

## 3. Montaje de rodamientos

**No golpear los aros con el martillo**

**En rodamientos no despiezables aplicar la fuerza en el aro que vaya a montarse**

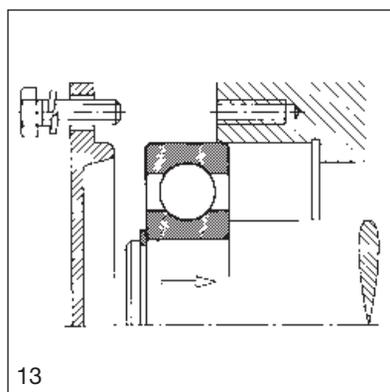
Debido a la diversidad de tipos y tamaños no todos los rodamientos pueden montarse de la misma manera. Hay que distinguir entre procedimientos mecánicos, hidráulicos y térmicos.

Los aros de rodamientos templados son sensibles a golpes y percusiones. Por esta razón no deben golpearse con un martillo.

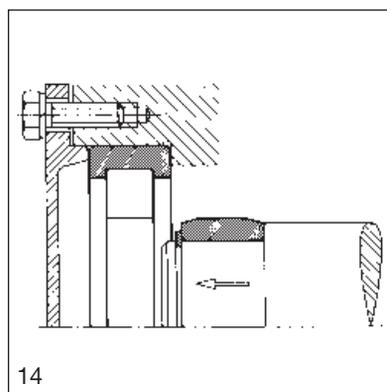
Durante el montaje de rodamientos no despiezables (fig. 13) la fuerza ha de aplicarse en el aro que se vaya a montar primeramente. Fuerzas que actúan sobre el aro de ajuste deslizante se transmiten a través de los cuerpos rodantes. Con ello pueden dañarse los caminos de rodadura y los cuerpos rodantes.

El montaje de rodamientos despiezables es más sencillo (fig. 14); ambos aros pueden montarse por separado. Para que no surjan estrías longitudinales se giran las piezas ligeramente.

13: Si el aro interior de un rodamiento no despiezable contiene un ajuste fijo, el rodamiento primeramente es montado a presión en el eje. A continuación se montan el rodamiento junto con el eje en el alojamiento.



14: En el montaje de rodamientos no despiezables los aros se montan individualmente. Esto es una ventaja cuando ambos aros están montados a presión. Girar ligeramente para evitar estrías longitudinales durante el montaje.

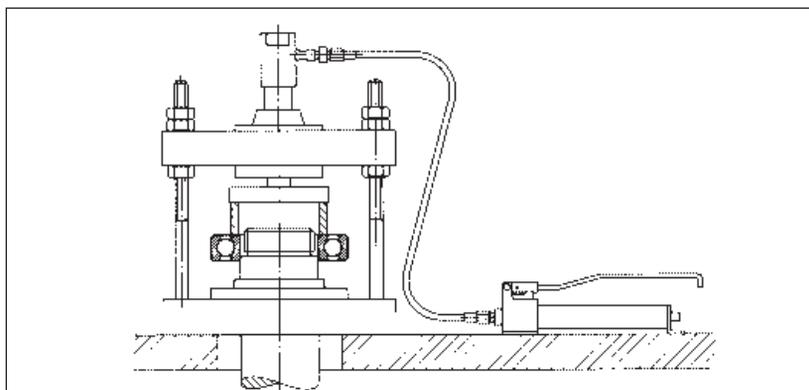


### 3.1 Procedimientos mecánicos

#### 3.1.1 Montaje en asientos cilíndricos

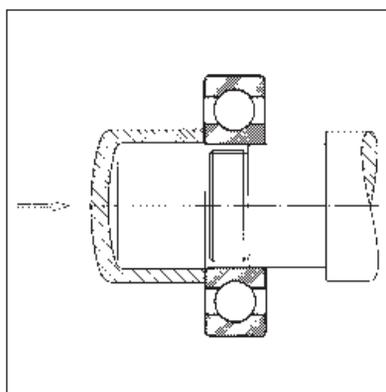
Rodamientos con diámetros inferiores a 80 mm pueden ser prensados en frío sobre el eje. Es recomendable utilizar una prensa mecánica o hidráulica (fig. 15).

## Montaje



15: Rodamientos hasta aprox. 80 mm pueden prensarse sobre el eje con una prensa hidráulica.

De no disponer de una prensa es posible montar el rodamiento sobre el eje con ligeros golpes de martillo. Es necesario utilizar un casquillo de montaje de acero blando con una superficie frontal plana, para que la fuerza actúe igualmente en toda la circunferencia del aro y para que no se deteriore el rodamiento (fig. 16).



16: En caso necesario los rodamientos pequeños pueden colocarse a presión mediante ligeros golpes de martillo, utilizando el casquillo de montaje apropiado.

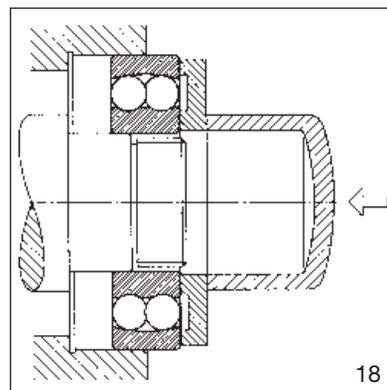
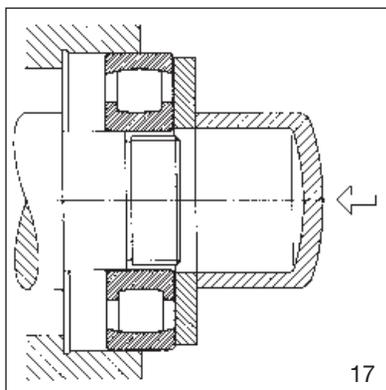
El diámetro interior de este casquillo no debe ser mucho mayor que el agujero del rodamiento. El diámetro exterior no debe ser mayor que el borde interior para evitar el peligro de deteriorar la jaula.

En caso de prensar un rodamiento autoalineable sobre el eje y al mismo tiempo introducirlo en el alojamiento hay que utilizar un disco que esté ajustado con ambos aros, con lo cual se evita el atascamiento del aro exterior (fig. 17).

## Montaje

17: Montaje a presión de rodamientos sobre el eje e introducción simultánea en el alojamiento mediante un disco de montaje.

18: El disco de montaje ha de ser rebajado con algunos rodamientos oscilantes de bolas y con rodamientos oscilantes de rodillos E.



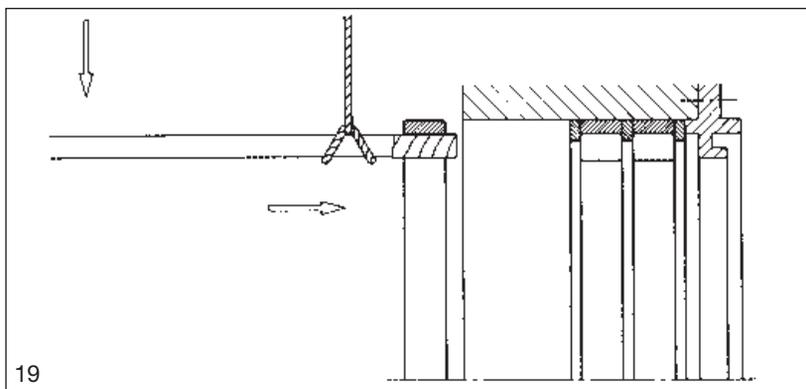
Algunos rodamientos oscilantes de bolas y rodamientos oscilantes de ejecución E tienen bolas que sobresalen lateralmente. En este caso hay que rebajar el disco (fig. 18).

**En caso de ajustes muy fuertes montar en caliente también los rodamientos pequeños**

Cuando se prescriben ajustes más fuertes deben montarse en caliente también los rodamientos pequeños (párrafo 3.2).

En los soportes de metal ligero se pueden deteriorar los asientos cuando el aro exterior con ajuste fijo es prensado en el agujero del soporte. En este caso ha de calentarse el soporte o enfriar el rodamiento.

19: Los aros exteriores de grandes rodamientos de rodillos cilíndricos se montan mediante una palanca de montaje.



Aros exteriores pesados con ajuste deslizante pueden montarse con una palanca de montaje (fig. 19).

Para que no se deterioren las superficies de rodadura o los juegos de rodillos, la superficie de apoyo de la palanca de montaje debe ser envuelta en trapos (no utilizar deshilachado).

# Montaje

## Particularidades de rodamientos de agujas

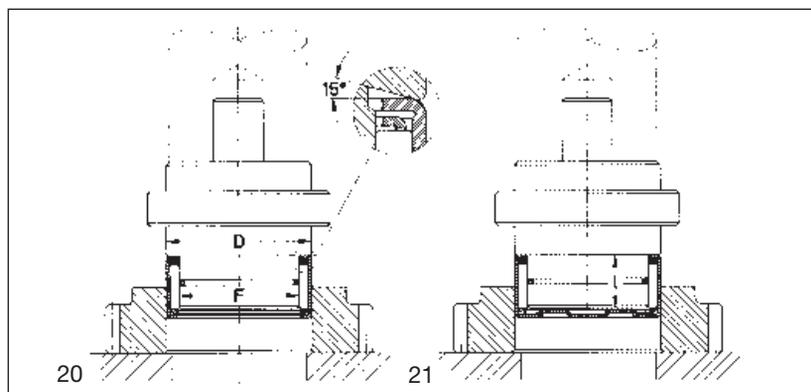
### Rodamientos de agujas con aros macizos

El montaje de los rodamientos de agujas con aros macizos es igual que el montaje de rodamientos de rodillos cilíndricos. Los rodamientos yuxtapuestos han de tener el mismo juego radial para que la carga se reparta uniformemente.

### Casquillos de agujas y casquillos de agujas con fondo

Debido a su aro exterior fino los casquillos de agujas y los casquillos de agujas con fondo obtienen su forma por ajustes fijo en los soportes con lo cual no es necesaria una fijación lateral.

Para sujetar los casquillos de agujas y los casquillos de agujas con fondo se aplican mandriles de montaje especiales. Usualmente el mandril se adapta a la cara frontal estampada del casquillo, la que en ejecuciones más pequeñas está templada. Sin embargo, también durante el montaje a presión sobre un borde no templado no se producen deformaciones o atascados de la corona de agujas, si el mandril de montaje está correctamente dimensionado (figs. 20 y 21).



20, 21: Los casquillos de agujas y casquillos de agujas con fondo se montan a presión en el alojamiento mediante un mandril de montaje.

20: Casquillo de agujas.

21: Casquillo de agujas con fondo.

# Montaje

## Coronas de agujas

Pueden montarse primero las coronas de agujas sobre el eje y luego se introducen en el alojamiento; también pueden insertarse primero las coronas de agujas en el alojamiento y luego se introduce el eje. Durante el montaje las coronas de agujas se deben girar ligeramente y permanecer sin carga.

Las coronas de agujas pueden guiarse lateralmente en el eje o en el alojamiento (fig. 22).

