

Rodamientos de superprecisión



Índice

Descripción técnica

1 Selección de los rodamientos

1-1 Procedimiento para seleccionar los rodamientos	2
1-2 Inspección de los tipos de rodamientos	3

2 Vida útil de los rodamientos

2-1 Capacidad de carga dinámica básica y vida útil nominal	4
2-2 Carga equivalente dinámica	4
2-3 Carga de un rodamiento de bolas de contacto angular	5
2-4 Capacidad de carga estática básica y carga equivalente estática	6

3 Tolerancia de los rodamientos

3-1 Tolerancia de rodamientos radiales	7
3-2 Tolerancias y valores permitidos de los rodamientos de bolas de contacto angular para las cargas axiales (serie TAH/TBH)	9
3-3 Tolerancias de los rodamientos de rodillos cónicos cruzados	9
3-4 Tolerancias del rodamiento de apoyo en husillos de bolas (serie TAB) ...	10
3-5 Tolerancias de rodamientos de apoyo en husillos de bolas (serie TAF) ...	11
3-6 Tolerancias para agujeros cónicos (rodamientos de rodillos cilíndricos)	11

4 Disposición de los rodamientos

4-1 Funciones de los rodamientos dobles	12
4-2 Montaje y símbolos de montaje	13
4-3 Rodamientos de bolas de contacto angular para montaje universal	13

5 Precarga y rigidez

5-1 Objetivos de la precarga	14
5-2 Métodos de precarga	14
5-3 Medición de la precarga	14
5-4 Efecto de la precarga	15
5-5 Precarga estándar y rigidez axial	16

6 Lubricación

6-1 Propósito de la lubricación	22
6-2 Métodos de lubricación	22

7 Velocidades límite

7-1 Corrección de Velocidades límite	26
--	----

8 Diseño del eje y alojamiento

8-1 Ajuste del eje y alojamiento	27
8-2 Precisión recomendada para el eje y alojamiento	28
8-3 Límites de la dimensión del chaflán	29

9 Cuidado de los rodamientos

9-1 Almacenamiento y transporte de los rodamientos	30
9-2 Montaje de rodamientos	30
9-3 Prueba de funcionamiento	34
9-4 Desmontaje de rodamientos	34

Tablas de dimensión

Tipos y diseños de los rodamientos de superprecisión	37
--	----



Rodamientos de bolas de contacto angular Tipo estándar 38

Serie 7900C/7900AC	40
Serie 7000C/7000AC	42
Serie 7200C/7200AC	44



Rodamientos de bolas de contacto angular para alta velocidad 46

Serie BNH	48
-----------------	----



Rodamientos de bolas de contacto angular para carga axial 50

Serie TAH	52
Serie TBH	54



Rodamientos de rodillos cilíndricos de hileras múltiples 56

Serie NN3000	58
Serie NNU4900	60



Rodamientos de rodillos cónicos cruzados 62

Serie XRN	64
Serie XRG	66



Rodamientos de apoyo en husillos de bolas 68

Serie TAB	70
Serie TAF	72

Descripción técnica

Descripción técnica

Selección
de los
rodamientos

Vida útil
de los
rodamientos

Tolerancia
de los
rodamientos

Disposición
de los
rodamientos

Precarga
y rigidez

Lubricación

Velocidades
límite

Diseño
del eje y
alojamiento

Cuidado
de los
rodamientos

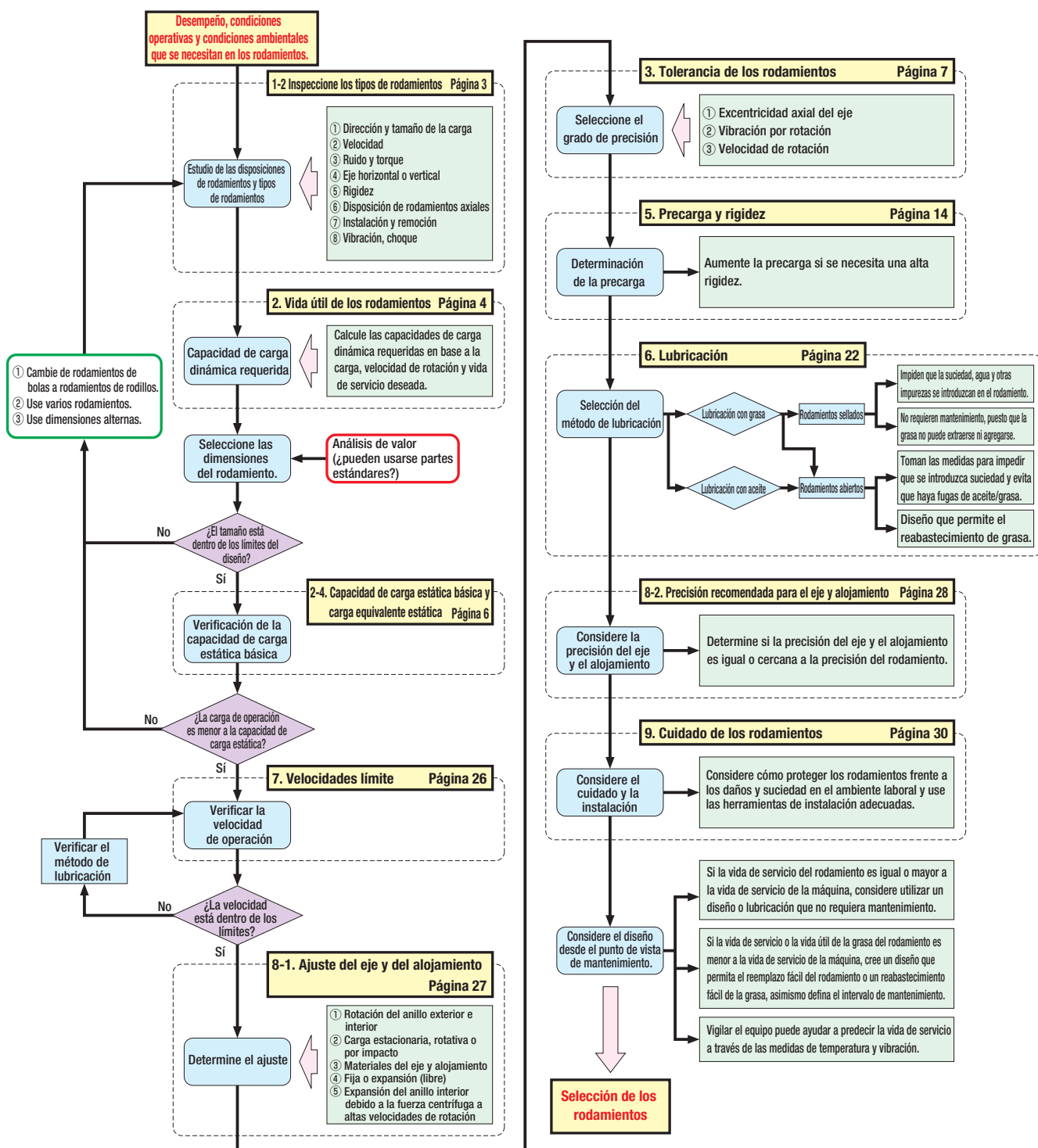
Selección de los rodamientos

1-1 Procedimiento para seleccionar los rodamientos

Aunque no es fácil seleccionar el tipo y combinación óptima de rodamientos, no es una exageración decir que la selección de los rodamientos es esencial para poder obtener el desempeño del diseño y la vida de servicio deseada.

A pesar de que no existe un procedimiento "ideal" para seleccionar el

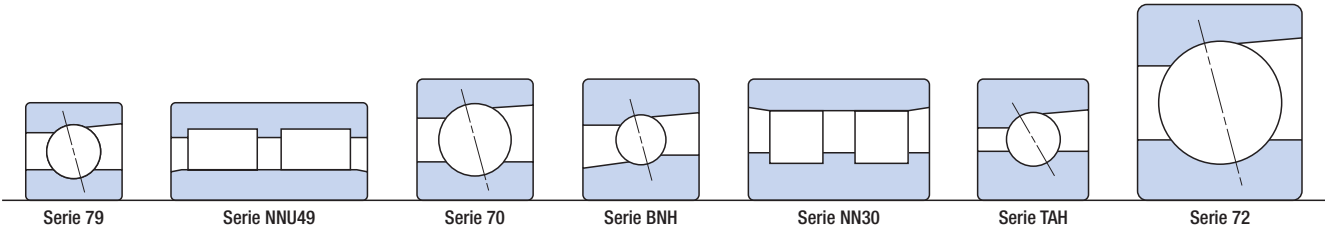
mejor rodamiento, el diseñador debe considerar dar prioridad a reunir la mayoría de los requisitos críticos del rodamiento. La **Figura 1.1** ofrece un ejemplo de un procedimiento en base a las prioridades establecidas para las características requeridas de un rodamiento.



● **Figura 1.1** Procedimiento para seleccionar los rodamientos

1-2 Inspeccione los tipos de rodamientos

Factores	Guía de selección
Espacio aceptable para rodamientos	● Al diseñar un sistema de ejes, la rigidez y la fuerza del eje son factores importantes. El primer paso es determinar el diámetro del eje y el diámetro del orificio. ● La Figura 1.2 muestra las pautas para los tipos y tamaños de rodamientos de contacto de superprecisión principales que se utilizan en las máquinas herramientas.
Carga (tipo, dirección, magnitud)	● Seleccione el tipo de rodamiento óptimo de conformidad con la magnitud de la carga radial y axial, la dirección de la carga (ya sea en una o ambas direcciones) y el nivel (vibración o choque). ● En general, un rodamiento de rodillos tiene una mayor capacidad de carga que un rodamiento de bolas.
Velocidad de rotación	● Seleccione el tipo de rodamiento de conformidad con la máxima velocidad de rotación especificada para la máquina donde se utilizará el rodamiento. ● Las velocidades límite de los rodamientos dependen principalmente de la magnitud de la carga aplicada, la precisión de rotación, material de la jaula y el diseño de la jaula. Por lo tanto, es necesario estudiar a fondo las opciones. ● En general, los rodamientos de bolas de contacto angular o los rodamientos de rodillos cilíndricos que demuestran un mínimo aumento de temperatura se usan en aplicaciones de alta velocidad.
Rigidez	● Con objeto de mejorar la rigidez del eje de rotación, la rigidez del eje y el alojamiento así como también la rigidez del rodamiento se vuelven factores importantes. ● En general, la rigidez de un rodamiento de rodillos es mayor que la de un rodamiento de bolas. ● La rigidez de un rodamiento de bolas de contacto angular en combinación aumenta al aplicar una precarga al rodamiento.
Montaje y desmontaje	● Seleccionar un rodamiento desprendible aumenta la eficiencia del trabajo durante el montaje y desmontaje en una inspección periódica, etc.



● **Figura 1.2** Rodamientos de superprecisión principales que se usan en máquinas herramientas

Selección de los rodamientos

Vida útil de los rodamientos

Tolerancia de los rodamientos

Disposición de los rodamientos

Precarga y rigidez

Lubricación

Velocidades límite

Diseño del eje y alojamiento

Cuidado de los rodamientos

Vida útil de los rodamientos

2-1 Capacidad de carga dinámica básica y vida útil nominal

Aunque los requisitos de los rodamientos de rodillos varían un poco dependiendo de cada aplicación, los requisitos principales son los siguientes:

- Altas capacidades de carga
- Baja fricción
- Rotación suave y silenciosa
- Alta precisión
- Alta rigidez

El requisito de confiabilidad o durabilidad establece el marco de tiempo dentro del cual deben mantenerse el resto de los requisitos. El requisito de confiabilidad (vida útil en sentido general) incluye la vida útil de la grasa y acústica, así como la vida útil de fatiga. La confiabilidad se reduce debido a diferentes tipos de daños y degradación.

Aunque existen otros daños tales como rupturas y sobrecalentamiento, estos se consideran aparte de la vida útil del rodamiento. El cuidado, montaje, lubricación y ajustes inadecuados son las causas principales de los problemas que llevan a una vida útil del rodamiento menor a la estimada.

Independientemente de un buen mantenimiento, montaje o cuidado, los rodamientos dinámicos eventualmente fallarán debido a la fatiga por rodadura generada por el esfuerzo continuo de la carga sobre el rodamiento. La vida de servicio de un rodamiento puede analizarse desde dos perspectivas: 1) Si durante la inspección, se observan rastros de fatiga, el rodamiento debe considerarse como inadecuado para usarse; o bien 2) la duración de la vida útil del rodamiento en horas y revoluciones puede predefinirse como un límite más allá del cual debe reemplazarse el rodamiento automáticamente. Puesto que la vida útil de fatiga calculada variará según el tamaño y tipo de rodamientos utilizados bajo condiciones de carga idénticas, debe prestarse mayor atención al análisis de las condiciones de carga y la elección final de los rodamientos para cumplir con los requisitos de la aplicación.

Las vidas útiles de fatiga de rodamientos individuales se dispersan. Cuando un grupo de rodamientos idénticos opera bajo las mismas condiciones, aparecerá el fenómeno estadístico de dispersión. El uso de la vida útil promedio no es un criterio adecuado para seleccionar rodamientos de rodillos. Más bien, es más adecuado considerar el límite (horas o número de revoluciones) que puede

alcanzar un mayor porcentaje de los rodamientos operativos.

Por consiguiente, la vida útil nominal y la capacidad de carga dinámica básica Cr o Ca se definen de la siguiente manera:

● Vida útil nominal básica

Número total de revoluciones que puede completar el 90% de un grupo de rodamientos idénticos operados individualmente bajo condiciones idénticas sin sufrir daños materiales debido a la fatiga por rodadura.

● Capacidad de carga dinámica básica (Cr o Ca)

Carga sobre el rodamiento de una dirección y magnitud constantes que ponen fin a la vida útil del rodamiento después de un millón de revoluciones.

La vida útil nominal de los rodamientos se calcula con la **Fórmula 2.1** y **Fórmula 2.2**.

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^p \quad \text{---} \quad \text{(Fórmula 2.1)}$$

$$L_h = \left(\frac{C}{P} \right)^p \cdot \frac{10^6}{60n} \quad \text{---} \quad \text{(Fórmula 2.2)}$$

L : Vida útil nominal básica (10⁶ revoluciones)

Lh : Vida útil nominal básica (horas)

C : Capacidad de carga dinámica básica (N) (Cr para rodamientos radiales, Ca para rodamientos axiales)

P : Carga sobre el rodamiento (carga dinámica equivalente) (N) (Pr para rodamientos radiales, Pa para rodamientos axiales)

p : 3 (rodamientos de bolas), 10/3 (rodamientos de rodillos)

N : RPM:(min.⁻¹)

En el caso de hileras múltiples de disposiciones de rodamientos radiales de bolas, la capacidad de carga dinámica básica se calcula usando los factores que se proporcionan a continuación.

Disposición de 2 hileras	Disposición de 3 hileras	Disposición de 4 hileras
1,62	2,16	2,64

2-2 Carga equivalente dinámica

La carga sobre el rodamiento en la Fórmula 2.1 y Fórmula 2.2 es la carga radial pura (carga axial pura) de dirección y magnitud constantes. En condiciones operativas reales, existen muchos casos donde se aplican cargas radial y axial simultáneamente. En dichos casos, la vida útil del rodamiento debe calcularse convirtiendo las cargas radial y axial en carga equivalente dinámica.

La carga equivalente dinámica se calcula usando la **Fórmula 2.3**.

Carga sobre el rodamiento de una dirección y magnitud constantes que ponen fin a la vida útil del rodamiento después de un millón de revoluciones.

La vida útil nominal de los rodamientos se calcula con la Fórmula 2.1 y Fórmula 2.2.

$$Pr = XFr + YFa \text{ o } Pa = XFr + YFa \quad \text{---} \quad \text{(Fórmula 2.3)}$$

Pr : Carga radial equivalente dinámica (N)

Pa : Carga axial equivalente dinámica (N)

Fr : Carga radial (N)

Fa : Carga axial (N)

X : Factores de carga radial (**Tabla 2.1**)

Y : Factores de carga axial (**Tabla 2.1**)

● Tabla 2.1 Factores de carga

	Ángulo de contacto nominal	iFa/Cor	e	Rodamiento de una sola hilera/dirección		Rodamiento de hileras múltiples/dirección múltiple			
				Fa/Fr > e		Fa/Fr ≤ e		Fa/Fr > e	
				X	Y	X	Y	X	Y
Rodamientos radiales de bolas	15°	0,015	0,38	0,44	1,47	1	1,65	0,72	2,39
		0,029	0,40		1,40		1,57		2,28
		0,058	0,43		1,30		1,46		2,11
		0,087	0,46		1,23		1,38		2,00
		0,12	0,47		1,19		1,34		1,93
		0,17	0,50		1,12		1,26		1,82
		0,29	0,55		1,02		1,14		1,66
		0,44	0,56		1,00		1,12		1,63
		0,58	0,56		1,00		1,12		1,63
	25°	—	0,68	0,41	0,87		0,92	0,67	1,41
Rodamientos axiales de bolas	30°	—	0,80	0,39	0,76		0,78	0,63	1,24
	40°	—	1,14	0,35	0,57		0,55	0,57	0,93
	50°	—	1,49	0,73	1	1,37	0,57	0,73	1
	55°	—	1,79	0,81	1	1,6	0,56	0,81	1
	60°	—	2,17	0,92	1	1,9	0,55	0,92	1

Nota 1) i = 2 para DB o DF, i = 1 para individual o DT.

Nota 2) Para individual o DT, use Pr=Fr cuando Fa/Fr ≤ e.

Nota 3) Cuando el ángulo de contacto nominal es 15°, use la interpolación lineal para determinar los valores de X, Y, y e de iFa/Cor que no se incluyen en la tabla.

Nota 4) Para uso de alta velocidad (valor dmn > 800.000), la fuerza centrífuga del rodillo también debe tomarse en cuenta además de la carga externa. Consulte a NACHI en caso de tener dichas aplicaciones.

2-3 Carga de un rodamiento de bolas de contacto angular

En el caso de rodamientos de bolas de contacto angular, deben usarse los puntos donde las líneas de contacto extendidas dentro del rodamiento y el eje como se muestran en la **Figura 2.1** como los puntos de apoyo del rodamiento (centros de carga).

Debido a esto, los rodamientos de bolas de contacto angular se muestran en las tablas de dimensión con dimensiones "a" que indican las posiciones del punto de apoyo. Esta consideración es especialmente importante cuando una carga de momento actúa sobre una serie de rodamientos.

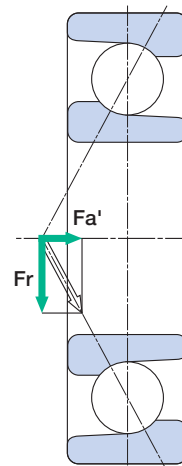
Las fuerzas del componente axial se generan cuando una carga radial actúa sobre un rodamiento de bolas de contacto angular. Puede calcular las fuerzas del componente axial usando la **Fórmula 2.4**.

$$Fa' = \frac{Fr}{2Y} \quad \text{(Fórmula 2.4)}$$

Fa' : Carga axial inducida (N)

Fr : Carga radial (N)

Y : Factor de la carga axial



● **Figura 2.1** Carga axial inducida para rodamientos de bolas de contacto angular

Debido a estas fuerzas del componente, la carga axial y la carga radial equivalente dinámica que actúan sobre el rodamiento son como se muestran en la **Tabla 2.2**.

● **Tabla 2.2** Carga axial y carga equivalente dinámica de los rodamientos de bolas de contacto angular

Disposición de los rodamientos	Condiciones de la carga	Carga axial	Carga radial equivalente dinámica
	$Fa \geq 0.5 \left(\frac{Fr_I}{Y_I} - \frac{Fr_{II}}{Y_{II}} \right)$	$Fa_I = Fa_{II} + Fa$ $Fa_{II} = 0.5 \frac{Fr_{II}}{Y_{II}}$	$Pr_I = X_I Fr_I + Y_I (Fa_{II} + Fa)$ $Pr_{II} = Fr_{II}$
	$Fa < 0.5 \left(\frac{Fr_I}{Y_I} - \frac{Fr_{II}}{Y_{II}} \right)$	$Fa_I = 0.5 \frac{Fr_I}{Y_I}$ $Fa_{II} = Fa_I - Fa$	$Pr_I = Fr_I$ $Pr_{II} = X_{II} Fr_{II} + Y_{II} (Fa_I - Fa)$
	$Fa \geq 0.5 \left(\frac{Fr_{II}}{Y_{II}} - \frac{Fr_I}{Y_I} \right)$	$Fa_I = 0.5 \frac{Fr_I}{Y_I}$ $Fa_{II} = Fa_I + Fa$	$Pr_I = Fr_I$ $Pr_{II} = X_{II} Fr_{II} + Y_{II} (Fa_I + Fa)$
	$Fa < 0.5 \left(\frac{Fr_{II}}{Y_{II}} - \frac{Fr_I}{Y_I} \right)$	$Fa_I = Fa_{II} - Fa$ $Fa_{II} = 0.5 \frac{Fr_{II}}{Y_{II}}$	$Pr_I = X_I Fr_I + Y_I (Fa_{II} - Fa)$ $Pr_{II} = Fr_{II}$

Fr_I, Fr_{II} : Carga radial (N) aplicada a los rodamientos I y II

Y_I, Y_{II} : Factores de la carga axial de los rodamientos I y II

Pr_I, Pr_{II} : Carga radial equivalente dinámica (N) de los rodamientos I y II

Fa : Carga axial externa (N)

X_I, X_{II} : Factores de carga radial de los rodamientos I y II

Selección de los rodamientos

Vida útil de los rodamientos

Tolerancia de los rodamientos

Disposición de los rodamientos

Precarga y rigidez

Lubricación

Velocidades límite

Diseño del eje y alojamiento

Cuidado de los rodamientos

Vida útil de los rodamientos

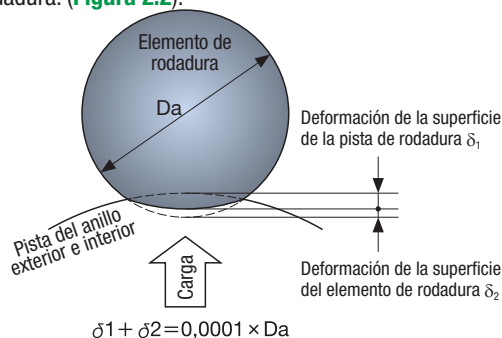
2-4 Capacidad de carga estática básica y carga equivalente estática

2.4.1 Capacidad de carga estática básica

La carga aplicada a rodamientos estacionarios puede crear marcas permanentes en las superficies de carga. Aunque cierto nivel de deformación es tolerable, se alcanzará un nivel de deformación con el ruido y la vibración durante la operación del rodamiento que harán que este sea inutilizable. El término de la capacidad de carga estática básica (Cor o Coa) se refiere al valor máximo del esfuerzo de contacto de la carga estática cuando tienen contacto el elemento de rodadura y las pistas de rodadura.

Rodamientos de bolas — 4200 MPa
Rodamientos de rodillos — 4000 MPa

Con estos esfuerzos de contacto, la suma de las deformaciones es aproximadamente de 1/10.000 del diámetro del elemento de rodadura. (Figura 2.2).



● Figura 2.2 Marca permanente

2.4.2 Carga equivalente estática

La carga equivalente estática es la carga estática que refleja las condiciones de carga reales a la sección de contacto de los elementos de rodadura y la pista de rodadura que recibe el máximo esfuerzo.

Para rodamientos radiales, a la carga radial de una dirección y magnitud constante se le llama carga radial equivalente estática y para los rodamientos axiales, a la carga axial de una dirección y magnitud constante se le llama la carga axial equivalente estática. Para calcular la carga radial equivalente estática, debe usar el mayor de los dos valores obtenidos de la **Fórmula 2.5** y la **Fórmula 2.6**.

$$P_{or} = X_o F_r + Y_o F_a \quad \text{(Fórmula 2.5)}$$

$$P_{or} = F_r \quad \text{(Fórmula 2.6)}$$

La carga axial equivalente estática se calcula usando la **Fórmula 2.7**.

$$P_{oa} = X_o F_r + Y_o F_a \quad \text{(Fórmula 2.7)}$$

P_{or} : Carga radial equivalente estática (N)
 P_{oa} : Carga axial equivalente estática (N)
 F_r : Carga radial (N)
 F_a : Carga axial (N)
 X_o : Factores de carga radial estática (Tabla 2.3)
 Y_o : Factores de carga axial estática (Tabla 2.3)

● Tabla 2.3 Factores de carga estática

	Ángulo de contacto nominal	Sencillo o DT		DB o DF	
		X_o	Y_o	X_o	Y_o
Rodamientos radiales de bolas	15°	0,5	0,46	1	0,92
	25°	0,5	0,38	1	0,76
	30°	0,5	0,33	1	0,66
	40°	0,5	0,26	1	0,52
Rodamientos axiales de bolas	50°	2,74	1	2,74	1
	55°	3,28	1	3,28	1
	60°	3,98	1	3,98	1

2.4.3 Factores de seguridad

La capacidad de carga estática básica se considera como la carga limitante para aplicaciones generales.

Una aplicación puede requerir un factor de seguridad mayor a 1. La **Fórmula 2.8** y la **Tabla 2.4** muestran la fórmula de cálculo y los factores de seguridad (guías).

$$P_o \max = \frac{C_o}{S_o} \quad \text{(Fórmula 2.8)}$$

$P_o \max$: Carga equivalente estática permitida (N)
 C_o : Capacidad de carga estática básica (N)
 S_o : Factores de seguridad (Tabla 2.4)

● Tabla 2.4 Factores de seguridad S_o

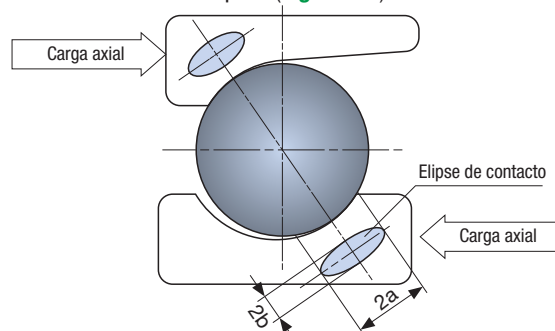
Condiciones de la aplicación	S_o	
	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos
Se necesita una alta precisión de rotación	2	3
Vibración y/o impacto presente	1,5	2
Condiciones normales de operación	1	1,5

2.4.4 Carga axial permitida

Existe una carga axial permitida para los rodamientos que se puede aplicar con una carga axial como un rodamiento de bolas de contacto angular.

Para rodamientos de bolas, la carga permitida es el menor de los siguientes dos valores.

- ① Carga axial cuando el valor de presión de contacto entre el rodillo y las superficies de la pista es de 4200 MPa o menor.
- ② La carga axial causa que la elipse de contacto formada entre el rodillo y la superficie de la pista de rodadura se desvíe más allá del hombro de la pista (Figura 2.3)



● Figura 2.3 Elipse de contacto



Tolerancia de los rodamientos

3-1 Tolerancia de rodamientos radiales

La tolerancia de los rodamientos de rodillos incluye la precisión dimensional y de rotación. Las tolerancias son clasificadas por ISO 492 y JIS B 1514 (Rodamientos de rodillos - Tolerancias) con

rodamientos de superprecisión que cumplen con la clase 5, 4 y 2. Las tolerancias de rodamientos radiales se muestran en la **Tabla 3.1** y la **Tabla 3.2** (página 8).

● **Tabla 3.1** Tolerancias del anillo interior (clase 5, clase 4, clase 2 de JIS)

Unidad: μm

Diámetro nominal del agujero del rodamiento d (mm)		Variación del diámetro medio del agujero en plano simple (1) Δd_{mp}						Desviación del diámetro del agujero (1) Δd_s				Diferencia del agujero en plano simple (1) V_{dsp}				Diferencia del diámetro medio del agujero en plano simple (1) V_{dmp}		
Más	Incl.	Clase 5		Clase 4		Clase 2		Clase 4		Clase 2		Clase 5		Clase 4		Clase 5	Clase 4	Clase 2
		Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Serie de diámetro				Serie de diámetro				Máx.	Máx.	Máx.
								0,2				9	0,2	9	0,2			
								Alto	Bajo	Alto	Bajo	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.			
2,5	10	0	-5	0	-4	0	-2,5	0	-4	0	-2,5	5	4	4	3	3	2	1,5
10	18	0	-5	0	-4	0	-2,5	0	-4	0	-2,5	5	4	4	3	3	2	1,5
18	30	0	-6	0	-5	0	-2,5	0	-5	0	-2,5	6	5	5	4	3	2,5	1,5
30	50	0	-8	0	-6	0	-2,5	0	-6	0	-2,5	8	6	6	5	4	3	1,5
50	80	0	-9	0	-7	0	-4	0	-7	0	-4	9	7	7	5	5	3,5	2
80	120	0	-10	0	-8	0	-5	0	-8	0	-5	10	8	8	6	5	4	2,5
120	150	0	-13	0	-10	0	-7	0	-10	0	-7	13	10	10	8	7	5	3,5
150	180	0	-13	0	-10	0	-7	0	-10	0	-7	13	10	10	8	7	5	3,5
180	250	0	-15	0	-12	0	-8	0	-12	0	-8	15	12	12	9	8	6	4

Unidad: μm

Diámetro nominal del agujero del rodamiento d (mm)		Excentricidad radial del anillo interior del rodamiento ensamblado K_{ia}			Excentricidad de la cara de referencia del anillo interior con agujero S_d			Excentricidad de la cara de referencia del anillo interior del rodamiento ensamblado con pista de rodadura (2) S_{ia}			Desviación del ancho de un anillo sencillo ΔB_s						Variación del ancho de un anillo interior V_{Bs}			
Más	Incl.	Clase 5	Clase 4	Clase 2	Clase 5	Clase 4	Clase 2	Clase 5	Clase 4	Clase 2	Clase 5		Clase 4/Clase 2		Clase 5/Clase 4 /Clase 2		Clase 5	Clase 4	Clase 2	
		Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Rodamiento sencillo				Rodamiento doble (3)		Máx.	Máx.	Máx.
												Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo			
2,5	10	4	2,5	1,5	7	3	1,5	7	3	1,5	0	-40	0	-40	0	-250	5	2,5	1,5	
10	18	4	2,5	1,5	7	3	1,5	7	3	1,5	0	-80	0	-80	0	-250	5	2,5	1,5	
18	30	4	3	2,5	8	4	1,5	8	4	2,5	0	-120	0	-120	0	-250	5	2,5	1,5	
30	50	5	4	2,5	8	4	1,5	8	4	2,5	0	-120	0	-120	0	-250	5	3	1,5	
50	80	5	4	2,5	8	5	1,5	8	5	2,5	0	-150	0	-150	0	-250	6	4	1,5	
80	120	6	5	2,5	9	5	2,5	9	5	2,5	0	-200	0	-200	0	-380	7	4	2,5	
120	150	8	6	2,5	10	6	2,5	10	7	2,5	0	-250	0	-250	0	-380	8	5	2,5	
150	180	8	6	5	10	6	4	10	7	5	0	-250	0	-250	0	-380	8	5	4	
180	250	10	8	5	11	7	5	13	8	5	0	-300	0	-300	0	-500	10	6	5	

Nota 1) Aplica a rodamientos con agujero cilíndrico.

