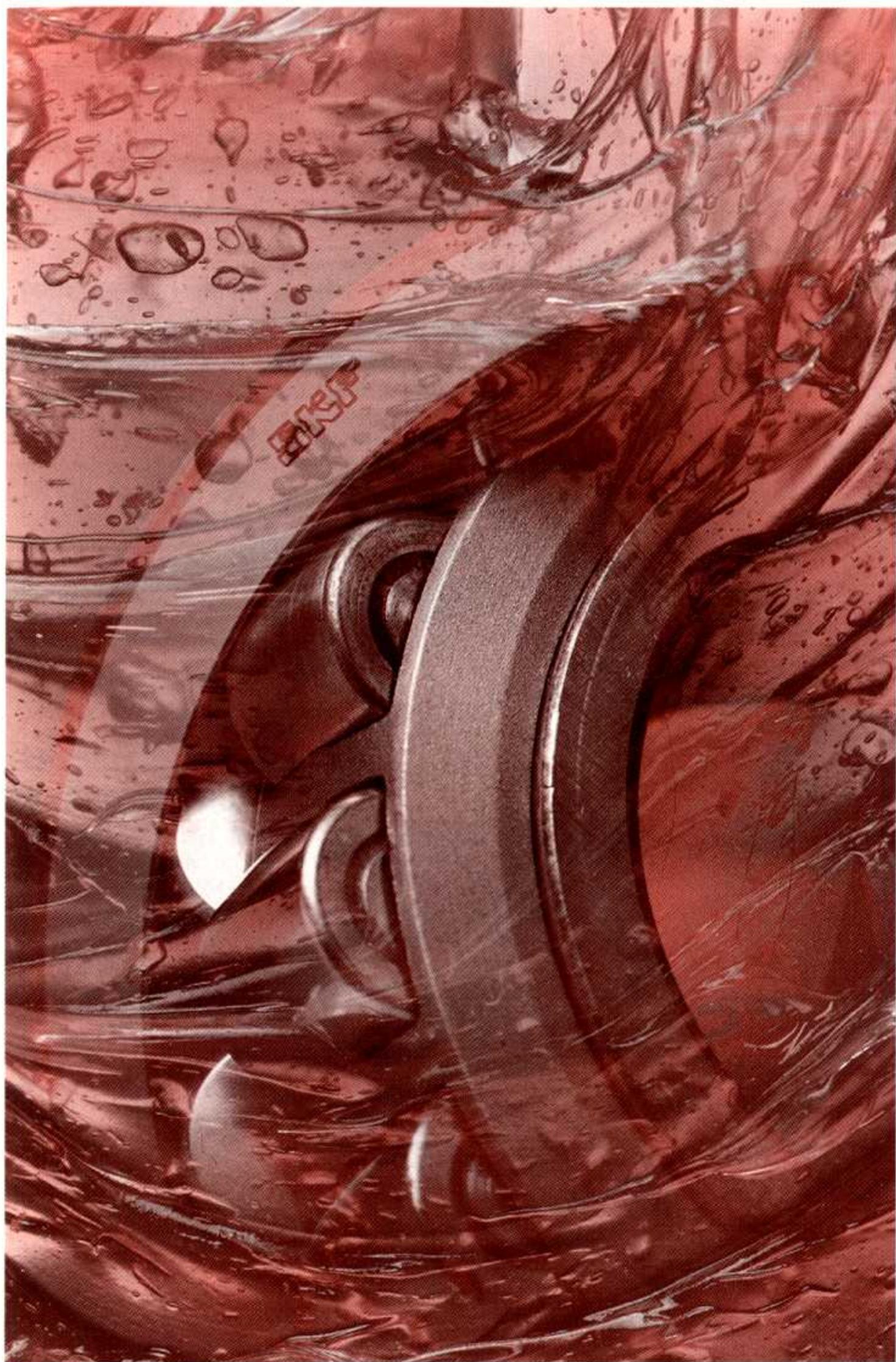
Monte el rodamiento en el eje y llénelo inmediatamente con grasa. Ponga el rodamiento en su posición correcta sobre el eje y llene los espacios libres del soporte con la cantidad adecuada de grasa.

### Soportes enterizos

Asegúrese de que están llenos todos los espacios. Utilice guantes de protección; el contacto directo con los productos derivados del petróleo puede producir reacciones alérgicas.



Instale la obturación interior, a continuación llene con grasa el espacio entre la obturación y el asiento del rodamiento. Llene los rodamientos rígidos desde la cara a girar hacia adentro, y asegúrese de que todos los espacios entremedias están llenos. Aplique el exceso de grasa en la cara que gira hacia fuera; esto impedirá que entren impurezas durante el montaje. A continuación monte el rodamiento, limpie la grasa sobrante, llene de nuevo con grasa limpia el exterior del rodamiento, y finalmente llene los espacios libres en el exterior del soporte. Si el rodamiento va a ser montado con un ajuste de interferencia en el eje, el montaje se efectúa normalmente antes del engrase.



# Lubricación de los soportes de pie SNH y SAF

Los soportes de pie SNH y SAF se lubrican generalmente con grasa. La elección del lubricante depende de las condiciones de funcionamiento y se debe hacer de acuerdo con las directrices que se ofrecen en este manual. El llenado inicial de grasa y la cantidad de reengrase recomendados para los soportes aparecen en esta página y en las páginas 226 y 227.

## Soportes SNH

En la parte superior del soporte SNH hay cinco marcas que indican dónde se deben taladrar y

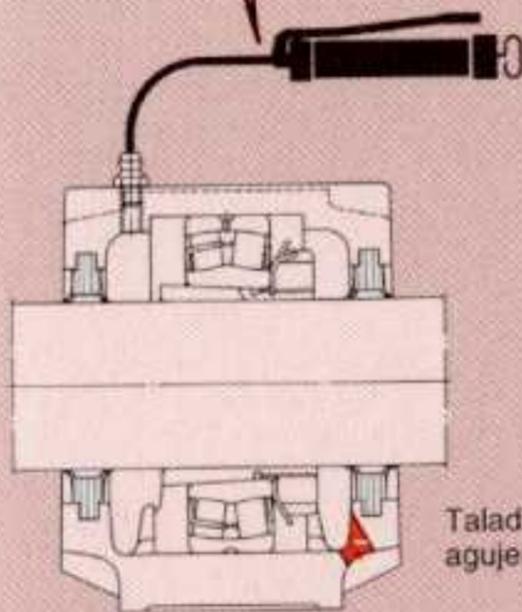
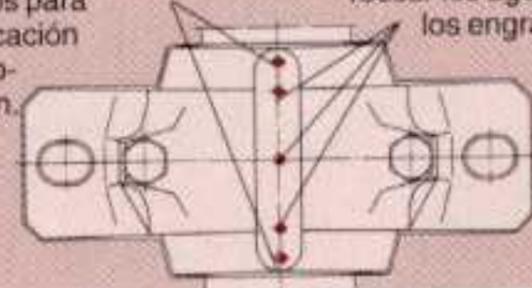
roscar los agujeros para los engrasadores. Las dos posiciones exteriores son para relubricar la obturación y las tres centrales para la relubricación del rodamiento.

Cuando se requiere una relubricación frecuente, se debe taladrar y roscar un agujero en la tapa del soporte para acomodar un engrasador (véase la tabla de abajo). Los soportes equipados con obturaciones de anillo en V (sufijo TA) requieren un anillo en V extra montado interiormente en el lado de entrada de la grasa (véase la ilustración a la izquierda de esta página) para que la grasa pueda salir del soporte sólo por el lado opuesto. La grasa sobrante escapa del

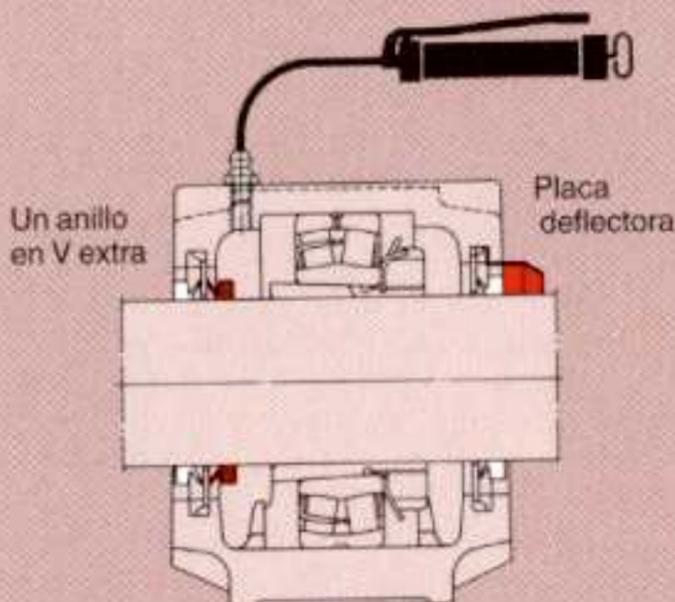
Tenga cuidado si usa una pistola neumática de engrase. Las obturaciones pueden resultar dañadas por la presión.

Las marcas exteriores corresponden a los agujeros para la lubricación de la obturación.

Estas marcas indican dónde se deben taladrar y roscar los agujeros para los engrasadores.



Taladre aquí un agujero de drenaje.



Cantidades de grasa para el llenado inicial

Soporte Tamaño	Grasa	Soporte Tamaño	Grasa
-	gramos	-	gramos
505 205	25	515-612 215	230
506-605 206	40	516-613 216	280
507-606 207	50	517 217	330
508-607 208	60	518-605 218	430
509	65	519-616	480
510-608 210	75	520-617	630
511-609 211	100	522-619	850
512-610 212	150	524-620	1 000
513-611 213	180	526	1 100
		528	1 400
		530	2 000
		532	2 000

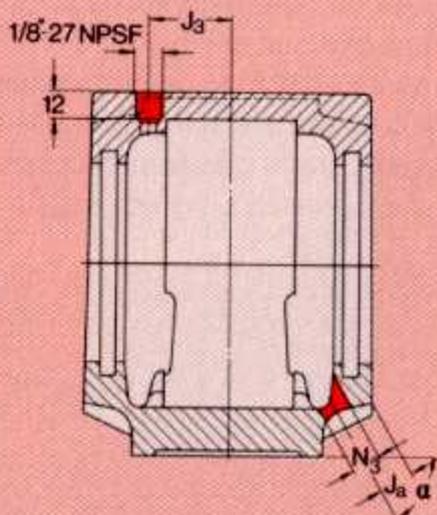
soporte a través del anillo en V sencillo. Para los soportes SNH está disponible un juego de accesorios que contiene un anillo en V extra y una placa deflectora que cubre un sector de ligeramente más de 180°.

La grasa debe entrar en el soporte SNH por el lado opuesto a la tuerca de fijación (véase la ilustración en la página 223). Para los soportes

SNH montados en el extremo de un eje, la grasa se debe suministrar desde el lado de la placa lateral.

Cuando se usan obturaciones de los tipos TG o TC, la grasa sobrante puede escapar a través de un agujero taladrado en el soporte. En la tabla de abajo figuran las dimensiones del agujero de escape de diversos soportes.

Dimensiones de los engrasadores y de los agujeros de escape



Soporte Tamaño	Dimensiones				Soporte Tamaño	Dimensiones			
	$J_3$	$J_a$	$N_3$	$\alpha$		$J_3$	$J_a$	$N_3$	$\alpha$
-	mm			grados	-	mm			grados
505 205	19,5	8,5	10	45	516-613 216	37,5	14	16	45
506-605 206	23	10	10	45	517 217	39	17	16	45
507-606 207	23	10	10	45	518-615 218	44	20	16	60
508-607 208	26	9	10	45	519-616	45	20	16	65
509 209	22,5	10	10	45	520-617	46	21	16	65
510-608 210	27	11	10	45	522-619	51	21	20	60
511-609 211	29,5	10	12	45	524-620	58	24	20	60
512-610 212	32	9	12	45	526	60	22	20	60
513-611 213	33	13	12	45	528	64	23	20	60
515-612 215	35,5	12,5	12	45	530	68	25	20	60
					532	72	25	20	60

Se recomienda el engrasador AH 1/8"-27PTF. La rosca también permite el uso de engrasadores con roscas R 1/8", KR 1/8", G 1/8" o M 10 x 1.

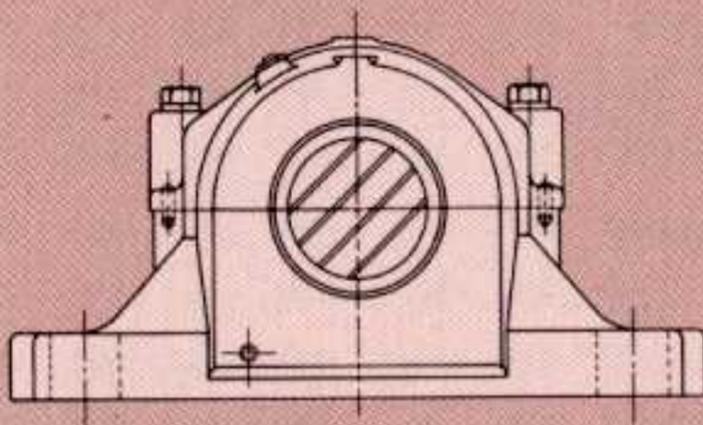
# Soportes de pie SAF

Los soportes de pie hasta el tamaño 524 se suministran con dos agujeros cónicos, uno centrado para la lubricación de los rodamientos de rodillos a rótula con ranura W33, y el otro en el resalte para la lubricación de rodamientos de bolas a rótula. De serie, estos agujeros van equipados con tapones en pulgadas. Los engrasadores están disponibles con las siguientes designaciones:

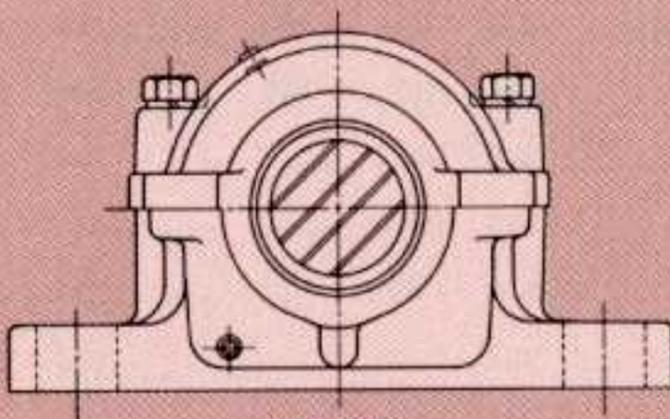
- Sufijo WC; engrasador hidráulico directo,
- Sufijo WCI; engrasador hidráulico de cabeza de botón

Los números de referencia de estos engrasadores aparecen en la tabla "Sistemas de lubricación para los soportes de pie SAF" en la página 244.

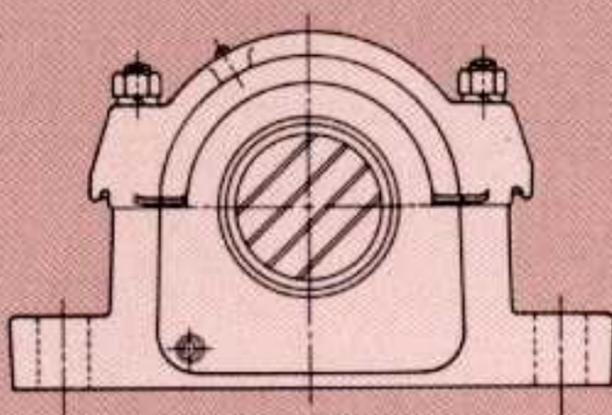
## Tipos y características de los soportes de pie partidos



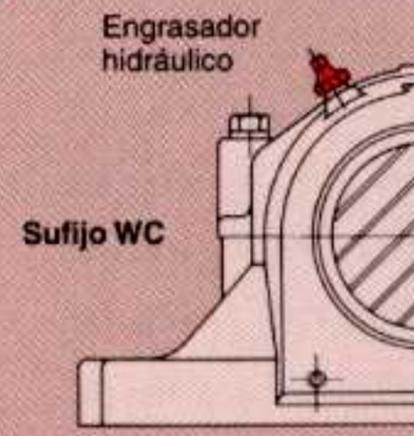
SAF "A"



SAF "L"



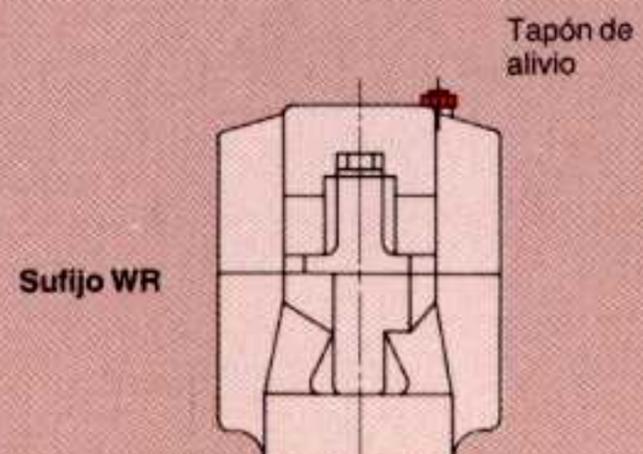
SAF "N"



Sufijo WC



Sufijo WCI



Sufijo WR

Tapón de alivio

Para la información sobre los soportes de pie SAF lubricados con aceite, vea la página 244 y 245.

## Cantidad inicial de grasa para los soportes de pie partidos

La cantidad (masa)<sup>1)</sup> inicial aproximada de grasa para los soportes de pie partidos se da en esta página y en las siguientes. La cantidad inicial aproximada de grasa es de un tercio a la mitad, del volumen del espacio libre en la base

del soporte. Esta recomendación es para velocidades moderadas y cargas normales o ligeras sobre el rodamiento ( $C/P \geq 8,3$ )<sup>2)</sup>. La tabla indica la masa de grasa para un tercio del volumen del espacio libre de la base.

### Cargas iniciales de grasa para los soportes de pie partidos

SAF 13		SAF 15		SAF 16		SAF 222		SDAF 222		SAF 223		SDAF 223		SAF 225	
Soporte de pie	Cantidad de grasa (masa)	Soporte de pie	Cantidad de grasa (masa)	Soporte de pie	Cantidad de grasa (masa)	Soporte de pie	Cantidad de grasa (masa)	Soporte de pie	Cantidad de grasa (masa)	Soporte de pie	Cantidad de grasa (masa)	Soporte de pie	Cantidad de grasa (masa)	Soporte de pie	Cantidad de grasa (masa)
-	g	-	g	-	g	-	g	-	g	-	g	-	g	-	g
308	59,5	505	11,5	609	82,0	216	155	220	275	308	51,0	316	245	509	48,0
309	76,5	506	28,5	610	110	217	180	222	370	309	62,5	317	280	510	54,0
310	99,0	507	37,0	611	130	218	185	224	395	311	88,0	318	310	511	71,0
311	120	509	51,0	613	185	220	395	226	555	310	110	320	425	513	110
312	145	510	56,5	615	285	222	425	230	650	312	130	322	455	515	140
313	175	511	76,5	616	310	224	480	232	820	313	155	324	695	516	165
314	220	513	120	617	385	226	640	234	980	314	185	326	850	517	200
315	265	515	145	618	395	228	650	236	1 050	315	210	328	1 020	518	205
316	300	516	180	620	625	230	725	238	1 400	316	250	330	1 200	520	425
317	355	517	220	622	835	232	965	240	1 750	317	310	332	1 450	522	455
318	370					234	1 250	244	2 100	318	340	334	1 750	524	525
320	595					236	1 450			320	495	336	2 000	526	780
322	795					238	1 850			322	665	338	2 300	528	795
						240	2 150			324	820	340	2 700	530	810
						244	3 100			326	965			532	1 050
										328	1 250			534	1 350
										330	1 450			536	1 550
										332	1 900			538	1 850
										334	2 250			540	2 350
										338	3 000			544	3 400

<sup>1)</sup> La masa es para una grasa con una densidad media de 0,87 g/cm<sup>3</sup>

<sup>2)</sup> Consulte con un Ingeniero de Aplicaciones de SKF cuando la velocidad del rodamiento sea alta o la carga elevada ( $C/P < 8,3$ )

**Cantidades iniciales de grasa para los soportes de pie partidos**

<b>SDAF 225</b>		<b>SAF 226</b>		<b>SDAF 226</b>		<b>SAF 230 KA</b>		<b>SDAF 230 KA</b>		<b>SAW 232</b>		<b>SAW 235</b>	
Soporte de pie	Cantidad de grasa (masa)	Soporte de pie	Cantidad de grasa (masa)	Soporte de pie	Cantidad de grasa (masa)	Soporte de pie	Cantidad de grasa (masa)	Soporte de pie	Cantidad de grasa (masa)	Soporte de pie	Cantidad de grasa (masa)	Soporte de pie	Cantidad de grasa (masa)
-	g	-	g	-	g	-	g	-	g	-	g	-	g
<b>520</b>	310	<b>609</b>	680	<b>616</b>	260	<b>024 KA</b>	245	<b>060 KA</b>	5 100	<b>220</b>	425	<b>520</b>	480
<b>522</b>	395	<b>610</b>	90,5	<b>617</b>	300	<b>026 KA</b>	340	<b>064 KA</b>	5 250	<b>222</b>	565	<b>522</b>	610
<b>524</b>	440	<b>611</b>	115	<b>618</b>	325	<b>028 KA</b>	480	<b>068 KA</b>	5 250	<b>224</b>	695	<b>524</b>	735
<b>526</b>	610	<b>613</b>	150	<b>620</b>	440	<b>030 KA</b>	650	<b>072 KA</b>	5 550	<b>226</b>	820	<b>526</b>	905
<b>530</b>	795	<b>615</b>	225	<b>622</b>	480	<b>032 KA</b>	680	<b>076 KA</b>	5 550	<b>228</b>	905	<b>528</b>	1 050
<b>532</b>	895	<b>616</b>	265	<b>624</b>	735	<b>034 KA</b>	810	<b>080 KA</b>	7 250	<b>230</b>	1 100	<b>530</b>	1 200
<b>534</b>	1 100	<b>617</b>	340	<b>626</b>	905	<b>036 KA</b>	965	<b>064 KA</b>	7 400	<b>232</b>	1 350	<b>532</b>	1 500
<b>536</b>	1 150	<b>618</b>	370	<b>618</b>	1 050	<b>038 KA</b>	1 250			<b>234</b>	1 600	<b>534</b>	1 850
<b>538</b>	1 500	<b>620</b>	510	<b>630 *</b>	1 300	<b>040 KA</b>	1 450			<b>236</b>	1 750	<b>536</b>	1 850
<b>540</b>	1 850	<b>622</b>	695	<b>632</b>	1 500	<b>044 KA</b>	1 800			<b>238</b>	2 050	<b>538</b>	2 150
<b>544</b>	2 250	<b>624</b>	920	<b>634</b>	1 850	<b>048 KA</b>	2 050			<b>240</b>	2 350	<b>540</b>	2 500
		<b>626</b>	1 050	<b>636</b>	2 100	<b>052 KA</b>	2 850			<b>244</b>	3 000	<b>544</b>	3 400
		<b>628</b>	1 300	<b>638</b>	2 400	<b>056 KA</b>	3 000						
		<b>630</b>	1 550	<b>640</b>	2 850								
		<b>632</b>	2 000										
		<b>634</b>	2 400										
		<b>638</b>	3 100										

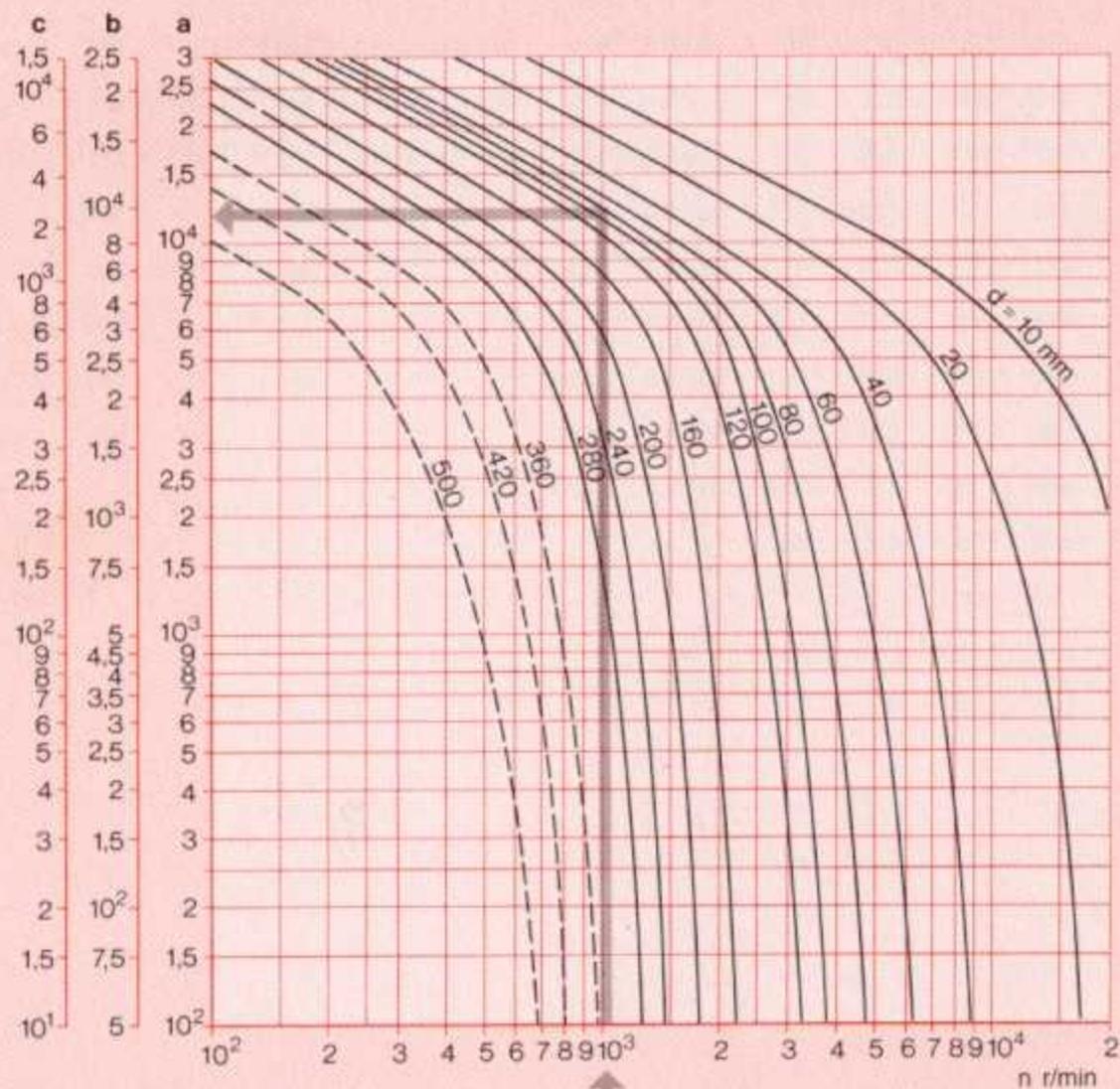
# ¿Cuánto tiempo permanece efectiva la grasa?

La esperanza de vida de una grasa depende de varios factores, tales como el tipo de grasa y la velocidad, y la temperatura de funcionamiento del rodamiento. El ambiente y la disposición de la obturación también tienen su importancia. Para los rodamientos pequeños de bolas, la vida de servicio es con frecuencia tan larga que la relubricación es innecesaria. Los rodamientos "lubricados de por vida" equipados con placas de protección u obturaciones resultan adecuados para estas situaciones.



La ilustración muestra el aro exterior de un rodamiento de rodillos dañado por el deslizamiento debido a una excesiva rigidez de la grasa. Las marcas de desgaste indican que los rodillos redujeron su velocidad o se pararon completamente en la zona sin carga. Cuando volvieron a entrar en la zona de carga, fueron obligados a acelerar rápidamente bajo carga. Consecuentemente los rodillos rompieron la película de lubricante y se produjeron los daños.

Intervalo de relubricación  $t_r$ , horas de funcionamiento



- Escala a: rodamientos radiales de bolas
- Escala b: rodamientos de rodillos cilíndricos, rodamientos de agujas
- Escala c: rodamientos de rodillos a rótula, rodamientos de rodillos cónicos, rodamientos axiales de bolas; rodamientos completamente llenos de rodillos cilíndricos ( $0,2 t_r$ ); rodamientos cruzados de rodillos cilíndricos con jaula ( $0,3 t_r$ ); rodamientos axiales de rodillos cilíndricos, rodamientos axiales de agujas, rodamientos axiales de rodillos a rótula ( $0,5 t_r$ )

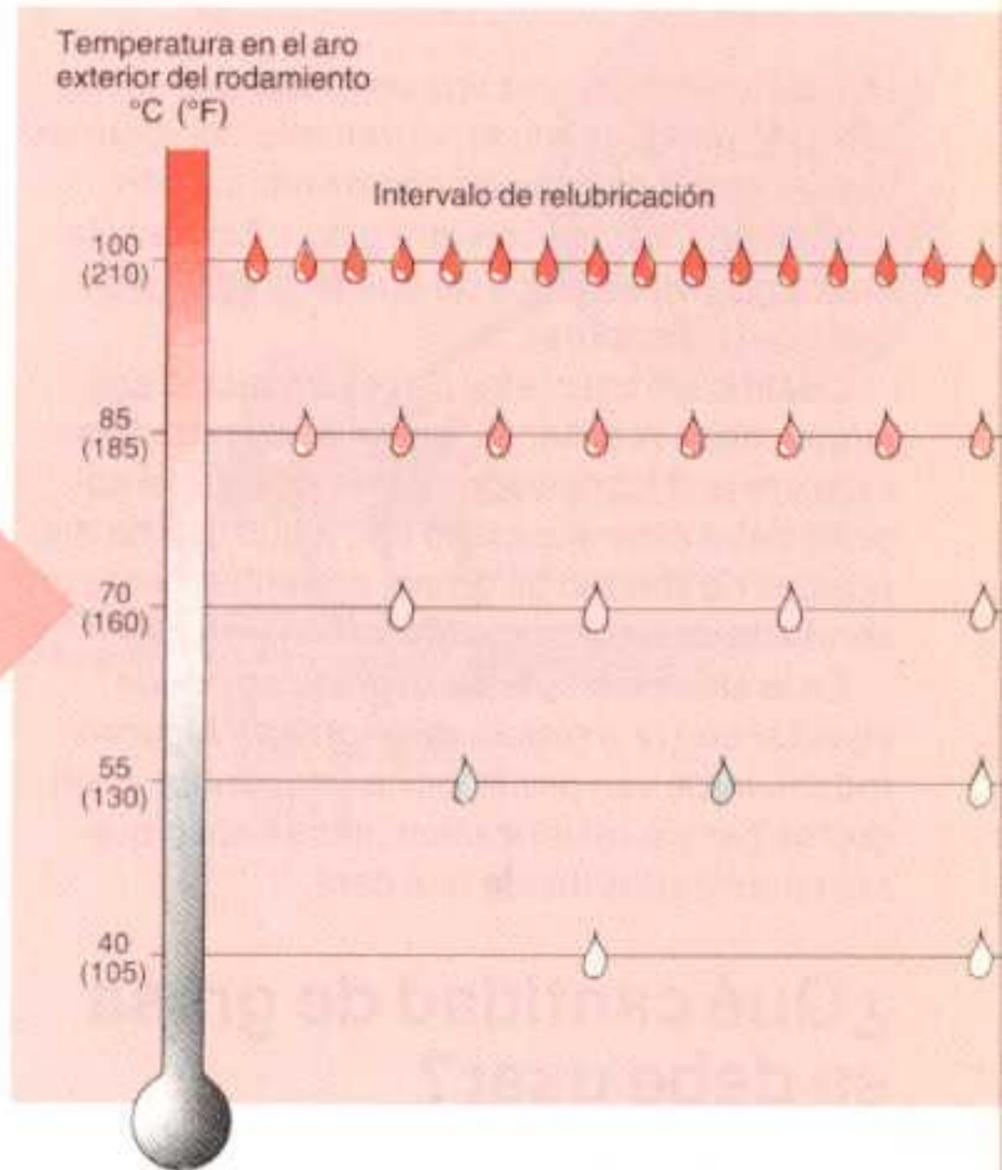
# Diagrama de intervalos de relubricación

El diagrama adyacente muestra los intervalos de relubricación, expresados en horas de funcionamiento, para grasas líticas de buena calidad resistentes a la oxidación. Se puede usar para rodamientos montados en ejes horizontales en máquinas estacionarias bajo condiciones normales de funcionamiento. A unas temperaturas del rodamiento de más de 70 °C, el intervalo de relubricación se debe reducir a la mitad por cada 15 °C de aumento de temperatura. Los intervalos pueden ser más largos para temperaturas inferiores a 70 °C.

Es necesario lubricar con mayor frecuencia en las aplicaciones donde existe el riesgo de una fuerte contaminación. Lo mismo es válido para los rodamientos en ambientes húmedos. Por ejemplo, los rodamientos que funcionan en máquinas papeleras, cuyos soportes son lavados por el agua.

Para los rodamientos en ejes verticales hay que reducir a la mitad los intervalos obtenidos en el diagrama.

Intervalo de relubricación de acuerdo con el diagrama de la página 228.



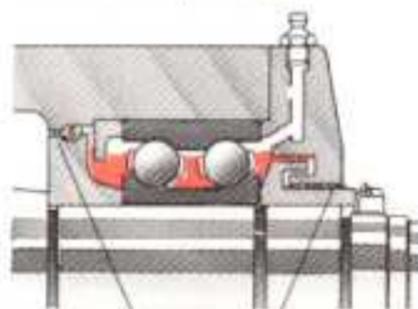
## Ejemplo

Un rodamiento rígido de bolas con un diámetro de agujero (d) de 100 mm gira a 1 000 r/min. La temperatura de funcionamiento varía entre 60 y 70 °C. ¿Cuál es el intervalo correcto de relubricación?

Siga la línea desde 1 000 en el eje X del diagrama hasta la intersección de la curva para d = 100 mm. A continuación siga una línea desde esta intersección horizontalmente o en paralelo al eje X hasta el valor de aproximadamente 12 000 en la columna de la "escala a" (rodamientos radiales de bolas). Por tanto, el intervalo de relubricación es de 12 000 horas de funcionamiento.

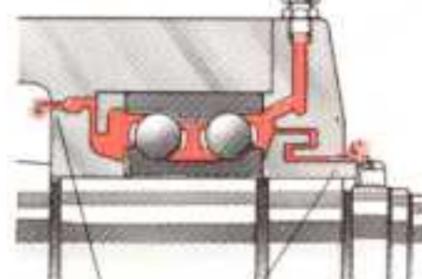
Pistola de lubricación

Las impurezas pueden conducir al fallo de un rodamiento. Las obturaciones son un método importante de protección contra las impurezas.



Las impurezas que entran a través de la obturación de laberinto.

La relubricación frecuente es necesaria cuando existe el riesgo de una rápida contaminación. Lo mismo es válido en ambientes húmedos.



La grasa nueva expulsa la suciedad y la grasa vieja a través de las obturaciones de laberinto.

# Cambio de la grasa usada

Use siempre el mismo tipo de grasa que se ha utilizado previamente en el rodamiento. Algunas grasas pierden su capacidad de lubricación cuando se mezclan con otra grasa. No mezcle nunca grasas a menos de que esté seguro de que son compatibles.

Cuando los intervalos de relubricación son largos, debe resultar fácil abrir el soporte. Si se requiere una lubricación más frecuente, el soporte debe estar equipado con algún tipo de dispositivo de llenado de grasa, preferiblemente un conducto de lubricación con un engrasador.

En la situación óptima, la grasa se puede inyectar con una pistola de engrasar. Algunos rodamientos van provistos de una ranura y conductos para la relubricación; otros tienen que ser relubricados desde una cara.



Si el soporte es del tipo enterizo, desmonte por lo menos una tapa, o ambas si es posible, para la relubricación.

## La fórmula de cantidad de grasa

Esta fórmula ayuda a determinar la cantidad correcta de grasa para la relubricación.



$$G_a = 0,005 D B \text{ gramos}$$

donde

$G_a$  = cantidad de grasa en gramos

$D$  = diámetro exterior del rodamiento en mm

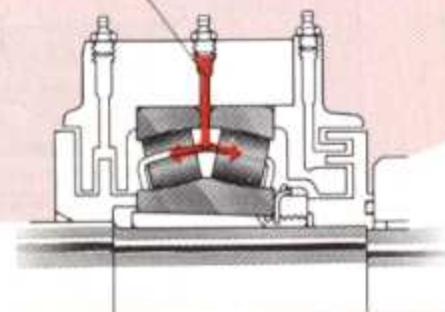
$B$  = anchura total del rodamiento en mm  
(la dimensión correspondiente para los rodamientos axiales es H)

## ¿Qué cantidad de grasa se debe usar?

Sólo se debe cambiar la grasa que hay en el rodamiento. Por lo tanto, la cantidad de grasa depende del tamaño del rodamiento. Si dispone de las instrucciones de relubricación, atégase a ellas. Si no, o si sospecha que la cantidad de lubricación es inadecuada, use la fórmula adyacente para determinar la cantidad correcta.

Lubrique primero el rodamiento y después las obturaciones de laberinto.

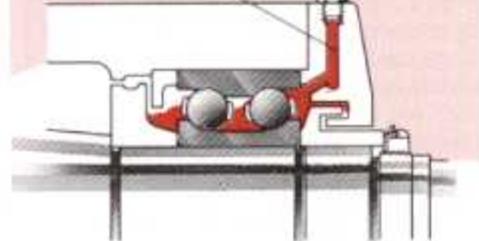
Conducto de lubricación



Los rodamientos del diseño W33 se lubrican a través de los agujeros del aro exterior, mientras que las obturaciones de laberinto se lubrican a través de sus propios conductos.

La grasa contaminada se expulsa conforme se llena con grasa nueva el rodamiento.

Conducto de lubricación



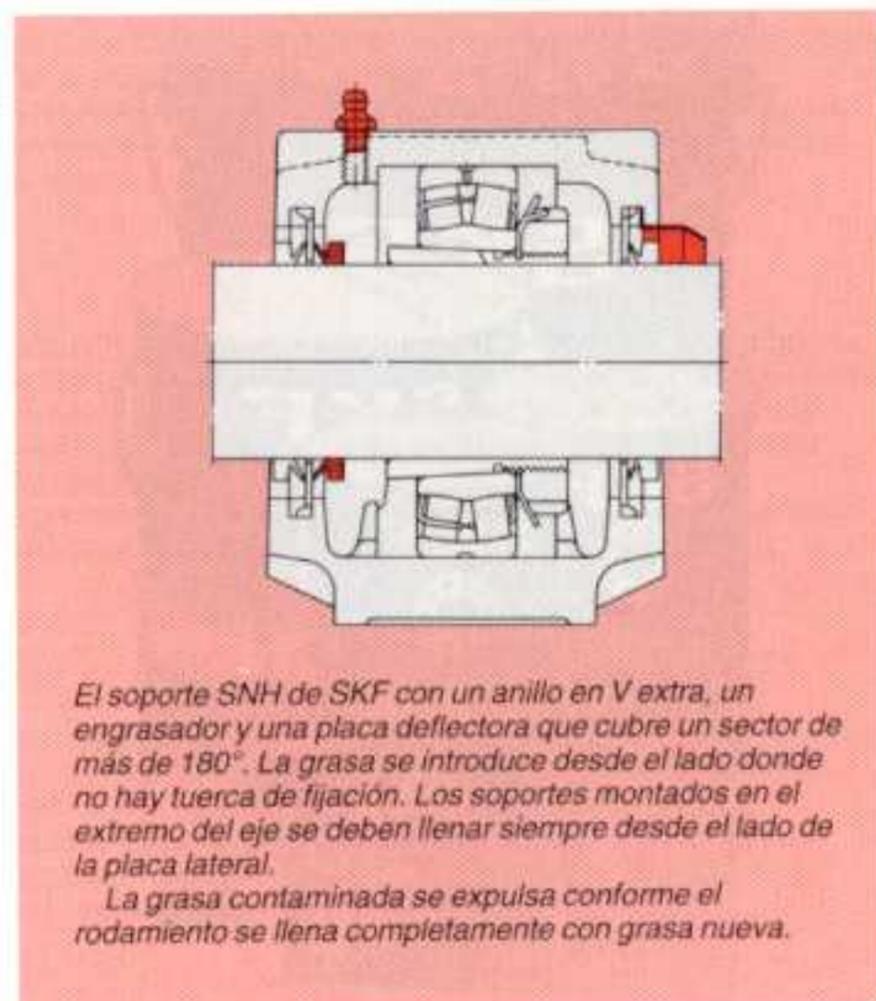
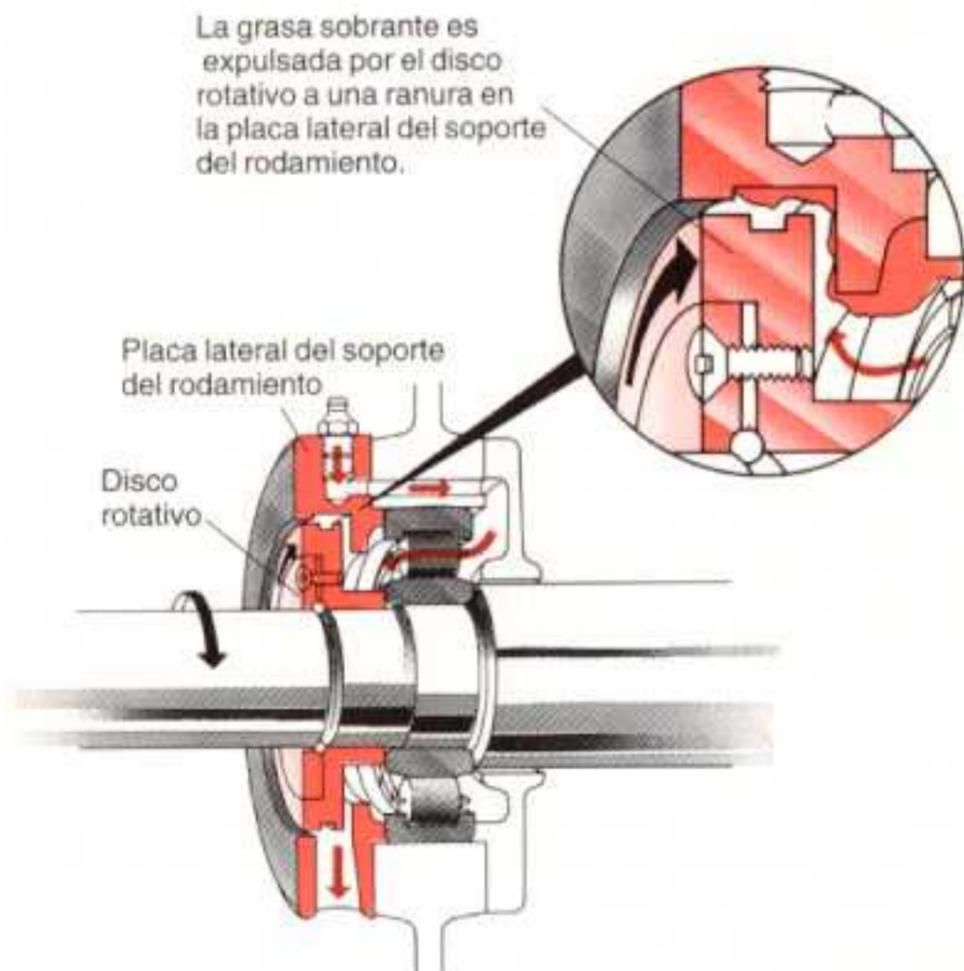
El conducto de lubricación debería llegar hasta el espacio entre los anillos del rodamiento.

## Válvulas de escape de grasa

Cuando un rodamiento gira a una elevada velocidad y necesita una relubricación frecuente, se puede acumular una cantidad excesiva de grasa en el soporte. Para evitarlo, permita que la grasa salga a través de la válvula de escape. La válvula puede consistir en un disco que gira con el eje, formando un espacio estrecho con la placa lateral del soporte. El exceso de grasa se recoge en el disco, se descarga a una cavidad en la placa lateral, y se expulsa a través de una abertura en el lado inferior del soporte del rodamiento. Si es posible, diseñe la tapa en el lado de alimentación de modo que la grasa sea guiada al rodamiento.

Los soportes SAF se pueden equipar con un racor de alivio en el resalte que abre cuando la presión interior está en la gama de 1–5 psi. Esto se designa con el sufijo WR.

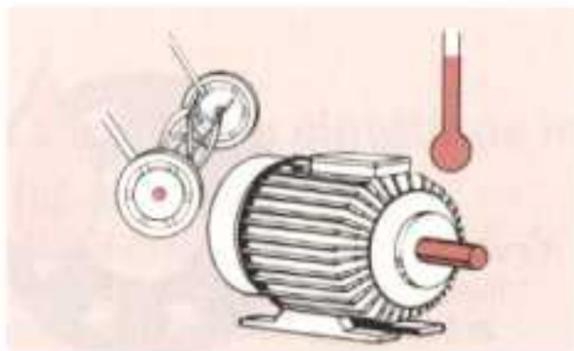
Los soportes SAF con obturaciones rozantes, sufijo -20, van siempre provistos de racores de alivio. Los números de referencia de estos racores figuran en la tabla "Sistemas de lubricación para soportes de pie SAF" en las páginas 244 y 245.



# Grasas de lubricación SKF para rodamientos

Desde que se fundó la compañía en 1907, SKF ha llevado a cabo investigaciones para desarrollar lubricantes capaces de ofrecer el rendimiento más eficaz posible. Un importante resultado de esta investigación es la gama SKF de grasas lubricantes, que son adecuadas para una amplia variedad de condiciones de funcionamiento. Estas grasas han sido sometidas a unas extensas pruebas de rendimiento, tanto de laboratorio como prácticas.

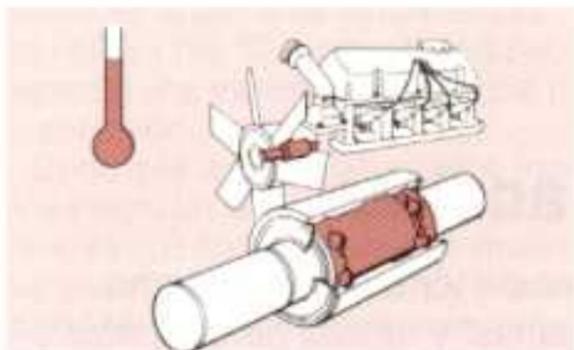




### SKF LGMT 2

Esta grasa multiuso para la industria mecánica general es especialmente adecuada para rodamientos de tamaño pequeño y mediano que funcionan a temperaturas normales de trabajo (0–70 °C). La grasa evita el desgaste, tiene buenas propiedades antioxidantes y es mecánicamente estable.

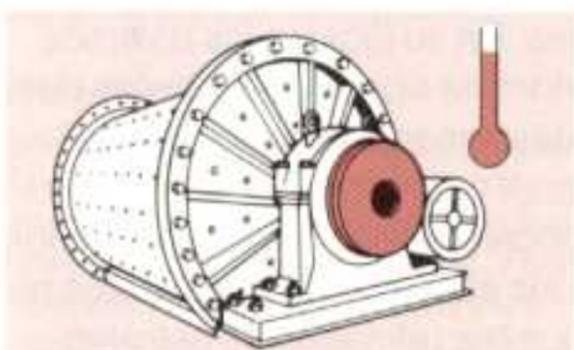
Entre las aplicaciones típicas se encuentran los motores eléctricos, máquinas agrícolas, ruedas de coches de pasajeros, cajas de grasas, cintas transportadoras, motocicletas, máquinas cortacésped y electrodomésticos.



### SKF LGMT 3

También es una grasa multiuso, aunque más rígida que LGMT 2 y por tanto adecuada para rodamientos de tamaño mediano y grande. Esta grasa es resistente al agua y mecánicamente estable, y tiene unas excelentes propiedades antioxidantes.

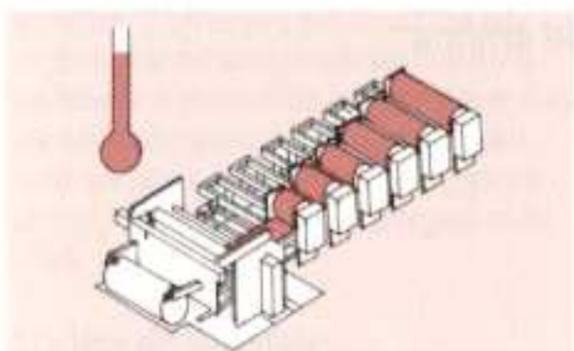
Como aplicaciones típicas están los motores eléctricos, bombas, equipos agrícolas, bombas de agua de automóviles, ejes propulsores y ventiladores que funcionan a temperaturas normales (0–70 °C).



### SKF LGEP 2

Esta grasa es adecuada para rodamientos de tamaño mediano y grande sometidos a cargas elevadas, especialmente los de rodillos a rótula. Es resistente al agua, tiene unas excelentes propiedades antioxidantes y es mecánicamente estable.

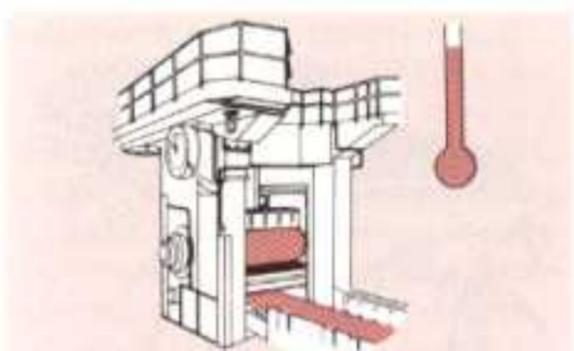
Las aplicaciones típicas incluyen trituradores, molinos para minerales, trenes de laminación, máquinas papeleras, motores de tracción y rodamientos para ruedas en vehículos pesados.



