

Datos de los rodamientos

Dimensiones principales, sistemas de denominación

Datos de los rodamientos

En una disposición de rodamientos deben tenerse en cuenta todas las influencias indicadas en la especificación. No sólo deben determinarse el tipo y el tamaño adecuados de rodamiento, también han de determinarse otras características y datos sobre el diseño del rodamiento, como por ejemplo:

- las tolerancias (ver página 54)
- el juego del rodamiento (ver página 74)
- el material del rodamiento (ver página 83)
- el diseño de la jaula (ver página 83)
- la obturación (ver página 119)

También otras propiedades técnicas, como la aptitud para altas velocidades (página 87) y para elevadas temperaturas (página 86), están estrechamente relacionadas con el diseño del rodamiento.

Dimensiones principales, sistemas de denominación

Los rodamientos pueden utilizarse universalmente, como elementos de máquina listos para montaje. Esto se debe especialmente al hecho de que las dimensiones principales de los rodamientos convencionales están normalizadas.

La norma ISO 15 describe los rodamientos radiales (salvo los rodamientos de rodillos cónicos y los rodamientos radiales de agujas), la ISO 355 los rodamientos de rodillos cónicos con dimensiones

métricas y la ISO 104 los rodamientos axiales. Las tablas de dimensiones fueron asumidas en las normas DIN 616 y DIN ISO 355 (rodamientos de rodillos cónicos con dimensiones métricas).

En las tablas de dimensiones de la norma DIN 616, han sido agrupados varios diámetros exteriores y anchuras a un agujero del rodamiento. Las series de diámetros más corrientes son 8, 9, 0, 1, 2, 3, 4 (los diámetros exteriores aumentan según este orden). Dentro de cada serie de diámetros existen varias series de anchos, p. e. 0, 1, 2, 3, 4 (las cifras mayores corresponden a anchuras mayores).

El número de dos cifras para la serie de medidas indica, en primer lugar, la cifra de la serie de anchuras (la serie de alturas en rodamientos axiales) y en segundo lugar la cifra para la serie de diámetros.

La tabla de dimensiones y el sistema de denominación para rodamientos de rodillos cónicos en dimensiones métricas según DIN ISO 355 son distintos a los de la norma DIN 616. En la norma DIN ISO 355 una cifra (2, 3, 4, 5, 6) determina el grupo del ángulo de contacto. Cuanto mayor sea la cifra, mayor es el ángulo de contacto. Dos letras describen la serie de diámetros y de anchos.

Las desviaciones ocasionales de las tablas de dimensiones, p. e. en los rodamientos axiales de bolas de contacto angular de las series 2344 y 2347, se indican en los textos preliminares a las tablas de dimensiones.

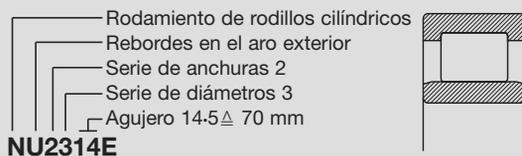
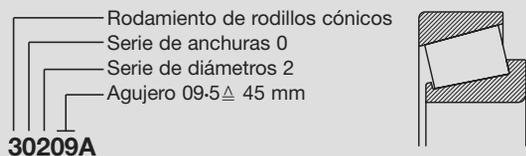
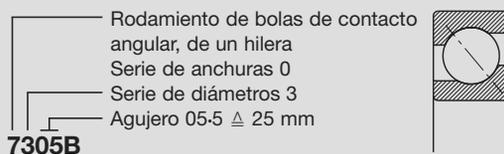
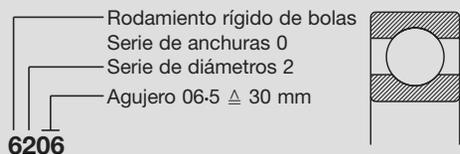
▼ Resumen de la tabla de dimensiones según ISO 15 para rodamientos radiales

Serie de diámetros 0					Serie de diámetros 2				Serie de diámetros 3				Serie de diámetros 4	
Serie de anchuras					Serie de anchuras				Serie de anchuras				Serie de anchuras	
0	1	2	3	4	0	1	2	3	0	1	2	3	0	2
Serie de medidas					Serie de medidas				Serie de medidas				Serie de medidas	
00	10	20	30	40	02	12	22	32	03	13	23	33	04	24

Datos de los rodamientos

Dimensiones principales, sistemas de denominación

▼ Ejemplos para la denominación de la serie y del agujero del rodamiento en el signo básico según DIN 623



▼ Denominación de rodamientos de rodillos cónicos con dimensiones métricas según DIN ISO 355

Ejemplo:

T 3 D B 045

Letra para rodamientos de rodillos cónicos		T	3	D	B	045	Agujero en mm
Rango del ángulo de contacto							Razón entre la anchura del rodamiento y el alto de sección
Serie del ángulo	Rango del ángulo de contacto						Serie de anchuras $\frac{T}{(D-d)}$ 0,95
	más de hasta						más de hasta
1	reservado						A reservado
2	10° ... 13°52'						B 0,50 ... 0,68
3	13°52' ... 15°59'						C 0,68 ... 0,80
4	15°59' ... 18°55'						D 0,80 ... 0,88
5	18°55' ... 23°						E 0,88 ... 1,00
6	23° ... 27°						
7	27° ... 30°						
							Razón entre diámetro exterior y agujero
							Serie de diámetros $\frac{D}{d}$ 0,77
							más de hasta
							A reservado
							B 3,40 ... 3,80
							C 3,80 ... 4,40
							D 4,40 ... 4,70
							E 4,70 ... 5,00
							F 5,00 ... 5,60
							G 5,60 ... 7,00



Datos de los rodamientos

Dimensiones de los chaflanes

Valores límite de los chaflanes

Símbolos

r_{1s}, r_{3s} chaflán simple en sentido radial
 r_{2s}, r_{4s} chaflán simple en sentido axial

r_{smin}^*

r_{1smax}, r_{3smax}
 r_{2smax}, r_{4smax}

símbolo general para el chaflán mínimo $r_{1smin}, r_{2smin}, r_{3smin}, r_{4smin}$

chaflán máximo en sentido radial
chaflán máximo en sentido axial

Chaflanes de rodamientos radiales (excepto rodamientos de rodillos cónicos)

		Dimensiones en mm												
		0,1	0,15	0,2	0,3	0,6	1	1,1	1,5					
r_{smin}	más de hasta				40	40	40	40	50	50	120	120	120	120
r_{1smax}		0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1	1,3	1,5	1,9	2	2,5	2,3	3
r_{2smax}		0,4	0,6	0,8	1	1	2	2	3	3	3,5	4	4	5