Nota 2) Aplica a rodamientos de bolas.

Nota 3) Aplica a los anillos de rodamientos sencillos hechos para rodamientos montados.

Comentario: La alta desviación del diámetro del agujero del rodamiento en rodamientos de agujero cilíndrico en la Tabla 3.1 no aplica dentro de una distancia a la cara del anillo de la pista de rodadura de $1,2 \times r$ (máx.) del bisel.

Selección de los rodamientos

Vida útil de los rodamientos

Tolerancia de los rodamientos

Disposición de los rodamientos

Precarga y rigidez

Lubricación

Velocidades límite

Diseño del eje y alojamiento

Cuidado de los rodamientos

Tolerancia de los rodamientos

● **Tabla 3.2** Tolerancias del anillo exterior (clase 5, clase 4, clase 2 de JIS)

Unidad: μm

Diámetro nominal exterior del rodamiento D (mm)		Variación del diámetro medio exterior en plano simple del anillo exterior ΔD_{mp}						Desviación del diámetro exterior ΔD_s				Variación del diámetro exterior en un plano radial simple (1) $V D_{sp}$					Variación del diámetro exterior medio $V D_{mp}$		
		Clase 5		Clase 4		Clase 2		Clase 4		Clase 2		Clase 5		Clase 4		Clase 2	Clase 5	Clase 4	Clase 2
		Más	Incl.	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Serie de diámetro				Serie de diámetro					Máx.
0,2										9	0,2	9	0,2	0,2					
Alto	Bajo									Alto	Bajo	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.			
18	30	0	-6	0	-5	0	-4	0	-5	0	-4	6	5	5	4	4	3	2,5	2
30	50	0	-7	0	-6	0	-4	0	-6	0	-4	7	5	6	5	4	4	3	2
50	80	0	-9	0	-7	0	-4	0	-7	0	-4	9	7	7	5	4	5	3,5	2
80	120	0	-10	0	-8	0	-5	0	-8	0	-5	10	8	8	6	5	5	4	2,5
120	150	0	-11	0	-9	0	-5	0	-9	0	-5	11	8	9	7	5	6	5	2,5
150	180	0	-13	0	-10	0	-7	0	-10	0	-7	13	10	10	8	7	7	5	3,5
180	250	0	-15	0	-11	0	-8	0	-11	0	-8	15	11	11	8	8	8	6	4
250	315	0	-18	0	-13	0	-8	0	-13	0	-8	18	14	13	10	8	9	7	4
315	400	0	-20	0	-15	0	-10	0	-15	0	-10	20	15	15	11	10	10	8	5

Unidad: μm

Diámetro nominal exterior del rodamiento D (mm)		Excentricidad radial del anillo exterior del rodamiento ensamblado K_{ea}			Variación de la inclinación de la generatriz de la superficie exterior con referencia al anillo exterior S_D			Excentricidad de la cara de referencia del anillo exterior del rodamiento ensamblado con pista de rodadura (2) S_{ea}			Desviación del ancho de un anillo sencillo ΔC_s	Variación del ancho de un anillo exterior V_{Cs}		
		Clase 5	Clase 4	Clase 2	Clase 5	Clase 4	Clase 2	Clase 5	Clase 4	Clase 2		Clase 5	Clase 4	Clase 2
Más	Incl.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Corresponde con los valores de ΔB_s del anillo interior con los que se compara.	Máx.	Máx.	Máx.
18	30	6	4	2,5	8	4	1,5	8	5	2,5		5	2,5	1,5
30	50	7	5	2,5	8	4	1,5	8	5	2,5		5	2,5	1,5
50	80	8	5	4	8	4	1,5	10	5	4		6	3	1,5
80	120	10	6	5	9	5	2,5	11	6	5		8	4	2,5
120	150	11	7	5	10	5	2,5	13	7	5		8	5	2,5
150	180	13	8	5	10	5	2,5	14	8	5		8	5	2,5
180	250	15	10	7	11	7	4	15	10	7		10	7	4
250	315	18	11	7	13	8	5	18	10	7		11	7	5
315	400	20	13	8	13	10	7	20	13	8	13	8	7	

Nota 1) Aplica a rodamientos de tipo abierto.

Nota 2) Aplica a rodamientos de bolas.

Comentario: La baja desviación del diámetro exterior de los rodamientos en la Tabla 3.2 no aplica dentro de una distancia de la cara del anillo de $1,2 \times r$ (máx.) del bisel.

3-2 Tolerancias y valores permitidos de los rodamientos de bolas de contacto angular para las cargas axiales (serie TAH/TBH)

Excepto para el diámetro externo del diámetro externo del anillo exterior, la precisión de los rodamientos de bolas de contacto angular para cargas axiales cumple con la clase 4 de JIS. El diámetro externo de las tolerancias del anillo exterior es como se muestra en la [Tabla 3.3](#).

● **Tabla 3.3** Tolerancia del diámetro externo

Unidad: μm

Diámetro nominal exterior del rodamiento D (mm)		Desviación del diámetro exterior ΔD_s	
Más	Incl.	Alto	Bajo
50	80	-30	-49
80	120	-36	-58
120	180	-43	-68
180	250	-50	-79
250	315	-56	-88

3-3 Tolerancias de los rodamientos de rodillos cónicos cruzados

Las tolerancias para rodamientos de rodillos cónicos cruzados se muestran en la [Tabla 3.4](#) y la [Tabla 3.5](#).

● **Tabla 3.4** Tolerancias del anillo interior y anillo exterior de la serie XRN

Unidad: μm

Núm. de rodamientos	Variación del diámetro medio del agujero en plano simple Δd_{mp}		Variación del diámetro medio exterior en plano simple del anillo exterior ΔD_{mp}		Variación de Ts de altura ensambladas		Excentricidad del anillo exterior (Máx.)	
	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Excentricidad radial	Excentricidad de cara lateral
150XRN23	0	-13	0	-15	+350	-250	7	7
200XRN28	0	-15	0	-18	+350	-250	7	7
250XRN33	0	-15	0	-18	+350	-250	7	7
250XRN35	0	-10	0	-13	+350	-250	9	9
300XRN40	0	-13	0	-15	+350	-250	7	7
310XRN42	0	-13	0	-15	+350	-250	7	7
0330XRN045	+25	0	+25	0	+350	-250	8	8
350XRN47	0	-13	0	-15	+350	-250	9	9
375XRN49	0	-13	0	-15	+350	-250	7	7
400XRN55	0	-13	0	-18	+350	-250	9	9
0457XRN060	+25	0	+25	0	+380	-380	9	9
580XRN76	+25	0	+38	0	+406	-406	10	10
0685XRN091	+38	0	+38	0	+508	-508	12	12
950XRN117	0	-75	0	-75	+750	-750	14	14

● **Tabla 3.5** Tolerancias del anillo interior y anillo exterior de la serie XRG (XRGV)

Unidad: μm

Núm. de rodamientos	Variación del diámetro medio del agujero en plano simple Δd_{mp}		Variación del diámetro medio exterior en plano simple del anillo exterior ΔD_{mp}		Variación de Ts de altura ensambladas		Excentricidad del anillo interior (Máx.)	
	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Excentricidad radial	Excentricidad de cara lateral
130XRG23	0	-10	0	-15	+350	-250	6	7
140XRGV20	0	-13	0	-15	+350	-350	5	5
150XRG23	0	-13	0	-15	+350	-250	6	7
200XRGV028	0	-15	0	-18	+350	-350	7	7
320XRG43	0	-13	0	-15	+350	-250	7	7
480XRGV66	0	-45	-70	-100	+450	-450	11	11

Selección de los rodamientos

Vida útil de los rodamientos

Tolerancia de los rodamientos

Disposición de los rodamientos

Precarga y rigidez

Lubricación

Velocidades límite

Diseño del eje y alojamiento

Cuidado de los rodamientos

Tolerancia de los rodamientos

3-4 Tolerancias del rodamiento de apoyo en husillos de bolas (serie TAB)

Las tolerancias para el apoyo en husillos de bolas (serie TAB) se muestran en la [Tabla 3.6](#) y la [Tabla 3.7](#).

● **Tabla 3.6** Tolerancias del anillo interior (incluyendo el ancho del anillo exterior y la referencia de la excentricidad de la cara lateral del anillo exterior con pista de rodadura) Unidad: μm

Diámetro nominal del agujero del rodamiento d (mm)		Agujero medio en plano simple y variación del agujero $\Delta d_{mp}, \Delta d_s$				Variación del diámetro del agujero en un plano radial simple V_{dp}		Variación del diámetro medio del agujero V_{dmp}		Desviación del ancho de un anillo interior sencillo (o el ancho de un anillo exterior sencillo) $\Delta B_s, \Delta C_s$		Desviación del ancho del anillo interior V_{Bs}		Excentricidad radial del anillo interior de un rodamiento ensamblado K_{ia}		Excentricidad de cara lateral S_d con referencia al agujero		Excentricidad de cara lateral con referencia a la pista de rodadura del anillo interior de un rodamiento ensamblado S_{ia} y del anillo exterior de un rodamiento ensamblado S_{ea}	
		Clase 5		Clase 4		Clase 5	Clase 4	Clase 5	Clase 4	Clase 5/Clase 4	Clase 5/Clase 4	Clase 5	Clase 4	Clase 5	Clase 4	Clase 5	Clase 4	Clase 5	Clase 4
Más	Incl.	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Alto	Bajo	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.
10	18	0	-5	0	-4	4	3	3	2	0	-80	5	2,5	4	2,5	7	3	4	2
18	30	0	-6	0	-5	5	4	3	2,5	0	-120	5	2,5	4	3	8	4	5	2,5
30	50	0	-8	0	-6	6	5	4	3	0	-120	5	3	5	4	8	4	6	2,5
50	80	0	-9	0	-7	7	5	5	3,5	0	-150	6	4	5	4	8	5	7	2,5

● **Tabla 3.7** Tolerancias del anillo exterior

Unidad: μm

Diámetro nominal exterior del rodamiento D (mm)		Variación del diámetro medio exterior en plano simple del anillo exterior $\Delta D_{mp}, \Delta D_s$				Variación del diámetro externo en un plano radial simple V_{Dp}		Variación del diámetro exterior medio V_{Dmp}		Variación de la inclinación de la generatriz de la superficie exterior con referencia al anillo exterior V_{Cs}		Excentricidad radial del anillo exterior de un rodamiento ensamblado K_{ea}		Inclinación externa del anillo exterior S_D	
		Clase 5		Clase 4		Clase 5	Clase 4	Clase 5	Clase 4	Clase 5	Clase 4	Clase 5	Clase 4	Clase 5	Clase 4
Más	Incl.	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Máx	Máx	Máx	Máx	Máx	Máx	Máx	Máx	Máx	Máx
30	50	0	-7	0	-6	5	5	4	3	5	2,5	7	5	8	4
50	80	0	-9	0	-7	7	5	5	3,5	6	3	8	5	8	4
80	120	0	-10	0	-8	8	6	5	4	8	4	10	6	9	5

Para el tipo universal de la serie TAB, se establecen tolerancias estrictas para el diámetro externo y diámetro del agujero para minimizar las diferencias dentro de los rodamientos dobles. ([Tabla 3.8](#), [Tabla 3.9](#))

● **Tabla 3.8** Tolerancias para el diámetro del agujero de un anillo interior (universal de clase 4) Unidad: μm

Diámetro nominal del agujero del rodamiento d (mm)		Variación del diámetro medio del agujero en plano simple $\Delta d_{mp}, \Delta d_s$			
		Universal de clase 4			
		Alto		Bajo	
Más	Incl.				
10	18	0		-4	
18	30	0		-4	
30	50	0		-4	
50	80	0		-5	

Las tolerancias distintas al diámetro del agujero cumplen con la clase 4 en la [Tabla 3.6](#).

● **Tabla 3.9** Tolerancias para el diámetro externo de un anillo exterior (universal de clase 4) Unidad: μm

Diámetro nominal exterior del rodamiento D (mm)		Variación del diámetro medio exterior en plano simple del anillo exterior $\Delta D_{mp}, \Delta D_s$			
		Universal de clase 4			
		Alto		Bajo	
Más	Incl.				
30	50	0		-4	
50	80	0		-5	
80	120	0		-6	

Las tolerancias distintas al diámetro externo cumplen con la clase 4 en la [Tabla 3.7](#).

3-5 Tolerancias de rodamientos de apoyo en husillos de bolas (serie TAF)

Las tolerancias para el apoyo en husillos de bolas (serie TAF) se muestran en la **Tabla 3.10** y la **Tabla 3.11**.

● **Tabla 3.10** Tolerancias para anillos interiores (incluyendo el ancho de un anillo exterior, clase 5 de JIS)

Unidad: μm

Diámetro nominal del agujero del rodamiento d (mm)		Variación del diámetro medio del agujero en plano simple Δd_{mp}		Variación del diámetro del agujero en un plano radial simple V_{dp}	Variación del diámetro medio del agujero V_{dmp}	Variación del ancho del anillo interior y exterior $\Delta B_s, \Delta C_s$		VBS de desviación del ancho de un anillo interior V_{Bs}	Excentricidad radial del anillo interior de un rodamiento ensamblado K_{ia}	Excentricidad de la cara lateral con referencia al agujero S_d	Excentricidad de cara lateral con referencia a la pista de rodadura del anillo interior de un rodamiento ensamblado S_{ia}
Más	Incl.	Alto	Bajo	Máx.	Máx.	Alto	Bajo	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.
18	30	0	-6	5	3	0	-120	5	4	8	8
30	50	0	-8	6	4	0	-120	5	5	8	8
50	80	0	-9	7	5	0	-150	6	5	8	8
80	120	0	-10	8	5	0	-200	7	6	9	9

● **Tabla 3.11** Tolerancias del anillo exterior (clase 5 de JIS)

Unidad: μm

Diámetro nominal exterior del rodamiento D (mm)		Variación del diámetro medio exterior en plano simple del anillo exterior ΔD_{mp}		Variación del diámetro externo en un plano radial simple V_{Dp}	Variación del diámetro exterior medio V_{Dmp}	Variación del ancho de un anillo exterior V_{Cs}	Excentricidad radial del anillo exterior de un rodamiento ensamblado K_{ea}	Variación de la inclinación de la generatriz de la superficie exterior con referencia al anillo exterior S_d	Excentricidad de la cara de referencia del anillo exterior en un rodamiento ensamblado con pista de rodadura S_{ea}
Más	Incl.	Alto	Bajo	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.
50	80	0	-9	7	5	6	8	8	10
80	120	0	-10	8	5	8	10	9	11
120	150	0	-11	8	6	8	11	10	13
150	180	0	-13	10	7	8	13	10	14
180	250	0	-15	11	8	10	15	11	15
250	315	0	-18	14	9	11	18	13	18

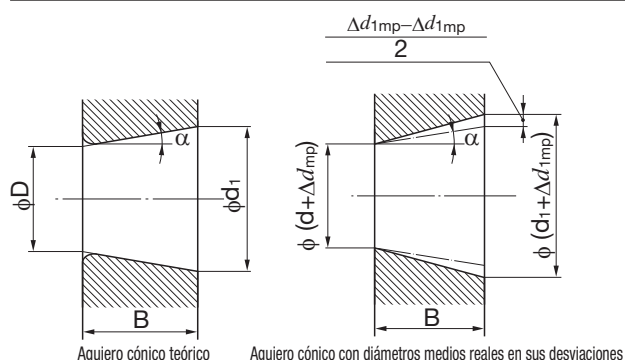
3-6 Tolerancias para agujeros cónicos (rodamientos de rodillos cilíndricos)

Las tolerancias para agujeros cónicos (rodamientos de rodillos cilíndricos) son especificadas por JIS. Puesto que las tolerancias de JIS son bastante amplias, NACHI define su propio rango de rodamientos de superprecisión.

● **Tabla 3.12** Tolerancias para agujeros cónicos (rodamientos de rodillos cilíndricos)

Unidad: μm

Diámetro nominal del agujero del rodamiento d (mm)		Desviación del diámetro medio del agujero en el extremo pequeño de un agujero cónico								Variación del diámetro del agujero en un plano radial simple	
		Δd_{mp}				$\Delta d_{1mp} - \Delta d_{mp}$				V_{dp}	
		Clase 5		Clase 4		Clase 5		Clase 4		Clase 5	Clase 4
Más	Incl.	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Máx.	Máx.
18	30	+10	0	+6	0	+5	0	+3	0	3	3
30	50	+12	0	+8	0	+5	0	+4	0	4	3
50	80	+15	0	+9	0	+6	0	+4	0	5	4
80	120	+20	0	+10	0	+7	0	+5	0	5	4
120	180	+25	0	+13	0	+10	0	+7	0	7	5
180	250	+30	0	+15	0	+12	0	+9	0	8	6
250	315	+35	0	+18	0	+15	0	+11	0	9	9
315	400	+40	0	+23	0	+16	0	+12	0	12	12



● **Figura 3.1** Agujeros cónicos de rodamientos de rodillos cilíndricos

D : Diámetro nominal del agujero del rodamiento
 d_1 : Diámetro básico en el extremo grande teórico del agujero cónico
 $d_1 = d + \frac{1}{12} B$
 Δd_{mp} : Desviación del diámetro medio del agujero en el extremo pequeño teórico del agujero cónico
 Δd_{1mp} : Desviación del diámetro medio del agujero en el extremo grande teórico del agujero cónico
 B : Ancho nominal del anillo interior del rodamiento
 α : Ángulo nominal cónico (mitad del ángulo del cono)

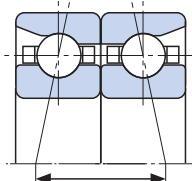
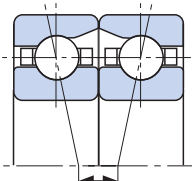
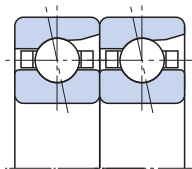
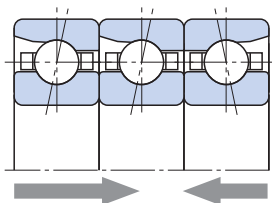
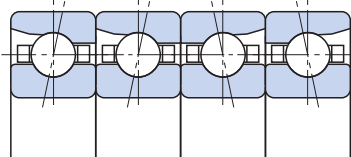
4-1 Funciones de los rodamientos dobles

Además de un conjunto doble, los rodamientos de bolas de contacto angular de precisión y los rodamientos de apoyo en husillos de bolas están disponibles en dobles de 3 hileras y dobles de 4 hileras. Los rodamientos en estas combinaciones se fabrican en conjuntos con una precarga deseada y una variación dimensional del diámetro externo y diámetro del

agujero dentro de los conjuntos de los rodamientos donde se controlan. Debido a esto, evite intercambiar los rodamientos dobles en un conjunto con otros rodamientos.

La **Tabla 4.1** muestra las combinaciones principales y describe sus características.

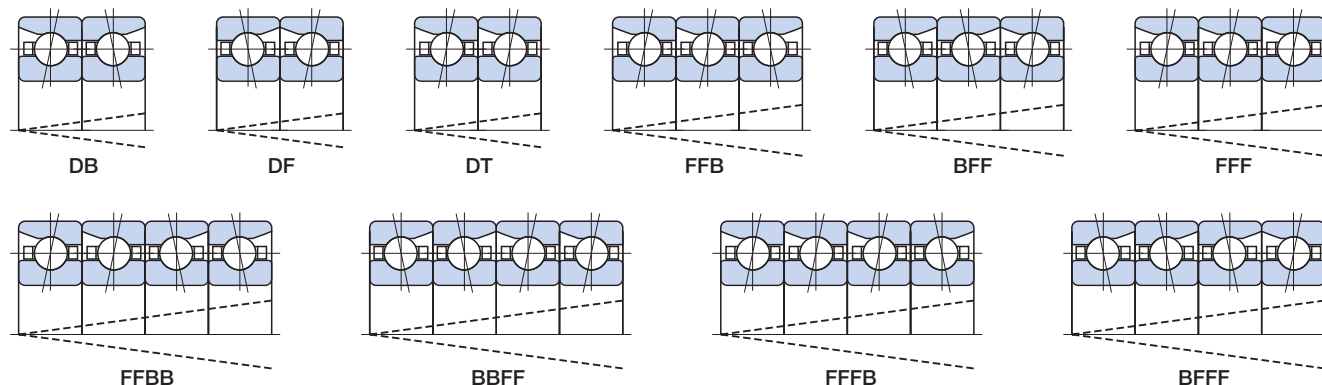
● **Tabla 4.1** Combinaciones principales y características

Combinaciones principales	Corte transversal	Capacidad de carga	Rigidez de la carga de momento	Velocidad	Funciones
Espalda con espalda (DB)	 Distancia del centro de carga				● Pueden aplicarse cargas radiales y cargas axiales en ambas direcciones. ● La distancia del centro de carga es larga, por lo tanto la capacidad de la carga de momento es alta. ● La desalineación u otro error en el montaje aumenta la carga interna y tiende a generar una descamación prematura.
Cara con cara (DF)	 Distancia del centro de carga				● La distancia del centro de carga disminuye, por lo tanto la capacidad de la carga de momento es baja. ● Puesto que la capacidad de la carga de momento es baja, el aumento de la carga interna debido a la desalineación se mantiene bajo control. Debido a esto, esta combinación es ideal cuando no se puede evitar una desalineación o cuando la desviación del eje es considerable debido a la carga.
Tándem (DT)					● Pueden aplicarse cargas radiales y cargas axiales en una sola dirección. ● Puesto que la capacidad de la carga axial es el doble de aquella en una sola hilera, esta combinación es ideal para una carga axial elevada en una sola dirección.
Doble de 3 hileras (FFB)	 Precarga				● Pueden aplicarse cargas radiales y cargas axiales en ambas direcciones. ● La capacidad de carga axial es el doble de aquella de una sola hilera; sin embargo, la precarga no se distribuye uniformemente en cada rodamiento y la configuración de una hilera es el doble de aquella de la configuración de dos hileras. Esta distribución de precarga no uniforme dificulta la configuración correcta de la precarga a una rotación de alta velocidad.
Doble de 4 hileras (FFBB)					● Pueden aplicarse cargas radiales y cargas axiales en ambas direcciones. ● En comparación con la configuración de espalda a espalda bajo el mismo juego de precarga, la precarga se duplica y la rigidez es mayor.

4-2 Montaje y símbolos de montaje

Los símbolos utilizados para cada tipo de combinación se muestran en la **Tabla 4.1**. La secuencia de la disposición y la dirección de la carga son importantes en los rodamientos dobles. Debido a esto, la superficie externa del anillo exterior de los rodamientos dobles en la

Figura 4.1 tiene una marca de combinación ($\llcorner$) que puede utilizarse para verificar la secuencia de la disposición. Si los rodamientos se colocan en la secuencia correcta, las marcas en la superficie externa de cada rodamiento aparecerá como un "<".



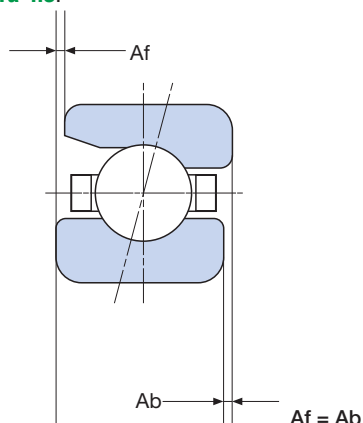
● **Figura 4.1** Combinaciones de conjuntos y marcas de combinación del anillo exterior

4-3 Rodamientos de bolas de contacto angular para montaje universal

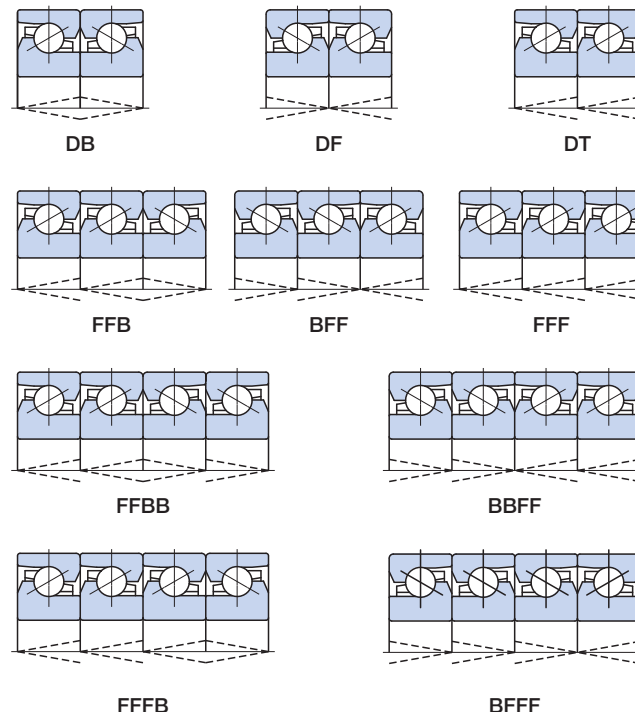
Para rodamientos de bolas de contacto angular para montaje universal, la dimensión del ancho lateral de la cara (A_f) y la dimensión del ancho lateral posterior (A_b) se controlan para que sean iguales. Por lo tanto, la precarga deseada se obtiene en cualquier conjunto de combinación. (**Figura 4.2**).

Los rodamientos de bolas de contacto angular para montaje universal se proporcionan en un conjunto individual (símbolo del sufijo: U) o en un conjunto doble (símbolo del sufijo: DU). Los conjuntos dobles tienen una pequeña variación dimensional en el diámetro del agujero y en el diámetro externo. Al usar la serie U en una combinación, seleccione un rodamiento cuyos valores de diámetro externo medido real y diámetro del agujero sean cercanos uno del otro.

En el rodamiento de apoyo en husillos de bolas serie TAB de tipo universal se coloca una marca de combinación ($\llcorner$) en la superficie externa del anillo exterior. Para más información sobre las combinaciones de los conjuntos y las marcas de combinación, consulte la **Figura 4.3**.



● **Figura 4.2** Rodamientos de bolas de contacto angular para montaje universal



● **Figura 4.3** Combinación de conjuntos de rodamientos para montaje universal y marcas de combinación

Selección de los rodamientos
Vida útil de los rodamientos
Tolerancia de los rodamientos
Disposición de los rodamientos
Precarga y rigidez
Lubricación
Velocidades límite
Diseño del eje y alojamiento
Cuidado de los rodamientos

5-1 Objetivos de la precarga

Los rodamientos de rodillos generalmente tienen un juego interno adecuado para las condiciones operativas, los rodamientos de bolas de contacto angular también pueden instalarse con un juego negativo predeterminado adecuado (precarga axial).

A esto se le conoce como "precarga". Es necesario tener cuidado al determinar las precargas. Una precarga inadecuada puede aumentar el torque de fricción, elevar la temperatura, causar sonidos anormales, reducir la vida útil del rodamiento y provocar otros problemas.

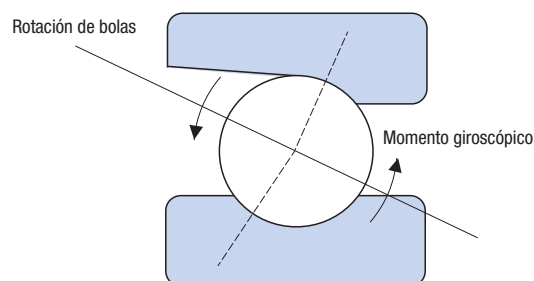
A continuación se muestra una lista de lo que puede lograrse con una precarga.

- Desplazamiento axial reducido debido a una fuerza externa y mayor rigidez axial.
- Prevención de vibración y ruido, y aumento de la velocidad debido a mayor rigidez axial.
- Menor probabilidad de desgaste por rozamiento debido a la vibración externa
- Rotación de rodadura suave
- Menos ruido y menos calor debido a la fuerza centrífuga de las bolas y el momento giroscópico

Momento giroscópico

Las bolas de un rodamiento de bolas de contacto angular giran alrededor de los ejes rotativos al tiempo que giran en torno a un eje orbital (línea del eje). Se realiza un ángulo entre el eje rotativo y el eje orbital, y se genera un momento cuando una bola intenta

girar en torno al centro de los dos ejes diferentes. A esto se le llama un "momento giroscópico" (Figura 5.1). El tamaño del momento giroscópico es proporcional a la velocidad angular de rotación y la velocidad angular orbital. El momento giroscópico es suficientemente pequeño para ser ignorado a una rotación de baja velocidad; sin embargo, no es posible ignorar la generación de calor debido al deslizamiento causado por el movimiento giroscópico en el rango de la rotación de alta velocidad. Con objeto de eliminar el deslizamiento causado por el movimiento giroscópico, debe mantenerse la fricción (carga de bolas x coeficiente de fricción) entre las bolas y la superficie de la pista de rodadura. Esto significa que hay veces cuando puede elegirse una precarga mínima.



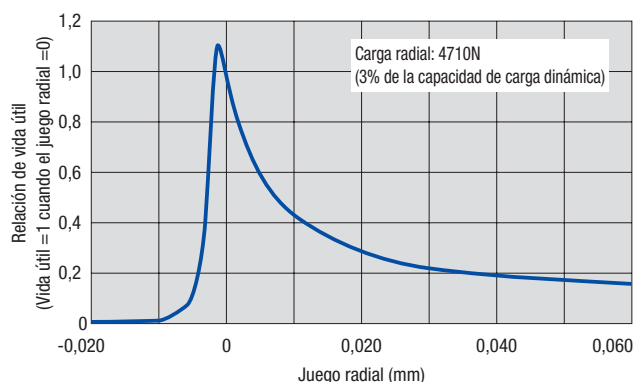
● Figura 5.1 Momento giroscópico

5-2 Métodos de precarga

La precarga de rodamientos de combinación se divide ampliamente entre la precarga de posición fija y la precarga de presión fija.

La Tabla 5.1 (página 15) muestra ejemplos gráficos y describe las características de cada tipo de precarga.

Un rodamiento de rodillos cilíndricos con un agujero cónico también puede usarse con una precarga radial (juego radial negativo) aplicada. Sin embargo, es necesario tener cuidado debido a que una precarga radial demasiado grande disminuye drásticamente la vida de servicio (Figura 5.2).