### SKF LGEM 2

Esta grasa contiene bisulfuro de molibdeno y está indicada para rodamientos grandes sometidos a cargas muy elevadas y cargas de choque. Es especialmente adecuada para rodamientos en condiciones de movimiento de oscilación o movimiento lento. También es eficaz cuando se produce movimiento deslizante, y por lo tanto apropiada para rótulas de acero/acero.

Entre las aplicaciones típicas están las cribas vibratorias, convertidores y trenes de laminación.



### SKF LGEV 2

Esta grasa de alto rendimiento sin plomo fue desarrollada especialmente para rodamientos muy cargados funcionando a bajas velocidades. La gama de temperatura de funcionamiento es de –20 a +120 °C. Tiene un aceite base espeso (1 000 mm<sup>2</sup>/s) y contiene aditivos EP así como lubricantes sólidos (bisulfuro de molibdeno y grafito) que proporcionan lubricación si se rompe la película de aceite.

Las aplicaciones típicas incluyen los laminadores de alta presión, cilindros MG en fábricas de papel, rodamientos de rodillos en compuertas de embalses, rodamientos de muñón en hornos giratorios, y coronas de orientación.



### SKF LGLT 2

Esta grasa está diseñada para rodamientos pequeños sometidos a una carga ligera, tales como los rodamientos para instrumentos, y para los rodamientos que funcionan a unas temperaturas muy bajas. También está recomendada para rodamientos que funcionan a velocidades muy altas, y para aquéllos donde es importante un par de arranque bajo o un nivel sonoro bajo.

Las aplicaciones típicas incluyen instrumentos, dispositivos de control y monitorización, husillos de máquinas-herramienta, máquinas textiles y motores eléctricos miniaturas.



### SKF LGHT 3

Esta grasa está diseñada para rodamientos que funcionan a temperaturas por encima de +75 °C y tan altas como +175 °C. La lubricación continua es necesaria a temperaturas por encima de +150 °C.

Como aplicaciones típicas están los ventiladores para gases calientes, cubos de rueda con frenos de disco, y los rodamientos expuestos a un calor radiante alto, por ejemplo, el procedente de estufas u hornos.

# Lubricación con aceite



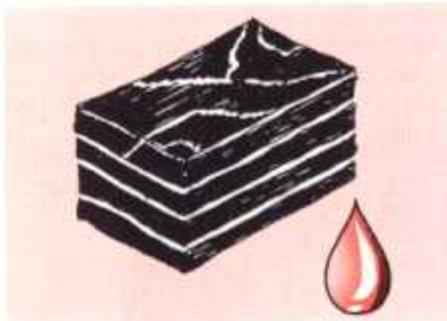
Es aconsejable emplear aceite en lugar de grasa en aquellas situaciones donde ésta resulta técnica o económicamente inadecuada. A temperaturas de funcionamiento altas por lo general es preferible utilizar aceite. Las temperaturas más elevadas pueden ser el resultado de un funcionamiento a alta velocidad, una carga elevada o una alta temperatura ambiente. La lubricación con aceite es la mejor opción cuando los intervalos de relubricación con grasa serían demasiado cortos, cuando la propia aplicación es lubricada con aceite o cuando se ha de evacuar el calor desde la posición del rodamiento.

Como la grasa, el aceite que se emplea para los rodamientos debe tener una buena resistencia a la oxidación, debe resistir la evaporación y también impedir la corrosión.

## Tipos de aceites

Todavía se pueden oír términos tales como "aceite para máquinas" y "aceite para husillos", aunque ya han dejado de usarse como designaciones comerciales. En su lugar, a los diversos aceites se les denomina aceites lubricantes y se clasifican en aceites minerales, sintéticos, animales o vegetales.

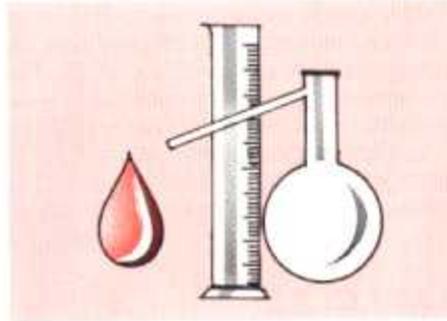
Los aceites lubricantes más comunes para los rodamientos son los aceites minerales. Estos representan unos aceites refinados de petróleo crudo, y pueden ser parafínicos, naftéticos; o combinaciones de ambos.



### Aceite mineral

En la mayoría de los casos, los aceites minerales de alta calidad son los lubricantes más adecuados para los rodamientos. El aceite mineral puro está libre de compuestos inestables, tales como nitrógeno, oxígeno, compuestos de azufre y ácidos, que pueden afectar la vida de servicio del rodamiento.

Los aceites más comunes hoy día son los aceites parafínicos altamente refinados.



### Aceite sintético

Los aceites sintéticos se usan sólo para aplicaciones especiales de rodamientos, y principalmente a temperaturas de funcionamiento por encima de 90 °C, o a temperaturas muy bajas. En la página siguiente se describen los aceites sintéticos más importantes.



### Aceites animales y vegetales

Los aceites animales y vegetales no se deben usar generalmente para los rodamientos, ya que existe el riesgo de que se deteriore la calidad o se forme ácido después de un corto período de tiempo. No obstante, en casos especiales se pueden usar los denominados aceites compuestos, es decir, los aceites minerales con un máximo de 10 % de aceite animal o vegetal. Estos son más comunes en las industrias de elaboración de alimentos. Siga las recomendaciones del fabricante con respecto al uso de estos aceites.

## Los aceites sintéticos más comunes

### Diésteres

Los diésteres tienen una baja viscosidad y se usan generalmente en rodamientos para instrumentos. Presentan unas excelentes propiedades en la gama de temperaturas de  $-60$  a  $+120$  °C, y ofrecen frecuentemente una excelente resistencia a la corrosión.

Dado que la temperatura tiene menos efecto en la viscosidad de los diésteres que en los aceites minerales, los diésteres se usan mucho en la industria aeroespacial, particularmente en los motores a reacción y en las transmisiones de helicópteros.

### PAOs (polialfaolefinas)

Son hidrocarburos sintéticos (aceites SHC), y se pueden describir en términos generales como aceites minerales fabricados por el hombre, y son compatibles con los plásticos y los cauchos.

Son una innovación relativamente reciente y ofrecen, en muchos aspectos, características similares a los aceites diésteres en lo referente a las aplicaciones de alta velocidad, pero se pueden usar para temperaturas ( $-20$  a  $+160$  °C) y cargas más altas.

### Aceites de silicona

Los aceites de silicona se usan en rodamientos para instrumentos y otros rodamientos sometidos a cargas ligeras, en la gama de temperaturas de  $-70$  a  $200$  °C. Las propiedades de lubricación y de protección contra la corrosión de estos aceites son limitadas. Los aceites de fluoro-silicona tienen unas propiedades superiores a las de otros aceites de silicona.

### Aceites fluorados

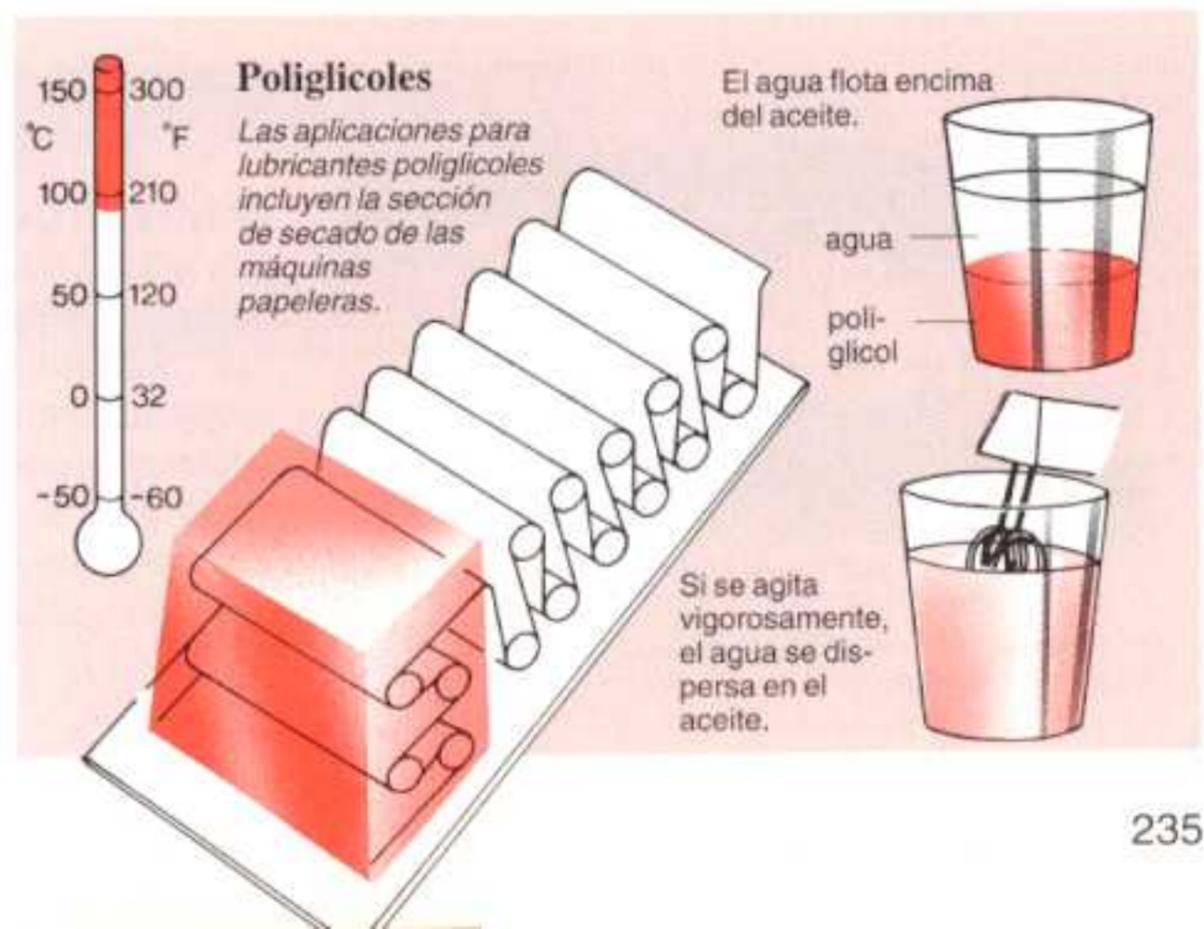
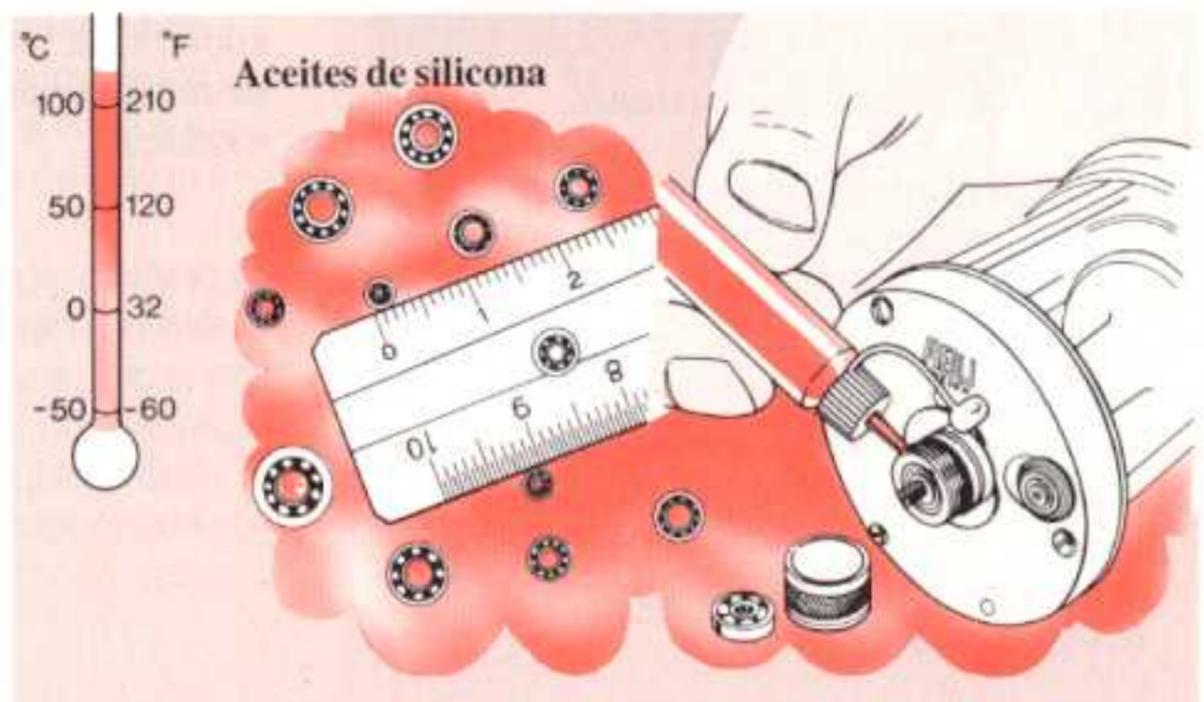
Estos aceites, también llamados éteres alquílicos polifluorados, tienen una buena estabilidad contra la oxidación y propiedades EP.

### Poliglicoles

Este grupo de aceites se usa principalmente cuando las temperaturas de funcionamiento superan los  $+90$  °C. Como ejemplos de aplicaciones están los rodamientos de la sección de secado de máquinas papeleras y rodamientos en calandras para plásticos.

La estabilidad de los poliglicoles contra la oxidación es excelente. La vida de servicio puede ser hasta 10 veces la de los aceites minerales. Los poliglicoles no espesan ni forman depósitos de carbonilla. Su densidad es más de uno, por lo que el agua flota sobre el aceite. No obstante, el agua se puede dispersar en el aceite si se agita vigorosamente.

Este aceite puede que no tenga un uso difundido en todos los mercados.



# Aditivos

Los aditivos más comunes son los antioxidantes, agentes anticorrosión, aditivos antiespumantes, aditivos antidesgaste y aditivos EP (Extrema Presión).

## Antioxidantes

Los aceites que trabajan en aplicaciones de alta temperatura y en contacto con el aire se oxidan,



## Aditivos antiespumantes

Si se permite que el aceite haga espuma, su capacidad de carga se reduce. Cuando el aceite hace mucha espuma, se puede desbordar y la pérdida resultante puede disminuir la eficacia de lubricación. Con aditivos antiespumantes, se reduce la tensión superficial y las burbujas de lubricante estallan cuando alcanzan la superficie del baño de aceite.

formando unos compuestos químicos que pueden alterar la viscosidad y producir corrosión. Los antioxidantes mejoran la estabilidad contra la oxidación del aceite por un factor de 10 o más.

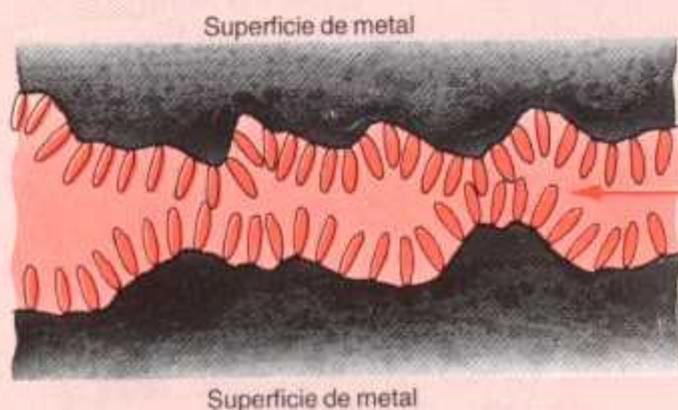
## Aditivos anticorrosión

Hay dos tipos de aditivos que ofrecen protección contra la corrosión: los aditivos solubles en agua, tales como el nitrato de sodio, y los aditivos solubles en aceite, tales como los agentes de base zinc.

## Aditivos antidesgaste

Hay muchos aditivos que reducen el desgaste que se puede producir por el contacto metálico si se rompe la película de aceite. Estos aditivos, normalmente conocidos como aditivos antidesgaste (AW), forman una capa superficial que protege contra el desgaste.

Pueden impedir el contacto directo entre las superficies, incluso en la capa molecular, extremadamente delgada, junto a la superficie metálica.



## Aditivos con un efecto polar

Las grasas animales y vegetales, los ácidos grasos y los ésteres tienen un efecto polar que hace que las moléculas se orienten perpendicularmente a la superficie de metal. Añadiendo pequeñas cantidades de estas sustancias al aceite, se reduce el rozamiento a temperaturas de hasta un máximo de aproximadamente +100 °C.

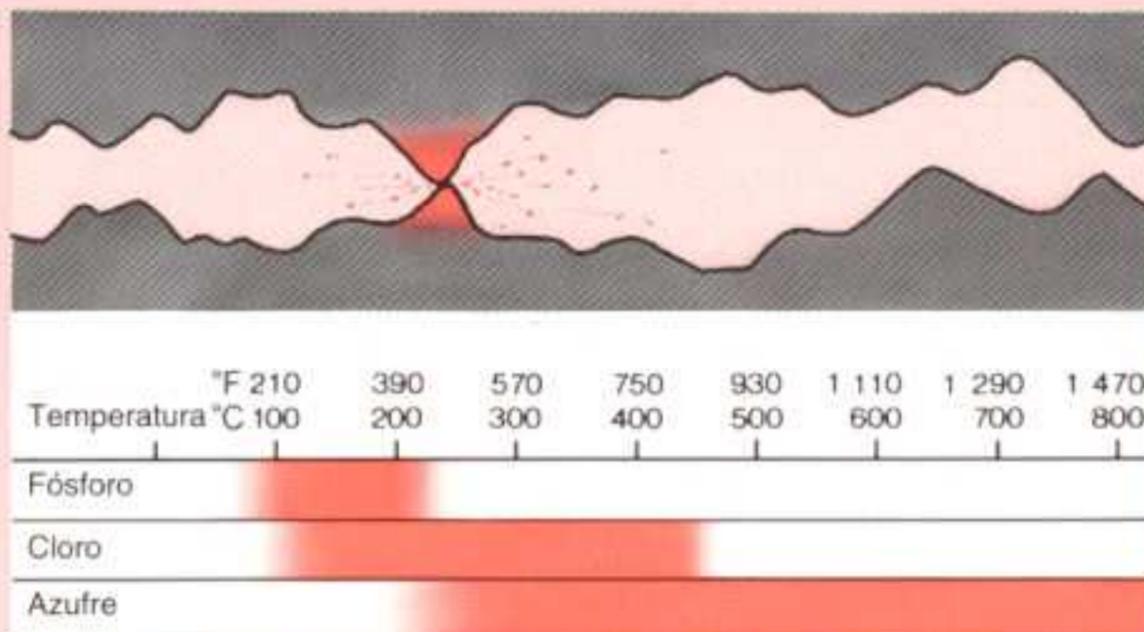
*Las moléculas en los aditivos con un efecto polar adoptan una orientación perpendicular a la superficie de metal*

## Aditivos EP activos

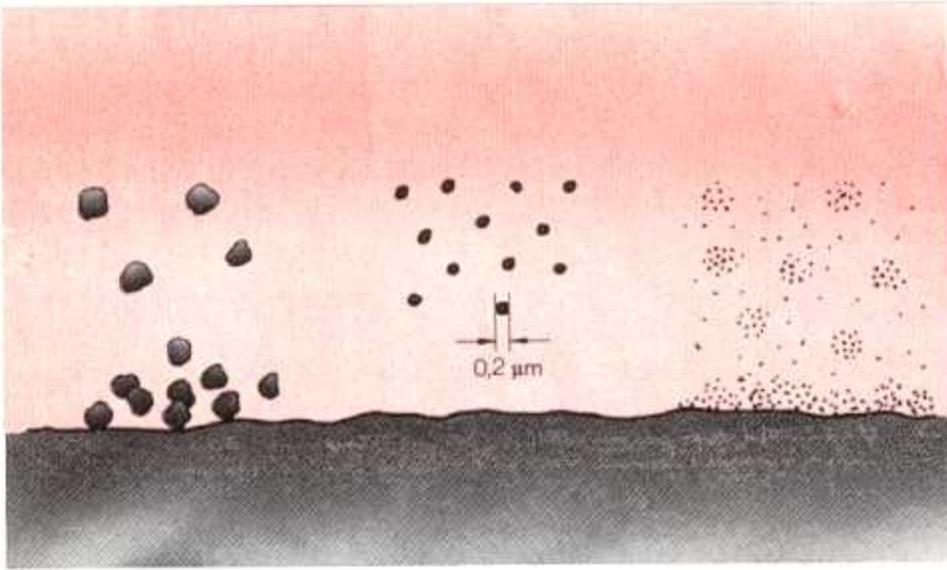
Los aditivos EP más comunes contienen compuestos de fósforo, cloro y azufre. No se conoce en detalle cómo funcionan, pero se combinan químicamente con el metal. El compuesto superficial resultante es más débil que el propio metal y se cizalla más fácilmente, impidiendo que las superficies de metal hagan contacto y se suelden.

Tradicionalmente se ha recomendado el uso de grasas con aditivos EP para los rodamientos sometidos a cargas elevada, por ejemplo los que funcionan en trenes de laminación, toda vez que estos aditivos aumentan la capacidad de carga de la película de lubricante. Originalmente, la mayoría de los aditivos EP eran compuestos de base plomo y había evidencias que sugerían que eran beneficiosos para prolongar la vida de servicio cuando la lubricación era suficiente. Sin embargo, hay muchos fabricantes que, por motivos medioambientales, han sustituido los aditivos de base plomo por otros compuestos, algunos de los cuales han demostrado ser agresivos a los aceros de los rodamientos, y en algunos casos se tiene constancia de un acortamiento drástico de la vida de los rodamientos.

Por tanto, se debe tener el máximo cuidado al seleccionar un lubricante EP y se han de obtener garantías del fabricante en cuanto a que los aditivos EP incorporados no son perjudiciales, o en aquellos casos donde se sabe que el lubricante funciona bien, se debe comprobar que no se ha modificado su formulación.



*Cuando las crestas de las superficies de metal entran en contacto, la temperatura en estos puntos sube hasta un nivel muy alto – tan alto que las crestas se pueden soldar entre sí. Los aditivos de compuestos de fósforo, cloro y azufre reaccionan en el punto de contacto. El material resultante, al ser más débil, se cizalla fácilmente e impide que se suelden las superficies.*



## Aditivos sólidos

Los aditivos sólidos, tales como el bisulfuro de molibdeno, también pueden mejorar las propiedades de lubricación. El tamaño de las partículas debe ser aproximadamente  $0,2 \mu\text{m}$ ; a ese tamaño, las partículas permanecerán en suspensión en el aceite. Las partículas más grandes o más pequeñas se sedimentarán.

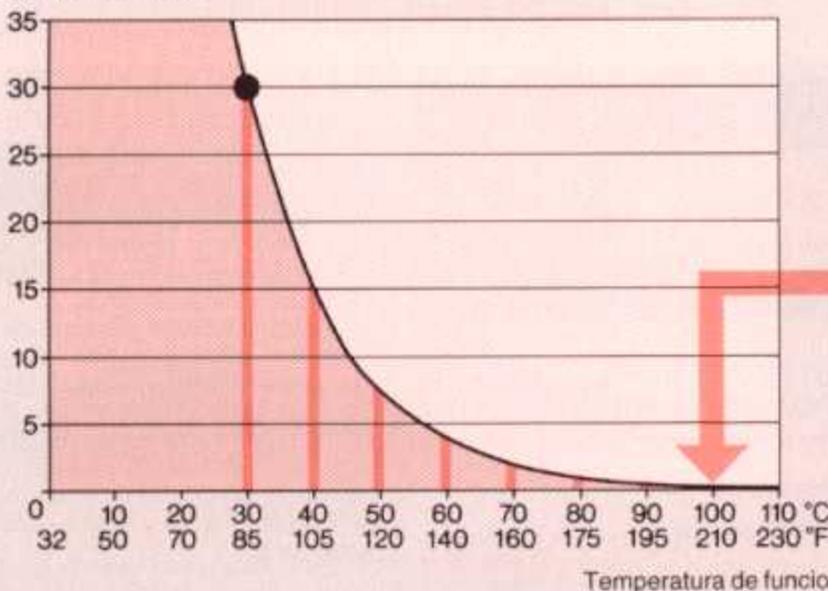
## El efecto de la temperatura

Los aceites minerales de base parafínica presentan un rendimiento más pobre que los otros tipos a bajas temperaturas ya que las parafinas (ceras) se cristalizan y se congelan. No obstante, los aceites se pueden desparafinar para mejorar su capacidad a bajas temperaturas. A temperaturas por encima de  $90 \text{ }^\circ\text{C}$ , los aceites minerales se pueden oxidar rápidamente.

Como normal general, la vida de servicio de un aceite mineral está especificada para 30 años a  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ , 15 años a  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  – es decir, la vida del aceite se reduce a la mitad por cada aumento de  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ . A  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  la vida de servicio será de unos tres meses.

Utilice un aceite sintético a temperaturas por encima de  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Vida del aceite en años



A  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ , el aceite sólo es utilizable durante aproximadamente tres meses. En tales casos, use aceite sintético a fin de alargar la vida de servicio.

# Selección de un aceite lubricante

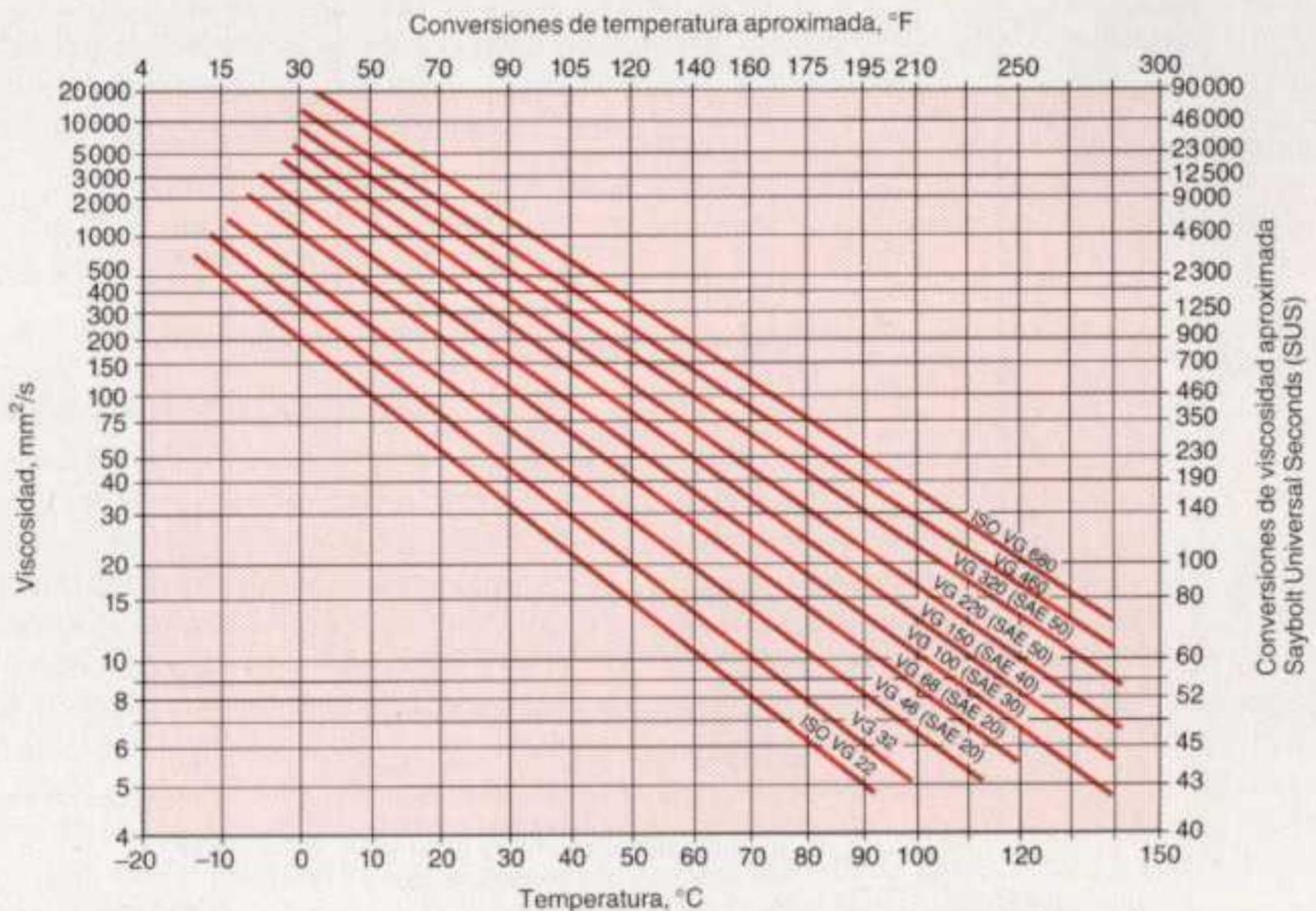
El aceite se elige en base a la viscosidad requerida para proporcionar una lubricación suficiente a las condiciones existentes de trabajo. La viscosidad depende de la temperatura. Disminuye cuando sube la temperatura y aumenta cuando baja ésta. Por tanto, no sólo es importante conocer la viscosidad a 40 °C, sino también a la temperatura de funcionamiento.

La vida de servicio de un rodamiento se puede incrementar si el aceite elegido tiene una viscosidad algo más alta que la necesaria a su temperatura de funcionamiento. Sin embargo, una mayor viscosidad también significa un aumento de la temperatura de funcionamiento. Así pues, en la práctica hay un límite en cuanto el grado en que se puede mejorar la lubricación con este método.

## La importancia de la viscosidad

El grado en que depende la viscosidad de la temperatura se conoce como el "índice de viscosidad" (VI). Un alto índice de viscosidad significa una baja variación con la temperatura. Cuanto mayor es la variación de temperatura, más importancia tiene que el índice de viscosidad sea alto. Para los rodamientos se debe usar un índice de viscosidad de VI 85 o más alto.

Tabla viscosidad-temperatura

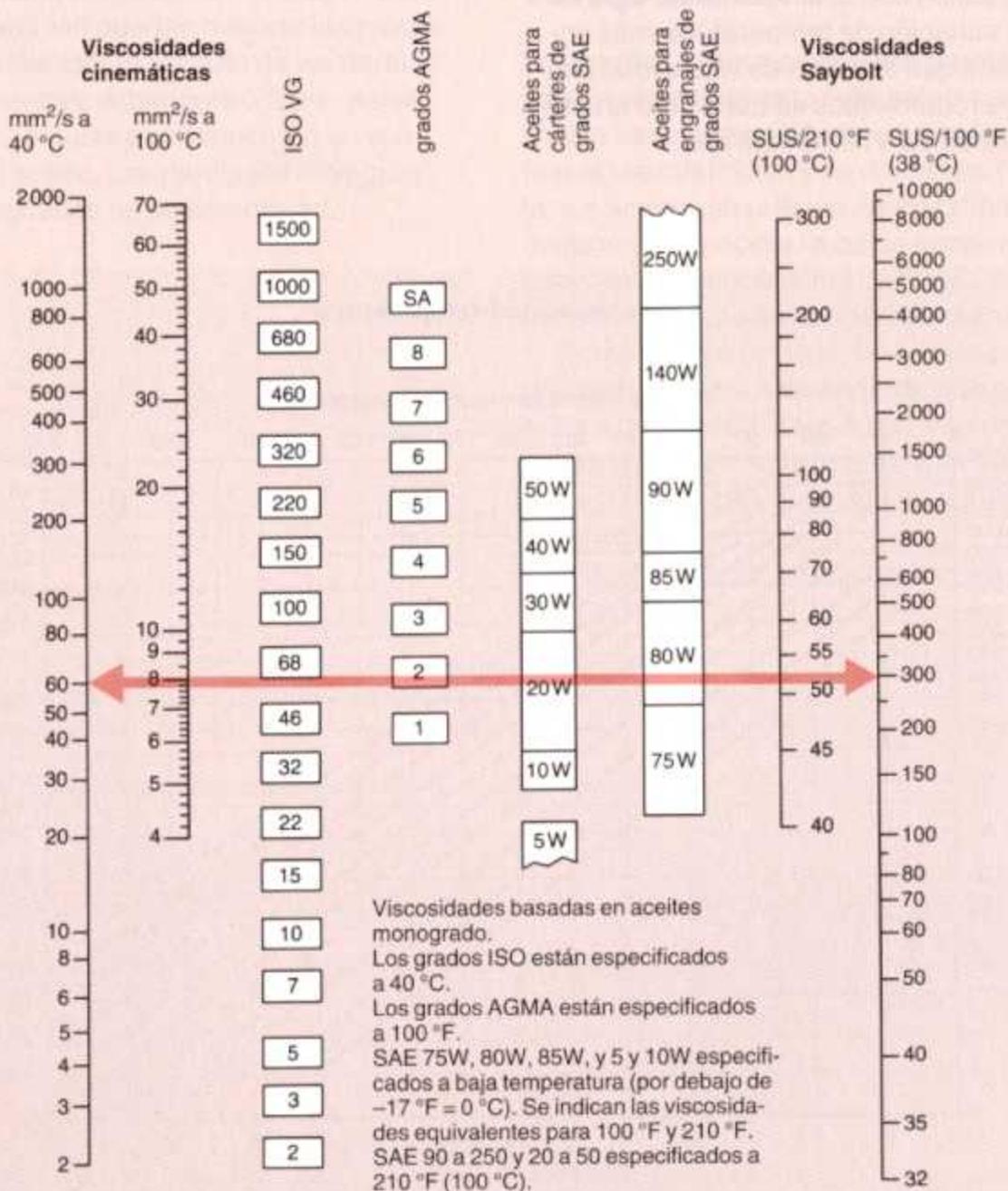


**Nota:** Los números de clasificación de la viscosidad son de acuerdo con la Norma Internacional ISO 3448-1975 para aceites con un índice de viscosidad de 95. Los grados de viscosidad SAE equivalente aproximada se indican entre paréntesis.

**Clase de viscosidad de acuerdo con ISO**

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

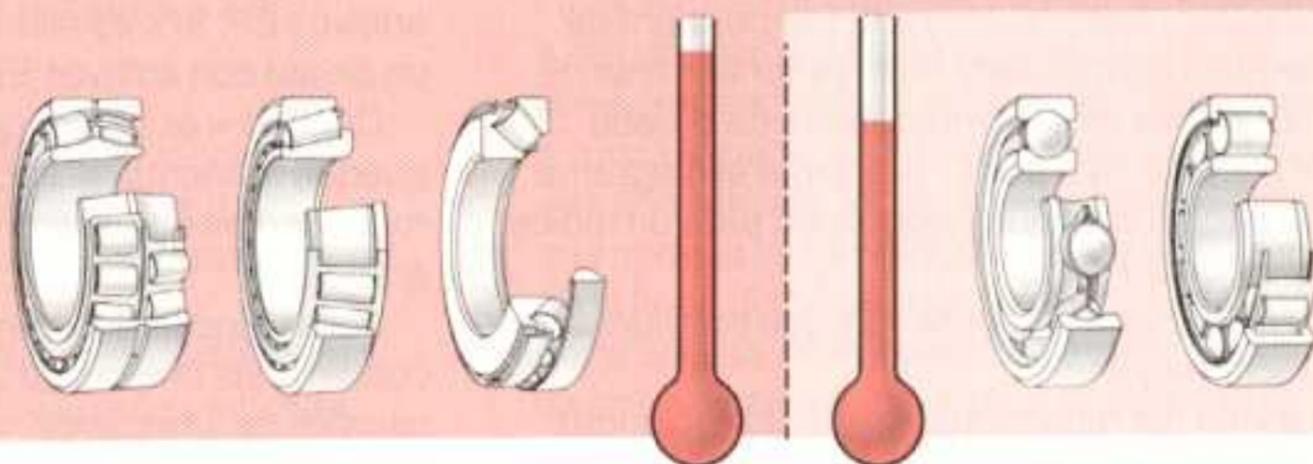
**Equivalentes de viscosidad**



Comparación de los diversos métodos de clasificación de la viscosidad

Los rodamientos de rodillos a rótula, los de rodillos cónicos y los axiales de rodillos a rótula normalmente tienen una temperatura

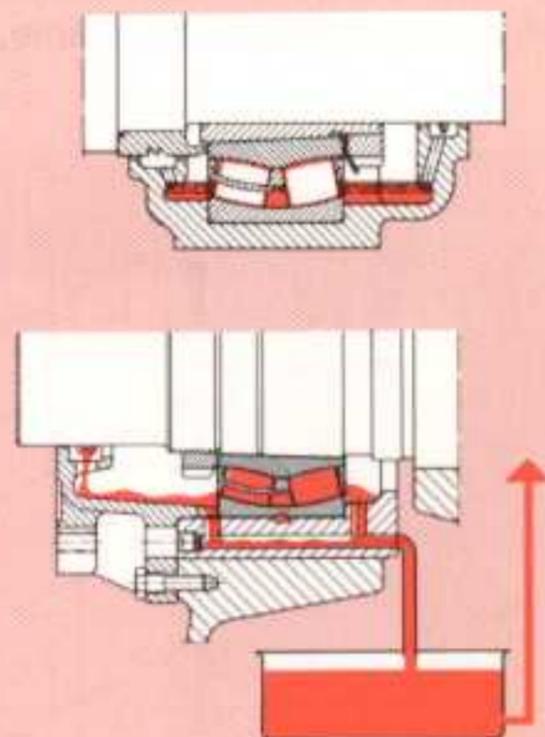
de funcionamiento más alta que los rodamientos rígidos de bolas y los de rodillos cilíndricos, en condiciones similares de trabajo.



### Intervalos de cambio de aceite

Con la lubricación al baño de aceite, generalmente es suficiente cambiar el aceite una vez al año si la temperatura del rodamiento es regularmente inferior a 50 °C. A temperaturas más altas o cuando el aceite está muy contaminado, el aceite se debe cambiar con mayor frecuencia. A 100 °C, por ejemplo, el aceite se debe cambiar cada tres meses.

Con un sistema de circulación de aceite, el intervalo de cambio se debe determinar inspeccionando el aceite. Observe continuamente el aceite para asegurarse que funciona eficazmente en las diferentes disposiciones de rodamiento.



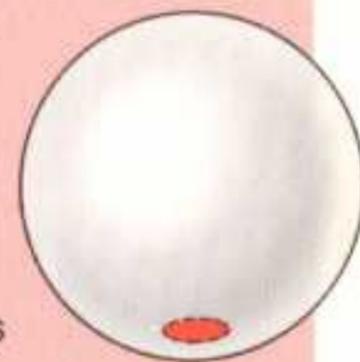
### Índice de viscosidad VI

El índice de viscosidad es una medida de la dependencia de la temperatura. Un aceite que depende menos de la temperatura se dice que tiene un alto índice de viscosidad, mientras que otro que depende mucho de la temperatura tendrá un índice bajo.

El método para determinar el índice de viscosidad está normalizado. La viscosidad del aceite en cuestión se determina a dos temperaturas, y después se compara con los resultados de las pruebas de otras dos series de aceites.

Se puede hacer que un aceite dependa menos de la temperatura, es decir, se puede aumentar su índice de viscosidad – mediante diversos aditivos químicos.

Para que la película de aceite en la superficie de contacto entre los elementos rodantes y el camino de rodadura tenga suficiente capacidad de carga, la viscosidad del aceite lubricante debe tener un cierto valor mínimo a la temperatura de funcionamiento.



## Selección del aceite

Para aceites minerales, se puede determinar la viscosidad cinemática  $\nu_1$  requerida a las temperaturas específicas de funcionamiento mediante el diagrama de esta página. Cuando se conoce la temperatura de trabajo por la experiencia, o se puede determinar, es posible obtener la viscosidad correspondiente a la temperatura de referencia normalizada internacionalmente de 40 °C, o a las otras temperaturas de prueba (por ejemplo 20 o 50 °C, mediante el diagrama de la página contigua (recopilado para un índice de viscosidad de 85).

Al seleccionar el aceite hay que considerar los aspectos siguientes.

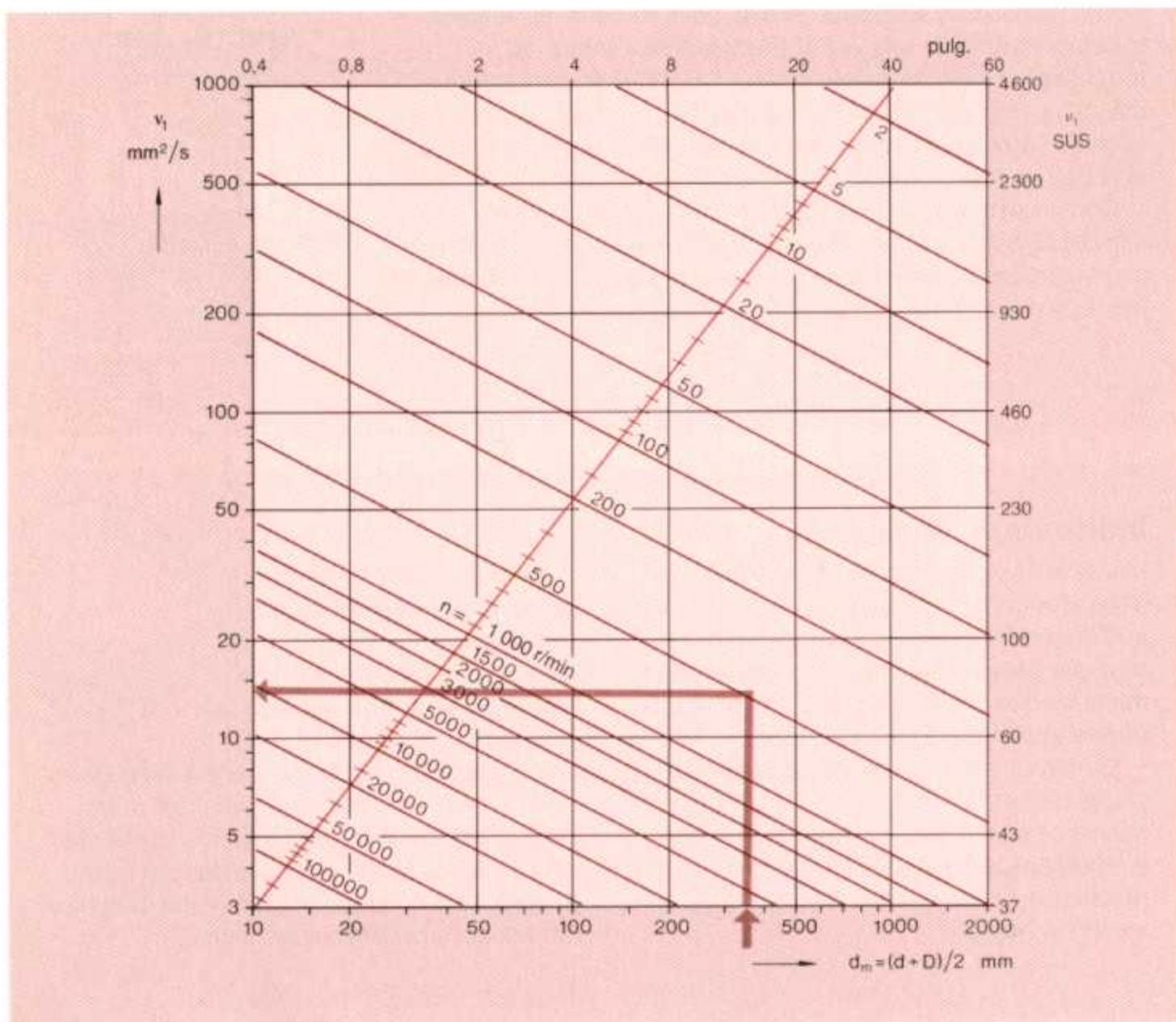
La vida del rodamiento se puede prolongar eligiendo un aceite cuya viscosidad  $\nu$  a la temperatura de funcionamiento sea algo más alta que la requerida  $\nu_1$ . No obstante, dado que con

una mayor viscosidad aumenta la temperatura de funcionamiento del rodamiento, generalmente hay un límite práctico en cuanto a la mejora que se puede obtener con este método.

Si la relación de viscosidad  $\kappa = \nu/\nu_1$  es menor que 1, se recomienda un aceite que contenga aditivos EP. Si  $\kappa$  es menor que 0,4, se debe usar un aceite con aditivos EP.

Cuando  $\kappa$  es mayor que 1, los aditivos EP pueden aumentar la fiabilidad operativa en los rodamientos de rodillos de tamaño mediano y grande.

Para velocidades muy bajas o muy altas, para condiciones críticas de carga o condiciones inusuales de lubricación, consulte con SKF para más información.



### Ejemplo

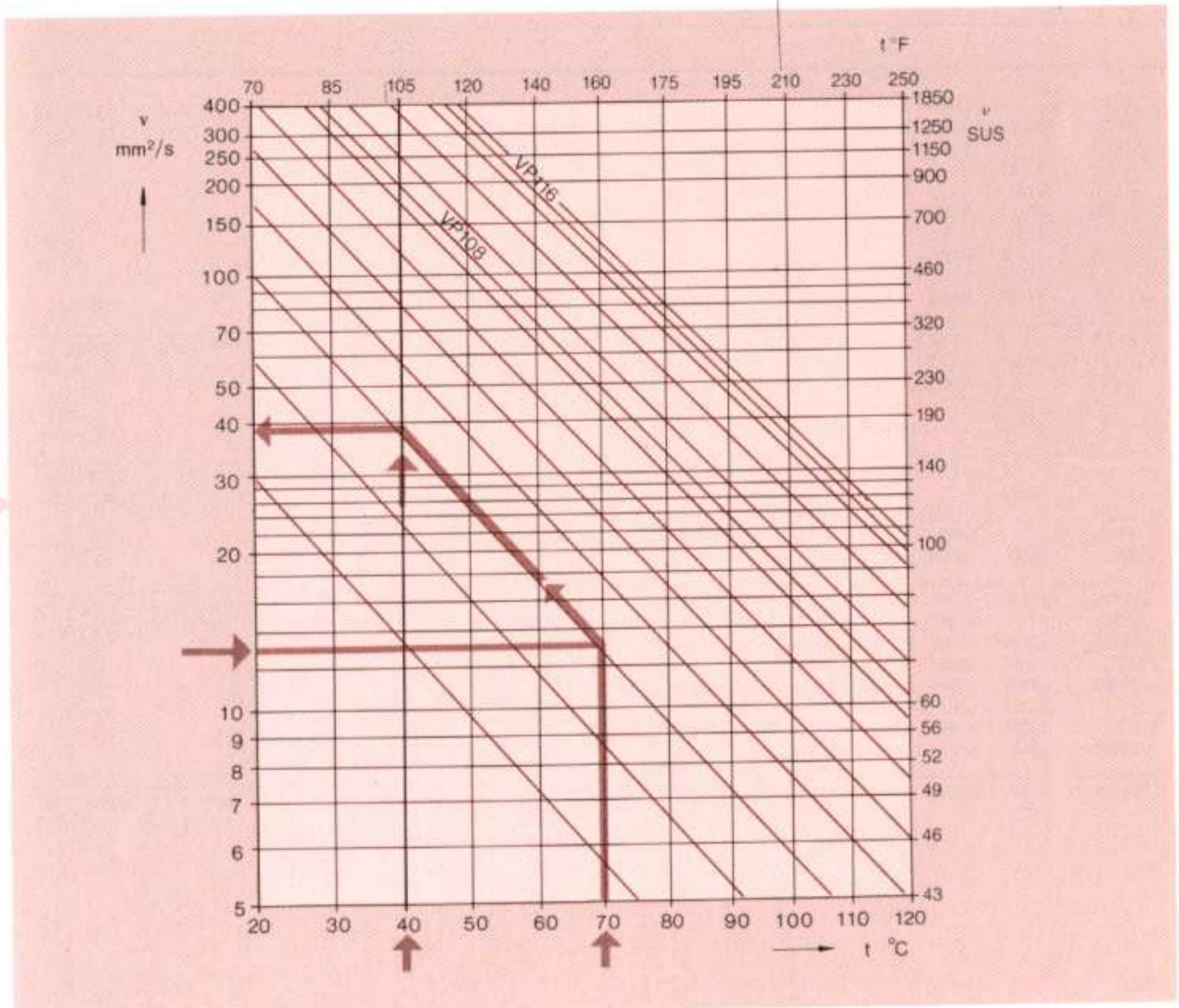
Un rodamiento con un diámetro de agujero  $d = 340$  mm y un diámetro exterior  $D = 420$  mm funciona a una velocidad de  $n = 500$  r/min. En base a la experiencia se ha determinado que la temperatura de trabajo es aproximadamente  $70$  °C. ¿Qué viscosidad se requiere para obtener una lubricación satisfactoria, y qué viscosidad representa esto a la temperatura de referencia de  $40$  °C?

1. Determine primero el diámetro medio del rodamiento mediante la ecuación  $d_m = 0,5 (D + d)$ . En este caso, la respuesta es  $380$  mm.
2. Localice  $d_m = 380$  mm en el eje X del diagrama en la página contigua. Trace una línea perpendicular al eje X hasta que cruce la diagonal para  $500$  r/min.
3. Desde el punto de intersección paralelo al eje X, trace una nueva línea hasta el eje Y

para encontrar la viscosidad cinemática  $v_1$ . La respuesta es  $13$  mm<sup>2</sup>/s.

Ahora podemos determinar la viscosidad a la temperatura de referencia, es decir, la viscosidad que debe tener el aceite al comprarlo.

4. Localice la correspondiente temperatura de funcionamiento (por ejemplo,  $70$  °C en el eje X del diagrama de esta página. Trace una línea perpendicular a este punto desde el eje X hasta la parte superior del diagrama. Trace otra línea desde  $13$  mm<sup>2</sup>/s en el eje Y hasta que corte la línea primera. Siga la inclinación de la línea diagonal más próxima hasta que corte la línea de temperatura de  $40$  °C, y después vuelva al eje Y para comprobar la viscosidad a  $40$  °C. La viscosidad cinemática del aceite a usar debe ser al menos  $39$  mm<sup>2</sup>/s a  $40$  °C.