Chaflanes de rodamientos de rodillos cónicos

Aro interior

		Dimensiones en mm											
		0,3	0,6	1	1,5	2							
r_{smin}	más de hasta	40	40	40	40	50	50	120	120	250	120	120	250
r_{1smax}		0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,8	3,5	2,8	3,5	4
r_{2smax}		1,4	1,6	1,7	2	2,5	3	3	3,5	4	4	4,5	5

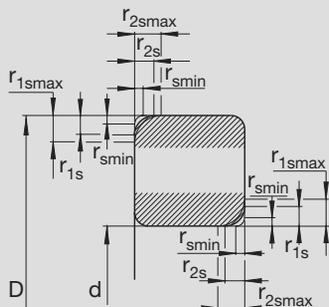
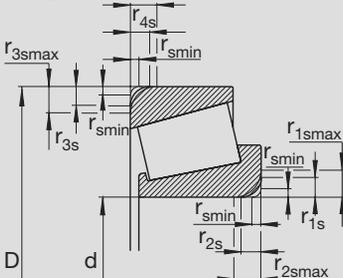
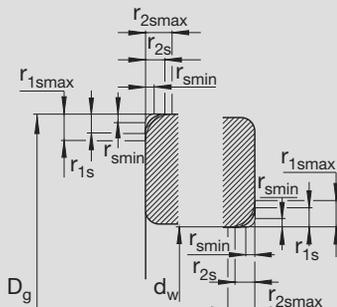
Aro exterior

		Dimensiones en mm											
		0,3	0,6	1	1,5	2							
r_{smin}	más de hasta	40	40	40	40	50	50	120	120	250	120	120	250
r_{3smax}		0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,8	3,5	2,8	3,5	4
r_{4smax}		1,4	1,6	1,7	2	2,5	3	3	3,5	4	4	4,5	5

Chaflanes de rodamientos axiales

		Dimensiones en mm																		
		0,1	0,15	0,2	0,3	0,6	1	1,1	1,5	2	2,1	3	4	5	6	7,5	9,5	12	15	19
r_{smin}		0,2	0,3	0,5	0,8	1,5	2,2	2,7	3,5	4	4,5	5,5	6,5	8	10	12,5	15	18	21	25

*) El valor límite inferior del chaflán r_{smin} según ISO 582 y DIN 620 T6 se indica en las tablas de dimensiones. Este valor límite sirve de orientación para los radios de las gargantas en los resaltes del eje y del soporte.

Rodamientos radiales

Rodamientos de rodillos cónicos

Rodamientos axiales


2			2,1		2,5		3		4	5	6	7,5	9,5	12	15	19	
80	80 220	220	280	280	100	100 280	280	280									
3	3,5	3,8	4	4,5	3,8	4,5	5	5	5,5	6,5	8	10	12,5	15	18	21	25
4,5	5	6	6,5	7	6	6	7	8	8	9	10	13	17	19	24	30	38

2,5			3				4				5		6	
120	120 250	250	120	120 250	250 400	400	120	120 250	250 400	400	180	180	180	180
3,5	4	4,5	4	4,5	5	5,5	5	5,5	6	6,5	6,5	7,5	7,5	9
5	5,5	6	5,5	6,5	7	7,5	7	7,5	8	8,5	8	9	10	11

2,5			3				4				5		6	
120	120 250	250	120	120 250	250 400	400	120	120 250	250 400	400	180	180	180	180
3,5	4	4,5	4	4,5	5	5,5	5	5,5	6	6,5	6,5	7,5	7,5	9
5	5,5	6	5,5	6,5	7	7,5	7	7,5	8	8,5	8	9	10	11

Rodamientos de rodillos cónicos con dimensiones en pulgadas (según ISO 1123)
Aro interior

Diámetro nominal del agujero d	más de hasta	Medida en mm		
		50,8	101,6	101,6
		50,8	101,6	254

Aro exterior

Diámetro exterior nominal d	más de hasta	Medida en mm			
		101,6	168,3	168,3	266,7
		101,6	168,3	266,7	355,6

r_{smin} (vease tabla de dimensiones)	Discrepancias en mm		
	$r_{smin} + 0,4$	$r_{smin} + 0,5$	$r_{smin} + 0,65$
r_{1smax}	$r_{smin} + 0,9$	$r_{smin} + 1,25$	$r_{smin} + 1,8$

r_{smin} (vease tabla de dimensiones)	Discrepancias en mm			
	$r_{smin} + 0,6$	$r_{smin} + 0,65$	$r_{smin} + 0,85$	$r_{smin} + 1,7$
r_{3smax}	$r_{smin} + 1,05$	$r_{smin} + 1,15$	$r_{smin} + 1,35$	$r_{smin} + 1,7$

Datos de los rodamientos

Tolerancias

Tolerancias

Las tolerancias de medidas y de rodadura de los rodamientos están normalizadas en DIN 620. Las tablas (páginas 56 hasta 73) también contienen los valores de tolerancias que van más allá del sector normalizado en DIN 620 T2 (edición 02.88) y DIN 620 T3 (edición 06.82).

Las definiciones sobre medidas y tolerancias vienen indicadas en la norma DIN ISO 1132.

Los rodamientos con clase de tolerancia PN (tolerancia normal) generalmente satisfacen las exigencias de calidad de los rodamientos requeridas en la construcción de maquinaria.

Las máquinas-herramienta, los aparatos de medición etc. tienen altísimas exigencias en cuanto a precisión de trabajo, a velocidades o a suavidad de marcha. Para estos casos la norma incluye las clases de tolerancia restringida P6, P6X, P5, P4 y P2.

Además de las clases de tolerancia normalizadas, FAG también fabrica los rodamientos en las clases de tolerancia P4S, SP (precisión especial) y UP (ultra precisión).

Símbolos de tolerancia

DIN ISO 1132, DIN 620

Diámetro del agujero

d Diámetro nominal del agujero (menor diámetro teórico en agujeros cónicos)

d_s Un valor del diámetro del agujero

d_{mp} 1. Diámetro medio del agujero; media aritmética del mayor y menor diámetro del agujero medido en un plano radial.
2. Diámetro teórico menor medio para agujeros cónicos; media aritmética del mayor y menor valor del diámetro medido del agujero.

d_{1mp} Media del diámetro teórico mayor en un agujero cónico; media aritmética entre el mayor y menor valor medido del diámetro del agujero.

$\Delta_{dmp} = d_{mp} - d$
Diferencia entre el diámetro medio del agujero y la medida nominal.

$\Delta_{ds} = d_s - d$
Diferencia entre un diámetro medido del agujero y la medida nominal.

$\Delta_{d1mp} = d_{1mp} - d_1$
Diferencia entre el diámetro mayor medio en agujeros cónicos y la medida nominal.

V_{dp} Variación del diámetro del agujero.
Diferencia entre el mayor y menor diámetro del agujero medido en un plano radial.