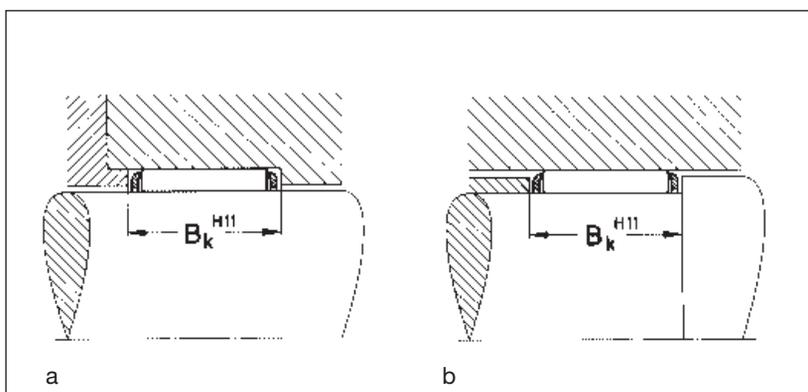
La distancia de la superficie para el guiado lateral de la jaula tiene que ser lo suficientemente grande (tolerancia H11) para evitar un atascado.

El juego radial de un apoyo con coronas de agujas se orienta por las tolerancias de mecanización de los caminos templados y rectificadas de rodadura en el eje y en el alojamiento. Las coronas de agujas yuxtapuestas tienen que tener las agujas del mismo grupo de clasificación.

22: Las coronas de agujas pueden guiarse en el eje o en el alojamiento.

a: Guiado en el soporte.

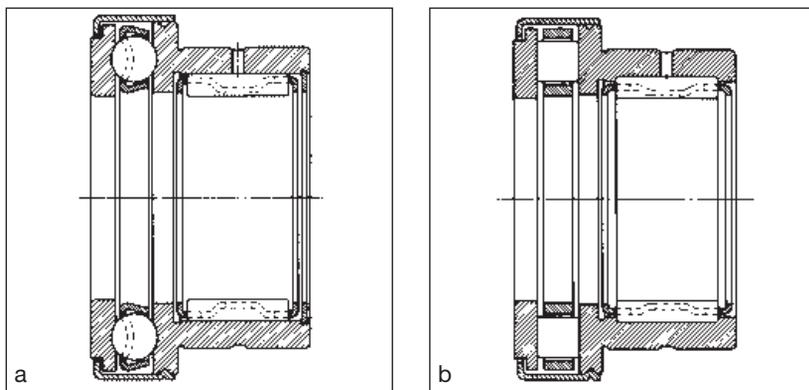
b: Guiado en el eje.



## Rodamientos de agujas combinados

Los ajustes fijos de los rodamientos combinados de agujas requieren fuerzas de montaje muy altas. Hay que tomar esto en cuenta sobre todo con rodamientos combinados de agujas y axiales de bolas, y con rodamientos combinados de agujas y axiales de rodillos cilíndricos con protección contra el polvo; estos rodamientos han de introducirse a presión. Es conveniente calentar el alojamiento previamente.

## Montaje



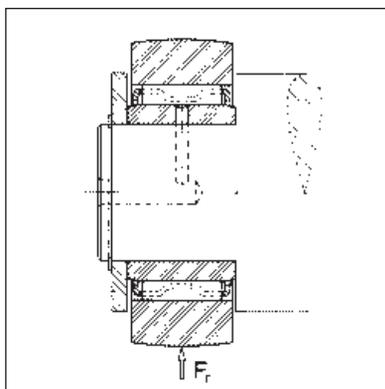
23: Rodamientos combinados de agujas y axiales de bolas y los rodamientos de agujas y axiales de rodillos cilíndricos con protección contra el polvo han de montarse a presión en el soporte.

a: Rodamiento combinado de agujas y axiales de bolas NAXK.Z

b: Rodamiento combinado de agujas y axial de rodillos cilíndricos NAXR.Z

### Rodillos de apoyo

Debido a la carga en un punto para el aro interior de los rodillos de apoyo no es necesario tener un ajuste fijo sobre el eje. Durante el montaje hay que tener en cuenta que el agujero para la lubricación se encuentre en la zona no cargada de la pista de rodadura. El aro exterior de los rodillos de apoyo sin guiado axial requiere superficies-guías laterales.



24: Durante el montaje de rodillos de apoyo el agujero de lubricación debe hallarse finalmente en la zona no cargada del camino de rodadura. Rodillos de apoyo sin guiado axial tales como p. e. rodillos de apoyo de la serie STO, requieren superficies-guía laterales para el aro exterior.

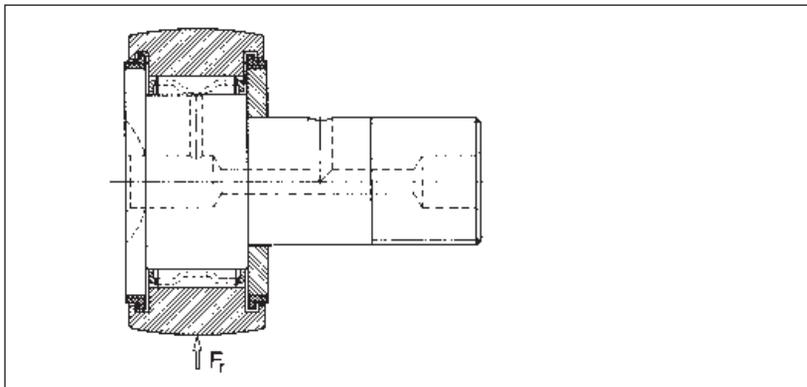
### Rodillos de levas

En el montaje de rodillos de levas hay que tener en cuenta que el agujero radial de lubricación se encuentre en la zona no cargada del camino de rodadura.

Durante el montaje de un rodillo de levas en el agujero pasante de un bastidor de máquina, al tensar la tuerca, ha de agarrarse la espiga para que no se gire. Por eso se encuentra una ranura (fig. 25) en la parte lateral del collar de la espiga.

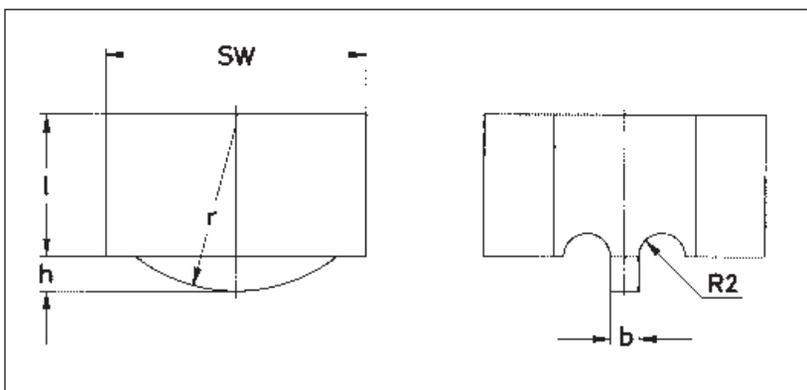
## Montaje

25: La ranura facilita la fijación de la espiga mientras que se fija un rodillo de levas (ejemplo: tipo de construcción KR).



En caso de fijar un rodillo de levas en un agujero ciego, el momento de apriete ha de aplicarse en la ranura. Esto requiere una herramienta apropiada (fig. 26). Con estas herramientas se alcanza aproximadamente un 75% de los valores de los momentos de apriete indicados en los catálogos.

26: El perno de un rodillo de levas puede atornillarse en un agujero ciego mediante herramientas.



### 3.1.2 Montaje en asientos cónicos

Los rodamientos con agujero cónico se montan bien directamente sobre el eje cónico o con un manguito de montaje o con uno de desmontaje sobre el eje cilíndrico.

En el agujero lavado del rodamiento así como en los asientos del eje y del casquillo durante el montaje se aplica una capa fina de aceite. Una cantidad mayor de aceite reduciría el rozamiento y facilitaría el montaje; durante el funcionamiento sin embargo, el lubricante sale paulatinamente de la zona de ajuste, por lo cual se suelta el asiento fijo; esto causa un movimiento relativo o bien del aro o bien del casquillo y una corrosión en las superficies.

Al calar el rodamiento sobre el cono se ensancha el aro interior disminuyendo con ello el juego radial interno. Así la disminución del juego radial interno es una medida del ajuste del aro interior.

**Engrasar el agujero del rodamiento limpiado y los asientos de eje y casquillo ligeramente con aceite**

## Montaje

La disminución del juego radial interno resulta de la diferencia entre el juego radial interno antes y después del montaje. Por lo tanto hay que medir el juego radial interno antes del montaje, durante el montaje sobre el cono hay que controlar constantemente dicho juego hasta conseguir la disminución necesaria y con ello el ajuste fuerte deseado.

En vez de medir la disminución del juego radial interno puede medirse el desplazamiento axial sobre el cono. Con la conicidad normal de los agujeros de 1:12, el desplazamiento es aproximadamente 15 veces la disminución del juego radial interno. Con este factor 15 se ha tenido en cuenta que el camino de rodadura del aro interior sólo se ensancha en un 75 a 80% del valor del apriete de ajuste.

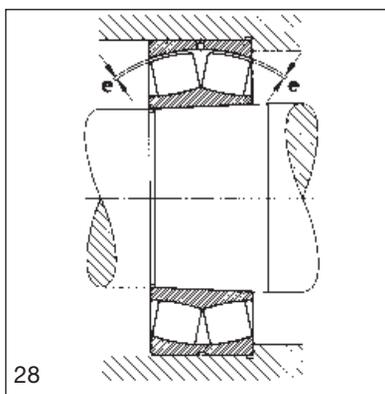
Si al montar rodamientos pequeños no es posible medir con exactitud el desplazamiento, es preferible montar el rodamiento sobre el eje fuera del alojamiento. El rodamiento sólo debe prensarse hasta el punto en que el aro pueda hacerse girar suavemente con la mano y en el caso de rodamientos oscilantes también hacerle bascular. El montador ha de saber por experiencia si el rodamiento aún tiene libertad de movimiento.

Si el mismo rodamiento vuelve a montarse no es suficiente apretar la tuerca hasta su posición inicial, ya que, tras largos períodos de servicio se afloja el ajuste porque la rosca se asienta y las superficies de ajuste se alisan. Es decir, también en este caso hay que medir la disminución del juego radial interno, el desplazamiento o el ensanchamiento. Los valores de la disminución del juego radial, correspondientes al ajuste fuerte necesario, se indican en las tablas (7.16 y 7.17, págs. 109 y 110). El juego radial interno se mide mediante galgas de espesores (fig. 27).

En los rodamientos oscilantes de rodillos hay que medir el juego radial interno simultáneamente en ambas hileras de rodillos (fig. 28). Sólo en caso de que los valores de juego radial sean iguales queda garantizado que el aro interior no está desplazado axialmente con relación al aro exterior. Debido a la tolerancia de la anchura el que las superficies frontales de ambos aros estén en el mismo plano no es medida suficiente.



27



28

**Medir la disminución del juego radial, el camino de desplazamiento o el ensanchamiento**

**También en caso de volver a montar el rodamiento ha de medirse la disminución del juego radial, el camino de desplazamiento o el ensanchamiento**

**Medir el juego radial con galgas de espesores**

27: Medición del juego radial interno antes del montaje mediante galgas de espesor.