# Lubricación con aceite de los soportes SAF

Los soportes de pie SAF pueden ser adaptados para lubricación con baño de aceite y con circulación de aceite. En la cara del soporte se puede instalar un indicador de nivel de aceite.

Esto se indica con el sufijo WB. Los números de referencia de los indicadores figuran en la tabla de más abajo "Sistemas de lubricación para soportes de pie SAF".

## Baño de aceite

Para la lubricación con baño de aceite, la entrada está situada en la parte superior del soporte y la salida debajo del asiento del rodamiento.

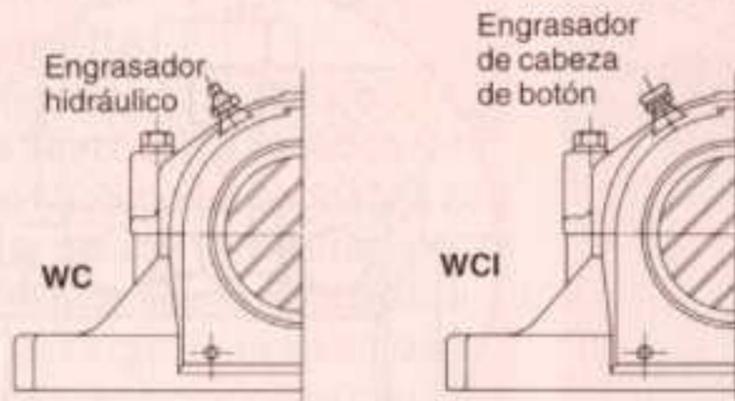
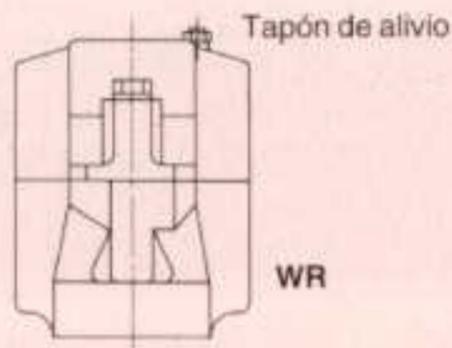
De serie, los soportes de pie SAF se suministran con dos agujeros de drenaje de aceite en la base. Los niveles de aceite estático figuran en la tabla "Sistemas de lubricación para los soportes de pie SAF" de abajo.

## Circulación de aceite

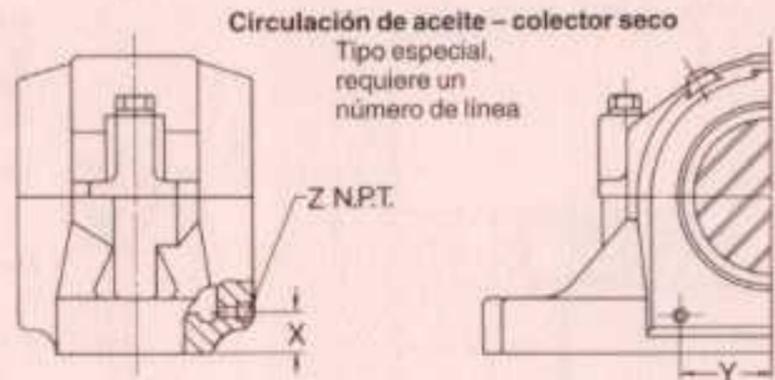
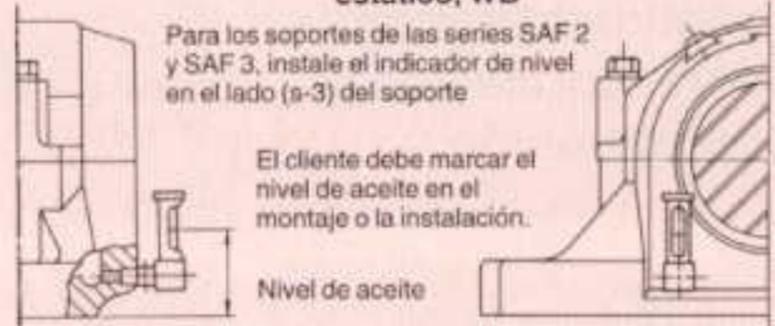
Están disponibles soportes SAF modificados para sistemas de circulación de aceite. La posición de drenaje en estos soportes figura en la tabla "Sistemas de lubricación para los soportes de pie SAF" de abajo. Para la designación apropiada, consulte a SKF.

Sistemas de lubricación para soportes de pie SAF

Nº de soporte de pie F/SAF		WB Nivel de aceite estático SAF 5, SAF 2 SAF 6, SAF 3		Designación indicador de nivel de aceite	WC Designación engrasador hidráulico	WCI	WR		
-		-		-	-	-	-		
209L	-	509L	-	31/32"	-	38175-2	38174-5	38174-6	38174-10
210L	308L	510L	-	1 3/32"	1 3/16"	(1) REQ'D	1/8" N.P.T.	1/8" N.P.T.	1/8" N.P.T.
211A	-	511A	-	1 3/16"	-	1/8" N.P.T.	-	-	-
-	309L	-	609L	-	1 9/32"	-	-	-	-
-	310L	-	610L	-	1 3/8"	-	-	-	-
213A	-	513A	-	1 3/32"	-	-	-	-	-
-	311L	-	611L	-	1 7/16"	-	-	-	-
215A	-	515A	-	1 1/8"	-	-	-	-	-
-	312L	-	-	-	1 5/16"	-	-	-	-
216A	313A	516A	616A	1 1/4"	1 13/32"	-	-	-	-
217A	-	517A	-	1 3/8"	-	38175-1	38174-5	38174-6	38174-10
-	314L	-	-	-	1 15/32"	(1) REQ'D	1/8" N.P.T.	1/8" N.P.T.	1/8" N.P.T.
218N	-	518N	-	1 1/2"	-	1/8" N.P.T.	-	-	-
-	315N	-	615N	-	1 19/32"	-	-	-	-
-	316N	-	616N	-	1 11/16"	-	-	-	-
-	317N	-	617N	-	1 3/4"	38175-3	38174-13	38174-14	38174-10
-	318N	-	618N	-	1 7/8"	(1)REQ'D.	1/4" N.P.T.	1/4" N.P.T.	1/8" N.P.T.
220N	-	520N	-	1 21/32"	-	1/4" N.P.T.	-	-	-
222N	-	522N	-	1 25/32"	-	-	-	-	-
224N	320N	524N	620N	1 27/32"	2 1/32"	-	-	-	-
226N	322N	526N	622N	2 11/32"	2 13/32"	38175-6	38174-13	38174-14	38174-10
228N	-	528N	-	2 1/32"	-	(1) REQ'D.	1/4" N.P.T.	1/4" N.P.T.	1/8" N.P.T.
230N	324N	530N	624N	2"	2 3/8"	3/8" N.P.T.	-	-	-
232N	326N	532N	626N	2 1/16"	2 7/16"	-	-	-	-
234N	328N	534N	628N	2 5/32"	2 9/16"	-	-	-	-
-	330N	-	630N	-	2 5/8"	-	-	-	-
238N	332N	538N	632N	2 7/16"	2 11/16"	-	-	-	-
240N	334N	540N	634N	2 15/32"	2 3/4"	-	-	-	-
244N	338N	544N	638N	3 1/8"	3 3/8"	38175-7	38174-13	38174-14	38174-10
-	340L	-	640L	-	3 7/16"	(1) REQ'D.	1/4" N.P.T.	1/4" N.P.T.	1/8" N.P.T.
-	-	-	-	-	-	3/8" N.P.T.	-	-	-



### Método aconsejable de lubricación de aceite estático, WB



#### Posición estándar de drenaje

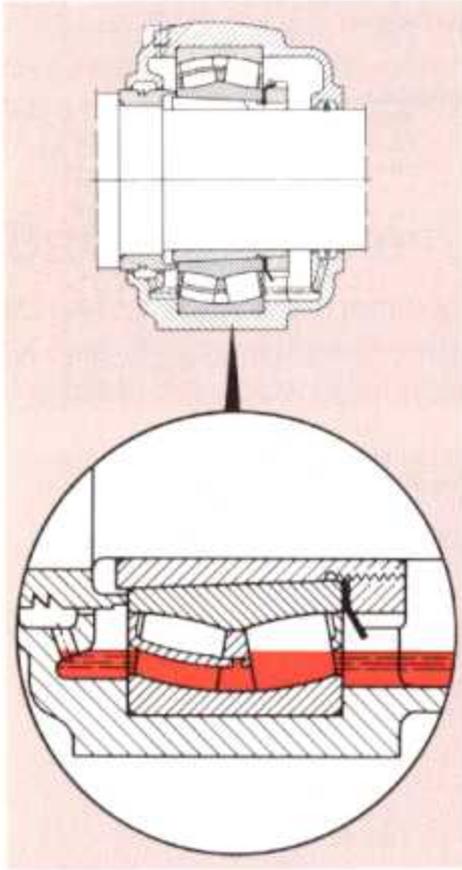
#### Circulación de aceite Agujeros situados enfrente de los agujeros estándar

X	Y	Z.N.P.T.	X	Y	Z.N.P.T.
-	-	-	-	-	-
13/16"	1 11/32"	1/8"	-	-	-
-	-	-	-	-	-
3/4"	1 3/4"	1/8"	-	-	-
-	-	-	-	-	-
7/8"	1 13/16"	1/8"	-	-	-
-	-	-	-	-	-
25/32"	2 3/32"	1/8"	27/32"	2 3/32"	3/8"
13/16"	2 1/8"	1/8"	7/8"	2 1/8"	3/8"
-	-	-	11/16"	2 5/16"	3/8"
2 1/2"	15/16"	1/8"	1 1/16"	2 3/8"	1/4"
2 1/2"	15/16"	1/8"	1 1/16"	2 3/8"	1/4"
2 5/8"	7/8"	1/8"	1"	2 1/2"	1/4"
2 11/16"	1 1/16"	1/4"	1 1/8"	2 5/8"	3/8"
2 11/16"	1 1/16"	1/4"	1 1/8"	2 5/8"	3/8"
2 15/16"	1 1/16"	1/4"	1 1/8"	2 7/8"	3/8"
3"	1 1/8"	1/4"	1 3/16"	2 7/8"	3/8"
3 3/8"	1 1/16"	1/4"	1 3/16"	3 1/8"	1/2"
3 5/8"	1 3/8"	3/8"	1 7/16"	3 5/16"	1/2"
4"	1 5/16"	3/8"	1 1/2"	3 7/16"	3/4"
4 1/8"	1 3/8"	3/8"	1 9/16"	3 3/4"	3/4"
4 1/2"	1 5/16"	3/8"	1 1/2"	4 1/8"	3/4"
4 3/4"	1 3/8"	3/8"	1 9/16"	4 9/16"	3/4"
4 7/8"	1 7/16"	3/8"	1 5/8"	4 1/2"	3/4"
5 1/8"	1 7/16"	3/8"	1 3/4"	4 3/4"	1"
5"	1 1/2"	3/8"	1 13/16"	4 3/16"	1"
5 1/4"	1 5/8"	3/8"	1 15/16"	5 1/8"	1"
-	-	-	1 11/16"	6 1/2"	3/4"

# Cómo lubrica el aceite

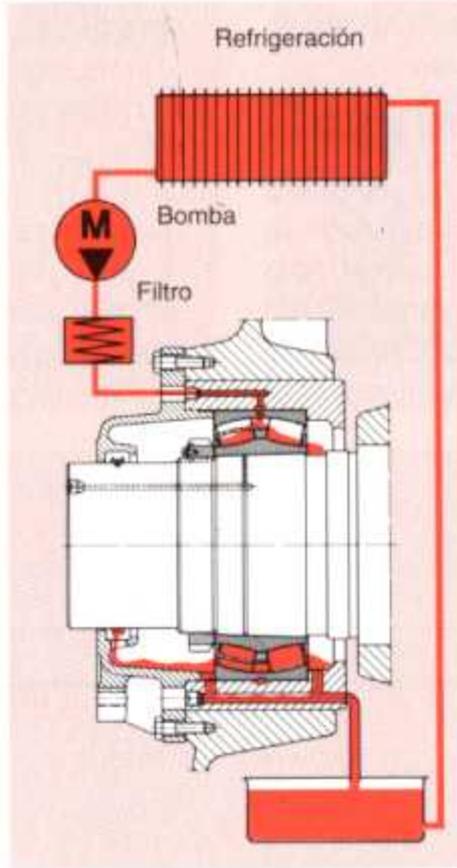
## 1. Uso de una gran cantidad de aceite para lubricación y refrigeración

Si una aplicación es sensible al calor, se puede asegurar una buena refrigeración y lubricación empleando una gran cantidad de aceite que evacue el calor del rodamiento. Sin embargo, el usar mucho aceite aumentará ligeramente el rozamiento. Hay tres métodos principales:



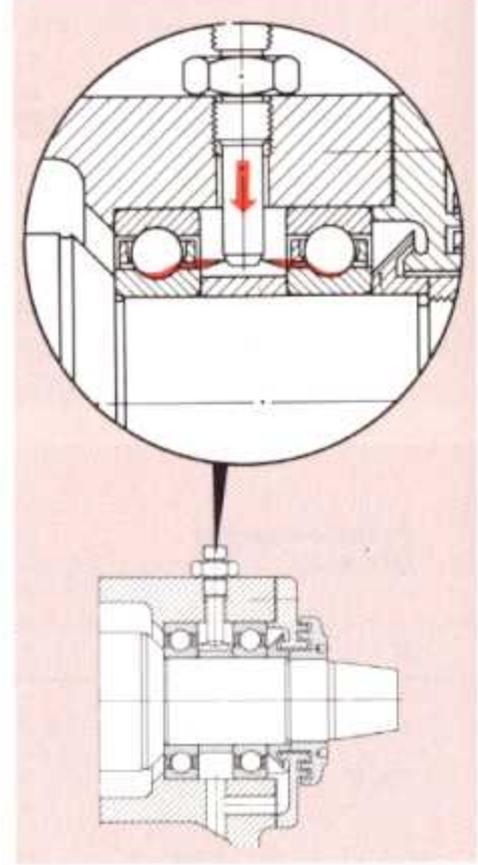
### Baño de aceite

Es la forma más simple de lubricación con aceite, y se puede usar a bajas velocidades del rodamiento. Cuando el rodamiento está parado, el baño debe llegar a un nivel justo por debajo del centro del elemento rodante inferior. En rotación, el aceite es aspirado por las piezas del rodamiento, circula a través de éste y vuelve al baño.



### Circulación de aceite

Cuanto más alta es la temperatura de trabajo, más rápido se oxidará el aceite lubricante. El método de circulación de aceite alarga los intervalos de cambio de aceite. El aceite debe ser limpiado antes de suministrarlo al rodamiento y, en caso necesario, se puede incluir un refrigerador en el circuito de aceite.



### Inyección de aceite

A velocidades muy altas, el aceite puede ser expulsado fuera del rodamiento en lugar de fluir a través de él y eliminar el calor. La forma más eficaz de lubricar consiste en dirigir un chorro de aceite al rodamiento. La velocidad del chorro debe ser por lo menos de 15 m/s de modo que el aceite penetre en el remolino de aire creado por la rotación del rodamiento.

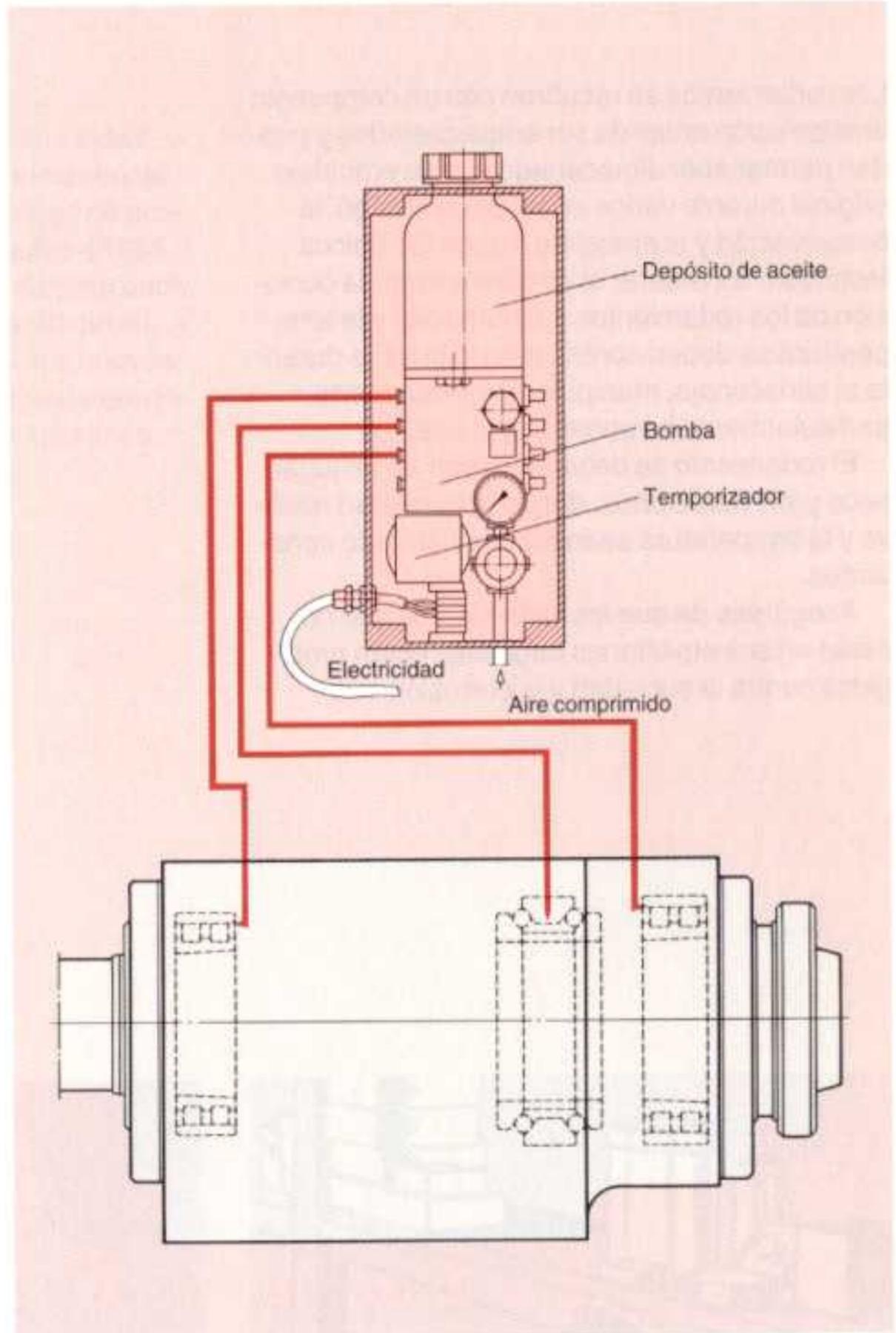
## 2. Uso de una pequeña cantidad de aceite para minimizar el rozamiento

El rozamiento se puede mantener al mínimo aplicando continuamente una pequeña cantidad de aceite de baja viscosidad. Un método sofisticado de hacerlo es:

### Lubricación por goteo de aceite

Suministrando aceite a un rodamiento en cantidades extremadamente pequeñas se puede crear en el mismo una película de aceite con capacidad de carga. Esto minimiza el rozamiento potencial y mantiene una temperatura baja y estable del rodamiento. Un lubricador de goteo de aceite puede suministrar esta pequeña cantidad de aceite de una manera fiable. El aceite se inyecta a ciertos intervalos en una tubería y se transporta hasta el rodamiento por el aire comprimido.

El aceite se inyecta en el rodamiento a través de una tobera. En el conjunto de rodamiento se forma una sobrepresión que protege contra la entrada de contaminantes. Una vez que el aceite ha pasado a través del rodamiento, debe ser drenado de forma eficaz.



Póngase en contacto con SKF para más información sobre los equipos de lubricación automática.

# Almacenaje y manipulación de los rodamientos

Los rodamientos se recubren con un compuesto anticorrosión antes de ser empaquetados y pueden permanecer almacenados en su embalaje original durante varios años. Sin embargo, la preservación y el embalaje no son los únicos factores a considerar si se quiere evitar la corrosión de los rodamientos. La humedad y la temperatura se deben controlar en lo posible durante el almacenaje, manipulación y transporte, particularmente en zonas tropicales.

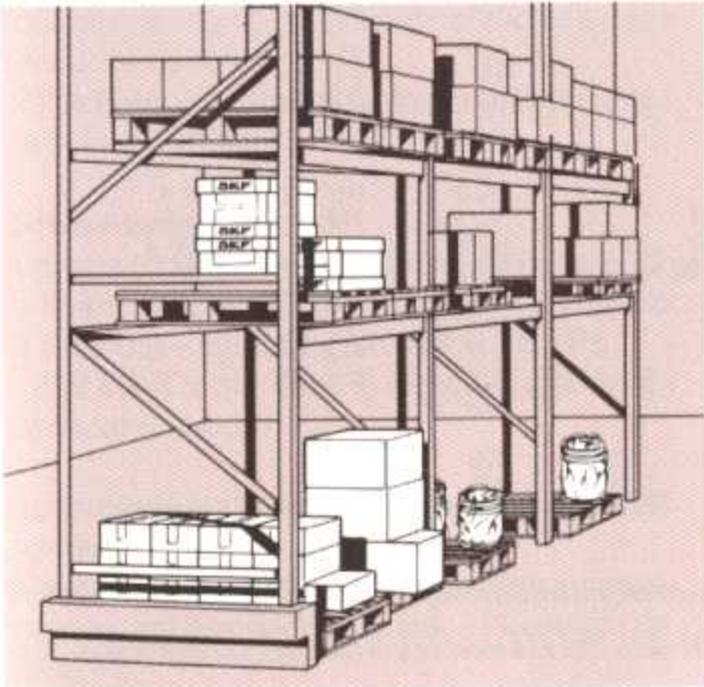
El rodamiento se debe mantener en un lugar seco y sin vibraciones, donde la humedad relativa y la temperatura sean razonablemente constantes.

Asegúrese de que los rodamientos que no están en sus envoltorios originales están protegidos contra la suciedad y la corrosión.



## Vida útil de almacenaje

Ciertos tipos de rodamientos tienen una vida limitada almacenados, la vida útil de almacenaje. Por ejemplo, los rodamientos con placas de protección, sufijo -2Z, y obturaciones, sufijo -2RS1, cuando permanecen almacenados durante unos períodos largos, pueden tener un par de arranque inicial más alto que los rodamientos nuevos. También puede suceder que las propiedades de lubricación de la grasa se deterioren tras unos largos períodos de almacenamiento.



# Tablas

Las páginas siguientes contienen las tablas que indican las tolerancias y los juegos para todos los tipos de rodamientos SKF.

## Tablas de tolerancias

Las tablas siguientes muestran las tolerancias con que están fabricados los rodamientos SKF:

Normal, P6 y P5 para rodamientos radiales métricos (excepto los rodamientos de rodillos cónicos);

Normal, CLN y P5 para rodamientos de rodillos cónicos métricos;

Normal, CL3 y CL0 para rodamientos de rodillos cónicos en pulgadas;

Normal, P6 y P5 para rodamientos axiales métricos;

Los valores normalizados cumplen las normas ISO 492-1986, ISO 578-1973 (Norma AFBMA 1974) e ISO 199-1979. Los símbolos utilizados en las tablas de tolerancias se explican en la página 20.

Las tolerancias no son universalmente válidas para todas las series de diámetros. Además, no siempre puede ser posible identificar la Serie de Diámetros ISO de un rodamiento por su designación. La tabla de abajo está concebida para ayudar en estas situaciones.

Todos los rodamientos SKF se producen a tolerancias normales de forma estándar. No obstante, hay excepciones. Para esos casos especiales, las tablas y el texto en las páginas siguientes indican las diferencias para cada rodamiento.

Tipo de rodamiento	Series de Diámetros ISO						
	8	9	0	1	2	3	4
	Series de rodamientos						
Rodamientos rígidos de bolas <sup>1)</sup>	618	619	60 160 630	161	2 42 62 622	3 43 63 623	64
Rodamientos de bolas a rótula <sup>2)</sup>			10		12 22 112	13 23 113	14
Rodamientos de bolas con contacto angular					32 52 72 QJ 2	33 53 73 QJ 3	
Rodamientos de rodillos cilíndricos	NCF 18 NNC 48 NNCF 48 NNCL 48	NCF 29 NNC 49 NNCF 49 NNCL 49	NU 10 NCF 30 NNF 50 NNCF 50		NU 2 NU 22 NJ 2 NJ 22 NUP 2 NUP 22 N 2 N 22 NCF 22	NU 3 NU 23 NJ 3 NJ 23 NUP 3 NUP 23 N 3 NJG 23	NU 4 NJ 4 NUP 4
Rodamientos de rodillos a rótula		239	230 240	231 241	222 232	213 223	

<sup>1)</sup> Los rodamientos 60/2.5, 604, 607, 608 y 609 pertenecen a la serie 60, los rodamientos 623, 624, 625, 626, 627 y 629 a la serie 62, y los rodamientos 634 y 635 a la serie 63

<sup>2)</sup> El rodamiento 108 pertenece a la serie 10, los rodamientos 126, 127 y 129 a la serie 12 y el rodamiento 135 a la serie 13

Las tablas de tolerancia seguirán en orden para cada tipo de rodamiento.

Por favor, compruebe la disponibilidad antes de hacer su pedido.

## Rodamientos radiales

Los rodamientos de diseño estándar se fabrican con tolerancias normales.

### Rodamientos rígidos de bolas

Algunos rodamientos de una hilera están disponibles de forma estándar con una precisión más alta, correspondiente a las clases de tolerancia P6 y P5.

### Rodamientos de bolas a rótula

Por favor observe la excepción de las diferencias de diámetro de agujero (tolerancia) para rodamientos con aro exterior prolongado. Estos corresponden a la tolerancia J7.

## Rodamientos de bolas con contacto angular

### Una hilera

Los rodamientos de diseño estándar (sufijos B, BE) se fabrican con tolerancias normales. Algunos rodamientos también están disponibles con una mayor precisión a tolerancia de clase P6 o P5.

Los rodamientos para emparejado universal (sufijos BCB, BECB) se fabrican con tolerancia de clase P6 de forma estándar, aunque no se indica en la designación del rodamiento. Estos rodamientos también están disponibles en tolerancia de clase P5.

Por favor compruebe la disponibilidad antes de hacer el pedido.

### Doble hilera

Algunos rodamientos pequeños de la serie 32 también se fabrican con una precisión superior a la estándar – clases de tolerancia P6 y P5.

Por favor compruebe la disponibilidad antes de hacer el pedido.

### Rodamientos de bolas de cuatro puntos de contacto

Algunos tamaños también se pueden suministrar con una precisión más alta – tolerancia de clase P6.

Por favor compruebe la disponibilidad antes de hacer el pedido.

## Rodamientos de rodillos cilíndricos

Como norma, los rodamientos de rodillos cilíndricos no están disponibles con una precisión más alta. Los rodamientos de rodillos cilíndricos de alta precisión figuran en el catálogo SKF "Rodamientos de precisión".

### Rodamientos completamente llenos de rodillos cilíndricos

Los rodamientos de diseño NNC se fabrican a unos límites más amplios para la anchura del aro exterior  $\Delta C_s$  y para la variación de anchura del aro exterior ( $V_{Cs}$ ). Debido al aro lateral exterior, la gama de tolerancias para  $\Delta C_s$  es dos veces la normal y es simétrica con respecto a cero. Ejemplo: Rodamientos con un diámetro de agujero de 100 mm,  $\Delta C_s = \pm 200 \mu\text{m}$ . La gama para  $V_{Cs}$  también es tres veces la de la tolerancia normal.

## Rodamientos de agujas

Estos rodamientos también están disponibles con una precisión más alta – correspondiente a la tolerancia de clase P6 o P5, a especificar en el pedido.

Se pueden suministrar aros interiores con caminos de rodadura pre-rectificados para una mayor precisión de rodadura (sufijo VGS). Estos aros deben ser rectificadas después de su montaje.

Por favor compruebe la disponibilidad antes de hacer el pedido.

Antes del montaje, y cuando los rodillos estén en contacto con el camino de rodadura del aro exterior, el diámetro interior de los rodillos  $F_w$  está dentro de los límites de tolerancia F6.

A petición, y con un recargo, se pueden suministrar rodamientos sin aro exterior con tolerancias de diámetro interior ( $F_w$ ) reducida; la mitad superior o inferior de la gama. Los rodamientos con esta especificación se identifican por el sufijo de designación H seguido de una combinación de cifras que da los valores reales mínimos y máximos en  $\mu\text{m}$  para la desviación del diámetro interior nominal.

## Tolerancias de rodamientos

Tolerancias normales (ABEC-1, RBEC-1) para rodamientos radiales (excepto rodamientos de rodillos cónicos)

Aro interior

d		$\Delta_{dmp}^{1)}$		$V_{dp}$			$V_{dmp}$	$\Delta_{Bs}$		$\Delta_{B1s}$		$V_{Bs}$	$K_{ia}$
más de	hasta incl.	sup.	inf.	Series de diámetros			máx	sup.	inf.	sup.	inf.	máx	máx
mm		$\mu m$		8, 9	0, 1	2, 3, 4		$\mu m$		$\mu m$		$\mu m$	$\mu m$
pulg.		0.0001 pulg.		máx	máx	máx		0.0001 pulg.	0.0001 pulg.	0.0001 pulg.		0.0001 pulg.	0.0001 pulg.
2,5	10	0	-8	10	8	6	6	0	-120	0	-250	15	10
0.098	0.394	0	-3	4	3	2	2	0	-47	0	-98	6	4
10	18	0	-8	10	8	6	6	0	-120	0	-250	20	10
0.394	0.709	0	-3	4	3	2	2	0	-47	0	-98	8	4
18	30	0	-10	13	10	8	8	0	-120	0	-250	20	13
0.709	1.181	0	-4	5	4	3	3	0	-47	0	-98	8	5
30	50	0	-12	15	12	9	9	0	-120	0	-250	20	15
1.181	1.969	0	-5	6	5	4	4	0	-47	0	-98	8	6
50	80	0	-15	19	19	11	11	0	-150	0	-380	25	20
1.969	3.150	0	-6	7	7	4	4	0	-59	0	-150	10	8
80	120	0	-20	25	25	15	15	0	-200	0	-380	25	25
3.150	4.724	0	-8	10	10	6	6	0	-79	0	-150	10	10
120	180	0	-25	31	31	19	19	0	-250	0	-500	30	30
4.724	7.087	0	-10	12	12	7	7	0	-98	0	-197	12	12
180	250	0	-30	38	38	23	23	0	-300	0	-500	30	40
7.087	9.843	0	-12	15	15	9	9	0	-118	0	-197	12	16
250	315	0	-35	44	44	26	26	0	-350	0	-500	35	50
9.843	12.402	0	-14	17	17	10	10	0	-138	0	-197	14	20
315	400	0	-40	50	50	30	30	0	-400	0	-630	40	60
12.402	15.748	0	-16	20	20	12	12	0	-157	0	-248	16	24
400	500	0	-45	56	56	34	34	0	-450	0	-630	50	65
15.748	19.685	0	-18	22	22	13	13	0	-177	0	-248	20	26
500	630	0	-50	63	63	38	38	0	-500	0	-800	60	70
19.685	24.803	0	-20	25	25	15	15	0	-197	0	-315	24	28
630	800	0	-75	-	-	-	-	0	-750	-	-	70	80
24.803	31.496	0	-30	-	-	-	-	0	-295	-	-	28	31
800	1 000	0	-100	-	-	-	-	0	-1 000	-	-	80	90
31.496	39.370	0	-39	-	-	-	-	0	-394	-	-	31	35
1 000	1 250	0	-125	-	-	-	-	0	-1 250	-	-	100	100
39.370	49.213	0	-49	-	-	-	-	0	-492	-	-	39	39
1 250	1 600	0	-160	-	-	-	-	0	-1 600	-	-	120	120
49.213	62.992	0	-63	-	-	-	-	0	-630	-	-	47	47
1 600	2 000	0	-200	-	-	-	-	0	-2 000	-	-	140	140
62.992	78.740	0	-79	-	-	-	-	0	-787	-	-	55	55

<sup>1)</sup> Las tolerancias para los agujeros cónicos (conicidad 1:12 y 1:30) se dan en las páginas 274 a 276

Tolerancias normales (ABEC-1, RBEC-1) para rodamientos radiales (excepto rodamientos de rodillos cónicos)

Aro exterior

D		$\Delta_{Dmp}$		$V_{Dp}$ Series de diámetros			Rodamientos protegidos u obturados <sup>1)</sup>	$V_{Dmp}$	$\Delta_{Cs}, \Delta_{C1s}, V_{Cs}$	$K_{ea}$	
más de	hasta incl.	sup.	inf.	8, 9 máx	0, 1 máx	2, 3, 4 máx					
mm	pulg.	$\mu m$	0.0001 pulg.	$\mu m$	0.0001 pulg.	$\mu m$	0.0001 pulg.	$\mu m$	0.0001 pulg.	$\mu m$	0.0001 pulg.
6	18	0	-8	10	8	6	10	6	Los mismos valores que para el aro interior del rodamiento ( $\Delta_{Bs}, \Delta_{B1s}, V_{Bs}$ )	15	
0.236	0.709	0	-3	4	3	2	4	2		6	
18	30	0	-9	12	9	7	12	7		15	
0.709	1.181	0	-4	5	4	3	5	3		6	
30	50	0	-11	14	11	8	16	8		20	
1.181	1.969	0	-4	6	4	3	6	3		8	
50	80	0	-13	16	13	10	20	10		25	
1.969	3.150	0	-5	6	5	4	8	4		10	
80	120	0	-15	19	19	11	26	11		35	
3.150	4.724	0	-6	7	7	4	10	4		14	
120	150	0	-18	23	23	14	30	14		40	
4.724	5.906	0	-7	9	9	6	12	6		16	
150	180	0	-25	31	31	19	38	19		45	
5.906	7.087	0	-10	12	12	7	15	7		18	
180	250	0	-30	38	38	23	-	23		50	
7.087	9.843	0	-12	15	15	9	-	9		20	
250	315	0	-35	44	44	26	-	26		60	
9.843	12.402	0	-14	17	17	10	-	10		24	
315	400	0	-40	50	50	30	-	30	70		
12.402	15.748	0	-16	20	20	12	-	12	28		
400	500	0	-45	56	56	34	-	34	80		
15.748	19.685	0	-18	22	22	13	-	13	31		
500	630	0	-50	63	63	38	-	38	100		
19.685	24.803	0	-20	25	25	15	-	15	39		
630	800	0	-75	94	94	55	-	55	120		
24.803	31.496	0	-30	37	37	22	-	22	47		
800	1 000	0	-100	125	125	75	-	75	140		
31.496	39.370	0	-39	49	49	30	-	30	55		
1 000	1 250	0	-125	-	-	-	-	-	160		
39.370	49.213	0	-49	-	-	-	-	-	63		
1 250	1 600	0	-160	-	-	-	-	-	189		
49.213	62.992	0	-63	-	-	-	-	-	74		
1 600	2 000	0	-200	-	-	-	-	-	220		
62.992	78.740	0	-79	-	-	-	-	-	87		
2 000	2 500	0	-250	-	-	-	-	-	250		
78.740	98.425	0	-98	-	-	-	-	-	98		

<sup>1)</sup> Valido solo para rodamientos de las series de diámetros 0, 1, 2, 3 y 4

## Tolerancias de rodamientos

Clase de tolerancias P6 (ABEC-3, RBEC-3) para rodamientos radiales (excepto rodamientos de rodillos cónicos)<sup>2)</sup>

Aro interior

d		$\Delta_{dmp}^{1)}$		$V_{dp}$			$V_{dmp}$	$\Delta_{Bs}$		$\Delta_{B1s}$		$V_{Bs}$	$K_{ia}$
más de	hasta incl.	sup.	inf.	Series de diámetros			máx	sup.	inf.	sup.	inf.	máx	máx
mm		$\mu m$		8, 9	0, 1	2, 3, 4		$\mu m$		$\mu m$		$\mu m$	$\mu m$
pulg.		0.0001 pulg.		máx	máx	máx		0.0001 pulg.	0.0001 pulg.	0.0001 pulg.		0.0001 pulg.	0.0001 pulg.
2,5	10	0	-7	9	7	5	5	0	-120	0	-250	15	6
0.098	0.394	0	-3	4	3	2	2	0	-47	0	-98	6	2
10	18	0	-7	9	7	5	5	0	-120	0	-250	20	
0.394	0.709	0	-3	4	3	2	2	0	-47	0	-98	8	3
18	30	0	-8	10	8	6	6	0	-120	0	-250	20	8
0.709	1.181	0	-3	4	3	2	2	0	-47	0	-98	8	3
30	50	0	-10	13	10	8	8	0	-120	0	-250	20	10
1.181	1.969	0	-4	5	4	3	3	0	-47	0	-98	8	4
50	80	0	-12	15	15	9	9	0	-150	0	-380	25	10
1.969	3.150	0	-5	6	6	4	4	0	-59	0	-150	10	4
80	120	0	-15	19	19	11	11	0	-200	0	-380	25	13
3.150	4.724	0	-6	7	7	4	4	0	-79	0	-150	10	5
120	180	0	-18	23	23	14	14	0	-250	0	-500	30	18
4.724	7.087	0	-7	9	9	6	6	0	-98	0	-197	12	7
180	250	0	-22	28	28	17	17	0	-300	0	-500	30	20
7.087	9.843	0	-9	11	11	7	7	0	-118	0	-197	12	8
250	315	0	-25	31	31	19	19	0	-350	0	-500	35	25
9.843	12.402	0	-10	12	12	7	7	0	-138	0	-197	14	10
315	400	0	-30	38	38	23	23	0	-400	0	-630	40	30
12.402	15.748	0	-12	15	15	9	9	0	-157	0	-248	16	12
400	500	0	-35	44	44	26	26	0	-450	0	-630	45	35
15.748	19.685	0	-14	17	17	10	10	0	-177	0	-248	18	14
500	630	0	-40	50	50	30	30	0	-500	0	-800	50	40
19.685	24.803	0	-16	20	20	12	12	0	-197	0	-315	20	16
630	800	0	-50	-	-	-	-	0	-750	-	-	55	45
24.803	31.496	0	-20	-	-	-	-	0	-295	-	-	22	18
800	1 000	0	-65	-	-	-	-	0	-1 000	-	-	60	50
31.496	39.370	0	-26	-	-	-	-	0	-394	-	-	24	20
1 000	1 250	0	-80	-	-	-	-	0	-1 250	-	-	70	60
39.370	49.213	0	-31	-	-	-	-	0	-492	-	-	28	24
1 250	1 600	0	-100	-	-	-	-	0	-1 600	-	-	70	70
49.213	62.992	0	-39	-	-	-	-	0	-630	-	-	28	28
1 600	2 000	0	-130	-	-	-	-	0	-2 000	-	-	80	80
62.992	78.740	0	-51	-	-	-	-	0	-787	-	-	31	31

<sup>1)</sup> Las tolerancias para los agujeros cónicos se dan en las páginas 274 a 276

<sup>2)</sup> Las tablas AFBMA no dan valores para  $d > 630$  mm

Clase de tolerancias P6 (ABEC-3, RBEC-3) para rodamientos radiales (excepto rodamientos de rodillos cónicos)<sup>2)</sup>

Aro exterior

D		$\Delta_{Dmp}$		$V_{Dp}$ Series de diámetros			Rodamientos protegidos u obturados <sup>1)</sup>	$V_{Dmp}$	$\Delta_{Cs}, \Delta_{C1s}, V_{Cs}$	$K_{ea}$	
más de	hasta incl.	sup.	inf.	8, 9	0, 1	2, 3, 4					
mm	pulg.	$\mu m$	0.0001 pulg.	$\mu m$	0.0001 pulg.	$\mu m$	0.0001 pulg.	$\mu m$	0.0001 pulg.	$\mu m$	0.0001 pulg.
6	18	0	-7	9	7	5	9	5	Los mismos valores que para el aro interior del rodamiento ( $\Delta_{Bs}, \Delta_{B1s}, V_{Bs}$ )	8	
0.236	0.709	0	-3	4	3	2	4	2		3	
18	30	0	-8	10	8	6	10	6		9	
0.709	1.181	0	-3	4	3	2	4	2		4	
30	50	0	-9	11	9	7	13	7		10	
1.181	1.969	0	-4	4	4	3	5	3		4	
50	80	0	-11	14	11	8	16	8		13	
1.969	3.150	0	-4	6	4	3	6	3		5	
80	120	0	-13	16	16	10	20	10		18	
3.150	4.724	0	-5	6	6	4	8	4		7	
120	150	0	-15	19	19	11	25	11		20	
4.724	5.906	0	-6	7	7	4	10	4		8	
150	180	0	-18	23	23	14	30	14		23	
5.906	7.087	0	-7	9	9	6	12	6		9	
180	250	0	-20	25	25	15	-	15		25	
7.087	9.843	0	-8	10	10	6	-	6		10	
250	315	0	-25	31	31	19	-	19		30	
9.843	12.402	0	-10	12	12	7	-	7		12	
315	400	0	-28	35	35	21	-	21	35		
12.402	15.748	0	-11	14	14	8	-	8	14		
400	500	0	-33	41	41	25	-	25	40		
15.748	19.685	0	-13	16	16	10	-	10	16		
500	630	0	-38	48	48	29	-	29	50		
19.685	24.803	0	-15	19	19	11	-	11	20		
630	800	0	-45	56	56	34	-	34	60		
24.803	31.496	0	-18	22	22	13	-	13	24		
800	1 000	0	-60	75	75	45	-	45	75		
31.496	39.370	0	-24	30	30	18	-	18	30		
1 000	1 250	0	-80	-	-	-	-	-	85		
39.370	49.213	0	-31	-	-	-	-	-	33		
1 250	1 600	0	-100	-	-	-	-	-	100		
49.213	62.992	0	-39	-	-	-	-	-	39		
1 600	2 000	0	-130	-	-	-	-	-	100		
62.992	78.740	0	-51	-	-	-	-	-	39		
2 000	2 500	0	-160	-	-	-	-	-	120		
78.740	98.425	0	-63	-	-	-	-	-	47		

<sup>1)</sup> Válido sólo para rodamientos de las series de diámetros 0, 1, 2, 3 y 4

<sup>2)</sup> Las tablas AFBMA no dan valores para  $D > 1\,000$  mm

## Tolerancias de rodamientos

Clase de tolerancias P5 (ABEC-5, RBEC-5) para rodamientos radiales (excepto rodamientos de rodillos cónicos)<sup>3)</sup>

Aro interior

d		$\Delta_{dmp}^{1)}$		$V_{dp}$		$V_{dmp}$		$\Delta_{Bs}$		$\Delta_{B1s}$		$V_{Bs}$		$K_{ia}$	$S_d$	$S_{ia}^{2)}$
más de	hasta incl.	sup.	inf.	Series de diámetros 8, 9 0, 1, 2, 3, 4 máx máx		máx		sup.	inf.	sup.	inf.	máx		máx	máx	máx
mm		$\mu m$		$\mu m$		$\mu m$		$\mu m$		$\mu m$		$\mu m$		$\mu m$	$\mu m$	$\mu m$
pulg.		0.0001 pulg.		0.0001 pulg.		0.0001 pulg.		0.0001 pulg.		0.0001 pulg.		0.0001 pulg.		0.0001 pulg.	0.0001 pulg.	0.0001 pulg.
2,5	10	0	-5	5	4	3	0	-40	0	-250	5	4	7	7		
0.098	0.394	0	-2	2	2	1	0	-16	0	-98	2	2	3	3		
10	18	0	-5	5	4	3	0	-80	0	-250	5	4	7	7		
0.394	0.709	0	-2	2	2	1	0	-31	0	-98	2	2	3	3		
18	30	0	-6	6	5	3	0	-120	0	-250	5	4	8	8		
0.709	1.181	0	-2	2	2	1	0	-47	0	-98	2	2	3	3		
30	50	0	-8	8	6	4	0	-120	0	-250	5	5	8	8		
1.181	1.969	0	-3	3	2	2	0	-47	0	-98	2	2	3	3		
50	80	0	-9	9	7	5	0	-150	0	-250	6	5	8	8		
1.969	3.150	0	-4	4	3	2	0	-59	0	-98	2	2	3	3		
80	120	0	-10	10	8	5	0	-200	0	-380	7	6	9	9		
3.150	4.724	0	-4	4	3	2	0	-79	0	-150	3	2	4	4		
120	180	0	-13	13	10	7	0	-250	0	-380	8	8	10	10		
4.724	7.087	0	-5	5	4	3	0	-98	0	-150	3	3	4	4		
180	250	0	-15	15	12	8	0	-300	0	-500	10	10	11	13		
7.087	9.843	0	-6	6	5	3	0	-118	0	-197	4	4	4	5		
250	315	0	-18	18	14	9	0	-350	0	-500	13	13	13	15		
9.843	12.402	0	-7	7	6	4	0	-138	0	-197	5	5	5	6		
315	400	0	-23	23	18	12	0	-400	0	-630	15	15	15	20		
12.402	15.748	0	-9	9	7	5	0	-157	0	-248	6	6	6	8		
400	500	0	-27	28	21	14	0	-450	0	-630	18	17	18	23		
15.748	19.685	0	-11	11	8	6	0	-177	0	-248	7	7	7	9		
500	630	0	-33	35	26	18	0	-500	0	-800	20	19	20	25		
19.685	24.803	0	-13	14	10	7	0	-197	0	-315	8	7	8	10		
630	800	0	-40	-	-	-	0	-750	-	-	26	22	26	30		
24.803	31.496	0	-16	-	-	-	0	-295	-	-	10	9	10	12		
800	1 000	0	-50	-	-	-	0	-1 000	-	-	32	26	32	30		
31.496	39.370	0	-20	-	-	-	0	-394	-	-	13	10	13	12		
1 000	1 250	0	-65	-	-	-	0	-1 250	-	-	38	30	38	30		
39.370	49.213	0	-26	-	-	-	0	-492	-	-	15	12	15	12		
1 250	1 600	0	-80	-	-	-	0	-1 600	-	-	45	35	45	30		
49.213	62.992	0	-31	-	-	-	0	-630	-	-	18	14	18	12		
1 600	2 000	0	-100	-	-	-	0	-2 000	-	-	55	40	55	30		
62.992	78.740	0	-39	-	-	-	0	-787	-	-	22	16	22	12		

<sup>1)</sup> Las tolerancias para los agujeros cónicos se dan en las páginas 274 a 276

<sup>2)</sup> Válido sólo para rodamientos rígidos de bolas y de bolas con contacto angular

<sup>3)</sup> Las tablas AFBMA no dan valores para  $d > 400$  mm

Clase de tolerancias P5 (ABEC-5, RBEC-5) para rodamientos radiales (excepto rodamientos de rodillos cónicos)<sup>3)</sup>

Aro exterior

D		$\Delta_{Dmp}$		$V_{Dp}^{1)}$		$V_{Dmp}$	$\Delta_{Cs}, \Delta_{C1s}$	$V_{Cs}$	$K_{ea}$	$S_D$	$S_{ea}^{2)}$
más	hasta	sup.	inf.	Series de diámetros 8, 9 0, 1, 2, 3, 4		máx		máx	máx	máx	máx
de	incl.			máx	máx						
mm		$\mu m$		$\mu m$		$\mu m$		$\mu m$	$\mu m$	$\mu m$	$\mu m$
pulg.		0.0001 pulg.		0.0001 pulg.		0.0001 pulg.		0.0001 pulg.	0.0001 pulg.	0.0001 pulg.	0.0001 pulg.
6	18	0	-5	5	4	3	Los mismos valores que para el aro interior del rodamiento ( $\Delta_{B_s}, \Delta_{B1_s}$ )	5	5	8	8
0.236	0.709	0	-2	2	2	1		2	2	3	3
18	30	0	-6	6	5	3		5	6	8	8
0.709	1.181	0	-2	2	2	1		2	2	3	3
30	50	0	-7	7	5	4		5	7	8	8
1.181	1.969	0	-3	3	2	2		2	3	3	3
50	80	0	-9	9	7	5		6	8	8	10
1.969	3.150	0	-4	4	3	2		2	3	3	4
80	120	0	-10	10	8	5		8	10	9	11
3.150	4.724	0	-4	4	3	2		3	4	4	4
120	150	0	-11	11	8	6		8	11	10	13
4.724	5.906	0	-4	4	3	2		3	4	4	5
150	180	0	-13	13	10	7		8	13	10	14
5.906	7.087	0	-5	5	4	3		3	5	4	6
180	250	0	-15	15	11	8		10	15	11	15
7.087	9.843	0	-6	6	4	3		4	6	4	6
250	315	0	-18	18	14	9	11	18	13	18	
9.843	12.402	0	-7	7	6	4	4	7	5	7	
315	400	0	-20	20	15	10	13	20	13	20	
12.402	15.748	0	-8	8	6	4	5	8	5	8	
400	500	0	-23	23	17	12	15	23	15	23	
15.748	19.685	0	-9	9	7	5	6	9	6	9	
500	630	0	-28	28	21	14	18	25	18	25	
19.685	24.803	0	-11	11	8	6	7	10	7	10	
630	800	0	-35	35	26	18	20	30	20	30	
24.803	31.496	0	-14	14	10	7	8	12	8	12	
800	1 000	0	-40	50	29	25	25	35	25	35	
31.496	39.370	0	-16	20	11	10	10	14	10	14	
1 000	1 250	0	-50	-	-	-	30	40	30	45	
39.370	49.213	0	-20	-	-	-	12	16	12	18	
1 250	1 600	0	-65	-	-	-	35	45	35	55	
49.213	62.992	0	-26	-	-	-	14	18	14	22	
1 600	2 000	0	-85	-	-	-	38	55	40	55	
62.992	78.740	0	-33	-	-	-	15	22	16	22	
2 000	2 500	0	-110	-	-	-	45	65	50	55	
78.740	98.425	0	-43	-	-	-	18	26	20	22	

1) No válido para rodamientos obturados o protegidos

2) Válido sólo para rodamientos rígidos de bolas y de bolas con contacto angular

3) Las tablas AFBMA no dan valores para  $D > 800$  mm

## Rodamientos de rodillos cónicos

Los aros interiores de los rodamientos de rodillos cónicos con conjunto de rodillos y jaula (conos), así como los aros exteriores (copas), son intercambiables siempre que tengan exactamente la misma designación.