$V_{dmp} = d_{mpmax} - d_{mpmin}$
Variación del diámetro medio del agujero; diferencia entre el mayor y menor diámetro medio del agujero



Diámetro exterior

- D Diámetro exterior nominal
- D_s Un valor del diámetro exterior
- D_{mp} Diámetro exterior medio; media aritmética entre el mayor y menor diámetro exterior medido en un plano radial.
- $\Delta_{Dmp} = D_{mp} - D$
Diferencia entre el diámetro exterior medio y la medida nominal
- $\Delta_{Ds} = D_s - D$
Diferencia entre un diámetro exterior medido y la medida nominal
- Δ_{Dp} Variación del diámetro exterior; diferencia entre el mayor y menor diámetro exterior medido en un plano radial.
- $V_{Dmp} = D_{mpmax} - D_{mpmin}$
Variación del diámetro exterior medio; diferencia entre el mayor y menor diámetro exterior medio

Anchura y altura

- B_s, C_s Un valor de la anchura (aros interiores y exteriores)
- $\Delta_{Bs} = B_s - B; \Delta_{Cs} = C_s - C$
Diferencia entre un valor de la anchura del aro (aros interiores y exteriores) y el valor nominal
- $V_{Bs} = B_{smax} - B_{smin}, V_{Cs} = C_{smax} - C_{smin}$
Variación de la anchura de los aros interiores y exteriores; diferencia entre la anchura mayor y menor de los aros.
- T_s Un valor medido de la anchura total de un rodamiento de rodillos cónicos
- T_{1s} Un valor de la anchura total de un rodamiento de rodillos cónicos entre el aro interior y el aro exterior normal
- T_{2s} Un valor de la anchura total de un rodamiento de rodillos cónicos entre el aro interior normal y el aro exterior

$\Delta_{Ts} = T_s - T, \Delta_{T1s} = T_{1s} - T_1, \Delta_{T2s} = T_{2s} - T_2$
Diferencia entre un valor de la anchura total de un rodamiento de rodillos cónicos y la medida nominal

*) $H_s, H_{1s}, H_{2s}, H_{3s}, H_{4s}$
Un valor de la altura total de un rodamiento axial

*) $\Delta_{Hs} = H_s - H, \Delta_{H1s} = H_{1s} - H_1, \Delta_{H2s} = H_{2s} - H_2, \dots$
Diferencia entre un valor medido de la altura total de un rodamiento axial y la medida nominal

Precisión de giro

- K_{ia} Giro circular del aro interior en el rodamiento completo (salto radial)
- K_{ea} Giro circular del aro exterior en el rodamiento completo (salto radial)
- S_d Giro ortogonal de la superficie lateral del aro interior con relación al agujero (salto lateral)
- S_D Variación de la inclinación de la superficie exterior con relación al superficie lateral de referencia (salto lateral)
- S_{ia} Giro ortogonal de la superficie lateral del aro interior con relación al camino de rodadura en el rodamiento radial completo (salto axial)
- S_{ea} Giro ortogonal de la superficie lateral del aro exterior con relación al camino de rodadura en el rodamiento radial completo (salto axial)
- S_i Variación del espesor del aro del eje entre el centro del camino de rodadura a la cara opuesta (salto axial de rodamientos axiales)
- S_c Variación del espesor del aro del alojamiento entre el centro del camino de rodadura a la cara opuesta (salto axial de rodamientos axiales)

*) en la norma, la altura total del rodamiento axial se denomina con T



Datos de los rodamientos

Tolerancias

Tolerancias de los rodamientos radiales (excepto rodamientos de rodillos cónicos)

Aro interior

Dimensiones en mm

Diámetro nominal de más del agujero hasta	2,5 10	10 18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800	800 1000	1000 1250	1250 1600	1600 2000
---	-----------	----------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	--------------	--------------	--------------

Clase de tolerancia PN (Tolerancia normal)

Tolerancias en micras (0,001 mm)

Agujero cilíndrico Diferencia Δ_{dmp}	0 -8	0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125	0 -160	0 -200
Variación V_{dp}	Serie de diámetros 7 · 8 · 9	10	10	13	15	19	25	31	38	44	50	56	63				
	0 · 1	8	8	10	12	19	25	31	38	44	50	56	63				
	2 · 3 · 4	6	6	8	9	11	15	19	23	26	30	34	38				
Variación V_{dmp}	6	6	8	9	11	15	19	23	26	30	34	38					
Agujero, conicidad 1:12 Diferencia Δ_{dmp}	+15 0	+18 0	+21 0	+25 0	+30 0	+35 0	+40 0	+46 0	+52 0	+57 0	+63 0	+70 0	+80 0	+90 0	+105 0	+125 0	+150 0
Diferencia $\Delta_{d1mp} - \Delta_{dmp}$	+15 0	+18 0	+21 0	+25 0	+30 0	+35 0	+40 0	+46 0	+52 0	+57 0	+63 0	+70 0	+80 0	+90 0	+105 0	+125 0	+150 0
Variación V_{dp}	10	10	13	15	19	25	31	38	44	50	56						
Agujero, conicidad 1:30 Diferencia Δ_{dmp}					+15 0	+20 0	+25 0	+30 0	+35 0	+40 0	+45 0	+50 0	+75 0	+100 0	+125 0	+160 0	+200 0
Diferencia $\Delta_{d1mp} - \Delta_{dmp}$					+35 0	+40 0	+50 0	+55 0	+60 0	+65 0	+75 0	+85 0	+100 0	+100 0	+115 0	+125 0	+150 0
Variación V_{dp}					19	25	31	38	44	50	56	63					
Diferencia de anchuras Δ_{Bs}	0 -120	0 -120	0 -120	0 -120	0 -150	0 -200	0 -250	0 -300	0 -350	0 -400	0 -450	0 -500	0 -750	0 -1000	0 -1250	0 -1600	0 -2000
Variación de anchuras V_{Bs}	15	20	20	20	25	25	30	30	35	40	50	60	70	80	100	120	140
Salto radial K_{ia}	10	10	13	15	20	25	30	40	50	60	65	70	80	90	100	120	140

Clase de tolerancias P6

Diferencia Δ_{dmp}	0 -7	0 -7	0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -18	0 -22	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -50	0 -65	0 -80	0 -100	0 -130
Variación V_{dp}	Serie de diámetros 7 · 8 · 9	9	9	10	13	15	19	23	28	31	38	44	50				
	0 · 1	7	7	8	10	15	19	23	28	31	38	44	50				
	2 · 3 · 4	5	5	6	8	9	11	14	17	19	23	26	30				
Variación V_{dmp}	5	5	6	8	9	11	14	17	19	23	26	30					
Diferencia de anchuras Δ_{Bs}	0 -120	0 -120	0 -120	0 -120	0 -150	0 -200	0 -250	0 -300	0 -350	0 -400	0 -450	0 -500	0 -750	0 -1000	0 -1250	0 -1600	0 -2000
Variación de anchuras V_{Bs}	15	20	20	20	25	25	30	30	35	40	45	50	55	60	70	70	80
Salto radial K_{ia}	6	7	8	10	10	13	18	20	25	30	35	40	50	60	80	80	100

En cuanto a las tolerancias de anchura en rodamientos de bolas de contacto angular para ejecución universal Δ_{Bs} , ver página 181.