28: Con los rodamientos de rodillos oscilantes ha de medirse el juego radial interno simultáneamente sobre ambas hileras de rodillos.

## Montaje

### Medir el ensanchamiento del aro interior en rodamientos despiezables

29: El ensanchamiento de un aro interior de un rodamiento de rodillos cilíndricos se mide con un micrómetro de exteriores.

Tanto el aro interior como el exterior de los rodamientos de rodillos cilíndricos pueden montarse por separado. Si el aro interior puede sacarse del rodamiento, en vez de medir la disminución del juego interno puede medirse el ensanchamiento del aro interior con un micrómetro de exteriores (fig. 29).



Para calar un rodamiento sobre el asiento cónico o para montar con prensa un manguito de desmontaje se usan dispositivos mecánicos o hidráulicos. El sistema de montaje a elegir depende de las condiciones de montaje.

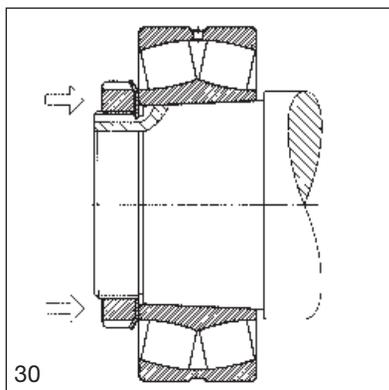
### Los rodamientos pequeños se montan con una tuerca de eje y una llave de gancho

Los rodamientos pequeños o medianos se pueden calar sobre el asiento cónico mediante una tuerca (fig. 30). Para el accionamiento de la tuerca se emplea una llave de gancho.

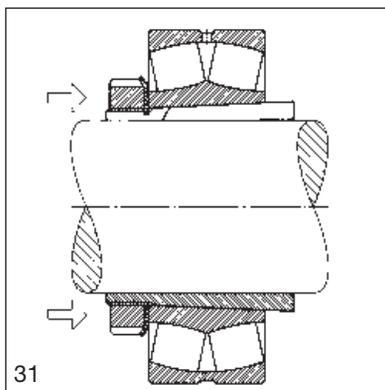
Los rodamientos pequeños con manguito de montaje se calan sobre el eje cónico del manguito mediante la tuerca apropiada y una llave de gancho (fig. 31).

Los pequeños manguitos de desmontaje se introducen a presión en el intersticio entre el eje y el aro interior (fig. 32).

## Montaje



30: Montaje a presión de un rodamiento oscilante mediante una tuerca.

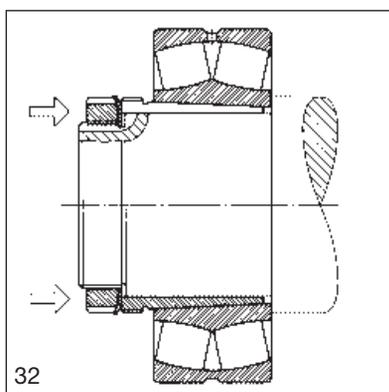


31: Montaje de un rodamiento oscilante de rodillos sobre un manguito de montaje con ayuda de una tuerca apropiada.

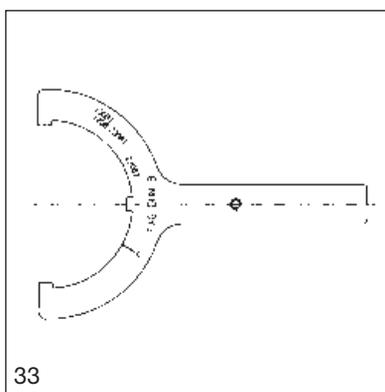
### Llave de doble gancho

Los juegos de llaves de doble gancho FAG 173556 y 173557 se utilizan para el montaje de rodamientos oscilantes de bolas en manguitos de montaje. Ambos juegos incluyen llave dinamométrica para determinar con exactitud la posición inicial antes de calar el rodamiento en el eje.

Sobre cada llave de doble gancho está grabado el ángulo de giro para los rodamientos oscilantes de bolas que deban montarse, de modo que el calado y la reducción del juego radial pueden ajustarse con exactitud (fig. 33).



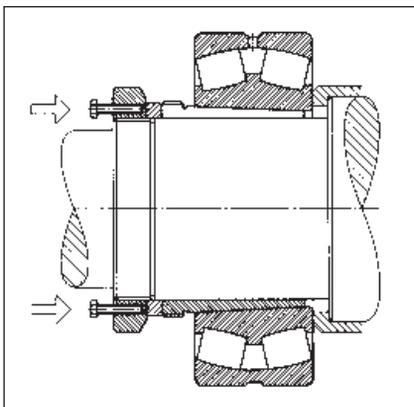
32: Calado a presión de un manguito de desmontaje mediante una tuerca.



33: Llave de doble gancho con ángulo de giro grabado, apropiada para rodamientos oscilantes de bolas.

## Montaje

34: Las tuercas con tornillos de presión facilitan el montaje a presión de manguitos grandes de desmontaje. Hay un aro entre tuerca y casquillo.



En rodamientos mayores se requieren enormes fuerzas para atornillar la tuerca. En tales casos la tuerca con tornillos tensores (véase fig. 34) facilita el montaje.

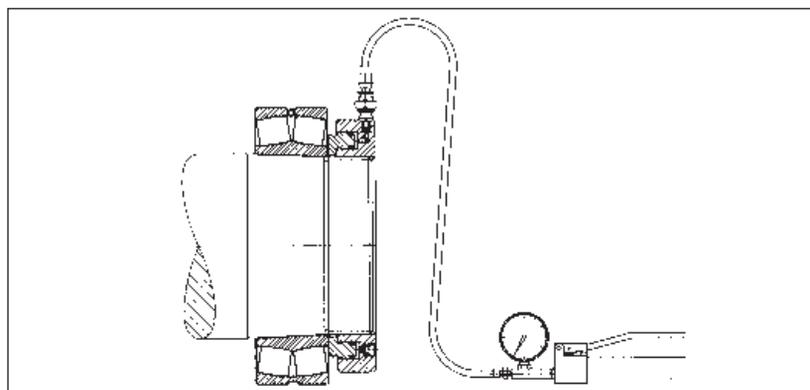
Para evitar que el rodamiento o el manguito se ladeen, primeramente se tensa la tuerca hasta que ésta y la arandela topen y tengan perfecto contacto. A continuación se aprietan los tornillos tensores de acero bonificado, se tensan uniformemente de dos en dos diametralmente opuestos hasta conseguir la disminución del juego radial exigida. Ya que la unión cónica es autoretentora puede quitarse a continuación el dispositivo y asegurar el rodamiento mediante la tuerca apropiada. El sistema también puede aplicarse con rodamientos que se monten en un manguito de montaje o que se calen directamente sobre un gorrón cónico.

**Para el montaje de rodamientos más grandes se utiliza la prensa de émbolo anular FAG**

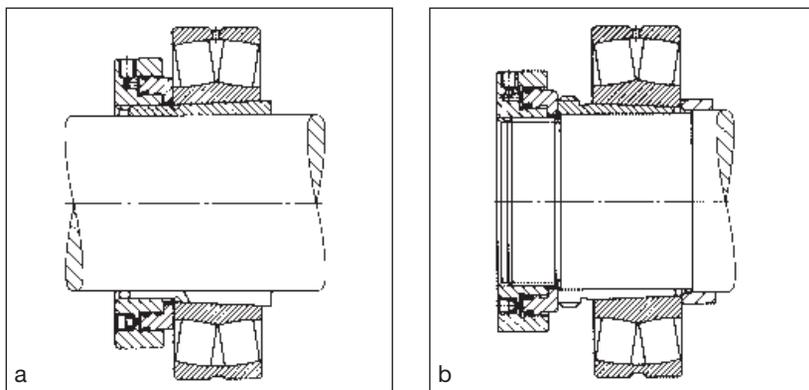
Durante el montaje de rodamientos grandes conviene usar un dispositivo hidráulico para montar el rodamiento o calar a presión el manguito. Las figuras 35 y 36 muestran el montaje a presión de un rodamiento oscilante de rodillos con una prensa de émbolo anular<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Las denominaciones y dimensiones pueden verse en la publicación no. WL 80 103 "Prensa de émbolo anular FAG".

35: Prensa de émbolo anular para montar rodamientos con agujero cónico sobre un eje cónico.



## Montaje



36: Montaje de un rodamiento oscilante de rodillos con una prensa de émbolo anular.

a: Montaje a presión de un manguito de montaje.

b: Introducción a presión de un manguito de desmontaje.

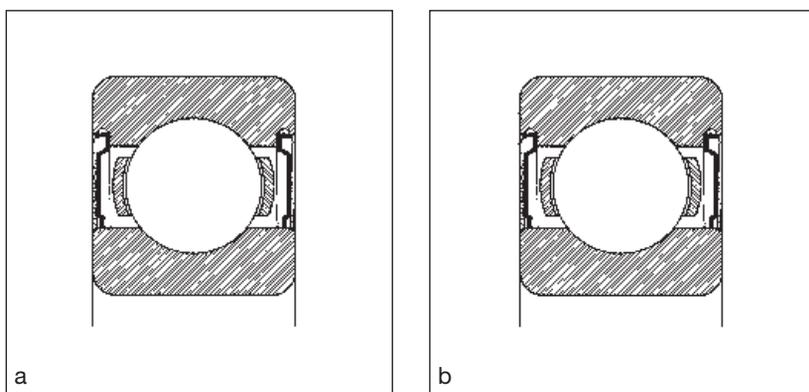
Estas prensas se fabrican para todas las roscas corrientes en manguitos y ejes. También se facilita mucho el montaje y sobre todo el desmontaje con el sistema hidráulico descrito en el párrafo 3.3 y 4.3.

### 3.2 Procedimientos térmicos

En caso de que con los asientos cilíndricos se prescriban ajustes fijos en el montaje, generalmente se calientan los rodamientos para el montaje. Un ensanchamiento suficiente de los rodamientos se consigue con 80 hasta 100 °C. Al calentar los rodamientos ha de ser controlada exactamente la temperatura. En ningún caso se pueden superar los 120 °C, ya que entonces existe el peligro de que la estructura de las piezas del rodamiento se altere. La dureza disminuye y las dimensiones varían.

Para rodamientos con jaulas macizas de poliamida reforzada de fibra de vidrio valen los mismos límites de temperatura que para los demás rodamientos.

Los rodamientos con tapas de protección (fig. 37a) y con tapas de obturación (fig. 37b) ya están con grasa. Se pueden calentar durante el montaje hasta el límite de 80 °C; sin embargo no en un baño de aceite.