### Rodamientos métricos

Los rodamientos métricos de una hilera de rodillos cónicos se fabrican, de forma estándar, con tolerancias normales. Algunos rodamientos también están disponibles con una precisión más alta – en particular los de las series 320 X, T4CB y T4DB. Se emplean principalmente para husillos de máquinas-herramienta.

Algunos rodamientos también están disponibles con una tolerancia de anchura reducida, de acuerdo con las especificaciones de la clase CLN. Los rodamientos con prefijo K-J se fabrican, de forma estándar, con tolerancias de clase CLN.

Las tolerancias para las dimensiones de chaflán son de acuerdo con ISO 582-1979, excepto los rodamientos con prefijo K-J en la designación. Estos tienen unas tolerancias de dimensión de chaflán correspondientes a los rodamientos en pulgadas, ISO 1123-1976.

Tolerancias normales (AFBMA Clase K) para rodamientos de rodillos cónicos (series métricas)

Aro interior y anchura del rodamiento

d más de	hasta incl.	$\Delta_{dmp}$		$V_{dp}$	$V_{dmp}$	$\Delta_{Bs}$		$K_{Ia}$	$\Delta_{Ts}$		$\Delta_{T1s}$		$\Delta_{T2s}$	
		sup.	inf.	máx	máx	sup.	inf.	máx	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.
mm		$\mu m$		$\mu m$	$\mu m$	$\mu m$		$\mu m$	$\mu m$		$\mu m$		$\mu m$	
pulg.		0.0001 pulg.		0.0001 pulg.	0.0001 pulg.	0.0001 pulg.		0.0001 pulg.	0.0001 pulg.		0.0001 pulg.		0.0001 pulg.	
10	18	0	-12	12	9	0	-120	15	+200	0	+100	0	+100	0
0.394	0.709	0	-5	5	4	0	-47	6	+79	0	+39	0	+39	0
18	30	0	-12	12	9	0	-120	18	+200	0	+100	0	+100	0
0.709	1.181	0	-5	5	4	0	-47	7	+79	0	+39	0	+39	0
30	50	0	-12	12	9	0	-120	20	+200	0	+100	0	+100	0
1.181	1.969	0	-5	5	4	0	-47	8	+79	0	+39	0	+39	0
50	80	0	-15	15	11	0	-150	25	+200	0	+100	0	+100	0
1.969	3.150	0	-6	6	4	0	-59	10	+79	0	+39	0	+39	0
80	120	0	-20	20	15	0	-200	30	+200	-200	+100	-100	+100	-100
3.150	4.724	0	-8	8	6	0	-79	12	+79	-79	+39	-39	+39	-39
120	180	0	-25	25	19	0	-250	35	+350	-250	+150	-150	+200	-100
4.724	7.087	0	-10	10	7	0	-98	14	+138	-98	+59	-59	+79	-39
180	250	0	-30	30	23	0	-300	50	+350	-250	+150	-150	+200	-100
7.087	9.843	0	-12	12	9	0	-118	20	+138	-98	+59	-59	+79	-39
250	315	0	-35	35	26	0	-350	60	+350	-250	+150	-150	+200	-100
9.843	12.402	0	-14	14	10	0	-138	24	+138	-98	+59	-59	+79	-39
315	400	0	-40	40	30	0	-400	70	+400	-400	+200	-200	+200	-200
12.402	15.748	0	-16	16	12	0	-157	28	+157	-157	+79	-79	+79	-79
400	500	0	-45	45	34	0	-450	70	+400	-400	-	-	-	-
15.748	19.685	0	-18	18	13	0	-177	28	+157	-157	-	-	-	-
500	630	0	-50	50	38	0	-500	85	+500	-500	-	-	-	-
19.685	24.803	0	-20	20	15	0	-197	33	+197	-197	-	-	-	-
630	800	0	-75	75	56	0	-750	100	+600	-600	-	-	-	-
24.803	31.496	0	-30	30	22	0	-295	39	+236	-236	-	-	-	-
800	1 000	0	-100	100	75	0	-1 000	120	+750	-750	-	-	-	-
31.496	39.370	0	-39	39	30	0	-394	47	+295	-295	-	-	-	-
1 000	1 250	0	-125	-	-	0	-1 250	120	+1 000	-1 000	-	-	-	-
39.370	49.213	0	-49	-	-	0	-492	47	+394	-394	-	-	-	-
1 250	1 600	0	-160	-	-	0	-1 600	120	+1 500	-1 500	-	-	-	-
49.213	62.992	0	-63	-	-	0	-630	47	+591	-591	-	-	-	-
1 600	2 000	0	-200	-	-	0	-2 000	120	+1 500	-1 500	-	-	-	-
62.992	78.740	0	-79	-	-	0	-787	47	+591	-591	-	-	-	-

## Tolerancias de rodamientos

### Tolerancias normales (AFBMA Clase K) para rodamientos de rodillos cónicos (series métricas)

#### Aro exterior

D más de	hasta incl.	$\Delta_{Dmp}$		$V_{Dp}$	$V_{Dmp}$	$\Delta_{Cs}$	$K_{ea}$ máx
		sup.	inf.	máx	máx		
mm	pulg.	$\mu m$	0.0001 pulg.	$\mu m$	0.0001 pulg.	$\mu m$	0.0001 pulg.
18 0.709	30 1.181	0	-12	12	9	Los mismos valores que para el aro interior del rodamiento ( $\Delta_{Bs}$ )	18
		0	-5	5	4		7
30 1.181	50 1.969	0	-14	14	11		20
		0	-6	6	4		8
50 1.969	80 3.150	0	-16	16	12		25
		0	-6	6	5		10
80 3.150	120 4.724	0	-18	18	14		35
		0	-7	7	6		14
120 4.724	150 5.906	0	-20	20	15		40
		0	-8	8	6		16
150 5.906	180 7.087	0	-25	25	19		45
		0	-10	10	7		18
180 7.087	250 9.843	0	-30	30	23		50
		0	-12	12	9		20
250 9.843	315 12.402	0	-35	35	26		60
		0	-14	14	10		24
315 12.402	400 15.748	0	-40	40	30	70	
		0	-16	16	12	28	
400 15.748	500 19.685	0	-45	45	34	80	
		0	-18	18	13	31	
500 19.685	630 24.803	0	-50	50	38	100	
		0	-20	20	15	39	
630 24.803	800 31.496	0	-75	75	55	120	
		0	-30	30	22	47	
800 31.496	1 000 39.370	0	-100	100	75	120	
		0	-39	39	30	47	
1 000 39.370	1 250 49.213	0	-125	125	94	120	
		0	-49	49	37	47	
1 250 49.213	1 600 62.992	0	-160	160	120	120	
		0	-63	63	47	47	
1 600 62.992	2 000 78.740	0	-200	-	-	120	
		0	-79	-	-	47	
2 000 78.740	2 500 98.425	0	-250	-	-	120	
		0	-98	-	-	47	

Clase de tolerancias CLN (ISO Clase 6X, AFBMA Clase N) para rodamientos de rodillos cónicos (series métricas)

Aro interior y anchura del rodamiento

d más de	hasta incl.	$\Delta_{dmp}$		$V_{dp}$	$V_{dmp}$	$K_{ia}$	$\Delta_{Ts}$		$\Delta_{T1s}$		$\Delta_{T2s}$	
		sup.	inf.	máx	máx	máx	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.
mm pulg.		$\mu m$ 0.0001 pulg.		$\mu m$ 0.0001 pulg.	$\mu m$ 0.0001 pulg.	$\mu m$ 0.0001 pulg.	$\mu m$ 0.0001 pulg.		$\mu m$ 0.0001 pulg.		$\mu m$ 0.0001 pulg.	
10 0.394	18 0.709	0 0	-12 -5	12 5	9 4	15 6	+100 +39	0 0	+50 +20	0 0	+50 +20	0 0
18 0.709	30 1.181	0 0	-12 -5	12 5	9 4	18 7	+100 +39	0 0	+50 +20	0 0	+50 +20	0 0
30 1.181	50 1.969	0 0	-12 -5	12 5	9 4	20 8	+100 +39	0 0	+50 +20	0 0	+50 +20	0 0
50 1.969	80 3.150	0 0	-15 -6	15 6	11 4	25 10	+100 +39	0 0	+50 +20	0 0	+50 +20	0 0
80 3.150	120 4.724	0 0	-20 -8	20 8	15 6	30 12	+100 +39	0 0	+50 +20	0 0	+50 +20	0 0
120 4.724	180 7.087	0 0	-25 -10	25 10	19 7	35 14	+150 +59	0 0	+50 +20	0 0	+100 +39	0 0
180 7.087	250 9.843	0 0	-30 -12	30 12	23 9	50 20	+150 +59	0 0	+50 +20	0 0	+100 +39	0 0
250 9.843	315 12.402	0 0	-35 -14	35 14	26 10	60 24	+200 +79	0 0	+100 +39	0 0	+100 +39	0 0
315 12.402	400 15.748	0 0	-40 -16	40 16	30 12	70 28	+200 +79	0 0	+100 +39	0 0	+100 +39	0 0

Aro exterior

D más de	hasta incl.	$\Delta_{Dmp}$		$V_{Dp}$	$V_{Dmp}$	$K_{ea}$
		sup.	inf.	máx	máx	máx
mm pulg.		$\mu m$ 0.0001 pulg.		$\mu m$ 0.0001 pulg.	$\mu m$ 0.0001 pulg.	$\mu m$ 0.0001 pulg.
18 0.709	30 1.181	0 0	-12 -5	12 5	9 4	18 7
30 1.181	50 1.969	0 0	-14 -6	14 6	11 4	20 8
50 1.969	80 3.150	0 0	-16 -6	16 6	12 5	25 10
80 3.150	120 4.724	0 0	-18 -7	18 7	14 6	35 14
120 4.724	150 5.906	0 0	-20 -8	20 8	15 6	40 16
150 5.906	180 7.087	0 0	-25 -10	25 10	19 7	45 18
180 7.087	250 9.843	0 0	-30 -12	30 12	23 9	50 20
250 9.843	315 12.402	0 0	-35 -14	35 14	26 10	60 24
315 12.402	400 15.748	0 0	-40 -16	40 16	30 12	70 28

## Tolerancias de rodamientos

### Clase de tolerancias P5 (ISO Clase 5<sup>1)</sup>) para rodamientos de rodillos cónicos (series métricas)

#### Aro interior y anchura del rodamiento

d más de	hasta incl.	$\Delta_{dmp}$		$V_{dp}$ máx	$V_{dmp}$ máx	$\Delta_{Bs}$		$K_{ia}$ máx	$S_d$ máx	$\Delta_{Ts}$	
		sup.	inf.			sup.	inf.			sup.	inf.
mm		$\mu m$		$\mu m$	$\mu m$	$\mu m$		$\mu m$	$\mu m$	$\mu m$	
pulg.		0.0001 pulg.		0.0001 pulg.	0.0001 pulg.	0.0001 pulg.		0.0001 pulg.	0.0001 pulg.	0.0001 pulg.	
10	18	0	-7	5	5	0	-200	5	7	+200	-200
0.394	0.709	0	-3	2	2	0	-79	2	3	+79	-79
18	30	0	-8	6	5	0	-200	5	8	+200	-200
0.709	1.181	0	-3	2	2	0	-79	2	3	+79	-79
30	50	0	-10	8	5	0	-240	6	8	+200	-200
1.181	1.969	0	-4	3	2	0	-94	2	3	+79	-79
50	80	0	-12	9	6	0	-300	7	8	+200	-200
1.969	3.150	0	-5	4	2	0	-118	3	3	+79	-79
80	120	0	-15	11	8	0	-400	8	9	+200	-200
3.150	4.724	0	-6	4	3	0	-157	3	4	+79	-79
120	180	0	-18	14	9	0	-500	11	10	+350	-250
4.724	7.087	0	-7	6	4	0	-197	4	4	+138	-98
180	250	0	-22	17	11	0	-600	13	11	+350	-250
7.087	9.843	0	-9	7	4	0	-236	5	4	+138	-98
250	315	0	-25	19	13	0	-700	16	13	+350	-250
9.843	12.402	0	-10	7	5	0	-276	6	5	+138	-98
315	400	0	-30	23	15	0	-800	19	15	+400	-400
12.402	15.748	0	-12	9	6	0	-315	7	6	+157	-157
400	500	0	-35	26	18	0	-900	22	18	+400	-400
15.748	19.685	0	-14	10	7	0	-354	9	7	+157	-157
500	630	0	-40	30	20	0	-1 000	26	20	+500	-500
19.685	24.803	0	-16	12	8	0	-394	10	8	+197	-197
630	800	0	-50	50	25	0	-1 500	30	26	+600	-600
24.803	31.496	0	-20	20	10	0	-591	12	10	+236	-236
800	1 000	0	-65	60	30	0	-2 000	35	32	+750	-750
31.496	39.370	0	-26	24	12	0	-787	14	13	+295	-295

<sup>1)</sup> Más preciso que AFBMA Clase N, menos que AFBMA Clase C

Clase de tolerancias P5 (ISO Clase 5<sup>1)</sup>) para rodamientos de rodillos cónicos (series métricas)

Aro exterior

D más de	hasta incl.	$\Delta_{Dmp}$		$V_{Dp}$	$V_{Dmp}$	$\Delta_{Cs}$	$K_{ea}$	$S_D$
		sup.	inf.	máx	máx		máx	máx
mm pulg.		$\mu m$ 0.0001 pulg.		$\mu m$ 0.0001 pulg.	$\mu m$ 0.0001 pulg.		$\mu m$ 0.0001 pulg.	$\mu m$ 0.0001 pulg.
18 0.709	30 1.181	0	-8 -3	6 2	5 2	Los mismos valores que para el aro interior del rodamiento ( $\Delta_{Bs}$ )	6 2	8 3
30 1.181	50 1.969	0	-9 -4	7 3	5 2		7 3	8 3
50 1.969	80 3.150	0	-11 -4	8 3	6 2		8 3	8 3
80 3.150	120 4.724	0	-13 -5	10 4	7 3		10 4	9 4
120 4.724	150 5.906	0	-15 -6	11 4	8 3		11 4	10 4
150 5.906	180 7.087	0	-18 -7	14 6	9 4		13 5	10 4
180 7.087	250 9.843	0	-20 -8	15 6	10 4		15 6	11 4
250 9.843	315 12.402	0	-25 -10	19 7	13 5		18 7	13 5
315 12.402	400 15.748	0	-28 -11	22 9	14 6		20 8	13 5
400 15.748	500 19.685	0	-33 -13	25 10	17 7		23 9	15 6
500 19.685	630 24.803	0	-38 -15	29 11	19 7		25 10	18 7
630 24.803	800 31.496	0	-45 -18	34 13	23 9		30 12	20 8
800 31.496	1 000 39.370	0	-60 -24	45 18	30 12		35 14	25 10
1 000 39.370	1 250 49.213	0	-80 -31	75 30	38 15		40 16	30 12
1 250 49.213	1 600 62.992	0	-100 -39	90 35	45 18		45 18	35 14

<sup>1)</sup> Más preciso que AFBMA Clase N, menos que AFBMA Clase C

## Rodamientos de rodillos cónicos emparejados

La anchura total de la pareja de rodamientos no es conforme a ninguna regla nacional ni internacional.

### Símbolos

- d diámetro de agujero nominal
- $T_{sDF}$  anchura sencilla de apoyo de una pareja de rodamientos dispuestos frente a frente (la distancia entre las caras de los saltes de los aros exteriores)
- $\Delta T_{sDF}$  desviación de la anchura sencilla de apoyo de una pareja de rodamientos dispuestos frente a frente respecto a la nominal ( $\Delta T_{sDF} = T_{sDF} - T$ )

Tolerancias de anchura total y juego interno estándar de rodamientos de una hilera de rodillos cónicos apareados, de series métricas

d		$\Delta T_{sDF}$					
más de	hasta incl.	Series 320 X sup.	inf.	302, 322 sup.	inf.	313 (X) sup.	inf.
mm		$\mu\text{m}$					
-	30	+550	+100	+550	+100	+500	+50
30	40	+550	+100	+600	+100	+550	+50
40	50	+600	+150	+600	+100	+550	+50
50	65	+600	+150	+600	+150	+550	+100
65	80	+600	+150	+650	+150	+600	+100
80	100	+650	-250	+700	-200	+600	-300
100	120	+700	-200	+700	-200	+600	-300
120	140	+1 000	-350	+1 000	-300	+950	-350
140	160	+1 050	-250	+1 050	-250	+950	-300
160	180	+1 100	-200	+1 100	-200	-	-
180	200	+1 100	-200	+1 100	-200	-	-
200	225	+1 150	-150	+1 150	-150	-	-
225	250	+1 200	-100	+1 200	-100	-	-
250	280	+1 250	-50	-	-	-	-

### Conos y copas de rodamientos en pulgadas con tolerancias de anchura modificadas

Sufijo	Tolerancia de anchura <sup>1)</sup>			
	máx	mín	máx	mín
-	mm		pulg.	
/1	+0,025	0	+0,0010	0
/11	+0,025	-0,025	+0,0010	-0,0010
/2	+0,051	0	+0,0020	0
/2B	+0,076	+0,025	+0,0030	+0,0010
/22	+0,051	-0,051	+0,0020	-0,0020
/3	+0,076	0	+0,0030	0
/4B	+0,127	+0,025	+0,0050	+0,0010
/-4	0	-0,012	0	-0,0005

<sup>1)</sup> La tolerancia de anchura total de un rodamiento completo es igual a la suma de las tolerancias para el cono y la copa, por ejemplo: Para el rodamiento K-47686/2/K-47620/3, la tolerancia es +0,127/0 mm

### Variaciones radiales y laterales de rodamientos según especificaciones CL7A y CL7C

d, D más de	hasta incl.	K <sub>ia</sub> máx	K <sub>ea</sub> máx	S <sub>ia</sub> , S <sub>ea</sub> máx
mm pulg.		μm 0.0001 pulg.	μm 0.0001 pulg.	μm 0.0001 pulg.
10 0.394	18 0.709	7 3	- -	38 15
18 0.709	30 1.181	8 3	9 4	38 15
30 1.181	50 1.969	10 4	10 4	38 15
50 1.969	80 3.150	10 4	13 5	38 15
80 3.150	120 4.724	13 5	18 7	38 15
120 4.724	150 5.906	- -	20 8	38 15
150 5.906	180 7.087	- -	23 9	38 15

## Rodamientos en pulgadas

Los rodamientos en pulgadas de una hilera de rodillos cónicos se fabrican, de forma estándar, con tolerancias normales. A petición, se pueden suministrar con una precisión más alta correspondiente a la tolerancia clase CL3 o a las especificaciones CL0 y/o con tolerancias de anchura reducida. Los conos y copas con una tolerancia de anchura que difiere de lo normal se identifican por un sufijo en la designación, vea la tabla.

## Rodamientos con especificaciones CL7A y CL7C

Las tolerancias de los rodamientos con especificaciones CL7A y CL7C corresponden a las tolerancias normales, con la excepción de las tolerancias para la variación de anchura del aro interior (VBs) y para las variaciones radiales y laterales, que se reducen notablemente. Las tolerancias para la variación de anchura del aro interior VBs son la mitad de los límites normales. Las tolerancias para las variaciones radiales y laterales se dan en la tabla adyacente.

### Símbolos

d	diámetro nominal de agujero
D	diámetro nominal exterior
K <sub>ia</sub>	variación radial del aro interior del rodamiento montado
K <sub>ea</sub>	variación radial del aro exterior del rodamiento montado
S <sub>ia</sub>	variación lateral con referencia al camino de rodadura de un aro interior de rodamiento montado
S <sub>ea</sub>	variación lateral con referencia al camino de rodadura de un aro exterior de rodamiento montado

## Tolerancias de rodamientos

### Tolerancias para rodamientos de rodillos cónicos (series en pulgadas)

#### Aro interior

d		$\Delta_{ds}$		Clase de tolerancias <sup>1)</sup>			
más de	hasta incl.	Normal sup.	inf.	CL3 sup.	inf.	CL0 sup.	inf.
mm pulg.		$\mu\text{m}$ 0.0001 pulg.					
-	<b>76,2</b>	+13	0	+13	0	+13	0
-	<b>3.000</b>	+5	0	+5	0	+5	0
<b>76,2</b>	<b>101,6</b>	+25	0	+13	0	+13	0
<b>3.000</b>	<b>4.000</b>	+10	0	+5	0	+5	0
<b>101,6</b>	<b>266,7</b>	+25	0	+13	0	+13	0
<b>4.000</b>	<b>10.500</b>	+10	0	+5	0	+5	0
<b>266,7</b>	<b>304,8</b>	+25	0	+13	0	+13	0
<b>10.500</b>	<b>12.000</b>	+10	0	+5	0	+5	0
<b>304,8</b>	<b>609,6</b>	+51	0	+25	0		
<b>12.000</b>	<b>24.000</b>	+20	0	+10	0		
<b>609,6</b>	<b>914,4</b>	+76	0	+38	0		
<b>24.000</b>	<b>36.000</b>	+30	0	+15	0		
<b>914,4</b>	<b>1 219,2</b>	+102	0	+51	0		
<b>36.000</b>	<b>48.000</b>	+40	0	+20	0		
<b>1 219,2</b>	-	+127	0	+76	0		
<b>48.000</b>	-	+50	0	+30	0		

#### Aro exterior

D		$\Delta_{Ds}$						$K_{ia}, K_{ea}, S_{ia}, S_{ea}$		
más de	hasta incl.	Normal sup.	inf.	CL3 sup.	inf.	CL0 sup.	inf.	Normal máx	CL3 máx	CL0 máx
mm pulg.		$\mu\text{m}$ 0.0001 pulg.						$\mu\text{m}$ 0.0001 pulg.		
-	<b>266,7</b>	+25	0	+13	0	+13	0	51	8	4
-	<b>10.500</b>	+10	0	+5	0	+5	0	20	3	2
<b>266,7</b>	<b>304,8</b>	+25	0	+13	0	+13	0	51	8	4
<b>10.500</b>	<b>12.000</b>	+10	0	+5	0	+5	0	20	3	2
<b>304,8</b>	<b>609,6</b>	+51	0	+25	0	+25	0	51	18	9
<b>12.000</b>	<b>24.000</b>	+20	0	+10	0	+10	0	20	7	4
<b>609,6</b>	<b>914,4</b>	+76	0	+38	0	+38	0	76	51	26
<b>24.000</b>	<b>36.000</b>	+30	0	+15	0	+15	0	30	20	10
<b>914,4</b>	<b>1 219,2</b>	+102	0	+51	0	+51	0	76	76	38
<b>36.000</b>	<b>48.000</b>	+40	0	+20	0	+20	0	30	30	15
<b>1 219,2</b>	-	+127	0	+76	0	+76	0	76	76	-
<b>48.000</b>	-	+50	0	+30	0	+30	0	30	30	-

<sup>1)</sup> Normal = AFBMA Clase 4  
 CL3 = AFBMA Clase 3  
 CL0 = AFBMA Clase 0

Tolerancias para rodamientos de rodillos cónicos (series en pulgadas)

Anchura total de rodamiento de una hilera de rodillos cónicos

d		D		$\Delta_{Ts}$					
más de	hasta incl.	más de	hasta incl.	Clase de tolerancias <sup>1)</sup> Normal		CL3		CL0	
				sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.
mm		mm		$\mu\text{m}$					
pulg.		pulg.		0.0001 pulg.					
-	101,6	-	-	+203	0	+203	-203	+203	-203
-	4.000	-	-	+80	0	+80	-80	+80	-80
101,6	266,7	-	-	+356	-254	+203	-203	+203	-203
4.000	10.500	-	-	+140	-100	+80	-80	+80	-80
266,7	304,8	-	-	+356	-254	+203	-203	+203	-203
10.500	12.000	-	-	+140	-100	+80	-80	+80	-80
304,8	609,6	-	508	+381	-381	+203	-203	+203	-203
12.000	24.000	-	20.000	+150	-150	+80	-80	+80	-80
304,8	609,6	508	-	+381	-381	+381	-381	+381	-381
12.000	24.000	20.000	-	+150	-150	+150	-150	+150	-150
609,6	-	-	-	+381	-381	+381	-381	+381	-381
24.000	-	-	-	+150	-150	+150	-150	+150	-150

<sup>1)</sup> Normal = AFBMA Clase 4  
 CL3 = AFBMA Clase 3  
 CL0 = AFBMA Clase 0

## Rodamientos axiales

Los rodamientos de diseño estándar se fabrican con tolerancias normales.

### Rodamientos axiales de bolas

La mayoría de los rodamientos de la serie 511 se fabrican también con precisión a tolerancia de clases P6 y P5.

Por favor compruebe la disponibilidad antes de hacer el pedido.

### Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos

Los rodamientos de gran tamaño también están disponibles con una precisión más alta – tolerancia de clases P6 y P5.

El agujero de los conjuntos axiales de jaula y rodillos cilíndricos está mecanizado a tolerancia E11 y el diámetro exterior a tolerancia a13.

Tolerancias de ejes y alojamientos		
Componentes del rodamiento	Tolerancia del eje Guiado interno/ centraje	Tolerancia del alojamiento Guiado externo/ centraje
Corona de rodillos cilíndricos K 811, K 812	h8	H9
Arandela de eje WS 811, WS 812	h6	–
Arandela de alojamiento GS 811, GS 812	–	H7

#### Tolerancias para rodamientos axiales

##### Altura del rodamiento

d más de	hasta incl.	$\Delta_{Ts}$		$\Delta_{T1s}$		$\Delta_{T2s}$		$\Delta_{T3s}$		$\Delta_{T4s}$	
		sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$	
pulg.		0.0001 pulg.		0.0001 pulg.		0.0001 pulg.		0.0001 pulg.		0.0001 pulg.	
–	30	+20	–250	+100	–250	+150	–400	+300	–400	+20	–300
–	1.181	+8	–98	+39	–98	+59	–157	+118	–157	+8	–118
30	50	+20	–250	+100	–250	+150	–400	+300	–400	+20	–300
1.181	1.969	+8	–98	+39	–98	+59	–157	+118	–157	+8	–118
50	80	+20	–300	+100	–300	+150	–500	+300	–500	+20	–400
1.969	3.150	+8	–118	+39	–118	+59	–197	+118	–197	+8	–157
80	120	+25	–300	+150	–300	+200	–500	+400	–500	+25	–400
3.150	4.724	+10	–118	+59	–118	+79	–197	+157	–197	+10	–157
120	180	+25	–400	+150	–400	+200	–600	+400	–600	+25	–500
4.724	7.087	+10	–157	+59	–157	+79	–236	+157	–236	+10	–197
180	250	+30	–400	+150	–400	+250	–600	+500	–600	+30	–500
7.087	9.843	+12	–157	+59	–157	+98	–236	+197	–236	+12	–197
250	315	+40	–400	+200	–400	+350	–700	+600	–700	+40	–700
9.843	12.402	+16	–157	+79	–157	+138	–276	+236	–276	+16	–276
315	400	+40	–500	+200	–500	+350	–700	+600	–700	+40	–700
12.402	15.748	+16	–197	+79	–197	+138	–276	+236	–276	+16	–276
400	500	+50	–500	+300	–500	+400	–900	+750	–900	+50	–900
15.748	19.685	+20	–197	+118	–197	+157	–354	+295	–354	+20	–354
500	630	+60	–600	+350	–600	+500	–1 100	+900	–1 100	+60	–1 200
19.685	24.803	+24	–236	+138	–236	+197	–433	+354	–433	+24	–472
630	800	+70	–750	+400	–750	+600	–1 300	+1 100	–1 300	+70	–1 400
24.803	31.496	+28	–295	+157	–295	+236	–512	+433	–512	+28	–551
800	1 000	+80	–1 000	+450	–1 000	+700	–1 500	+1 300	–1 500	+80	–1 800
31.496	39.370	+31	–394	+177	–394	+276	–591	+512	–591	+31	–709
1 000	1 250	+100	–1 400	+500	–1 400	+900	–1 800	+1 600	–1 800	+100	–2 400
39.370	49.213	+39	–551	+197	–551	+354	–709	+630	–709	+39	–945

## Tolerancias para rodamientos axiales

### Arandela de eje

d más de	hasta incl.	Clase de tolerancias Normal, P6, P5			Clase de tolerancias Normal P6 P5		
		$\Delta_{dmp}$		$V_{dp}$	$S_1^{1)}$	$S_1^{1)}$	$S_1^{1)}$
		sup.	inf.	máx	máx	máx	máx
mm pulg.		$\mu m$ 0.0001 pulg.	$\mu m$ 0.0001 pulg.	$\mu m$ 0.0001 pulg.	$\mu m$ 0.0001 pulg.	$\mu m$ 0.0001 pulg.	$\mu m$ 0.0001 pulg.
-	18	0	-8	6	10	5	3
-	0.709	0	-3	2	4	2	1
18	30	0	-10	8	10	5	3
0.709	1.181	0	-4	3	4	2	1
30	50	0	-12	9	10	6	3
1.181	1.969	0	-5	4	4	2	1
50	80	0	-15	11	10	7	4
1.969	3.150	0	-6	4	4	3	2
80	120	0	-20	15	15	8	4
3.150	4.724	0	-8	6	6	3	2
120	180	0	-25	19	15	9	5
4.724	7.087	0	-10	7	6	4	2
180	250	0	-30	23	20	10	5
7.087	9.843	0	-12	9	8	4	2
250	315	0	-35	26	25	13	7
9.843	12.402	0	-14	10	10	5	3
315	400	0	-40	30	30	15	7
12.402	15.748	0	-16	12	12	6	3
400	500	0	-45	34	30	18	9
15.748	19.685	0	-18	13	12	7	4
500	630	0	-50	38	35	21	11
19.685	24.803	0	-20	15	14	8	4
630	800	0	-75	-	40	25	13
24.803	31.496	0	-30	-	16	10	5
800	1 000	0	-100	-	45	30	15
31.496	39.370	0	-39	-	18	12	6
1 000	1 250	0	-125	-	50	35	18
39.370	49.213	0	-49	-	20	14	7
1 250	1 600	0	-160	-	60	40	21
49.213	62.992	0	-63	-	24	16	8
1 600	2 000	0	-200	-	75	50	25
62.992	78.740	0	-79	-	30	20	10

<sup>1)</sup> No es válido para rodamientos axiales de rodillos a rótula. Para rodamientos axiales de doble efecto, se aplican los valores correspondientes al rodamiento axial de simple efecto con el mismo diámetro exterior

## Tolerancias de rodamientos

### Tolerancias para rodamientos axiales

#### Arandela de alojamiento

		Clase de tolerancias Normal, P6, P5			S <sub>e</sub>
D más de	hasta incl.	Δ <sub>Dmp</sub>		V <sub>Dp</sub>	
		sup.	inf.	máx	
mm		μm		μm	
pulg.		0.0001 pulg.		0.0001 pulg.	
18	30	0	-13	10	Los mismos valores que para la arandela de eje del rodamiento (S <sub>e</sub> )
0.709	1.181	0	-5	4	
30	50	0	-16	12	
1.181	1.969	0	-6	5	
50	80	0	-19	14	
1.969	3.150	0	-7	6	
80	120	0	-22	17	
3.150	4.724	0	-9	7	
120	180	0	-25	19	
4.724	7.087	0	-10	7	
180	250	0	-30	23	
7.087	9.843	0	-12	9	
250	315	0	-35	26	
9.843	12.402	0	-14	10	
315	400	0	-40	30	
12.402	15.748	0	-16	12	
400	500	0	-45	34	
15.748	19.685	0	-18	13	
500	630	0	-50	38	
19.685	24.803	0	-20	15	
630	800	0	-75	55	
24.803	31.496	0	-30	22	
800	1 000	0	-100	75	
31.496	39.370	0	-39	30	
1 000	1 250	0	-125	-	
39.370	49.213	0	-49	-	
1 250	1 600	0	-160	-	
49.213	62.992	0	-63	-	
1 600	2 000	0	-200	-	
62.992	78.740	0	-79	-	
2 000	2 500	0	-250	-	
78.740	98.425	0	-98	-	

Componentes del rodamiento		Tolerancia	
Dimensiones			
<b>Corona axial de agujas, AXK</b>			
Diámetro del agujero	d	E10	
Diámetro exterior	D	c12	
Diámetro de las agujas	D <sub>w</sub>	G2, DIN 5402	
<b>Arandela de rodadura, LS</b>			
Diámetro del agujero	d	E12	
Diámetro exterior	D	a12	
Espesor	B	h11	
Variación axial		Normal, ISO 199 <sup>1)</sup>	
<b>Arandela axial, AS</b>			
Diámetro del agujero	d	E12	
Diámetro exterior	D	e12	
Espesor	B <sub>1</sub>	±0,05 mm	
<b>Arandela de eje, WS 811</b>			
Diámetro del agujero	d	Normal, ISO 199 <sup>1)</sup>	
Diámetro exterior	d <sub>1</sub>	-	
Espesor	B	h11	
Variación axial		Normal, ISO 199 <sup>1)</sup>	
<b>Arandela de alojamiento, GS 811</b>			
Diámetro exterior	D	Normal, ISO 199 <sup>1)</sup>	
Diámetro del agujero	D <sub>1</sub>	-	
Espesor	B	h11	
Variación axial		Normal, ISO 199 <sup>1)</sup>	

<sup>1)</sup> Ver páginas 269 y 270

## Rodamientos axiales de agujas

Las coronas axiales de agujas y las arandelas SKF están fabricadas a las tolerancias especificadas en la tabla adyacente.

Los valores para las tolerancias de diámetro ISO especificadas en esta tabla y en la tabla de la página 268 para rodamientos axiales de rodillos cilíndricos figuran en la tabla de abajo.

Tolerancias de ejes y alojamientos		
Componentes del rodamiento	Tolerancia del eje Guiado interno/ centraje	Tolerancia del alojamiento Guiado externo/ centraje
Corona axial de agujas AXK	h8	H9
Arandela de rodadura LS	h10	H11
Arandela axial AS	h10	H11
Arandela de eje WS 811	h6	-
Arandela de alojamiento GS 811	-	H7

## Tolerancias ISO de diámetros

Diámetro nominal de más hasta incl.	Tolerancias a12 inf.	a13 sup.	a13 inf.	a13 sup.	c12 inf.	c12 sup.	e12 inf.	e12 sup.	h11 inf.	E10 sup.	E10 inf.	E11 sup.	E11 inf.	E11 sup.	E12 inf.	E12 sup.	
																	mm
3	6	-390	-270	-270	-450	-190	-70	-140	-20	-75	0	+20	+68	+20	+95	+20	+140
6	10	-430	-280	-280	-500	-230	-80	-175	-25	-90	0	+25	+83	+25	+115	+25	+175
10	18	-470	-290	-290	-560	-275	-95	-212	-32	-110	0	+32	+102	+32	+142	+32	+212
18	30	-510	-300	-300	-630	-320	-110	-250	-40	-130	0	+40	+124	+40	+170	+40	+250
30	40	-560	-310	-310	-700	-370	-120	-300	-50	-160	0	+50	+150	+50	+210	+50	+300
40	50	-570	-320	-320	-710	-380	-130	-300	-50	-160	0	+50	+150	+50	+210	+50	+300
50	65	-640	-340	-340	-800	-440	-140	-360	-60	-190	0	+60	+180	+60	+250	+60	+360
65	80	-660	-360	-360	-820	-450	-150	-360	-60	-190	0	+60	+180	+60	+250	+60	+360
80	100	-730	-380	-380	-920	-520	-170	-422	-72	-220	0	+72	+212	+72	+292	+72	+422
100	120	-760	-410	-410	-950	-530	-180	-422	-72	-220	0	+72	+212	+72	+292	+72	+422
120	140	-860	-460	-460	-1 090	-600	-200	-485	-85	-250	0	+85	+245	+85	+335	+85	+485
140	160	-920	-520	-520	-1 150	-610	-210	-485	-85	-250	0	+85	+245	+85	+335	+85	+485
160	180	-980	-580	-580	-1 210	-630	-230	-485	-85	-250	0	+85	+245	+85	+335	+85	+485
180	200	-1 120	-660	-660	-1 380	-700	-240	-560	-100	-290	0	+100	+285	+100	+390	+100	+560

## Tolerancias de los rodamientos

### Rodamientos Y

Las tolerancias de diámetro de agujero de los rodamientos Y de SKF aparecen en la tabla contigua.

Para las series 17262(00)-2RS1 y 17263(00)-2RS1 el diámetro de agujero corresponde a las tolerancias normales ISO 492-1986.

Los rodamientos para ejes en pulgadas se fabrican a las mismas tolerancias que los rodamientos correspondientes para ejes métricos, con la excepción de los rodamientos YET 207-104, YEL 207-104 y YAR 207-104 que tienen la tolerancia de agujero de los rodamientos siguientes más pequeños.

### Símbolos

d	diámetro nominal del agujero
$d_{mp}$	diámetro medio del agujero: media aritmética del mayor y del menor de los diámetros del agujero, en un solo plano
$\Delta_{dmp}$	desviación del diámetro medio del agujero respecto al nominal ( $\Delta_{dmp} = d_{mp} - d$ )
D	diámetro nominal exterior
$D_{mp}$	diámetro medio exterior: media aritmética del mayor y del menor de los diámetros de la superficie exterior, en un solo plano
$\Delta_{Dmp}$	desviación del diámetro medio exterior respecto al nominal ( $\Delta_{Dmp} = D_{mp} - D$ )

En la página 333 se indican tolerancias para los ejes y límites de velocidad.

### Rodillos de leva

Los rodillos de leva tienen unas tolerancias normales que corresponden a ISO 492-1986 (rodamientos radiales), excepto la tolerancia del diámetro de la superficie de rodadura bombeada, que es dos veces la tolerancia normal.

### Componentes asociados

Con muy pocas excepciones, los rodillos de leva funcionan en condiciones de carga fija del aro exterior. Si se necesita un fácil desplazamiento del aro interior en tales condiciones, los pasadores o ejes se deben mecanizar a tolerancia g6. Sin embargo, si se requiere un ajuste más fuerte, los pasadores o ejes se han de mecanizar a una tolerancia j6.

#### Tolerancias para rodamientos Y

Diámetro nominal		Aro interior Series de rodamientos YET 2, YEL 2, YAR 2, YAJ 2 17262(00), 17263(00)				Aro exterior Todos los rodamientos	
d, D más de	hasta incl.	$\Delta_{dmp}$		$\Delta_{dmp}$		$\Delta_{Dmp}$	
		sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.
mm		$\mu\text{m}$					
10	18	+15	0	0	-8	-	-
18	30	+18	0	0	-10	-	-
30	50	+21	0	0	-12	0	-10
50	80	+24	0	0	-15	0	-10
80	120	+28	0	-	-	0	-15
120	150	-	-	-	-	0	-15
150	180	-	-	-	-	0	-20

## Rodillos de apoyo

Las series NAST-2Z, NATR, NATV, NUTR y la superficie de rodadura bombeada son excepciones a la tolerancia normal.

La tolerancia de anchura corresponde a h12; la tolerancia de diámetro para la superficie de rodadura bombeada es la misma, 0/-0,5 mm, para todos los tamaños.

El diámetro  $F_w$  – diámetro interior de la hilera de agujas cuando éstas están en contacto con el camino de rodadura del aro exterior – está en la gama de tolerancia F6 para los rodillos de apoyo de las series RSTO y RNA 22.2RS, que no tienen aro interior. Para la tolerancia F6 y h12, vea la tabla contigua.

## Tolerancias de los pasadores

Con muy pocas excepciones, los rodillos de apoyo funcionan en condiciones de carga fija en el aro interior. Si se necesita un fácil desplazamiento del aro interior en tales condiciones, los pasadores o ejes se deben mecanizar a tolerancia g6. Sin embargo, si se requiere un ajuste más fuerte, los pasadores o ejes se deben mecanizar a una tolerancia j6. Las tolerancias apropiadas para los pasadores de los rodillos de apoyo sin aro exterior es k5.

## Rodillos de leva

La precisión dimensional y la exactitud de giro de los aros exteriores de los rodillos de leva corresponde a las tolerancias normales especificadas en ISO 492-1986, con la excepción del diámetro de la superficie de rodadura, que es la misma, 0/-0,05 mm, para todos los tamaños.

La tolerancia del diámetro del eje corresponde a h7 y la del anillo excéntrico a h9; ver tabla de más abajo.

Límites de las tolerancias ISO F6 y h12

Diámetro nominal		F6 Desviaciones		h12 Desviaciones	
más de	hasta incl.	sup.	inf.	sup.	inf.
mm		μm			
3	6	+18	+10	0	-120
6	10	+22	+13	0	-150
10	18	+27	+16	0	-180
18	30	+33	+20	0	-210
30	50	+41	+25	0	-250
50	80	+49	+30	0	-300

Límites de las tolerancias ISO h7 y h9

Diámetro nominal		h7 Desviaciones		h9 Desviaciones	
más de	hasta incl.	sup.	inf.	sup.	inf.
mm		μm			
3	6	0	-12	0	-30
6	10	0	-15	0	-36
10	18	0	-18	0	-43
18	30	0	-21	0	-52
30	50	0	-25	0	-62

## Agujero cónico

Los rodamientos de bolas a rótula y los de rodillos a rótula están disponibles con un cono de 1:12, pero los de rodillos a rótula de las series 240 y 241 tienen agujeros con un cono de 1:30.

### Agujeros cónicos

Semiángulo del cono  $\alpha$

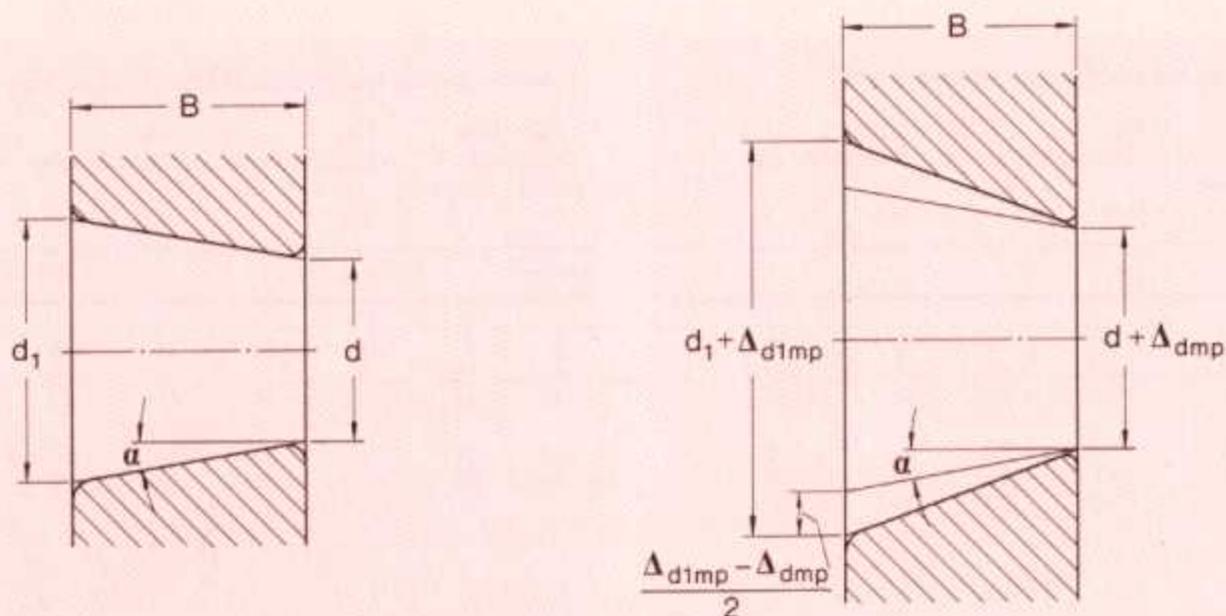
$\alpha = 2^\circ 23' 9,4''$  (conicidad 1:12)

$\alpha = 0^\circ 57' 17,4''$  (conicidad 1:30)

Diámetro mayor teórico  $d_1$ :

$$d_1 = d + \frac{1}{12} B \text{ (conicidad 1:12)}$$

$$d_1 = d + \frac{1}{30} B \text{ (conicidad 1:30)}$$



Tolerancias para agujero cónico, conicidad 1:12

d más de	hasta incl.	Clase de tolerancias Normal y P6					Clase de tolerancia P5				
		$\Delta_{dmp}$		$V_{dp}^{1)}$	$\Delta_{d1mp} - \Delta_{dmp}$		$\Delta_{dmp}$		$V_{dp}^{1)}$	$\Delta_{d1mp} - \Delta_{dmp}$	
		sup.	inf.	máx	sup.	inf.	sup.	inf.	máx	sup.	inf.
mm pulg.		$\mu m$ 0.0001 pulg.		$\mu m$ 0.0001 pulg.	$\mu m$ 0.0001 pulg.		$\mu m$ 0.0001 pulg.		$\mu m$ 0.0001 pulg.	$\mu m$ 0.0001 pulg.	
18 0.709	30 1.181	+21 +8	0 0	13 5	+21 +8	0 0	+13 +5	0 0	13 5	+13 +5	0 0
30 1.181	50 1.969	+25 +10	0 0	15 6	+25 +10	0 0	+16 +6	0 0	15 6	+16 +6	0 0
50 1.969	80 3.150	+30 +12	0 0	19 7	+30 +12	0 0	+19 +7	0 0	19 7	+19 +7	0 0
80 3.150	120 4.724	+35 +14	0 0	25 10	+35 +14	0 0	+22 +9	0 0	22 9	+22 +9	0 0
120 4.724	180 7.087	+40 +16	0 0	31 12	+40 +16	0 0	+25 +10	0 0	25 10	+25 +10	0 0
180 7.087	250 9.843	+46 +18	0 0	38 15	+46 +18	0 0	+29 +11	0 0	29 11	+29 +11	0 0
250 9.843	315 12.402	+52 +20	0 0	44 17	+52 +20	0 0	+32 +13	0 0	32 13	+32 +13	0 0
315 12.402	400 15.748	+57 +22	0 0	50 20	+57 +22	0 0	+36 +14	0 0	36 14	+36 +14	0 0
400 15.748	500 19.685	+63 +25	0 0	56 22	+63 +25	0 0	+40 +16	0 0	- 16	+40 +16	0 0
500 19.685	630 24.803	+70 +28	0 0	- -	+70 +28	0 0	+44 +17	0 0	- -	+44 +17	0 0
630 24.803	800 31.496	+80 +31	0 0	- -	+80 +31	0 0	+50 +20	0 0	- -	+50 +20	0 0
800 31.496	1 000 39.370	+90 +35	0 0	- -	+90 +35	0 0	+56 +22	0 0	- -	+56 +22	0 0
1 000 39.370	1 250 49.213	+105 +41	0 0	- -	+105 +41	0 0	+66 +26	0 0	- -	+66 +26	0 0
1 250 49.213	1 600 62.992	+125 +49	0 0	- -	+125 +49	0 0	+78 +31	0 0	- -	+78 +31	0 0
1 600 62.992	2 000 78.740	+150 +59	0 0	- -	+150 +59	0 0	+92 +36	0 0	- -	+92 +36	0 0

1) Válido en cualquier plano radial individual del agujero

## Tolerancias de rodamientos

### Tolerancias para agujero cónico, conicidad 1:30

#### Clase de tolerancia Normal

d más de	hasta incl.	$\Delta_{dmp}$		$V_{dp}^{1)}$ máx	$\Delta_{d1mp} - \Delta_{dmp}$	
		sup.	inf.		sup.	inf.
mm pulg.		$\mu m$ 0.0001 pulg.		$\mu m$ 0.0001 pulg.	$\mu m$ 0.0001 pulg.	
80 3.150	120 4.724	+20 +8	0 0	25 10	+40 +16	0 0
120 4.724	180 7.087	+25 +10	0 0	31 12	+50 +20	0 0
180 7.087	250 9.843	+30 +12	0 0	38 15	+55 +22	0 0
250 9.843	315 12.402	+35 +14	0 0	44 17	+60 +24	0 0
315 12.402	400 15.748	+40 +16	0 0	50 20	+65 +26	0 0
400 15.748	500 19.685	+45 +18	0 0	56 22	+75 +30	0 0
500 19.685	630 24.803	+50 +20	0 0	63 25	+85 +33	0 0
630 24.803	800 31.496	+75 +30	0 0	- -	+100 +39	0 0
800 31.496	1 000 39.370	+100 +39	0 0	- -	+100 +39	0 0
1 000 39.370	1 250 49.213	+125 +49	0 0	- -	+115 +45	0 0
1 250 49.213	1 600 62.992	+160 +63	0 0	- -	+125 +49	0 0
1 600 62.992	2 000 78.740	+200 +79	0 0	- -	+150 +59	0 0

<sup>1)</sup> Válido en cualquier plano radial individual del agujero

## Tablas de las dimensiones de chaflán

En la página 34 se podrá encontrar información adicional sobre los chaflanes.