Aro exterior

Diámetro exterior nominal	más de hasta	Tolerancias en micras (0,001 mm)																	
		6	18	30	50	80	120	150	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
		18	30	50	80	120	150	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500

Clases de tolerancia PN (Tolerancia normal)

Diferencia	Δ_{Dmp}	Tolerancias en micras (0,001 mm)																	
		0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -15	0 -18	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125	0 -160	0 -200	0 -250
Variación V_{Dp}	Serie de diámetros 7 · 8 · 9	10	12	14	16	19	23	31	38	44	50	56	63	94	125				
	0 · 1	8	9	11	13	19	23	31	38	44	50	56	63	94	125				
	2 · 3 · 4	6	7	8	10	11	14	19	23	26	30	34	38	55	75				
	Rodamientos obturados 2 · 3 · 4	10	12	16	20	26	30	38											
Variación	V_{Dmp}	6	7	8	10	11	14	19	23	26	30	34	38	55	75				
Salto radial	K_{ea}	15	15	20	25	35	40	45	50	60	70	80	100	120	140	160	190	220	250

Las tolerancias de anchura Δ_{Cs} y V_{Cs} son idénticas a Δ_{Bs} y V_{Bs} para el aro interior correspondiente..

Clase de tolerancia P6

Diferencia	Δ_{Dmp}	Tolerancias en micras (0,001 mm)																	
		0 -7	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -15	0 -18	0 -20	0 -25	0 -28	0 -33	0 -38	0 -45	0 -60	0 -80	0 -100	0 -140	0 -180
Variación V_{Dp}	Serie de diámetros 7 · 8 · 9	9	10	11	14	16	19	23	25	31	35	41	48	56	75				
	0 · 1	7	8	9	11	16	19	23	25	31	35	41	48	56	75				
	2 · 3 · 4	5	6	7	8	10	11	14	15	19	21	25	29	34	45				
	Rodamientos obturados 0 · 1 · 2 · 3 · 4	9	10	13	16	20	25	30											
Variación	V_{Dmp}	5	6	7	8	10	11	14	15	19	21	25	29	34	45				
Salto radial	K_{ea}	8	9	10	13	18	20	23	25	30	35	40	50	60	75	100	100	100	120

Las tolerancias de anchura Δ_{Cs} y V_{Cs} son idénticas a Δ_{Bs} y V_{Bs} para el aro interior correspondiente.



Datos de los rodamientos

Tolerancias

Tolerancias de los rodamientos radiales (excepto rodamientos de rodillos cónicos)

Aro interior

Dimensiones en mm

Diámetro nominal del agujero	más de hasta	2,5 10	10 18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800
------------------------------	--------------	-----------	----------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

Clase de tolerancia P5

Tolerancias en micras (0,001 mm)

Diferencia	Δ_{dmp}	0 -5	0 -5	0 -6	0 -8	0 -9	0 -10	0 -13	0 -15	0 -18	0 -23	0 -27	0 -33	0 -40
Variación V_{dp}	Serie de diámetros 7 · 8 · 9	5	5	6	8	9	10	13	15	18	23			
	0 · 1 · 2 · 3 · 4	4	4	5	6	7	8	10	12	14	18			
Variación	V_{dmp}	3	3	3	4	5	5	7	8	9	12			
Diferencia de anchuras	Δ_{Bs}	0 -40	0 -80	0 -120	0 -120	0 -150	0 -200	0 -250	0 -300	0 -350	0 -400	0 -450	0 -500	0 -750
Variación de anchuras	V_{Bs}	5	5	5	5	6	7	8	10	13	15	17	20	30
Salto radial	K_{ia}	4	4	4	5	5	6	8	10	13	15	17	20	25
Giro octogonal	S_d	7	7	8	8	8	9	10	11	13	15	17	20	30
Salto axial	S_{ia}	7	7	8	8	8	9	10	13	15	20	23	25	30

Los valores de salto axial S_{ia} valen para los rodamientos de bolas (excepto los rodamientos oscilantes de bolas).

Clase de tolerancia P4

Diferencia	$\Delta_{dmp}, \Delta_{ds}^*)$	0 -4	0 -4	0 -5	0 -6	0 -7	0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -19	0 -23	0 -26	0 -34
Variación V_{dp}	Serie de diámetros 7 · 8 · 9	4	4	5	6	7	8	10	12					
	0 · 1 · 2 · 3 · 4	3	3	4	5	5	6	8	9					
Variación	V_{dmp}	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6					
Diferencia de anchuras	Δ_{Bs}	0 -40	0 -80	0 -120	0 -120	0 -150	0 -200	0 -250	0 -300	0 -350	0 -400	0 -450	0 -500	0 -750
Variación de anchuras	V_{Bs}	2,5	2,5	2,5	3	4	4	5	6	7	8	9	10	15
Salto radial	K_{ia}	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	8	10	10	12	15
Giro octogonal	S_d	3	3	4	4	5	5	6	7	7	8	9	10	15
Salto axial	S_{ia}	3	3	4	4	5	5	7	8	10	12	13	15	20

Los valores de salto axial S_{ia} valen para los rodamientos de bolas (excepto los rodamientos oscilares de bolas).

*) Los valores Δ_{ds} y Δ_{Ds} valen sólo para las series de diámetros 0 · 1 · 2 · 3 · 4.

Las tolerancias de anchura Δ_{Bs} de rodamientos de bolas de contacto angular para montaje universal vienen indicadas en la página 181.