● Figura 5.2 Juego radial y vida de servicio de un rodamiento de rodillos cilíndricos (NN3020)

5-3 Medición de la precarga

① Método para medir la carga axial

En la precarga del resorte (precarga de presión fija), se conoce la precarga si también se conoce el desplazamiento del resorte.

En la precarga por tuercas (precarga de posición fija), la precarga puede determinarse en base a la relación entre el torque de apriete de la tuerca y la fuerza de apriete. Sin embargo, se necesita tener cuidado pues hay una amplia variación en la relación entre el torque de apriete de la tuerca y la fuerza de apriete debido a la precisión y rugosidad de la parte roscada.

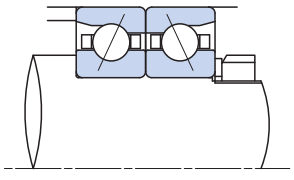
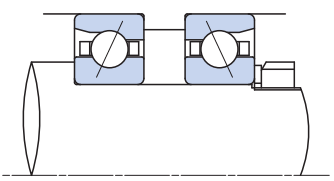
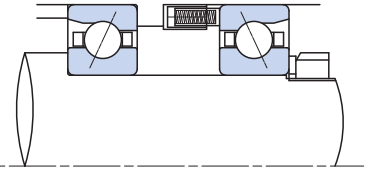
② Método para medir el desplazamiento axial

La precarga puede determinarse en base a la relación entre la carga axial sobre el rodamiento y el desplazamiento axial.

③ Método para medir el torque de fricción inicial del rodamiento

Para llevar a cabo esta medición, primero debe crear una gráfica de la carga y el torque de inicio del mismo rodamiento. Sin embargo, es necesario tener cuidado con la variación debido al tipo de rodamiento, condiciones de lubricación, etc.

● Tabla 5.1 Métodos de precarga

Métodos de precarga	Ejemplo de diseño	Funciones
Precarga de posición fija	 Método usando un rodamiento doble con precarga preajustada o un espaciador de dimensión ajustada	● Puesto que se usa un margen de rodamientos, la precarga prescrita puede obtenerse simplemente apretando una tuerca. ● El ajuste causa una inconsistencia de precarga. ● La generación de calor causa una inconsistencia de precarga. ● Aplicar una carga axial demasiado alta puede ocasionar la pérdida de la precarga.
	 Método de ajuste de precarga usando el apriete de tuerca	● Precarga uniforme, incluso si el ajuste es inconsistente ● Mayor apriete posible ● La generación de calor causa una inconsistencia de precarga. ● Aplicar una carga axial demasiado alta puede ocasionar la pérdida de la precarga.
Precarga de presión fija	 Método usando un resorte	● Precarga uniforme constante durante el funcionamiento ● No hay pérdida de precarga ● Ideal para altas velocidades ● En teoría, puede aplicarse una carga axial de una sola dirección ● Rigidez inferior en comparación con la precarga de posición fija de la misma precarga

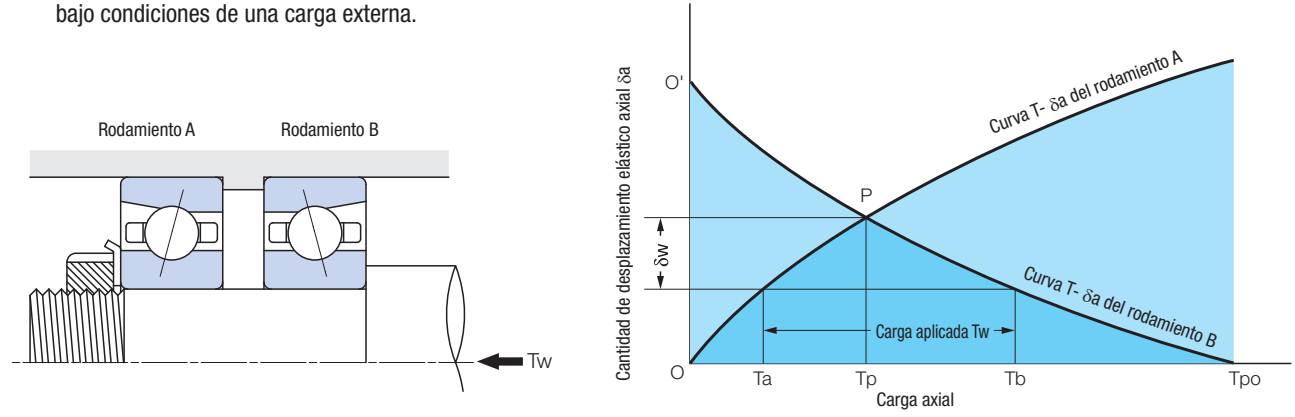
Selección de los rodamientos
Vida útil de los rodamientos
Tolerancia de los rodamientos
Disposición de los rodamientos
Precarga y rigidez
Lubricación
Velocidades límite
Diseño del eje y alojamiento
Cuidado de los rodamientos

5-4 Efecto de la precarga

A continuación se describe cómo se lleva a cabo un análisis gráfico de la distribución de la carga y el desplazamiento axial sobre dos rodamientos cuando se aplica la precarga con una carga externa, como se muestra en la **Figura 5.3**.

- ① Dibuje en la gráfica la carga axial T - Curva δa de deflexión axial para el rodamiento A.
- ② Después de ubicar la T_p de precarga en el eje T, determine el punto de intersección de la curva A del rodamiento y después dibuje la curva T - δa del rodamiento B punto P.
- ③ Enlace estas dos curvas horizontalmente a lo largo del eje T para una longitud que corresponda con el valor de la carga externa T_w .
- ④ Las cargas T_a y T_b , que corresponden a los puntos de intersección de las líneas, son las cargas de cada rodamiento bajo condiciones de una carga externa.

- ⑤ El desplazamiento axial se obtiene como δw del desplazamiento del rodamiento B.
(El desplazamiento del rodamiento B es el desplazamiento de T_p que se restó al desplazamiento de T_b .)
- El motivo de esto es que los desplazamientos de dos rodamientos precargados no son uniformes dentro del rango en que la precarga no cambia a cero debido a la carga externa. (La Figura 5.3 es uniforme). En otras palabras, el rodamiento A se desplaza únicamente en la misma cantidad que se desplaza el rodamiento B debido a la carga externa. Después de que la carga externa se vuelva demasiado elevada y se elimina la precarga, la carga del rodamiento B T_b se vuelve igual a la carga externa T_w , por lo tanto, se elimina la carga del rodamiento A. El tamaño de la carga externa al eliminarse esta precarga se indica en la Figura 5.3 como T_{po} .



● Figura 5.3 Precarga de posición fija

Precarga y rigidez

5-5 Precarga estándar y rigidez axial

5.5.1 Rodamiento de bolas de contacto angular

Las precargas y rigidez axial para montajes dobles de cara a cara y espalda a espalda se muestran en la **Tabla 5.3 1 a 6** (páginas 16 a 18). Las precargas para disposiciones de hileras múltiples pueden obtenerse multiplicando por los coeficientes en la **Tabla 5.2**.

● **Tabla 5.3**

1 Serie 7900C con contacto angular de 15°

Número de diámetro del agujero	E (precarga extra ligera)		L (precarga ligera)		M (precarga mediana)	
	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)
00	5	10	15	15	30	20
01	7	12	20	18	40	24
02	8	13	25	21	50	28
03	8	13	25	21	50	28
04	15	19	40	27	80	36
05	15	19	50	33	100	43
06	15	21	50	36	100	48
07	25	28	70	41	140	56
08	25	28	80	44	155	60
09	35	35	100	53	195	70
10	35	35	100	56	195	72

2 Serie 7900AC con ángulo de contacto de 25°

Número de diámetro del agujero	L (precarga ligera)		M (precarga mediana)		H (precarga pesada)	
	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)
00	20	33	88	59	196	82
01	20	33	98	65	216	90
02	29	42	108	67	235	94
03	29	42	118	74	255	102
04	59	65	235	107	490	149
05	69	69	265	120	560	169
06	78	78	294	134	628	190
07	88	88	323	147	785	212
08	88	98	412	165	1.000	244
09	98	109	470	188	1.040	260
10	118	118	520	208	1.140	284

● **Tabla 5.2** Factores de precargas para disposiciones de hileras múltiples

Disposición de 3 hileras	Disposición de 4 hileras	
FFB-BFF	FFFB-BFFF	FFBB-BBFF
1,36	1,57	2

3 Serie 7000C con ángulo de contacto de 15°

Número de diámetro del agujero	E (precarga extra ligera)		L (precarga ligera)		M (precarga mediana)		H (precarga pesada)	
	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)
00	20	13	50	20	100	29	145	37
01	20	14	50	21	100	31	145	39
02	20	15	50	23	100	34	145	42
03	20	16	50	25	100	35	145	43
04	50	23	100	33	195	48	295	59
05	50	26	100	36	195	50	295	63
06	50	27	100	38	195	53	390	75
07	70	33	145	46	295	64	390	75
08	70	34	145	49	295	68	590	98
09	70	34	145	49	295	68	590	98
10	70	36	145	51	295	70	590	100
11	100	43	195	56	390	78	785	112
12	100	43	195	58	390	82	785	115
13	100	47	195	61	390	85	785	123
14	145	57	295	75	590	105	1170	149
15	145	57	295	77	590	107	1170	153
16	145	57	295	75	590	105	1170	149
17	195	65	390	89	785	125	1470	171
18	195	65	390	87	785	121	1470	165
19	195	68	390	91	785	125	1470	171
20	195	70	390	93	785	127	1470	173

4 Serie 7000AC con ángulo de contacto de 25°

Número de diámetro del agujero	L (precarga ligera)		M (precarga mediana)		H (precarga pesada)	
	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)
00	39	39	118	62	314	95
01	39	44	127	67	343	104
02	49	49	157	83	353	118
03	59	59	216	98	520	144
04	59	59	274	110	608	152
05	108	83	392	140	804	187
06	118	91	441	158	892	208
07	127	98	539	174	1.156	236
08	147	113	617	193	1.176	256
09	216	135	745	213	1.646	300
10	225	141	784	224	1.744	317
11	314	157	1.040	254	2.078	341
12	333	167	1.098	268	2.205	362
13	363	191	1.225	299	2.450	402
14	392	196	1.460	332	3.010	443
15	412	206	1.530	348	3.155	464
16	529	230	1.900	373	3.880	504
17	549	239	1.990	390	4.080	530
18	676	260	2.185	405	4.600	555
19	706	272	2.300	427	4.810	580
20	745	287	2.400	445	5.050	608

Selección de los rodamientos

Vida útil de los rodamientos

Tolerancia de los rodamientos

Disposición de los rodamientos

Precarga y rigidez

Lubricación

Velocidades límite

Diseño del eje y alojamiento

Cuidado de los rodamientos

Precarga y rigidez

5 Serie 7200C con ángulo de contacto de 15°

Número de diámetro del agujero	E (precarga extra ligera)		L (precarga ligera)		M (precarga mediana)		H (precarga pesada)	
	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)
00	30	16	70	24	145	36	195	42
01	30	16	70	24	145	36	195	42
02	30	17	70	25	145	38	195	44
03	30	17	70	25	145	37	195	44
04	70	25	145	37	295	53	490	71
05	70	29	145	41	295	58	490	77
06	70	29	145	41	295	58	590	83
07	100	35	195	47	490	74	590	82
08	100	36	195	49	490	77	785	98
09	100	36	195	50	490	77	785	98
10	100	39	195	52	490	80	785	102
11	145	46	295	63	590	88	980	114
12	145	46	295	61	590	84	980	109
13	145	47	295	64	590	88	980	113
14	195	54	390	73	785	102	1470	139
15	195	56	390	75	785	105	1470	144
16	195	58	390	77	785	105	1470	143
17	295	68	490	85	980	117	1960	166
18	295	67	490	83	980	114	1960	161
19	295	68	490	85	980	114	1960	159
20	295	68	490	85	980	115	1960	159

6 Serie 7200AC con ángulo de contacto de 25°

Número de diámetro del agujero	L (precarga ligera)		M (precarga mediana)		H (precarga pesada)	
	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)
00	39	44	186	78	412	108
01	39	44	196	78	421	111
02	69	57	265	95	530	129
03	78	60	274	98	628	143
04	118	74	420	120	853	164
05	147	92	430	139	922	188
06	157	92	628	165	1.314	227
07	225	119	853	194	1.890	270
08	255	127	950	216	1.960	288
09	333	145	1.200	241	2.470	321
10	353	153	1.295	259	2.655	345
11	460	177	1.500	278	3.145	379
12	540	186	1.600	280	3.410	383
13	600	206	2.069	328	4.175	440
14	610	210	2.108	335	4.260	444
15	650	223	2.255	358	4.310	464
16	800	241	2.725	389	5.730	531
17	940	262	2.970	407	6.090	549
18	1.200	285	3.745	441	7.620	591
19	1.235	294	3.870	450	8.140	612
20	1.588	324	4.930	503	9.950	677

5.5.2 Rodamientos de bolas de contacto angular para alta velocidad

● **Tabla 5.4** Serie BNH000 con ángulo de contacto de 15°

Número de diámetro del agujero	Diámetro del agujero (mm)	L (precarga estándar)	
		Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)
07	35	78,5	44
08	40	98,1	49
09	45	98,1	52
10	50	98,1	54
11	55	147	61
12	60	147	64
13	65	147	67
14	70	245	88
15	75	245	91
16	80	294	98
17	85	294	98
18	90	392	115
19	95	392	119
20	100	392	123
21	105	490	136
22	110	588	144
24	120	588	147
26	130	785	163
28	140	834	174
30	150	1080	200
32	160	1180	206
34	170	1370	221

5.5.3 Rodamientos de bolas de contacto angular para carga axial

● **Tabla 5.5**

1 Serie TAH con ángulo de contacto 30°

Diámetro nominal del agujero (mm)	M (precarga mediana)	
	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)
50	294	226
55	392	262
60	392	280
65	392	280
70	588	327
75	588	327
80	686	361
85	686	361
90	1080	449
95	1080	449
100	1080	469
105	1180	490
110	1370	528
120	1470	566
130	1860	621
140	1960	654
150	2450	721
160	2650	779
170	3040	800

2 Serie TBH con ángulo de contacto de 40°

Diámetro nominal del agujero (mm)	M (precarga mediana)	
	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)
50	539	415
55	686	458
60	686	490
65	686	528
70	1080	599
75	1080	599
80	1270	671
85	1270	671
90	1860	776
95	1860	810
100	1860	847
105	2060	858
110	2450	943
120	2550	1.020
130	3330	1.111
140	3530	1.177
150	4310	1.269
160	4510	1.367
170	5300	1.431

Selección de los rodamientos

Vida útil de los rodamientos

Tolerancia de los rodamientos

Disposición de los rodamientos

Precarga y rigidez

Lubricación

Velocidades límite

Diseño del eje y alojamiento

Cuidado de los rodamientos

Precarga y rigidez

5.5.4 Rodamientos de apoyo en husillos de bolas

● Tabla 5.6

1 Serie TAB con ángulo de contacto de 60° Precarga estándar: M (Mediana)

Núm. de rodamientos	Disposición de 2 hileras			Disposición de 3 hileras			Disposición de 4 hileras					
	DB/DF			BFF/FFB			BBFF/FFBB			BFFF/FFFB		
	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Torque inicial (N-cm)	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Torque inicial (N-cm)	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Torque inicial (N-cm)	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Torque inicial (N-cm)
15TAB04	2160	735	15	2940	1080	20	4310	1470	30	3430	1320	25
17TAB04	2160	735	15	2940	1080	20	4310	1470	30	3430	1320	25
20TAB04	2160	735	15	2940	1080	20	4310	1470	30	3430	1320	25
25TAB06	3330	981	20	4510	1470	27	6670	1960	40	5200	1910	30
30TAB06	3330	981	20	4510	1470	27	6670	1960	40	5200	1910	30
35TAB07	3920	1230	25	5300	1770	35	7840	2350	50	6180	2300	40
40TAB07	3920	1230	25	5300	1770	35	7840	2350	50	6180	2300	40
40TAB09	5200	1320	50	7060	1910	68	10400	2550	100	8140	2500	80
45TAB07	4120	1270	30	5590	1910	40	8240	2550	60	6470	2500	45
45TAB10	5980	1470	60	8140	2160	82	12000	2890	120	9410	2790	95
50TAB10	6280	1520	65	8530	2260	88	12600	3040	130	9810	2940	100
55TAB10	6280	1520	65	8530	2260	88	12600	3040	130	9810	2940	100
55TAB12	7060	1770	70	9610	2550	95	14100	3480	140	11100	3380	110
60TAB12	7060	1770	70	9610	2550	95	14100	3480	140	11100	3380	110

Nota) El torque inicial muestra valores para un tipo abierto y tipo de sello sin contacto con lubricación con grasa.

2 Serie TAF Series con ángulo de contacto de 50° o 55° Precarga estándar: M (Mediana)

Núm. de rodamientos	Disposición de 2 hileras			Disposición de 3 hileras			Disposición de 4 hileras					
	DB/DF			BFF/FFB			BBFF/FFBB			BFFF/FFFB		
	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Torque inicial (N-cm)	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Torque inicial (N-cm)	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Torque inicial (N-cm)	Precarga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Torque inicial (N-cm)
25TAF06	1670	555	20	2270	805	27	3340	1110	40	2620	1060	30
30TAF07	1860	642	20	2530	944	27	3720	1284	40	2920	1180	30
35TAF09	3700	908	55	5030	1340	75	7400	1816	110	5810	1680	85
40TAF09	3700	908	55	5030	1340	75	7400	1816	110	5810	1680	85
40TAF11	4600	1020	80	6250	1530	110	9200	2040	160	7220	1960	125
45TAF11	4600	1020	80	6250	1530	110	9200	2040	160	7220	1960	125
50TAF11	4600	1020	80	6250	1530	110	9200	2040	160	7220	1960	125
60TAF13	5200	1130	105	7070	1680	145	10400	2260	210	8160	2140	165
60TAF17	8300	1440	215	11300	2110	290	16600	2880	430	13000	2660	340
80TAF17	8300	1440	215	11300	2110	290	16600	2880	430	13000	2660	340
100TAF21	13200	1970	485	17900	2940	660	26400	3940	970	20700	4160	760
120TAF03	19600	2550	700	26600	3810	950	39200	5100	1400	30800	4810	1100

Nota) El torque inicial muestra valores con lubricación con grasa.

5.5.5 Juego radial interno para rodamientos de rodillos cilíndricos de hileras múltiples

El juego radial interno para rodamientos de rodillos cilíndricos de hileras múltiples es especificado por JIS, NACHI define su propio

rango más estrecho con objeto de maximizar la precisión de la rotación. Los juegos radiales internos para los rodamientos de agujero cilíndrico y rodamientos de agujero cónico se muestran en la Tabla 5.7. Se necesita tener cuidado al manejar e instalar los rodamientos con juegos no intercambiables, pues es imposible intercambiar el anillo exterior o el anillo interior con el de otro rodamiento.

● Tabla 5.7

1 Juego no intercambiable del rodamiento de agujero cilíndrico

Unidad: μm

Diámetro nominal del agujero del rodamiento d (mm)		Juego de la rodadura de agujero cilíndrico (no intercambiable)							
		C1na		C2na		Cna		C3na	
Más	Incl.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
24	30	0	10	10	25	25	35	40	50
30	40	0	12	12	25	25	40	45	55
40	50	0	15	15	30	30	45	50	65
50	65	0	15	15	35	35	50	55	75
65	80	0	20	20	40	40	60	70	90
80	100	0	25	25	45	45	70	80	105
100	120	0	25	25	50	50	80	95	120
120	140	0	30	30	60	60	90	105	135
140	160	0	35	35	65	65	100	115	150
160	180	0	35	35	75	75	110	125	165
180	200	0	40	40	80	80	120	140	180
200	225	0	45	45	90	90	135	155	200
225	250	0	50	50	100	100	150	170	215
250	280	0	55	55	110	110	165	185	240
280	315	0	60	60	120	120	180	205	265
315	355	0	65	65	135	135	200	225	295

2 Juego no intercambiable del rodamiento de agujero cónico

Unidad: μm

Diámetro nominal del agujero del rodamiento d (mm)		Juego del rodamiento de agujero cónico (no intercambiable)					
		C9na		C1na		C2na	
Más	Incl.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
24	30	5	10	15	25	25	35
30	40	5	12	15	25	25	40
40	50	5	15	17	30	30	45
50	65	5	15	20	35	35	50
65	80	10	20	25	40	40	60
80	100	10	25	35	55	45	70
100	120	10	25	40	60	50	80
120	140	15	30	45	70	60	90
140	160	15	35	50	75	65	100
160	180	15	35	55	85	75	110
180	200	20	40	60	90	80	120
200	225	20	45	60	95	90	135
225	250	25	50	65	100	100	150
250	280	25	55	75	110	110	165
280	315	30	60	80	120	120	180
315	355	30	65	90	135	135	200

Selección de los rodamientos

Vida útil de los rodamientos

Tolerancia de los rodamientos

Disposición de los rodamientos

Precarga y rigidez

Lubricación

Velocidades límite

Diseño del eje y alojamiento

Cuidado de los rodamientos

6 Lubricación

6-1 Propósito de la lubricación

Los propósitos principales de la lubricación de rodamientos de rodillos es reducir la fricción y el desgaste, y prevenir el sobrecalentamiento. Los métodos adecuados de lubricación y los agentes de lubricación influyen en gran medida el desempeño y la vida útil de los rodamientos de rodillos.

A continuación se enumeran los propósitos de la lubricación.

① Lubricación de la superficie de fricción

- 1) Reduce la fricción de rodadura sobre el rodillo y las superficies de la pista de rodadura, y reduce la fricción de deslizamiento sobre el rodillo y las superficies guías en los rodamientos de rodillos.

- 2) Reduce la fricción de deslizamiento entre el rodillo y la jaula
- 3) Reduce la fricción de deslizamiento sobre la jaula y las superficies guía del anillo de la pista de rodadura.

② Elimina el calor generado por la fricción y el calor transmitido por otros mecanismos.

③ Protección contra polvo y prevención de oxidación

④ Reduce la concentración de esfuerzos

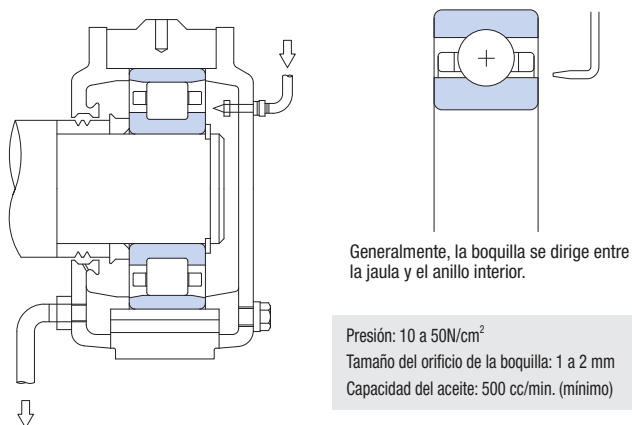
- 1) Distribución uniforme de esfuerzos en puntos o superficies de rodadura de contacto lineal.
- 2) Amortiguador de la carga por impacto

6-2 Métodos de lubricación

6.2.1 Lubricación con aceite

① Lubricación forzada (lubricación por chorro)

- La lubricación forzada se utiliza cuando se requiere un enfriamiento a una rotación de velocidad relativamente alta o bajo altas temperaturas ambiente.
- La lubricación por chorro suministra aceite de lubricación vaporizado usando aceite presurizado y una boquilla pequeña, la cual tiene un efecto de enfriamiento.
- El orificio de drenaje de aceite debe ser mayor que el orificio de suministro de aceite ya que la agitación del aceite que se acumula dentro del alojamiento aumenta la generación de calor y la pérdida de potencia. Especialmente con la lubricación por chorro, se necesita un orificio de drenaje de aceite que sea al menos 10 veces más grande que el orificio de suministro que está al lado opuesto de la boquilla, además se debe usar una bomba para el drenado forzado.
- La **Figura 6.1** muestra un ejemplo de lubricación por chorro.



● **Figura 6.1** Ejemplo de lubricación por chorro

② Lubricación por vapor (lubricación con niebla de aceite)

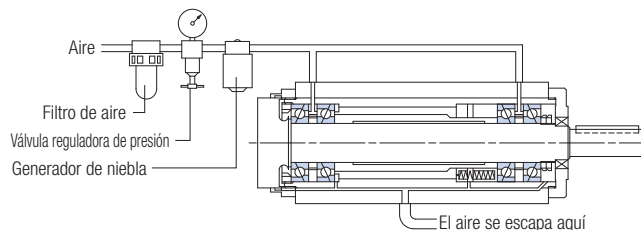
- Con este método de lubricación, el rodamiento se enfría por aire y una cantidad pequeña de aceites requeridos para la lubricación se vaporiza y rocía sobre el rodamiento. La **Figura 6.2** muestra un ejemplo de lubricación con niebla de aceite.
- El aire que se envía al generador de niebla mediante una válvula reguladora de presión se mezcla con aceite, el cual se rocía sobre el rodamiento.
- La boquilla puede rociar directamente sobre el rodamiento o puede rociar sobre el rodamiento usando la fuerza centrífuga de la parte cónica de un lanzador instalado en el eje (**Figura 6.3**).

- Generalmente, la presión de la niebla es de 5 a 15 N/cm², con unos cc de aceite mezclado con 10 a 50l/partes de aire cada hora.

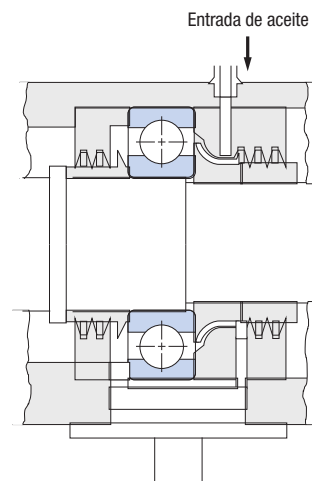
- La niebla de aceite usa únicamente una cantidad pequeña de aceite de modo que es adecuada para la operación de alta velocidad con poca pérdida de potencia al rodamiento; sin embargo, puesto que el calor específico de aire no es muy elevado y no tiene un gran efecto de calentamiento, este tipo de lubricación es adecuado para aplicaciones de cargas relativamente bajas.

③ Lubricación de aire-aceite

- Con la lubricación de aire-aceite, una pequeña cantidad de aceite lubricante se descarga mediante un pistón de medición a intervalos fijos, el aceite lubricante se suministra mediante la válvula mezcladora en aire comprimido y luego se envía continuamente a la parte rodante del rodamiento.

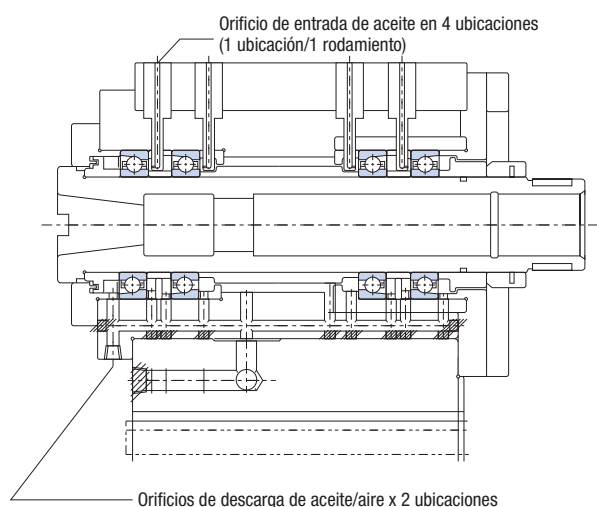


● **Figura 6.2** Ejemplo de una punta de eje usando lubricación por vapor



● **Figura 6.3** Ejemplo de un suministro de aceite en niebla mediante un lanzador

- Puesto que una cantidad pequeña y medida de un aceite lubricante nuevo se suministra constantemente, este método es adecuado para aplicaciones de alta velocidad donde se genera poco calor.
- La lubricación de aire-aceite es más ecológica puesto que los requisitos de aceite son 1/10 de la lubricación con vapor y el aceite se suministra en forma de gotas en vez de niebla.
- La **Figura 6.4** muestra un ejemplo de lubricación de aire-aceite.

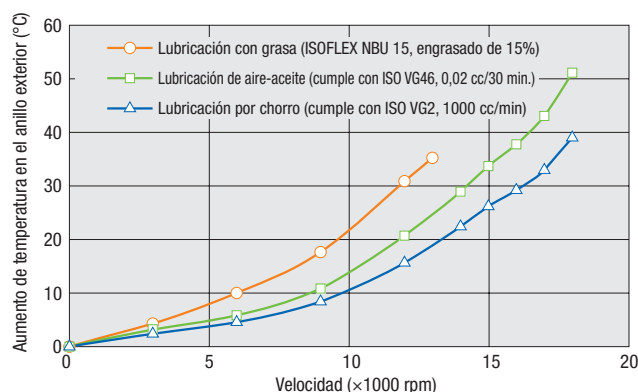


● **Figura 6.4** Ejemplo de una unidad de husillo que utiliza la lubricación de aire-aceite

6.2.2 Lubricación con grasa

Considere las siguientes precauciones cada vez que use la lubricación con grasa.

- Seleccione la grasa adecuada. Para ejemplos sobre los tipos principales de grasa usados en rodamientos de máquinas herramienta, consulte la **Tabla 6.1**.
- Asegúrese de que la cantidad y las ubicaciones de reabastecimiento de grasa sean correctos. Se recomienda una cantidad de engrase de 10 a 20% del volumen del espacio interno del rodamiento en rodamientos de rodillos para alta velocidad. Sin embargo, considere que se recomienda 40 a 50% para un rodamiento de apoyo en husillos de bolas (tipo abierto).
- Engrasar en exceso puede resultar en temperaturas muy altas y una gran pérdida de potencia debido a la agitación. Para más información sobre el volumen del espacio interno de los rodamientos, consulte la **Tabla 6.2** (página 24 a 25).
- Para un ejemplo que muestra la diferencia en el aumento de temperatura de los rodamientos debido al método de lubricación, consulte la **Figura 6.5**.