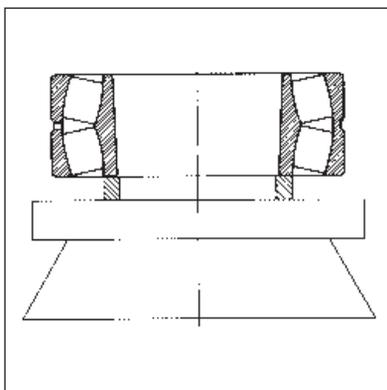
37: Los rodamientos con tapas de protección y con tapas de obturación no deben calentarse en un baño de aceite. La temperatura no debe superar los 80 °C.

a: Rodamientos con tapas de protección.

b: Rodamientos con tapas de obturación.

## Montaje

38: Se coloca un anillo o un disco entre una pieza de calentamiento sin regulador de temperatura y el aro interior de un rodamiento oscilante de rodillos E con jaula de poliamida.



### 3.2.1 Calentamiento sobre una placa de calentamiento

De manera provisional los rodamientos se pueden calentar sobre una placa de calentamiento, posiblemente con un regulador de temperatura, dándole varias vueltas al rodamiento para que se caliente uniformemente.

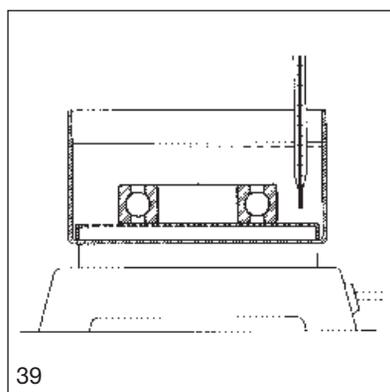
En caso de que una placa de calentamiento supere desmesuradamente los 120 °C, las jaulas de poliamida no deberán tener contacto con la placa de calentamiento. Esto se evita colocando un anillo o un disco entre placa y aro interior (fig. 38).

### 3.2.2 Calentamiento en un baño de aceite

Por regla general los rodamientos se calientan en un baño de aceite con regulador de temperatura. Este método garantiza un uniforme calentamiento, y el mantenimiento de la temperatura de montaje de 80 a 100 °C queda asegurado. En el fondo del recipiente de aceite debiera hallarse una rejilla o una malla para que el rodamiento no se caliente irregularmente desde abajo y para que las partículas de suciedad que se hayan decantado en el baño de aceite no penetren en el rodamiento (fig. 39). También puede meterse el rodamiento en el baño de aceite (fig. 40). Después del calentamiento, ha de escurrir bien el aceite. Todas las superficies de ajuste y de contacto se limpian esmeradamente.

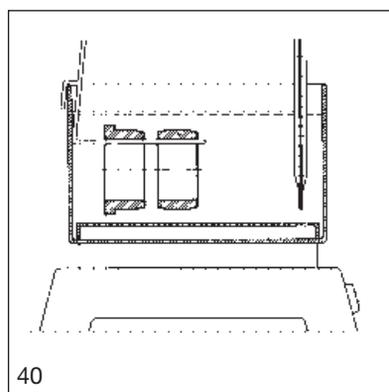
39, 40: En un baño de aceite los rodamientos se calientan uniformemente; es fácil controlar la temperatura de 80 a 100 °C. Desventaja: Peligro de ensuciamiento.

39: Calentar un rodamiento rígido de bolas en un baño de aceite.



39

40: Calentar los aros interiores de un rodamiento de rodillos cilíndricos en un baño de aceite.



40

## Montaje

El calado por deslizamiento de aros calientes o de rodamientos requiere cierta habilidad (fig. 41). Las piezas se calan rápidamente sin ladeo hasta que topen. Un ligero movimiento de giro durante el calado sobre el eje facilita un montaje rápido. En el montaje sobre el eje se utilizan guantes de amianto o trapos. No debe utilizarse borra de lana.

Rodamientos grandes generalmente se transportan con una grúa. El rodamiento se sujeta con unas tenazas elevadoras (fig. 42).

**Montar en caliente los rodamientos mayores**

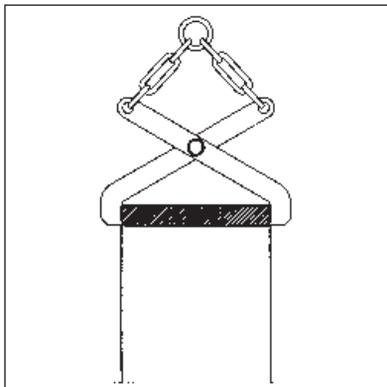
**No usar borra de lana durante el montaje**



41: Un ligero movimiento de giro facilita el proceso al calar rápidamente las piezas de rodamientos calientes sobre el eje hasta que topen.

## Montaje

42: Tenaza de montaje.



**Sujetar inmediatamente el aro montado**

Después del calado el aro interior ha de sujetarse inmediatamente contra el resalte axial y mantenerlo sujeto hasta que se haya enfriado para conseguir un apoyo perfecto. También entre dos aros contiguos no deben quedar intersticios.

### 3.2.3 Calentamiento en un horno de aire caliente

Es un método seguro y limpio de calentar los rodamientos en un horno de aire caliente. La temperatura se mantiene estable utilizando un termostato. Un ensuciamiento queda prácticamente excluido. Es una desventaja que el calentamiento en aire caliente tarde mucho tiempo. En caso de montajes en serie han de preverse grandes hornos de aire caliente.

### 3.2.4 Dispositivo de calentamiento por inducción

Los rodamientos se calientan a la temperatura de montaje de forma rápida segura y limpia con los dispositivos de calentamiento por inducción, que operan bajo el principio del transformador. Los dispositivos se utilizan, sobre todo, para montajes en serie.

Con los seis dispositivos de calentamiento por inducción FAG, puede calentarse cualquier tipo de rodamiento, incluso los lubricados y obturados. El dispositivo más pequeño

AWG.MINI se usa para rodamientos con agujero a partir de 20 mm. El peso máximo es aproximadamente 20 kg. El campo de aplicación del dispositivo más grande AWG40 empieza en agujeros de 85 mm. El peso máximo puede alcanzar aproximadamente 800 kg.

Ver FAG TI No. WL 80-47 para descripciones.

## Montaje



43, 44: Calentamiento rápido limpio y seguro a temperatura de montaje mediante el aparato inductivo de calentamiento.

43: FAG AWG 3,5.



44: FAG AWG 13.

## Montaje

45: Dispositivo inductivo de montaje para 380 V durante el calentamiento de un aro interior.



### 3.2.5 Dispositivo electro-inductivo de montaje\*)

Los dispositivos inductivos ofrecen la posibilidad de calentar los aros interiores de rodamientos de rodillos cilíndricos y de rodamientos de agujas a partir de un agujero de 100 mm.

Los dispositivos mostrados se utilizan tanto para el montaje como para el desmontaje. Mayormente, sin embargo, se utilizan para el desmontaje de los aros, párrafo 4.2.2. El calentamiento transcurre tan rápidamente que, al desmontar los aros interiores fijos, se transmite poco calor al eje, de forma que los aros se quiten fácilmente del eje.

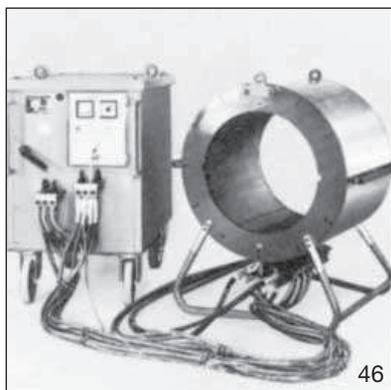
El dispositivo inductivo de montaje es económico cuando los aros interiores de rodamientos de rodillos cilíndricos se montan en grandes series tal como ocurre con los rodamientos de rodillos para un juego de ruedas que se montan en ferrocarriles o cuando rodamientos grandes han de montarse y desmontarse frecuentemente (p. e. con el laminador al cambiar los cilindros).

Dispositivos inductivos de FAG pueden conectarse entre dos fases a la red de corriente trifásica de 380 V (50 o 60 ciclos). Para calentar los aros interiores con un agujero de 200 mm de diámetro se usan dispositivos que pueden conectarse directamente a la red de 380 V (fig. 45). Para rodamientos mayores es preferible usar tensiones no peligrosas de 20 a 40 V a 50 ciclos (60 ciclos).

Los dispositivos electro-inductivos para tensiones bajas se conectan a la red de 380 V, intercalando un transformador (fig. 46). Los arrollamientos están refrigerados por agua con lo que aumenta el rendimiento del dispositivo, siendo éste más ligero y manejable.

\*) Respecto a particularidades véase el folleto "Dispositivos inductores de montaje FAG", Publ. No. WL 80 107.

## Montaje



46



47

46: Dispositivo de montaje para tensión baja con transformador EFB 125/1, para aros interiores de los rodamientos de rodillos cilíndricos con un agujero de 635 mm de diámetro.

Peso del aro: 390 kg  
Peso del dispositivo inductivo de montaje aprox. 70 kg

47: Desmagnetizado del aro interior de un rodamiento de rodillos cilíndricos con el dispositivo inductivo de montaje.

Si los dispositivos se utilizan en el montaje hay que tener en cuenta que los aros no se calienten demasiado. Los tiempos de calentamiento se indican en las instrucciones de servicio.

En las instrucciones de servicio se describe también cómo pueden desmagnetizarse los aros de forma sencilla con el mismo dispositivo después del calentamiento inductivo (fig. 47).

**Tiempos de calentamiento véase instrucciones de servicio**

### 3.2.6 Enfriamiento

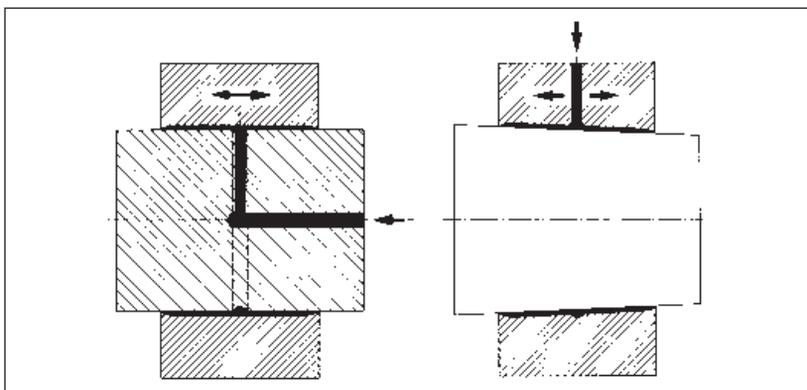
Si se ha previsto un asiento fuerte del aro exterior, debe calentarse el alojamiento; a veces, aquí surgen problemas cuando los alojamientos son muy grandes y voluminosos. En este caso se enfría el rodamiento con una mezcla de hielo y alcohol. La temperatura no debería hallarse por debajo de  $-50^{\circ}\text{C}$ .

El agua condensada que se produjo durante el ajuste de temperatura y el aceite han de quitarse totalmente de los rodamientos ya que existe el peligro de oxidación.

**No enfriar por debajo de  $-50^{\circ}\text{C}$**

## Montaje

48: Funcionamiento del montaje hidráulico: entre las superficies de ajuste se forma una película.