### Límites de dimensiones de chaflanes para rodamientos radiales y axiales (excepto rodamientos de rodillos cónicos)

Valor mínimo $r_s$ min	Diámetro nominal de agujero del rodamiento		Valores máximos		
	d más de	hasta incl.	Rodamientos radiales $r_{1,3}$ máx	$r_{2,4}$ máx	Rodam. axiales $r_{1,2,3,4}$ máx
mm pulg.	mm pulg.		mm pulg.		
<b>0,1</b> <b>0.004</b>	-	-	0,2 0.008	0,4 0.016	0,2 0.008
<b>0,15</b> <b>0.006</b>	-	-	0,3 0.012	0,6 0.024	0,3 0.012
<b>0,2</b> <b>0.008</b>	-	-	0,5 0.020	0,8 0.031	0,5 0.020
<b>0,3</b> <b>0.012</b>	-	40 1.575	0,6 0.024	1 0.039	0,8 0.031
		40 1.575	0,8 0.031	1 0.039	0,8 0.031
<b>0,6</b> <b>0.024</b>	-	40 1.575	1 0.039	2 0.079	1,5 0.059
		40 1.575	1,3 0.051	2 0.079	1,5 0.059
<b>1</b> <b>0.039</b>	-	50 1.969	1,5 0.059	3 0.118	2,2 0.087
		50 1.969	1,9 0.075	3 0.118	2,2 0.087
<b>1,1</b> <b>0.043</b>	-	120 4.724	2 0.079	3,5 0.138	2,7 0.106
		120 4.724	2,5 0.098	4 0.157	2,7 0.106
<b>1,5</b> <b>0.059</b>	-	120 4.724	2,3 0.091	4 0.157	3,5 0.138
		120 4.724	3 0.118	5 0.197	3,5 0.138
<b>2</b> <b>0.079</b>	-	80 3.150	3 0.118	4,5 0.177	4 0.157
		80 3.150	3,5 0.138	5 0.197	4 0.157
		220 8.661	3,8 0.150	6 0.236	4 0.157
<b>2,1</b> <b>0.083</b>	-	280 11.024	4 0.157	6,5 0.256	4,5 0.177
		280 11.024	4,5 0.177	7 0.276	4,5 0.177

### Límites de dimensiones de chaflanes para rodamientos radiales y axiales (excepto rodamientos de rodillos cónicos)

Valor mínimo $r_s$ min	Diámetro nominal de agujero del rodamiento		Valores máximos		
	d más de	hasta incl.	Rodamientos radiales $r_{1,3}$ máx	$r_{2,4}$ máx	Rodam. axiales $r_{1,2,3,4}$ máx
mm pulg.	mm pulg.		mm pulg.		
<b>2,5</b> <b>0.098</b>	-	100 3.937	3,8 0.150	6 0.236	-
		100 3.937	4,5 0.177	6 0.236	-
		280 11.024	5 0.197	7 0.276	-
<b>3</b> <b>0.118</b>	-	280 11.024	5 0.197	8 0.315	5,5 0.217
		280 11.024	5,5 0.217	8 0.315	5,5 0.217
<b>4</b> <b>0.157</b>	-	-	6,5 0.256	9 0.354	6,5 0.256
<b>5</b> <b>0.197</b>	-	-	8 0.315	10 0.394	8 0.315
<b>6</b> <b>0.236</b>	-	-	10 0.394	13 0.512	10 0.394
<b>7,5</b> <b>0.295</b>	-	-	12,5 0.492	17 0.669	12,5 0.492
<b>9,5</b> <b>0.374</b>	-	-	15 0.591	19 0.748	15 0.591
<b>12</b> <b>0.472</b>	-	-	18 0.709	24 0.945	18 0.709
<b>15</b> <b>0.591</b>	-	-	21 0.827	30 1.181	21 0.827
<b>19</b> <b>0.748</b>	-	-	25 0.984	38 1.496	25 0.984

## Límites de dimensiones de chaflanes

Límites de dimensiones de chaflanes para rodamientos de rodillos cónicos (series métricas)				
Valor mínimo	Diámetros nominales del agujero y exterior del rodamiento		Valores máximos	
	d, D más de	hasta incl.	r <sub>1,3</sub> máx	r <sub>2,4</sub> máx
r <sub>s</sub> min	mm pulg.	mm pulg.	mm pulg.	mm pulg.
<b>0,3</b> <b>0.012</b>	-	40	0,7	1,4
	-	1.575	0.028	0.055
<b>0,6</b> <b>0.024</b>	40	-	0,9	1,6
	1.575	-	0.035	0.063
<b>1</b> <b>0.039</b>	40	-	1,1	1,7
	1.575	-	0.043	0.067
<b>1,5</b> <b>0.059</b>	40	-	1,3	2
	1.575	-	0.051	0.079
<b>2</b> <b>0.079</b>	50	-	1,6	2,5
	1.969	-	0.063	0.098
<b>2,5</b> <b>0.098</b>	50	-	1,9	3
	1.969	-	0.075	0.118
<b>3</b> <b>0.118</b>	120	-	2,3	3
	4.724	-	0.091	0.118
<b>4</b> <b>0.157</b>	120	250	2,8	3,5
	4.724	9.843	0.110	0.138
<b>5</b> <b>0.197</b>	250	-	3,5	4
	9.843	-	0.138	0.157
<b>6</b> <b>0.236</b>	250	-	4,5	6
	9.843	-	0.138	0.157
<b>8</b> <b>0.315</b>	120	250	2,8	4
	4.724	9.843	0.110	0.157
<b>10</b> <b>0.394</b>	120	250	3,5	4,5
	4.724	9.843	0.138	0.177
<b>12</b> <b>0.473</b>	250	-	4	5
	9.843	-	0.157	0.197
<b>15</b> <b>0.590</b>	250	-	4,5	6
	9.843	-	0.177	0.236

Límites de dimensiones de chaflanes para rodamientos de rodillos cónicos (series métricas)				
Valor mínimo	Diámetros nominales del agujero y exterior del rodamiento		Valores máximos	
	d, D más de	hasta incl.	r <sub>1,3</sub> máx	r <sub>2,4</sub> máx
r <sub>s</sub> min	mm pulg.	mm pulg.	mm pulg.	mm pulg.
<b>3</b> <b>0.118</b>	-	120	4	5,5
	-	4.724	0.157	0.217
<b>4</b> <b>0.157</b>	120	250	4,5	6,5
	4.724	9.843	0.177	0.256
<b>5</b> <b>0.197</b>	250	400	5	7
	9.843	15.748	0.197	0.276
<b>6</b> <b>0.236</b>	400	-	5,5	7,5
	15.748	-	0.217	0.295
<b>8</b> <b>0.315</b>	-	120	5	7
	-	4.724	0.197	0.276
<b>10</b> <b>0.394</b>	120	250	5,5	7,5
	4.724	9.843	0.217	0.295
<b>12</b> <b>0.473</b>	250	400	6	8
	9.843	15.748	0.236	0.315
<b>15</b> <b>0.590</b>	400	-	6,5	8,5
	15.748	-	0.256	0.335
<b>20</b> <b>0.787</b>	-	180	6,5	8
	-	7.087	0.256	0.315
<b>25</b> <b>0.984</b>	180	-	7,5	9
	7.087	-	0.295	0.354
<b>30</b> <b>1.181</b>	-	180	7,5	10
	-	7.087	0.295	0.394
<b>35</b> <b>1.378</b>	180	-	9	11
	7.087	-	0.354	0.433

**Limites de dimensiones de chaflanes para rodamientos de rodillos cónicos (series en pulgadas)**

Valor mínimo	Aro interior		Valores máximos		Aro exterior		Valores máximos	
	Diámetro nominal del agujero del rodamiento				Diámetro nominal exterior del rodamiento			
$r_s$ min	d		$r_1$	$r_2$	D		$r_3$	$r_4$
	más de	hasta incl.	máx	máx	más de	hasta incl.	máx	máx
mm pulg.	mm pulg.		mm pulg.		mm pulg.		mm pulg.	
ver las tablas de rodamientos	-	50,8	$r_s$ min +0,4	$r_s$ min +0,9	-	101,6	$r_s$ min +0,6	$r_s$ min +1,1
	-	2.000	$r_s$ min +0.016	$r_s$ min +0.035	-	4.000	$r_s$ min +0.024	$r_s$ min +0.043
	50,8	101,6	$r_s$ min +0,5	$r_s$ min +1,3	101,6	168,3	$r_s$ min +0,6	$r_s$ min +1,2
	2.000	4.000	$r_s$ min +0.020	$r_s$ min +0.051	4.000	6.626	$r_s$ min +0.024	$r_s$ min +0.047
	101,6	254	$r_s$ min +0,6	$r_s$ min +1,8	168,3	266,7	$r_s$ min +0,8	$r_s$ min +1,4
	4.000	10.000	$r_s$ min +0.024	$r_s$ min +0.071	6.626	10.500	$r_s$ min +0.031	$r_s$ min +0.055
					266,7	355,6	$r_s$ min +1,7	$r_s$ min +1,7
					10.500	14.000	$r_s$ min +0.067	$r_s$ min +0.067
<b>1</b>	254	-	1,9	3	355,6	-	1,9	3
<b>0.039</b>	10.000	-	0.075	0.118	14.000	-	0.075	0.118
<b>1,5</b>	254	-	3,5	4	355,6	-	3,5	4
<b>0.059</b>	10.000	-	0.138	0.157	14.000	-	0.138	0.157
<b>2,5</b>	254	-	4,5	6	355,6	-	4,5	6
<b>0.098</b>	10.000	-	0.177	0.236	14.000	-	0.177	0.236
<b>3</b>	254	400	5	7	355,6	400	5	7
<b>0.118</b>	10.000	15.748	0.197	0.276	14.000	15.748	0.197	0.276
	400	-	5,5	7,5	400	-	5,5	7,5
	15.748	-	0.217	0.295	15.748	-	0.217	0.295
<b>3,3</b>	254	400	5,3	7,3	355,6	400	5,3	7,3
<b>0.130</b>	10.000	15.748	0.209	0.287	14.000	15.748	0.209	0.287
	400	-	5,8	7,8	400	-	5,8	7,8
	15.748	-	0.228	0.307	15.748	-	0.228	0.307
<b>3,5</b>	254	400	5,5	7,5	355,6	400	5,5	7,5
<b>0.138</b>	10.000	15.748	0.217	0.295	14.000	15.748	0.217	0.295
	400	-	6	8	400	-	6	8
	15.748	-	0.236	0.315	15.748	-	0.236	0.315
<b>6,4</b>	254	-	10,9	11,9	355,6	-	10,9	11,9
<b>0.252</b>	10.000	-	0.429	0.469	14.000	-	0.429	0.469
<b>8,5</b>	254	-	14	18	355,6	-	14	18
<b>0.335</b>	10.000	-	0.551	0.709	14.000	-	0.551	0.709
<b>9,7</b>	254	-	17,7	20,7	355,6	-	17,7	20,7
<b>0.382</b>	10.000	-	0.697	0.815	14.000	-	0.697	0.815
<b>19</b>	254	-	25	38	355,6	-	25	38
<b>0.748</b>	10.000	-	0.984	1.496	14.000	-	0.984	1.496

## Materiales para jaulas

La finalidad principal de la jaula es mantener separados los elementos rodantes a una distancia adecuada para evitar el contacto entre elementos rodantes vecinos, al objeto de mantener al mínimo el rozamiento y con él la generación de calor en el rodamiento.

Cuando se trata de rodamientos de diseño desmontable, la jaula sirve también para retener los elementos rodantes cuando se quita un aro del rodamiento durante su montaje o desmontaje.

En los rodamientos lubricados con grasa, parte de la grasa contenida en el interior del rodamiento se adhiere a la jaula formando un depósito que asegura la buena lubricación de las superficies de rodadura del rodamiento.

### Temperaturas de funcionamiento permisibles para las jaulas de poliamida 6,6 reforzada con fibra de vidrio, con distintos lubricantes para rodamientos

Lubricantes	Temperatura de funcionamiento permisible <sup>1)</sup>
-------------	--

-	°C
---	----

#### Aceites minerales

Aceites sin aditivos EP por ejemplo, aceites para máquinas, aceites hidráulicos	120
--	-----

Aceites EP por ejemplo, aceites industriales y para cajas de cambio de automóviles	110
---	-----

Aceites EP por ejemplo, aceites para engranajes diferenciales (automóviles), aceites para engranajes hipoides	100
--	-----

#### Aceites sintéticos

Poliglicoles, poli- $\alpha$ -olefinas	120
--	-----

Diésteres, siliconas	110
----------------------	-----

#### Grasas

De base lítica <sup>2)</sup> , poliurea, bentonita, complejas de calcio	120
---	-----

<sup>1)</sup> Medida sobre la superficie externa del aro exterior

<sup>2)</sup> Para grasas de base sódica y cálcica y otras grasas con una temperatura máxima de funcionamiento inferior a 120 °C, la temperatura máxima para la jaula de poliamida es la misma que para la grasa, de otro modo la temperatura de funcionamiento permisible es de 120 °C

## Jaulas normalizadas

El desarrollo de los rodamientos ha originado la aparición de distintos tipos y diseños de jaulas para los diferentes tipos y tamaños de rodamientos. A cada uno de los rodamientos corresponde un diseño particular de jaula establecido como norma para ese rodamiento. La jaula normalizada se somete siempre a rigurosas pruebas de funcionamiento y su diseño se considera el más adecuado para la mayoría de las aplicaciones. Una jaula normalizada para los rodamientos de mayor tamaño de una serie puede ser diferente a la de los rodamientos de menor tamaño dentro de esa misma serie.

Los sufijos usados para identificar los diseños de jaulas en las designaciones de los rodamientos podrán encontrarse en la página 38. Sin embargo, cuando la jaula corresponde a la normalizada para el tamaño de rodamiento en cuestión, su identificación no siempre aparece en la designación del rodamiento.

## Jaulas de poliamida

Algunos rodamientos de tamaño pequeño y medio se equipan con jaulas moldeadas en poliamida 6,6 termoestable reforzada con fibra de vidrio.

Cuando se utilicen rodamientos con jaulas de poliamida, se deberá tener en cuenta las temperaturas de funcionamiento permisibles, vea la tabla. Caso de que se sobrepase la temperatura permisible, el material de la jaula envejecerá acelerándose este proceso en función del tiempo que la jaula quede expuesta a altas temperaturas. Se pueden tolerar temperaturas hasta 20 °C por encima de la máxima recomendada siempre que se alternen con períodos más largos de temperaturas de funcionamiento inferiores a los valores recomendados, y siempre que no se supere la temperatura máxima de funcionamiento del lubricante.

Para aquellas aplicaciones en las cuales las temperaturas de funcionamiento se mantengan por encima de 120 °C de manera constante, deberán usarse rodamientos con jaulas metálicas. Las jaulas de poliamida tampoco son adecuadas para temperaturas de funcionamiento inferiores a -40 °C debido a que pierden su elasticidad.

Los disolventes orgánicos normalmente usados para limpiar los rodamientos, como

petróleo refinado o tricloroetileno, no afectan las propiedades de la jaula, como tampoco lo hacen los limpiadores alcalinos diluidos (como la sosa) si están a la temperatura ambiente y se aplican durante un corto período de tiempo. Los hidrocarburos clorofluorados o el amoníaco usado en refrigeración tampoco atacan a la poliamida

### **Jaulas de acero**

Las jaulas de chapa embutida de acero son las normalizadas para muchos rodamientos de bolas y rodamientos de rodillos o rótula, así como para la mayoría de los rodamientos de rodillos cónicos.

Las jaulas de acero pueden usarse a temperaturas de funcionamiento de hasta 300 °C. No se ven afectadas por los lubricantes a base de aceite minerales o sintéticos que se usan normalmente para los rodamientos, ni tampoco por los disolventes orgánicos usados para limpiar los rodamientos. No obstante, la presencia de agua plantea un riesgo de corrosión.

### **Jaulas de latón**

Las jaulas de chapa embutida de latón se usan para rodamientos de tamaño pequeño y medio, aunque la mayoría de las jaulas de latón se mecanizan en material fundido o forjado.

Las jaulas de latón no deben utilizarse para temperaturas superiores a 300 °C. No son afectadas por la mayoría de los lubricantes de rodamientos comúnmente utilizados, incluyendo los aceites y las grasas sintéticas, y pueden limpiarse usando disolventes orgánicos normales. El uso de agentes de limpieza alcalinos no es recomendable.

El amoníaco (por ejemplo en equipos de frío), da lugar a la aparición de grietas de corrosión intergranular en el latón y por tanto, en lugar de jaulas de latón deberán usarse jaulas de acero en estas aplicaciones.

### **Otros materiales usados para las jaulas**

Además de los materiales antes citados, las jaulas de los rodamientos SKF para aplicaciones especiales pueden ser hechas de otros plásticos industriales, aleaciones ligeras o hierro fundido especial.

## Asientos y resaltes para rodamientos: Precisión dimensional, de forma y giro

La precisión de los asientos cilíndricos para rodamientos en ejes y en alojamientos, la precisión de los asientos para las arandelas de los rodamientos axiales y la precisión de las superficies de apoyo lateral para los aros del rodamiento proporcionadas por los resaltes de los ejes y de los alojamientos, etc. deben ser conformes a la precisión de los rodamientos utilizados. A continuación, se dan los valores para la precisión de las dimensiones, la forma y el giro que deben considerarse a la hora de mecanizar los asientos y los resaltes.

### Tolerancias dimensionales

Para rodamientos fabricados con tolerancias normales, la precisión de las dimensiones de los asientos cilíndricos sobre el eje debe ser por lo menos de grado 6, mientras que en el alojamiento debe ser por lo menos de grado 7.

Cuando se emplean manguitos de fijación o de desmontaje sobre ejes cilíndricos, se pueden usar mayores tolerancias para los diámetros (grados 9 ó 10) de asiento de los manguitos en el eje, ver la tabla superior de la página 283.

Las tolerancias básicas de las series de tolerancias normalizadas de acuerdo con ISO/R 286-1962 se pueden encontrar en la tabla inferior de la página 283.

Para rodamientos de mayor precisión, se deberán usar grados superiores acordes con la precisión requerida.

### Tolerancias para la forma cilíndrica

La tolerancia para la forma cilíndrica tal como se define en ISO 1101-1983 debe ser de 1 a 2 grados IT superior a la tolerancia dimensional formulada, dependiendo de las exigencias. Por ejemplo, si el asiento de un rodamiento sobre su eje ha sido mecanizado con tolerancia m6, la precisión de la forma deberá ser IT5 ó IT4.

La dimensión de referencia para el valor de la tolerancia  $t_1$  de cilindridad es el radio del eje. Así, para el radio del eje,  $t_1 = IT5/2$  y para la redondez del diámetro del eje IT5.

Para montar los rodamientos sobre manguitos de fijación o manguitos de desmontaje, la cilindridad del asiento del manguito deberá ser igual a IT5/2 (para h9) y a IT7/2 (para h10), ver tabla en la página 31, o IT5 e IT7 si se usa el diámetro como referencia.

### Tolerancias para la perpendicularidad

Los apoyos laterales para los aros de los rodamientos deben tener una tolerancia, como se define en ISO 1101-1983, un grado IT más preciso que la tolerancia del diámetro del asiento cilíndrico asociado. Para los asientos de las arandelas de los rodamientos axiales, la tolerancia de perpendicularidad no debe exceder los valores del grado IT5. En la tabla de la página 31 se pueden encontrar valores orientativos de tolerancias de perpendicularidad (y de la variación axial total).

### Tolerancias del eje para rodamientos montados sobre manguitos

Eje		Tolerancias para el diámetro y la forma								
Diámetro d	Nominal más de	hasta incl.	h9		t <sub>1</sub> = IT5/2		h10		t <sub>1</sub> = IT7/2	
			Desviación		máx		Desviación		máx	
		sup. inf.		sup. inf.		sup. inf.		máx		
mm		μm								
10	18	0	-43	4	0	-70	9			
18	30	0	-52	4,5	0	-84	10,5			
30	50	0	-62	5,5	0	-100	12,5			
50	80	0	-74	6,5	0	-120	15			
80	120	0	-87	7,5	0	-140	17,5			
120	180	0	-100	9	0	-160	20			
180	250	0	-115	10	0	-185	23			
250	315	0	-130	11,5	0	-210	26			
315	400	0	-140	12,5	0	-230	28,5			
400	500	0	-155	13,5	0	-250	31,5			
500	630	0	-175	14	0	-280	35			
630	800	0	-200	16	0	-320	40			
800	1 000	0	-230	18	0	-360	45			
1 000	1 250	0	-260	21	0	-420	52,5			

### Limites de los grados de tolerancia ISO para dimensiones

Dimensión nominal		Grados de tolerancia												
más de	hasta incl.	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
		μm												
mm		μm												
1	3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100
3	6	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120
6	10	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150
10	18	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180
18	30	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210
30	50	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250
50	80	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300
80	120	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350
120	180	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400
180	250	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460
250	315	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520
315	400	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570
400	500	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630
500	630	-	-	-	-	-	32	44	70	110	175	280	440	700
630	800	-	-	-	-	-	36	50	80	125	200	320	500	800
800	1 000	-	-	-	-	-	40	56	90	140	230	360	560	900
1 000	1 250	-	-	-	-	-	47	66	105	165	260	420	660	1 050
1 250	1 600	-	-	-	-	-	55	78	125	195	310	500	780	1 250
1 600	2 000	-	-	-	-	-	65	92	150	230	370	600	920	1 500
2 000	2 500	-	-	-	-	-	78	110	175	280	440	700	1 100	1 750

## Tablas de ajustes recomendados

Para conseguir el ajuste de apriete o el ajuste flojo de los rodamientos con agujero y diámetro exterior cilíndricos, seleccione las gamas de tolerancias en el sistema de tolerancias ISO.

Solamente se utiliza un número limitado de grados de tolerancias ISO para las aplicaciones de los rodamientos.

Las siguientes tablas ofrecen recomendaciones. Estas recomendaciones se basan en las directrices generales y son válidas para ejes de acero macizos y para soportes de fundición de hierro o de acero (etc).

Dado que los rodamientos de rodillos cónicos en pulgadas están mecanizados a tolerancias "en más", las desviaciones para los asientos del eje y del alojamiento no se pueden aplicar directamente, sino que se han de modificar primero. Los valores modificados apropiados figuran en las tablas de rodamientos en pulgadas de las páginas 293 y 316

La tabla de las páginas 300 y 301 (ajustes de alojamientos) también indica si el aro exterior se puede desplazar axialmente. Esta información permite asegurar que la tolerancia seleccionada sea la adecuada para rodamientos no desarmables cuando se utilizan como rodamientos libres.

### Grado de interferencia o de holgura

En las tablas de las páginas 286 a 292 y 302 a 307 se dan los siguientes valores para una gama de ajustes de ejes y alojamientos:

- Los límites superior o inferior de las desviaciones de los diámetros de eje y alojamiento,
- Los valores mínimo y máximo teóricos del apriete (+) o la holgura (–) del ajuste,
- Los valores mínimo y máximo probables del apriete (+) o la holgura (–) del ajuste.

Las desviaciones del eje y del alojamiento son conformes a ISO/R 286-1962 cuando esta norma es aplicable y conforme a DIN 7160, DIN 7161 y DIN 7172, parte 2. Los valores que difieren de éstos en ISO 286-1:1988 e ISO 286-2:1988 han sido incluidos por ISO solamente a título experimental y no los hemos incluido en las tablas.

En la tabla, se muestran las tolerancias normales para el agujero y el diámetro exterior ( $\Delta_{dmp}$  y  $\Delta_{Dmp}$ ) con los valores límite calculados y que son válidas para todos los rodamientos métricos, a excepción de los rodamientos de rodillos cónicos con  $d \leq 30$  mm y  $D \leq 150$  mm, y los rodamientos axiales con  $D \leq 180$  mm.

Las tolerancias del diámetro para estos rodamientos se desvían de la tolerancia normal (ver las páginas 259 a 263).

Los límites probables cubren el 99 % de todas las combinaciones teóricas de aprietes y holguras.

#### Ajustes para ejes macizos de acero

##### Rodamientos axiales

##### Condiciones de la aplicación

Diámetro del eje,  
en mm

Tolerancia

##### Cargas axiales puras

Rodamientos axiales de bolas

Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos

Coronas axiales de rodillos cilíndricos

h6

h6 (h8)

h8

##### Cargas radiales y axiales combinadas sobre rodamientos axiales de rodillos a rótula

Carga fija sobre la arandela de eje

$\leq 250$

$> 250$

j6

js6

Carga rotativa sobre la arandela de eje o dirección indeterminada de la carga

$\leq 200$

(200) a 400

$> 400$

k6

m6

n6

## Ajustes para ejes macizos de acero

### Rodamientos radiales con agujero cilíndrico

Condiciones de la aplicación	Ejemplos	Diámetro del eje en mm			Tolerancia
		Rodamientos de bolas <sup>1)</sup>	Rodamientos de agujas <sup>2)</sup> , de rodillos cilíndricos o cónicos	Rodamientos de rodillos a rótula	

#### Carga rotativa sobre el aro interior o dirección indeterminada de la carga

Cargas ligeras o variables (P ≤ 0,06 C)	Transportadores, rodamientos poco cargados en reductores	(18) a 100	≤ 40	-	j6
		(100) a 140	(40) a 100	-	k6
Cargas normales y elevadas (P > 0,06 C)	Aplicaciones en general, motores eléctricos, turbinas, bombas, motores de combustión interna, engranajes, máquinas para trabajar la madera	≤ 18	-	-	j5
		(18) a 100	≤ 40	≤ 40	k5 (k6) <sup>3)</sup>
		(100) a 140	(40) a 100	(40) a 65	m5 (m6) <sup>3)</sup>
		(140) a 200	(100) a 140	(65) a 100	m6
		(200) a 280	(140) a 200	(100) a 140	n6
		-	(200) a 400	(140) a 280	p6
Cargas muy elevadas y cargas de choque en condiciones trabajo difíciles (P > 0,12 C)	Cajas de grasa para material ferroviario pesado, motores tracción, trenes de laminación	-	(50) a 140	(50) a 100	n6 <sup>4)</sup>
		-	(140) a 200	(100) a 140	p6 <sup>4)</sup>
		-	> 200	> 140	r6 <sup>4)</sup>
Es necesaria gran exactitud giro con cargas ligeras (P ≤ 0,06 C)	Máquinas-herramienta	≤ 18	-	-	h5 <sup>5)</sup>
		(18) a 100	≤ 40	-	j5 <sup>5)</sup>
		(100) a 200	(40) a 140	-	k5 <sup>5)</sup>
		-	(140) a 200	-	m5 <sup>5)</sup>

#### Carga fija sobre el aro interior

El aro interior debe poder desplazarse fácilmente sobre el eje	Ruedas sobre ejes fijos (ruedas locas)				g6 <sup>6)</sup>
No es necesario que el aro interior pueda deslizarse fácilmente sobre el eje	Poleas tensoras, Poleas para cable				h6

#### Cargas puramente axiales

Aplicaciones de toda clase	≤ 250 > 250	≤ 250 > 250	≤ 250 > 250	j6 js6
----------------------------	----------------	----------------	----------------	-----------

1) Para los rodamientos Y, ver página 333

2) Válido para rodamientos de agujas con aro interior

3) Las tolerancias entre paréntesis se emplean generalmente para rodamientos de rodillos cónicos y de una hilera de bolas con contacto angular. También pueden emplearse para otros tipos de rodamientos si la velocidad es moderada y la influencia de la variación del juego interno no es de consideración

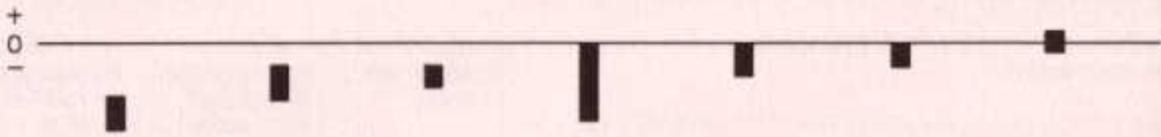
4) Pueden usarse rodamientos con juego mayor que el Normal

5) Para rodamientos de gran precisión, se aplican otras recomendaciones, ver el catálogo SKF "Rodamientos de precisión"

6) Para rodamientos grandes se puede adoptar la tolerancia f6, a fin de asegurar que puedan desplazarse fácilmente sobre el eje

# Ajustes recomendados

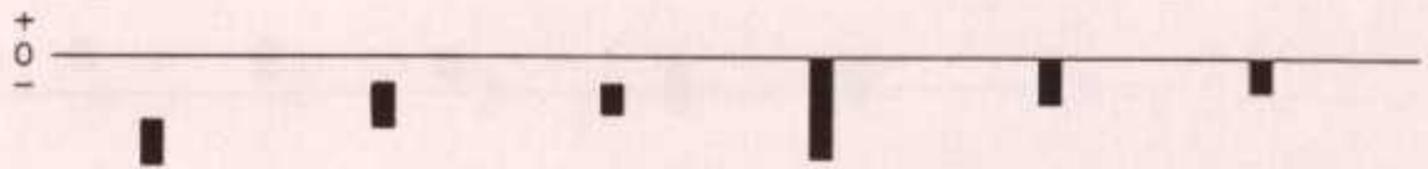
## Ajustes para ejes



Eje		Rodamiento		Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes														
Diámetro		Tolerancia diámetro agujero		Tolerancias														
d		$\Delta_{dmp}$		f6	g6		g5		h8		h6		h5		j5			
Nominal	más hasta	inf.	sup.	Desviaciones (diámetro del eje)														
de	incl.			Apriete/holgura teóricos														
				Apriete/holgura probables														
mm		$\mu m$		$\mu m$														
1	3	-8	0	-6	-12	-2	-8	-2	-6	0	-14	0	-6	0	-4	+2	-2	
				+2	-12	+6	-8	+6	-6	+8	-14	+8	-6	+8	-4	+10	-2	
				0	-10	+4	-6	+5	-5	+6	-12	+6	-4	+7	-3	+9	-1	
3	6	-8	0	-10	-18	-4	-12	-4	-9	0	-18	0	-8	0	-5	+3	-2	
				-2	-18	+4	-12	+4	-9	+8	-18	+8	-8	+8	-5	+11	-2	
				-4	-16	+2	-10	+3	-8	+5	-15	+6	-6	+7	-4	+10	-1	
6	10	-8	0	-13	-22	-5	-14	-5	-11	0	-22	0	-9	0	-6	+4	-2	
				-5	-22	+3	-14	+3	-11	+8	-22	+8	-9	+8	-6	+12	-2	
				-7	-20	+1	-12	+1	-9	+5	-19	+6	-7	+6	-4	+10	0	
10	18	-8	0	-16	-27	-6	-17	-6	-14	0	-27	0	-11	0	-8	+5	-3	
				-8	-27	+2	-17	+2	-14	+8	-27	+8	-11	+8	-8	+13	-3	
				-10	-25	0	-15	0	-12	+5	-24	+6	-9	+6	-6	+11	-1	
18	30	-10	0	-20	-33	-7	-20	-7	-16	0	-33	0	-13	0	-9	+5	-4	
				-10	-33	+3	-20	+3	-16	+10	-33	+10	-13	+10	-9	+15	-4	
				-13	-30	0	-17	+1	-14	+6	-29	+7	-10	+8	-7	+13	-2	
30	50	-12	0	-25	-41	-9	-25	-9	-20	0	-39	0	-16	0	-11	+6	-5	
				-13	-41	+3	-25	+3	-20	+12	-39	+12	-16	+12	-11	+18	-5	
				-17	-37	-1	-21	0	-17	+7	-34	+8	-12	+9	-8	+15	-2	
50	80	-15	0	-30	-49	-10	-29	-10	-23	0	-46	0	-19	0	-13	+6	-7	
				-15	-49	+5	-29	+5	-23	+15	-46	+15	-19	+15	-13	+21	-7	
				-19	-45	+1	-25	+1	-19	+9	-40	+11	-15	+11	-9	+17	-3	
80	120	-20	0	-36	-58	-12	-34	-12	-27	0	-54	0	-22	0	-15	+6	-9	
				-16	-58	+8	-34	+8	-27	+20	-54	+20	-22	+20	-15	+26	-9	
				-22	-52	+2	-28	+3	-22	+12	-46	+14	-16	+15	-10	+21	-4	
120	180	-25	0	-43	-68	-14	-39	-14	-32	0	-63	0	-25	0	-18	+7	-11	
				-18	-68	+11	-39	+11	-32	+25	-63	+25	-25	+25	-18	+32	-11	
				-25	-61	+4	-32	+5	-26	+15	-53	+18	-18	+19	-12	+26	-5	
180	250	-30	0	-50	-79	-15	-44	-15	-35	0	-72	0	-29	0	-20	+7	-13	
				-20	-79	+15	-44	+15	-35	+30	-72	+30	-29	+30	-20	+37	-13	
				-28	-71	+7	-36	+9	-29	+18	-60	+22	-21	+24	-14	+31	-7	
250	315	-35	0	-56	-88	-17	-49	-17	-40	0	-81	0	-32	0	-23	+7	-16	
				-21	-88	+18	-49	+18	-40	+35	-81	+35	-32	+35	-23	+42	-16	
				-30	-79	+9	-40	+10	-32	+22	-68	+26	-23	+27	-15	+34	-8	
315	400	-40	0	-62	-98	-18	-54	-18	-43	0	-89	0	-36	0	-25	+7	-18	
				-22	-98	+22	-54	+22	-43	+40	-89	+40	-36	+40	-25	+47	-18	
				-33	-87	+11	-43	+14	-35	+25	-74	+29	-25	+32	-17	+39	-10	
400	500	-45	0	-68	-108	-20	-60	-20	-47	0	-97	0	-40	0	-27	+7	-20	
				-23	-108	+25	-60	+25	-47	+45	-97	+45	-40	+45	-27	+52	-20	
				-35	-96	+13	-48	+16	-38	+28	-80	+33	-28	+36	-18	+43	-11	

Los valores dados para diámetros hasta  $d = 30$  mm inclusive no son aplicables a rodamientos de rodillos cónicos

Ajustes para ejes (continuación)



Eje Diámetro d	Rodamiento Tolerancia diámetro agujero $\Delta_{dmp}$	Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes													
		Tolerancias		Desviaciones (diámetro del eje)											
Nominal más de	hasta incl.	inf.	sup.	f6	g6		g5		h8		h6		h5		
mm		$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	Apriete/holgura teóricos Apriete/holgura probables											
500	630	-50	0	-76	-120	-22	-66	-22	-50	0	-110	0	-44	0	-28
				-26	-120	+28	-66	+28	-50	+50	-110	+50	-44	+50	-28
				-39	-107	+15	-53	+18	-40	+31	-91	+37	-31	+40	-18
630	800	-75	0	-80	-130	-24	-74	-24	-56	0	-125	0	-50	0	-32
				-5	-130	+51	-74	+51	-56	+75	-125	+75	-50	+75	-32
				-22	-113	+34	-57	+39	-44	+48	-98	+58	-33	+63	-20
800	1 000	-100	0	-86	-142	-26	-82	-26	-62	0	-140	0	-56	0	-36
				+14	-142	+74	-82	+74	-62	+100	-140	+100	-56	+100	-36
				-6	-122	+54	-62	+60	-48	+67	-107	+80	-36	+86	-22
1 000	1 250	-125	0	-98	-164	-28	-94	-28	-70	0	-165	0	-66	0	-42
				+27	-164	+97	-94	+97	-70	+125	-165	+125	-66	+125	-42
				+3	-140	+73	-70	+80	-53	+84	-124	+101	-42	+108	-25
1 250	1 600	-160	0	-110	-188	-30	-108	-30	-80	0	-195	0	-78	0	-50
				+50	-188	+130	-108	+130	-80	+160	-195	+160	-78	+160	-50
				+20	-158	+100	-78	+109	-59	+109	-144	+130	-48	+139	-29
1 600	2 000	-200	0	-120	-212	-32	-124	-32	-92	0	-230	0	-92	0	-60
				+80	-212	+168	-124	+168	-92	+200	-230	+200	-92	+200	-60
				+45	-177	+133	-89	+143	-67	+138	-168	+165	-57	+175	-35

## Ajustes recomendados

### Ajustes para ejes (continuación)



Eje Diámetro d	Rodamiento Tolerancia diámetro agujero $\Delta_{dmp}$	Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes															
		Tolerancias		js5		j6		js6		k5		k6		m5		m6	
Nominal más hasta de incl.	inf. sup.	Desviaciones (diámetro del eje) Apriete/holgura teóricos Apriete/holgura probables															
mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$															
1	3	-8	0	+2	-2	+4	-2	+3	-3	+4	0	+6	0	+6	+2	+8	+2
				+10	-2	+12	-2	+11	-3	+12	0	+14	0	+14	+2	+16	+2
				+9	-1	+10	0	+9	-1	+11	+1	+12	+2	+13	+3	+14	+4
3	6	-8	0	+2,5	-2,5	+6	-2	+4	-4	+6	+1	+9	+1	+9	+4	+12	+4
				+10,5	-2,5	+14	-2	+12	-4	+14	+1	+17	+1	+17	+4	+20	+4
				+9	-1	+12	0	+10	-2	+13	+2	+15	+3	+16	+5	+18	+6
6	10	-8	0	+3	-3	+7	-2	+4,5	-4,5	+7	+1	+10	+1	+12	+6	+15	+6
				+11	-3	+15	-2	+12,5	-4,5	+15	+1	+18	+1	+20	+6	+23	+6
				+9	-1	+13	0	+11	-3	+13	+3	+16	+3	+18	+8	+21	+8
10	18	-8	0	+4	-4	+8	-3	+5,5	-5,5	+9	+1	+12	+1	+15	+7	+18	+7
				+12	-4	+16	-3	+13,5	-5,5	+17	+1	+20	+1	+23	+7	+26	+7
				+10	-2	+14	-1	+11	-3	+15	+3	+18	+3	+21	+9	+24	+9
18	30	-10	0	+4,5	-4,5	+9	-4	+6,5	-6,5	+11	+2	+15	+2	+17	+8	+21	+8
				+14,5	-4,5	+19	-4	+16,5	-6,5	+21	+2	+25	+2	+27	+8	+31	+8
				+12	-2	+16	-1	+14	-4	+19	+4	+22	+5	+25	+10	+28	+11
30	50	-12	0	+5,5	-5,5	+11	-5	+8	-8	+13	+2	+18	+2	+20	+9	+25	+9
				+17,5	-5,5	+23	-5	+20	-8	+25	+2	+30	+2	+32	+9	+37	+9
				+15	-3	+19	-1	+16	-4	+22	+5	+26	+6	+29	+12	+33	+13
50	80	-15	0	+6,5	-6,5	+12	-7	+9,5	-9,5	+15	+2	+21	+2	+24	+11	+30	+11
				+21,5	-6,5	+27	-7	+24,5	-9,5	+30	+2	+36	+2	+39	+11	+45	+11
				+18	-3	+23	-3	+20	-5	+26	+6	+32	+6	+35	+15	+41	+15
80	120	-20	0	+7,5	-7,5	+13	-9	+11	-11	+18	+3	+25	+3	+28	+13	+35	+13
				+27,5	-7,5	+33	-9	+31	-11	+38	+3	+45	+3	+48	+13	+55	+13
				+23	-3	+27	-3	+25	-5	+33	+8	+39	+9	+43	+18	+49	+19
120	180	-25	0	+9	-9	+14	-11	+12,5	-12,5	+21	+3	+28	+3	+33	+15	+40	+15
				+34	-9	+39	-11	+37,5	-12,5	+46	+3	+53	+3	+58	+15	+65	+15
				+28	-3	+32	-4	+31	-6	+40	+9	+46	+10	+52	+21	+58	+22
180	250	-30	0	+10	-10	+16	-13	+14,5	-14,5	+24	+4	+33	+4	+37	+17	+46	+17
				+40	-10	+46	-13	+44,5	-14,5	+54	+4	+63	+4	+67	+17	+76	+17
				+34	-4	+38	-5	+36	-6	+48	+10	+55	+12	+61	+23	+68	+25
250	315	-35	0	+11,5	-11,5	+16	-16	+16	-16	+27	+4	+36	+4	+43	+20	+52	+20
				+46,5	-11,5	+51	-16	+51	-16	+62	+4	+71	+4	+78	+20	+87	+20
				+39	-4	+42	-7	+42	-7	+54	+12	+62	+13	+70	+28	+78	+29
315	400	-40	0	+12,5	-12,5	+18	-18	+18	-18	+29	+4	+40	+4	+46	+21	+57	+21
				+52,5	-12,5	+58	-18	+58	-18	+69	+4	+80	+4	+86	+21	+97	+21
				+44	-4	+47	-7	+47	-7	+61	+12	+69	+15	+78	+29	+86	+32
400	500	-45	0	+13,5	-13,5	+20	-20	+20	-20	+32	+5	+45	+5	+50	+23	+63	+23
				+58,5	-13,5	+65	-20	+65	-20	+77	+5	+90	+5	+95	+23	+108	+23
				+49	-4	+53	-8	+53	-8	+68	+14	+78	+17	+86	+32	+96	+35

Los valores dados para diámetros hasta  $d = 30$  mm inclusive no son aplicables a rodamientos de rodillos cónicos

Ajustes para ejes (continuación)



Eje Diámetro d	Rodamiento Tolerancia diámetro agujero $\Delta_{dmp}$		Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes Tolerancias														
	Nominal más de	hasta incl.	inf.	sup.	js5	j6	js6	k5	k6	m5	m6						
mm	$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$												
500	630	-50	0	+14	-14	+22	-22	+22	-22	+29	0	+44	0	+55	+26	+70	+26
				+64	-14	+72	-22	+72	-22	+78	0	+94	0	+104	+26	+120	+26
				+54	-4	+59	-9	+59	-9	+68	+10	+81	+13	+94	+36	+107	+39
630	800	-75	0	+16	-16	+25	-25	+25	-25	+32	0	+50	0	+62	+30	+80	+30
				+91	-16	+100	-25	+100	-25	+107	0	+125	0	+137	+30	+155	+30
				+79	-4	+83	-8	+83	-8	+95	+12	+108	+17	+125	+42	+138	+47
800	1 000	-100	0	+18	-18	+28	-28	+28	-28	+36	0	+56	0	+70	+34	+90	+34
				+118	-18	+128	-28	+128	-28	+136	0	+156	0	+170	+34	+190	+34
				+104	-4	+108	-8	+108	-8	+122	+14	+136	+20	+156	+48	+170	+54
1 000	1 250	-125	0	+21	-21	+33	-33	+33	-33	+42	0	+66	0	+82	+40	+106	+40
				+146	-21	+158	-33	+158	-33	+167	0	+191	0	+207	+40	+231	+40
				+129	-4	+134	-9	+134	-9	+150	+17	+167	+24	+190	+57	+207	+64
1 250	1 600	-160	0	+25	-25	+39	-39	+39	-39	+50	0	+78	0	+98	+48	+126	+48
				+185	-25	+199	-39	+199	-39	+210	0	+238	0	+258	+48	+286	+48
				+164	-4	+169	-9	+169	-9	+189	+21	+208	+30	+237	+69	+256	+78
1 600	2 000	-200	0	+30	-30	+46	-46	+46	-46	+60	0	+92	0	+118	+58	+150	+58
				+230	-30	+246	-46	+246	-46	+260	0	+292	0	+318	+58	+350	+58
				+205	-5	+211	-11	+211	-11	+235	+25	+257	+35	+293	+83	+315	+93

# Ajustes recomendados

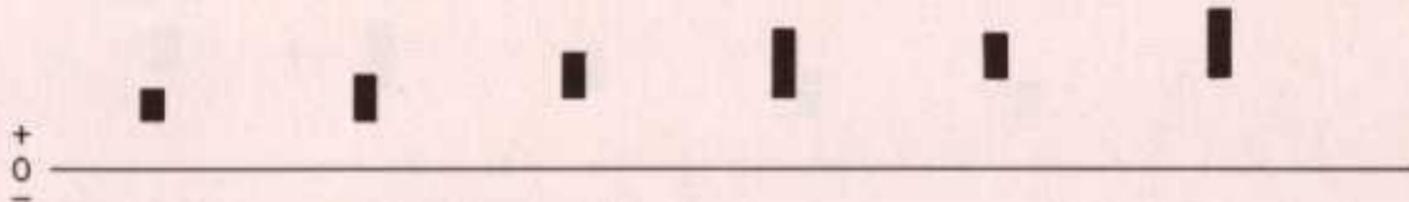
## Ajustes para ejes (continuación)

+  
0  
-

Eje Diámetro		Rodamiento Tolerancia diámetro agujero $\Delta_{dmp}$		Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes Tolerancias											
d		inf.	sup.	n5	n6		p6		p7		r6		r7		
Nominal más de	hasta incl.			Desviaciones (diámetro del eje) Apriete/holgura teóricos Apriete/holgura probables											
mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$											
1	3	-8	0	+8	+4	+10	+4	+12	+6	+16	+6	+16	+10	+20	+10
				+16	+4	+18	+4	+20	+6	+24	+6	+24	+10	+28	+10
				+15	+5	+16	+6	+18	+8	+22	+8	+22	+12	+26	+12
3	6	-8	0	+13	+8	+16	+8	+20	+12	+24	+12	+23	+15	+27	+15
				+21	+8	+24	+8	+28	+12	+32	+12	+31	+15	+35	+15
				+20	+9	+22	+10	+26	+14	+30	+14	+29	+17	+33	+17
6	10	-8	0	+16	+10	+19	+10	+24	+15	+30	+15	+28	+19	+34	+19
				+24	+10	+27	+10	+32	+15	+38	+15	+36	+19	+42	+19
				+22	+12	+25	+12	+30	+17	+35	+18	+34	+21	+39	+22
10	18	-8	0	+20	+12	+23	+12	+29	+18	+36	+18	+34	+23	+41	+23
				+28	+12	+31	+12	+37	+18	+44	+18	+42	+23	+49	+23
				+26	+14	+29	+14	+35	+20	+41	+21	+40	+25	+46	+26
18	30	-10	0	+24	+15	+28	+15	+35	+22	+43	+22	+41	+28	+49	+28
				+34	+15	+38	+15	+45	+22	+53	+22	+51	+28	+59	+28
				+32	+17	+35	+18	+42	+25	+50	+25	+48	+31	+56	+31
30	50	-12	0	+28	+17	+33	+17	+42	+26	+51	+26	+50	+34	+59	+34
				+40	+17	+45	+17	+54	+26	+63	+26	+62	+34	+71	+34
				+37	+20	+41	+21	+50	+30	+59	+30	+58	+38	+67	+38
50	65	-15	0	+33	+20	+39	+20	+51	+32	+62	+32	+60	+41	+71	+41
				+48	+20	+54	+20	+66	+32	+77	+32	+75	+41	+86	+41
				+44	+24	+50	+24	+62	+36	+72	+37	+71	+45	+81	+46
65	80	-15	0	+33	+20	+39	+20	+51	+32	+62	+32	+62	+43	+73	+43
				+48	+20	+54	+20	+66	+32	+77	+32	+77	+43	+88	+43
				+44	+24	+50	+24	+62	+36	+72	+37	+73	+47	+83	+48
80	100	-20	0	+38	+23	+45	+23	+59	+37	+72	+37	+73	+51	+86	+51
				+58	+23	+65	+23	+79	+37	+92	+37	+93	+51	+106	+51
				+53	+28	+59	+29	+73	+43	+85	+44	+87	+57	+99	+58
100	120	-20	0	+38	+23	+45	+23	+59	+37	+72	+37	+76	+54	+89	+54
				+58	+23	+65	+23	+79	+37	+92	+37	+96	+54	+109	+54
				+53	+28	+59	+29	+73	+43	+85	+44	+90	+60	+102	+61
120	140	-25	0	+45	+27	+52	+27	+68	+43	+83	+43	+88	+63	+103	+63
				+70	+27	+77	+27	+93	+43	+108	+43	+113	+63	+128	+63
				+64	+33	+70	+34	+86	+50	+100	+51	+106	+70	+120	+71
140	160	-25	0	+45	+27	+52	+27	+68	+43	+83	+43	+90	+65	+105	+65
				+70	+27	+77	+27	+93	+43	+108	+43	+115	+65	+130	+65
				+64	+33	+70	+34	+86	+50	+100	+51	+108	+72	+122	+73
160	180	-25	0	+45	+27	+52	+27	+68	+43	+83	+43	+93	+68	+108	+68
				+70	+27	+77	+27	+93	+43	+108	+43	+118	+68	+133	+68
				+64	+33	+70	+34	+86	+50	+100	+51	+111	+75	+125	+76

Los valores dados para diámetros hasta  $d = 30$  mm inclusive no son aplicables a rodamientos de rodillos cónicos

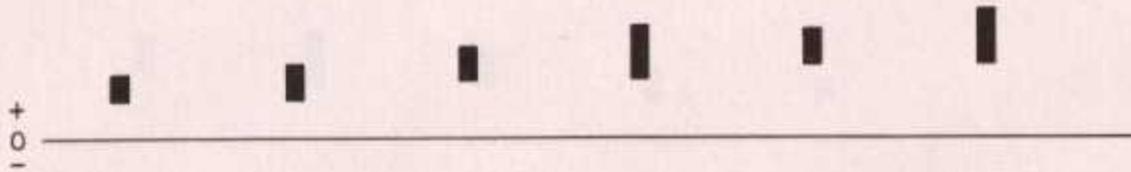
Ajustes para ejes (continuación)