● **Figura 6.5** Comparación del aumento de temperatura provocado por diferentes métodos de lubricación

● **Tabla 6.1** Grasa principal utilizada para rodamientos de máquina herramienta

Marca de grasa	Fabricante	Aceite base	Espesante	Rango de temperatura de operación recomendado °C	Aplicaciones principales
ISOFLEX NBU15	NOK KLUBER	Aceite éster	Compuesto de bario	-40 ~ +130	Rodamiento de husillo
ISOFLEX LDS18 Special A	NOK KLUBER	Aceite éster	Litio	-60 ~ +130	Rodamiento de husillo
Multemp LRL No. 3	Kyodo Yushi	Aceite poliolester	Litio	-50 ~ +150	Rodamiento de husillo
Alvania Grease S No. 2	Showa Shell Oil	Aceite mineral	Litio	-25 ~ +120	Rodamientos de apoyo en husillos de bolas
Multemp PS No. 2	Kyodo Yushi	Aceite diéster + aceite de hidrocarburos	Litio	-55 ~ +130	Rodamientos de apoyo en husillos de bolas

Lubricación

● **Tabla 6.2** Volumen del espacio interno del rodamiento

1 Volumen del espacio interno de rodamientos de bolas de contacto angular y rodamientos de rodillos cilíndricos

Unidad: cc/cada uno

Número de diámetro del orificio	Diámetro del orificio (mm)	Serie						
		7900C 7900AC	7000C 7000AC	7200C 7200AC	BNH000	TAH TBH	NN3000	NNU4900
00	10	0,44	0,9	1,2	—	—	—	—
01	12	0,49	1,0	1,7	—	—	—	—
02	15	0,68	1,4	2,2	—	—	—	—
03	17	0,68	1,7	3,0	—	—	—	—
04	20	1,5	2,9	4,7	—	—	—	—
05	25	1,9	3,4	5,3	—	—	3,6	—
06	30	2,2	4,8	8,2	—	—	5,9	—
07	35	3,0	6,4	10,3	5,6	—	7,5	—
08	40	5,2	7,8	13,0	7,2	—	9,5	—
09	45	5,7	10,2	15,4	9,0	—	12,8	—
10	50	6,2	10,7	18,6	9,7	8,0	13,8	—
11	55	—	15,9	25,9	14,0	12,0	19,6	—
12	60	—	17,0	33,2	15,0	13,0	20,7	—
13	65	—	18,2	39,1	16,0	14,0	21,8	—
14	70	—	27,7	45,2	22,0	19,0	30,4	—
15	75	—	28,7	49,4	23,0	20,0	32,9	—
16	80	—	32,1	59,0	30,0	27,0	46,3	—
17	85	—	36,3	73,5	31,0	28,0	47,8	—
18	90	—	49,2	93,1	40,0	38,0	62,9	—
19	95	—	53,0	117	42,0	40,0	64,5	—
20	100	—	55,1	135	43,0	41,0	67,3	49,5
21	105	—	—	—	54,0	52,0	91,8	57,9
22	110	—	—	—	66,0	65,0	114	59,6
24	120	—	—	—	71,0	70,0	126	86,4
26	130	—	—	—	108	105	178	102
28	140	—	—	—	114	111	195	114
30	150	—	—	—	138	139	235	195
32	160	—	—	—	174	167	288	199
34	170	—	—	—	227	225	374	209
36	180	—	—	—	—	—	508	281
38	190	—	—	—	—	—	530	296
40	200	—	—	—	—	—	684	448

2 Volumen del espacio interno de rodamientos de apoyo en husillos de bolas (serie TAB)

Núm. de rodamientos	Volumen del espacio interno [cc/cada uno]
15TAB04	3,8
17TAB04	3,8
20TAB04	3,8
25TAB06	4,8
30TAB06	4,8
35TAB07	5,8
40TAB07	5,8
40TAB09	14
45TAB07	6,5
45TAB10	15
50TAB10	16
55TAB10	16
55TAB12	19
60TAB12	19

3 Volumen del espacio interno de rodamientos de apoyo en husillos de bolas (serie TAF)

Núm. de rodamientos	Volumen del espacio interno [cc/cada uno]
25TAF06	9,3
30TAF07	14
35TAF09	26
40TAF09	26
40TAF11	45
45TAF11	45
50TAF11	45
60TAF13	71
60TAF17	150
80TAF17	150
100TAF21	282
120TAF03	473

6.2.3 Vida útil de la grasa

La temperatura de operación, el tipo de grasa, la velocidad de rotación, la carga y otros factores afectan la vida útil de la grasa. La vida útil de la grasa estimada aproximada para un rodamiento de rodillos, que se usa como un ejemplo representativo, puede calcularse usando la **Fórmula 5.1**.

$$\log L = -2.3 + \frac{2450}{273 + T} - 0.301 \times (S_G + S_N + S_W) \quad \text{(Fórmula 5.1)}$$

L : Vida útil de la grasa (horas)
T : Temperatura del rodamiento (°C)
S_G : Factor de reducción de la vida útil en base al tipo de grasa

Tipo de grasa	S _G
Grasa de petróleo y grasa de silicona de larga vida útil	0
Grasa de petróleo convencional	1,0
Grasa diéster y de baja temperatura	2,9

$$S_N = 0.864 \frac{d \cdot n}{(dn)_L}$$

S_N : Factor de reducción de vida útil en base a la velocidad de rotación
d : Diámetro nominal del orificio del rodamiento (mm)
n : Velocidad del rodamiento (rpm)
(dn)_L : Factor de velocidad específico al tipo de rodamiento

Tipo de rodamiento	(dn) _L
Rodamientos de bolas de contacto angular	400.000
Rodamientos de rodillos cilíndricos	200.000

$$S_W = 2.714 \frac{n \cdot d \cdot w}{C^2}$$

S_W : Factor de reducción de la vida útil específico a la carga
C : Capacidad de carga dinámica básica (N)
w : Carga sobre el rodamiento (N)

Selección de los rodamientos

Vida útil de los rodamientos

Tolerancia de los rodamientos

Disposición de los rodamientos

Precarga y rigidez

Lubricación

Velocidades límite

Diseño del eje y alojamiento

Cuidado de los rodamientos



Velocidades límite

7-1 Corrección de Velocidades límite

Usar un rodamiento a altas velocidades que superan los límites genera un calor friccional dentro del rodamiento que puede causar un aumento de temperatura a niveles que no mantendrán el desempeño del rodamiento. Al límite de la velocidad de rotación empírica que evita estos problemas se le llama el "límite de velocidad de rotación".

El límite de velocidad de rotación depende del tipo de rodamiento, las dimensiones, método de lubricación, carga, etc. El límite de velocidad de rotación de un rodamiento con sello de contacto es limitado por la velocidad circunferencial de las secciones de contacto del sello y el anillo de la pista de rodadura. Las tablas de

dimensión en este catálogo muestran los límites de velocidad de rotación para la lubricación con grasa y la lubricación con aceite; sin embargo, todos los valores asumen una carga ligera, una operación de eje horizontal y una lubricación adecuada.

Aunque normalmente se usan dos o más rodamientos de bolas de contacto angular precargados, la velocidad de rotación es limitada, por lo que es necesario multiplicar las velocidades en las tablas de dimensión por los factores de corrección que se muestran en la [Tabla 7.1](#).

Cuando se usa un rodamiento a 75% o más de su límite de velocidad de rotación, seleccione el tipo y la cantidad de grasa requerida correctos o el aceite y método de lubricación correctos.

● **Tabla 7.1** Factores de corrección para el límite de velocidad de rotación de rodamientos dobles

Núm. de rodamientos en el conjunto	Precarga extra ligera (E)	Precarga ligera (L)	Precarga mediana (M)	Precarga pesada (H)
2 hileras	0,83	0,78	0,63	0,54
3 hileras	0,73	0,68	0,54	0,39
4 hileras	0,78	0,73	0,59	0,44



Diseño del eje y alojamiento

8-1 Ajuste del eje y alojamiento

El ajuste adecuado del anillo interior y el eje, y del ajuste del anillo exterior y del alojamiento son necesarios para aprovechar al máximo el desempeño del rodamiento. Las superficies de ajuste holgadas pueden resultar en la rotación de los anillos de la pista de rodadura sobre el eje o en el alojamiento.

A esto se le llama "arrastre". Cuando ocurre, un arrastre puede causar una falla prematura, vibración y otras fallas debido al calentamiento y desgaste anormales debido a que se introduce suciedad al rodamiento. Un ajuste con interferencia es una buena manera de prevenir el arrastre. Por comodidad el ajuste con

interferencia debe instalarse en el anillo interior y el eje o en el anillo exterior y el alojamiento (no en ambos).

Sin embargo, esto no puede realizarse en ciertas condiciones por lo que se necesita determinar los ajustes del rodamiento después de considerar con atención la relación entre el eje y el alojamiento junto con otros factores. Los ajustes recomendados para las condiciones de operación general (rotación del anillo interior) de los rodamientos de superprecisión utilizados en máquinas herramientas se muestran en las **Tablas 8.1 a 8.3**.

● **Tabla 8.1** Ejes y ajustes recomendados

Unidad: μm

Tipo de rodamiento	Diámetro del eje (mm)		Clase de precisión de rodamientos			
			Clase 5		Clase 4/Clase 2	
	Más	Incl.	Ajuste deseado	Tolerancia del eje	Ajuste deseado	Tolerancia del eje
Rodamientos de bolas de contacto angular	10	18	0~2T	h4	0~2T	h3
	18	50	0~2,5T	h4	0~2,5T	h3
	50	80	0~3T	h4	0~3T	h3
	80	150	0~4T	js4	0~4T	js3
	150	200	0~5T	js4	0~5T	js3
Rodamientos de rodillos cilíndricos (agujero cilíndrico)	25	40	—	js4	—	js4
	40	140	—	k4	—	k3
	140	200	—	k4	—	k3
Rodamiento axial para husillos	Para todos los diámetros de ejes		0~6L	h4	0~6L	h4
Rodamientos de apoyo en husillos de bolas	Para todos los diámetros de ejes		0~10L	h5	0~10L	h5

● **Tabla 8.2** Alojamiento y ajustes recomendados (lado fijo)

Unidad: μm

Tipo de rodamiento	Diámetro del alojamiento (mm)		Clase de precisión de rodamientos			
			Clase 5		Clase 4/Clase 2	
	Más	incl.	Ajuste deseado	Tolerancia del alojamiento	Ajuste deseado	Tolerancia del alojamiento
Rodamientos de bolas de contacto angular	18	50	0~3L	JS4	0~3L	JS3
	50	120	0~4L	JS4	0~4L	JS3
	120	180	0~5L	JS4	0~5L	JS3
	180	250	0~6L	JS4	0~6L	JS3
Rodamientos de rodillos cilíndricos	Del alojamiento en general		± 0	K5	± 0	K5
Rodamiento axial para husillos	Del alojamiento en general		30L~40L	K5	30L~40L	K5
Rodamientos de apoyo en husillos de bolas	Del alojamiento en general		10L~20L	H6	10L~20L	H6

● **Tabla 8.3** Alojamiento y ajuste recomendado (lado libre)

Unidad: μm

Tipo de rodamiento	Diámetro del alojamiento (mm)		Clase de precisión de rodamientos			
			Clase 5		Clase 4/Clase 2	
	Más	incl.	Ajuste deseado	Tolerancia del alojamiento	Ajuste deseado	Tolerancia del alojamiento
Rodamientos de bolas de contacto angular	18	50	6L~10L	H4	6L~10L	H3
	50	120	8L~13L	H4	8L~13L	H3
	120	180	12L~18L	H4	12L~18L	H3
	180	250	15L~22L	H4	15L~22L	H3
Rodamientos de rodillos cilíndricos	Del alojamiento en general		± 0	K5	± 0	K4
Rodamientos de apoyo en husillos de bolas	Del alojamiento en general		10L~20L	H6	10L~20L	H6

Nota) En las Tablas 8.1 a 8.3, la "L" seguida de un valor indica ajuste suelto o de juego, mientras que la "T" indica ajuste de apriete o de interferencia.

Diseño del eje y alojamiento

8-2 Precisión recomendada para el eje y alojamiento

Con objeto de mantener el desempeño mecánico del husillo principal de una máquina herramienta, la precisión de la instalación y de los componentes instalados debe ser igual o mayor a la precisión del rodamiento.

La precisión de la sección de instalación del rodamiento y la rugosidad de la superficie recomendadas se muestran en las **Tablas 8.4 a 8.7**.

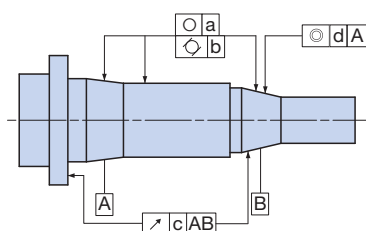
● **Tabla 8.4** Precisión del eje

Unidad: μm

Ítem de precisión	Diámetro del eje		Clase de precisión de rodamientos		
	Más	Incl.	Clase 5	Clase 4	Clase 2
Redondez $\bigcirc, a$	—	10	1,3	0,8	0,5
	10	18	1,5	1,0	0,6
	18	30	2,0	1,3	0,8
	30	50	2,0	1,3	0,8
	50	80	2,5	1,5	1,0
	80	120	3,0	2,0	1,3
	120	180	4,0	2,5	1,8
Cilindricidad $\bigcirc, b$	—	10	1,3	0,8	0,5
	10	18	1,5	1,0	0,6
	18	30	2,0	1,3	0,8
	30	50	2,0	1,3	0,8
	50	80	2,5	1,5	1,0
	80	120	3,0	2,0	1,3
	120	180	4,0	2,5	1,8
Vibración $\nearrow, c$	—	10	2,0	2,0	1,3
	10	18	2,5	2,5	1,5
	18	30	3,0	3,0	2,0
	30	50	3,5	3,5	2,0
	50	80	4,0	4,0	2,5
	80	120	5,0	5,0	3,0
	120	180	6,0	6,0	4,0
Concentricidad $\odot, d$	—	10	4,0	4,0	2,5
	10	18	5,0	5,0	3,0
	18	30	6,0	6,0	4,0
	30	50	7,0	7,0	4,0
	50	80	8,0	8,0	5,0
	80	120	10,0	10,0	6,0
	120	180	12,0	12,0	8,0
	180	250	14,0	14,0	10,0

● **Tabla 8.5** Rugosidad de la superficie de ajuste del eje (Ra)

Diámetro del eje d	Clase de precisión de rodamientos		
	Clase 5	Clase 4	Clase 2
$d \leq 80\text{mm}$	0,2	0,2	0,1
$d > 80\text{mm}$	0,4	0,4	0,2



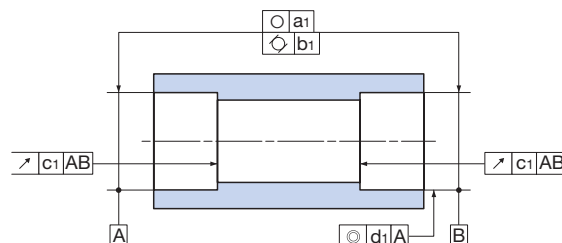
● **Tabla 8.6** Precisión del alojamiento

Unidad: μm

Ítem de precisión	Diámetro del alojamiento		Clase de precisión de rodamientos		
	Más	Incl.	Clase 5	Clase 4	Clase 2
Redondez $\bigcirc, a_1$	—	10	1,3	0,8	0,5
	10	18	1,5	1,0	0,6
	18	30	2,0	1,3	0,8
	30	50	2,0	1,3	0,8
	50	80	2,5	1,5	1,0
	80	120	3,0	2,0	1,3
	120	180	4,0	2,5	1,8
Cilindricidad $\bigcirc, b_1$	—	10	1,3	0,8	0,5
	10	18	1,5	1,0	0,6
	18	30	2,0	1,3	0,8
	30	50	2,0	1,3	0,8
	50	80	2,5	1,5	1,0
	80	120	3,0	2,0	1,3
	120	180	4,0	2,5	1,8
Vibración $\nearrow, c_1$	—	10	2,0	2,0	1,3
	10	18	2,5	2,5	1,5
	18	30	3,0	3,0	2,0
	30	50	3,5	3,5	2,0
	50	80	4,0	4,0	2,5
	80	120	5,0	5,0	3,0
	120	180	6,0	6,0	4,0
Concentricidad $\odot, d_1$	—	10	4,0	4,0	2,5
	10	18	5,0	5,0	3,0
	18	30	6,0	6,0	4,0
	30	50	7,0	7,0	4,0
	50	80	8,0	8,0	5,0
	80	120	10,0	10,0	6,0
	120	180	12,0	12,0	8,0
	180	250	14,0	14,0	10,0

● **Tabla 8.7** Rugosidad de la superficie de ajuste del alojamiento (Ra)

Diámetro del alojamiento D	Clase de precisión de rodamientos		
	Clase 5	Clase 4	Clase 2
$D \leq 80\text{mm}$	0,4	0,4	0,2
$80\text{mm} < D \leq 250\text{mm}$	0,8	0,8	0,4
$D > 250\text{mm}$	1,6	1,6	0,8

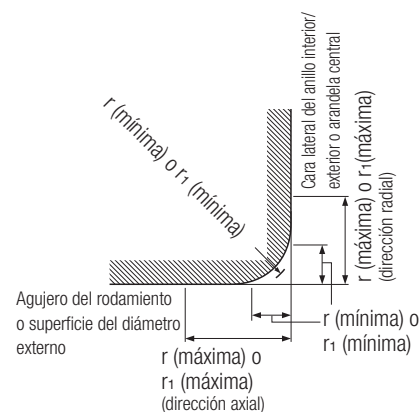


8-3 Límites de la dimensión del chaflán

● **Tabla 8.8** Dimensiones del chaflán para rodamientos radiales (excluyendo rodamientos de rodillos cónicos)

Unidad: mm

Dimensiones más pequeñas permitidas del chaflán en anillos interiores y exteriores r (mín.) o r_1 (mín.)	Diámetro nominal del agujero del rodamiento		Dimensiones más pequeñas permitidas del chaflán en anillos interiores y exteriores r (máx.) o r_1 (máx.)		(Referencia) Radio de empalme del eje o alojamiento r_a
	Más	Incl.	Dirección radial	Dirección axial	Máx.
0,05	—	—	0,1	0,2	0,05
0,08	—	—	0,16	0,3	0,08
0,1	—	—	0,2	0,4	0,1
0,15	—	—	0,3	0,6	0,15
0,2	—	—	0,5	0,8	0,2
0,3	— 40	40	0,6 0,8	1	0,3
0,6	— 40	40	1 1,3	2	0,6
1	— 50	50	1,5 1,9	3	1
1,1	— 120	120	2 2,5	3,5	1
1,5	— 120	120	2,3 3	4	1,5
2	— 80 220	80 220	3 3,5 3,8	4,5	2
2,1	— 280	280	4 4,5	6,5	2
2,5	— 100 280	100 280	3,8 4,5 5	6	2
3	— 280	280	5 5,5	8	2,5
4	—	—	6,5	9	3
5	—	—	8	10	4
6	—	—	10	13	5
7,5	—	—	12,5	17	6
9,5	—	—	15	19	8
12	—	—	18	24	10
15	—	—	21	30	12
19	—	—	25	38	15



r : Dimensiones del chaflán del anillo interior y anillo exterior

r_1 : Dimensiones del chaflán del anillo interior y anillo exterior (cara frontal, etc.) o del anillo central del rodamiento axial de bolas

Nota ① No se especifica la figura exacta del chaflán. Los límites están dentro del radio mínimo y radio máximo radial y axial.

② Los valores de r (mínima) en la dirección axial de los rodamientos con anchos nominales del rodamiento de 2 mm o menos r (máx.) son iguales que aquellos de la dirección radial.

Selección de los rodamientos

Vida útil de los rodamientos

Tolerancia de los rodamientos

Disposición de los rodamientos

Precarga y rigidez

Lubricación

Velocidades límite

Diseño del eje y alojamiento

Cuidado de los rodamientos

Cuidado de los rodamientos

9-1 Almacenamiento y transporte de los rodamientos

Los rodamientos de rodillos son componentes de precisión. Es importante manejarlos con cuidado para evitar daños por impacto. Los rodamientos de rodillos son susceptibles a la suciedad y oxidación, de modo que debe tener cuidado durante el almacenamiento y transporte.

- Cuando almacene rodamientos, seleccione un lugar fresco y seco que no esté expuesto a la luz solar directa ni a la humedad.
- No deje los rodamientos en el piso. Almacénelos a una altura de al menos 30 cm y evite exponerlos al polvo.

- Siempre debe usarse el sistema de almacenamiento Primeras Entradas-Primeras Salidas, primero en salir para el manejo del inventario de los rodamientos. Coloque los rodamientos de manera que aquellos con la fecha de empaque más antigua puedan usarse primero.
- Cuide que los rodamientos que se están transportando no se aplasten ni se dejen caer, etc., protéjalos de daños y deformación debido a impactos y asegúrese de que no se ensucien a causa de materiales de empaque rotos.

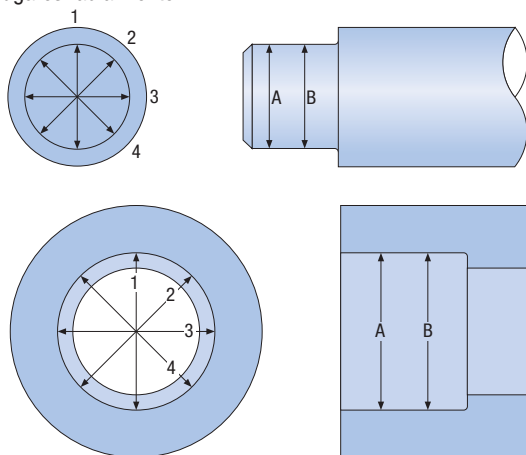
9-2 Montaje de rodamientos

La calidad de la instalación del rodamiento influye en la precisión, vida de servicio, desempeño y otros factores de modo que es necesario tener cuidado. A continuación se muestra el procedimiento para el trabajo de montaje.

- ① Inspección del eje y alojamiento
- ② Desempaque y limpieza
- ③ Montaje
- ④ Verificación posterior al Montaje

9.2.1 Inspección del eje y alojamiento

- Limpie el eje y el alojamiento a fondo y retire la suciedad y desechos. Asimismo confirme que no haya rebabas.
- Confirme que el eje y el alojamiento estén acabados de conformidad con los dibujos, asimismo verifique y anote las dimensiones, cuadratura del hombro y el radio de la esquina. Como se muestra en la **Figura 9.1**, mida el diámetro del eje y el orificio del alojamiento en dos lugares en dirección axial y cuatro lugares radialmente.



● **Figura 9.1** Lugares de medición del diámetro del eje y el diámetro del alojamiento

9.2.2 Desempaque y limpieza

- No desempaque un rodamiento hasta el momento de estar listo para usarlo. Asegúrese de usar guantes de vinilo cuando desempaque un rodamiento. Desempacar un rodamiento con manos sin protección o usando guantes de tela crea el riesgo de oxidación o intrusión de pelusa.
- Aplique aceite antioxidante a la superficie del rodamiento desempacado. Lave el rodamiento con queroseno blanco. Para el lavado, prepare ya sea un baño filtrado o dos recipientes con fondos de malla elevada, uno para el lavado básico y otro para el lavado de acabado.

- Después de lavarlo, sacuda el rodamiento para retirar el aceite y luego cubrálo. No gire un rodamiento que se ha desgrasado.

9.2.3 Montaje

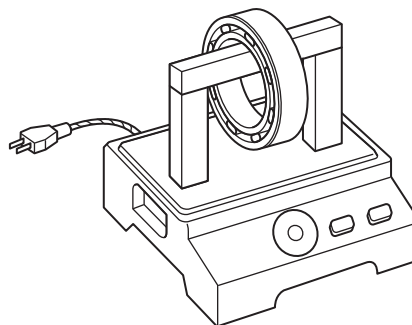
Generalmente la mayoría de los rodamientos montados en máquinas herramientas tienen ajustes de interferencia en el eje y ajustes de alojamiento con holgura. Los métodos utilizados para montar los rodamientos a los ejes son los ajustes por contracción y por presión.

Ajustes por contracción

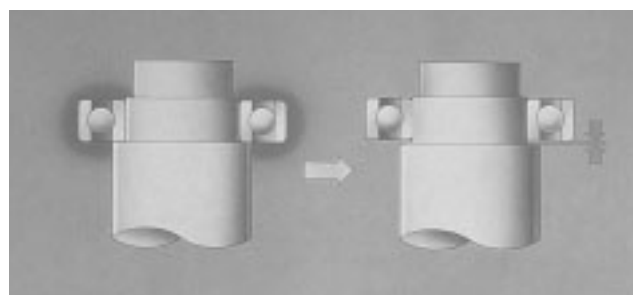
Con este método de montaje, el rodamiento se calienta hasta expandirse a un tamaño mayor al eje y el anillo interior puede deslizarse por el eje. Un calentador electromagnético con un desmagnetizador (**Figura 9.2**) evita un esfuerzo excesivo al anillo interior, mientras que un horno ayuda a acortar el tiempo de procesamiento.

La temperatura de calentamiento no debe ser superior a 120°C. Las temperaturas superiores a 120°C pueden disminuir la dureza del rodamiento y acortar su vida de servicio.

Después de que un rodamiento calentado se instale sobre un eje, este se contrae axialmente a medida que se enfría, lo que puede formar un espacio entre el anillo interior y el hombro del eje (**Figura 9.3**), por lo que el posicionamiento se logra usando una tuerca, etc.



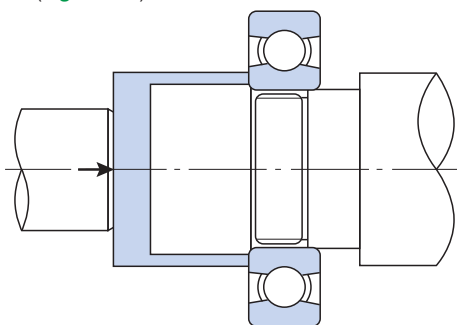
● **Figura 9.2** Calentador de inducción



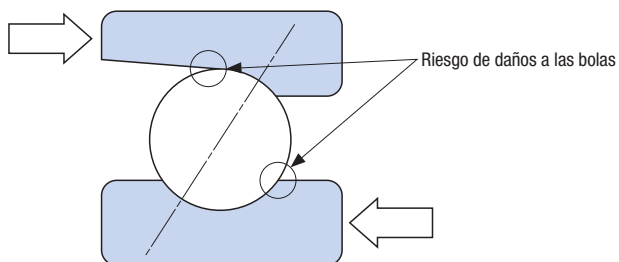
● **Figura 9.3** Espacio en el hombro del eje después de enfriarse

Ajustes por presión

Con este método, se coloca una herramienta sobre la superficie lateral del anillo interior y se usa un gato o prensa para realizar el ajuste por presión (Figura 9.4). Cuando se realice el ajuste por presión del anillo interior en un eje no aplique fuerza al anillo exterior ni a la jaula. En el caso de un rodamiento de bolas de contacto angular, debe evitar aplicar fuerza en la dirección opuesta a la dirección del ángulo de contacto pues dañará el hombro de la pista de rodadura (Figura 9.5).



● Figura 9.4 Ajuste por presión del anillo interior

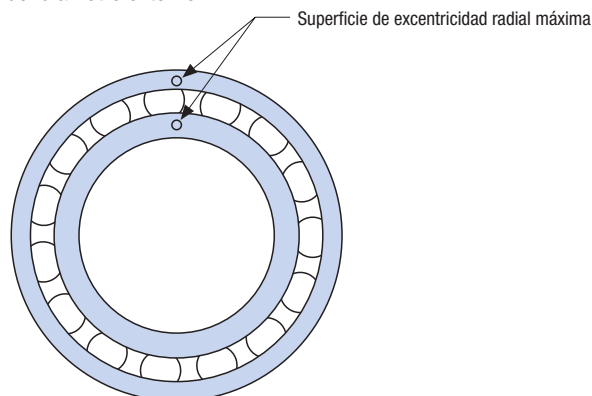


● Figura 9.5 Dirección del Montaje del rodamiento de bolas de contacto angular

Referencia: Lugares de excentricidad radial máxima

Los lugares de excentricidad radial máxima del anillo interior y anillo exterior se indican con las marcas "○" en la cara del anillo. La excentricidad axial puede minimizarse alineando el lugar de la excentricidad radial mínima del eje con la marca "○" en el anillo interior. El anillo exterior también debe ensamblarse de manera que la marca "○" esté alineada con los lugares de excentricidad mínima del alojamiento.

Tenga en cuenta de que no existe una relación entre la posición de la marca "○" del anillo exterior y la posición de la marca de montaje "<" del diámetro externo.



● Figura 9.6 Lugares de excentricidad radial máxima

Referencia: fuerza para el ajuste por presión y fuerza para remoción

Aunque la fuerza necesaria para un ajuste por presión del anillo interior de un rodamiento sobre el eje y para desmontarlo de este depende de las cantidades de las interferencias y el acabado de la superficie del eje; los valores generales pueden obtenerse usando la **Fórmula 9.1**.

$$K_a = f_k \cdot \Delta d_e \cdot B \cdot \left(1 - \left\{\frac{d}{d_i}\right\}^2\right) \quad \text{--- (Fórmula 9.1)}$$

K_a	: Fuerza del ajuste por presión (fuerza de remoción) (kN)
f_k	: Coeficiente de la condición de instalación/remoción (Tabla 9.1)
Δd_e	: Interferencia eficiente (mm)
B	: Ancho nominal del anillo interior (mm)
d	: Diámetro nominal del orificio del rodamiento (mm)
d_i	: Diámetro externo medio del anillo interior (mm)
Rodamiento de rodillos cilíndricos	
$d_i = (D + 3d) / 4$	
Otros rodamientos	
$d_i = (3D + 7d) / 10$	
Aquí, D = Diámetro externo nominal del rodamiento (mm)	

● Tabla 9.1 Coeficiente de la condición de instalación/remoción

Condiciones	f_k (valor medio)
Ajuste por presión del anillo interior al eje cilíndrico sólido	39
Remoción del anillo interior del eje cilíndrico sólido	59

Nota) Valores cuando el orificio del eje y el eje están ligeramente cubiertos con aceite.

Selección de los rodamientos
Vida útil de los rodamientos
Tolerancia de los rodamientos
Disposición de los rodamientos
Precarga y rigidez
Lubricación
Velocidades límite
Diseño del eje y alojamiento
Cuidado de los rodamientos

Cuidado de los rodamientos

Montaje sobre un eje

Normalmente se usa una tuerca de eje para sujetar firmemente el anillo interior del rodamiento al eje.

Es necesario asegurarse que la superficie lateral de la tuerca de eje tenga el ángulo adecuado en relación con la rosca. Si las superficies no están cuadradas, el eje puede doblarse al apretar la tuerca del eje. Además, es necesario ajustar la tuerca de eje al apretarla debido al contacto con el borde a causa de un espacio en la superficie en contacto entre la tuerca de eje y el eje.

Apretar la tuerca de eje hace posible aplicar una fuerza de apriete específica controlando el torque de apriete. Aunque existe una discrepancia en la relación entre el torque de apriete de la tuerca de eje y la fuerza de apriete debido a la precisión y rugosidad de cada parte roscada, esta puede expresarse como **Fórmula 9.2**.