### 3.3 Procedimiento hidráulico

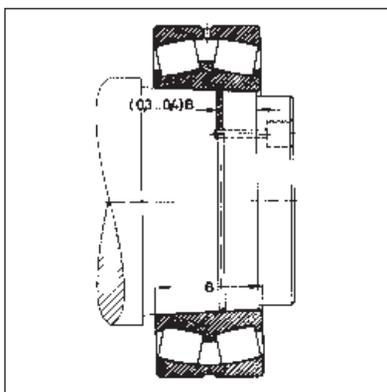
Al emplear el sistema hidráulico, se inyecta aceite entre las superficies de asiento p. e. aceite para máquinas o bien un aceite con aditivos desoxidantes. La película de aceite separa prácticamente las superficies de contacto del ajuste con lo que puede deslizarse una sobre la otra con poco esfuerzo y sin peligro de dañarse. La herrumbre de contacto puede disolverse mediante petróleo o aceite con aditivos desoxidantes.

Los órganos con superficies cónicas de ajuste pueden montarse y desmontarse con ayuda del sistema hidráulico. Los órganos con superficies cilíndricas de ajuste se montan en caliente y se extraen por sistema hidráulico. Es necesario prever ranuras y taladros para la inyección de aceite y roscas apropiadas para la conexión de los dispositivos de presión (figs. 49, 50). En nuestra publicación FAG número WL 80 102 "Sistema de hidráulica para el montaje y desmontaje de rodamientos", se encuentran líneas de orientación para proyectar una construcción.

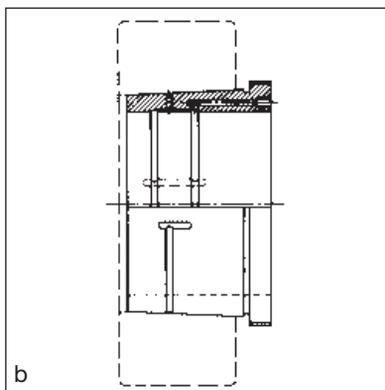
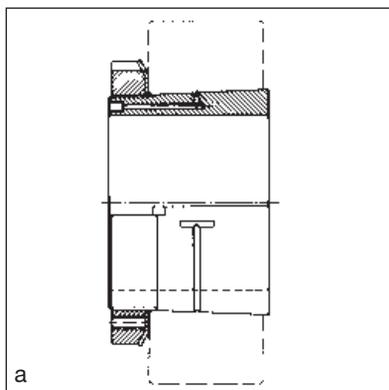
Para el montaje y el desmontaje de rodamientos con agujero cónico y que vayan montados directamente sobre el gorrón cónico, sólo es necesaria una pequeña cantidad de aceite para el sistema hidráulico. Son suficientes, por lo tanto inyectores sencillos de pequeña capacidad (fig. 51).

FAG suministra inyectores en dos tamaños con las roscas apropiadas G3/8 y G3/4. El inyector de aceite más pequeño se utiliza con

49: Disposición de la ranura para el aceite en un rodamiento con agujero cónico.



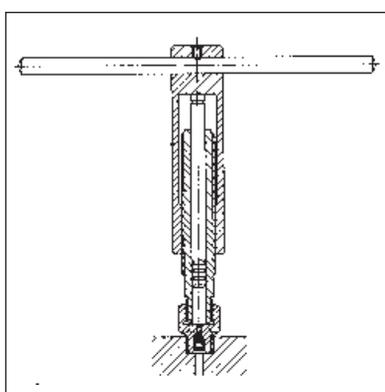
## Montaje



50: Los manguitos de montaje y desmontaje tienen conductos para la alimentación de aceite con ranuras de aceite.

a: Manguito de montaje, ejecución HG.

b: Manguito de desmontaje, ejecución H.



51: Inyector de aceite y boquilla de válvula.

Para rosca de conexión G3/8:

Inyector FAG 107640

Boquilla FAG 107642

Para rosca de conexión G3/4:

Inyector FAG 107641

Boquilla FAG 107643

un diámetro del eje de hasta 80 mm, el inyector mayor se aplica con un diámetro del eje de hasta 150 mm.

En las superficies de asiento cilíndricas y al usar manguitos de montaje o de desmontaje se necesita una cantidad mayor de aceite debido a las pérdidas en los extremos de las superficies del asiento, por lo que hay que usar una bomba (figs. 52 a 54).

Como líquido de presión se usa un aceite de viscosidad media. Para el montaje ha de utilizarse un tipo de aceite bastante fluido con una viscosidad de 75 mm<sup>2</sup>/s con 20 °C (viscosidad nominal 32 mm<sup>2</sup>/s con 40 °C) para que el aceite salga completamente de la zona de ajuste.



52: Bomba manual FAG PUMPE1000.4L, consiste en una bomba de pistón de doble etapa (1000 bar) con depósito de 4 l, manómetro, tubo alta presión, conector rápido (rosca G 1/4), caja metálica.

## Montaje

53: Bomba manual FAG PUMPE1600.4L, consiste en una bomba de pistón de doble etapa (1600 bar) con depósito de 4 l, manómetro, tubo alta presión, conector rápido (rosca G 1/4), caja metálica.



54: Bomba manual FAG PUMPE2500.8L.V, consiste en una bomba de pistón de doble etapa (2500 bar) con depósito de 8 l, válvula doble vía, manómetro, 2 tubos alta presión, 2 conectores rápidos G 1/4, 2 adaptadores y 6 reductores, caja metálica.

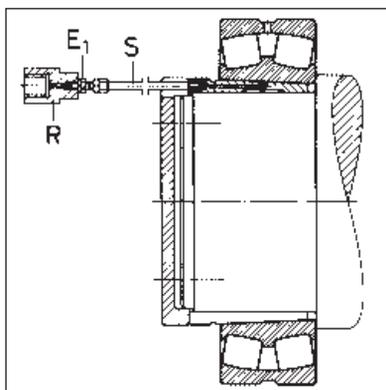


### Montaje de rodamientos con agujero cónico

**Para montar con prensa, han de usarse una tuerca, tornillos tensores o la prensa de émbolo anular de FAG**

Para el montaje a presión se usa una tuerca, tornillos tensores o una prensa de émbolo anular de FAG (véase fig. 35). Los manguitos de montaje y de desmontaje para el sistema hidráulico van equipados, según el tamaño con agujeros de conexión, con roscas M6, M8, G1/8 o G1/4 (véase Pub. FAG No. WL41 520). Las bombas de las figuras 52 a 54, con el tubo de alta presión se conectan al manguito mediante la pieza de reducción R, el mecanismo de atornillado E<sub>1</sub> y un tubo de acero S (fig. 55).

55: Conexión para el sistema de hidráulica en un manguito de desmontaje.



## Montaje



56: Montaje de un rodamiento oscilante de rodillos con agujero cónico, mediante el sistema hidráulico.

Durante el montaje se inyecta aceite entre las superficies de ajuste. Las fuerzas axiales de montaje se consiguen con ayuda de seis u ocho tornillos en la tuerca del eje o del manguito de montaje (figs. 54 hasta 57).

Una chapa de montaje impide que se deteriore el manguito de desmontaje o el aro de rodamiento. Al montar a presión el manguito de desmontaje según figura 56 la conexión de aceite es conducida por la tuerca. El desplazamiento del rodamiento o del manguito de desmontaje se determina, de acuerdo con la disminución del juego radial necesaria (tablas 7.16 y 7.17, págs. 109 y 110). Al medir el juego interno ha de quitarse la presión del aceite sobre el rodamiento.

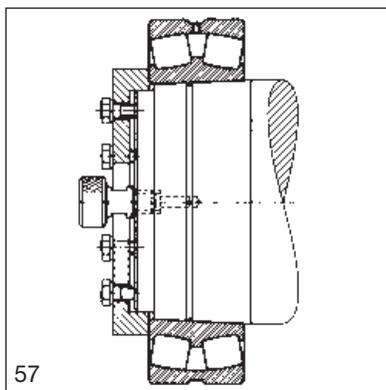
Después de evacuar el aceite a presión, tarda 10 hasta 30 minutos para que salga el aceite totalmente de la junta de ajuste. Durante este tiempo ha de seguir actuando la precarga axial. A continuación se quita el dispositivo de montaje (tuercas, tornillos tensores o prensa de émbolo anular) y se sujeta la tuerca de fijación o la tuerca apropiada para el manguito.

**Quitar la presión del aceite sobre el rodamiento al medir el juego radial**

**Después de evacuar el aceite a presión ha de mantenerse el rodamiento durante 10-30 min. bajo precarga axial**

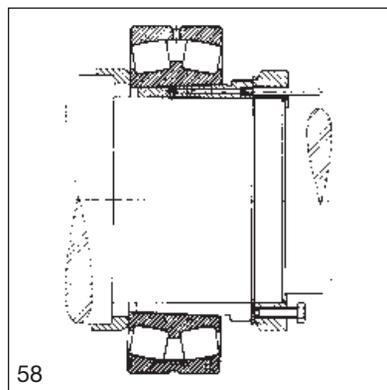
## Montaje

57: Asiento sobre el eje. El aceite se inyecta entre las superficies de ajuste y al mismo tiempo se aprieta el rodamiento mediante tornillos o una tuerca sobre el cono. Al mismo tiempo se mide la disminución del juego radial interno o el desplazamiento axial.



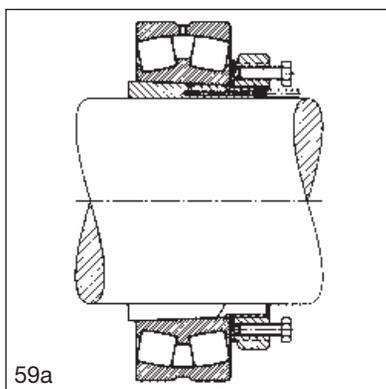
57

58: Asiento sobre el manguito de desmontaje. El aceite se inyecta entre las superficies de ajuste y el manguito de desmontaje se prensa mediante tornillos en el agujero del rodamiento. Al mismo tiempo se mide la disminución del juego radial interno.



58

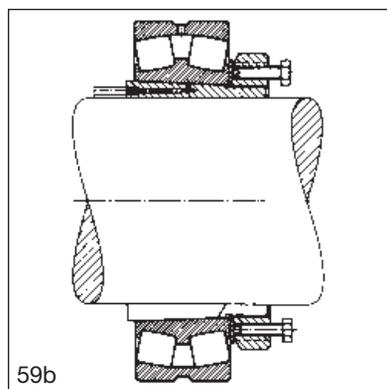
59: Asiento sobre el manguito de montaje. El aceite se inyecta entre las superficies de ajuste y el rodamiento se prensa mediante tornillos sobre el manguito de montaje. Al mismo tiempo se mide la disminución del juego radial interno.



59a

a: Conexión de aceite en el lado de la rosca.

b: Conexión de aceite en el lado del cono.



59b

### 3.4 Reglaje del juego durante el montaje

#### 3.4.1 Rodamientos de bolas de contacto angular y rodamientos de rodillos cónicos

Los rodamientos de bolas de contacto angular y los rodamientos de rodillos cónicos se montan generalmente por parejas. El juego axial interno y con él, el juego radial interno de dos rodamientos ajustados uno contra el otro, se regula durante el montaje. La magnitud del juego o de la precarga depende de las condiciones de servicio. Rodamientos de bolas de contacto angular de ejecución universal pueden montarse en cualquier disposición directamente yuxtapuestos.