Eje Diámetro	Rodamiento Tolerancia diámetro agujero $\Delta_{dmp}$	Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes											
		Tolerancias		Desviaciones (diámetro del eje)									
d		n5	n6	p6	p7	r6	r7						
Nominal más hasta de incl.	inf. sup.	Apriete/holgura teóricos										Apriete/holgura probables	
mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$											
180 200	-30 0	+51	+31	+60	+31	+79	+50	+96	+50	+106	+77	+123	+77
		+81	+31	+90	+31	+109	+50	+126	+50	+136	+77	+153	+77
		+75	+37	+82	+39	+101	+58	+116	+60	+128	+85	+143	+87
200 225	-30 0	+51	+31	+60	+31	+79	+50	+96	+50	+109	+80	+126	+80
		+81	+31	+90	+31	+109	+50	+126	+50	+139	+80	+156	+80
		+75	+37	+82	+39	+101	+58	+116	+60	+131	+88	+146	+90
225 250	-30 0	+51	+31	+60	+31	+79	+50	+96	+50	+113	+84	+130	+84
		+81	+31	+90	+31	+109	+50	+126	+50	+143	+84	+160	+84
		+75	+37	+82	+39	+101	+58	+116	+60	+135	+92	+150	+94
250 280	-35 0	+57	+34	+66	+34	+88	+56	+108	+56	+126	+94	+146	+94
		+92	+34	+101	+34	+123	+56	+143	+56	+161	+94	+181	+94
		+84	+42	+92	+43	+114	+65	+131	+68	+152	+103	+169	+106
280 315	-35 0	+57	+34	+66	+34	+88	+56	+108	+56	+130	+98	+150	+98
		+92	+34	+101	+34	+123	+56	+143	+56	+165	+98	+185	+98
		+84	+42	+92	+43	+114	+65	+131	+68	+156	+107	+173	+110
315 355	-40 0	+62	+37	+73	+37	+98	+62	+119	+62	+144	+108	+165	+108
		+102	+37	+113	+37	+138	+62	+159	+62	+184	+108	+205	+108
		+94	+45	+102	+48	+127	+73	+146	+75	+173	+119	+192	+121
355 400	-40 0	+62	+37	+73	+37	+98	+62	+119	+62	+150	+114	+171	+114
		+102	+37	+113	+37	+138	+62	+159	+62	+190	+114	+211	+114
		+94	+45	+102	+48	+127	+73	+146	+75	+179	+125	+198	+127
400 450	-45 0	+67	+40	+80	+40	+108	+68	+131	+68	+166	+126	+189	+126
		+112	+40	+125	+40	+153	+68	+176	+68	+211	+126	+234	+126
		+103	+49	+113	+52	+141	+80	+161	+83	+199	+138	+219	+141
450 500	-45 0	+67	+40	+80	+40	+108	+68	+131	+68	+172	+132	+195	+132
		+112	+40	+125	+40	+153	+68	+176	+68	+217	+132	+240	+132
		+103	+49	+113	+52	+141	+80	+161	+83	+205	+144	+225	+147
500 560	-50 0	+73	+44	+88	+44	+122	+78	+148	+78	+194	+150	+220	+150
		+122	+44	+138	+44	+172	+78	+198	+78	+244	+150	+270	+150
		+112	+54	+125	+57	+159	+91	+182	+94	+231	+163	+254	+166
560 630	-50 0	+73	+44	+88	+44	+122	+78	+148	+78	+199	+155	+225	+155
		+122	+44	+138	+44	+172	+78	+198	+78	+249	+155	+275	+155
		+112	+54	+125	+57	+159	+91	+182	+94	+236	+168	+259	+171
630 710	-75 0	+82	+50	+100	+50	+138	+88	+168	+88	+225	+175	+255	+175
		+157	+50	+175	+50	+213	+88	+243	+88	+300	+175	+330	+175
		+145	+62	+158	+67	+196	+105	+221	+110	+283	+192	+308	+197
710 800	-75 0	+82	+50	+100	+50	+138	+88	+168	+88	+235	+185	+265	+185
		+157	+50	+175	+50	+213	+88	+243	+88	+310	+185	+340	+185
		+145	+62	+158	+67	+196	+105	+221	+110	+293	+202	+318	+207

## Ajustes recomendados

### Ajustes para ejes (continuación)



Eje Diámetro d	Rodamiento		Desviaciones del diámetro del eje, ajustes resultantes												
	Tolerancia diámetro agujero $\Delta_{dmp}$	Tolerancias	n5	n6	p6	p7	r6	r7							
Nominal más de	hasta incl.	inf.	sup.	Desviaciones (diámetro del eje)											
				Apriete/holgura teóricos											
				Apriete/holgura probables											
mm		$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$												
800	900	-100	0	+92	+56	+112	+56	+156	+100	+190	+100	+266	+210	+300	+210
				+192	+56	+212	+56	+256	+100	+290	+100	+366	+210	+400	+210
				+178	+70	+192	+76	+236	+120	+263	+127	+346	+230	+373	+237
900	1 000	-100	0	+92	+56	+112	+56	+156	+100	+190	+100	+276	+220	+310	+220
				+192	+56	+212	+56	+256	+100	+290	+100	+376	+220	+410	+220
				+178	+70	+192	+76	+236	+120	+263	+127	+356	+240	+383	+247
1 000	1 120	-125	0	+108	+66	+132	+66	+186	+120	+225	+120	+316	+250	+355	+250
				+233	+66	+257	+66	+311	+120	+350	+120	+441	+250	+480	+250
				+216	+83	+233	+90	+287	+144	+317	+153	+417	+274	+447	+283
1 120	1 250	-125	0	+108	+66	+132	+66	+186	+120	+225	+120	+326	+260	+365	+260
				+233	+66	+257	+66	+311	+120	+350	+120	+451	+260	+490	+260
				+216	+83	+233	+90	+287	+144	+317	+153	+427	+284	+457	+293
1 250	1 400	-160	0	+128	+78	+156	+78	+218	+140	+265	+140	+378	+300	+425	+300
				+288	+78	+316	+78	+378	+140	+425	+140	+538	+300	+585	+300
				+267	+99	+286	+108	+348	+170	+385	+180	+508	+330	+545	+340
1 400	1 600	-160	0	+128	+78	+156	+78	+218	+140	+265	+140	+408	+330	+455	+330
				+288	+78	+316	+78	+378	+140	+425	+140	+568	+330	+615	+330
				+267	+99	+286	+108	+348	+170	+385	+180	+538	+360	+575	+370
1 600	1 800	-200	0	+152	+92	+184	+92	+262	+170	+320	+170	+462	+370	+520	+370
				+352	+92	+384	+92	+462	+170	+520	+170	+662	+370	+720	+370
				+327	+117	+349	+127	+427	+205	+470	+220	+627	+405	+670	+420
1 800	2 000	-200	0	+152	+92	+184	+92	+262	+170	+320	+170	+492	+400	+550	+400
				+352	+92	+384	+92	+462	+170	+520	+170	+692	+400	+750	+400
				+327	+117	+349	+127	+427	+205	+470	+220	+657	+435	+700	+450

Diámetro nominal Asiento eje Agujero del rodamiento más hasta de incl.		Modificación de las desviaciones de los diámetros de eje para rodamientos en pulgadas para dar el mismo grado de juego/apriete que las tolerancias											
		g6		h6		j5		j6		js6		k5	
		sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.
mm	μm												
10	18	+2	-4	+8	+2	+13	+10	+16	+10	+13,5	+7,5	+17	+14
18	30	+3	-7	+10	0	+15	+9	+19	+9	+16,5	+6,5	+21	+15
30	50	+3	-12	+12	-3	+18	+8	+23	+8	+20	+5	+25	+15
50	76,2	+5	-16	+15	-6	+21	+6	+27	+6	+24,5	+3,5	+30	+15
76,2	80	+5	-4	+15	+6	+21	+18	+27	+18	+24,5	+15,5	+30	+27
80	120	+8	-9	+20	+3	+26	+16	+33	+16	+31	+14	+38	+28
120	180	+11	-14	+25	0	+32	+14	+39	+14	+37,5	+12,5	+46	+28
180	250	+15	-19	+30	-4	+37	+12	+46	+12	+44,5	+10,5	+54	+29
250	304,8	+18	-24	+35	-7	+42	+9	+51	+9	+51	+9	+62	+29
304,8	315	+18	+2	+35	+19	+42	+35	+51	+35	+51	+35	+62	+55
315	400	+22	-3	+40	+15	+47	+33	+58	+33	+58	+33	+69	+55
400	500	+25	-9	+45	+11	+52	+31	+65	+31	+65	+31	+77	+56
500	609,6	+28	-15	+50	+7	-	-	+72	+29	+72	+29	+78	+51
609,6	630	+28	+10	+50	+32	-	-	+72	+54	+72	+54	+78	+76
630	800	+51	+2	+75	+26	-	-	+100	+51	+100	+51	+107	+76
800	914,4	+74	-6	+100	+20	-	-	+128	+48	+128	+48	+136	+76
914,4	1 000	+74	+20	+100	+46	-	-	+128	+74	+128	+74	+136	+102
1 000	1 219,2	+97	+8	+125	+36	-	-	+158	+69	+158	+69	+167	+102

Diámetro nominal Asiento eje Agujero del rodamiento más hasta de incl.		Modificación de las desviaciones de los diámetros de eje para rodamientos en pulgadas para dar el mismo grado de juego/apriete que las tolerancias									
		k6		m5		m6		n6		p6	
		sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.
mm	μm										
10	18	+20	+14	+23	+20	+26	+20	+31	+25	+37	+31
18	30	+25	+15	+27	+21	+31	+21	+38	+28	+45	+35
30	50	+30	+15	+32	+22	+37	+22	+45	+30	+54	+39
50	76,2	+36	+15	+39	+24	+45	+24	+54	+33	+66	+45
76,2	80	+36	+27	+39	+36	+45	+36	+54	+45	+66	+57
80	120	+45	+28	+48	+38	+55	+38	+65	+48	+79	+62
120	180	+53	+28	+58	+40	+65	+40	+77	+52	+93	+68
180	250	+63	+29	+67	+42	+76	+42	+90	+56	+109	+75
250	304,8	+71	+29	+78	+45	+87	+45	+101	+59	+123	+81
304,8	315	+71	+55	+78	+71	+87	+71	+101	+85	+123	+107
315	400	+80	+55	+86	+72	+97	+72	+113	+88	+138	+113
400	500	+90	+56	+95	+74	+108	+74	+125	+91	+153	+119
500	609,6	+94	+51	+104	+77	+120	+77	+138	+95	+172	+129
609,6	630	+94	+76	+104	+102	+120	+102	+138	+120	+172	+154
630	800	+125	+76	+137	+106	+155	+106	+175	+126	+213	+164
800	914,4	+156	+76	+170	+110	+190	+110	+212	+132	+256	+176
914,4	1 000	+156	+102	+170	+136	+190	+136	+212	+158	+256	+202
1 000	1 219,2	+191	+102	+207	+142	+231	+142	+257	+168	+311	+222

## Ajustes recomendados, dimensiones en pulgadas

Diámetro agujero del rodamiento			g6			h6			h5			j5		
			Diámetro eje		Ajuste en 0.0001"									
Pulgadas			máx	mín		máx	mín		máx	mín		máx	mín	
mm	máx	mín	máx	mín										
4	0.1575	0.1572	0.1573	0.1570		0.1575	0.1572		0.1575	0.1573		0.1576	0.1574	
5	0.1969	0.1966	0.1967	0.1964	5L	0.1969	0.1966	3L	0.1969	0.1967	2L	0.1970	0.1968	
6	0.2362	0.2359	0.2360	0.2357	1T	0.2362	0.2359	3T	0.2362	0.2360	3T	0.2363	0.2361	
7	0.2756	0.2753	0.2754	0.2750		0.2756	0.2752		0.2756	0.2754		0.2758	0.2755	
8	0.3150	0.3147	0.3148	0.3144	6L	0.3150	0.3146	4L	0.3150	0.3148	2L	0.3152	0.3149	
9	0.3543	0.3540	0.3541	0.3537	1T	0.3543	0.3539	3T	0.3543	0.3541	3T	0.3545	0.3542	
10	0.3937	0.3934	0.3935	0.3931		0.3937	0.3933		0.3937	0.3935		0.3939	0.3936	
12	0.4724	0.4721	0.4722	0.4717		0.4724	0.4720		0.4724	0.4721		0.4726	0.4723	
15	0.5906	0.5903	0.5904	0.5899	7L	0.5906	0.5902	4L	0.5906	0.5903	3L	0.5908	0.5905	
17	0.6693	0.6690	0.6691	0.6686	1T	0.6693	0.6689	3T	0.6693	0.6690	3T	0.6695	0.6692	
20	0.7874	0.7870	0.7871	0.7866		0.7874	0.7869		0.7874	0.7870		0.7876	0.7872	
25	0.9843	0.9839	0.9840	0.9835	8L	0.9843	0.9838	5L	0.9843	0.9839	4L	0.9845	0.9841	
30	1.1811	1.1807	1.1808	1.1803	1T	1.1811	1.1806	4T	1.1811	1.1807	4T	1.1813	1.1809	
35	1.3780	1.3775	1.3776	1.3770		1.3780	1.3774		1.3780	1.3776		1.3782	1.3778	
40	1.5748	1.5743	1.5744	1.5738	10L	1.5748	1.5742	6L	1.5748	1.5744	4L	1.5750	1.5746	
45	1.7717	1.7712	1.7713	1.7707	1T	1.7717	1.7711	5T	1.7717	1.7713	5T	1.7719	1.7716	
50	1.9685	1.9680	1.9681	1.9675		1.9685	1.9679		1.9685	1.9681		1.9687	1.9683	
55	2.1654	2.1648	2.1650	2.1643		2.1654	2.1647		2.1654	2.1649		2.1656	2.1651	
60	2.3622	2.3616	2.3618	2.3611		2.3622	2.3615		2.3622	2.3617		2.3624	2.3619	
65	2.5591	2.5585	2.5587	2.5580	11L	2.5591	2.5584	7L	2.5591	2.5586	5L	2.5593	2.5588	
70	2.7559	2.7553	2.7555	2.7548	2T	2.7559	2.7552	6T	2.7559	2.7554	6T	2.7561	2.7556	
75	2.9528	2.9522	2.9524	2.9517		2.9528	2.9521		2.9528	2.9523		2.9530	2.9525	
80	3.1496	3.1490	3.1492	3.1485		3.1496	3.1489		3.1496	3.1491		3.1498	3.1493	
85	3.3465	3.3457	3.3460	3.3452		3.3465	3.3456		3.3465	3.3459		3.3467	3.3461	
90	3.5433	3.5425	3.5428	3.5420		3.5433	3.5424		3.5433	3.5427		3.5435	3.5429	
95	3.7402	3.7394	3.7397	3.7389		3.7402	3.7393		3.7402	3.7396		3.7404	3.7398	
100	3.9370	3.9362	3.9365	3.9357	13L	3.9370	3.9361	9L	3.9370	3.9364	6L	3.9372	3.9366	
105	4.1339	4.1331	4.1334	4.1326	3T	4.1339	4.1330	8T	4.1339	4.1333	8T	4.1341	4.1335	
110	4.3307	4.3299	4.3302	4.3294		4.3307	4.3298		4.3307	4.3301		4.3309	4.3303	
115	4.5276	4.5268	4.5271	4.5263		4.5276	4.5267		4.5276	4.5270		4.5278	4.5272	
120	4.7244	4.7236	4.7239	4.7231		4.7244	4.7235		4.7244	4.7238		4.7246	4.7240	
125	4.9213	4.9203	4.9207	4.9198		4.9213	4.9203		4.9213	4.9206		4.9216	4.9209	
130	5.1181	5.1171	5.1175	5.1166		5.1181	5.1171		5.1181	5.1174		5.1184	5.1177	
140	5.5118	5.5108	5.5112	5.5103		5.5118	5.5108		5.5118	5.5111		5.5121	5.5114	
150	5.9055	5.9045	5.9049	5.9040	15L	5.9055	5.9045	10L	5.9055	5.9048	7L	5.9058	5.9051	
160	6.2992	6.2982	6.2986	6.2977	4T	6.2992	6.2982	10T	6.2992	6.2985	10T	6.2995	6.2988	
170	6.6929	6.6919	6.6923	6.6914		6.6929	6.6919		6.6929	6.6922		6.6932	6.6925	
180	7.0866	7.0856	7.0860	7.0851		7.0866	7.0856		7.0866	7.0859		7.0869	7.0862	
190	7.4803	7.4791	7.4797	7.4786		7.4803	7.4792		7.4803	7.4795		7.4806	7.4798	
200	7.8740	7.8728	7.8734	7.8723		7.8740	7.8729		7.8740	7.8732		7.8743	7.8735	
220	8.6614	8.6602	8.6608	8.6597	17L 6T	8.6614	8.6603	11L 12T	8.6614	8.6606	8L 12T	8.6617	8.6609	
240	9.4488	9.4476	9.4482	9.4471		9.4482	9.4477		9.4488	9.4480		9.4491	9.4483	
250	9.8425	9.8413	9.8419	9.8408		9.8425	9.8414		9.8425	9.8417		9.8428	9.8420	
260	10.2362	10.2348	10.2355	10.2343		10.2362	10.2349		10.2362	10.2353		10.2365	10.2356	
280	11.0236	11.0222	11.0229	11.0217		11.0236	11.0223		11.0236	11.0225		11.0239	11.0230	
300	11.8110	11.8096	11.8103	11.8091	19L 7T	11.8110	11.8097	13L 14T	11.8110	11.8101	9L 14T	11.8113	11.8104	
310	12.2047	12.2033	12.2040	12.2028		12.2047	12.2034		12.2047	12.2038		12.2050	12.2041	
320	12.5984	12.5968	12.5977	12.5963		12.5984	12.5970		12.5984	12.5974		12.5987	12.5977	
340	13.3858	13.3842	13.3851	13.3837		13.3858	13.3844		13.3858	13.3848		13.3861	13.3851	
350	13.7795	13.7779	13.7788	13.7774		13.7795	13.7781		13.7794	13.7785		13.7798	13.7788	
360	14.1732	14.1716	14.1725	14.1711	21L 9T	14.1732	14.1716	14L 16T	14.1732	14.1722	10L 16T	14.1735	14.1725	
380	14.9606	14.9590	14.9599	14.9585		14.9616	14.9592		14.9616	14.9596		14.9609	14.9599	
400	15.7480	15.7464	15.7473	15.7459		15.7480	15.7466		15.7480	15.7464		15.7483	15.7473	
420	16.5354	16.5336	16.5346	16.5330		16.5354	16.5338		16.5354	16.5343		16.5357	16.5346	
440	17.3228	17.3210	17.3220	17.3186		17.3228	17.3212		17.3228	17.3217		17.3231	17.3220	
460	18.1102	18.1084	18.1094	18.1060	24L 10T	18.1102	18.1086	16L 18T	18.1102	18.1091	11L 18T	18.1105	18.1094	
480	18.8976	18.8958	18.8968	18.8952		18.8976	18.8960		18.8976	18.8965		18.8979	18.8968	
500	19.6850	19.6832	19.6842	19.6826		19.6850	19.6834		19.6850	19.6839		19.6853	19.6842	

Nota: T indica ajuste con apriete y L con holgura

Diámetro agujero del rodamiento			g5			h6			h5			j5		
			Diámetro eje		Ajuste en 0.0001*	Diámetro eje		Ajuste en 0.0001*	Diámetro eje		Ajuste en 0.0001*	Diámetro eje		Ajuste en 0.0001*
Pulgadas			máx	mín		máx	mín		máx	mín		máx	mín	
mm	máx	mín	máx	mín		máx	mín		máx	mín		máx	mín	
530	20.8661	20.8641	20.8652	20.8635	26L 11T	20.8661	20.8644	17L 20T						
560	22.0472	22.0452	22.0463	22.0446		22.0472	22.0455							
600	23.6220	23.6200	23.6211	23.6194	29L 21T	23.6220	23.6203	20L 30T						
630	24.8031	24.8011	24.8022	24.8005		24.8031	24.8614							
660	25.9843	25.9813	25.9834	25.9814	32L 29T	25.9833	25.9823	22L 39T						
670	26.3780	26.3750	26.3771	26.3751		26.3780	26.3760							
710	27.9528	27.9498	27.9519	27.9499	37L 38T	27.9528	27.9508	26L 49T						
750	29.5276	29.5246	29.5267	29.5247		29.5276	29.5256							
780	30.7087	30.7057	30.7078	30.7058	32L 29T	30.7087	30.7067	22L 39T						
800	31.4961	31.4931	31.4952	31.4932		31.4962	31.4941							
850	33.4646	33.4607	33.4636	33.4614	37L 38T	33.4645	33.4624	26L 49T						
900	35.4331	35.4292	35.4321	35.4299		35.4331	35.4309							
950	37.4016	37.3977	37.4006	37.3984	32L 29T	37.4016	37.3994	22L 39T						
1000	39.3701	39.3662	39.3691	39.3669		39.3701	39.3679							
1060	41.7323	41.7274	41.7312	41.7286	37L 38T	41.7323	41.7297	26L 49T						
1120	44.0945	44.0896	44.0934	44.0908		44.0945	44.0919							
1180	46.4567	46.4518	46.4556	46.4530	32L 29T	46.4227	46.4541	26L 49T						
1250	49.2126	49.2077	49.2115	49.2089		49.2126	49.2100							

Nota: T indica ajuste con apriete y L con holgura

# Ajustes recomendados, dimensiones en pulgadas

Diam. aguj. del rod. mm	j6		Ajuste en 0.0001"	k5		Ajuste en 0.0001"	k6		Ajuste en 0.0001"	m5		Ajuste en 0.0001"	m6		Ajuste en 0.0001"		
	Diámetro eje			Diámetro eje			Diámetro eje			Diámetro eje			Diámetro eje				
	máx	min		máx	min		máx	min		máx	min		máx	min			
4	0.1577	0.1574	1L 5T	0.1577	0.1575	0T 5T	0.1579	0.1575	0T 7T	0.1579	0.1577	2T 7T	0.1580	0.1577	2T 8T		
5	0.1971	0.1968		0.1971	0.1969		0.1973	0.1969		0.1973	0.1971		0.1974	0.1971		0.1974	0.1971
6	0.2364	0.2361		0.2364	0.2362		0.2363	0.2362		0.2363	0.2362		0.2364	0.2364		0.2364	0.2364
7	0.2759	0.2755	1L 6T	0.2759	0.2756	0T 65T	0.2760	0.2756	0T 7T	0.2761	0.2758	2T 8T	0.2762	0.2758	2T 9T		
8	0.3153	0.3149		0.3153	0.3150		0.3155	0.3150		0.3155	0.3152		0.3157	0.3152		0.3157	0.3152
9	0.3546	0.3542		0.3546	0.3543		0.3547	0.3543		0.3547	0.3543		0.3548	0.3545		0.3548	0.3545
10	0.3940	0.3936		0.3940	0.3937		0.3941	0.3937		0.3941	0.3937		0.3942	0.3939		0.3942	0.3939
12	0.4727	0.4723	1L 6T	0.4728	0.4724	0T 7T	0.4729	0.4724	0T 8T	0.4730	0.4727	3T 9T	0.4731	0.4727	3T 10T		
15	0.5909	0.5905		0.5910	0.5906		0.5911	0.5906		0.5911	0.5909		0.5912	0.5909		0.5912	0.5909
17	0.6696	0.6692		0.6697	0.6693		0.6698	0.6693		0.6698	0.6693		0.6699	0.6696		0.6699	0.6696
20	0.7878	0.7872	2L 8T	0.7878	0.7875	1T 8T	0.7880	0.7875	1T 10T	0.7881	0.7877	3T 11T	0.7882	0.7877	3T 12T		
25	0.9847	0.9841		0.9847	0.9844		0.9849	0.9844		0.9849	0.9846		0.9850	0.9846		0.9850	0.9846
30	1.1815	1.1809		1.1815	1.1812		1.1817	1.1812		1.1817	1.1814		1.1818	1.1814		1.1818	1.1814
35	1.3784	1.3778	2L 9T	1.3785	1.3781	1T 10T	1.3787	1.3781	1T 12T	1.3788	1.3784	4T 13T	1.3790	1.3784	4T 15T		
40	1.5752	1.5746		1.5753	1.5749		1.5755	1.5749		1.5755	1.5752		1.5756	1.5752		1.5756	1.5752
45	1.7721	1.7715		1.7722	1.7718		1.7724	1.7718		1.7724	1.7721		1.7725	1.7721		1.7725	1.7721
50	1.9689	1.9683		1.9690	1.9686		1.9692	1.9686		1.9692	1.9686		1.9693	1.9689		1.9693	1.9689
55	2.1658	2.1651	3L 11T	2.1660	2.1655	1T 12T	2.1662	2.1655	1T 14T	2.1664	2.1659	5T 16T	2.1666	2.1658	4T 18T		
60	2.3626	2.3619		2.3628	2.3623		2.3630	2.3623		2.3630	2.3627		2.3632	2.3627		2.3632	2.3627
65	2.5595	2.5588		2.5597	2.5592		2.5599	2.5592		2.5599	2.5596		2.5601	2.5596		2.5601	2.5596
70	2.7563	2.7556		2.7565	2.7560		2.7567	2.7560		2.7567	2.7564		2.7569	2.7564		2.7569	2.7564
75	2.9532	2.9525		2.9534	2.9529		2.9536	2.9529		2.9536	2.9533		2.9538	2.9533		2.9538	2.9533
80	3.1500	3.1493		3.1502	3.1497		3.1504	3.1497		3.1504	3.1501		3.1506	3.1501		3.1506	3.1501
85	3.3470	3.3461	4L 13T	3.3472	3.3466	1T 15T	3.3475	3.3466	1T 18T	3.3476	3.3470	5T 19T	3.3479	3.3470	5T 22T		
90	3.5438	3.5429		3.5440	3.5434		3.5443	3.5434		3.5443	3.5438		3.5444	3.5438		3.5444	3.5438
95	3.7407	3.7398		3.7409	3.7403		3.7412	3.7403		3.7412	3.7407		3.7413	3.7407		3.7413	3.7407
100	3.9375	3.9366		3.9377	3.9371		3.9380	3.9371		3.9380	3.9375		3.9381	3.9375		3.9381	3.9375
105	4.1344	4.1335		4.1346	4.1340		4.1349	4.1340		4.1349	4.1344		4.1350	4.1344		4.1350	4.1344
110	4.3312	4.3303		4.3314	4.3308		4.3317	4.3308		4.3317	4.3312		4.3318	4.3312		4.3318	4.3312
115	4.5281	4.5272		4.5283	4.5277		4.5286	4.5277		4.5286	4.5281		4.5287	4.5281		4.5287	4.5281
120	4.7249	4.7240		4.7251	4.7245		4.7254	4.7245		4.7254	4.7249		4.7255	4.7249		4.7255	4.7249
125	4.9219	4.9209	4L 16T	4.9221	4.9214	1T 18T	4.9224	4.9214	1T 21T	4.9226	4.9219	6T 23T	4.9229	4.9219	6T 26T		
130	5.1187	5.1177		5.1189	5.1182		5.1192	5.1182		5.1192	5.1187		5.1194	5.1187		5.1194	5.1187
140	5.5124	5.5114		5.5126	5.5119		5.5129	5.5119		5.5129	5.5124		5.5131	5.5124		5.5131	5.5124
150	5.9061	5.9051		5.9063	5.9056		5.9066	5.9056		5.9066	5.9061		5.9068	5.9061		5.9068	5.9061
160	6.2998	6.2988		6.3000	6.2993		6.3003	6.2993		6.3003	6.2998		6.3005	6.2998		6.3005	6.2998
170	6.6935	6.6925		6.6937	6.6930		6.6940	6.6930		6.6940	6.6935		6.6942	6.6935		6.6942	6.6935
180	7.0872	7.0862		7.0874	7.0867		7.0877	7.0867		7.0877	7.0872		7.0879	7.0872		7.0879	7.0872
190	7.4809	7.4798		6L 18T	7.4812		7.4805	2T 21T		7.4817	7.4805		2T 26T	7.4818		7.4810	7T 27T
200	7.8746	7.8735	7.8749		7.8742	7.8754	7.8742		7.8754	7.8747	7.8755	7.8747		7.8755	7.8747		
220	8.6620	8.6609	8.6623		8.6616	8.6628	8.6616		8.6628	8.6621	8.6629	8.6621		8.6629	8.6621		
240	9.4494	9.4483	9.4497		9.4490	9.4502	9.4490		9.4502	9.4495	9.4503	9.4495		9.4503	9.4495		
250	9.8431	9.8420	9.8434	9.8427	9.8439	9.8427	9.8439	9.8432	9.8440	9.8432	9.8440	9.8432					
260	10.2368	10.2356	6L 20T	10.2373	10.2364	2T 25T	10.2376	10.2364	2T 28T	10.2379	10.2370	8T 31T	10.2382	10.2370	8T 34T		
280	11.0241	11.0230		11.0247	11.0238		11.0250	11.0238		11.0250	11.0244		11.0253	11.0244		11.0253	11.0244
300	11.8116	11.8104		11.8121	11.8112		11.8124	11.8112		11.8124	11.8118		11.8127	11.8118		11.8127	11.8118
310	12.2053	12.2041		12.2058	12.2049		12.2061	12.2049		12.2061	12.2055		12.2064	12.2055		12.2064	12.2055
320	12.5991	12.5977	7L 23T	12.5995	12.5986	2T 27T	12.6000	12.5986	2T 32T	12.6002	12.5992	8T 34T	12.6006	12.5992	8T 38T		
340	13.3865	13.3851		13.3869	13.3860		13.3874	13.3860		13.3874	13.3866		13.3876	13.3866		13.3876	13.3866
350	13.7802	13.7788		13.7806	13.7797		13.7811	13.7797		13.7811	13.7803		13.7813	13.7803		13.7813	13.7803
360	14.1739	14.1725		14.1743	14.1734		14.1748	14.1734		14.1748	14.1740		14.1750	14.1740		14.1750	14.1740
380	14.9613	14.9599		14.9617	14.9608		14.9622	14.9608		14.9622	14.9614		14.9624	14.9614		14.9624	14.9614
400	15.7487	15.7473		15.7491	15.7482		15.7496	15.7482		15.7496	15.7488		15.7498	15.7488		15.7498	15.7488
420	16.5362	16.5346	8L 26T	16.5367	16.5356	2T 31T	16.5372	16.5356	2T 36T	16.5374	16.5363	9T 38T	16.5379	16.5363	9T 43T		
440	17.3236	17.3220		17.3241	17.3230		17.3246	17.3230		17.3246	17.3237		17.3248	17.3237		17.3248	17.3237
460	18.1110	18.1094		18.1115	18.1104		18.1120	18.1104		18.1120	18.1111		18.1122	18.1111		18.1122	18.1111
480	18.8984	18.8968		18.8989	18.8978		18.8994	18.8978		18.8994	18.8985		18.8996	18.8985		18.8996	18.8985
500	19.6858	19.6842	19.6863	19.6852	19.6873	19.6852	19.6873	19.6859	19.6870	19.6859	19.6870	19.6859					

Nota: T indica ajuste con apriete y L con holgura

Diam. aguj. del rod. mm	j6		Ajuste en 0.0001*	k5		Ajuste en 0.0001*	k6		Ajuste en 0.0001*	m5		Ajuste en 0.0001*	m6		Ajuste en 0.0001*
	Diámetro eje			Diámetro eje			Diámetro eje			Diámetro eje			Diámetro eje		
	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín			
530	20.8670	20.8652	9L 29T	20.8673	20.8661	0T 32T	20.8678	20.8661	0T 37T	20.8683	20.8671	10T 42T			
560	22.0481	22.0461		22.0484	22.0472		22.0489	22.0472		22.0494	22.0482		22.0494	22.0482	
600	23.6229	23.6211	10L 40T	23.6232	23.6220	0T 44T	23.6237	23.6220	0T 50T	23.6242	23.6230	12T 56T			
630	24.8040	24.8012		24.8063	24.8031		24.8048	24.8031		24.8053	24.8041		24.8053	24.8041	
660	25.9853	25.9833	11L 50T	25.9857	25.9843	0T 55T	25.9863	25.9843	0T 61T	25.9869	25.9855	13T 68T			
670	26.3790	26.3770		26.3794	26.3780		26.3800	26.3780		26.3806	26.3792		26.3806	26.3792	
710	27.9538	27.9518	13L 62T	27.9542	27.9528	0T 67T	27.9448	27.9528	0T 75T	27.9544	27.9540	16T 83T			
750	29.5316	29.5266		29.5290	29.5276		29.5296	29.5276		29.5302	29.5288		29.5302	29.5288	
780	30.7127	30.7077	11L 50T	30.7101	30.7087	0T 55T	30.7101	30.7087	0T 61T	30.7113	30.7099	13T 68T			
800	31.5001	31.4951		31.4975	31.4961		31.4982	31.4961		31.4987	31.4973		31.4987	31.4973	
850	33.4657	33.4635	11L 50T	33.4662	33.4646	0T 55T	33.4668	33.4646	0T 61T	33.4675	33.4659	13T 68T			
900	35.4342	35.4320		35.4347	35.4331		35.4343	35.4331		35.4360	35.4344		35.4360	35.4344	
950	37.4066	37.4005	13L 62T	37.4032	37.4016	0T 67T	37.4038	37.4016	0T 75T	37.4045	37.4029	16T 83T			
1000	39.3751	39.3690		39.3717	39.3701		39.3723	39.3701		39.3730	39.3714		39.3730	39.3714	
1060	41.7385	41.7310	13L 62T	41.7341	41.7323	0T 67T	41.7349	41.7323	0T 75T	41.7357	41.7339	16T 83T			
1120	44.1007	44.0932		44.0963	44.0945		44.0971	44.0945		44.0979	44.0961		44.0979	44.0961	
1180	46.4629	46.4554	13L 62T	46.4585	46.4567	0T 67T	46.4593	46.4567	0T 75T	46.4601	46.4583	16T 83T			
1250	49.2188	49.2113		49.2144	49.2126		49.2152	49.2126		49.2160	49.2142		49.2160	49.2142	

Nota: T indica ajuste con apriete y L con holgura

## Ajustes recomendados, dimensiones en pulgadas

Diam. aguj. del rod. mm	n6			p6			r6			r7		
	Diámetro eje		Ajuste en 0.0001"									
	máx	mín		máx	mín		máx	mín		máx	mín	
4	0.1581	0.1578										
5	0.1975	0.1972	3T									
6	0.2365	0.2365	9T									
7	0.2763	0.2760										
8	0.3157	0.3154	4T									
9	0.3550	0.3552	10T									
10	0.3944	0.3946										
12	0.4733	0.4729										
15	0.5915	0.5911	5T									
17	0.6702	0.6692	12T									
20	0.7885	0.7880										
25	0.9854	0.9849	6T									
30	1.1822	1.1817	15T									
35	1.3793	1.3787										
40	1.5761	1.5655	7T									
45	1.7730	1.7724	18T									
50	1.9698	1.9692										
55	2.1669	2.1662										
60	2.3637	2.3630										
65	2.5606	2.5599	8T									
70	2.7574	2.7567	21T									
75	2.9543	2.9536										
80	3.1511	3.1504										
85	3.3483	3.3474		3.3488	3.3480							
90	3.5451	3.5442		3.5456	3.5448							
95	3.7420	3.7411		3.7425	3.7417							
100	3.9388	3.9379	9T	3.9393	3.9385	15T						
105	4.1357	4.1348	26T	4.1364	4.1354	31T						
110	4.3325	4.3316		4.3330	4.3322							
115	4.5294	4.5285		4.5299	4.5291							
120	4.7262	4.7253		4.7267	4.7259							
125	4.9233	4.9224		4.9240	4.9230		4.9248	4.9239				
130	5.1201	5.1192		5.1208	5.1198		5.1216	5.1207				
140	5.5138	5.5129		5.5145	5.5135		5.5153	5.5144				
150	5.9075	5.9066	11T	5.9082	5.9072	17T	5.9090	5.9081	26T			
160	6.3012	6.3003	30T	6.3019	6.3009	37T	6.3027	6.3018	45T			
170	6.6949	6.6940		6.6956	6.6946		6.6964	6.6955				
180	7.0886	7.0877		7.0893	7.0883		7.0901	7.0892				
190	7.4827	7.4815		7.4834	7.4823		7.4845	7.4833	30T			
200	7.8764	7.8752		7.8771	7.8760		7.8782	7.8770	54T			
220	8.6638	8.6626	12T 36T	8.6645	8.6634	20T 43T	8.6657	8.6645	31T/55T	8.6664	8.6645	31T/62T
240	9.4512	9.4500		9.4519	9.4508		9.4532	9.4521	33T	9.4539	9.4521	33T
250	9.8449	9.8437		9.8456	9.8445		9.8469	9.8458	56T	9.8476	9.4858	63T
260	10.2388	10.2375		10.2397	10.2384		10.2412	10.2399	37T	10.2419	10.2399	31T
280	11.0262	11.0249		11.0271	11.0258		11.0286	11.0273	64T	11.0293	11.0273	71T
300	11.8136	11.8123	13T	11.8145	11.8132	22T	11.8161	11.8149	39T	11.8169	11.8149	39T
310	12.2073	12.2060	40T	12.2082	12.2069	49T	12.2098	12.2086	65T	12.2102	12.2086	73T
320	12.6013	12.5999		12.6023	12.6008		12.6041	12.6027	43T	12.6049	12.6027	43T
340	13.3887	13.3873		13.3987	13.3882		13.3915	13.3901	73T	13.3923	13.3901	81T
350	13.7824	13.7810		13.7834	13.7819		13.7852	13.7838		13.7860	13.7838	
360	14.1761	14.1747	15T	14.1771	14.1756	24T	14.1791	14.1777	45T	14.1799	14.1777	45T
380	14.9635	14.9621	45T	14.9645	14.9630	55T	14.9665	14.9651	75T	14.9673	14.9651	83T
400	15.7509	15.7495		15.7519	15.7504		15.7539	15.7525		15.7547	15.7525	
420	16.5385	16.5370		16.5397	16.5381		16.5419	16.5404	50T	16.5428	16.5404	50T
440	17.3259	17.3244		17.3271	17.3255		17.3293	17.3278	83T	17.3302	17.3278	92T
460	18.1133	18.1118	16T	18.1145	18.1129	27T	18.1170	18.1154	52T	18.1179	18.1154	52T
480	18.9007	18.8992	49T	18.9019	18.9003	61T	18.9044	18.9028	86T	18.9053	18.9028	95T
500	19.6881	19.6866		19.6893	19.6877		19.6918	19.6902		19.6927	19.6902	

Nota: T indica ajuste con apriete y L con holgura

Diam. aguj. del rod. mm	n6			p6			r6			r7		
	Diámetro eje		Ajuste en 0.0001*									
	máx	mín		máx	mín		máx	mín		máx	mín	
530 560	20.8686 22.0507	20.8678 22.0489	17T 55T	20.8709 22.0520	20.8692 22.0503	31T 68T	20.8737 22.0548	20.8720 23.0531	59T 96T	20.8748 22.0559	20.8720 22.0531	59T 107T
600 630	23.6255 24.8066	23.6237 24.8048		23.6268 24.8079	23.6251 24.8062		23.6298 24.8109	23.6281 24.8092	61T 98T	23.6309 24.8120	23.6281 24.8092	61T 109T
660 670 710	25.9682 26.3819 27.9567	25.9663 26.3800 27.9548	20T 69T	25.9897 26.3834 27.9582	25.9878 26.3815 27.9563	35T 84T	25.9932 26.3869 27.9617	25.9912 28.3849 27.9597	69T 119T	25.9943 26.3880 27.9628	25.9912 26.3849 27.9597	69T 130T
750 780 800	29.5315 30.7126 31.5000	29.5296 30.7107 31.4981		29.5330 30.7141 31.5015	29.5311 30.7122 31.4996		29.5369 30.7180 31.5054	29.5349 30.7160 31.5034	73T 123T	29.5380 30.7191 31.5065	29.5349 30.7160 31.5034	73T 134T
850 900	33.4690 35.4375	33.4668 35.4343	22T 83T	33.4706 35.4391	33.4685 35.4370	39T 100T	33.4751 35.4436	33.4729 35.4414	83T 144T	33.4764 35.4449	33.4729 35.4414	83T 157T
950 1000	37.4080 39.3745	37.4038 39.3723		37.4076 39.3761	37.4055 39.3740		37.4125 39.3810	37.4103 37.3788	87T 148T	37.4138 39.3823	37.4103 39.3788	87T 161T
1060 1120	41.7375 44.0997	41.7359 44.0971	26T 101T	41.7395 44.1017	41.7370 44.0992	47T 122T	41.7447 44.1069	41.7421 44.1043	98T 173T	41.7463 44.1085	41.7421 44.1043	98T 189T
1180 1250	46.4619 49.2178	46.4593 49.2152		46.4639 49.2198	46.4614 49.2173		46.4694 49.2253	46.4669 49.2228	102T 177T	46.4710 49.2270	46.4669 49.2228	102T 193T

Nota: T indica ajuste con apriete y L con holgura

## Ajustes recomendados

### Ajustes para alojamientos de fundición y acero

#### Rodamientos radiales – alojamientos enterizos

Condiciones de la aplicación	Ejemplos	Tolerancia	Desplazamiento del aro exterior
<b>Carga rotativa sobre el aro exterior</b>			
Cargas pesadas sobre rodamientos en alojamientos de paredes delgadas, cargas de choque elevadas ( $P > 0,12 C$ )	Cubos de rueda con rodamientos de rodillos, cabezas de biela	P7	no es posible
Cargas normales o elevadas ( $P > 0,06 C$ )	Cubos de rueda con rodamientos de bolas, cabezas de biela, ruedas de translación en grúas	N7	no es posible
Cargas ligeras o variables ( $P \leq 0,06 C$ )	Rodillos transportadores, poleas para cable, poleas tensoras	M7	no es posible
<b>Dirección indeterminada de la carga</b>			
Cargas de choque elevadas	Motores eléctricos de tracción	M7	no es posible
Cargas normales o elevadas ( $P > 0,06 C$ ), no es necesario que pueda desplazarse el aro exterior	Motores eléctricos, bombas, rodamientos de soporte para cigüeñales	K7	no es posible en general
<b>Giro exacto o silencioso<sup>1)</sup></b>			
	Motores eléctricos pequeños	J6 <sup>2)</sup>	es posible

<sup>1)</sup> Para rodamientos de gran precisión se aplican otras recomendaciones, ver el catálogo SKF "Rodamientos de precisión"

<sup>2)</sup> Cuando se precise que el aro exterior pueda desplazarse fácilmente, usar H6 en lugar de J6

## Ajustes para alojamientos de fundición y acero (continuación)

### Rodamientos radiales – alojamientos partidos o enterizos

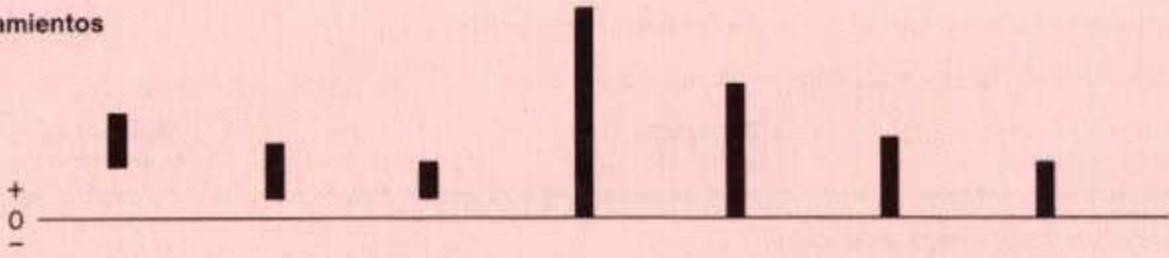
Condiciones de la aplicación	Ejemplos	Tolerancia	Desplazamiento del aro exterior
<b>Dirección indeterminada de la carga</b>			
Cargas ligeras y normales ( $P \leq 0,12 C$ ), es deseable que el aro exterior pueda desplazarse axialmente	Máquinas eléctricas de tamaño mediano, bombas, rodamientos de soporte para cigüeñales	J7	es posible en general
<b>Carga fija sobre el aro exterior</b>			
Cargas de todas clases	Aplicaciones en general, cajas de grasa para material ferroviario	H7 <sup>1)</sup>	es posible
Cargas ligeras y normales ( $P \leq 0,12 C$ )	Construcciones mecánicas en general	H8	es posible
Transmisión de calor a través del eje	Cilindros secadores, grandes máquinas eléctricas con rodamientos de rodillos a rótula	G7 <sup>2)</sup>	es posible
<p>1) Para rodamientos grandes (<math>D &gt; 250</math> mm) y diferencias de temperatura <math>&gt; 10</math> °C entre aro exterior y soporte, debe usarse G7 en lugar de H7</p> <p>2) Para rodamientos grandes (<math>D &gt; 250</math> mm) y diferencias de temperatura <math>&gt; 10</math> °C entre aro exterior y soporte, debe usarse F7 en lugar en G7</p>			

### Rodamientos axiales

Condiciones de la aplicación	Tolerancia	Observaciones
<b>Cargas axiales puras</b>		
Rodamientos axiales de bolas	H8	En las aplicaciones de menor precisión, puede haber hasta 0,001 D de holgura radial
Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos	H7 (H9)	
Coronas axiales de rodillos cilíndricos	H10	
Rodamientos axiales de rodillos a rótula, cuando se usa otro rodamiento para fijación radial	–	La arandela de soporte se monta con una holgura radial de hasta 0,001 D
<b>Cargas radiales y axiales combinadas en rodamientos axiales de rodillos a rótula</b>		
Carga fija sobre la arandela de alojamiento	H7	
Carga rotativa sobre la arandela de alojamiento	M7	

## Ajustes recomendados

### Ajustes en alojamientos

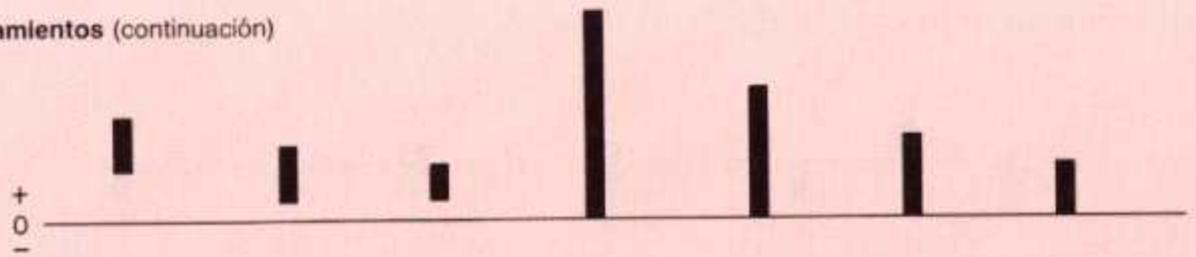


### Alojamiento Rodamiento Desviaciones del diámetro interior del alojamiento, ajustes resultantes

Diámetro del agujero D	Tolerancia diámetro exterior $\Delta_{Dmp}$	Desviaciones (diámetro int. del alojamiento)															
		Tolerancias		F7		G7		G6		H10		H9		H8		H7	
Nominal más hasta de incl.	sup. inf.	Apriete/holgura teóricos															
		Apriete/holgura probables															
mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$															
6	10	0	-8	+13	+28	+5	+20	+5	+14	0	+58	0	+36	0	+22	0	+15
				-13	-36	-5	-28	-5	-22	0	-66	0	-44	0	-30	0	-23
				-16	-33	-8	-25	-7	-20	-3	-63	-3	-41	-3	-27	-3	-20
10	18	0	-8	+16	+34	+6	+24	+6	+17	0	+70	0	+43	0	+27	0	+18
				-16	-42	-6	-32	-6	-25	0	-78	0	-51	0	-35	0	-26
				-19	-39	-9	-29	-8	-23	-3	-75	-3	-48	-3	-32	-3	-23
18	30	0	-9	+20	+41	+7	+28	+7	+20	0	+84	0	+52	0	+33	0	+21
				-20	-50	-7	-37	-7	-29	0	-93	0	-61	0	-42	0	-30
				-23	-47	-10	-34	-10	-26	-4	-89	-4	-57	-3	-39	-3	-27
30	50	0	-11	+25	+50	+9	+34	+9	+25	0	+100	0	+62	0	+39	0	+25
				-25	-61	-9	-45	-9	-36	0	-111	0	-73	0	-50	0	-36
				-29	-57	-13	-41	-12	-33	-5	-106	-5	-68	-4	-46	-4	-32
50	80	0	-13	+30	+60	+10	+40	+10	+29	0	+120	0	+74	0	+46	0	+30
				-30	-73	-10	-53	-10	-42	0	-133	0	-87	0	-59	0	-43
				-35	-68	-15	-48	-14	-38	-6	-127	-5	-82	-5	-54	-5	-38
80	120	0	-15	+36	+71	+12	+47	+12	+34	0	+140	0	+87	0	+54	0	+35
				-36	-86	-12	-62	-12	-49	0	-155	0	-102	0	-69	0	-50
				-41	-81	-17	-57	-17	-44	-7	-148	-6	-96	-6	-63	-5	-45
120	150	0	-18	+43	+83	+14	+54	+14	+39	0	+160	0	+100	0	+63	0	+40
				-43	-101	-14	-72	-14	-57	0	-178	0	-118	0	-81	0	-58
				-50	-94	-21	-65	-20	-51	-8	-170	-8	-110	-7	-74	-7	-51
150	180	0	-25	+43	+83	+14	+54	+14	+39	0	+160	0	+100	0	+63	0	+40
				-43	-108	-14	-79	-14	-64	0	-185	0	-125	0	-88	0	-65
				-51	-100	-22	-71	-21	-57	-11	-174	-10	-115	-10	-78	-8	-57
180	250	0	-30	+50	+96	+15	+61	+15	+44	0	+185	0	+115	0	+72	0	+46
				-50	-126	-15	-91	-15	-74	0	-215	0	-145	0	-102	0	-76
				-60	-116	-25	-81	-23	-66	-13	-202	-13	-132	-12	-90	-10	-66
250	315	0	-35	+56	+108	+17	+69	+17	+49	0	+210	0	+130	0	+81	0	+52
				-56	-143	-17	-104	-17	-84	0	-245	0	-165	0	-116	0	-87
				-68	-131	-29	-92	-26	-75	-16	-229	-15	-150	-13	-103	-12	-75
315	400	0	-40	+62	+119	+18	+75	+18	+54	0	+230	0	+140	0	+89	0	+57
				-62	-159	-18	-115	-18	-94	0	-270	0	-180	0	-129	0	-97
				-75	-146	-31	-102	-29	-83	-18	-252	-17	-163	-15	-114	-13	-84
400	500	0	-45	+68	+131	+20	+83	+20	+60	0	+250	0	+155	0	+97	0	+63
				-68	-176	-20	-128	-20	-105	0	-295	0	-200	0	-142	0	-108
				-83	-161	-35	-113	-32	-93	-20	-275	-19	-181	-17	-125	-15	-93
500	630	0	-50	+76	+146	+22	+92	+22	+66	0	+280	0	+175	0	+110	0	+70
				-76	-196	-22	-142	-22	-116	0	-330	0	-225	0	-160	0	-120
				-92	-180	-38	-126	-35	-103	-22	-308	-21	-204	-19	-141	-16	-104

Los valores dados para diámetros hasta D = 150 mm inclusive no son aplicables a rodamientos de rodillos cónicos ni a rodamientos axiales

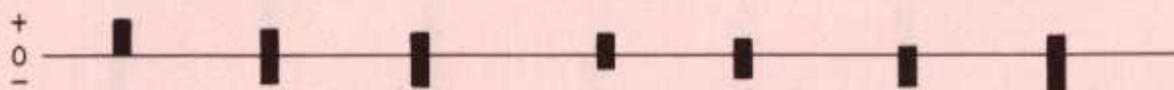
Ajustes en alojamientos (continuación)