La fuerza de montaje recomendada para cada orificio de rodamiento se muestra en la **Tabla 9.2**.

$$F \approx \frac{M_n}{\frac{d_2}{2} \tan(\beta + \rho) + \frac{d_n}{2} \cdot \mu_m} \quad \text{(Fórmula 9.2)}$$

F : Fuerza de apriete (N)

M_n : Torque de apriete (N•mm)

d₂ : Diámetro nominal de la rosca (mm)

β : Ángulo de avance

$$\tan \beta = \frac{P}{\pi d_2}$$

P : Inclinación (mm)

ρ : Ángulo de fricción de la superficie de la rosca

$$\tan \rho = \frac{\mu}{\cos \alpha}$$

α : Mitad del ángulo de la rosca

d_n : Diámetro medio de la superficie del rodamiento de la tuerca (mm)

μ_m : Coeficiente de fricción de la superficie del rodamiento de la tuerca (≈ 0,15)

μ : Coeficiente de fricción de la superficie de la rosca (≈ 0,15)

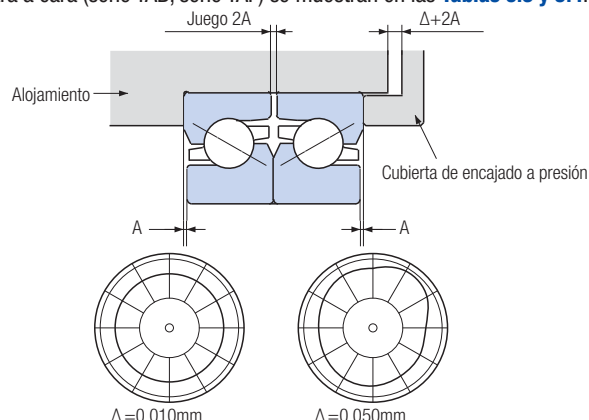
● **Tabla 9.2** Valores recomendados para la fuerza de apriete de la tuerca de eje

Diámetro nominal del agujero del rodamiento (mm)	Fuerza de apriete de la tuerca de eje (N)	Diámetro nominal del agujero del rodamiento (mm)	Fuerza de apriete de la tuerca de eje (N)
10	1500	80	19600
12	2500	85	19600
15	2500	90	19600
17	2500	95	19600
20	4900	100	19600
25	4900	105	19600
30	4900	110	19600
35	4900	120	19600
40	9800	130	19600
45	9800	140	29400
50	9800	150	29400
55	14700	160	29400
60	14700	170	29400
65	14700	180	29400
70	14700	190	29400
75	14700	200	29400

Montaje sobre un alojamiento

Con objeto de sujetar firmemente el anillo exterior de un rodamiento en la dirección axial, normalmente se mantiene un juego entre la cubierta de encajado a presión y el alojamiento y se usa un perno para apretarlo. Es necesario tener cuidado ya que puede ocurrir una desalineación y deformación del anillo exterior si los pernos no se aprietan correcta o uniformemente (**Figura 9.7**).

Generalmente se recomienda un espacio de reducción del juego del anillo exterior D de 0,010 a 0,020. Los valores recomendados de los espacios de reducción del juego para un rodamiento de apoyo de bolas de cara a cara (serie TAB, serie TAF) se muestran en las **Tablas 9.3 y 9.4**.



● **Figura 9.7** Ejemplo de una deflexión de la pista de rodadura dependiendo del espacio de reducción del juego del anillo exterior

● **Tabla 9.3** Valores recomendados del espacio de reducción del juego para rodamientos de apoyo en husillos de bolas (serie TAB)

Núm. de rodamiento	Espacio de reducción del juego del anillo exterior Δ (mm)
15TAB04 DF	0,010 ~ 0,030
17TAB04 DF	
20TAB04 DF	
25TAB06 DF	0,010 ~ 0,040
30TAB06 DF	
35TAB07 DF	
40TAB07 DF	
40TAB09 DF	0,020 ~ 0,050
45TAB07 DF	
45TAB10 DF	
50TAB10 DF	
55TAB10 DF	
55TAB12 DF	0,020 ~ 0,060
60TAB12 DF	

● **Tabla 9.4** Valores recomendados del espacio de reducción del juego para rodamientos de apoyo en husillos de bolas (serie TAF)

Núm. de rodamiento	Espacio de reducción del juego del anillo exterior Δ (mm)
25TAF06 DF	0,020
30TAF07 DF	0,030
35TAF09 DF	
40TAF09 DF	
40TAF11 DF	0,040
45TAF11 DF	
50TAF11 DF	
60TAF13 DF	
60TAF17 DF	0,050
80TAF17 DF	
100TAF21 DF	
120TAF03 DF	

Ajuste del juego de un rodamiento de rodillos cilíndricos con orificio cónico

El juego interno de un rodamiento de rodillos cilíndricos con orificio cónico puede ajustarse mediante el ancho de un espaciador usando el siguiente procedimiento.

- ① Verifique la conicidad del eje. Recubra la conicidad con una capa ligera de tinta azul; se necesita un contacto de 80% o más.
- ② Coloque con suavidad la subunidad interna en el eje cónico (Figura 9.8).
- ③ Coloque el anillo exterior y fije el eje horizontalmente.
- ④ Toque el centro del anillo exterior con una galga calibradora.
- ⑤ Presionando hacia abajo el anillo exterior desde arriba, gíreelo hacia la izquierda y derecha varias veces a fin de que se ajuste bien y luego configure en cero el indicador de aguja.
- ⑥ Empuje el anillo exterior directamente hacia arriba 180° desde su posición de simetría (directamente abajo) y gírelo ligeramente hacia la izquierda y derecha para tomar una lectura de su valor máximo (Figura 9.9).
- ⑦ Cambie la posición del eje en pasos de aproximadamente 30°, mida el desplazamiento axial y calcule el promedio de las lecturas como el valor de ΔR .
- ⑧ Use un calibrador de bloque para medir la longitud hacia la superficie de los bordes del anillo interior y el hombro del eje (Figura 9.10).
- ⑨ Cambie la posición y use el promedio de cinco o seis ubicaciones como el valor de 'L'.
- ⑩ Use la **Fórmula 9.3** para determinar la dimensión del ancho del espaciador necesario.

$$L = L' - 12(\Delta R - \Delta - \lambda_e \cdot \delta) \quad \text{—————} \quad \text{(Fórmula 9.3)}$$

L' : Ancho promedio del espaciador obtenido en el paso ⑨

ΔR : Juego radial medido

Δ : Juego radial deseado posterior al Montaje

λ_e : Relación de contracción del anillo exterior

$$\lambda_e = \frac{D_e}{D} - \frac{1 - \left(\frac{D}{D_h}\right)^2}{1 - \left(\frac{D_e}{D_h}\right)^2}$$

D : Diámetro externo del anillo interior (mm)

D_e : Orificio del anillo interior (mm)

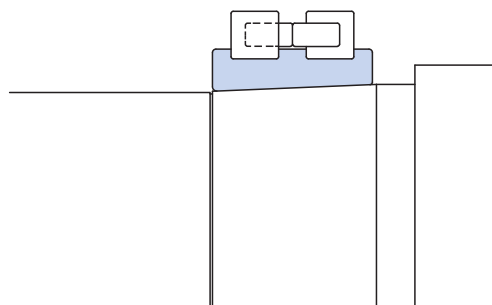
D_h : Orificio del alojamiento (mm)

δ : Interferencia del anillo exterior

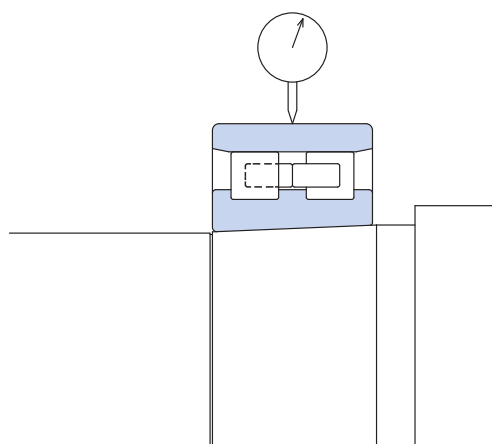
- ⑪ Corrija la dimensión del ancho del espaciador.
- ⑫ Retire la subunidad interna del eje. Esta vez evite golpear el anillo interior con demasiada fuerza. Use una herramienta de remoción especial para facilitar la remoción del anillo.
- ⑬ Instale el espaciador y el rodamiento en el eje.
- ⑭ De nuevo, mida el juego radial y confirme que se proporcionó el juego radial deseado (Figura 9.11).

9.2.4 Verificación posterior al Montaje

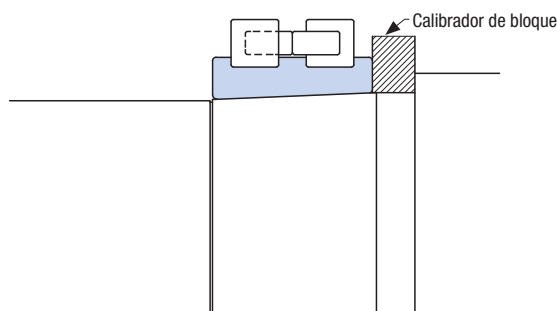
Use el procedimiento en "5-3 Medición de la precarga" (página 14) para confirmar que se está aplicando la precarga prescrita.



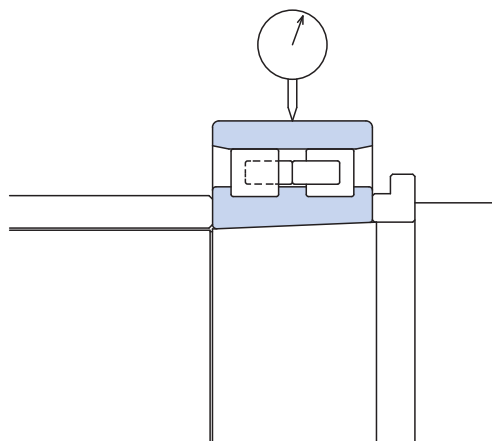
● Figura 9.8 Apriete temporal de la subunidad interna



● Figura 9.9 Medición del juego radial



● Figura 9.10 Medición de la dimensión del ancho temporal del espaciador



● Figura 9.11 Verificación del juego radial del Montaje final

Selección de los rodamientos
Vida útil de los rodamientos
Tolerancia de los rodamientos
Disposición de los rodamientos
Precarga y rigidez
Lubricación
Velocidades límite
Diseño del eje y alojamiento
Cuidado de los rodamientos

Cuidado de los rodamientos

9-3 Prueba de funcionamiento

Después de instalar los rodamientos, se realiza una prueba para confirmar que la operación es normal. Especialmente cuando se usa una lubricación con grasa, debe permitirse la entrada de la misma al rodamiento y, por lo tanto, se necesita de un periodo de asentamiento.

A continuación se explica el procedimiento de la prueba de funcionamiento.

- ① Verifique para asegurar de que no haya un espacio entre el eje y el alojamiento o la cubierta o que todos los espacios sean uniformes.
- ② Primero gire manualmente cualquier mecanismo giratorio y compruebe que no haya ruidos anormales ni adherencias.
- ③ Para mecanismos grandes que no pueden girarse manualmente, arranque a la menor velocidad posible luego realice las mismas

verificaciones que en el paso ② mientras los mecanismos se mueven lentamente.

- ④ Si no se detecta ninguna anomalía durante los primeros tres pasos mencionados anteriormente, aumente gradualmente la velocidad hasta llegar a la velocidad de operación normal al tiempo que confirma que el aumento de temperatura está dentro de las condiciones normales.
- ⑤ Para una operación a largo plazo, verifique que los pernos y tuercas no estén sueltos, no haya fugas de aceite y grasa ni ruido anormal. De ser posible, después de terminar la prueba drene el lubricante y compruebe que no haya impurezas.
- ⑥ La operación real puede iniciarse después de terminar la prueba de funcionamiento.

9-4 Desmontaje de rodamientos

Aunque los motivos principales para desmontar los rodamientos es el mantenimiento periódico y avería mecánica, también debe aprovecharse como una oportunidad para verificar el estado actual de una máquina y para usar lo aprendido para realizar mejoras, etc. Especialmente en el caso de una falla de funcionamiento, los motivos clave de una avería usualmente pueden encontrarse después de un desmontaje. Debido a esto, debe verificar los siguientes puntos cuando se desmonten los rodamientos.

- ① Problemas con la instalación de rodamientos
- ② Aceite o grasa de lubricación insuficiente y la cantidad de contaminantes presentes (recolecte muestras).

- ③ Ajuste del anillo exterior y anillo interior

- ④ Problemas con los rodamientos

Los siguientes ítems también necesitan verificarse antes de comenzar el desmontaje de los rodamientos.

- ① Método para desmontar los rodamientos
- ② Condiciones de ajustes
- ③ Herramientas necesarias para el desmontaje

Tablas de dimensión

Tablas de dimensión

Tipos y
diseños

7900
7000
7200

BNH

TAH
TBH

NN3000
NNJ4900

XRN
XRG

TAB
TAF

Rodamientos de superprecisión

Rodamientos de bolas de contacto angular

Rodamientos de bolas de contacto angular
para alta velocidad

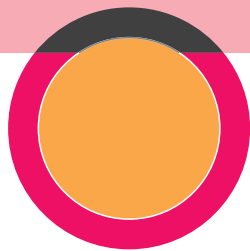
Rodamientos de bolas de contacto angular
para carga axial

Rodamientos de rodillos cilíndricos de
hileras múltiples

Rodamientos de rodillos cónicos cruzados

Rodamientos de apoyo en husillos de bolas





Tipos y diseños de los rodamientos de superprecisión

Tipo	Sección transversal	Serie de rodamientos	Ángulo de contacto	Descripción
Rodamientos de bolas de contacto angular		7900C	15°	- Las bolas y las pistas de rodadura del anillo interior y anillo exterior están diseñados para contacto en un ángulo de contacto específico, lo que significa que este tipo de rodamiento es adecuado para cargas compuestas (carga axial y carga radial). - El ángulo de contacto significa que se generan componentes de fuerza axial cuando se aplica una carga radial, de modo que estos rodamientos se usan normalmente en pares en cualquier extremo de un eje. - Un ángulo de contacto de 15° es mejor para alta velocidad, mientras que un ángulo de contacto de 25° es mejor para cargas axiales.
		7900AC	25°	
		7000C	15°	
		7000AC	25°	
		7200C	15°	
		7200AC	25°	
Rodamientos de bolas de contacto angular para alta velocidad		BNH	15°	- Puesto que el deslizamiento de las bolas se reduce debido al momento giroscópico a altas velocidades, el diámetro de la bola en este tipo de rodamiento es más pequeño que aquel en un rodamiento de bolas de contacto angular estándar. - Este tipo de rodamiento es dimensionalmente intercambiable con la serie 7000 y puede usarse como su reemplazo.
Rodamientos de bolas de contacto angular para carga axial		TAH	30°	- El ángulo de contacto de este tipo es menor que aquel de la serie TAD anterior (rodamientos axiales de bolas de contacto angular de dirección doble) para un menor deslizamiento de las bolas inducido por el momento giroscópico y menor temperatura. - Puede usarse para reemplazar los rodamientos de la serie TAD.
		TBH	40°	
Rodamientos de rodillos cilíndricos de hileras múltiples tipo NN		NN3000	—	- Un mayor número de rodillos (cilíndricos) para mayor rigidez. - El agujero cónico permite el ajuste del juego interno. - También está disponible una ranura de lubricación y un orificio de lubricación en el centro del ancho del anillo exterior.
Rodamientos de rodillos cilíndricos de hileras múltiples tipo NNU		NNU4900	—	
Rodamientos de rodillos cónicos cruzados		XRN XRG	—	- Diseñados como una alternativa a los rodamientos de rodillos cónicos, esta serie ofrece una alta rigidez en la carga axial y la carga de momento. - Los rodillos tienen centros rotativos y orbitales para una rotación suave.
Rodamientos de apoyo en husillos de bolas		TAB	60°	- Se utilizan principalmente en aplicaciones de apoyo en husillos de bolas de máquina herramienta. - Disponibles en tipo abierto y tipo sellado (tipo contacto, tipo sin contacto).
		TAF	50° (55°)	- Se utilizan principalmente en aplicaciones de apoyo en husillo de bolas de alta carga en máquina herramienta para máquinas de moldeo por inyección eléctrica. - Las bolas de diámetro mayor ofrecen un ángulo de contacto amplio para una alta capacidad de carga axial.

Rodamientos de bolas de contacto angular

Tipo estándar



Nomenclatura de los números de rodamientos

SH6- 7 2 08 C Y DU /GL P4

Código del material	Tipo de rodamiento	Número de serie de la dimensión	Número de diámetro del agujero
SH6- : anillo interior/anillo exterior = acero para rodamiento; bola = cerámica (Sin código) : anillo interior/anillo exterior/bolas = acero para rodamiento	7 : Rodamientos de bolas de contacto angular de una hilera	9 : Serie 9 0 : Serie 10 2 : Serie 02	00 : Dimensión del agujero de 10 mm 01 : 12 mm 02 : 15 mm 03 : 17 mm 04+ : (número de agujero) ×5 mm
Código de la Clase de tolerancia	Código de jaula	Código de montaje	Códigos de precarga y otras Clases
P5 : Clase 5 de JIS P4 : Clase 4 de JIS	Y : Jaula de resina poliamida	U : Universal (individual) DU : Universal (doble) DB : Espalda con espalda DF : Cara con cara DT : Tándem	/GE : Precarga extra ligera /GL : Precarga ligera /GM : Precarga media /GH : Precarga pesada
	Código del ángulo de contacto		
	C : 15° AC : 25°		

Funciones

- Con los rodamientos de bolas de contacto angular, las bolas y las pistas de rodadura del anillo interior y anillo exterior forman un ángulo de contacto específico. Cuando se usan en una configuración individual, la carga axial se limita a una sola dirección, este tipo de rodamiento es adecuado para soportar cargas compuestas formadas por las cargas axial y radial.
- Puesto que este tipo de rodamiento tiene un ángulo de contacto, los componentes axiales se generan cuando se aplica una carga radial. Debido a esto, este tipo de rodamiento normalmente se usa en pares en cualquier extremo de un eje.
- También están disponibles en tipo bola de cerámica.

Ángulo de contacto

Hay dos ángulos de contacto disponibles: 15° y 25°. 15° es para aplicaciones de alta velocidad. 25° es para aplicaciones que requieren de una alta rigidez axial.

Jaula

Como estándar se proporciona una jaula de poliamida guiada por bolas. La jaula de poliamida debe usarse bajo temperaturas menores a 120°.

Precisión dimensional, precisión de rotación

Cumple con la Clase 5 o Clase 4 de JIS. Consulte la página 7 para más detalles.

Precarga

- Hay cuatro tipos de parámetros estándares para la precarga disponibles. Use la tabla adyacente para seleccionar la precarga que cumple con sus criterios.
- Consulte la página 16 a 18 para ver las precargas estándares disponibles de cada serie y tamaño.

Criterios para seleccionar la precarga

Código de precarga	Criterios de selección
E (precarga extra ligera)	Evita la vibración mecánica y aumenta la precisión.
L (precarga ligera)	Ofrece rigidez en operaciones de alta velocidad (valor dmn = 500.000).
M (precarga media)	Ofrece una rigidez mayor que la precarga ligera en operaciones de velocidad estándar.
H (precarga pesada)	Ofrece máxima rigidez en operaciones de baja velocidad.

Montaje

Consulte la página 12 y 13 para información sobre las disposiciones de hileras múltiples.

Tipos de bolas de cerámica

Los rodamientos con bolas de cerámica que son menos densas que las bolas de acero para rodamiento también están disponibles para una menor fuerza centrífuga cuando las bolas giran a altas velocidades.

- Las características de la cerámica y el acero para rodamiento se muestran en la siguiente tabla.
- El número de rodamiento de un rodamiento que usa bolas de cerámica empieza con "SH6-".
- La precarga y rigidez axial es aproximadamente 1.2 veces a aquellas de los rodamientos de tipo acero para rodamientos.

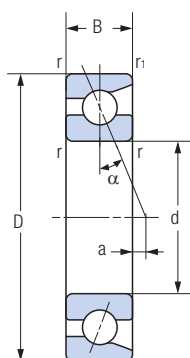
Comparación de las características de la cerámica y el acero para rodamientos

Funciones	Unidad	Cerámica (Si ₃ N ₄)	Aceros para rodamientos (SUJ2)
Resistencia al calor	°C	800	180
Densidad	g/cc	3,2	7,8
Coefficiente de expansión lineal	1/°C	3,2×10 ⁻⁶	12,5×10 ⁻⁶
Dureza	Hv	1400~1700	700~800
Coefficiente elástico longitudinal	GPa	314	206
Relación de Poisson	—	0,26	0,30
Resistencia a la corrosión	—	Buena	Mala
Magnetismo	—	Sustancia no magnética	Sustancia fuertemente magnética
Conductividad	—	Aislante	Conductor
Enlace químico en cristales	—	Covalente	Metálico

Rodamientos de bolas de contacto angular

Serie 7900C Ángulo de contacto $\alpha = 15^\circ$

Serie 7900AC Ángulo de contacto $\alpha = 25^\circ$

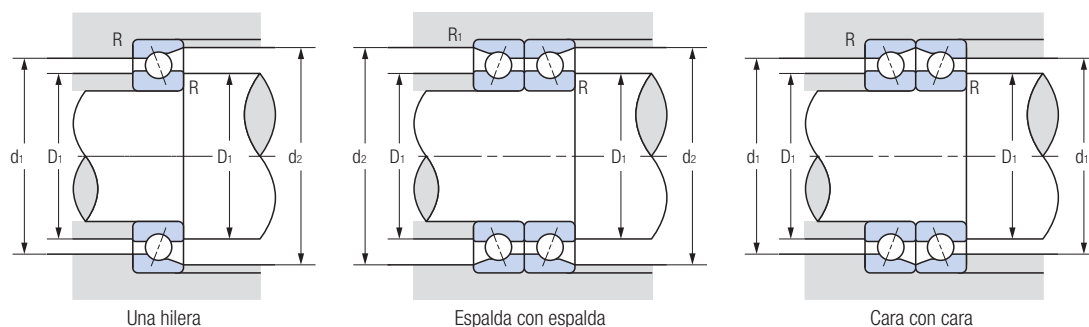


Espalda con espalda (DB)

Cara con cara (DF)

Tándem (DT)

Núm. de rodamientos	Dimensiones límite (mm)					Centro de carga a (mm)	Capacidad de carga dinámica básica Cr (kN)	Capacidad de carga estática básica Cor (kN)
	d	D	B	r (Mín.)	r1 (Mín.)			
7900C	10	22	6	0,3	0,15	-0,9	3,00	1,52
7900AC	10	22	6	0,3	0,15	0,7	2,88	1,45
7901C	12	24	6	0,3	0,15	-0,6	3,20	1,72
7901AC	12	24	6	0,3	0,15	1,2	3,05	1,63
7902C	15	28	7	0,3	0,15	-0,6	4,75	2,64
7902AC	15	28	7	0,3	0,15	1,5	4,55	2,53
7903C	17	30	7	0,3	0,15	-0,3	5,00	2,95
7903AC	17	30	7	0,3	0,15	2,1	4,75	2,82
7904C	20	37	9	0,3	0,15	-0,7	7,30	4,55
7904AC	20	37	9	0,3	0,15	2,1	6,95	4,35
7905C	25	42	9	0,3	0,15	0,1	7,80	5,45
7905AC	25	42	9	0,3	0,15	3,5	7,40	5,15
7906C	30	47	9	0,3	0,15	0,7	8,30	6,25
7906AC	30	47	9	0,3	0,15	4,5	7,85	5,95
7907C	35	55	10	0,6	0,3	1,0	12,5	9,65
7907AC	35	55	10	0,6	0,3	5,5	11,9	9,20
7908C	40	62	12	0,6	0,3	0,8	15,7	12,4
7908AC	40	62	12	0,6	0,3	5,9	14,9	11,8
7909C	45	68	12	0,6	0,3	1,6	16,6	14,1
7909AC	45	68	12	0,6	0,3	7,2	15,7	13,3
7910C	50	72	12	0,6	0,3	2,2	17,7	15,5
7910AC	50	72	12	0,6	0,3	8,2	16,4	14,9



Límite de velocidad de rotación (rpm)		Radio de esquina (mm)					Masa (kg) (Referencia)	Núm. de rodamientos
Lubricación con grasa	Lubricación con aceite	D ₁ (Mín.)	d ₁ (Máx.)	d ₂ (Máx.)	R (Máx.)	R ₁ (Máx.)		
73000	100000	12,5	19,5	20,8	0,3	0,15	0,008	7900C
63500	85000	12,5	19,5	20,8	0,3	0,15	0,008	7900AC
64800	88800	14,5	21,5	22,8	0,3	0,15	0,010	7901C
56400	75500	14,5	21,5	22,8	0,3	0,15	0,010	7901AC
54300	74400	17,5	25,5	26,8	0,3	0,15	0,015	7902C
47200	63200	17,5	25,5	26,8	0,3	0,15	0,015	7902AC
49700	68000	19,5	27,5	28,8	0,3	0,15	0,016	7903C
43200	57800	19,5	27,5	28,8	0,3	0,15	0,016	7903AC
41000	56100	22,5	34,5	35,8	0,3	0,15	0,035	7904C
35600	47700	22,5	34,5	35,8	0,3	0,15	0,035	7904AC
34800	47700	27,5	39,5	40,8	0,3	0,15	0,041	7905C
30300	40600	27,5	39,5	40,8	0,3	0,15	0,041	7905AC
30300	41500	32,5	44,5	45,8	0,3	0,15	0,046	7906C
26300	35300	32,5	44,5	45,8	0,3	0,15	0,046	7906AC
25900	35500	39,5	50,5	52,5	0,6	0,3	0,074	7907C
22500	30200	39,5	50,5	52,5	0,6	0,3	0,074	7907AC
22900	31300	44,5	57,5	59,5	0,6	0,3	0,107	7908C
19900	26600	44,5	57,5	59,5	0,6	0,3	0,107	7908AC
20600	28300	49,5	63,5	65,5	0,6	0,3	0,127	7909C
18000	24000	49,5	63,5	65,5	0,6	0,3	0,127	7909AC
19100	26200	54,5	67,5	69,5	0,6	0,3	0,128	7910C
16600	22300	54,5	67,5	69,5	0,6	0,3	0,128	7910AC

Tablas de dimensión

Tipos y diseños

7900
7000
7200

BNH

TAH
TBH

NN3000
NNU4900

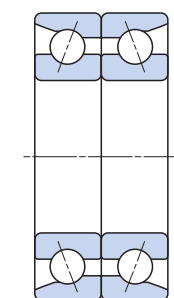
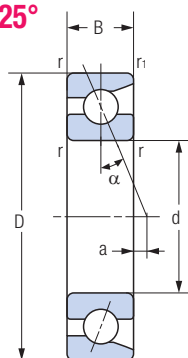
XRN
XRG

TAB
TAF

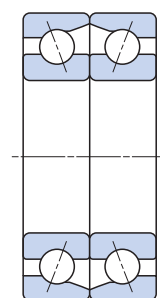
Rodamientos de bolas de contacto angular

Serie 7000C
Serie 7000AC

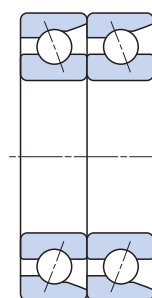
Ángulo de contacto $\alpha = 15^\circ$
Ángulo de contacto $\alpha = 25^\circ$



Espalda con espalda (DB)

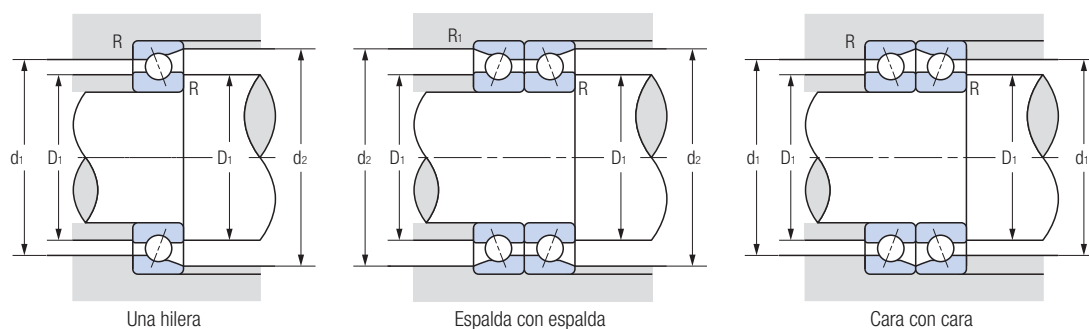


Cara con cara (DF)



Tándem (DT)

Núm. de rodamientos	Dimensiones límite (mm)					Centro de carga a (mm)	Capacidad de carga dinámica básica Cr (kN)	Capacidad de carga estática básica Cor (kN)
	d	D	B	r (Mín.)	r1 (Mín.)			
7000C	10	26	8	0,3	0,15	-1,9	5,35	2,50
7000AC	10	26	8	0,3	0,15	0,2	5,15	2,41
7001C	12	28	8	0,3	0,15	-1,7	5,80	2,91
7001AC	12	28	8	0,3	0,15	0,7	5,60	2,79
7002C	15	32	9	0,3	0,15	-1,8	6,65	3,70
7002AC	15	32	9	0,3	0,15	1,0	6,30	3,55
7003C	17	35	10	0,3	0,15	-2,0	7,00	4,15
7003AC	17	35	10	0,3	0,15	1,1	6,65	3,95
7004C	20	42	12	0,6	0,3	-2,4	11,2	6,60
7004AC	20	42	12	0,6	0,3	1,2	10,6	6,25
7005C	25	47	12	0,6	0,3	-1,8	12,9	8,65
7005AC	25	47	12	0,6	0,3	2,4	11,7	7,60
7006C	30	55	13	1	0,6	-1,6	16,0	11,1
7006AC	30	55	13	1	0,6	3,4	15,1	10,5
7007C	35	62	14	1	0,6	-1,4	19,3	13,7
7007AC	35	62	14	1	0,6	4,3	18,2	13,0
7008C	40	68	15	1	0,6	-1,3	20,7	16,0
7008AC	40	68	15	1	0,6	5,1	19,5	15,1
7009C	45	75	16	1	0,6	-1,1	24,6	19,4
7009AC	45	75	16	1	0,6	6,0	23,1	18,3
7010C	50	80	16	1	0,6	-0,5	26,2	22,0
7010AC	50	80	16	1	0,6	7,2	23,7	19,7
7011C	55	90	18	1,1	0,6	-0,6	34,5	28,8
7011AC	55	90	18	1,1	0,6	7,9	31,0	25,6
7012C	60	95	18	1,1	0,6	-0,1	35,5	30,5
7012AC	60	95	18	1,1	0,6	9,1	32,0	27,6
7013C	65	100	18	1,1	0,6	0,5	37,5	34,5
7013AC	65	100	18	1,1	0,6	10,2	34,0	31,0
7014C	70	110	20	1,1	0,6	0,4	47,0	43,0
7014AC	70	110	20	1,1	0,6	11,0	44,5	41,0
7015C	75	115	20	1,1	0,6	1,0	48,5	46,0
7015AC	75	115	20	1,1	0,6	12,2	45,5	43,0
7016C	80	125	22	1,1	0,6	0,8	59,0	55,5
7016AC	80	125	22	1,1	0,6	12,9	55,5	52,5
7017C	85	130	22	1,1	0,6	1,4	60,5	59,0
7017AC	85	130	22	1,1	0,6	14,1	57,0	55,5
7018C	90	140	24	1,5	1	1,3	72,0	69,5
7018AC	90	140	24	1,5	1	14,8	68,0	65,5
7019C	95	145	24	1,5	1	1,9	74,0	73,5
7019AC	95	145	24	1,5	1	16,0	69,5	69,5
7020C	100	150	24	1,5	1	2,4	76,0	77,5
7020AC	100	150	24	1,5	1	17,2	71,0	73,0