Aro exterior

Dimensiones en mm

Diámetros exterior nominal	más de hasta	6	18	30	50	80	120	150	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1250	1600
		18	30	50	80	120	150	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600		

Clase de tolerancias P5

Tolerancias en micras (0,001 μm)

Diferencia	Δ_{Dmp}	0 -5	0 -6	0 -7	0 -9	0 -10	0 -11	0 -13	0 -15	0 -18	0 -20	0 -23	0 -28	0 -35	0 -40	0 -50	0 -65
Variación V_{Dp}	Serie de diámetros 7 · 8 · 9	5	6	7	9	10	11	13	15	18	20	23	28	35			
	0 · 1 · 2 · 3 · 4	4	5	5	7	8	8	10	11	14	15	17	21	26			
Variación	V_{Dmp}	3	3	4	5	5	6	7	8	9	10	12	14	18			
Variación de anchuras	V_{Cs}	5	5	5	6	8	8	8	10	11	13	15	18	20	25	30	40
Salto radial	K_{ea}	5	6	7	8	10	11	13	15	18	20	23	25	30	35	50	65
Variación de la inclinación	S_D	8	8	8	8	9	10	10	11	13	13	15	18	20	30	40	50
Salto axial	S_{ea}	8	8	8	10	11	13	14	15	18	20	23	25	30	40	55	70

Las tolerancias de anchura Δ_{Cs} son idénticas a Δ_{Bs} para el aro interior correspondiente.
Los valores de salto axial S_{ea} valen para rodamientos de bolas (excepto rodamientos oscilantes de bolas)

Clase de tolerancia P4

Diferencia	$\Delta_{Dmp}, \Delta_{Ds}^{(*)}$	0 -4	0 -5	0 -6	0 -7	0 -8	0 -9	0 -10	0 -11	0 -13	0 -15	0 -20	0 -25	0 -28	0 -35	0 -40	0 -55
Variación V_{Dp}	Serie de diámetros 7 · 8 · 9	4	5	6	7	8	9	10	11	13	15						
	0 · 1 · 2 · 3 · 4	3	4	5	5	6	7	8	8	10	11						
Variación	V_{Dmp}	2	2,5	3	3,5	4	5	5	6	7	8						
Variación de anchuras	V_{Cs}	2,5	2,5	2,5	3	4	5	5	7	7	8	9	10	12	15	20	25
Salto radial	K_{ea}	3	4	5	5	6	7	8	10	11	13	14	17	20	25	30	40
Variación de la inclinación	S_D	4	4	4	4	5	5	5	7	8	10	10	12	14	20	25	30
Salto axial	S_{ea}	5	5	5	5	6	7	8	10	10	13	15	18	22	28	35	45

Las tolerancias de anchura Δ_{Cs} son idénticas a Δ_{Bs} para el aro interior correspondiente.
Los valores de salto axial S_{ea} valen para rodamientos de bolas (excepto rodamientos oscilantes de bolas)



Datos de los rodamientos

Tolerancias

Tolerancias de los rodamientos para husillos

Aro interior

Dimensiones en mm

Diámetro nominal del agujero	más de hasta	Dimensiones en mm								
		10	10 18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 150	150 180	180 250

Clase de tolerancia P4S

Tolerancias en micras (0,001) μm

Diferencia Δ_{dmp}	0 -4	0 -4	0 -5	0 -6	0 -7	0 -8	0 -10	0 -10	0 -12
Diferencia de anchuras Δ_{Bs}	0 -40	0 -80	0 -120	0 -120	0 -150	0 -200	0 -250	0 -250	0 -300
Variación de anchuras V_{Bs}	2,5	2,5	2,5	3	4	4	5	5	6
Salto radial K_{ia}	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	5	5
Giro octogonal S_{d}	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	4	5
Salto axial S_{ia}	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	5	5

Las tolerancias de anchura Δ_{Bs} de rodamientos para husillos para montaje universal vienen indicadas en la página 202..



Aro exterior

Diámetro exterior nominal	más de hasta	Dimensiones en mm									
		18 30	30 50	50 80	80 120	120 150	150 180	180 250	250 315	315 400	

Clase de tolerancia P4S

Diferencia	Δ_{Dmp}	Tolerancias en micras (0,001) μm									
		0 -5	0 -6	0 -7	0 -8	0 -9	0 -10	0 -11	0 -13	0 -15	
Variación de anchuras	V_{Cs}	2,5	2,5	3	4	5	5	7	7	8	
Salto radial	K_{ea}	2,5	2,5	4	5	5	5	7	7	8	
Giro octogonal S_D		1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	4	5	7	
Salto axial	S_{ea}	2,5	2,5	4	5	5	5	7	7	8	

Las tolerancias de anchura Δ_{Cs} son idénticas a Δ_{Bs} para el aro interior correspondiente



Datos de los rodamientos

Tolerancias

Tolerancias de los rodamientos radiales (excepto rodamientos de rodillos cónicos)

Aro interior

Dimensiones en mm

Diametro nominal más de del agujero hasta	18 30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800	800 1000	1000 1250
---	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	--------------

Clase de tolerancia SP (rodamientos de rodillos cilíndricos de doble hilera)

Tolerancias en micras (0,001) μm

Agujero cilíndrico Diferencia	$\Delta_{dmp}, \Delta_{ds}$	0 -6	0 -8	0 -9	0 -10	0 -13	0 -15	0 -18	0 -23	0 -27	0 -30	0 -40	0 -50	-65
Variación	V_{dp}	3	4	5	5	7	8	9	12	14				
Agujero cónico Diferencia	Δ_{ds}	+10 0	+12 0	+15 0	+20 0	+25 0	+30 0	+35 0	+40 0	+45 0	+50 0	+65 0	+75 0	+90 0
Variación	V_{dp}	3	4	5	5	7	8	9	12	14				
Diferencia	$\Delta_{d1mp}-\Delta_{dmp}$	+4 0	+6 0	+6 0	+8 0	+8 0	+10 0	+12 0	+12 0	+14 0				
Diferencia de anchuras	Δ_{Bs}	0 -100	0 -120	0 -150	0 -200	0 -250	0 -300	0 -350	0 -400	0 -450	0 -500	0 -750	0 -1000	0 -1250
Variación de anchuras	V_{Bs}	5	5	6	7	8	10	13	15	17	20	30	33	40
Salto radial	K_{ia}	3	4	4	5	6	8	8	10	10	12	15	17	20
Giro ortogonal	S_d	8	8	8	9	10	11	13	15	17	20	23	30	40
Salto axial	S_{ia}	8	8	8	9	10	13	15	20	23	25	30	40	50

Clase de tolerancia UP (rodamiento de rodillos cilíndricos de doble hilera)

Agujero cilíndrico Diferencia	$\Delta_{dmp}, \Delta_{ds}$	0 -5	0 -6	0 -7	0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -19	0 -23	0 -26	0 -34	0 -40	-55
Variación	V_{dp}	2,5	3	3,5	4	5	6	8	10	12				
Agujero cónico Diferencia	Δ_{ds}	+6 +7 0	+8 +8 0	+10 +10 0	+12 +12 0	+14 +14 0	+15 +15 0	+17 +17 0	+19 +19 0	+20 +20 0	+22 +22 0	+25 +25 0	+30 +30 0	0
Variación	V_{dp}	2,5	3	3,5	4	5	6	8	10	12				
Diferencia	$\Delta_{d1mp}-\Delta_{dmp}$	+2 0	+3 0	+3 0	+4 0	+4 0	+5 0	+6 0	+6 0	+7 0				
Diferencia de anchuras	Δ_{Bs}	0 -25	0 -30	0 -40	0 -50	0 -60	0 -75	0 -100	0 -100	0 -100	0 -125	0 -125	0 -125	0 -125
Variación de anchuras	V_{Bs}	1,5	2	3	3	4	5	5	6	7	8	11	12	15
Salto radial	K_{ia}	1,5	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	9	10
Giro ortogonal	S_d	3	3	4	4	5	6	6	7	8	9	11	12	15
Salto axial	S_{ia}	3	3	3	4	6	7	8	9	10	12	18	19	23