Cargas elevadas y altas velocidades de giro originan un calentamiento del rodamiento. Debido a la dilatación puede variar durante el servicio el juego ajustado durante el montaje. El aumento o disminución del juego interno depende de la disposición y tamaño de los rodamientos, del material del eje y del alojamiento y de la distancia entre los rodamientos.

Si se exige en lo posible un guiado muy preciso, entonces hay que regular el juego escalonadamente. Tras cada ajuste del juego hay

## Montaje

que realizar una marcha de ensayo durante la cual se controla la temperatura. De esta manera se asegura que el juego interno no se reduzca demasiado y que la temperatura de marcha no suba excesivamente. Durante las marchas de prueba "se asienta" el rodamiento de tal manera que el juego interno no pueda apenas variar posteriormente (véase también pág. 51).

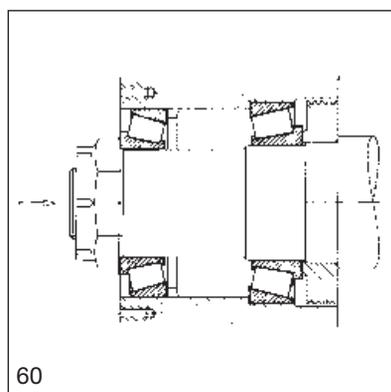
Como orientación para la temperatura correcta del rodamiento que gira a velocidades elevadas o de orden medio y bajo carga normal cabe decir lo siguiente: si no hay calentamiento desde el exterior, el conjunto de rodamientos correctamente ajustados uno contra el otro, puede alcanzar durante la marcha de prueba, una temperatura de aproximadamente 60 a 70 °C. Sin embargo, ésta debe bajar algo tras dos o tres horas de servicio, principalmente si se lubrica con grasa, debido a que la grasa supérflua ha sido evacuada del interior del rodamiento y el trabajo de amasamiento disminuye.

Los rodamientos, que a velocidades reducidas, estén expuestos a vibraciones, se montan sin juego o con precarga, ya que en caso contrario, existe el peligro de que los cuerpos rodantes golpeen en los aros. Los rodamientos de bolas de contacto angular y los de rodillos cónicos se ajustan uno contra otro mediante una tuerca de apriete en el eje (fig. 60), mediante arandelas de ajuste (fig. 61) o anillos roscados en el alojamiento.

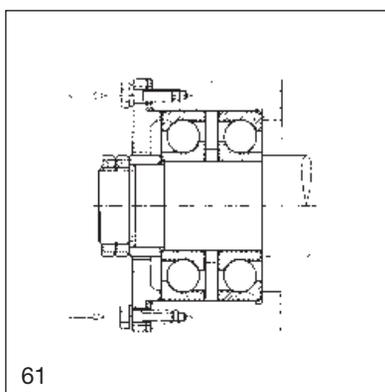
El juego axial o la precarga de una aplicación de rodamientos se ajusta, a partir del estado exento de juego, bien apretando o aflojando la tuerca, bien intercalando chapas calibradas. El juego axial o la precarga pueden calcularse en función del número de vueltas de la tuerca con ayuda del paso de la rosca.

**A elevadas velocidades, regular el juego axial interno escalonadamente**

**Montar los rodamientos sin juego o con precarga, si a velocidades reducidas están expuestos a vibraciones**



60



61

60: Reglaje de los rodamientos de rodillos cónicos de una rueda loca mediante la tuerca de la mangueta.

61: Fijación axial de una pareja de rodamientos de bolas de contacto angular; reglaje mediante una arandela de ajuste.

## Montaje

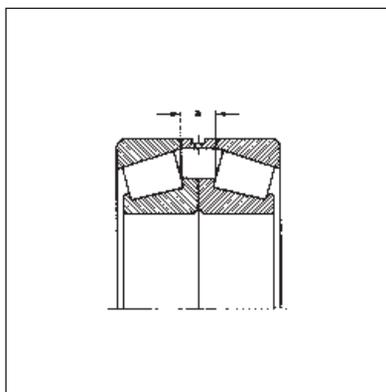
### Reglaje con la llave dinamométrica

El paso de juego a precarga se busca durante la operación de reglaje, girando constantemente el eje con la mano y controlando al mismo tiempo la libertad axial con un comparador.

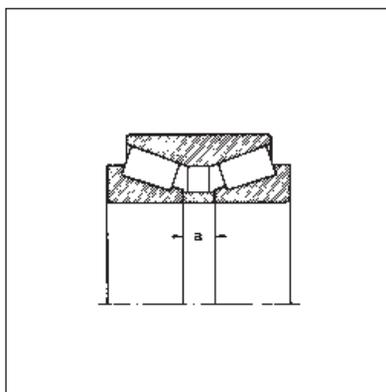
Resulta más sencillo encontrar el reglaje correcto de un rodamiento con ayuda de una llave dinamométrica. La tuerca se tensa con el par de giro prescrito, que depende del tamaño de los rodamientos (de 30-50 Nm aproximadamente en las aplicaciones de rodamientos en ruedas delanteras de automóviles). El momento de giro apropiado se determina en ensayo, su magnitud se indica en las instrucciones de reparaciones). Aflojando la tuerca en 1/12 de vuelta aproximadamente, se obtiene el juego prescrito. Durante el montaje de rodamientos de rodillos cónicos hay que cuidar de que los rodillos topen en el reborde-guía. Si los rodillos no topasen en los rebordes-guía hasta después del montaje debido a las fuerzas que aparecen durante el servicio, aumentaría el juego interno a consecuencia de ello. Por esta razón, durante el montaje hay que girar varias veces el conjunto de rodamientos en ambos sentidos.

En rodamientos cónicos ajustados y en rodamientos con varias hileras de rodillos cónicos (fig. 62 y 63) el juego axial queda determinado por la anchura del casquillo distanciador. Consultar a FAG el dispositivo de medición apropiado.

62: Rodamientos cónicos ajustados en disposición X (sufijo N11CA).



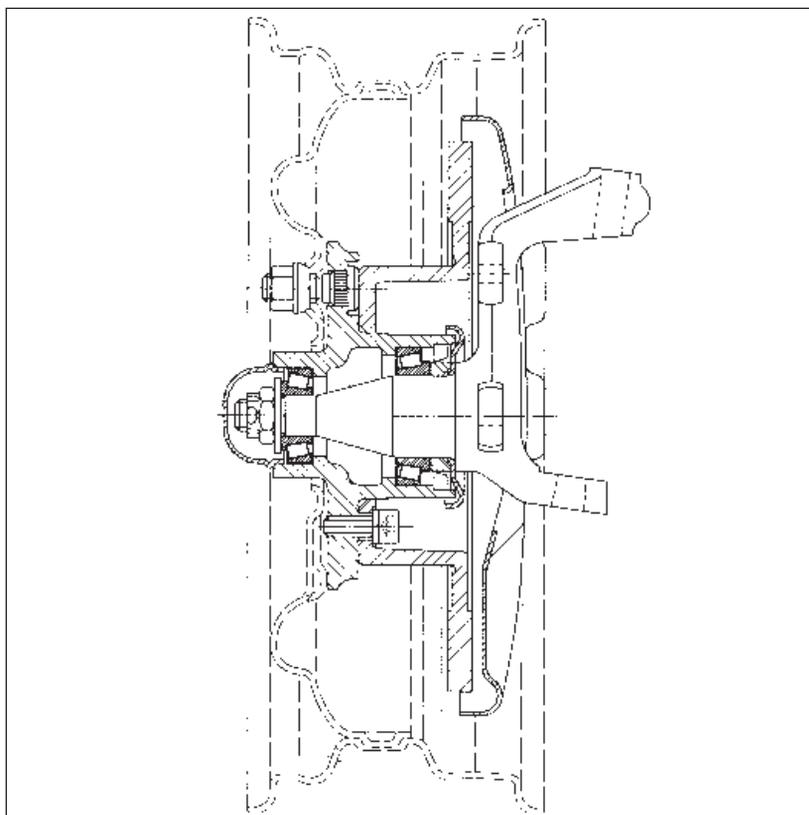
63: Rodamientos con dos hileras de rodillos cónicos ajustados en disposición O.



## Montaje

### Ejemplo:

Montaje y reglaje de rodamientos de rodillos cónicos aplicados en ruedas de automóviles (fig. 64).



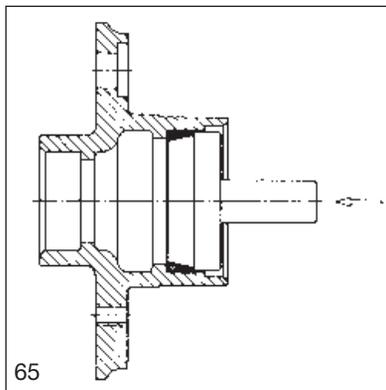
64: Rodamientos aplicados en la rueda delantera de un automóvil con rodillos cónicos ajustados.

# Montaje

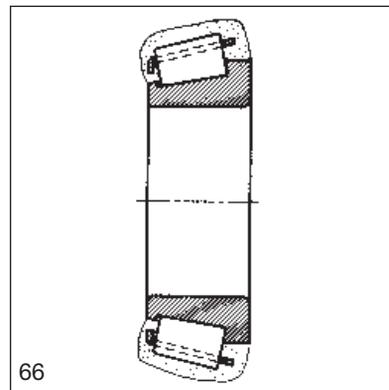
## Proceso de montaje

1. Limpiar el cuerpo del cubo. Retirar las virutas y rebabas.
2. Aceitar ligeramente las zonas de asiento. Montar a presión los aros exteriores. El casquillo sólo debe apoyarse en la superficie frontal del aro exterior. Los aros exteriores deben adaptarse bien a los resaltes del cubo (fig. 65).
3. Engrasar debidamente el aro interior del rodamiento interior. Asimismo introducir grasa a presión entre jaula, aro interior y los rodillos (fig. 66).
4. Aplicar el aro interior en el cubo.
5. Introducir el anillo-retén en el cubo con el labio dirigido hacia el rodamiento.
6. Montar el disco protector y el distanciador sobre la mangueta. La superficie frontal ha de topar con el resalte de la mangueta a lo largo de toda la periferia (fig. 67).
7. Colocar el cubo sobre la mangueta teniendo cuidado de no dañar el anillo de obturación.
8. Engrasar debidamente el aro interior del rodamiento exterior y calarlo sobre la mangueta.

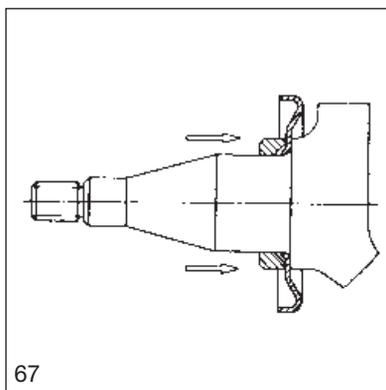
65: Montaje del aro exterior con un punzón.