Límite de velocidad de rotación (rpm)		Radio de esquina (mm)					Masa (kg) (Referencia)	Núm. de rodamientos
Lubricación con grasa	Lubricación con aceite	D ₁ (Min.)	d ₁ (Máx.)	d ₂ (Máx.)	R (Máx.)	R ₁ (Máx.)		
65000	89000	12	24	25	0,3	0,15	0,022	7000C
56500	75500	12	24	25	0,3	0,15	0,022	7000AC
58500	80000	14	26	27	0,3	0,15	0,024	7001C
51000	68000	14	26	27	0,3	0,15	0,026	7001AC
49500	68000	17	30	31	0,3	0,15	0,035	7002C
43000	58000	17	30	31	0,3	0,15	0,035	7002AC
45000	61500	19	33	34	0,3	0,15	0,045	7003C
39000	52500	19	33	34	0,3	0,15	0,045	7003AC
37500	51500	24	38	40	0,6	0,3	0,079	7004C
32500	44000	24	38	40	0,6	0,3	0,079	7004AC
32500	44500	29	43	45	0,6	0,3	0,091	7005C
28200	37500	29	43	45	0,6	0,3	0,091	7005AC
27400	37500	35	50	52	1	0,6	0,135	7006C
23900	32000	35	50	52	1	0,6	0,135	7006AC
24100	33000	40	57	59	1	0,6	0,170	7007C
21000	28000	40	57	59	1	0,6	0,170	7007AC
21600	29600	45	63	65	1	0,6	0,210	7008C
18800	25200	45	63	65	1	0,6	0,210	7008AC
19500	26700	50	70	72	1	0,6	0,265	7009C
16900	22700	50	70	72	1	0,6	0,265	7009AC
18000	24600	55	75	77	1	0,6	0,285	7010C
15600	20900	55	75	77	1	0,6	0,285	7010AC
16100	22100	61	84	86	1	0,6	0,420	7011C
14000	18800	61	84	86	1	0,6	0,420	7011AC
15000	20600	66	89	91	1	0,6	0,450	7012C
13100	17500	66	89	91	1	0,6	0,450	7012AC
14200	19400	71	94	96	1	0,6	0,470	7013C
12300	16500	71	94	96	1	0,6	0,470	7013AC
13000	17800	76	104	106	1	0,6	0,660	7014C
11300	15100	76	104	106	1	0,6	0,660	7014AC
12300	16800	81	109	111	1	0,6	0,695	7015C
10700	14300	81	109	111	1	0,6	0,695	7015AC
11400	15600	86	119	121	1	0,6	0,925	7016C
9900	13300	86	119	121	1	0,6	0,925	7016AC
10900	14900	91	124	126	1	0,6	0,960	7017C
9400	12700	91	124	126	1	0,6	0,960	7017AC
10100	13900	97	133	135,6	1,5	1	1,26	7018C
8800	11800	97	133	135,6	1,5	1	1,26	7018AC
9700	13300	102	138	140,6	1,5	1	1,36	7019C
8400	11300	102	138	140,6	1,5	1	1,36	7019AC
9300	12800	107	143	145,6	1,5	1	1,37	7020C
8100	10900	107	143	145,6	1,5	1	1,37	7020AC

Tablas de dimensión

Tipos y diseños

7900
7000
7200

BNH

TAH
TBH

NN3000
NNU4900

XRN
XRG

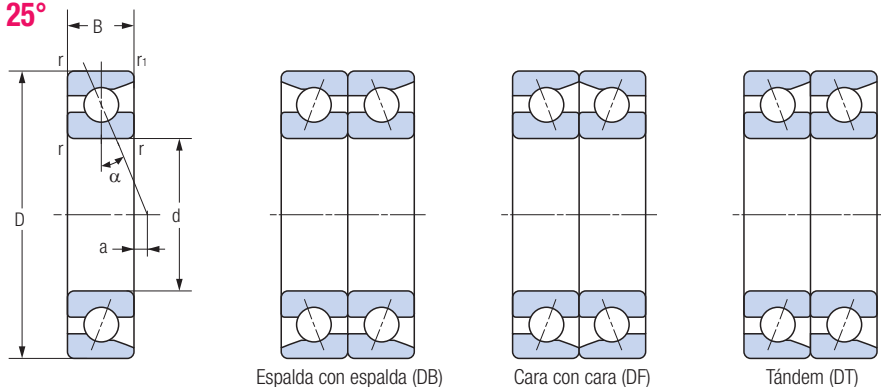
TAB
TAF

Rodamientos de bolas de contacto angular

Serie 7200C

Ángulo de contacto $\alpha = 15^\circ$

Serie 7200AC

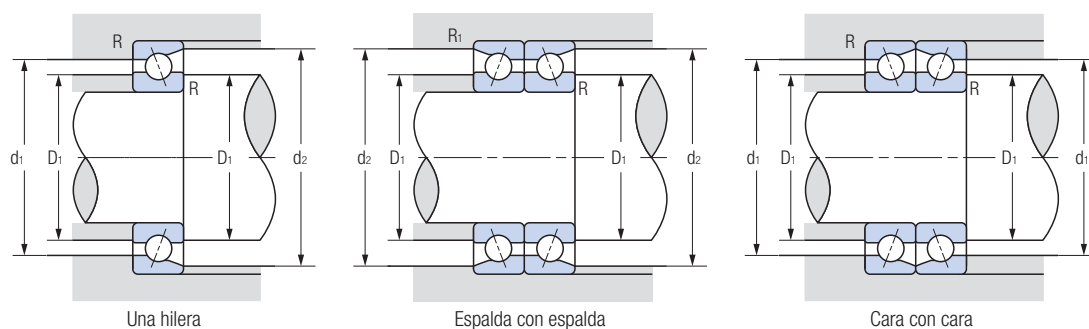
Ángulo de contacto $\alpha = 25^\circ$ 

Espalda con espalda (DB)

Cara con cara (DF)

Tándem (DT)

Núm. de rodamientos	Dimensiones límite (mm)					Centro de carga a (mm)	Capacidad de carga dinámica básica Cr (kN)	Capacidad de carga estática básica Cor (kN)
	d	D	B	r (Mín.)	r1 (Mín.)			
7200C	10	30	9	0,6	0,3	-2,2	6,95	3,30
7200AC	10	30	9	0,6	0,3	0,2	6,75	3,20
7201C	12	32	10	0,6	0,3	-2,5	7,95	3,90
7201AC	12	32	10	0,6	0,3	0,2	7,65	3,75
7202C	15	35	11	0,6	0,3	-2,6	8,70	4,55
7202AC	15	35	11	0,6	0,3	0,4	8,35	4,40
7203C	17	40	12	0,6	0,3	-2,7	10,9	5,90
7203AC	17	40	12	0,6	0,3	0,8	10,5	5,65
7204C	20	47	14	1	0,6	-3,1	14,7	8,15
7204AC	20	47	14	1	0,6	0,9	14,0	7,80
7205C	25	52	15	1	0,6	-3,1	16,7	10,3
7205AC	25	52	15	1	0,6	1,6	15,9	9,80
7206C	30	62	16	1	0,6	-2,7	23,2	14,9
7206AC	30	62	16	1	0,6	2,8	22,0	14,1
7207C	35	72	17	1,1	0,6	-2,3	30,5	20,1
7207AC	35	72	17	1,1	0,6	4	29,1	19,1
7208C	40	80	18	1,1	0,6	-2,1	36,5	25,4
7208AC	40	80	18	1,1	0,6	5	34,5	24,1
7209C	45	85	19	1,1	0,6	-2,0	41,0	29,0
7209AC	45	85	19	1,1	0,6	5,7	39,0	27,5
7210C	50	90	20	1,1	0,6	-1,9	43,0	32,0
7210AC	50	90	20	1,1	0,6	6,3	41,0	30,5
7211C	55	100	21	1,5	1	-1,6	53,0	40,0
7211AC	55	100	21	1,5	1	7,6	50,5	38,0
7212C	60	110	22	1,5	1	-1,2	64,5	49,5
7212AC	60	110	22	1,5	1	8,8	58,0	43,5
7213C	65	120	23	1,5	1	-0,8	73,5	59,0
7213AC	65	120	23	1,5	1	10,1	66,5	52,0
7214C	70	125	24	1,5	1	-0,7	80,0	65,0
7214AC	70	125	24	1,5	1	10,7	72,5	57,5
7215C	75	130	25	1,5	1	-0,7	83,5	70,0
7215AC	75	130	25	1,5	1	11,4	75,5	62,5
7216C	80	140	26	2	1	-0,3	93,5	78,0
7216AC	80	140	26	2	1	12,7	88,5	74,0
7217C	85	150	28	2	1	-0,4	100	85,0
7217AC	85	150	28	2	1	13,4	95,0	81,0
7218C	90	160	30	2	1	-0,6	124	105
7218AC	90	160	30	2	1	14,2	112	93,0
7219C	95	170	32	2,1	1,1	-0,7	133	115
7219AC	95	170	32	2,1	1,1	14,9	126	107
7220C	100	180	34	2,1	1,1	-0,8	150	128
7220AC	100	180	34	2,1	1,1	15,7	142	121



Tablas de dimensión

Límite de velocidad de rotación (rpm)		Radio de esquina (mm)					Masa (kg) (Referencia)	Núm. de rodamientos
Lubricación con grasa	Lubricación con aceite	D ₁ (Mín.)	d ₁ (Máx.)	d ₂ (Máx.)	R (Máx.)	R ₁ (Máx.)		
58500	80000	15	25	27,4	0,6	0,3	0,034	7200C
51000	68000	15	25	27,4	0,6	0,3	0,034	7200AC
53000	72500	17	27	29,4	0,6	0,3	0,040	7201C
46000	62000	17	27	29,4	0,6	0,3	0,040	7201AC
46500	64000	20	30	32,4	0,6	0,3	0,048	7202C
40500	54500	20	30	32,4	0,6	0,3	0,048	7202AC
41000	56000	22	35	37,4	0,6	0,3	0,070	7203C
35500	47500	22	35	37,4	0,6	0,3	0,070	7203AC
34500	47500	26	41	43,4	1	0,6	0,110	7204C
30500	40500	26	41	43,4	1	0,6	0,110	7204AC
30000	41500	31	46	48,4	1	0,6	0,135	7205C
26400	35500	31	46	48,4	1	0,6	0,135	7205AC
25200	34500	36	56	58,4	1	0,6	0,210	7206C
22000	29600	36	56	58,4	1	0,6	0,210	7206AC
21800	29900	42	65	67	1	0,6	0,295	7207C
19000	25400	42	65	67	1	0,6	0,295	7207AC
19500	26700	47	73	75	1	0,6	0,380	7208C
16900	22700	47	73	75	1	0,6	0,380	7208AC
18000	24600	52	78	80	1	0,6	0,430	7209C
15600	20900	52	78	80	1	0,6	0,430	7209AC
16700	22900	57	83	85	1	0,6	0,485	7210C
14500	19400	57	83	85	1	0,6	0,485	7210AC
15000	20600	64	91	94,6	1,5	1	0,635	7211C
13100	17500	64	91	94,6	1,5	1	0,635	7211AC
13700	18800	69	101	104,6	1,5	1	0,820	7212C
12000	16000	69	101	104,6	1,5	1	0,820	7212AC
12600	17300	74	111	114,6	1,5	1	1,02	7213C
11000	14700	74	111	114,6	1,5	1	1,02	7213AC
12000	16400	79	116	119,6	1,5	0,8	1,12	7214C
10400	13900	79	116	119,6	1,5	0,8	1,12	7214AC
11400	15600	84	121	124,6	1,5	1	1,23	7215C
9900	13300	84	121	124,6	1,5	1	1,23	7215AC
10600	14500	90	130	134	2	1	1,50	7216C
9200	12400	90	130	134	2	1	1,50	7216AC
9900	13600	95	140	144	2	1	1,87	7217C
8600	11600	95	140	144	2	1	1,87	7217AC
9300	12800	100	150	154	2	1	2,30	7218C
8100	10900	100	150	154	2	1	2,30	7218AC
8800	12100	107	158	163	2	1	2,78	7219C
7700	10300	107	158	163	2	1	2,78	7219AC
8300	11400	112	168	173	2	1	3,32	7220C
7200	9700	112	168	173	2	1	3,32	7220AC

Tipos y diseños

7900
7000
7200

BNH

TAH
TBH

NN3000
NNU4900

XRN
XRG

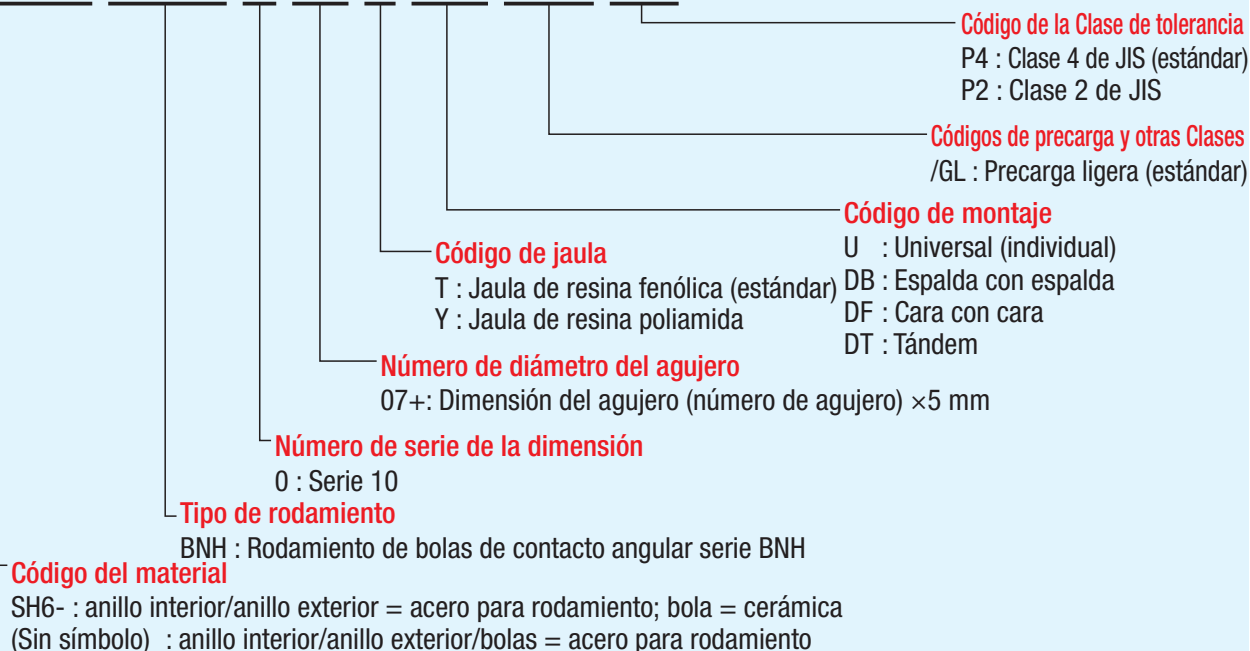
TAB
TAF

Rodamientos de bolas de contacto angular para alta velocidad

Serie BNH

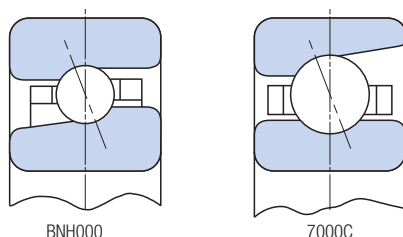


Nomenclatura de los números de rodamientos

SH6- BNH 0 10 T DB /GL P4

Funciones

- Bolas de acero más pequeñas para máquinas, velocidades más altas y menores temperaturas que los rodamientos de bolas de contacto angular anteriores. Se usan principalmente para el husillo principal de los centros de maquinado de alta velocidad.
- También están disponibles en tipo bola de cerámica.



Ángulo de contacto

Se proporciona un ángulo de contacto de 15° como estándar.

Jaula

Se proporciona una jaula de resina fenólica guiada por el anillo exterior como estándar. También está disponible una jaula de resina poliamida guiada por bolas.

Precisión dimensional, precisión de rotación

Cumple con la Clase 4 de JIS como estándar. Consulte la página 7 para más detalles.

Precarga

Precarga ligera como estándar. Consulte la página 19 para obtener más información sobre las precargas.

Tipos de bolas de cerámica

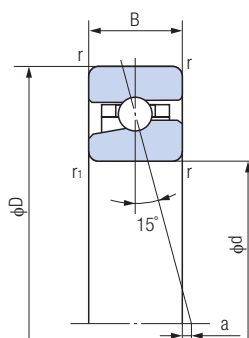
- Los rodamientos con bolas de cerámica que son menos densas que las bolas de acero para rodamiento también están disponibles para una menor fuerza centrífuga cuando las bolas giran a altas velocidades.
- Las características de la cerámica y el acero para rodamiento se muestran en la siguiente tabla.
- Los números de rodamiento de los rodamientos que usan bolas de cerámica empiezan con "SH6-".
- La precarga y rigidez axial es aproximadamente 1,2 veces a aquellas de los rodamientos de tipo acero para rodamientos.

Comparación de las características de la cerámica y el acero para rodamientos

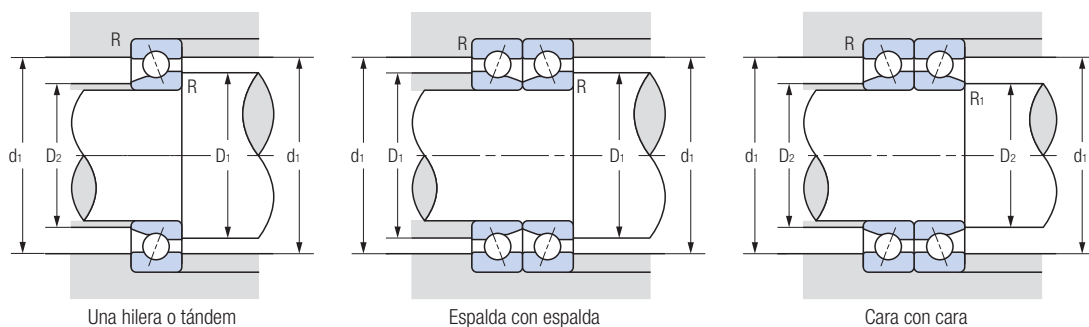
Funciones	Unidad	Cerámica (Si ₃ N ₄)	Aceros para rodamientos (SUJ2)
Resistencia al calor	°C	800	180
Densidad	g/cc	3,2	7,8
Coefficiente de expansión lineal	1/°C	3,2×10 ⁻⁶	12,5×10 ⁻⁶
Dureza	Hv	1400~1700	700~800
Coefficiente elástico longitudinal	GPa	314	206
Relación de Poisson	—	0,26	0,30
Resistencia a la corrosión	—	Buena	Mala
Magnetismo	—	Sustancia no magnética	Sustancia fuertemente magnética
Conductividad	—	Aislante	Conductor
Enlace químico en cristales	—	Covalente	Metálico

Serie BNH de rodamientos de bolas de contacto angular para alta velocidad

Ángulo de contacto 15°



Núm. de rodamientos	Dimensiones límite (mm)					Centro de carga a (mm)	Capacidad de carga dinámica básica Cr (kN)	Capacidad de carga estática básica Cor (kN)
	d	D	B	r (Mín.)	r1 (Mín.)			
BNH007	35	62	14	1	0,6	-0,5	11,6	9,95
BNH008	40	68	15	1	0,6	-0,3	14,8	12,9
BNH009	45	75	16	1	0,6	0	15,5	14,5
BNH010	50	80	16	1	0,6	0,7	16,1	15,9
BNH011	55	90	18	1,1	0,6	0,7	20,0	20,1
BNH012	60	95	18	1,1	0,6	1,4	20,8	21,9
BNH013	65	100	18	1,1	0,6	2,1	21,5	23,4
BNH014	70	110	20	1,1	0,6	2,1	29,4	31,5
BNH015	75	115	20	1,1	0,6	2,7	29,8	32,5
BNH016	80	125	22	1,1	0,6	2,7	35,0	39,0
BNH017	85	130	22	1,1	0,6	3,4	35,5	40,0
BNH018	90	140	24	1,5	1	3,4	46,5	53,0
BNH019	95	145	24	1,5	1	4,1	47,0	55,0
BNH020	100	150	24	1,5	1	4,7	48,0	56,5
BNH021	105	160	26	2	1	4,8	54,5	65,0
BNH022	110	170	28	2	1	4,8	61,0	74,0
BNH024	120	180	28	2	1	6,1	63,0	79,0
BNH026	130	200	33	2	1	5,6	83,5	105
BNH028	140	210	33	2	1	6,9	86,0	112
BNH030	150	225	35	2,1	1,1	7,6	102	132
BNH032	160	240	38	2,1	1,1	7,8	110	145
BNH034	170	260	42	2,1	1,1	7,8	129	173



Una hilera o tándem

Espalda con espalda

Cara con cara

Límite de velocidad de rotación (rpm)		Radio de esquina (mm)					Masa (kg) (Referencia)	Núm. de rodamientos
Lubricación con grasa	Lubricación con aceite	D1 (Mín.)	D2 (Mín.)	d1 (Máx.)	R (Máx.)	R1 (Máx.)		
28900	39000	40	39	57	1	0,6	0,167	BNH007
26000	35000	45	44	63	1	0,6	0,200	BNH008
23400	31500	50	49,5	70	1	0,6	0,260	BNH009
21600	29200	55	54,5	75	1	0,6	0,280	BNH010
19400	26200	61	59,5	84	1	0,6	0,400	BNH011
18100	24500	66	64,5	89	1	0,6	0,433	BNH012
17000	23000	71	69,5	94	1	0,6	0,460	BNH013
15600	21100	76	74,5	104	1	0,6	0,650	BNH014
14800	20000	81	79,5	109	1	0,6	0,690	BNH015
13700	18500	86	84,5	119	1	0,6	0,930	BNH016
13100	17700	91	89,5	124	1	0,6	0,973	BNH017
12200	16500	97	95,5	133	1,5	1	1,27	BNH018
11700	15800	102	100,5	138	1,5	1	1,33	BNH019
11200	15200	107	105,5	143	1,5	1	1,39	BNH020
10600	14300	115	110,5	150	2	1	1,77	BNH021
10000	13600	120	115,5	160	2	1	2,18	BNH022
9400	12700	130	125,5	170	2	1	2,32	BNH024
8500	11500	140	135,5	190	2	1	3,46	BNH026
8000	10900	150	145,5	200	2	1	3,68	BNH028
7500	10100	161	156	213	2	1	4,55	BNH030
7000	9500	172	166	228	2	1	5,57	BNH032
6500	8800	182	176	248	2	1	7,50	BNH034

Tablas de dimensión

Tipos y diseños

7900
7000
7200

BNH

TAH
TBH

NN3000
NNU4900

XRN
XRG

TAB
TAF

Rodamientos de bolas de contacto angular para carga axial

Serie TAH/TBH



Nomenclatura de los números de rodamientos

90 TBH 10 T DB /GM P4

Código de la Clase de tolerancia

P5 : Clase 5 de JIS

P4 : Clase 4 de JIS (estándar)

Códigos de precarga y otras Clases

/GM : Precarga media (estándar)

Código de montaje

DB : Espalda con espalda (estándar)

DF : Cara con cara

FFB : Disposición de 3 hileras

Código de jaula

T : Jaula de resina fenólica

Número de serie de la dimensión

10 : Serie 10

Tipo de rodamiento

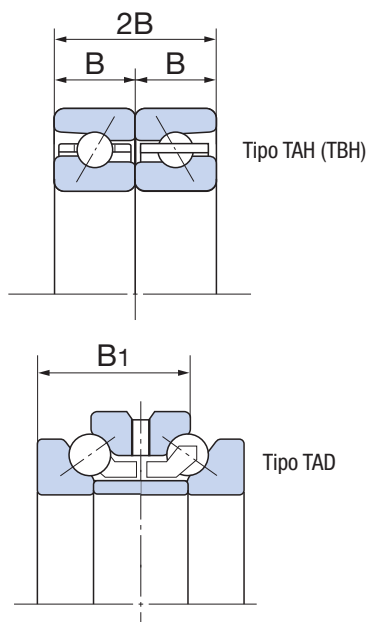
TAH : Ángulo de contacto de la serie TAH: 30°

TBH : Ángulo de contacto de la serie TBH: 40°

Dimensión del agujero (mm)

Funciones

- Mismo número y diámetro de bolas que los rodamientos axiales de bola de contacto angular con doble dirección tipo TAD20 y con ángulos de contacto más pequeños, 30° (serie TAH) o 40° (serie TBH), que ofrecen un mejor desempeño a alta velocidad sin un anillo separable.
- Dimensión del ancho 2B de un montaje doble (DB o DF) que es equivalente a la dimensión de B1 del tipo TAD20. La serie TAH/TBH son intercambiables al cambiar el método que se usa para sujetarlos firmemente al eje.

**Ángulo de contacto**

Ángulo de contacto de 30° para la serie TAH, ángulo de contacto de 40° para la serie TBH.

Jaula

Se proporciona una jaula de resina fenólica guiada por el anillo exterior como estándar.

Precisión dimensional, precisión de rotación

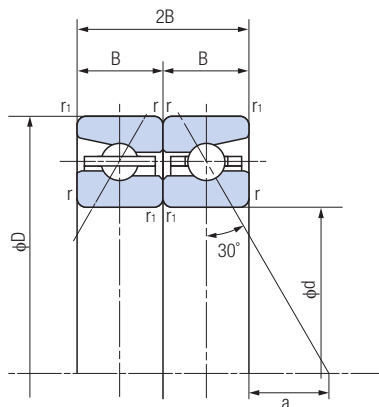
Cumple con la Clase 4 de JIS como estándar, pero el diámetro externo del anillo exterior tiene tolerancias más pequeñas en comparación con el rodamiento radial usado en conjunto. Consulte la página 9 para más detalles.

Precarga

Precarga media como estándar. Consulte la página 19 para obtener más información sobre las precargas.