Aro exterior

Diámetro exterior nominal	más de hasta	Dimensiones en mm													
		30	50	80	120	150	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250
		50	80	120	150	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600

Clase de tolerancia SP (rodamientos con dos hileras de rodillos cilíndricos)

		Tolerancias en micras (0,001 μm)													
Diferencia	$\Delta_{Dmp}, \Delta_{Ds}$	0 -7	0 -9	0 -10	0 -11	0 -13	0 -15	0 -18	0 -20	0 -23	0 -28	0 -35	0 -40	0 -50	0 -65
Variación	V_{Dp}	4	5	5	6	7	8	9	10	12	14	18			
Salto radial	K_{ea}	5	5	6	7	8	10	11	13	15	17	20	25	30	30
Variación de la inclinación	S_D	8	8	9	10	10	11	13	13	15	18	20	30	40	50
Salto axial	S_{ea}	8	10	11	13	14	15	18	20	23	25	30	40	55	70

Las tolerancias de anchura Δ_{Cs} y V_{Cs} son idénticas a Δ_{Bs} y V_{Bs} para el aro interior correspondiente

Clase de tolerancia UP (rodamientos de rodillos cilíndricos de doble hilera)

Diferencia	$\Delta_{Dmp}, \Delta_{Ds}$	0 -5	0 -6	0 -7	0 -8	0 -9	0 -10	0 -12	0 -14	0 -17	0 -20	0 -25	0 -30	0 -36	0 -48
Variación	V_{Dp}	3	3	4	4	5	5	6	7	9	10	13			
Salto radial	K_{ea}	3	3	3	4	4	5	6	7	8	9	11	12	15	19
Variación de la inclinación	S_D	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	7	10	12	15
Salto axial	S_{ea}	4	4	5	6	7	9	9	12	12	14	17	21	26	34

Las tolerancias Δ_{Cs} y V_{Cs} son idénticas a Δ_{Bs} y V_{Bs} para el aro interior correspondiente



Datos de los rodamientos

Tolerancias

Tolerancias de los rodamientos de rodillos cónicos con dimensiones métricas

Aro interior

Dimensiones en mm

Diámetro nominal del agujero	más de hasta	10	18	30	50	80	120	180	250	315	400	500	630	800
		18	30	50	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000

Clase de tolerancia PN (tolerancia normal)

Tolerancias en micras (0,001 µm)

Diferencia	Δ_{dmp}	0 -12	0 -12	0 -12	0 -15	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100
Variación	V_{dp}	12	12	12	15	20	25	30	35	40	45	50	75	100
	V_{dmp}	9	9	9	11	15	19	23	26	30				
Diferencia de anchuras	Δ_{Bs}	0 -120	0 -120	0 -120	0 -150	0 -200	0 -250	0 -300	0 -350	0 -400	0 -450	0 -500	0 -750	0 -1000
Salto radial	K_{ia}	15	18	20	25	30	35	50	60	70	70	85	100	120
Diferencias de anchuras	Δ_{Ts}	+200 0	+200 0	+200 0	+200 0	+200 -200	+350 -250	+350 -250	+350 -250	+400 -400	+400 -400	+500 -500	+600 -600	+750 -750
	Δ_{T1s}	+100 0	+100 0	+100 0	+100 0	+100 -100	+150 -150	+150 -150	+150 -150	+200 -200				
	Δ_{T2s}	+100 0	+100 0	+100 0	+100 0	+100 -100	+200 -100	+200 -100	+200 -100	+200 -200				

Clase de tolerancia P6X

Diferencia	Δ_{dmp}	0 -12	0 -12	0 -12	0 -15	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40				
Variación	V_{dp}	12	12	12	15	20	25	30	35	40				
	V_{dmp}	9	9	9	11	15	19	23	26	30				
Diferencia de anchuras	Δ_{Bs}	0 -50												
Salto radial	K_{ia}	15	18	20	25	30	35	50	60	70				
Diferencia de anchuras	Δ_{Ts}	+100 0	+100 0	+100 0	+100 0	+100 0	+150 0	+150 0	+200 0	+200 0				
	Δ_{T1s}	+50 0	+100 0	+100 0										
	Δ_{T2s}	+50 0	+50 0	+50 0	+50 0	+50 0	+100 0	+100 0	+100 0	+100 0				

Los rodamientos de rodillos cónicos sin brida de las series 320X, 329, 330, 331, 332 ($d \leq 200$ mm) se fabrican en la clase de tolerancia P6X.



Aro interior

Diámetro exterior nominal	más de hasta	Dimensiones en mm													
		18 30	30 50	50 80	80 120	120 150	150 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800	800 1000	1000 1250

Clase de tolerancia PN (tolerancia normal)

		Tolerancia en micras (0,001µm)														
Diferencia	Δ_{Dmp}	0 -12	0 -14	0 -16	0 -18	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125	0 -160
Variación	V_{Dp}	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50	75	100	125	160
	V_{Dmp}	9	11	12	14	15	19	23	26	30	34	38				
Diferencia de anchuras	Δ_{Cs}	Las tolerancias de anchura Δ_{Cs} son idénticas a Δ_{Bs} para el aro interior correspondiente.														
Salto radial	K_{ea}	18	20	25	35	40	45	50	60	70	80	100	120	120	120	120

Clase de tolerancia P6X

Diferencia	Δ_{Dmp}	0 -12	0 -14	0 -16	0 -18	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50				
Variación	V_{Dp}	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50				
	V_{Dmp}	9	11	12	14	15	19	23	26	30	34	38				
Diferencia de anchuras	Δ_{Cs}	0 -100														
Salto radial	K_{ea}	18	20	25	35	40	45	50	60	70	80	100				



Datos de los rodamientos

Tolerancias

Tolerancias de los rodamientos de rodillos cónicos con dimensiones métricas

Aro interior

Dimensiones en mm

Diámetro nominal del agujero	más de hasta	10	18	30	50	80	120	180	250	315	400	500	630
		18	30	50	80	120	180	250	315	400	500	630	800

Clase de tolerancias P5

Tolerancias en micras (0,001 μm)