Alojamiento		Rodamiento		Desviaciones del diámetro interior del alojamiento, ajustes resultantes													
Diámetro del agujero D		Tolerancia diámetro exterior $\Delta_{Dmp}$		Tolerancias													
				F7	G7	G6	H10	H9	H8	H7							
Nominal más de	hasta incl.	sup.	inf.	Desviaciones (diámetro int. del alojamiento)													
				Apriete/holgura teóricos						Apriete/holgura probables							
mm		$\mu m$	$\mu m$	$\mu m$													
630	800	0	-75	+80	+160	+24	+104	+24	+74	0	+320	0	+200	0	+125	0	+80
				-80	-235	-24	-179	-24	-149	0	-395	0	-275	0	-200	0	-155
				-102	-213	-46	-157	-41	-132	-33	-362	-30	-245	-27	-173	-22	-133
800	1 000	0	-100	+86	+176	+26	+116	+26	+82	0	+360	0	+230	0	+140	0	+90
				-86	-276	-26	-216	-26	-182	0	-460	0	-330	0	-240	0	-190
				-113	-249	-53	-189	-46	-162	-43	-417	-39	-291	-33	-207	-27	-163
1 000	1 250	0	-125	+98	+203	+28	+133	+28	+94	0	+420	0	+260	0	+165	0	+105
				-98	-328	-28	-258	-28	-219	0	-545	0	-385	0	-290	0	-230
				-131	-295	-61	-225	-52	-195	-53	-492	-48	-337	-41	-249	-33	-197
1 250	1 600	0	-160	+110	+235	+30	+155	+30	+108	0	+500	0	+310	0	+195	0	+125
				-110	-395	-30	-315	-30	-268	0	-660	0	-470	0	-355	0	-285
				-150	-355	-70	-275	-60	-238	-67	-593	-60	-410	-51	-304	-40	-245
1 600	2 000	0	-200	+120	+270	+32	+182	+32	+124	0	+600	0	+370	0	+230	0	+150
				-120	-470	-32	-382	-32	-324	0	-800	0	-570	0	-430	0	-350
				-170	-420	-82	-332	-67	-289	-83	-717	-74	-496	-62	-368	-50	-300
2 000	2 500	0	-250	+130	+305	+34	+209	+34	+144	0	+700	0	+440	0	+280	0	+175
				-130	-555	-34	-459	-34	-394	0	-950	0	-690	0	-530	0	-425
				-189	-496	-93	-400	-77	-351	-103	-847	-91	-599	-77	-453	-59	-366

## Ajustes recomendados

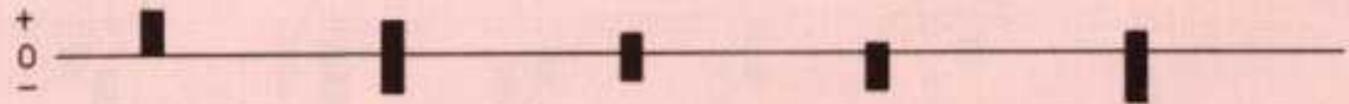
### Ajustes en alojamientos (continuación)



Alojamiento Diámetro del agujero D	Rodamiento Tolerancia diámetro exterior $\Delta_{Dmp}$	Desviaciones del diámetro interior del alojamiento, ajustes resultantes															
		Tolerancias		Desviaciones (diámetro int. del alojamiento)													
Nominal	más hasta			H6	J7	JS7	J6	JS6	K6	K7							
de	incl.	sup.	inf.	Apriete/holgura teóricos												Apriete/holgura probables	
mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$														
6	10	0	-8	0	+9	-7	+8	-7,5	+7,5	-4	+5	-4,5	+4,5	-7	+2	-10	+5
				0	-17	+7	-16	+7,5	-15,5	+4	-13	+4,5	-12,5	+7	-10	+10	-13
				-2	-15	+4	-13	+5	-13	+2	-11	+3	-11	+5	-8	+7	-10
10	18	0	-8	0	+11	-8	+10	-9	+9	-5	+6	-5,5	+5,5	-9	+2	-12	+6
				0	-19	+8	-18	+9	-17	+5	-14	+5,5	-13,5	+9	-10	+12	-14
				-2	-17	+5	-15	+6	-14	+3	-12	+3	-11	+7	-8	+9	-11
18	30	0	-9	0	+13	-9	+12	-10,5	+10,5	-5	+8	-6,5	+6,5	-11	+2	-15	+6
				0	-22	+9	-21	+10,5	-19,5	+5	-17	+6,5	-15,5	+11	-11	+15	-15
				-3	-19	+6	-18	+7	-16	+2	-14	+4	-13	+8	-8	+12	-12
30	50	0	-11	0	+16	-11	+14	-12,5	+12,5	-6	+10	-8	+8	-13	+3	-18	+7
				0	-27	+11	-25	+12,5	-23,5	+6	-21	+8	-19	+13	-14	+18	-18
				-3	-24	+7	-21	+9	-20	+3	-18	+5	-16	+10	-11	+14	-14
50	80	0	-13	0	+19	-12	+18	-15	+15	-6	+13	-9,5	+9,5	-15	+4	-21	+9
				0	-32	+12	-31	+15	-28	+6	-26	+9,5	-22,5	+15	-17	+21	-22
				-4	-28	+7	-26	+10	-23	+2	-22	+6	-19	+11	-13	+16	-17
80	120	0	-15	0	+22	-13	+22	-17,5	+17,5	-6	+16	-11	+11	-18	+4	-25	+10
				0	-37	+13	-37	+17,5	-32,5	+6	-31	+11	-26	+18	-19	+25	-25
				-5	-32	+8	-32	+12	-27	+1	-26	+6	-21	+13	-14	+20	-20
120	150	0	-18	0	+25	-14	+26	-20	+20	-7	+18	-12,5	+12,5	-21	+4	-28	+12
				0	-43	+14	-44	+20	-38	+7	-36	+12,5	-30,5	+21	-22	+28	-30
				-6	-37	+7	-37	+13	-31	+1	-30	+7	-25	+15	-16	+21	-23
150	180	0	-25	0	+25	-14	+26	-20	+20	-7	+18	-12,5	+12,5	-21	+4	-28	+12
				0	-50	+14	-51	+20	-45	+7	-43	+12,5	-37,5	+21	-29	+28	-37
				-7	-43	+6	-43	+12	-37	0	-36	+6	-31	+14	-22	+20	-29
180	250	0	-30	0	+29	-16	+30	-23	+23	-7	+22	-14,5	+14,5	-24	+5	-33	+13
				0	-59	+16	-60	+23	-53	+7	-52	+14,5	-44,5	+24	-35	+33	-43
				-8	-51	+6	-50	+13	-43	-1	-44	+6	-36	+16	-27	+23	-33
250	315	0	-35	0	+32	-16	+36	-26	+26	-7	+25	-16	+16	-27	+5	-36	+16
				0	-67	+16	-71	+26	-61	+7	-60	+16	+51	+27	-40	+36	-51
				-9	-58	+4	-59	+14	-49	-2	-51	+7	-42	+18	-31	+24	-39
315	400	0	-40	0	+36	-18	+39	-28,5	+28,5	-7	+29	-18	+18	-29	+7	-40	+17
				0	-76	+18	-79	+28,5	-68,5	+7	-69	+18	-58	+29	-47	+40	-57
				-11	-65	+5	-66	+15	-55	-4	-58	+7	-47	+18	-36	+27	-44
400	500	0	-45	0	+40	-20	+43	-31,5	+31,5	-7	+33	-20	+20	-32	+8	-45	+18
				0	-85	+20	-88	+31,5	-76,5	+7	-78	+20	-65	+32	-53	+45	-63
				-12	-73	+5	-73	+17	-62	-5	-66	+8	-53	+20	-41	+30	-48
500	630	0	-50	0	+44	-	-	-35	+35	-	-	-22	+22	-44	0	-70	0
				0	-94	-	-	+35	-85	-	-	+22	-72	+44	-50	+70	-50
				-13	-81	-	-	+19	-69	-	-	+9	-59	+31	-37	+54	-34

Los valores dados para diámetros hasta D = 150 mm inclusive no son aplicables a rodamientos de rodillos cónicos ni a rodamientos axiales.

Ajustes en alojamientos (continuación)



Alojamiento		Rodamiento		Desviaciones del diámetro interior del alojamiento, ajustes resultantes									
Diámetro del agujero D		Tolerancia diámetro exterior $\Delta_{Dmp}$		Tolerancias									
Nominal más de hasta incl.		sup.	inf.	H6	JS7	JS6	K6	K7					
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$									
				Desviaciones (diámetro int. del alojamiento)									
				Apriete/holgura teóricos									
				Apriete/holgura probables									
630	800	0	-75	0	+50	-40	+40	-25	+25	-50	0	-80	0
				0	-125	+40	-115	+25	-100	+50	-75	+80	-75
				-17	-108	+18	-93	+8	-83	+33	-58	+58	-53
800	1 000	0	-100	0	+56	-45	+45	-28	+28	-56	0	-90	0
				0	-156	+45	-145	+28	-128	+56	-100	+90	-100
				-20	-136	+18	-118	+8	-108	+36	-80	+63	-73
1 000	1 250	0	-125	0	+66	-52	+52	-33	+33	-66	0	-105	0
				0	-191	+52	-177	+33	-158	+66	-125	+105	-125
				-24	-167	+20	-145	+9	-134	+42	-101	+72	-92
1 250	1 600	0	-160	0	+78	-62	+62	-39	+39	-78	0	-125	0
				0	-238	+62	-222	+39	-199	+78	-160	+125	-160
				-30	-208	+22	-182	+9	-169	+48	-130	+85	-120
1 600	2 000	0	-200	0	+92	-75	+75	-46	+46	-92	0	-150	0
				0	-292	+75	-275	+46	-246	+92	-200	+150	-200
				-35	-257	+25	-225	+11	-211	+57	-165	+100	-150
2 000	2 500	0	-250	0	+110	-87	+87	-55	+55	-110	0	-175	0
				0	-360	+87	-337	+55	-305	+110	-250	+175	-250
				-43	-317	+28	-278	+12	-262	+67	-207	+116	-191

## Ajustes recomendados

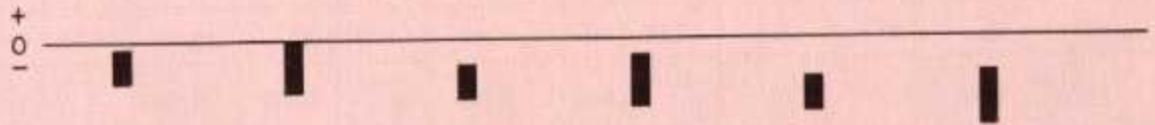
### Ajustes en alojamientos (continuación)



Alojamiento		Rodamiento		Desviaciones del diámetro interior del alojamiento, ajustes resultantes											
Diámetro del agujero D		Tolerancia diámetro exterior $\Delta_{Dmp}$		M6		M7		N6		N7		P6		P7	
Nominal	más hasta de incl.	sup.	inf.	Desviaciones (diámetro int. de alojamiento)											
				Apriete/holgura teóricos											
				Apriete/holgura probables											
mm		$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$											
6	10	0	-8	-12	-3	-15	0	-16	-7	-19	-4	-21	-12	-24	-9
				+12	-5	+15	-8	+16	-1	+19	-4	+21	+4	+24	+1
				+10	-3	+12	-5	+14	+1	+16	-1	+19	+6	+21	+4
10	18	0	-8	-15	-4	-18	0	-20	-9	-23	-5	-26	-15	-29	-11
				+15	-4	+18	-8	+20	+1	+23	-3	+26	+7	+29	+3
				+13	-2	+15	-5	+18	+3	+20	0	+24	+9	+26	+6
18	30	0	-9	-17	-4	-21	0	-24	-11	-28	-7	-31	-18	-35	-14
				+17	-5	+21	-9	+24	+2	+28	-2	+31	+9	+35	+5
				+14	-2	+18	-6	+21	+5	+25	+1	+28	+12	+32	+8
30	50	0	-11	-20	-4	-25	0	-28	-12	-33	-8	-37	-21	-42	-17
				+20	-7	+25	-11	+28	+1	+33	-3	+37	+10	+42	+6
				+17	-4	+21	-7	+25	+4	+29	+1	+34	+13	+38	+10
50	80	0	-13	-24	-5	-30	0	-33	-14	-39	-9	-45	-26	-51	-21
				+24	-8	+30	-13	+33	+1	+39	-4	+45	+13	+51	+8
				+20	-4	+25	-8	+29	+5	+34	+1	+41	+17	+46	+13
80	120	0	-15	-28	-6	-35	0	-38	-16	-45	-10	-52	-30	-59	-24
				+28	-9	+35	-15	+38	+1	+45	-5	+52	+15	+59	+9
				+23	-4	+30	-10	+33	+6	+40	0	+47	+20	+54	+14
120	150	0	-18	-33	-8	-40	0	-45	-20	-52	-12	-61	-36	-68	-28
				+33	-10	+40	-18	+45	+2	+52	-6	+61	+18	+68	+10
				+27	-4	+33	-11	+39	+8	+45	+1	+55	+24	+61	+17
150	180	0	-25	-33	-8	-40	0	-45	-20	-52	-12	-61	-36	-68	-28
				+33	-17	+40	-25	+45	-5	+52	-13	+61	+11	+68	+3
				+26	-10	+32	-17	+38	+2	+44	-5	+54	+18	+60	+11
180	250	0	-30	-37	-8	-46	0	-51	-22	-60	-14	-70	-41	-79	-33
				+37	-22	+46	-30	+51	-8	+60	-16	+70	+11	+79	+3
				+29	-14	+36	-20	+43	0	+50	-6	+62	+19	+69	+13
250	315	0	-35	-41	-9	-52	0	-57	-25	-66	-14	-79	-47	-88	-36
				+41	-26	+52	-35	+57	-10	+66	-21	+79	+12	+88	+1
				+32	-17	+40	-23	+48	-1	+54	-9	+70	+21	+76	+13
315	400	0	-40	-46	-10	-57	0	-62	-26	-73	-16	-87	-51	-98	-41
				+46	-30	+57	-40	+62	-14	+73	-24	+87	+11	+98	+1
				+35	-19	+44	-27	+51	-3	+60	-11	+76	+22	+85	+14
400	500	0	-45	-50	-10	-63	0	-67	-27	-80	-17	-95	-55	-108	-45
				+50	-35	+63	-45	+67	-18	+80	-28	+95	+10	+108	0
				+38	-23	+48	-30	+55	-6	+65	-13	+83	+22	+93	+15
500	630	0	-50	-70	-26	-96	-26	-88	-44	-114	-44	-122	-78	-148	-78
				+70	-24	+96	-24	+88	-6	+114	-6	+122	+28	+148	+28
				+57	-11	+80	-8	+75	+7	+98	+10	+109	+41	+132	+44

Los valores dados para diámetros hasta D = 150 mm inclusive no son aplicables a rodamientos de rodillos cónicos ni a rodamientos axiales

Ajustes en alojamientos (continuación)



Alojamiento		Rodamiento		Desviaciones del diámetro interior del alojamiento, ajustes resultantes											
Diámetro del agujero D		Tolerancia diámetro exterior $\Delta_{Dmp}$		Tolerancias											
Nominal más de hasta incl.		sup. inf.		M6	M7	N6	N7	P6	P7						
				Desviaciones (diámetro int. de alojamiento)											
				Apriete/holgura teóricos											
				Apriete/holgura probables											
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$											
630	800	0	-75	-80	-30	-110	-30	-100	-50	-130	-50	-138	-88	-168	-88
				+80	-45	+110	-45	+100	-25	+130	-25	+138	+13	+168	+13
				+63	-28	+88	-23	+83	-8	+108	-3	+121	+30	+146	+35
800	1 000	0	-100	-90	-34	-124	-34	-112	-56	-146	-56	-156	-100	-190	-100
				+90	-66	+124	-66	+112	-44	+146	-44	+156	0	+190	0
				+70	-46	+97	-39	+92	-24	+119	-17	+136	+20	+163	+27
1 000	1 250	0	-125	-106	-40	-145	-40	-132	-66	-171	-66	-186	-120	-225	-120
				+106	-85	+145	-85	+132	-59	+171	-59	+186	-5	+225	-5
				+82	-61	+112	-52	+108	-35	+138	-26	+162	+19	+192	+28
1 250	1 600	0	-160	-126	-48	-173	-48	-156	-78	-203	-78	-218	-140	-265	-140
				+126	-112	+173	-112	+156	-82	+203	-82	+218	-20	+265	-20
				+96	-82	+133	-72	+126	-52	+163	-42	+188	+10	+225	+20
1 600	2 000	0	-200	-150	-58	-208	-58	-184	-92	-242	-92	-262	-170	-320	-170
				+150	-142	+208	-142	+184	-108	+242	-108	+262	-30	+320	-30
				+115	-107	+158	-92	+149	-73	+192	-58	+227	+5	+270	+20
2 000	2 500	0	-250	-178	-68	-243	-68	-220	-110	-285	-110	-305	-195	-370	-195
				+178	-182	+243	-182	+220	-140	+285	-140	+305	-55	+370	-55
				+135	-139	+184	-123	+177	-97	+226	-81	+262	-12	+311	+4

## Ajustes recomendados, dimensiones en pulgadas

Diámetro exterior del rodamiento		F7				G7				H8				H7				
mm	Pulgadas		Diámetro eje		Ajuste en 0.0001"	Diámetro eje		Ajuste en 0.0001"	Diámetro eje		Ajuste en 0.0001"	Diámetro eje		Ajuste en 0.0001"				
	máx	min	min	máx		min	máx		min	máx		min	máx					
16	0.6299	0.6296	0.6305	0.6312	16L 6L	0.6301	0.6308	12L 2L	0.6299	0.6310	14L 0	0.6299	0.6306	10L 0				
19	0.7480	0.7476	0.7488	0.7496	20L 8L	0.7483	0.7491	15L 3L	0.7480	0.7492	17L 0	0.7480	0.7488	12L 0				
22	0.8661	0.8657	0.8669	0.8677		0.8664	0.8672		0.8661	0.8673		0.8661	0.8669					
24	0.9449	0.9445	0.9457	0.9465		0.9452	0.9460		0.9449	0.9461		0.9449	0.9457					
26	1.0236	1.0232	1.0244	1.0252		1.0239	1.0247		1.0236	1.0248		1.0236	1.0244					
28	1.1024	1.1020	1.1032	1.1040		1.1027	1.1035		1.1024	1.1036		1.1024	1.1032					
30	1.1811	1.1807	1.1819	1.1827	1.1814	1.1822	1.1811	1.1823	1.1811	1.1819								
32	1.2598	1.2594	1.2606	1.2619	24L 10L	1.2602	1.2611	17L 4L	1.2598	1.2613	19L 0	1.2598	1.2608	14L 0				
35	1.3780	1.3776	1.3790	1.4000		1.3784	1.3793		1.3780	1.3795		1.3780	1.3790					
37	1.4567	1.4563	1.4577	1.4587		1.4571	1.4580		1.4567	1.4582		1.4567	1.4577					
40	1.5748	1.5758	1.5768	1.5768		1.5752	1.5761		1.5748	1.5763		1.5748	1.5758					
42	1.6535	1.6531	1.6545	1.6555		1.6539	1.6548		1.6535	1.6550		1.6535	1.6545					
47	1.8504	1.8500	1.8514	1.8524		1.8508	1.8517		1.8504	1.8519		1.8504	1.8514					
52	2.0472	2.0467	2.0484	2.0496	29L 12L	2.0476	2.0488	21L 4L	2.0472	2.0490	23L 0	2.0472	2.0484	17L 0				
55	2.1654	2.1649	2.1666	2.1678		2.1658	2.1670		2.1654	2.1672		2.1654	2.1666					
62	2.4409	2.4404	2.4421	2.4433		2.4413	2.4425		2.4409	2.4427		2.4409	2.4421					
72	2.8346	2.8341	2.8358	2.8370		2.8350	2.8362		2.8346	2.8364		2.8346	2.8358					
80	3.1493	3.1491	3.1508	3.1520		3.1500	3.1512		3.1496	3.1514		3.1496	3.1508					
85	3.3465	3.3459	3.3479	3.3493	34L 14L	3.3470	3.3484	25L 5L	3.3465	3.3486	27L 0	3.3465	3.3479	20L 0				
90	3.5433	3.5427	3.5447	3.5461		3.5438	3.5452		3.5433	3.5454		3.5433	3.5447					
100	3.9370	3.9364	3.9384	3.9398		3.9375	3.9389		3.9370	3.9391		3.9370	3.9384					
110	4.3307	4.3301	4.3321	4.3335		4.3312	4.3326		4.3307	4.3328		4.3307	4.3321					
115	4.5276	4.5270	4.5290	4.5304		4.5281	4.5295		4.5276	4.5297		4.5276	4.5290					
120	4.7244	4.7238	4.7258	4.7272		4.7249	4.7263		4.7244	4.7265		4.7244	4.7258					
125	4.9213	4.9206	4.9230	4.9246	40L 17L	4.9219	4.9234	28L 6L	4.9213	4.9238	32L 0	4.9213	4.9229	23L 0				
130	5.1181	5.1174	5.1198	5.1214		5.1187	5.1202		5.1181	5.1206		5.1181	5.1206					
140	5.5118	5.5111	5.5135	5.5151		5.5124	5.5139		5.5118	5.5143		5.5118	5.5134					
145	5.7087	5.7080	5.7104	5.7120		5.7093	5.7108		5.7087	5.7112		5.7087	5.7103					
150	5.9055	5.9048	5.9072	5.9088		5.9061	5.9076		5.9055	5.9080		5.9055	5.9071					
160	6.2992	6.2982	6.3009	6.3025	43L 17L	6.2998	6.3013	31L 6L	6.2992	6.3017	35L 0	6.2992	6.3008	26L 0				
170	6.6929	6.6919	6.6946	6.6952		6.6935	6.6950		6.6929	6.6954		6.6929	6.6945					
180	7.0868	7.0856	7.0883	7.0899		7.0872	7.0887		7.0866	7.0891		7.0866	7.0885					
190	7.4803	7.4791	7.4823	7.4841		7.4809	7.4827		7.4803	7.4831		7.4803	7.4821					
200	7.8740	7.8728	7.8760	7.8778	50L 20L	7.8746	7.8764	36L 6L	7.8740	7.8768	40L 0	7.8740	7.8758	30L 0				
210	8.2677	8.2665	8.2697	8.2715		8.2683	8.2701		8.2677	8.2705		8.2677	8.2695					
215	8.4646	8.4634	8.4666	8.4684		8.4652	8.4670		8.4646	8.4674		8.4646	8.4664					
225	8.8583	8.8571	8.8603	8.8621		8.8589	8.8607		8.8583	8.8611		8.8583	8.8601					
240	9.4488	9.4476	9.4508	9.4526		9.4494	9.4512		9.4488	9.4516		9.4488	9.4506					
250	9.8425	9.8413	9.8445	9.8463		9.8431	9.8449		9.8425	9.8453		9.8425	9.8443					
260	10.2362	10.2340	10.2384	10.2405		57L 22L	10.2369		10.2389	41L 7L		10.2362	10.2394		46L 0	10.2362	10.2382	34L 0
280	11.0236	11.0222	11.0258	11.0279			11.0243		11.0263			11.0236	11.0268			11.0236	11.0256	
300	11.8110	11.8096	11.8132	11.8153	11.8117		11.8137	11.8110	11.8142		11.8110	11.8130						
310	12.2047	12.2033	12.2069	12.2090	12.2054		12.2074	12.2047	12.2079		12.2047	12.2067						
320	12.5984	12.5968	12.6008	12.6031	63L 24L	12.5991	12.6014	46L 7L	12.5984	12.6019	51L 0	12.5984	12.6006	38L 0				
340	13.3858	13.3842	13.3882	13.3905		13.3865	13.3888		13.3858	13.3893		13.3858	13.3880					
360	14.1732	14.1716	14.1756	14.1779		14.1739	14.1762		14.1732	14.1767		14.1732	14.1754					
380	14.9606	14.9590	14.9630	14.9653		14.9613	14.9636		14.9606	14.9641		14.9606	14.9628					
400	15.7480	15.7464	15.7504	15.7527		15.7487	15.7510		15.7480	15.7515		15.7480	15.7502					
420	16.5354	16.5336	16.5381	16.5406	70L 27L	16.5362	16.5387	51L 8L	16.5354	16.5392	56L 0	16.5354	16.5387	43L 0				
440	17.3228	17.3210	17.3255	17.3280		17.3236	17.3261		17.3228	17.3266		17.3228	17.3253					
460	18.1102	18.1084	18.1129	18.1154		18.1110	18.1135		18.1102	18.1140		18.1102	18.1127					
480	18.8976	18.8958	18.9003	18.9028		18.8984	18.9009		18.8976	18.9014		18.8976	18.9001					
500	19.6850	19.6832	19.6877	19.6902		19.6858	19.6883		19.6850	19.6888		19.6850	19.6876					

Nota: T indica ajuste con apriete y L con holgura

Diámetro exterior del rodamiento			F7			G7			H8			H7		
mm	Pulgadas		Diámetro eje		Ajuste en 0.0001"	Diámetro eje		Ajuste en 0.0001"	Diámetro eje		Ajuste en 0.0001"	Diámetro eje		Ajuste en 0.0001"
	máx	min	min	máx		min	máx		min	máx		min	máx	
520	20.4724	20.4704	20.4754	20.4781	77L 30L	20.4733	20.4760	56L 9L	20.4724	20.4767	63L 0	20.4724	20.4752	48L 0
540	21.2598	21.2578	21.2628	21.2655		21.2607	21.2634		21.2598	21.2641		21.2598	21.2626	
580	22.8346	22.8326	22.8376	22.8403		22.8355	22.8382		22.8346	22.8389		22.8346	22.8374	
600	23.6220	23.6200	23.6240	23.6277		23.6229	23.6256		23.6220	23.6263		23.6220	23.6248	
620	24.4094	24.4074	24.4124	24.4153		24.4103	24.4130		24.4094	24.4137		24.4094	24.4122	
650	25.5906	25.5876	25.5937	25.5969	93L 31L	25.5915	25.5947	71L 9L	25.5906	25.5952	79L 0	25.5906	25.5937	61L 0
670	26.3780	26.3750	26.3811	26.3843		26.3789	26.3821		26.3780	26.3826		26.3780	26.3811	
680	26.7717	26.7687	26.7748	26.7770		26.7726	26.7758		26.7717	26.7763		26.7717	26.7748	
700	27.5591	27.5561	27.5622	27.5654		27.5600	27.5632		27.5591	27.5637		27.5591	27.5622	
720	28.3465	28.3435	28.3496	28.3528		28.3473	28.3506		28.3465	28.3511		28.3465	28.3496	
750	29.5276	29.5246	29.5307	29.5339		29.5285	29.5317		29.5276	29.5322		29.5276	29.5307	
780	30.7087	30.7057	30.7118	30.7150		30.7096	30.7128		30.7087	30.7133		30.7087	30.7118	
790	31.1024	31.0994	31.1055	31.1087		31.1033	31.1065		31.1024	31.1070		31.1024	31.1055	
820	32.2835	32.2796	32.2869	32.2904		108L 34L	32.2845		32.2881	85L 10L		32.2835	32.3890	
850	33.4646	33.4607	33.4680	33.4715	33.4656		33.4692	33.4646	33.4701		33.4646	33.4681		
870	34.2520	34.2481	34.2554	34.2589	34.2530		34.2566	34.2520	34.2575		34.2520	34.2555		
920	36.2205	36.2166	36.2239	36.2274	36.2215		36.2251	36.2205	36.2260		36.2205	36.2240		
950	37.4016	37.3977	37.4050	37.4085	37.4026		37.4062	37.4016	37.4071		37.4016	37.4051		
980	38.5827	38.5788	38.5861	38.5896	38.5837		38.5873	38.5827	38.5882		38.5827	38.5862		
1000	39.3701	39.3654	39.3735	39.3762	39.3739		39.3739	39.3701	39.3748		39.3701	39.3728		
1150	45.2756	45.2707	45.2794	45.2836	129L		45.2767	45.2808	101L		45.2756	45.2821	114L	45.2756
1250	49.2126	49.2077	49.2265	49.2206	39L	49.2137	49.2178	11L	49.2126	49.2191	0	49.2126	49.2167	0
1400	55.1181	55.1118	55.1224	55.1274	156L	55.1193	55.1244	126L	55.1181	55.1258	140L	55.1181	55.1230	112L
1600	62.9921	62.9858	62.9964	63.0014	43L	62.9933	62.9984	12L	62.9921	62.9998	0	62.9921	62.9970	0
1800	70.8661	70.8582	70.8708	70.8767	185L	70.8674	70.8733	151L	70.8661	70.8752	170L	70.8661	70.8720	138L
2000	78.7402	78.7323	78.7449	78.7508	47L	78.7415	78.7474	13L	78.7402	78.7493	0	78.7402	78.7461	0
2300	90.5512	90.5414	90.5563	90.5632	218L	90.5525	90.5594	180L	90.5512	90.5622	208L	90.5512	90.5581	167L
2500	98.4252	98.4154	98.4303	98.4372	51L	98.4265	98.4334	13L	98.4252	98.4362	0	98.4252	98.4321	0

Nota: T indica ajuste con apriete y L con holgura

## Ajustes recomendados, dimensiones en pulgadas

Diámetro exterior del rodamiento			H6				J6				J7				K6			
mm	Pulgadas		Diámetro eje		Ajuste en 0.0001*													
	máx	mín	mín	máx														
16	0.6299	0.6296	0.6299	0.6303	7L 0	0.6297	0.6301	5L 2T	0.6296	0.6303	7L 3T	0.6295	0.6300	4L 4T				
19	0.7480	0.7476	0.7480	0.7485	9L 0	0.7478	0.7483	7L 2T	0.7476	0.7485	9L 4T	0.7475	0.7480	4L 5T				
22	0.8661	0.8657	0.8661	0.8666		0.8659	0.8664		0.8657	0.8666		0.8656	0.8661					
24	0.9449	0.9445	0.9449	0.9454		0.9447	0.9452		0.9445	0.9454		0.9444	0.9449					
26	1.0236	1.0232	1.0236	1.0241		1.0234	1.0239		1.0232	1.0241		1.0231	1.0236					
28	1.1024	1.1020	1.1024	1.1029		1.1022	1.1027		1.1020	1.1029		1.1019	1.1024					
30	1.1811	1.1807	1.1811	1.1816	1.1809	1.1814	1.1807	1.1816	1.1806	1.1811								
32	1.2598	1.2594	1.2598	1.2504	10L 0	1.2596	1.2602	8L 2T	1.2594	1.2604	10L 4T	1.2593	1.2599	5L 5T				
35	1.3780	1.3776	1.3780	1.3786		1.3778	1.3784		1.3776	1.3786		1.3775	1.3781					
37	1.4567	1.4563	1.4567	1.4573		1.4565	1.4571		1.4563	1.4573		1.4562	1.4568					
40	1.5748	1.5744	1.5748	1.5754		1.5746	1.5752		1.5774	1.5754		1.5743	1.5749					
42	1.6535	1.6531	1.6535	1.6541		1.6533	1.6539		1.6531	1.6541		1.6530	1.6536					
47	1.8504	1.8500	1.8504	1.8510		1.8502	1.8508		1.8500	1.8510		1.8499	1.8505					
52	2.0472	2.0467	2.0472	2.0479	12L 0	2.0470	2.0477	10L 2T	2.0467	2.0479	12L 5T	2.0466	2.0474	7L 6T				
55	2.1654	2.1649	2.1654	2.1661		2.1652	2.1659		2.1649	2.1661		2.1648	2.1656					
62	2.4409	2.4404	2.4409	2.4406		2.4407	2.4414		2.4404	2.4416		2.4403	2.4411					
72	2.8346	2.8341	2.8346	2.8353		2.8344	2.8351		2.8341	2.8353		2.8340	2.8348					
80	3.1496	3.1491	3.1496	3.1503		3.1494	3.1501		3.1491	3.1503		3.1490	3.1498					
85	3.3465	3.3459	3.3465	3.3474	15L 0	3.3463	3.3471	12L 2T	3.3460	3.3474	15L 5T	3.3458	3.3467	8L 7T				
90	3.5433	3.5427	3.5433	3.5442		3.5431	3.5439		3.5428	3.5442		3.5426	3.5435					
100	3.9370	3.9364	3.9370	3.9379		3.9368	3.9376		3.9365	3.9379		3.9363	3.9372					
110	4.3307	4.3301	4.3307	4.3316		4.3305	4.3313		4.3302	4.3316		4.3300	4.3309					
115	4.5276	4.5270	4.5276	4.5283		4.5274	4.5282		4.5271	4.5285		4.5269	4.5278					
120	4.7244	4.7238	4.7244	4.7253		4.7242	4.7250		4.7239	4.7253		4.7237	4.7246					
125	4.9213	4.9206	4.9213	4.9223	17L 0	4.9210	4.9220	14L 3T	4.9207	4.9223	17L 6T	4.9205	4.9215	9L 8T				
130	5.1181	5.1174	5.1181	5.1191		5.1178	5.1188		5.1175	5.1191		5.1173	5.1183					
140	5.5118	5.5111	5.5118	5.5128		5.5115	5.5125		5.5112	5.5128		5.5110	5.5120					
145	5.7087	5.7080	5.7087	5.7097		5.7084	5.7094		5.7081	5.7097		5.7079	5.7089					
150	5.9055	5.9048	5.9055	5.9065		5.9052	5.9062		5.9049	5.9065		5.9047	5.9057					
160	6.2992	6.2982	6.2992	6.3002	20L 0	6.2989	6.2999	17L 3T	6.2986	6.3002	20L 6T	6.2984	6.2994	12L 8T				
170	6.6929	6.6919	6.6929	6.6939		6.6926	6.6936		6.6923	6.6939		6.6921	6.6931					
180	7.0868	7.0856	7.0868	7.0876		7.0863	7.0873		7.0860	7.0876		7.0858	7.0868					
190	7.4803	7.4791	7.4803	7.4814	23L 0	7.4800	7.4812	21L 3T	7.4797	7.4815	24L 6T	7.4794	7.4805	14L 9T				
200	7.8740	7.8728	7.8740	7.8751		7.8737	7.8749		7.8734	7.8752		7.8731	7.8742					
210	8.2677	8.2665	8.2677	8.2688		8.2674	8.2686		8.2671	8.2689		8.2668	8.2679					
215	8.4646	8.4634	8.4646	8.4657		8.4643	8.4655		8.4640	8.4658		8.4637	8.4648					
225	8.8583	8.8571	8.8583	8.8594		8.8580	8.8592		8.8577	8.8595		8.8574	8.8585					
240	9.4488	9.4476	9.4488	9.4499		9.4485	9.4497		9.4482	9.4500		9.4479	9.4490					
250	9.8425	9.8413	9.8425	9.8436		9.8422	9.8434		9.8419	9.8437		9.8416	9.8427					
260	10.2362	10.2348	10.2362	10.2375	27L 0	10.2359	10.2372	24L 3T	10.2356	10.2376	28L 6T	10.2351	10.2364	16L 11T				
280	11.0236	11.0222	11.0236	11.0247		11.0233	11.0246		11.0230	11.0250		11.0225	11.0238					
300	11.8110	11.8096	11.8110	11.8123		11.8107	11.8120		11.8104	11.8124		11.8099	11.8112					
310	12.2047	12.2033	12.2047	12.2060		12.2044	12.2057		12.2041	12.2061		12.2036	12.2049					
320	12.5984	12.5968	12.5984	12.5998	30L 0	12.5981	12.5995	27L 3T	12.5977	12.5999	31L 7T	12.5973	12.5987	19L 11T				
340	13.3858	13.3842	13.3858	13.3872		13.3855	13.3869		13.3851	13.3873		13.3847	13.3861					
360	14.1732	14.1716	14.1732	14.1746		14.1729	14.1743		14.1725	14.1747		14.1721	14.1735					
380	14.9606	14.9590	14.9606	14.9620		14.9603	14.9617		14.9599	14.9621		14.9595	14.9609					
400	15.7480	15.7464	15.7480	15.7494		15.7477	15.7491		15.7473	15.7495		15.7469	15.7483					
420	16.5354	16.5336	16.5354	16.5370	34L 0	16.5351	16.5367	31L 3T	16.5346	16.5371	35L 8T	16.5341	16.5357	21L 13T				
440	17.3228	17.3210	17.3228	17.3242		17.3225	17.3241		17.3220	17.3245		17.3215	17.3231					
460	18.1102	18.1084	18.1102	18.1116		18.1099	18.1115		18.1094	18.1119		18.1089	18.1105					
480	18.8976	18.8958	18.8976	18.8990		18.8973	18.8980		18.8968	18.8993		18.8963	18.8979					
500	19.6850	19.6832	19.6850	19.6866		19.6847	19.6863		19.6842	19.6867		19.6837	19.6853					

Nota: T indica ajuste con apriete y L con holgura

Diámetro exterior del rodamiento			H6			J6			J7			K6		
mm	Pulgadas		Diámetro eje		Ajuste en 0.0001*	Diámetro eje		Ajuste en 0.0001*	Diámetro eje		Ajuste en 0.0001*	Diámetro eje		Ajuste en 0.0001*
	máx	mín	mín	máx		mín	máx		mín	máx		mín	máx	
520	20.4724	20.4704	20.4724	20.4741	37L 0	20.4721	20.4739	35L 3T	20.4715	20.4743	39L 9T	20.4707	20.4724	20L 17T
540	21.2598	21.2578	21.2598	21.2515		21.2595	21.2613		21.2589	21.2617		21.2581	21.2598	
580	22.8346	22.8326	22.8346	22.8363		22.8342	22.8361		22.8337	22.8365		22.8329	22.8346	
600	23.6220	23.6200	23.6220	23.6237		23.6217	23.6235		23.6211	23.6239		23.6203	23.6220	
620	24.4094	24.4074	24.4094	24.4111		24.4091	24.4109		24.4085	24.4113		24.4077	24.4094	
650	25.5906	25.5876	25.5906	25.5926	50L 0	25.5902	25.5922	46L 4T	25.5897	25.5928	52L 9T	25.5886	25.5906	30L 20T
670	26.3780	26.3750	26.3780	26.3800		26.3776	26.3796		26.3771	26.3802		26.3760	26.3780	
680	26.7717	26.7687	26.7717	26.7737		26.7713	26.7733		26.7708	26.7739		26.7697	26.7717	
700	27.5591	27.5561	27.5591	27.5611		27.5587	27.5607		27.5582	27.5612		27.5571	27.5591	
720	28.3465	28.3435	28.3465	28.3485		28.3461	28.3481		28.3456	28.3487		28.3445	28.3465	
750	29.5276	29.5246	29.5276	29.5296		29.5272	29.5292		29.5267	29.5298		29.5256	29.5276	
780	30.7087	30.7057	30.7087	30.7107		30.7083	30.7103		30.7078	30.7109		30.7067	30.7087	
790	31.1024	31.0994	31.1024	31.1044		31.1020	31.1040		31.1015	31.1046		31.1007	31.1024	
820	32.2835	32.2796	32.2835	32.2857		61L 0	32.2831		32.2852	57L 4T		32.2825	32.2860	
850	33.4646	33.4607	33.4646	33.4668	33.4642		33.4663	33.4636	33.4671		33.4624	33.4646		
870	34.2520	34.2481	34.2520	34.2542	34.2516		34.2537	34.2510	34.2545		34.2498	34.2520		
920	36.2205	36.2166	36.2205	36.2227	36.2201		36.2222	36.2195	36.2230		36.2183	36.2205		
950	37.4016	37.3977	37.4016	37.4038	37.4012		37.4033	37.4006	37.4041		37.3994	37.4016		
980	38.5827	38.5788	38.5827	38.5849	38.5823		38.5844	38.5817	38.5852		38.5805	38.5827		
1000	39.3701	39.3662	39.3701	39.3715	39.3697		39.3711	39.3691	39.3718		39.3679	39.3693		
1150	45.2756	45.2707	45.2760	45.2782	75L		45.2752	45.2778	71L		45.2745	45.2786	79L	45.2730
1250	49.2126	49.2077	49.2126	49.2152	0	49.2122	49.2148	4T	49.2115	49.2156	11T	49.2100	49.2126	26T
1400	55.1181	55.1118	55.1181	55.1212	94L	55.1177	55.1208	90L	55.1169	55.1218	100L	55.1150	55.1181	63L
1600	62.9921	62.9858	62.9921	62.9952	0	62.9917	62.9948	4T	62.9909	62.9868	12T	62.9890	62.9921	31T
1800	70.8661	70.8582	70.8661	70.8697	115L	70.8657	70.8693	111L	70.8647	70.8977	125L	70.8625	70.8661	79L
2000	78.7402	78.7323	78.7402	78.7438	0	78.7398	78.7434	4T	78.7389	78.7448	13T	78.7366	78.7402	36T
2300	90.5512	90.5414	90.5512	90.5555	141L	90.5508	90.5551	137L	90.5499	90.5558	154L	90.5469	90.5512	98L
2500	98.4252	98.4154	98.4252	98.4295	0	98.4248	98.4291	4T	98.4239	98.4308	13T	98.4209	98.4754	43T

Nota: T indica ajuste con apriete y L con holgura

## Ajustes recomendados, dimensiones en pulgadas

Diám. exterior del rod. mm	K7			M6			M7			N6			N7		
	Diámetro eje		Ajuste en 0.0001*												
	min	máx		min	máx		min	máx		min	máx		min	máx	
16	0.6294	0.6301	5L 5T	0.6293	0.6297	1L 6T	0.6292	0.6299	3L 7T	0.6291	0.6295	1T 8T	0.6290	0.6297	1L 9T
19	0.7474	0.7482	6L 6T	0.7473	0.7478	2L 7T	0.7472	0.7480	4L 8T	0.7471	0.7476	0 9T	0.7469	0.7477	1L 11T
22	0.8655	0.8663		0.8654	0.8659		0.8653	0.8661		0.8652	0.8657		0.8650	0.8658	
24	0.9443	0.9451		0.9442	0.9447		0.9441	0.9449		0.9440	0.9445		0.9438	0.9446	
26	1.0230	1.0238		1.0229	1.0234		1.0228	1.0236		1.0227	1.0232		1.0225	1.0233	
28	1.1018	1.1026		1.1017	1.1022		1.1016	1.1024		1.1015	1.1020		1.1013	1.1021	
30	1.1805	1.1813	1.1804	1.1809	1.1803	1.1811	1.1802	1.1807	1.1800	1.1808					
32	1.2591	1.2601	7L 7T	1.2590	1.2596	2L 8T	1.2588	1.2598	4L 10T	1.2587	1.2593	1T 11T	1.2585	1.2595	1L 13T
35	1.3773	1.3783		1.3772	1.3778		1.3770	1.3780		1.3769	1.3775		1.3767	1.3777	
37	1.4560	1.4570		1.4559	1.4565		1.4557	1.4567		1.4556	1.4562		1.4554	1.4564	
40	1.5741	1.5751		1.5740	1.5748		1.5738	1.5748		1.5737	1.5743		1.5735	1.5745	
42	1.6528	1.6538		1.6527	1.6533		1.6525	1.6535		1.6524	1.6530		1.6522	1.6532	
47	1.8497	1.8507		1.8496	1.8502		1.8494	1.8504		1.8493	1.8499		1.8491	1.8501	
52	2.0464	2.0476	9L 8T	2.0462	2.0470	3L 9T	2.0460	2.0472	5L 12T	2.0459	2.0466	1T 13T	2.0457	2.0468	1L 15T
55	2.1646	2.1658		2.1644	2.1652		2.1642	2.1654		2.1641	2.1648		2.1639	2.1650	
62	2.4401	2.4413		2.4399	2.4407		2.4397	2.4409		2.4396	2.4403		2.4394	2.4405	
72	2.8338	2.8350		2.8336	2.8344		2.8334	2.8346		2.8333	2.8340		2.8331	2.8342	
80	3.1488	3.1500		3.1486	3.1494		3.1484	3.1496		3.1483	3.1490		3.1481	3.1492	
85	3.3455	3.3469	10L 10T	3.3454	3.3463	4L 11T	3.3451	3.3465	6L 14T	3.3450	3.3459	0 15T	3.3447	3.3461	2L 18T
90	3.5423	3.5437		3.5422	3.5431		3.5419	3.5433		3.5418	3.5427		3.5415	3.5429	
100	3.9360	3.9374		3.9359	3.9368		3.9356	3.9370		3.9355	3.9364		3.9352	3.9366	
110	4.3297	4.3311		4.3296	4.3305		4.3293	4.3307		4.3292	4.3301		4.3289	4.3303	
115	4.5266	4.5280		4.5265	4.5274		4.5262	4.5276		4.5261	4.5270		4.5258	4.5272	
120	4.7234	4.7248		4.7233	4.7242		4.7230	4.7244		4.7229	4.7238		4.7226	4.7240	
125	4.9202	4.9218	12L 11T	4.9200	4.9210	4L 13T	4.9197	4.9213	7L 16T	4.9195	4.9205	1T 18T	4.9195	4.9208	2L 20T
130	5.1170	5.1186		5.1168	5.1178		5.1165	5.1181		5.1163	5.1173		5.1160	5.1176	
140	5.5107	5.5123		5.5105	5.5115		5.5102	5.5118		5.5100	5.5110		5.5098	5.5113	
145	5.7076	5.7092		5.7074	5.7084		5.7071	5.7087		5.7069	5.7079		5.7068	5.7082	
150	5.9044	5.9060		5.9042	5.9052		5.9039	5.9055		5.9037	5.9047		5.9035	5.9050	
160	6.2981	6.2997	15L 11T	6.2979	6.2989	7L 13T	6.2973	6.2992	10L 16T	6.2973	6.2984	2L 18T	6.2972	6.2987	5L 20T
170	6.6918	6.6934		6.6916	6.6926		6.6913	6.6929		6.6910	6.6921		6.6909	6.6924	
180	7.0855	7.0871		7.0853	7.0863		7.0850	7.0866		7.0847	7.0858		7.0846	7.0861	
190	7.4790	7.4808	17L 13T	7.4788	7.4800	9L 15T	7.4785	7.4803	12L 18T	7.4783	7.4794	3L 20T	7.4779	7.4797	6L 24T
200	7.8727	7.8745		7.8725	7.8737		7.8722	7.8740		7.8720	7.8731		7.8716	7.8734	
210	8.2664	8.2682		8.2662	8.2674		8.2659	8.2677		8.2657	8.2668		8.2653	8.2671	
215	8.4633	8.4651		8.4631	8.4643		8.4628	8.4646		8.4626	8.4637		8.4622	8.4640	
225	8.8570	8.8588		8.8568	8.8580		8.8565	8.8583		8.8563	8.8574		8.8559	8.8577	
240	9.4475	9.4493		9.4473	9.4485		9.4470	9.4488		9.4468	9.4479		9.4464	9.4482	
250	9.8412	9.8430		9.8410	9.8422		9.8407	9.8425		9.8405	9.8416		9.8101	9.8419	
260	10.2348	10.2368	20L 14T	10.2346	10.2358	10L 16T	10.2342	10.2362	14L 20T	10.2340	10.2352	4L 22T	10.2336	10.2356	8L 26T
280	11.0222	11.0242		11.0220	11.0232		11.0216	11.0236		11.0214	11.0226		11.0210	11.0230	
300	11.8096	11.8116		11.8094	11.8106		11.8090	11.8110		11.8088	11.8100		11.8084	11.8104	
310	12.2033	12.2053		12.2031	12.2043		12.2027	12.2047		12.2025	12.2037		12.2021	12.2041	
320	12.5968	12.5991	23L 16T	12.5968	12.5980	12L 18T	12.5962	12.5984	16L 22T	12.5958	12.5974	6L 24T	12.5955	12.5978	10L 29T
340	13.3842	13.3865		13.3840	13.3854		13.3836	13.3858		13.3832	13.3848		13.3829	13.3858	
360	14.1716	14.1739		14.1714	14.1728		14.1710	14.1732		14.1706	14.1722		14.1703	14.1726	
380	14.9590	14.9613		14.9588	14.9602		14.9584	14.9606		14.9580	14.9596		14.9578	14.9600	
400	15.7464	15.7487		15.7462	15.7476		15.7458	15.7480		15.7454	15.7470		15.7452	15.7474	
420	16.5336	16.5361	25L 18T	16.5334	16.5350	14L 20T	16.5329	16.5354	18L 25T	16.5328	16.5343	7L 26T	16.5323	16.5347	11L 31T
440	17.3210	17.3235		17.3208	17.3224		17.3203	17.3228		17.3202	17.3217		17.3197	17.3221	
460	18.1084	18.1109		18.1082	18.1098		18.1077	18.1102		18.1076	18.1091		18.1071	18.1095	
480	18.8958	18.8983		18.8956	18.8972		18.8951	18.8976		18.8950	18.8965		18.8945	18.8969	
500	19.6832	19.6857		19.6830	19.6846		19.6825	19.6850		19.6824	19.6839		19.6819	19.6843	