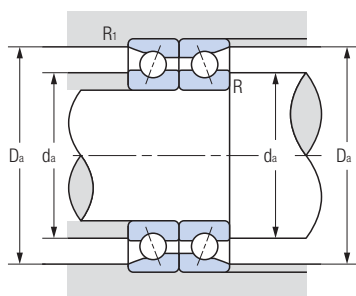
Serie TAH de rodamientos de bolas de contacto angular para carga axial

Ángulo de contacto 30°



1N=0,102kgf

Núm. de rodamientos	Dimensiones límite (mm)					Centro de carga a (mm)	Capacidad de carga dinámica básica Ca (kN)	Capacidad de carga estática básica Coa (kN)
	d	D	2B	r (Mín.)	r1 (Mín.)			
50TAH10DB	50	80	28,5	1	0,6	11,6	19,2	40,5
55TAH10DB	55	90	33	1,1	0,6	12,7	23,8	51,0
60TAH10DB	60	95	33	1,1	0,6	14,1	24,7	56,0
65TAH10DB	65	100	33	1,1	0,6	15,6	25,6	61,0
70TAH10DB	70	110	36	1,1	0,6	17,0	35,0	80,0
75TAH10DB	75	115	36	1,1	0,6	18,4	35,5	83,5
80TAH10DB	80	125	40,5	1,1	0,6	19,5	41,5	99,5
85TAH10DB	85	130	40,5	1,1	0,6	20,9	42,0	104
90TAH10DB	90	140	45	1,5	1	21,9	55,5	135
95TAH10DB	95	145	45	1,5	1	23,4	56,0	141
100TAH10DB	100	150	45	1,5	1	24,8	57,0	147
105TAH10DB	105	160	49,5	2	1	25,9	64,5	168
110TAH10DB	110	170	54	2	1	26,9	73,0	191
120TAH10DB	120	180	54	2	1	29,8	75,0	207
130TAH10DB	130	200	63	2	1	31,9	99,5	269
140TAH10DB	140	210	63	2	1	34,8	103	291
150TAH10DB	150	225	67,5	2,1	1,1	37,3	121	340
160TAH10DB	160	240	72	2,1	1,1	39,7	131	375
170TAH10DB	170	260	81	2,1	1,1	41,8	154	445



Tablas de dimensión

Límite de velocidad de rotación (rpm)		Radio de esquina (mm)				Masa (kg) (Referencia)	Núm. de rodamientos
Lubricación con grasa	Lubricación con aceite	d _a (Mín.)	D _a (Máx.)	R (Mín.)	R ₁ (Mín.)		
11500	14600	61	75	1	0,6	0,266	50TAH10DB
10300	13100	68	84	1	0,6	0,405	55TAH10DB
9700	12300	73	89	1	0,6	0,432	60TAH10DB
9100	11500	78	94	1	0,6	0,460	65TAH10DB
8300	10600	85	104	1	0,6	0,622	70TAH10DB
7900	10000	90	109	1	0,6	0,655	75TAH10DB
7300	9200	97	118	1	0,6	0,900	80TAH10DB
7000	8800	102	123	1	0,6	0,944	85TAH10DB
6500	8200	107,5	132	1,5	1	1,24	90TAH10DB
6200	7900	112,5	137	1,5	1	1,30	95TAH10DB
6000	7600	117,5	142	1,5	1	1,35	100TAH10DB
5600	7100	125	151	2	1	1,75	105TAH10DB
5300	6800	132	160	2	1	2,20	110TAH10DB
5000	6300	142	170	2	1	2,36	120TAH10DB
4500	5700	156	188	2	1	3,52	130TAH10DB
4200	5400	166	198	2	1	3,75	140TAH10DB
4000	5000	178	212	2	1	4,59	150TAH10DB
3700	4700	190	227	2	1	5,62	160TAH10DB
3400	4400	204	245	2	1	7,63	170TAH10DB

Tipos y diseños

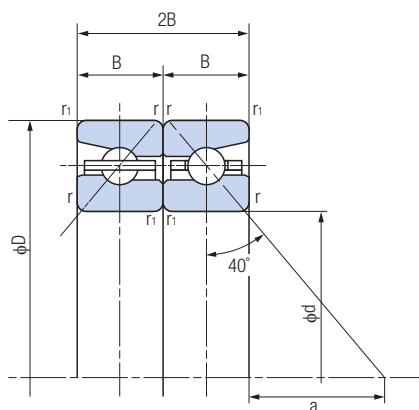
7900
7000
7200

BNH

TAH
TBHNN3000
NNU4900XRN
XRGTAB
TAF

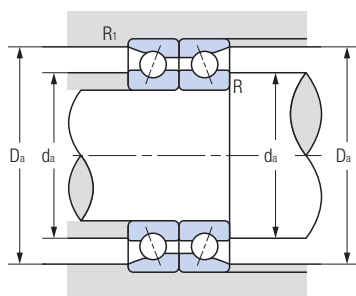
Serie TBH de rodamientos de bolas de contacto angular para carga axial

Ángulo de contacto 40°



1N=0,102kgf

Núm. de rodamientos	Dimensiones límite (mm)					Centro de carga a (mm)	Capacidad de carga dinámica básica Ca (kN)	Capacidad de carga estática básica Coa (kN)
	d	D	2B	r (Mín.)	r1 (Mín.)			
50TBH10DB	50	80	28,5	1	0,6	20,2	22,8	53,0
55TBH10DB	55	90	33	1,1	0,6	22,2	28,2	67,0
60TBH10DB	60	95	33	1,1	0,6	24,3	29,3	73,0
65TBH10DB	65	100	33	1,1	0,6	26,4	30,0	79,5
70TBH10DB	70	110	36	1,1	0,6	28,8	41,5	104
75TBH10DB	75	115	36	1,1	0,6	30,9	42,0	109
80TBH10DB	80	125	40,5	1,1	0,6	32,9	49,0	130
85TBH10DB	85	130	40,5	1,1	0,6	35,0	50,0	136
90TBH10DB	90	140	45	1,5	1	37,0	65,5	176
95TBH10DB	95	145	45	1,5	1	39,1	66,5	184
100TBH10DB	100	150	45	1,5	1	41,2	67,5	191
105TBH10DB	105	160	49,5	2	1	43,2	76,5	219
110TBH10DB	110	170	54	2	1	45,3	86,0	249
120TBH10DB	120	180	54	2	1	49,5	88,5	269
130TBH10DB	130	200	63	2	1	53,5	118	350
140TBH10DB	140	210	63	2	1	57,7	121	380
150TBH10DB	150	225	67,5	2,1	1,1	61,8	143	445
160TBH10DB	160	240	72	2,1	1,1	65,9	155	490
170TBH10DB	170	260	81	2,1	1,1	70,0	182	580



Límite de velocidad de rotación (rpm)		Radio de esquina (mm)				Masa (kg) (Referencia)	Núm. de rodamientos
Lubricación con grasa	Lubricación con aceite	da (Mín.)	Da (Máx.)	R (Mín.)	R1 (Mín.)		
10000	13200	61	75	1	0,6	0,266	50TBH10DB
8900	11800	68	84	1	0,6	0,405	55TBH10DB
8300	11000	73	89	1	0,6	0,432	60TBH10DB
7900	10400	78	94	1	0,6	0,460	65TBH10DB
7200	9500	85	104	1	0,6	0,622	70TBH10DB
6800	9000	90	109	1	0,6	0,655	75TBH10DB
6300	8300	97	118	1	0,6	0,900	80TBH10DB
6000	7900	102	123	1	0,6	0,944	85TBH10DB
5600	7400	107,5	132	1,5	1	1,24	90TBH10DB
5400	7100	112,5	137	1,5	1	1,30	95TBH10DB
5200	6800	117,5	142	1,5	1	1,35	100TBH10DB
4900	6400	125	151	2	1	1,75	105TBH10DB
4600	6100	132	160	2	1	2,20	110TBH10DB
4300	5700	142	170	2	1	2,36	120TBH10DB
3900	5200	156	188	2	1	3,52	130TBH10DB
3700	4900	166	198	2	1	3,75	140TBH10DB
3400	4500	178	212	2	1	4,59	150TBH10DB
3200	4200	190	227	2	1	5,62	160TBH10DB
3000	3900	204	245	2	1	7,63	170TBH10DB

Rodamientos de rodillos cilíndricos de hileras múltiples

Serie NN3000/
Serie NNU4900



Nomenclatura del número de rodamiento

NN 30 06 W33 M2 K C1NA P4

Código de la Clase de tolerancia

P5 : Clase 5 de JIS

P4 : Clase 4 de JIS

Código de juego interior

C9NA: Juego no intercambiable (agujero cónico)

C1NA: Juego no intercambiable (agujero cilíndrico, agujero cónico)

C2NA: Juego no intercambiable (agujero cilíndrico, agujero cónico)

CNA : Juego no intercambiable (agujero cilíndrico)

C3NA: Juego no intercambiable (agujero cilíndrico)

Código de la forma del agujero

(Sin código) : Agujero cilíndrico

K : Agujero cónico

Código de jaula

(Sin código) : Jaula de latón maquinada (integrada)

M2 : Jaula de latón maquinada (separable)

Número del orificio de lubricación

(Sin código) : Sin ranura de aceite, orificio de lubricación en anillo exterior

W33 : Con ranura de lubricación y orificio de lubricación en anillo exterior

Número de diámetro del agujero

(dimensión del agujero) = (número de agujero) × 5 mm

Número de serie de la dimensión

49 : Serie 49

30 : Serie 30

Tipo de rodamiento

NN : Rodamientos de rodillos cilíndricos de hileras múltiples (anillo interior acanalado, anillo exterior no acanalado)

NNU : Rodamientos de rodillos cilíndricos de hileras múltiples (anillo interior no acanalado, anillo exterior acanalado)

Funciones

- Una construcción relativamente sencilla que ofrece una alta precisión. Un número mayor de rodillos para mayor rigidez.
- Menos secciones deslizantes que un rodamiento de rodillos cónicos de modo que se genera menos calor.
- El rodamiento de agujero cónico permite ajustar el juego radial interno durante el ensamble.
- Este rodamiento no puede soportar la carga axial, de modo que normalmente se usa en combinación con un rodamiento axial.

Jaula

La serie NN3000 y NNU4900 se ofrecen con una jaula guiada por rodillos de una aleación de latón como estándar.

Precisión dimensional, precisión de rotación

- Cumple con la Clase 5 o Clase 4 de JIS. Consulte la página 7 para más detalles.
- Nachi define sus propios valores de tolerancia para la precisión de las dimensiones. Consulte la página 11 para más detalles.

Juego radial interno

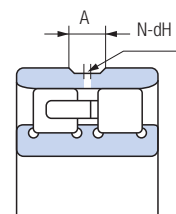
Nachi define sus propios juegos no intercambiables para agujeros cilíndricos y agujeros cónicos con objeto de minimizar la inconsistencia de la excentricidad axial. Consulte la página 21 para más detalles.

Dimensiones del orificio de lubricación del anillo exterior

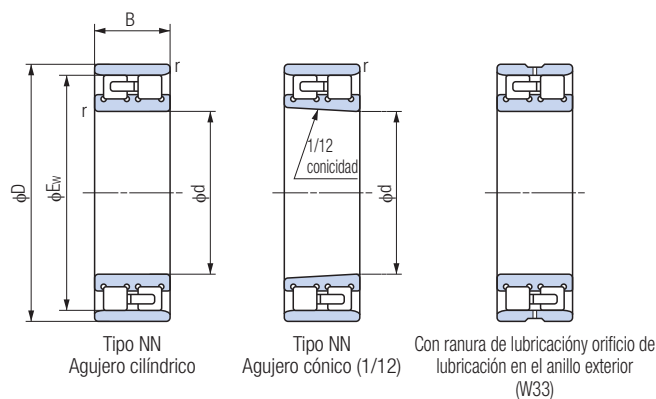
La siguiente tabla muestra las dimensiones del orificio de lubricación y de la ranura de lubricación del anillo exterior (especificación W33).

Dimensión del ancho del anillo exterior B (mm)		Diámetro del orificio de lubricación dH (mm)	Ancho de la ranura de lubricación A (mm)
Más	Incl.		
—	19	2	3,5
19	25	2	4
25	35	3	6
35	50	4	8
50	80	6	10
80	—	8	12

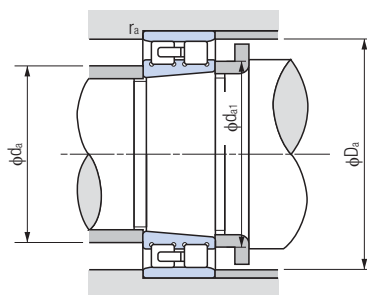
Dimensiones del diámetro externo nominal D (mm)		Número de orificios de lubricación N
Más	Incl.	
—	250	4
250	—	6



Serie NN3000 de rodamientos de rodillos cilíndricos de hileras múltiples



Núm. de rodamientos		Dimensiones límite (mm)					Capacidad de carga dinámica básica Cr (kN)	Capacidad de carga estática básica Cor (kN)
Agujero cilíndrico	Agujero cónico	d	D	B	Ew	r (Mín.)		
NN3005	NN3005K	25	47	16	41,3	0,6	25,8	30,0
NN3006	NN3006K	30	55	19	48,5	1	31,0	37,0
NN3007	NN3007K	35	62	20	55	1	39,5	50,0
NN3008	NN3008K	40	68	21	61	1	43,5	55,5
NN3009	NN3009K	45	75	23	67,5	1	52,0	65,5
NN3010	NN3010K	50	80	23	72,5	1	53,0	72,5
NN3011	NN3011K	55	90	26	81	1,1	69,5	96,5
NN3012	NN3012K	60	95	26	86,1	1,1	73,5	106
NN3013	NN3013K	65	100	26	91	1,1	77,0	116
NN3014	NN3014K	70	110	30	100	1,1	97,5	148
NN3015	NN3015K	75	115	30	105	1,1	96,5	149
NN3016	NN3016K	80	125	34	113	1,1	119	186
NN3017	NN3017K	85	130	34	118	1,1	125	201
NN3018	NN3018K	90	140	37	127	1,5	143	228
NN3019	NN3019K	95	145	37	132	1,5	150	246
NN3020	NN3020K	100	150	37	137	1,5	157	265
NN3021	NN3021K	105	160	41	146	2	198	320
NN3022	NN3022K	110	170	45	155	2	229	375
NN3024	NN3024K	120	180	46	165	2	239	405
NN3026	NN3026K	130	200	52	182	2	284	475
NN3028	NN3028K	140	210	53	192	2	298	515
NN3030	NN3030K	150	225	56	206	2,1	335	585
NN3032	NN3032K	160	240	60	219	2,1	375	660
NN3034	NN3034K	170	260	67	236	2,1	450	805
NN3036	NN3036K	180	280	74	255	2,1	565	995
NN3038	NN3038K	190	290	75	265	2,1	595	1080
NN3040	NN3040K	200	310	82	282	2,1	655	1170
NN3044	NN3044K	220	340	90	310	3	815	1480
NN3048	NN3048K	240	360	92	330	3	855	1600
NN3052	NN3052K	260	400	104	364	4	1080	2070
NN3056	NN3056K	280	420	106	384	4	1080	2080
NN3060	NN3060K	300	460	118	418	4	1430	2740
NN3064	NN3064K	320	480	121	438	4	1430	2750



Tablas de dimensión

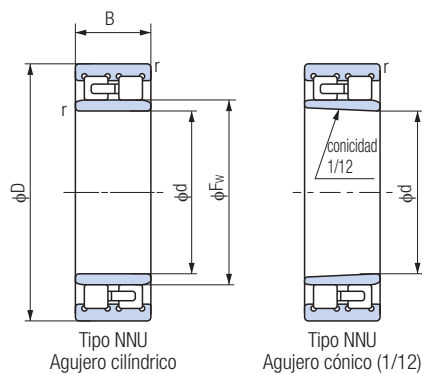
Límite de velocidad de rotación (rpm)		Radio de esquina (mm)					Masa (kg) (Referencia) (Agujero cónico)	Núm. de rodamientos (Agujero cónico)
Lubricación con grasa	Lubricación con aceite	da (Mín.)	da1 (Mín.)	Da		ra (Máx.)		
				(Máx.)	(Mín.)			
21300	25000	30	30	42	41,8	0,6	0,123	NN3005K
18000	21200	36	37	49	49	1	0,199	NN3006K
15800	18600	41	42	56	56	1	0,258	NN3007K
14200	16700	46	48	62	62	1	0,312	NN3008K
12800	15000	51	52	69	69	1	0,405	NN3009K
11700	13800	56	58	74	74	1	0,454	NN3010K
10500	12400	62	64	83	82	1	0,651	NN3011K
9800	11600	67	68	88	87	1	0,704	NN3012K
9200	10900	72	74	93	92	1	0,758	NN3013K
8500	10000	77	78	103	101	1	1,04	NN3014K
8000	9400	82	84	108	106	1	1,14	NN3015K
7500	8800	87	90	118	114	1	1,52	NN3016K
7100	8300	92	96	123	119	1	1,61	NN3017K
6600	7800	98,5	100	131,5	129	1,5	2,07	NN3018K
6300	7500	103,5	106	136,5	134	1,5	2,17	NN3019K
6100	7200	108,5	112	141,5	139	1,5	2,26	NN3020K
5800	6800	115	116	150	148	2	2,89	NN3021K
5400	6400	120	122	160	157	2	3,68	NN3022K
5100	6000	130	132	170	167	2	3,98	NN3024K
4600	5400	140	144	190	183	2	5,92	NN3026K
4300	5100	150	154	200	194	2	6,44	NN3028K
4100	4800	162	164	213	208	2	7,81	NN3030K
3800	4500	172	174	228	221	2	8,92	NN3032K
3500	4200	182	184	248	238	2	12,6	NN3034K
3300	3900	192	196	268	257	2	16,6	NN3036K
3200	3700	202	206	278	267	2	17,5	NN3038K
2900	3500	212	216	298	285	2	21,6	NN3040K
2700	3200	234	238	326	313	2,5	28,4	NN3044K
2500	3000	254	256	346	333	2,5	31,8	NN3048K
2300	2700	278	280	382	367	3	46,0	NN3052K
2100	2500	298	300	402	387	3	49,6	NN3056K
2000	2300	318	325	442	421	3	68,7	NN3060K
1900	2200	338	345	462	442	3	74,0	NN3064K

Tipos y
diseños7900
7000
7200

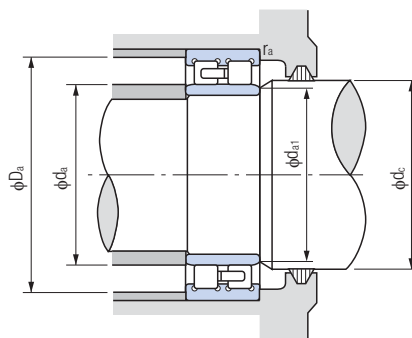
BNH

TAH
TBHNN3000
NNU4900XRN
XRGTAB
TAF

Serie NNU4900 de rodamientos de rodillos cilíndricos de hileras múltiples



Núm. de rodamientos		Dimensiones límite (mm)					Capacidad de carga dinámica básica Cr (kN)	Capacidad de carga estática básica Cor (kN)
Agujero cilíndrico	Agujero cónico	d	D	B	Ew	r (Min.)		
NNU4920	NNU4920K	100	140	40	113	1,1	155	305
NNU4921	NNU4921K	105	145	40	118	1,1	161	325
NNU4922	NNU4922K	110	150	40	123	1,1	167	335
NNU4924	NNU4924K	120	165	45	134,5	1,1	183	360
NNU4926	NNU4926K	130	180	50	146	1,5	275	565
NNU4928	NNU4928K	140	190	50	156	1,5	283	585
NNU4930	NNU4930K	150	210	60	168,5	2	350	715
NNU4932	NNU4932K	160	220	60	178,5	2	365	760
NNU4934	NNU4934K	170	230	60	188,5	2	375	805
NNU4936	NNU4936K	180	250	69	202	2	480	1020
NNU4938	NNU4938K	190	260	69	212	2	485	1060
NNU4940	NNU4940K	200	280	80	225	2,1	570	1220
NNU4944	NNU4944K	220	300	80	245	2,1	600	1330
NNU4948	NNU4948K	240	320	80	265	2,1	625	1450
NNU4952	NNU4952K	260	360	100	292	2,1	935	2100
NNU4956	NNU4956K	280	380	100	312	2,1	960	2230
NNU4960	NNU4960K	300	420	118	339	3	1230	2880
NNU4964	NNU4964K	320	440	118	359	3	1270	3050



Tablas de dimensión

Límite de velocidad de rotación (rpm)		Radio de esquina (mm)						Masa (kg) (Referencia) (Agujero cónico)	Núm. de rodamientos (Agujero cónico)
Lubricación con grasa	Lubricación con aceite	da		da1 (Mín.)	dc (Mín.)	Da (Máx.)	ra (Máx.)		
		(Mín.)	(Máx.)						
6300	7500	106,5	111	110	115	133,5	1	1,77	NNU4920K
6100	7200	111,5	116	115	120	138,5	1	1,85	NNU4921K
5800	6900	116,5	121	120	125	143,5	1	1,93	NNU4922K
5300	6300	126,5	133	130	137	158,5	1	2,65	NNU4924K
4900	5800	138	144	142	148	172	1,5	3,55	NNU4926K
4600	5400	148	154	151	158	182	1,5	3,80	NNU4928K
4200	5000	159	166	162	171	201	2	5,95	NNU4930K
4000	4700	169	176	172	182	211	2	6,25	NNU4932K
3800	4500	179	186	182	192	221	2	6,60	NNU4934K
3500	4200	189	199	194	205	241	2	9,50	NNU4936K
3400	4000	199	209	204	215	251	2	10,0	NNU4938K
3200	3700	211	222	214	228	269	2	10,1	NNU4940K
2900	3400	231	242	234	248	289	2	15,5	NNU4944K
2700	3200	251	262	254	269	309	2	17,0	NNU4948K
2400	2900	271	288	276	296	349	2	28,3	NNU4952K
2300	2700	291	308	296	316	369	2	30,3	NNU4956K
2100	2500	313	335	320	343	407	2,5	46,7	NNU4960K
2000	2300	333	335	340	363	427	2,5	49,6	NNU4964K

Tipos y
diseños7900
7000
7200

BNH

TAH
TBHNN3000
NNU4900XRN
XRGTAB
TAF

Rodamientos de rodillos cónicos cruzados

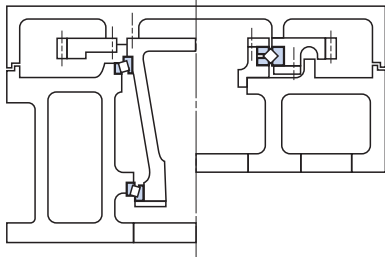
Serie XRN/Serie XRG



Un rodamiento que ofrece funciones equivalentes a un rodamiento de rodillos cónicos dobles, pero con el tamaño de un rodamiento individual. Los elementos de rodadura están acomodados en orientación alternativa entre el anillo separable y el anillo primario.

Funciones

- Un rodamiento que puede soportar las cargas radiales, cargas axiales y cargas de momento.
- Las aplicaciones del rodamiento pueden simplificarse, menos componentes reducen el peso y el tamaño, y reduce el tiempo de ensamble.
- La expansión térmica del eje tiene un efecto mínimo sobre la precarga del rodamiento lo que promueve la precisión de la máquina.
- Se utilizan rodillos cónicos y el centro de la rotación se mantiene para una rotación suave incluso bajo una precarga.
- Los espaciadores de resina poliamida se insertan entre los rodillos para minimizar la fricción de rodillo a rodillo (excepto en el tipo XRGV).
- El ángulo de contacto es de aproximadamente 45°.



Rodamientos de rodillos cónicos dobles Rodamientos de rodillos cónicos cruzados

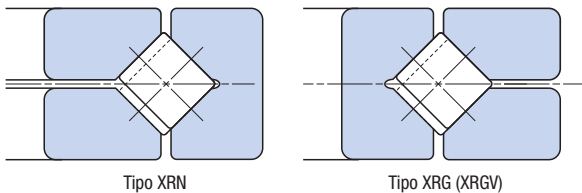
Ejemplo de instalación de rodamientos de rodillos cónicos y rodamientos de rodillos cónicos cruzados

Precisión

Nachi define sus propios estándares de precisión. Consulte la página 9 para más detalles.

Mecanismo

La serie XRN consiste de un anillo interior separable, un rodamiento de tipo anillo exterior primario, diseñada principalmente para aplicaciones donde el enfoque es la precisión del anillo exterior bajo la rotación del anillo exterior. Por otro lado, la serie XRG se utiliza principalmente cuando el enfoque es la precisión de la rotación del anillo interior durante la rotación del anillo interior.



Tipo XRN

Tipo XRG (XRGV)

Aplicaciones principales

- Mesa de trabajo de un centro de maquinado, rectificadoras, etc.
- Husillo de trabajo de un torno, rectificadora, etc.
- Fresadora de gran escala, torre de perforación u otra máquina indexadora.
- Pivote de antena parabólica, etc.

Nomenclatura del número de rodamiento

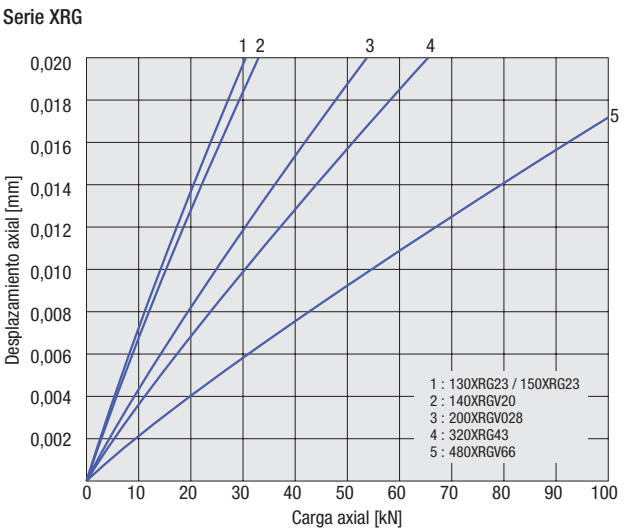
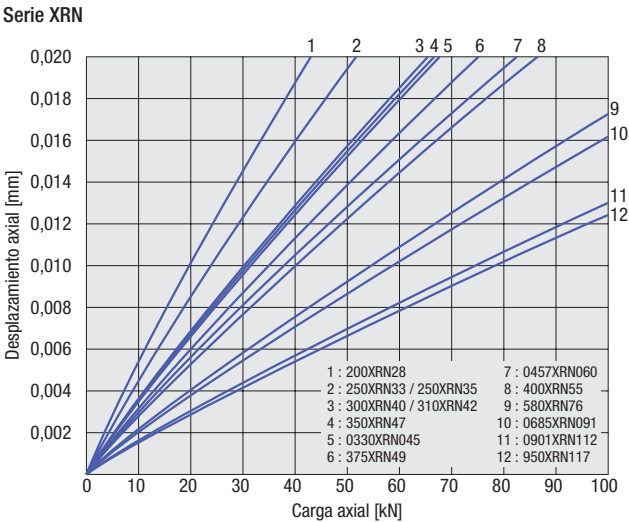
300 XRN 40

Valor del diámetro externo
Diámetro externo dividido entre 10

Tipo de rodamiento
XRN: Serie XRN Tipo separable de anillo interior
XRG: Serie XRG Tipo separable de anillo exterior
XRGV: Serie XRG Tipo separable de anillo exterior, sin espaciador

Dimensión del agujero (mm)

Carga axial y desplazamiento axial



Tablas de dimensión

Tipos y diseños

7900
7000
7200

BNH

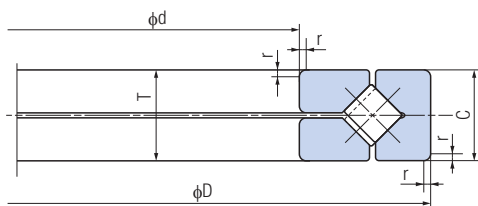
TAH
TBH

NN3000
NNU4900

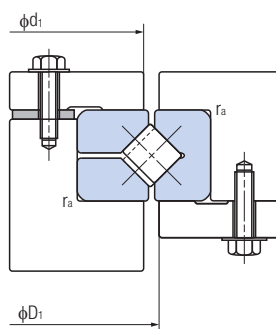
XRN
XRG

TAB
TAF

Serie XRN de rodamientos de rodillos cónicos cruzados

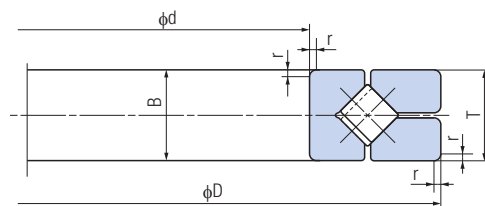


Núm. de rodamientos	Dimensiones límite (mm)					Capacidad de carga dinámica básica Ca (kN)	Capacidad de carga estática básica C _{0a} (kN)
	d	D	T	C	r		
150XRN23	150	230	30	30	1,5	105	335
200XRN28	200	280	30	30	1,5	144	520
250XRN33	250	330	30	30	1	164	650
250XRN35	250	350	40	40	3	170	680
300XRN40	300	400	38	38	3	268	985
310XRN42	310	420	40	40	2,5	260	1070
0330XRN045	330,2	457,2	63,5	63,5	3,3	400	1540
350XRN47	350	470	50	50	3	284	1230
375XRN49	375	490	45	45	2,5	290	1280
400XRN55	400	550	60	60	3,5	365	1900
0457XRN060	457,2	609,6	63,5	63,5	3,3	370	1670
580XRN76	580	760	80	80	6,4	830	3800
0685XRN091	685,8	914,4	79,375	79,375	3,3	1090	5000
950XRN117	950	1170	85	85	3	1440	7400

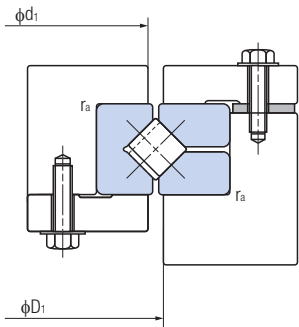


Límite de velocidad de rotación (rpm)		Radio de esquina (mm)			Masa (kg) (Referencia)	Núm. de rodamientos
Lubricación con grasa	Lubricación con aceite	d_1 (Mín.)	D_1 (Máx.)	r_a (Máx.)		
600	1200	182	197	1	5,11	150XRN23
480	950	235	249	1	6,43	200XRN28
400	800	285	298	1	7,77	250XRN33
400	800	302	312	1,5	13,6	250XRN35
330	650	345	369	2,5	14,8	300XRN40
320	630	358	380	2	18,1	310XRN42
290	580	380	409	2	35,4	0330XRN045
280	560	410	424	1,5	27,7	350XRN47
260	530	430	445	1,5	25,5	375XRN49
250	500	475	492	1,5	48,8	400XRN55
220	440	535	554	2	57,1	0457XRN060
170	340	667	691	4	108	580XRN76
140	280	807	834	2	161	0685XRN091
100	200	1050	1084	2,5	218	950XRN117

Serie XRG de rodamientos de rodillos cónicos cruzados



Núm. de rodamientos	Dimensiones límite (mm)					Capacidad de carga dinámica básica Ca (kN)	Capacidad de carga estática básica Coa (kN)
	d	D	T	B	r		
130XRG23	130	230	30	30	1,5	105	335
140XRGV20	140	200	25	25	1,5	89	299
150XRG23	150	230	30	30	1,5	105	335
200XRGV028	200	285	30	30	1	170	655
320XRG43	320	430	40	40	2,5	260	1070
480XRGV66	480	660	50	49,5	4	405	2110



Límite de velocidad de rotación (rpm)		Radio de esquina (mm)			Masa (kg) (Referencia)	Núm. de rodamientos
Lubricación con grasa	Lubricación con aceite	d ₁ (Mín.)	D ₁ (Máx.)	r _a (Máx.)		
650	1250	182	197	1	5,97	130XRG23
680	1350	162	176	1	2,86	140XRGV20
600	1200	182	197	1	5,11	150XRG23
480	950	235	249	1	7,13	200XRGV028
300	600	358	382	2	18,9	320XRG43
200	400	550	572	3	61,0	480XRGV66

Tablas de dimensión

Tipos y
diseños

7900
7000
7200

BNH

TAH
TBH

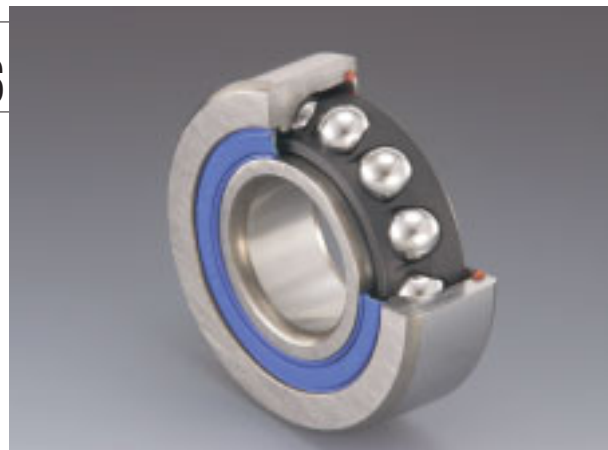
NN3000
NNU4900

XRN
XRG

TAB
TAF

Rodamientos de apoyo en husillos de bolas

Serie TAB/TAF



Serie TAB

Los rodamientos de apoyo en husillos de bolas se usan máquinas herramientas de superprecisión de alta velocidad y alta precisión, máquinas de medición de precisión, robots y otras máquinas que tienen accionadores de alimentación de precisión integrados.