Diferencia	Δ_{dmp}	0 -7	0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -18	0 -22	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -75
Variación	V_{dp}	5	6	8	9	11	14	17					
	V_{dmp}	5	5	5	6	8	9	11					
Diferencia de anchuras	Δ_{Bs}	0 -200	0 -200	0 -240	0 -300	0 -400	0 -500	0 -600					
Salto radial	K_{ia}	5	5	6	7	8	11	13					
Giro ortogonal	S_{d}	7	8	8	8	9	10	11	13	15	17	20	30
Diferencia de anchuras	Δ_{rs}	+200 -200	+200 -200	+200 -200	+200 -200	+200 -200	+350 -250	+350 -250	+350 -250	+400 -400	+400 -400	+500 -500	+600 -600

Clase de tolerancia P4

Diferencia	$\Delta_{\text{dmp}}, \Delta_{\text{ds}}$	0 -5	0 -6	0 -8	0 -9	0 -10	0 -13	0 -15					
Variación	V_{dp}	4	5	6	7	8	10	11					
	V_{dmp}	4	4	5	5	5	7	8					
Diferencia de anchuras	Δ_{Bs}	0 -200	0 -200	0 -240	0 -300	0 -400	0 -500	0 -600					
Salto radial	K_{ia}	3	3	4	4	5	6	8					
Giro ortogonal	S_{d}	3	4	4	5	5	6	7					
Salto axial	S_{ia}	3	4	4	4	5	7	8					
Diferencia de anchuras	Δ_{rs}	+200 -200	+200 -200	+200 -200	+200 -200	+200 -200	+350 -250	+350 -250					



Aro exterior

Medidas en mm

Diámetro exterior nominal	mas de hasta	18	30	50	80	120	150	180	250	315	400	500	630	800
		30	50	80	120	150	180	250	315	400	500	630	800	1000

TClase de tolerancia P5

Tolerancias en micras (0,001µm)

Diferencia	Δ_{Dmp}	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -15	0 -18	0 -20	0 -25	0 -28	0 -33	0 -38	0 -45	0 -60
Variación	V_{Dp}	6	7	8	10	11	14	15	19	22				
	V_{Dmp}	5	5	6	7	8	9	10	13	14				
Diferencia de anchuras	Δ_{Cs}	Las tolerancias de anchura Δ_{Cs} son idénticas a Δ_{Bs} para el aro interior correspondiente.												
Giro circular	K_{ea}	6	7	8	10	11	13	15	18	20	23	25	30	35
Variación de la inclinación	S_D	8	8	8	9	10	10	11	13	13	15	18	20	30

Clase de tolerancia P4

Diferencia	$\Delta_{Dmp}, \Delta_{Ds}$	0 -6	0 -7	0 -9	0 -10	0 -11	0 -13	0 -15	0 -18	0 -20				
Variación	V_{Dp}	5	5	7	8	8	10	11	14	15				
	V_{Dmp}	4	5	5	5	6	7	8	9	10				
Diferencia de anchuras	Δ_{Cs}	Las tolerancias de anchura Δ_{Cs} son idénticas a Δ_{Bs} para el aro interior correspondiente.												
Salto radial	K_{ea}	4	5	5	6	7	8	10	11	13				
Variación de la inclinación	S_D	4	4	4	5	5	5	7	8	10				
Salto axial	S_{ea}	5	5	5	6	7	8	10	10	13				



Datos de los rodamientos

Tolerancias

Tolerancias de los rodamientos de rodillos cónicos con dimensiones en pulgadas Aro interior

Medidas en mm

Diámetro nominal del agujero	más de hasta	81	81 102	102 127	127 305	305 508	508 610	610 915	915 1220	1220
------------------------------	--------------	----	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	------

Tolerancia normal

Tolerancia en micras (0,001 μm)

Diferencia Δ_{dmp}	+13 0	+25 0	+25 0	+25 0	+50 0	+50 0	+75 0	+100 0	+125 0
----------------------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------

Diferencia de anchuras Δ_{Bs}	Tolerancia normal de los rodamientos de rodillos cónicos con dimensiones métricas									
---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Salto radial K_{ia}	Tolerancia normal de los rodamientos de rodillos cónicos con dimensiones métricas									
------------------------------	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Rodamientos de una hilera Diferencia de anchuras Δ_{Ts}	+200 0	+200 0	+350 -250	+350 -250	+375 -375	+375 -375	+375 -375	+375 -375	+375 -375
--	-----------	-----------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Medidas en mm

Diámetro nominal del agujero	más de hasta	150	150 250	250 315	315 500	500 710
------------------------------	--------------	-----	------------	------------	------------	------------

Clase de tolerancia Q3

Tolerancias en micras (0.01 μm)

Diferencia Δ_{dmp}	+11 0	+13 0	+13 0	+20 0	+25 0
----------------------------------	----------	----------	----------	----------	----------

Diferencia de anchuras Δ_{Bs}	0 -250	0 -300	0 -350	0 -400	0 -600
---	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Variación de anchuras V_{Bs}	2	3	5	7	10
---------------------------------------	---	---	---	---	----

Salto radial K_{ia}	4	4	4	7	9
------------------------------	---	---	---	---	---

Giro ortogonal S_{d}	4	6	7	8	10
-------------------------------	---	---	---	---	----

Salto axial S_{ia}	4	6	8	10	13
-----------------------------	---	---	---	----	----

Rodamientos de una hilera Diferencia de anchuras Δ_{Ts}	+200 -200	+200 -200	+200 -200	+200 -200	+380 -380
--	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------



Aro exterior

Diámetro exterior nominal	más der hasta	Dimensiones en mm				
		305	305 610	610 915	915 1220	1220

Tolerancia normal

Diferencia	Δ_{Dmp}	Tolerancias en micras (0.001 μm)				
		+25 0	+50 0	+75 0	+100 0	+125 0
Salto radial	K_{ea}	Tolerancia normal de los rodamientos de rodillos cónicos con dimensiones métricas				

Diámetro exterior nominal	más de hasta	Dimensiones en mm					
		150	150 250	250 315	315 500	500 630	630 900

Clase de tolerancias Q3

Diferencia	Δ_{Dmp}	Tolerancias en micras (0.001 μm)					
		+11 0	+13 0	+13 0	+20 0	+25 0	+38 0
Variación de anchuras	V_{Cs}	2	3	5	7	10	20
Salto radial	K_{ea}	4	4	4	7	9	18
Variación de la inclinación	S_D	4	6	7	8	10	20



Datos de los rodamientos

Tolerancias

Tolerancias de los rodamientos axiales

Aro ajustado al eje

Diámetro nominal del agujero	más de hasta	Medidas en mm													
		18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800	800 1000	1000 1250

Clase de tolerancia PN (tolerancia normal)