Nota: T indica ajuste con apriete y L con holgura

Diam. exterior del rod. mm	K7			M6			M7			N6			N7		
	Diámetro eje		Ajuste en 0.0001"												
	min	máx		min	máx		min	máx		min	máx		min	máx	
520	20.4696	20.4724		20.4702	20.4714		20.4697	20.4714		20.4695	20.4709		20.4679	20.4707	
540	21.2570	21.2598		21.2576	21.2508		21.2571	21.2588		21.2569	21.2581		21.2555	21.2581	
580	22.8318	22.8346	20L	22.8324	22.8336	10L	22.8319	22.8336	10L	22.8317	22.8329	3L	22.8301	22.8329	3L
600	23.6192	23.6220	28T	23.6198	23.6210	28T	23.6193	23.6210	38T	23.6191	23.6203	34T	23.6175	23.6203	45T
620	24.4064	24.4094		24.4072	24.4084		24.4067	24.4084		24.4065	24.4077		24.4049	24.4077	
650	25.5875	25.5906		25.5888	25.5894		25.5863	25.1984		25.5867	25.5886		25.5855	25.5886	
670	26.3749	26.3780		26.3762	26.3768		26.3737	26.3768		26.3741	26.3760		26.3729	26.3760	
680	26.7686	26.7717		26.7699	26.7705		26.7674	26.7705		26.7679	26.7697		26.7666	26.7697	
700	27.5561	27.5591	30L	27.5573	27.5579	18L	27.5547	27.5579	18L	27.5552	27.5571	10L	27.5540	27.5571	10L
720	28.3434	28.3465	31T	28.3447	28.3453	31T	28.3422	28.3453	43T	28.3426	28.3445	39T	28.3414	28.3445	51T
750	29.5245	29.5276		29.5258	29.5264		29.5233	29.5264		29.5237	29.5256		29.5214	29.5256	
780	30.7056	30.7087		30.7069	30.7075		30.7044	30.7075		30.7048	30.7067		30.7036	30.7079	
790	31.0993	31.1024		31.1006	31.1012		31.0981	31.1012		31.0985	31.1004		31.0973	31.1004	
820	32.2800	32.2835		32.2800	32.2822		32.2786	32.2822		32.2791	32.2813		31.2778	32.2813	
850	33.4611	33.4646		33.4611	33.4633		33.4597	33.4633		33.4602	33.4624		33.4589	33.4624	
670	34.2485	34.2530		34.2485	34.2507		34.2471	34.2504		34.2476	34.2498		34.2463	34.2498	
920	36.2170	36.2205	39L	36.2170	36.2192	26L	36.2156	36.2192	26L	36.2161	36.2183	17L	36.2148	36.2183	17L
950	37.3981	37.4016	35T	37.3981	37.4003	35T	37.3967	37.4003	49T	37.3972	37.3994	44T	37.3959	37.3994	57T
980	38.5792	38.5827		38.5792	38.5814		38.5778	38.5814		38.5783	38.5805		38.5770	38.5805	
1000	39.3666	39.3693		39.3666	39.3680		39.3652	39.3680		39.3657	39.3671		39.3644	39.3671	
1150	45.2715	45.2756	49L	45.2714	45.2740	33L	45.2699	45.2740	33L	45.2704	45.2730	23L	45.2689	45.2730	23L
1250	49.2085	49.2126	41T	49.2084	49.2110	42T	49.2069	49.2110	57T	49.2074	49.2100	52T	49.2059	49.2100	67T
1400	55.1132	55.1181	63L	55.1131	55.1162	44L	55.1113	55.1162	44L	55.1120	55.1150	32L	55.1101	55.1150	32L
1600	62.9872	62.9921	49T	62.9871	62.9902	50T	62.9853	62.9902	68T	62.9860	62.9890	61T	62.9841	62.9890	80T
1800	70.8602	70.8661	79L	70.8602	70.8638	56L	70.8579	70.8638	56L	70.8589	70.8614	43L	70.8566	70.8614	41L
2000	78.7343	78.7402	59T	78.7343	78.7379	59T	78.7320	78.7379	82T	78.7330	78.7355	72T	78.7307	78.7355	95T
2300	90.5443	90.5512	98L	90.5442	90.5485	71L	90.5416	90.5485	71L	90.5425	90.5469	55L	90.5400	90.5469	55L
2500	98.4183	98.4764	69T	98.4182	98.4225	70T	98.4156	98.4225	96T	98.4165	98.4209	87T	98.4140	98.4209	12T

Nota: T indica ajuste con apriete y L con holgura

## Ajustes recomendados, dimensiones en pulgadas

Diámetro exterior del rodamiento mm	P6			P7		
	Diámetro eje		Ajuste en 0.0001"	Diámetro eje		Ajuste en 0.0001"
	min	máx		min	máx	
16	0.6289	0.6293	3T 10T	0.6288	0.6295	1T 11T
19	0.7468	0.7473	3T 12T	0.7466	0.7474	2T 14T
22	0.8649	0.8654				
24	0.9437	0.9442				
26	1.0224	1.0229				
28	1.1012	1.1017				
30	1.1799	1.1804				
32	1.2583	1.2590	4T 15T	1.2581	1.2591	3T 17T
35	1.3765	1.3772				
37	1.4552	1.4559				
40	1.5733	1.5748				
42	1.6520	1.6527				
47	1.8489	1.8496				
52	2.0454	2.0462	5T 18T	2.0452	2.0464	3T 20T
55	2.1636	2.1644				
62	2.4391	2.4399				
72	2.8328	2.8336				
80	3.1478	3.1486				
85	3.3445	3.3453	6T 20T	3.3442	3.3456	3T 23T
90	3.5412	3.5421				
100	2.9350	3.9357				
110	4.3287	4.3295				
115	4.5256	4.5263				
120	4.7224	4.7232				
125	4.9189	4.9199	7T 24T	4.9186	4.9202	4T 27T
130	5.1157	5.1167				
140	5.5094	5.5103				
145	5.7063	5.7073				
150	5.9031	5.9041				
160	6.2968	6.2978	4T 24T	6.2965	6.2981	1T 27T
170	6.6905	6.6915				
180	7.0842	7.0852				
190	7.4775	7.4787	4T 28T	7.4772	7.4790	1T 31T
200	7.8712	7.8724				
210	8.2649	8.2661				
215	8.4618	8.4630				
225	8.8555	8.8567				
240	9.4460	9.4472				
250	9.8397	9.8409				
260	10.2331	10.2343	5T 31T	10.2327	10.2348	0 35T
280	11.0205	11.0217				
300	11.8079	11.8091				
310	12.2016	12.2028				
320	12.5950	12.5964	4T 34T	12.5945	12.5968	0 39T
340	13.3824	13.3838				
360	14.1698	14.1712				
380	14.9572	14.9586				
400	15.7446	15.7460				
420	16.5317	16.5332	4T 37T	16.5310	16.5336	0 43T
440	17.3191	17.3206				
460	18.1065	18.1080				
480	18.8939	18.8954				
500	19.6813	19.6828				

Nota: T indica ajuste con apriete y L con holgura

Diámetro exterior del rodamiento mm	P6			P7		
	Diámetro eje		Ajuste en 0.0001*	Diámetro eje		Ajuste en 0.0001*
	mín	máx		mín	máx	
520	20.4676	20.4693	11T 48T	20.4665	20.4693	11T 58T
540	21.2550	21.2567		21.2540	21.2567	
580	22.8305	22.8315		22.8288	22.8315	
600	23.6179	23.6189		23.6162	23.6289	
620	24.4053	24.4063		24.4036	24.4063	
650	25.5852	25.5871	5T 54T	25.5840	25.5871	5T 66T
670	26.3726	26.3745		26.3714	26.3745	
680	26.7663	26.7682		26.7651	26.7682	
700	27.5537	27.5556		27.5525	27.5556	
720	28.3411	28.3430		28.3399	28.3430	
750	29.5222	29.5241		29.5210	29.5241	
780	30.7033	30.7052		30.7021	30.7052	
790	31.0970	31.0989		31.0958	31.0989	
820	32.2774	32.2796		0 61T	32.2760	
850	33.4585	33.4607	33.4571		33.4607	
870	34.2459	34.2481	34.2445		34.2481	
920	36.2144	36.2166	36.2130		36.2166	
950	37.3955	37.3977	37.3941		37.3977	
980	38.5766	38.5788	38.5752		38.5788	
1000	39.3640	39.3662	39.3626		39.3662	
1150	45.2683	45.2709	2L		45.2667	45.2709
1250	49.2053	49.2079	73T	40.2037	49.2079	89T
1400	55.1095	55.1126	8L	55.1077	55.1126	8L
1600	62.9835	62.9864	86T	62.9817	62.9864	104T
1800	70.8558	70.8594	12L	70.8535	70.8594	12L
2000	78.7299	78.7335	103T	78.7276	78.7335	126T
2300	90.5392	90.5435	21L	90.5366	90.5435	21L
2500	98.4132	98.4175	120T	98.4106	98.4175	146T

Nota: T indica ajuste con apriete y L con holgura

## Ajustes recomendados

Diámetro nominal Asiento alojamiento Diámetro exterior del rodamiento más de hasta de incl.		Modificación de las desviaciones de los diámetros de alojamiento para rodamientos en pulgadas para dar el mismo grado de juego/apriete que las tolerancias									
		H7		J7		J6		K6		K7	
		sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.
mm		μm									
24	30	+30	+25	+21	+16	+17	+20	+11	+14	+15	+10
30	50	+36	+25	+25	+14	+21	+19	+14	+12	+18	+7
50	80	+43	+25	+31	+13	+26	+19	+17	+10	+22	+4
80	120	+50	+25	+37	+12	+31	+19	+19	+7	+25	0
120	150	+58	+25	+44	+11	+36	+18	+22	+4	+30	-3
150	180	+65	+25	+51	+11	+43	+18	+29	+4	+37	-3
180	250	+76	+25	+60	+9	+52	+18	+35	+1	+43	-8
250	304,8	+87	+25	+71	+9	+60	+18	+40	-2	+51	-11
304,8	315	+87	+51	+71	+35	+60	+44	+40	+24	+51	+15
315	400	+97	+51	+79	+33	+69	+44	+47	+22	+57	+11
400	500	+108	+51	+88	+31	+78	+44	+53	+19	+63	+6
500	609,6	+120	+51	-	-	-	-	+50	+7	+50	-19
609,6	630	+120	+76	-	-	-	-	+50	+32	+50	+6
630	800	+155	+76	-	-	-	-	+75	+26	+75	-4
800	914,4	+190	+76	-	-	-	-	+100	+20	+100	-14
914,4	1 000	+190	+102	-	-	-	-	+100	+46	+100	+12
1 000	1 219,2	+230	+102	-	-	-	-	+125	+36	+125	-3
1 219,2	1 250	+230	+127	-	-	-	-	+125	+61	+125	+22
1 250	1 600	+285	+127	-	-	-	-	+160	+49	+160	+2

Diámetro nominal Asiento alojamiento Diámetro exterior del rodamiento más de hasta de incl.		Modificación de las desviaciones de los diámetros de alojamiento para rodamientos en pulgadas para dar el mismo grado de juego/apriete que las tolerancias									
		M6		M7		N7		P7			
		sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.
mm		μm									
24	30	+5	+8	+9	+4	+2	-3	-5	-10		
30	50	+7	+5	+11	0	+3	-8	-6	-17		
50	80	+8	+1	+13	-5	+4	-14	-8	-26		
80	120	+9	-3	+15	-10	+5	-20	-9	-34		
120	150	+10	-8	+18	-15	+6	-27	-10	-43		
150	180	+17	-8	+25	-15	+13	-27	-3	-43		
180	250	+22	-12	+30	-21	+16	-35	-3	-54		
250	304,8	+26	-16	+35	-27	+21	-41	-1	-63		
304,8	315	+26	+10	+35	-1	+21	-15	-1	-37		
315	400	+30	+5	+40	-6	+24	-22	-1	-47		
400	500	+35	+1	+45	-12	+28	-29	0	-57		
500	609,6	+24	-19	+24	-45	+6	-63	-28	-97		
609,6	630	+24	+6	+24	-20	+6	-38	-28	-72		
630	800	+45	-4	+45	-34	+25	-54	-13	-92		
800	914,4	+66	-14	+66	-48	+44	-70	0	-114		
914,4	1 000	+66	+12	+66	-22	+44	-44	0	-88		
1 000	1 219,2	+85	-4	+85	-43	+59	-69	+5	-123		
1 219,2	1 250	+85	+21	+85	-18	+59	-44	+5	-98		
1 250	1 600	+112	+1	+112	-46	+82	-76	+20	-138		

## Tablas de juego interno

Es necesario distinguir entre el juego interno de un rodamiento antes del montaje y el juego interno del rodamiento montado que ha alcanzado su temperatura de funcionamiento (juego en funcionamiento). El juego interno inicial (antes del montaje) es superior al juego en funcionamiento debido a que los diferentes grados de interferencia en los ajustes y la dilatación térmica del rodamiento y de los componentes asociados dan lugar a una expansión o contracción de los aros.

El juego radial de un rodamiento es de considerable importancia para que pueda funcionar satisfactoriamente. Como regla general, el juego en funcionamiento de un rodamiento de bolas deberá ser casi nulo o incluso, puede ser conveniente una ligera precarga. Por otra parte, para los rodamientos de rodillos cilíndricos y de rodillos a rótula, deberá reservarse siempre cierto juego radial, aunque pequeño, en funcionamiento. Esto es también válido para los rodamientos de rodillos cónicos, excepto en el caso en que la disposición requiere rigidez; por ejemplo, en un piñón de diferencial los rodamientos de rodillos cónicos se montan con una cierta precarga.

El juego Normal de un rodamiento es tal que, con los ajustes recomendados, y en condiciones normales de funcionamiento, queda un juego adecuado cuando el rodamiento está en servicio. Cuando las condiciones de funcionamiento y las de montaje difieren de las normales, por ejemplo cuando se utilizan ajustes de interferencia para ambos aros, o cuando las temperaturas son excepcionales, deberán seleccionarse rodamientos con juego radial mayor o menor que el Normal. En estos casos conviene verificar el juego que queda en el rodamiento después del montaje.

En las tablas siguientes se dan los valores de los juegos internos para los distintos tipos de rodamientos. Para los rodamientos emparejados rígidos de bolas, de una hilera de bolas con contacto angular, y rodillos cónicos, dos hileras con contacto angular, y los de bolas de cuatro puntos de contacto, se dan valores de juego interno axial en lugar de radial por ser el axial de mayor importancia en el diseño de las aplicaciones de estos tipos de rodamientos.

**Juego axial interno y precarga de rodamientos apareados de las series 60, 62 y 63**

Diámetro del agujero d		Juego axial interno CA		Precarga GA		
				Rodamientos de las series		
más de	hasta incl.	mín	máx	60	62	63
mm		µm		N		
–	10	15	35	30	30	–
10	18	20	40	50	50	100
18	30	25	45	100	100	100
30	50	35	55	100	100	200
50	80	40	70	200	200	350
80	120	50	80	300	400	600
120	180	60	100	500	700	900
180	250	70	110	800	1 000	1 200

A petición, los valores para rodamientos de mayor tamaño

## Rodamientos rígidos de bolas

Los rodamientos rígidos de una hilera de bolas se fabrican, de forma estándar, con juego interno radial Normal. Alguno de estos rodamientos, especialmente los tamaños pequeños, se pueden suministrar también con juego interno radial menor o mayor que el Normal.

Los límites de juego radial interno que aparecen en la tabla son conformes a ISO 5753-1981 y son válidos para los rodamientos con carga cero antes del montaje.

La información sobre disponibilidad se ofrece a petición

Juego radial interno de los rodamientos rígidos de bolas

Diámetro del agujero d		Juego radial interno									
		C2		Normal		C3		C4		C5	
más de	hasta incl.	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx
mm		µm									
2,5	10	0	7	2	13	8	23	14	29	20	37
10	18	0	9	3	18	11	25	18	33	25	45
18	24	0	10	5	20	13	28	20	36	28	48
24	30	1	11	5	20	13	28	23	41	30	53
30	40	1	11	6	20	15	33	28	46	40	64
40	50	1	11	6	23	18	36	30	51	45	73
50	65	1	15	8	28	23	43	38	61	55	90
65	80	1	15	10	30	25	51	46	71	65	105
80	100	1	18	12	36	30	58	53	84	75	120
100	120	2	20	15	41	36	66	61	97	90	140
120	140	2	23	18	48	41	81	71	114	105	160
140	160	2	23	18	53	46	91	81	130	120	180
160	180	2	25	20	61	53	102	91	147	135	200
180	200	2	30	25	71	63	117	107	163	150	230
200	225	4	32	28	82	73	132	120	187	175	255
225	250	4	36	31	92	87	152	140	217	205	290
250	280	4	39	36	97	97	162	152	237	255	320
280	315	8	45	42	110	110	180	175	260	260	360
315	355	8	50	50	120	120	200	200	290	290	405
355	400	8	60	60	140	140	230	230	330	330	460
400	450	10	70	70	160	160	260	260	370	370	520
450	500	10	80	80	180	180	290	290	410	410	570
500	560	20	90	90	200	200	320	320	460	460	630
560	630	20	100	100	220	220	350	350	510	510	700
630	710	30	120	120	250	250	390	390	560	560	780
710	800	30	130	130	280	280	440	440	620	620	860
800	900	30	150	150	310	310	490	490	690	690	960
900	1 000	40	160	160	340	340	540	540	760	760	1 040
1 000	1 120	40	170	170	370	370	590	590	840	840	1 120

## Rodamientos rígidos de bolas con escotes de llenado (tipo Max)

Los rodamientos rígidos de bolas con escotes de llenado se fabrican, de forma estándar, con juego interno radial Normal. Se pueden suministrar rodamientos con juego interno mayor o menor que el Normal.

Los límites de juego radial interno que aparecen en la tabla son conformes a ISO 5753-1981 y son válidos para los rodamientos con carga cero antes del montaje.

Juego radial interno de los rodamientos rígidos de bolas con escote de llenado

Diámetro del agujero d más de hasta de incl.		Juego radial interno					
		C2		Normal		C3	
		min	máx	min	máx	min	máx
mm		μm					
18	24	0	10	5	20	13	28
24	30	1	11	5	20	13	28
30	40	1	11	6	20	15	33
40	50	1	11	6	23	18	36
50	65	1	15	8	28	23	43
65	80	1	15	10	30	25	51
80	100	1	18	12	36	30	58

## Juego interno

### Rodamientos de bolas a rótula

Los rodamientos de bolas a rótula de SKF con agujero cilíndrico y cónico están disponibles, de forma estándar, con juego interno radial Normal. Los rodamientos con agujero cónico también están disponibles con juego interno radial C3. También pueden suministrarse, bajo petición, rodamientos con juego radial mayor o menor que el estándar.

Los rodamientos con aro interior prolongado tienen un juego interno radial que cubre las gamas de juegos C2 y Normal.

Los límites de juego interno radial que figuran en la tabla de abajo son conformes a ISO 5753-1981 y son válidos para rodamientos con carga cero antes del montaje.

#### Juego radial interno de rodamientos de bolas a rótula

Diámetro del agujero d		Juego radial interno							
		C2		Normal		C3		C4	
más de	hasta incl.	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx
mm		µm							
<b>Rodamientos con agujero cilíndrico</b>									
2,5	6	1	8	5	15	10	20	15	25
6	10	2	9	6	17	12	25	19	33
10	14	2	10	6	19	13	26	21	35
14	18	3	12	8	21	15	28	23	37
18	24	4	14	10	23	17	30	25	39
24	30	5	16	11	24	19	35	29	46
30	40	6	18	13	29	23	40	34	53
40	50	6	19	14	31	25	44	37	57
50	65	7	21	16	36	30	50	45	69
65	80	8	24	18	40	35	60	54	83
80	100	9	27	22	48	42	70	64	96
100	120	10	31	25	56	50	83	75	114
120	140	10	38	30	68	60	100	90	135
<b>Rodamientos con agujero cónico</b>									
18	24	7	17	13	26	20	33	28	42
24	30	9	20	15	28	23	39	33	50
30	40	12	24	19	35	29	46	40	59
40	50	14	27	22	39	33	52	45	65
50	65	18	32	27	47	41	61	56	80
65	80	23	39	35	57	50	75	69	98
80	100	29	47	42	68	62	90	84	116
100	120	35	56	50	81	75	108	100	139

## Rodamientos de bolas con contacto angular

### Rodamientos de una hilera

El juego axial interno de los rodamientos de una hilera se determina solamente después del montaje. Depende del ajuste del rodamiento contra otro rodamiento capaz de absorber la carga axial inducida en sentido opuesto.

Los rodamientos para apareamiento universal que se identifican por el sufijo CB son los rodamientos estándar de SKF para montaje por parejas al azar.

Los rodamientos que se identifican por los sufijos CA, CB o CC se pueden montar, dos o

más rodamientos, uno junto a otro en cualquier orden. Los rodamientos con precarga de los diseños GA, GB y GC sólo pueden ser montados en parejas.

Los valores del juego interno axial para las clases CA, CB y CC se indican en la tabla superior. Estos valores son para parejas en disposición espalda con espalda o frente a frente antes del montaje y bajo carga cero. Los valores de las precargas para las clases GA, GB y GC se dan en la tabla inferior y son válidos para las parejas de rodamientos antes del montaje.

**Juego axial interno de rodamientos de una hilera de bolas con contacto angular de las series 72 B(E) y 73 B(E) cuando se montan en parejas al azar en disposición espalda con espalda o frente a frente**

Diámetro del agujero d		Juego axial interno					
		CA		CB		CC	
más de	hasta incl.	min	máx	min	máx	min	máx
mm		µm					
-	10	4	12	14	22	22	30
10	18	5	13	15	23	24	32
18	30	7	15	18	26	32	40
30	50	9	17	22	30	40	48
50	80	11	23	26	38	48	60
80	120	14	26	32	44	55	67
120	180	17	29	35	47	62	74
180	250	21	37	45	61	74	90
250	315	26	42	52	68	90	106

Juego radial  $\approx$  0,85 juego axial

**Precarga de los rodamientos de una hilera de bolas con contacto angular de las series 72 B(E) y 73 B(E) cuando se montan en parejas al azar en disposición espalda con espalda o frente a frente**

Diámetro del agujero d		Precarga										
		GA			GB				GC			
más de	hasta incl.	min	máx	máx	min	máx	máx	min	máx	máx	máx	
mm		µm			N		µm		N		µm	
10	18	+4	-4	80	-2	-10	30	330	-8	-16	230	660
18	30	+4	-4	120	-2	-10	40	480	-8	-16	340	970
30	50	+4	-4	160	-2	-10	60	630	-8	-16	450	1 280
50	80	+6	-6	380	-3	-15	140	1 500	-12	-24	1 080	3 050
80	120	+6	-6	410	-3	-15	150	1 600	-12	-24	1 150	3 250
120	180	+6	-6	540	-3	-15	200	2 150	-12	-24	1 500	4 300
180	250	+8	-8	940	-4	-20	330	3 700	-16	-32	2 650	7 500
250	315	+8	-8	1 080	-4	-20	380	4 250	-16	-32	3 000	8 600

## Juego interno

### Rodamientos de dos hileras

Los rodamientos de dos hileras con aro interior enterizo se suministran con juego interno axial normal. Muchos tamaños también están disponibles, a petición, con juego mayor o menor que el Normal. Por favor compruebe la disponibilidad antes de hacer el pedido.

Los valores del juego axial interno son válidos para rodamientos antes del montaje, y bajo carga cero.

#### Juego axial interno de rodamientos de dos hileras de bolas con contacto angular de las series 32 y 33

Diámetro del agujero d		Juego axial interno					
más de	hasta incl.	C2		Normal		C3	
		mín	máx	mín	máx	mín	máx
mm		µm					
–	10	1	11	5	21	12	28
10	18	1	12	6	23	13	31
18	24	2	14	7	25	16	34
24	30	2	15	8	27	18	37
30	40	2	16	9	29	21	40
40	50	2	18	11	33	23	44
50	65	3	22	13	36	26	48
65	80	3	24	15	40	30	54
80	100	3	26	18	46	35	63
100	110	4	30	22	53	42	73

Juego radial = 0,6 juego axial

#### Juego axial interno de rodamiento de dos hileras de bolas con contacto angular de las series 52, 53 y 54 (con escote de llenado y tipo Conrad)

Diámetro del agujero d		Juego axial interno							
más de	hasta incl.	C2		Normal		C3		C4	
		mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx
mm		µm							
–	10	1	11	5	21	12	38	40	60
10	18	1	12	6	23	23	41	42	64
18	24	2	14	7	25	26	44	43	69
24	30	2	15	8	27	28	47	45	75
30	40	2	16	9	29	31	50	48	84
40	50	2	18	11	33	33	54	51	90
50	65	3	22	13	36	36	58	55	96
65	80	3	24	15	40	40	64	61	106
80	100	3	26	18	46	45	73	70	123
100	110	4	30	22	53	52	83	80	148

## Rodamientos de bolas con cuatro puntos de contacto

Los rodamientos de bolas con cuatro puntos de contacto se suministran con juego interno axial Normal, aunque la mayoría de los tamaños también están disponibles, a petición, con juego mayor o menor que el Normal.

Por favor compruebe la disponibilidad antes de hacer el pedido.

Los valores del juego axial interno son válidos para rodamientos antes del montaje, y bajo carga cero.

**Juego axial interno de rodamientos de bolas de cuatro puntos de contacto**

Diámetro del agujero d		Juego axial interno							
		C2		Normal		C3		C4	
más de	hasta incl.	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
mm		μm							
10	18	15	55	45	85	75	125	115	165
18	40	26	66	56	106	96	146	136	186
40	60	36	86	76	126	116	166	156	206
60	80	46	96	86	136	126	176	166	226
80	100	56	106	96	156	136	196	186	246
100	140	66	126	116	176	156	216	206	266
140	180	76	156	136	196	176	246	226	296
180	220	96	176	156	226	206	276	256	326

Juego radial  $\approx$  0,7 juego axial

## Rodamientos de rodillos cilíndricos

### Juego radial interno

Los rodamientos SKF de una hilera de rodillos cilíndricos y los de rodillos cilíndricos llenos de elementos rodantes se fabrican, de forma estándar, con juego radial interno Normal. La mayoría de los rodamientos también se suministran con juego interno radial C3 y algunos con juego radial interno C4, que es apreciablemente mayor. La información sobre la disponi-

bilidad de los productos se proporciona a petición.

Los valores para los juegos radiales internos corresponden a la Parte 4 de la norma DIN 620 para la gama de tamaños cubierta por dicha norma y figuran en la tabla de abajo. Los valores sólo son válidos para los rodamientos antes del montaje y sin carga.

Juego radial interno de los rodamientos de rodillos cilíndricos

Diámetro del agujero d		Juego radial interno							
		C2		Normal		C3		C4	
más de	hasta incl.	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
mm		µm							
-	24	0	25	20	45	35	60	50	75
24	30	0	25	20	45	35	60	50	75
30	40	5	30	25	50	45	70	60	85
40	50	5	35	30	60	50	80	70	100
50	65	10	40	40	70	60	90	80	110
65	80	10	45	40	75	65	100	90	125
80	100	15	50	50	85	75	110	105	140
100	120	15	55	50	90	85	125	125	165
120	140	15	60	60	105	100	145	145	190
140	160	20	70	70	120	115	165	165	215
160	180	25	75	75	125	120	170	170	220
180	200	35	90	90	145	140	195	195	250
200	225	45	105	105	165	160	220	220	280
225	250	45	110	110	175	170	235	235	300
250	280	55	125	125	195	190	260	260	330
280	315	55	130	130	205	200	275	275	350
315	355	65	145	145	225	225	305	305	385
355	400	100	190	190	280	280	370	370	460
400	450	110	210	210	310	310	410	410	510
450	500	110	220	220	330	330	440	440	550
500	560	120	240	240	360	360	480	480	600
560	630	140	260	260	380	380	500	500	620
630	710	145	285	285	425	425	565	565	705
710	800	150	310	310	470	470	630	630	790

## Juego axial interno

Los rodamientos de rodillos cilíndricos de los tipos NUP y NJ con aro angular HJ pueden usarse para fijar el eje en ambos sentidos. SKF los fabrica con los juegos axiales internos indicados en la tabla de abajo. La excepción a esta norma son los rodamientos para motores de tracción que se fabrican de acuerdo con las especificaciones VA301 y que tienen un juego axial interno conforme a la Parte 1 de la norma DIN 43283.

Los valores indicados en la tabla de abajo para el juego axial interno deben ser considerados como valores orientativos. Debido al vuelco de los rodillos que tiene lugar durante la medición del juego axial interno, los juegos pueden incrementarse de acuerdo con lo siguiente:

- para rodamientos de las series 10, 2, 3 y 4 aproximadamente del juego radial interno
- para rodamientos de las series 22 y 23 aproximadamente en 2/3 del juego radial interno.

### Juego axial interno de los rodamientos de rodillos cilíndricos

#### Diámetro Juego axial interno de los rodamientos de las series

Diámetro agujero d	NUP 2		NJ 2 + HJ		NUP 3		NJ 3 + HJ		NUP 4		NJ 4 + HJ		NUP 22		NJ 22 + HJ		NUP 23		NJ 23 + HJ	
	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx

mm      μm

15	-	-	42	165	-	-	42	165	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	37	140	42	165	37	140	42	165	-	-	-	-	37	140	42	165	47	155	52	183	183
20	37	140	42	165	37	140	42	165	-	-	-	-	47	155	52	185	47	155	52	183	183
25	37	140	42	165	47	155	52	185	-	-	-	-	47	155	52	185	47	155	52	183	183
30	37	140	42	165	47	155	52	185	-	-	60	200	47	155	52	185	47	155	52	183	183
35	47	155	52	185	47	155	52	185	55	155	60	200	47	155	52	185	62	180	72	215	215
40	47	155	52	185	47	155	52	185	55	155	60	200	47	155	52	185	62	180	72	215	215
45	47	155	52	185	47	155	52	185	55	155	60	200	47	155	52	185	62	180	72	215	215
50	47	155	52	185	47	155	52	185	70	185	80	235	47	155	52	185	62	180	72	215	215
55	47	155	52	185	47	155	52	185	70	185	80	235	47	155	52	185	62	180	72	215	215
60	47	155	52	185	62	180	72	215	70	185	80	235	62	180	72	215	87	230	102	275	275
65	47	155	52	185	62	180	72	215	70	185	80	235	62	180	72	215	87	230	102	275	275
70	47	155	52	185	62	180	72	215	70	185	80	235	62	180	72	215	87	230	102	275	275
75	47	155	52	185	62	180	72	215	70	185	80	235	62	180	72	215	87	230	102	275	275
80	47	155	52	185	62	180	72	215	-	-	80	235	62	180	72	215	87	230	102	275	275
85	62	180	72	215	62	180	72	215	-	-	110	290	62	180	72	215	87	230	102	275	275
90	62	180	72	215	62	180	72	215	-	-	110	290	62	180	72	215	87	230	102	275	275
95	62	180	72	215	62	180	72	215	-	-	110	290	62	180	72	215	87	230	102	275	275
100	62	180	72	215	87	230	102	275	-	-	110	290	87	230	102	275	120	315	140	375	375
105	62	180	72	215	-	-	102	275	-	-	110	290	87	230	102	275	120	315	140	375	375
110	62	180	72	215	87	230	102	275	-	-	110	290	87	230	102	275	120	315	140	375	375
120	62	180	72	215	87	230	102	275	-	-	110	310	87	230	102	275	120	315	140	375	375
130	62	180	72	215	87	230	102	275	-	-	-	-	87	230	102	275	120	315	140	375	375
140	62	180	72	215	87	230	102	275	-	-	-	-	87	230	102	275	120	315	140	375	375
150	62	180	72	215	87	230	102	275	-	-	-	-	87	230	102	275	120	315	140	375	375
160	87	230	102	275	-	-	110	310	-	-	-	-	-	-	140	375	-	-	140	375	375
170	87	230	102	275	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	140	375	-	-	-	-	-
180	87	230	102	275	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	140	375	-	-	-	-	-
190	87	230	102	275	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	87	230	102	275	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
220	95	230	110	290	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
240	-	-	110	310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
260	-	-	110	310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
280	-	-	110	310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Juego interno

### Rodamientos de rodillos cilíndricos cruzados

Los rodamientos de rodillos cilíndricos cruzados de SKF se fabrican, de forma estándar, con juego radial interno Normal, pero también se pueden suministrar con juego interno menor o mayor, o con precarga.

Los valores aparecen en la tabla de los rodamientos de rodillos cilíndricos. Estos valores son válidos para los rodamientos antes del montaje y sin carga. Los juegos internos radial y axial son igual de grandes.

**Juego radial interno de los rodamientos de rodillos cilíndricos cruzados**

Diámetro del agujero d		Juego radial interno <sup>1)</sup>							
		C1		C2		Normal		C3	
más de	hasta incl.	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
mm		μm							
24	30	5	15	0	25	20	45	35	60
30	40	5	15	5	30	25	50	45	70
40	50	5	18	5	35	30	60	50	80
50	65	5	20	10	40	40	70	60	90
65	80	10	25	10	45	40	75	65	100
80	100	10	30	15	50	50	85	75	110
100	120	10	30	15	55	50	90	85	125
120	140	10	35	15	60	60	105	100	145
140	160	10	35	20	70	70	120	115	165
160	180	10	40	25	75	75	125	120	170
180	200	15	45	35	90	90	145	140	195
200	225	15	50	45	105	105	165	160	220
225	250	15	50	45	110	110	175	170	235
250	280	20	55	55	125	125	195	190	260
280	315	20	60	55	130	130	205	200	275
315	355	20	65	65	145	145	225	225	305
355	400	25	75	100	190	190	280	280	370
400	450	25	85	110	210	210	310	310	410
450	500	25	95	110	220	220	330	330	440

<sup>1)</sup> Estos valores son aplicables solamente a los rodamientos en las condiciones de suministro, es decir, con sus propios aros

## Rodamientos de agujas

Los rodamientos de agujas SKF con aro interior se suministran de modo estándar con juego interno radial Normal. También se pueden suministrar rodamientos con juego mayor o menor que el Normal. Por favor compruebe la disponibilidad antes de hacer el pedido.

Los valores del juego corresponden a DIN 620, Parte 4.

Juego radial interno de los rodamientos de agujas

Diámetro del agujero d		Juego radial interno							
		C2		Normal		C3		C4	
más de	hasta incl.	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
mm		μm							
-	24	0	25	20	45	35	60	50	75
24	30	0	25	20	45	35	60	50	75
30	40	5	30	25	50	45	70	60	85
40	50	5	35	30	60	50	80	70	100
50	65	10	40	40	70	60	90	80	110
65	80	10	45	40	75	65	100	90	125
80	100	15	50	50	85	75	110	105	140
100	120	15	55	50	90	85	125	125	165
120	140	15	60	60	105	100	145	145	190
140	160	20	70	70	120	115	165	165	215
160	180	25	75	75	125	120	170	170	220
180	200	35	90	90	145	140	195	195	250
200	225	45	105	105	165	160	220	220	280
225	250	45	110	110	175	170	235	235	300
250	280	55	125	125	195	190	260	260	330
280	315	55	130	130	205	200	275	275	350
315	355	65	145	145	225	225	305	305	385
355	400	100	190	190	280	280	370	370	460

## Juego interno

### Rodamientos de rodillos a rótula

La mayoría de los rodamientos de rodillos a rótula se suministran, de forma estándar, con juego interno radial normal. Sin embargo, también están disponibles con juego C3 o incluso C4, que son mayores que el normal. Algunos tamaños se pueden suministrar con juego C2, que es menor que el normal. Por favor compruebe la disponibilidad antes de hacer el pedido.

Los juegos están de acuerdo con ISO 5753-1981, donde  $d < 1\ 000$  mm. Son válidos para rodamientos con carga cero antes del montaje.

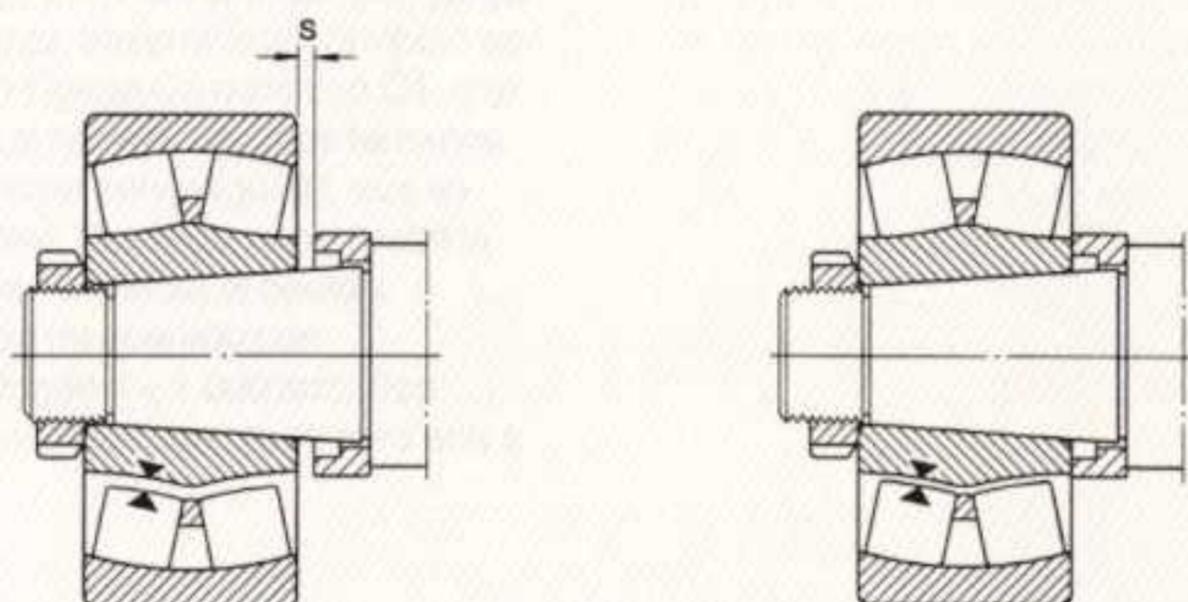
Juego radial interno de rodamientos de rodillos a rótula con agujero cilíndrico

Diámetro del agujero		Juego radial interno									
d más de	hasta incl.	C2		Normal		C3		C4		C5	
		min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
mm		μm									
18	24	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
24	30	15	25	25	40	40	55	55	75	75	95
30	40	15	30	30	45	45	60	60	80	80	100
40	50	20	35	35	55	55	75	75	100	100	125
50	65	20	40	40	65	65	90	90	120	120	150
65	80	30	50	50	80	80	110	110	145	145	180
80	100	35	60	60	100	100	135	135	180	180	225
100	120	40	75	75	120	120	160	160	210	210	260
120	140	50	95	95	145	145	190	190	240	240	300
140	160	60	110	110	170	170	220	220	280	280	350
160	180	65	120	120	180	180	240	240	310	310	390
180	200	70	130	130	200	200	260	260	340	340	430
200	225	80	140	140	220	220	290	290	380	380	470
225	250	90	150	150	240	240	320	320	420	420	520
250	280	100	170	170	260	260	350	350	460	460	570
280	315	110	190	190	280	280	370	370	500	500	630
315	355	120	200	200	310	310	410	410	550	550	690
355	400	130	220	220	340	340	450	450	600	600	750
400	450	140	240	240	370	370	500	500	660	660	820
450	500	140	260	260	410	410	550	550	720	720	900
500	560	150	280	280	440	440	600	600	780	780	1 000
560	630	170	310	310	480	480	650	650	850	850	1 100
630	710	190	350	350	530	530	700	700	920	920	1 190
710	800	210	390	390	580	580	770	770	1 010	1 010	1 300
800	900	230	430	430	650	650	860	860	1 120	1 120	1 440
900	1 000	260	480	480	710	710	930	930	1 220	1 220	1 570
1 000	1 120	290	530	530	780	780	1 020	1 020	1 330	1 330	1 720
1 120	1 250	320	580	580	860	860	1 120	1 120	1 460	1 460	1 870

**Juego radial interno de rodamientos de rodillos a rótula con agujero cónico**

Diámetro del agujero d más de		hasta incl.		Juego radial interno							
				C2		Normal		C3		C4	
mm		μm		μm		μm		μm		μm	
24	30	20	30	30	40	40	55	55	75	-	-
30	40	25	35	35	50	50	65	65	85	85	105
40	50	30	45	45	60	60	80	80	100	100	130
50	65	40	55	55	75	75	95	95	120	120	160
65	80	50	70	70	95	95	120	120	150	150	200
80	100	55	80	80	110	110	140	140	180	180	230
100	120	65	100	100	135	135	170	170	220	220	280
120	140	80	120	120	160	160	200	200	260	260	330
140	160	90	130	130	180	180	230	230	300	300	380
160	180	100	140	140	200	200	260	260	340	340	430
180	200	110	160	160	220	220	290	290	370	370	470
200	225	120	180	180	250	250	320	320	410	410	520
225	250	140	200	200	270	270	350	350	450	450	570
250	280	150	220	220	300	300	390	390	490	490	620
280	315	170	240	240	330	330	430	430	540	540	680
315	355	190	270	270	360	360	470	470	590	590	740
355	400	210	300	300	400	400	520	520	650	650	820
400	450	230	330	330	440	440	570	570	720	720	910
450	500	260	370	370	490	490	630	630	790	790	1 000
500	560	290	410	410	540	540	680	680	870	870	1 100
560	630	320	460	460	600	600	760	760	980	980	1 230
630	710	350	510	510	670	670	850	850	1 090	1 090	1 360
710	800	390	570	570	750	750	960	960	1 220	1 220	1 500
800	900	440	640	640	840	840	1 070	1 070	1 370	1 370	1 690
900	1 000	490	710	710	930	930	1 190	1 190	1 520	1 520	1 860
1 000	1 120	530	770	770	1 030	1 030	1 300	1 300	1 670	1 670	2 050
1 120	1 250	570	830	830	1 120	1 120	1 420	1 420	1 830	1 830	2 250

## Juego interno



Diámetro del agujero d		Reducción del juego radial interno		Calado axial s <sup>1)</sup>		Conicidad		Juego mínimo residual admisible <sup>2)</sup> después del montaje para rodamientos con juego interno inicial		
más de	hasta incl.	min	máx	min	máx	1:12	1:30	Normal	C3	C4
pulg.		pulg.		pulg.		pulg.		pulg.		
0.9449	1.1811	0.0006	0.0008	0.0118	0.0138	-	-	0.0006	0.0008	0.0014
1.1811	1.5748	0.0008	0.0010	0.0138	0.0157	-	-	0.0006	0.0010	0.0016
1.5748	1.9685	0.0010	0.0012	0.0157	0.0177	-	-	0.0008	0.0012	0.0020
1.9685	2.5591	0.0012	0.0016	0.0177	0.0236	-	-	0.0010	0.0014	0.0022
2.5591	3.1496	0.0016	0.0020	0.0236	0.0295	-	-	0.0010	0.0016	0.0028
3.1496	3.9370	0.0018	0.0024	0.0276	0.0354	0.0669	0.0866	0.0014	0.0020	0.0031
3.9370	4.7244	0.0020	0.0028	0.0295	0.0433	0.0748	0.1063	0.0020	0.0026	0.0039
4.7244	5.5118	0.0026	0.0035	0.0433	0.0551	0.1063	0.1378	0.0022	0.0031	0.0043
5.5118	6.2992	0.0030	0.0039	0.0472	0.0630	0.1181	0.1575	0.0022	0.0035	0.0051
6.2992	7.0866	0.0031	0.0043	0.0512	0.0669	0.1260	0.1654	0.0024	0.0039	0.0059
7.0866	7.8740	0.0035	0.0051	0.0551	0.0787	0.1378	0.1969	0.0028	0.0039	0.0063
7.8740	8.8583	0.0039	0.0055	0.0630	0.0866	0.1575	0.2165	0.0031	0.0047	0.0071
8.8583	9.8425	0.0043	0.0059	0.0669	0.0945	0.1654	0.2362	0.0035	0.0051	0.0079
9.8425	11.0236	0.0047	0.0067	0.0748	0.1063	0.1850	0.2638	0.0039	0.0055	0.0087
11.0236	12.4016	0.0051	0.0075	0.0787	0.1181	0.1969	0.2953	0.0043	0.0059	0.0095
12.4016	13.9764	0.0059	0.0083	0.0945	0.1299	0.2362	0.3228	0.0047	0.0067	0.0102
13.9764	15.7480	0.0067	0.0091	0.1024	0.1417	0.2559	0.3543	0.0051	0.0075	0.0114
15.7480	17.7165	0.0079	0.0102	0.1220	0.1575	0.3032	0.3937	0.0051	0.0079	0.0122
17.7165	19.6850	0.0083	0.0110	0.1299	0.1732	0.3228	0.4331	0.0063	0.0091	0.0138
19.6850	22.0472	0.0094	0.0126	0.1457	0.1969	0.3622	0.4921	0.0067	0.0098	0.0142
22.0472	24.8031	0.0102	0.0138	0.1575	0.2126	0.3937	0.5315	0.0079	0.0114	0.0161
24.8031	27.9528	0.0118	0.0157	0.1811	0.2441	0.4528	0.6102	0.0083	0.0122	0.0177
27.9528	31.4961	0.0134	0.0177	0.2087	0.2756	0.5236	0.6890	0.0091	0.0138	0.0201
31.4961	35.4331	0.0146	0.0197	0.2244	0.3071	0.5630	0.7677	0.0106	0.0154	0.0224
35.4331	39.3701	0.0161	0.0217	0.2480	0.3346	0.6220	0.8268	0.0118	0.0169	0.0252
39.3701	44.0945	0.0177	0.0236	0.2677	0.3543	0.6693	0.9055	0.0126	0.0189	0.0276
44.0945	49.2126	0.0193	0.0256	0.2913	0.3858	0.7283	0.9843	0.0134	0.0213	0.0303

<sup>1)</sup> Únicamente para ejes macizos de acero

<sup>2)</sup> Comprobar el juego residual en los casos en que el juego radial interno inicial está en la mitad inferior del campo de tolerancia y cuando pueden producirse en funcionamiento grandes diferencias de temperaturas entre ambos aros del rodamiento. El juego residual no debe ser inferior a los valores mínimos citados arriba

## Rodamientos de rodillos cónicos

El juego axial interno de los rodamientos de una hilera de rodillos cónicos se determina sólo después del montaje. Depende del ajuste del rodamiento contra otro rodamiento capaz de absorber la carga axial inducida en sentido opuesto.

El juego axial interno de los rodamientos emparejados de una hilera de rodillos cónicos se determina por los aros intermedios entre los dos rodamientos emparejados. Los rodamientos emparejados se fabrican con el juego estándar

que se indica en la tabla inferior. Los valores son válidos para rodamientos antes del montaje y bajo cargas de

- 100 N para rodamientos con un diámetro exterior  $D \leq 90$  mm
- 300 N para rodamientos con un diámetro exterior  $90 < D \leq 240$  mm, y
- 500 N para rodamientos con un diámetro exterior  $D > 240$  mm.

**Juego interno estándar de rodamientos de una hilera de rodillos cónicos apareados, de series métricas**

Diámetro agujero d		Juego axial interno					
		Series 320 X		302, 322		313 (X)	
más de	hasta incl.	min	máx	min	máx	min	máx
mm		µm					
–	30	80	120	100	140	60	100
30	40	100	140	120	160	70	110
40	50	120	160	140	180	80	120
50	65	140	180	160	200	100	140
65	80	160	200	180	220	110	170
80	100	190	230	210	270	110	170
100	120	220	280	220	280	130	190
120	140	240	300	240	300	160	220
140	160	270	330	270	330	180	240
160	180	310	370	310	370	–	–
180	200	340	400	340	400	–	–
200	225	390	450	390	450	–	–
225	250	440	500	440	500	–	–
250	280	490	550	490	550	–	–

## Juego interno

### Rodamientos Y

Los rodamientos Y de SKF se fabrican de forma estándar con un juego interno comprendido dentro de los límites que se indican en la tabla de abajo. Los valores dados para las series 17262(00)-2RS1 y 17263(00)-2RS1 corresponden a ISO 5753-1981 para el juego interno radial Normal de los rodamientos rígidos de bolas.

Los rodamientos para ejes en pulgadas tienen el mismo juego interno radial que los rodamientos métricos correspondientes.

Las velocidades nominales de los rodamientos Y aparecen en la página siguiente.

#### Juego radial interno de rodamientos Y

Diámetro del agujero d		Juego radial interno de los rodamientos Y de las series YET 2, YEL 2, 17262(00), 3620(00) YAR 2, YAJ 2 17263(00)							
		YET 2, YEL 2, YAR 2, YAJ 2		17262(00), 17263(00)		3620(00)			
más de	hasta incl.	min	máx	min	máx	min	máx		
mm		μm		μm		μm			
-	18	3	25	3	18	-	-		
18	30	5	28	5	20	30	50		
30	40	6	33	6	20	30	50		
40	50	6	36	6	23	-	-		
50	65	8	43	8	28	-	-		
65	80	10	51	-	-	-	-		
80	100	12	58	-	-	-	-		

## Tolerancias de eje recomendadas para rodamientos<sup>1)</sup>

### Serie métricas

Condición	Tolerancia
Normal	h7
Bajas cargas y/o velocidades	h8
Aplicaciones corrientes	h11
Manguitos de montaje	h9/IT5

### Serie en pulgadas (cargas ligeras y normales)

Diámetro del eje	Tolerancia
Hasta 1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub> pulg.	Nominal a -0,0005 pulg.
2-4 pulg.	Nominal a -0,0010 pulg.

<sup>1)</sup> Es necesario el apriete adecuado en el prisionero correspondiente para asegurar un funcionamiento correcto del rodamiento, ver páginas 166 y 167

## Velocidades nominales de los rodamientos Y

Diámetro del agujero d	Velocidades nominales para rodamientos de las series YET 2, YEL 2, YAR 2, YAJ 2					3620(00)	17262(00)	17263(00)
	con tolerancia de eje							
	h6	h7	h8	h9	h11			
mm	r/min							
12	9 500	6 000	4 300	1 500	950	-	-	-
15	9 500	6 000	4 300	1 500	950	-	13 000	-
17	9 500	6 000	4 300	1 500	950	-	12 000	-
20	8 500	5 300	3 800	1 300	850	10 000	10 000	-
25	7 000	4 500	3 200	1 000	700	8 500	8 500	7 500
30	6 300	4 000	2 800	900	630	7 500	7 500	6 300
35	5 300	3 400	2 200	750	530	6 300	6 300	6 000
40	4 800	3 000	1 900	670	480	5 600	5 600	4 500
45	4 300	2 600	1 700	600	430	-	5 000	4 500
50	4 000	2 400	1 600	560	400	-	4 800	4 300
55	3 600	2 000	1 400	500	360	-	-	-
60	3 400	1 900	1 300	480	340	-	-	-
65	3 000	1 700	1 100	430	300	-	-	-
70	2 800	1 600	1 000	400	280	-	-	-
80	2 400	1 400	900	360	240	-	-	-
90	2 000	1 200	800	320	200	-	-	-
100	1 900	1 100	750	300	190	-	-	-