Nomenclatura de los números de rodamientos

30 TAB 06 DB -2LR /GM P4

Dimensión del agujero (mm)

Tipo de rodamiento

Valor del diámetro externo

Diámetro externo dividido entre 10

Código de montaje

U : Universal (individual)

DU : Universal (doble)

DB : Espalda con espalda

DF : Cara con cara

Códigos de precarga y otras Clases P4 : Clase 4 de JIS (estándar)

/GM : Precarga media (estándar)

Código de sello

(Sin código) : Tipo abierto

-2LR : Con dos sellos de contacto

-2NK : Con dos sellos sin contacto

Código de la Clase de tolerancia

Funciones

- Jaula de resina y más bolas que los rodamientos de bolas anteriores para mayor rigidez.
- Los rodamientos de combinación se proporcionan con precargas programadas, lo que elimina la necesidad del molesto ajuste de instalación usando cuñas y mediciones de torque.
- Un ángulo de contacto de 60° y tiene la habilidad de manejar cargas radiales y axiales que crean un rodamiento compacto.
- El tipo de sello proporciona una opción entre sello de contacto y sello sin contacto para adaptarse a aplicaciones específicas.

Ángulo de contacto

El ángulo de contacto es de 60°.

Jaula

Se proporciona una jaula de resina poliamida guiada por bolas como estándar.

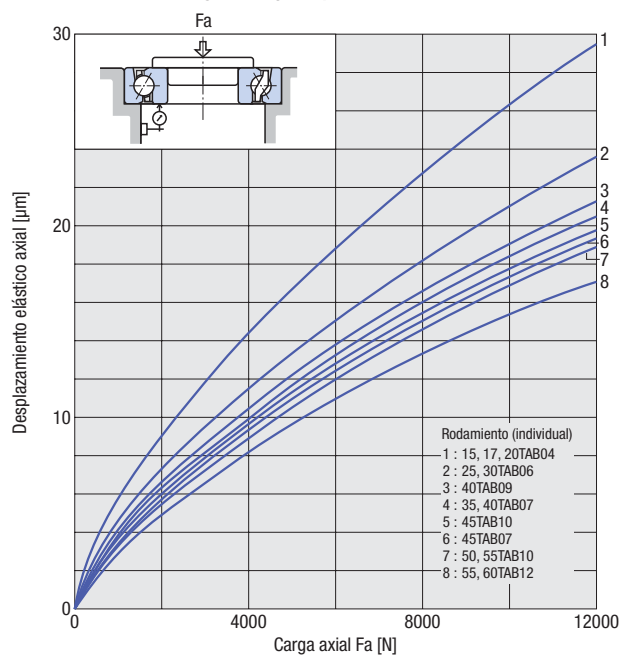
Precisión

La Clase 4 de JIS es el estándar. Consulte la página 10 para más detalles.

Precarga

Precarga media como estándar. Consulte la página 20 para más detalles.

Carga axial y desplazamiento axial

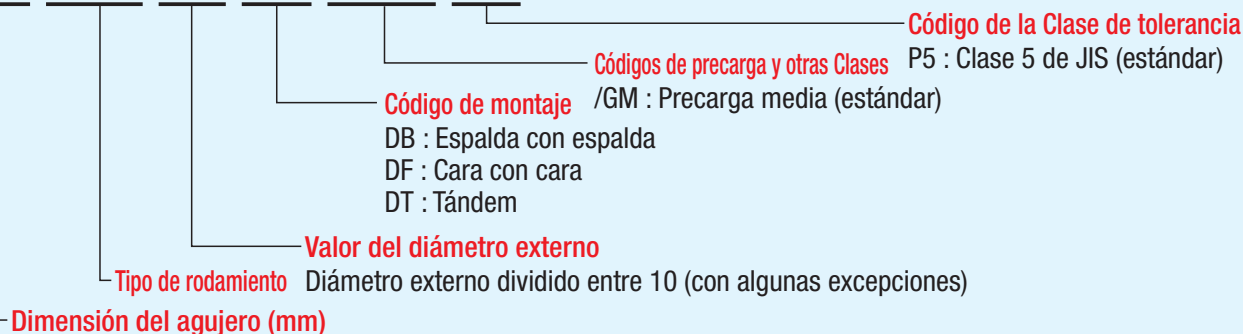


Serie TAF

Aunque los accionadores hidráulicos se usaron ampliamente en el pasado en dispositivos de accionamiento de carga elevada como máquinas de moldeo por inyección, el uso de los accionamientos eléctricos (accionamientos por husillo de bolas) en dichas aplicaciones se está volviendo cada vez más común. La serie TAF tiene rodamientos especiales diseñados para soportar husillos de bolas de accionamientos de carga elevada.

Nomenclatura de los números de rodamientos

25 TAF 06 DF /GM P5



Tablas de dimensión

Tipos y diseños

7900
7000
7200

BNH

TAH
TBH

NN3000
NNU4900

XRN
XRG

TAB
TAF

Funciones

- Una bola de diámetro grande y un ángulo de contacto amplio proporciona la alta capacidad de carga axial necesaria para las cargas elevadas del husillo de bolas utilizado en máquinas de moldeo por inyección.
- Una jaula moldeada de una pieza que combina una mayor precisión y fuerza así como la habilidad de soportar el cambio repetido de alta velocidad entre marcha hacia adelante y reversa.

Precarga

Precarga media como estándar. Consulte la página 20 para más detalles.

Jaula

Se proporciona una jaula de resina poliamida guiada por bolas como estándar. Algunos tamaños vienen acompañados de una jaula de latón maquinada.

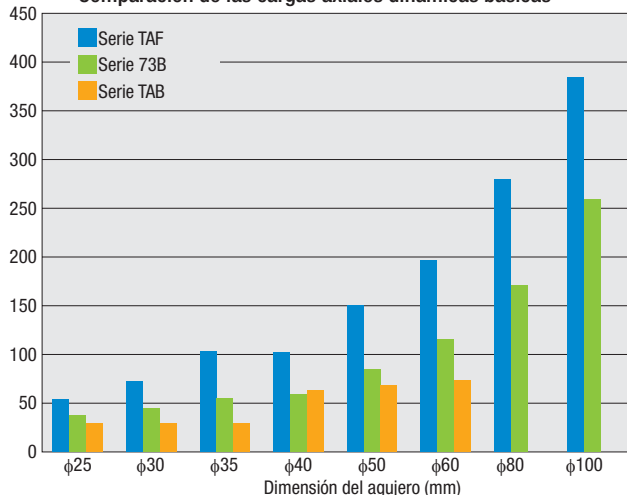
Ángulo de contacto

Un ángulo de contacto de 50° hasta un agujero nominal de 80 mm, y 55° para un agujero nominal de 100 mm o más.

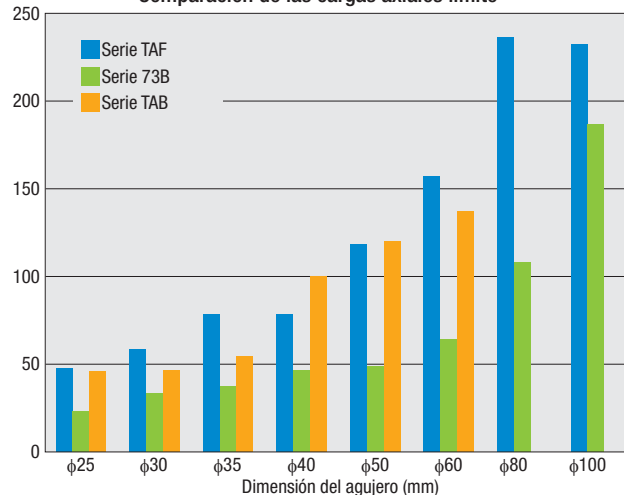
Precisión

La Clase 5 de JIS es el estándar. Consulte la página 11 para más detalles.

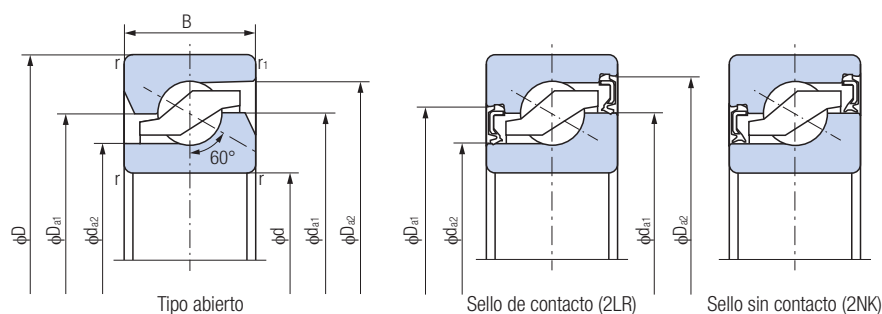
Comparación de las cargas axiales dinámicas básicas



Comparación de las cargas axiales límite



Serie TAB de rodamientos de apoyo en husillos de bolas



Núm. de rodamientos	Dimensiones límite (mm)					Capacidad de carga dinámica básica ⁽²⁾ Ca (kN)	Carga axial límite ⁽³⁾ (kN)
	d	D	B	r (Mín.)	r ₁ (Mín.)		
15TAB04	15	47	15	1 ⁽¹⁾	0,6	25,9	32,0
15TAB04-2NK	15	47	15	1 ⁽¹⁾	0,6	25,9	32,0
15TAB04-2LR	15	47	15	1 ⁽¹⁾	0,6	25,9	32,0
17TAB04	17	47	15	1	0,6	25,9	32,0
17TAB04-2NK	17	47	15	1	0,6	25,9	32,0
17TAB04-2LR	17	47	15	1	0,6	25,9	32,0
20TAB04	20	47	15	1	0,6	25,9	32,0
20TAB04-2NK	20	47	15	1	0,6	25,9	32,0
20TAB04-2LR	20	47	15	1	0,6	25,9	32,0
25TAB06	25	62	15	1	0,6	29,9	46,4
25TAB06-2NK	25	62	15	1	0,6	29,9	46,4
25TAB06-2LR	25	62	15	1	0,6	29,9	46,4
30TAB06	30	62	15	1	0,6	29,9	46,4
30TAB06-2NK	30	62	15	1	0,6	29,9	46,4
30TAB06-2LR	30	62	15	1	0,6	29,9	46,4
35TAB07	35	72	15	1	0,6	32,5	54,3
35TAB07-2NK	35	72	15	1	0,6	32,5	54,3
35TAB07-2LR	35	72	15	1	0,6	32,5	54,3
40TAB07	40	72	15	1	0,6	32,5	54,3
40TAB07-2NK	40	72	15	1	0,6	32,5	54,3
40TAB07-2LR	40	72	15	1	0,6	32,5	54,3
40TAB09	40	90	20	1	0,6	65,0	101
40TAB09-2NK	40	90	20	1	0,6	65,0	101
40TAB09-2LR	40	90	20	1	0,6	65,0	101
45TAB07	45	75	15	1	0,6	33,5	59,5
45TAB10	45	100	20	1	0,6	68,0	113
50TAB10	50	100	20	1	0,6	69,5	119
55TAB10	55	100	20	1	0,6	69,5	119
55TAB12	55	120	20	1	0,6	73,0	137
60TAB12	60	120	20	1	0,6	73,0	137

Nota (1) La r mínima del agujero del anillo interior es de 0,6.

(2) Cuando la carga axial está sobre una disposición de 2 hileras o 3 hileras, los valores en la tabla deben multiplicarse por 1,62 y 2,16 respectivamente.

(3) Cuando la carga axial está sobre una disposición de 2 hileras o 3 hileras, los valores en la tabla deben multiplicarse por 2 y 3 respectivamente.

(4) Límite de velocidad de rotación para la precarga media (código de precarga GM)

Carga axial equivalente dinámica $P_a = X F_r + Y F_a$

Núm. de rodamientos en el conjunto		2		3			4			
Número de hileras que reciben carga axial		1 hilera	2 hileras	1 hilera	2 hileras	3 hileras	1 hilera	2 hileras	3 hileras	4 hileras
$F_a/F_r \leq 2,17$	X	1,90	—	1,43	2,33	—	1,17	2,33	2,53	—
	Y	0,54	—	0,77	0,35	—	0,89	0,35	0,26	—
$F_a/F_r > 2,17$	X	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
	Y	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Límite de velocidad de rotación ⁽⁴⁾ (rpm)		Dimensiones de referencia (mm)				Masa (kg) (Referencia)	Núm. de rodamientos
Lubricación con grasa	Lubricación con aceite	da1	da2	Da1	Da2		
6300	8000	33,7	26,8	33,5	41	0,14	15TAB04
6300	—	33,7	26,8	35	41,9	0,14	15TAB04-2NK
6300	—	33,7	26,8	35	41,9	0,14	15TAB04-2LR
6300	8000	33,7	26,8	33,5	41	0,13	17TAB04
6300	—	33,7	26,8	35	41,9	0,13	17TAB04-2NK
6300	—	33,7	26,8	35	41,9	0,13	17TAB04-2LR
6300	8000	33,7	26,8	33,5	41	0,12	20TAB04
6300	—	33,7	26,8	35	41,9	0,12	20TAB04-2NK
6300	—	33,7	26,8	35	41,9	0,12	20TAB04-2LR
4650	6000	46,2	39,7	46	53,4	0,24	25TAB06
4650	—	46,2	39,7	47,5	54,9	0,24	25TAB06-2NK
4650	—	46,2	39,7	47,5	54,9	0,24	25TAB06-2LR
4650	6000	46,2	39,7	46	53,4	0,21	30TAB06
4650	—	46,2	39,7	47,5	54,9	0,21	30TAB06-2NK
4650	—	46,2	39,7	47,5	54,9	0,21	30TAB06-2LR
3750	5000	56,2	49,7	56	63,4	0,29	35TAB07
3750	—	56,2	49,7	57,5	64,9	0,29	35TAB07-2NK
3750	—	56,2	49,7	57,5	64,9	0,29	35TAB07-2LR
3750	5000	56,2	49,7	56	63,4	0,26	40TAB07
3750	—	56,2	49,7	57,5	64,9	0,26	40TAB07-2NK
3750	—	56,2	49,7	57,5	64,9	0,26	40TAB07-2LR
3150	4000	67,2	57,2	67	78,4	0,62	40TAB09
3150	—	67,2	57,2	68,5	79,9	0,62	40TAB09-2NK
3150	—	67,2	57,2	68,5	79,9	0,62	40TAB09-2LR
3400	4500	61,7	55,2	61,5	68,9	0,25	45TAB07
2850	3500	74,2	64,2	74	85,4	0,79	45TAB10
2700	3500	78,2	68,2	78	89,4	0,72	50TAB10
2700	3500	78,2	68,2	78	89,4	0,95	55TAB10
2300	3000	92,2	82,2	92	103,4	1,15	55TAB12
2300	3000	92,2	82,2	92	103,4	1,08	60TAB12

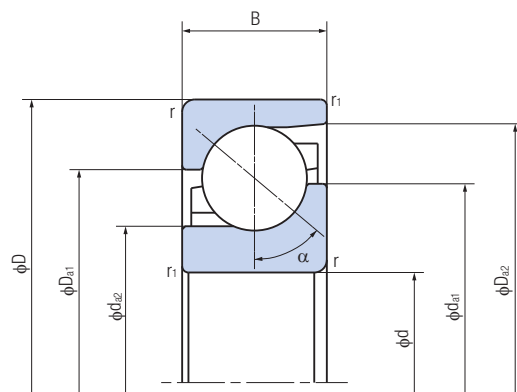
Tablas de dimensión

Tipos y
diseños7900
7000
7200

BNH

TAH
TBHNN3000
NNU4900XRN
XRGTAB
TAF

Serie TAF de rodamientos de apoyo en husillos de bolas



Núm. de rodamientos	Dimensiones límite (mm)					Ángulo de contacto α (°)	Capacidad de carga dinámica básica ⁽¹⁾ Ca (kN)	Carga axial límite ⁽²⁾ (kN)
	d	D	B	r (Mín.)	r1 (Mín.)			
25TAF06	25	62	17	1,1	0,6	50	56,0	47,5
30TAF07	30	72	19	1,1	0,6	50	74,0	58,0
35TAF09	35	90	23	1,5	1	50	103	77,0
40TAF09	40	90	23	1,5	1	50	103	77,0
40TAF11	40	110	27	2	1	50	152	118
45TAF11	45	110	27	2	1	50	152	118
50TAF11	50	110	27	2	1	50	152	118
60TAF13	60	130	31	2,1	1,1	50	196	157
60TAF17	60	170	39	2,1	1,1	50	279	238
80TAF17	80	170	39	2,1	1,1	50	279	238
100TAF21	100	215	47	3	1,1	55	385	234
120TAF03	120	260	55	3	1,1	55	445	380

Nota (1) Cuando la carga axial está sobre una disposición de 2 hileras o 3 hileras, los valores en la tabla deben multiplicarse por 1,62 y 2,16 respectivamente.

(2) Cuando la carga axial está sobre una disposición de 2 hileras o 3 hileras, los valores en la tabla deben multiplicarse por 2 y 3 respectivamente.

(3) Se recomienda usar a 80% o menos de la carga axial permitida.

(4) Límite de velocidad de rotación para la precarga media (código de precarga GM)

Carga axial equivalente dinámica $P_a = X F_r + Y F_a$

Ángulo de contacto 50°

Núm. de rodamientos en el conjunto		2	
Número de hileras que reciben carga axial		1 hilera	2 hileras
$F_a/F_r \leq 1,49$	X	1,37	—
	Y	0,57	—
$F_a/F_r > 1,49$	X	0,73	0,73
	Y	1	1

Ángulo de contacto 55°

Núm. de rodamientos en el conjunto		2	
Número de hileras que reciben carga axial		1 hilera	2 hileras
$F_a/F_r \leq 1,79$	X	1,60	—
	Y	0,56	—
$F_a/F_r > 1,79$	X	0,81	0,81
	Y	1	1

Límite de velocidad de rotación ⁽⁴⁾ (rpm) Lubricación con grasa	Dimensiones de referencia (mm)				Masa (kg) (Referencia)	Núm. de rodamientos
	da1	da2	Da1	Da2		
4500	42,9	32,7	44,9	56,6	0,237	25TAF06
3800	49,8	38,6	53	65,9	0,357	30TAF07
3000	63,2	49,7	67,7	82,3	0,709	35TAF09
3000	63,2	49,7	67,7	82,3	0,655	40TAF09
2500	77,6	60,3	83,4	101,1	1,28	40TAF11
2500	77,6	60,3	83,4	101,1	1,21	45TAF11
2500	77,6	60,3	83,4	101,1	1,13	50TAF11
2100	92,4	72,9	98,9	119,7	1,79	60TAF13
1500	121,1	97,2	130,3	155,8	4,48	60TAF17
1500	121,1	97,2	130,3	155,8	3,80	80TAF17
1200	152,3	123,4	164,1	194,7	7,41	100TAF21
1000	186,2	151,1	193,8	228,4	14,8	120TAF03

Tablas de dimensión

Tipos y diseños

7900
7000
7200

BNH

TAH
TBH

NN3000
NNU4900

XRN
XRG

TAB
TAF

NACHI-FUJIKOSHI CORP.

Tokyo Head Office : Shiodome Sumitomo Bldg. 17F 1-9-2 Higashi-shinbashi, Minato-ku, Tokyo 105-0021, JAPAN
Tel: +81-(0)3-5568-5111 Fax: +81-(0)3-5568-5206

Toyama Head Office : 1-1-1 Fujikoshi-Honmachi, Toyama 930-8511, JAPAN Tel: +81-(0)76-423-5111 Fax: +81-(0)76-493-5211

Overseas Companies

AMERICA

Sales

● **NACHI AMERICA INC. HEADQUARTERS**
715 Pushville Road, Greenwood, Indiana, 46143, U.S.A.
Tel: +1-317-530-1002 Fax: +1-317-530-1012
URL: <http://www.nachiamerica.com/>

WEST COAST BRANCH
12652 E. Alondra Blvd. Cerritos, California, 90703, U.S.A.
Tel: +1-562-802-0055 Fax: +1-562-802-2455

MIAMI BRANCH - LATIN AMERICA DIV.
2315 N.W. 107th Ave., Doral, Florida, 33172, U.S.A.
Tel: +1-305-591-0054/0059/2604
Fax: +1-305-591-3110

● **NACHI ROBOTIC SYSTEMS INC.**
42775 Nine Mile Novi, Michigan, 48375, U.S.A.
Tel: +1-248-305-6545 Fax: +1-248-305-6542
URL: <http://www.nachirobotics.com/>

● **NACHI CANADA INC.**
89 Courtland Ave., Unit 2, Concord, Ontario, L4K 3T4, CANADA
Tel: +1-905-660-0088 Fax: +1-905-660-1146
URL: <http://www.nachicanada.com/>

● **NACHI MEXICANA, S.A. DE C.V.**
Urbina No. 54, Parque Industrial Naucalpan, Naucalpan de Juarez, Estado de Mexico, C.P. 53489, MEXICO
Tel: +52-55-3604-0832 / 0842 / 0881
Fax: +52-55-3604-0882

NACHI MEXICANA ENGINEERING CENTER
1171 A Calle Julio Diaz Torre Fracc. Ciudad Industrial Aguascalientes, C.P. 20290, MEXICO
Tel: +52-449-971-1689 Fax: +52-449-971-1689

Manufacturing

● **NACHI TECHNOLOGY INC.**
713 Pushville Road, Greenwood, Indiana, 46143, U.S.A.
Tel: +1-317-535-5000 Fax: +1-317-535-8484
URL: <http://nachitech.com/>

● **NACHI TOOL AMERICA INC.**
717 Pushville Road, Greenwood, Indiana, 46143, U.S.A.
Tel: +1-317-535-0320 Fax: +1-317-535-0983

● **NACHI BRASIL LTDA.**
Avenida João XXIII, No.2330, Jardim São Pedro, Mogi das Cruzes, S.P., BRASIL, CEP 08830-000
Tel: +55-11-4793-8800 Fax: +55-11-4793-8870
URL: <http://www.nachi.com.br/>

SAO PAULO BRANCH
Av. Paulista, 453, Primeiro Andar, Conj.11, 12, 12 e 14, Cerqueira Cesar, Sao Paulo - SP, CEP: 01311-000, BRASIL
Tel: +55-11-3284-9844 Fax: +55-11-3284-1751

EUROPE

Sales

● **NACHI EUROPE GmbH**
Bischofstrasse 99, 47809, Krefeld, GERMANY
Tel: +49-(0)2151-65046-0
Fax: +49-(0)2151-65046-90
URL: <http://www.nachi.de/>

SOUTH GERMANY OFFICE
Pleidelshheimer Strasse 47, 74321, Bietigheim-Bissingen
Tel: +49-(0)7142-77418-0
Fax: +49-(0)7142-77418-20

SPAIN BRANCH
P.I. EL MONTALVO III C/Segunda, 6. Portal 1-2ª, Oficina 5 37188-Carbajosa de La Sagrada Salamanca- España
Tel: +34-(0)923-197-837
Fax: +34-(0)923-197-758

CZECH BRANCH
Sezemicka 2757/2, Praha 9 193 00, Horni Pocernice VGP Park - Building A1, CZECH
Tel: +420-255-734-000 Fax: +420-255-734-001

U.K. BRANCH

Unit 3, 92, Kettles Wood Drive Woodgate Business Park, BIRMINGHAM B32 3DB, U.K.
Tel: +44-(0)121-423-5000
Fax: +44-(0)121-421-7520

TURKEY BRANCH

Karaman Ciftligi Mevkii, Agaoglu My Prestige, K:13, D:110, 34746, Atasehir, Istanbul, TURKEY
Tel: +90-(0)216-688-4457 Fax: +90-(0)216-688-4458

Manufacturing

● **NACHI CZECH s.r.o**
Prumyslova 2732, 440 01 Louny, CZECH
Tel: +420-415-930-930 Fax: +420-415-930-940

ASIA and OCEANIA

Sales

● **NACHI SINGAPORE PTE. LTD.**
No.2 Joo Koon Way, Jurong Town, Singapore 628943, SINGAPORE
Tel: +65-65587393 Fax: +65-65587371

VIETNAM REPRESENTATIVE OFFICE, HO CHI MINH
4Fl., Yoco Bld., 41 Nguyen Thi Minh Khai St., Dist.1, Ho Chi Minh, VIETNAM
Tel: +84-8-3822-3919 Fax: +84-8-3822-3918

VIETNAM REPRESENTATIVE OFFICE, HANOI
5B Fl., Noza Bld., 243 Cau Giay St., Cau Giay Dist., Hanoi, VIETNAM
Tel: +84-4-3767-8605 Fax: +84-4-3767-8604

● **FUJIKOSHI-NACHI (MALAYSIA) SDN. BHD.**
No.17, Jalan USJ 21/3, 47630 UEP Subang Jaya, Selangor Darul Ehsan, MALAYSIA
Tel: +60-(0)3-80247900 Fax: +60-(0)3-80235884

● **PT.NACHI INDONESIA**
TEMPO PAVILION I, 7FL JL. HR Rasuna Said Kav. 10-11 Setiabudi Jakarta Selatan DKI Jakarta -12950, INDONESIA
Tel: +62-021-527-2841 Fax: +62-021-527-3029

● **NACHI KG TECHNOLOGY INDIA PVT. GURGAON HEAD OFFICE**
Unit No.207, Sewa Corporate Park, MG Road, Ifco Chowk, Gurgaon-122001, INDIA
Tel: +91-124-450-2900 Fax: +91-124-450-2910

BANGALORE OFFICE
F-11 Asha Chamber, No2, Venkata Swami Raju Road, Kumara Park West, Bangaore-560020, INDIA

● **那智不二越(上海)贸易有限公司 NACHI (SHANGHAI) CO.,LTD.**
11F Royal Wealth Center, No.7 Lane 98 Danba Road, Putuo District, Shanghai, 200062, CHINA
Tel: +86-(0)21-6915-2200
Fax: +86-(0)21-6915-5427

重庆分公司 CHONGQING BRANCH
Room 17-18/17-19, Tower C, Hongding Guoji Mingyuan, Jiangbei District, Chongqing 400020, CHINA
Tel: +86-(0)23-8816-1967
Fax: +86-(0)23-8816-1968

沈阳分公司 SHENYANG BRANCH
Room 304, No.1 Yuebin Street, Shenhe District, Shenyang 110000, CHINA
Tel: +86-(0)24-3120-2252
Fax: +86-(0)24-2250-5316

北京分公司 BEIJING BRANCH
Room 1110, Kuntai International Mansion, Building O, Yi No.12 Chao Wai Street, Chao yang District, Beijing 100020, CHINA
Tel: +86-(0)10-5879-0181
Fax: +86-(0)10-5879-0182

URL: <http://www.nachi-fujikoshi.co.jp>
E-mail: webmaster@nachi-fujikoshi.co.jp

● **NACHI-FUJIKOSHI CORP. TAIPEI REPRESENTATIVE OFFICE**
No.109, Kao Young North Rd, Lung-Tan Hsin, Tao-Yuan Hsien, TAIWAN
Tel: +886-(0)3-411-7776
Fax: +886-(0)3-471-8402

● **NACHI-FUJIKOSHI CORP. KOREA REPRESENTATIVE OFFICE**
3F A-Youn Digital Tower 314-37, Seongsu-dong 2-ga, Seongdong-gu, Seoul 133-120, KOREA
Tel: +82-(0)2-469-2254 Fax: +82-(0)2-469-2264

● **NACHI (AUSTRALIA) PTY. LTD.**
Unit 1, 23-29 South Street, Rydalmere, N.S.W, 2116, AUSTRALIA
Tel: +61-(0)2-9898-1511 Fax: +61-(0)2-9898-1678
URL: <http://www.nachi.com.au/>

Manufacturing

● **NACHI TECHNOLOGY (THAILAND) CO., LTD.**
5/5 M, 2, Rojana Industrial Estate Nongbua, Ban Khai, Rayong, 21120, THAILAND
Tel: +66-38-961-682 Fax: +66-38-961-683

BANGKOK SALES OFFICE
Unit 23/109(A), Fl., 24th Sorachai Bldg., 23 Sukhumvit 63 Road(Ekamai), Klongtonnua, Wattana, Bangkok 10110, THAILAND
Tel: +66-2-714-0008 Fax: +66-2-714-0740

● **NACHI INDUSTRIES PTE. LTD.**
No.2 Joo Koon Way, Jurong Town, Singapore 628943, SINGAPORE
Tel: +65-68613944 Fax: +65-68611153
URL: <http://www.nachinip.com.sg/>

● **NACHI PILIPINAS INDUSTRIES, INC.**
1st Avenue, Manalac Compound, Sta. Maria Industrial Estate, Bagumbayan, Taguig, Metro Manila, PHILIPPINES
Tel: +63-(0)2-838-3620 Fax: +63-(0)2-838-3623

● **NACHI KG TECHNOLOGY INDIA PVT. NEEMRANA PLANT**
Plot No. SP2-86, RIICO Industrial Area, Neemrana 301705, Distt. Alwar, Rajasthan, INDIA

● **NACHI MOTHERSON PRECISION LTD.**
179, Sector4, JMT Manesar, District Gurgaon-122050, Haryana, INDIA
Tel: +91-124-4936-000 Fax: +91-124-4936-022

● **NACHI MOTHERSON TOOL TECHNOLOGY LTD.**
D-59-60, Sector-6, Noida-201301, Distt. Gautam Budh Nagar, U.P. INDIA
Tel: +91-120-425-8372 Fax: +91-120-425-8374

● **那智不二越(江苏)精密机械有限公司 NACHI (JIANGSU) INDUSTRIES CO., LTD.**
39 Nanyuan Road, Economic and Technological Development Zone (south), Zhangjiagang, Jiangsu, 215618, CHINA
Tel: +86-(0)512-3500-7616
Fax: +86-(0)512-3500-7615

● **东莞建越精密轴承有限公司 DONGGUAN NACHI C.Y. CORPORATION**
Dangyong Village, Hongmei Town Dongguan City, Guangdong, CHINA
Tel: +86-(0)769-8843-1300
Fax: +86-(0)769-8843-1330

● **上海不二越精密轴承有限公司 SHANGHAI NACHI BEARINGS CO.,LTD.**
Yitong Industry Zone 258, Fengmao Rd. Malu Town, Jiading, Shanghai 201801, CHINA
Tel: +86-(0)21-6915-6200 Fax: +86-(0)21-6915-6202

● **建越工業股份有限公司 NACHI C.Y. CORP.**
No.109, Kao Young North Rd, Lung-Tan Hsin, Tao-Yuan Hsien, TAIWAN
Tel: +886-(0)3-471-7651 Fax: +886-(0)3-471-8402



La apariencia y especificaciones puede cambiar sin previa notificación si se requiere para mejorar el desempeño.

Se han tomado todas las medidas necesarias para asegurar la precisión de la información contenida en este catálogo mas no se aceptará ninguna responsabilidad por ningún error u omisión.

CATALOG NO.	B1031S
--------------------	---------------

2014.01.X-ABE-ABE