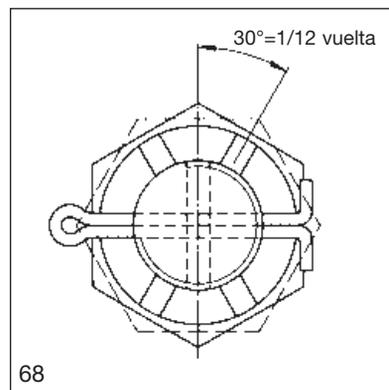
66: Engrasar bien la corona de rodillos del rodamiento cónico de rodillos.



67: Después de montar el disco protector se coloca el distanciador sobre la mangueta.



68: Tensar la tuerca corona girando simultáneamente el cubo de la rueda hasta notar una resistencia. Aflojar la tuerca corona en 1/12 de vuelta como máximo hasta coincidir en el próximo agujero para la clavija y fijar dicha clavija.

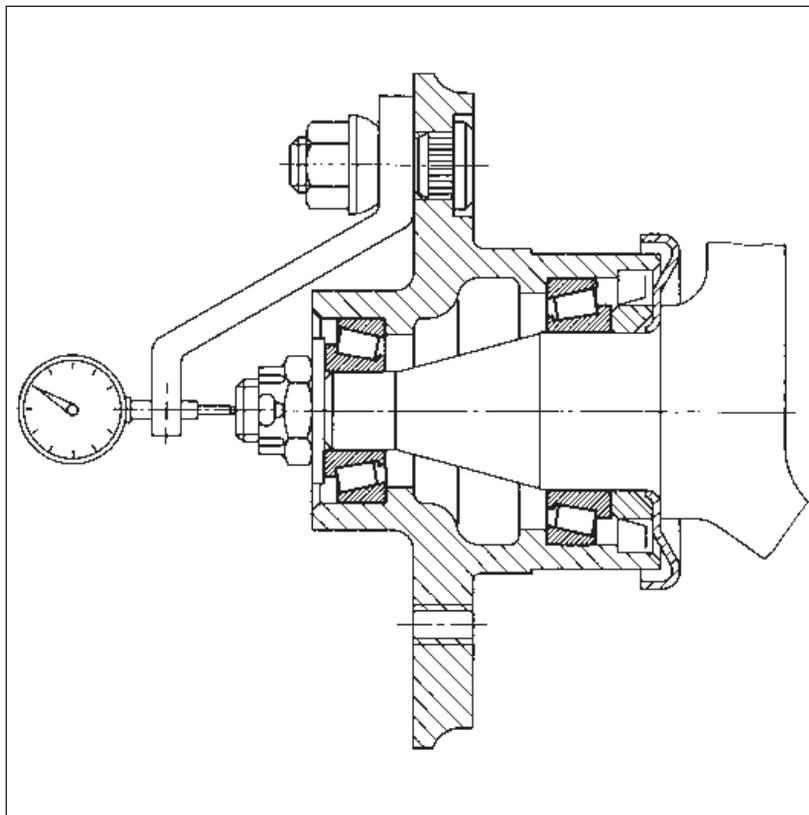


## Montaje

9. Introducir la arandela de apriete.
10. Colocar la tuerca corona.
11. Tensar la tuerca corona girando simultáneamente el cubo de la rueda hasta notar una resistencia al giro (si es posible usar la llave dinamométrica y ver instrucciones de reparaciones).
12. Aflojar la tuerca corona en 1/12 de vuelta como máximo hasta coincidir en el próximo agujero para la clavija y fijar dicha clavija (fig. 68).
13. Controlar el juego interno y el juego basculante del apoyo. La rueda ha de poder girar suavemente y sin obstáculos. En la llanta no debe notarse ningún ladeo o juego basculante. Si lo hubiera, conviene cambiar la arandela de apriete o la tuerca corona. Si es posible, conviene controlar el juego axial de ambos rodamientos mediante el dispositivo de medición de la figura 69.

Los valores más adecuados se encuentran entre 0 y 0,05 mm.

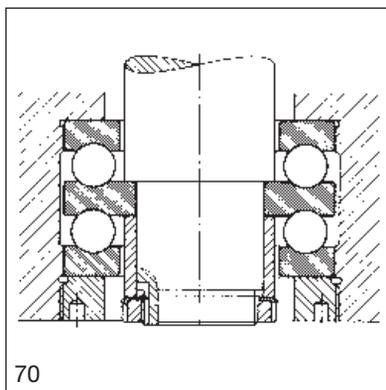
14. Montar la tapa.
15. Después de una marcha de prueba, controlar si ha cambiado el juego interno y volver a verificar el ajuste en caso de ser necesario.



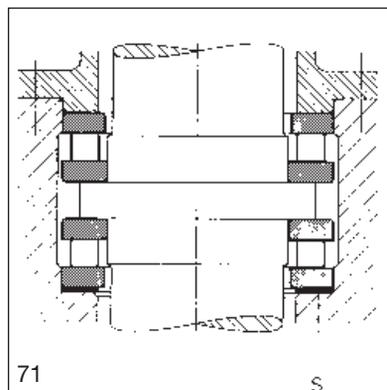
69: Medición del juego axial interno mediante un dispositivo apropiado.

## Montaje

70: Rodamiento axial de bolas de doble efecto montado sin juego.



71: Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos precargados con una arandela de ajuste S.



Este método de montaje se ha acreditado en la práctica, pues no son necesarios dispositivos especiales. Existen otros procedimientos que exigen dispositivos e instrumentos de montaje especiales por lo que sólo son de interés en el montaje de grandes series.

### 3.4.2 Rodamientos axiales

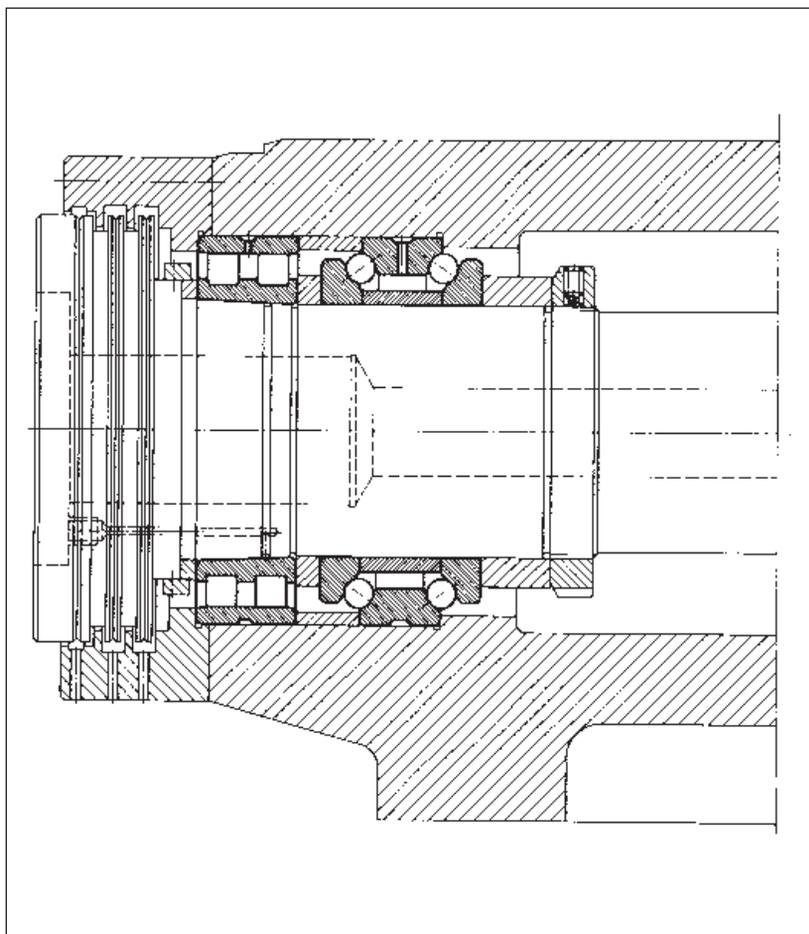
Por regla general, en los rodamientos axiales los aros del eje están montados con un ajuste pasante y, en casos de excepción con un ajuste fijo; los aros del alojamiento siempre van montados con ajuste holgado. En rodamientos axiales de doble efecto, el aro central se fija axialmente con fuerza (fig. 70). El montaje y desmontaje de rodamientos axiales no presenta dificultades.

### 3.4.3 Apoyos de máquinas herramientas

En los husillos de máquinas-herramientas es muy importante el ajuste correcto del juego interno de los rodamientos ya que de él depende la calidad de las piezas que se mecanicen en la máquina. Para poder ajustar perfectamente, durante el montaje, el juego interno de servicio o la precarga, ambos prescritos por el proyectista, la casa FAG ha construido instrumentos de medición especiales, concretamente para la aplicación usual hoy en día, en la que el husillo se apoya en rodamientos con dos hileras de rodillos cilíndricos (fig. 72). Los rodamientos axiales de contacto angular automáticamente reciben la precarga necesaria en el montaje.

El juego radial de un rodamiento de rodillos cilíndricos montado se obtiene por la diferencia entre los diámetros del círculo tangente y del camino de rodadura del aro sin reborde. Para la medición del diámetro del círculo tangente a los rodillos, FAG suministra los aparatos de medición de círculos tangentes MGI 21 y MGA 31. El diámetro del camino de rodadura de los rodamientos de rodillos cilíndricos, NNU49SK se mide con un aro-calibre, el de los rodamientos NN30ASK se mide con un aparato para la medición del agujero. Aparatos de medición de círculos tangentes FAG son instrumentos comparadores con los que se determina el juego radial interno con una exactitud de 1  $\mu\text{m}$ .

## Montaje



72: Apoyo de un husillo para taladro de precisión (cara de trabajo). El juego radial interno del rodamiento con dos hileras de rodillos cilíndricos se ajusta durante el montaje del rodamiento.

Para conseguir un ajuste exacto del juego radial del rodamiento es importante la precisión de forma de la superficie de asiento del rodamiento, es decir, su forma redonda y cilíndrica o cónica (véase también control del asiento del rodamiento pág. 12).

### Aparato de medición de círculos tangentes FAG MGI 21

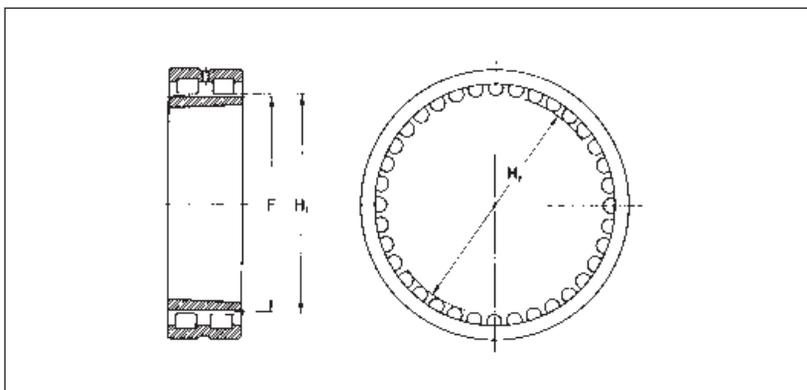
El juego radial interno o, según el caso, la precarga de los rodamientos de rodillos cilíndricos de la serie FAG NN749SK con aro interior desmontable se obtiene de la diferencia entre los diámetros del círculo tangente interior  $H$  y del camino de rodadura  $F$ . Bajo círculo tangente interior entendemos el círculo tangente a los rodillos por la parte interior, cuando éstos se apoyan en el camino de rodadura del aro exterior (fig. 73).

El círculo tangente interior se mide con el aparato FAG MGI 21. En combinación con un arco-calibre puede determinarse el juego radial interno del rodamiento montado (fig. 74).

Los dos segmentos de acero del aparato, situados uno enfrente del otro, sirven como superficies de medición. El segmento inferior está

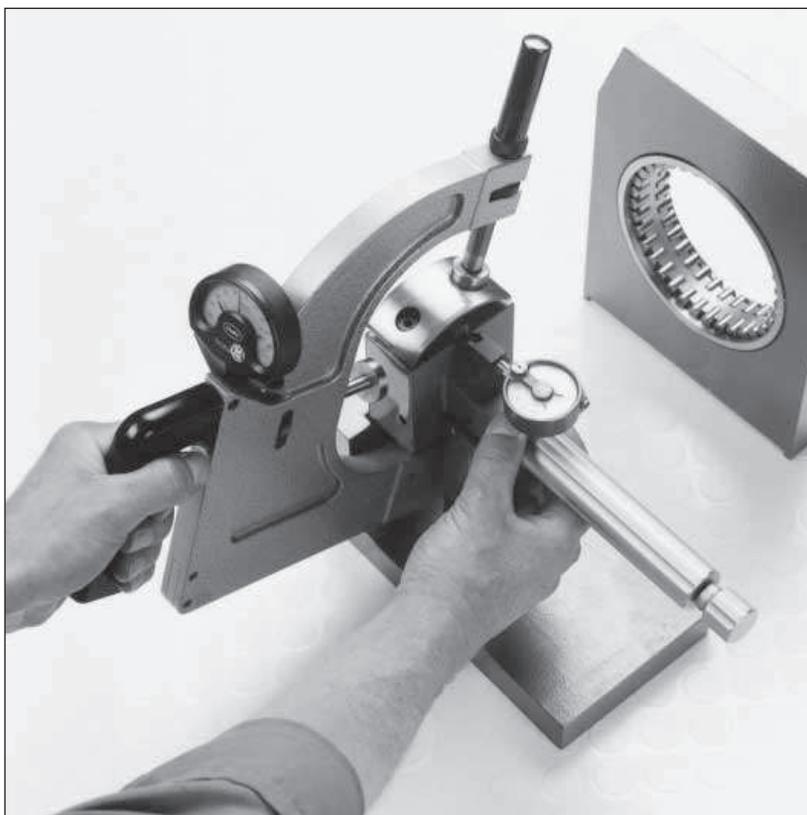
## Montaje

73: Círculo tangente interior  $H_1$  de rodamientos de rodillos cilíndricos NNU49SK (aro interior desmontable).



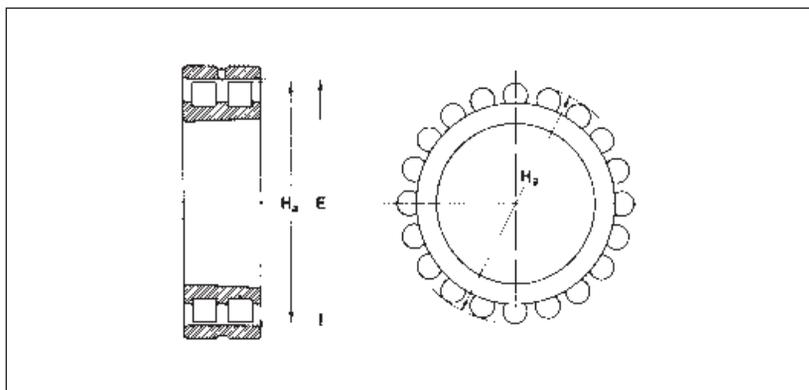
unido firmemente al aparato, el superior puede moverse. Este movimiento se transmite al instrumento indicador de gran sensibilidad. Una vez determinada la medida del círculo tangente a los rodillos en el aro exterior del rodamiento montado, se traspaasa esta medida al arco-calibre. Durante el montaje del aro interior sobre el asiento cónico del eje se controla constantemente el ensanchamiento del diámetro del camino de rodadura mediante dicho arco-calibre. Los valores positivos del instrumento indicador significan precarga, los valores negativos, juego radial. Con el valor cero se obtiene un rodamiento exento de juego.

74: La medida del aparato de medición de círculos tangentes se traspaasa al arco-calibre. El aparato de medición de círculos tangentes FAG MGI 21 se usa con rodamientos de rodillos cilíndricos con aro exterior desmontable p. e. FAG NNU49SK.



FAG | 48

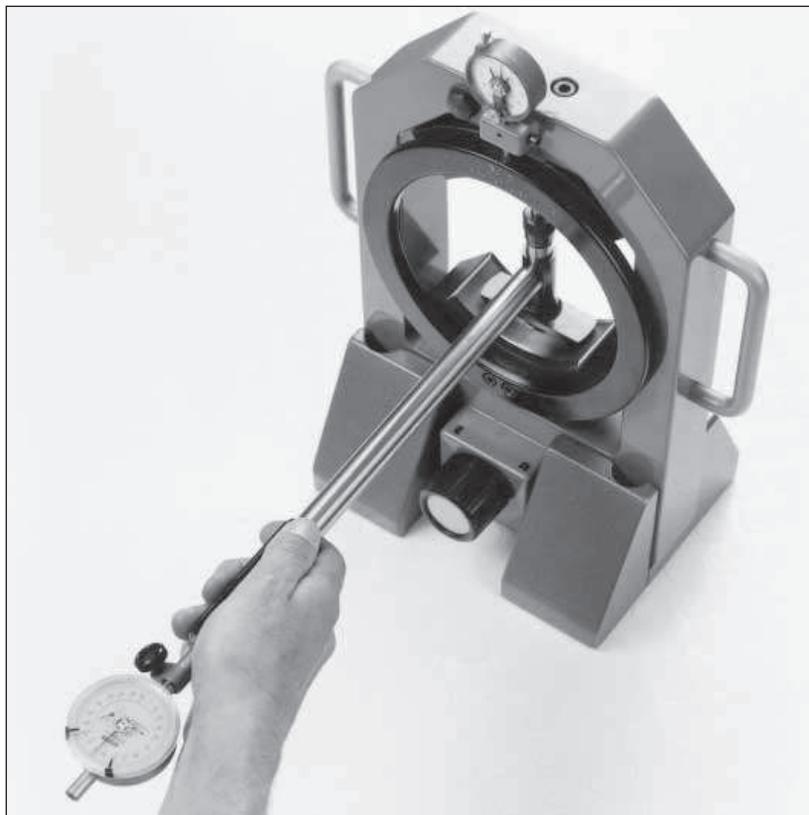
## Montaje



75: Círculo tangente exterior  $H_a$  de los rodamientos de rodillos cilíndricos NN30ASK (aro exterior desmontable).

### Aparato de medición de círculos tangentes FAG MGA 31

En juego radial interno o, según el caso, la precarga de los rodamientos de rodillos cilíndricos de la serie FAG NN30ASK con aro exterior desmontable se obtiene de la diferencia entre los diámetros del camino de rodadura  $E$  y del círculo tangente exterior  $H_a$ . Por círculo tangente exterior entendemos el círculo tangente a los rodillos por la parte exterior, cuando éstos se apoyan en el camino de rodadura del aro interior (fig. 75).



76: La dimensión del diámetro del camino de rodadura se traspasa al aparato de medición de círculos tangentes mediante el instrumento comparador de agujeros. El aparato FAG MGA 31 se utiliza con rodamientos de rodillos cilíndricos con aro exterior desmontable, p. e. FAG NN30ASK.

## Montaje

El círculo tangente exterior se mide con el aparato FAG MGA 31. En combinación con un instrumento comparador de agujeros puede determinarse el juego radial interno del rodamiento montado (fig. 76).

Los dos segmentos de acero del aparato, situados uno enfrente del otro, son las superficies de medición. Uno de los segmentos está unido al aparato, el otro puede moverse radialmente. Este movimiento se transmite al instrumento indicador de gran sensibilidad. Al efectuar la medición, el aro exterior del rodamiento ha de estar montado en el alojamiento. Una vez determinado el diámetro del camino de rodadura del aro exterior con el instrumento comparador de agujeros, se traspasa esta medida al aparato de medición de círculos tangentes.

El aro interior, que va unido con la corona de rodillos mediante la jaula, primeramente se cala en contacto positivo sobre el asiento cónico del eje. A continuación el aparato de medición de círculos tangentes es colocado sobre la corona de rodillos, fijando el aro interior hasta que el instrumento indicador señale la medida deseada. Los valores positivos significan precarga, los valores negativos, juego radial. Con el valor cero se obtiene un rodamiento exento de juego.

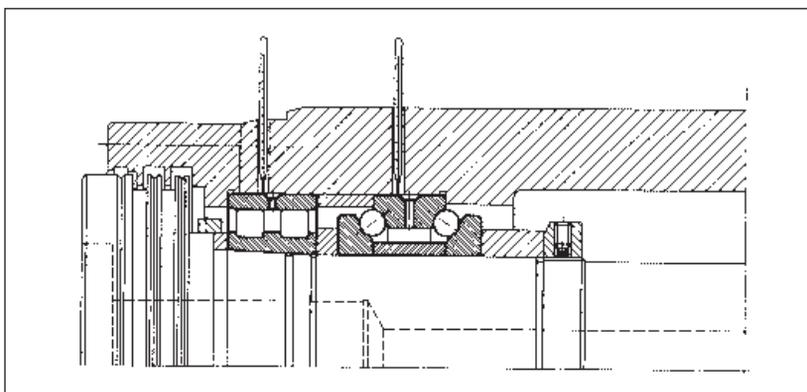
### Control del juego de servicio una vez alcanzada la temperatura de servicio

En husillos altamente revolucionados puede controlarse durante la marcha de prueba, a base de la temperatura del rodamiento, si está ajustado el correcto juego del rodamiento o la correcta precarga.

Para efectuar este control de temperatura se aplican taladros en el alojamiento antes de montar los rodamientos, en cuyos taladros se introducen los elementos sensibles de los aparatos medidores de temperatura (fig. 77). Para medir la temperatura real de los rodamientos, los elementos sensibles de medición han de tocar directamente los aros del rodamiento. No es suficiente medir sólo la temperatura del rodamiento de bolas de contacto angular; también hay que observar la temperatura de los rodamientos axiales de bolas, montados con precarga.

**Los elementos sensibles de medición han de tocar directamente los aros del rodamiento**

77: Disposición de los aparatos medidores de temperatura.



FAG | 50