		Tolerancias en micras (0.001µm)													
Diferencia	Δ_{dmp}	0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125
Variación	V_{dp}	6	8	9	11	15	19	23	26	30	34	38			
Variación del espesor	S_i	10	10	10	10	15	15	20	25	30	30	35	40	45	50
Diferencia contraplaca	Δ_{du}	+70 0	+70 0	+85 0	+100 0	+120 0	+140 0	+140 0	+160 0	+180 0	+180 0				

Clase de tolerancia P6

Diferencia	Δ_{dmp}	0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125
Variación	V_{dp}	6	8	9	11	15	19	23	26	30	34	38			
Variación del espesor	S_i	5	5	6	7	8	9	10	13	15	18	21	25	30	35

Clase de tolerancia P5

Diferencia	Δ_{dmp}	0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125
Variación	V_{dp}	6	8	9	11	15	19	23	26	30	34	38			
Variación del espesor	S_i	3	3	3	4	4	5	5	7	7	9	11	13	15	18

Clase de tolerancia P4

Diferencia	Δ_{dmp}	0 -7	0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -18	0 -22	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -50	0 -70	0 -100
Variación	V_{dp}	5	6	8	9	11	14	17	19	23	26	30			
Variación del espesor	S_i	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	8	8	9

Clase de tolerancia SP (rodamientos axiales de bolas de contacto angular, serie 2344 y 2347)

Diferencia	Δ_{dmp}		0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -18	0 -22	0 -25	0 -30					
Variación	V_{dp}		6	8	9	11	14	17							
Variación del espesor	S_i		3	3	4	4	5	5	7	7					
Variación de alturas	Δ_{Hs}		+50 -150	+75 -200	+100 -250	+125 -300	+150 -350	+175 -400	+200 -450	+250 -600					



Aro ajustado al alojamiento

Dimensiones en mm

Diámetro exterior nominal	más de hasta	18 30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800	800 1000	1000 1250	1250 1600
---------------------------	--------------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	--------------	--------------

Clase de tolerancia PN (tolerancia normal)

Valores de la tolerancia en μm

Diferencia	Δ_{Dmp}	0 -13	0 -16	0 -19	0 -22	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125	0 -160
Variación	V_{Dp}	10	12	14	17	19	23	26	30	34	38	55	75		
Variación del espesor	S_e	La variación de espesor S_e para el aro del alojamiento es idéntica con S_i para el aro de eje.													
Diferencia contraplaca	Δ_{Du}	0 -30	0 -35	0 -45	0 -60	0 -75	0 -90	0 -105	0 -120	0 -135	0 -180				

Clase de tolerancia P6

Diferencia	Δ_{Dmp}	0 -13	0 -16	0 -19	0 -22	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125	0 -160
Variación	V_{Dp}	10	12	14	17	19	23	26	30	34	38	55	75		
Variación del espesor	S_e	La variación de espesor S_e para el aro del alojamiento es idéntica con S_i para el aro de eje.													

Clase de tolerancias P5

Diferencia	Δ_{Dmp}	0 -13	0 -16	0 -19	0 -22	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125	0 -160
Variación	V_{Dp}	10	12	14	17	19	23	26	30	34	38	55	75		
Variación del espesor	S_e	La variación de espesor S_e para el aro del alojamiento es idéntica con S_i para el aro de eje.													

Clase de tolerancia P4

Diferencia	Δ_{Dmp}	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -15	0 -20	0 -25	0 -28	0 -33	0 -38	0 -45	0 -70	0 -90	0 -125
Variación	V_{Dp}	6	7	8	10	11	15	19	21	25	29	34			
Variación del espesor	S_e	La variación de espesor S_e para el aro del alojamiento es idéntica con S_i para el aro de eje.													

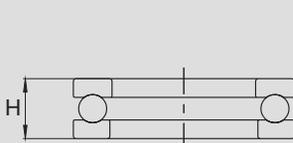
Clase de tolerancia SP (rodamientos axiales de bolas de contacto angular, serie 2344 y 2347)

Diferencia	Δ_{Dmp}			-24 -43	-28 -50	-33 -58	-37 -66	-41 -73	-46 -82	-50 -90	-55 -99				
Variación	V_{Dp}			6	8	9	10	12							
Variación del espesor	S_e	La variación de espesor S_e para el aro del alojamiento es idéntica con S_i para el aro de eje.													

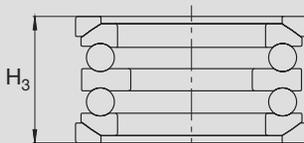
Datos de los rodamientos

Tolerancias

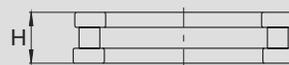
Alturas de los rodamientos axiales



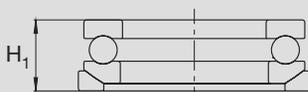
Rodamientos axiales de bolas



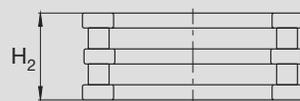
Rodamientos axiales de bolas de doble efecto, con contraplaca



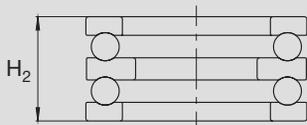
Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos



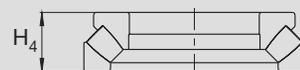
Rodamientos axiales de bolas con contraplaca



Rodamientos axiales cilíndricos de doble efecto



Rodamientos axiales de bolas de doble efecto



Rodamientos axiales oscilantes



Altura de los rodamientos radiales

Dimensiones en mm

Diámetro nominal más de del agujero hasta	Dimensiones en mm													
	30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800	800 1000	1000 1250	

Clases de tolerancia PN hasta P4

Tolerancias en micras (0.001 μm)

Diferencia	Δ_{Hs}	Tolerancias en micras (0.001 μm)													
		+20 -250	+20 -250	+20 -300	+25 -300	+25 -400	+30 -400	+40 -400	+40 -500	+50 -500	+60 -600	+70 -750	+80 -1000	+100 -1400	
	Δ_{H1s}	+100 -250	+100 -250	+100 -300	+150 -300	+150 -400	+150 -400	+200 -400	+200 -500	+300 -500	+350 -600	+400 -750	+450 -1000	+500 -1400	
	Δ_{H2s}	+150 -400	+150 -400	+150 -500	+200 -500	+200 -600	+250 -600	+350 -700	+350 -700	+400 -900	+500 -1100	+600 -1300	+700 -1500	+900 -1800	
	Δ_{H3s}	+300 -400	+300 -400	+300 -500	+400 -500	+400 -600	+500 -600	+600 -700	+600 -700	+750 -900	+900 -1100	+1100 -1300	+1300 -1500	+1600 -1800	
	Δ_{H4s}	+20 -300	+20 -300	+20 -400	+25 -400	+25 -500	+30 -500	+40 -700	+40 -700	+50 -900	+60 -1200	+70 -1400	+80 -1800	+100 -2400	

Datos de los rodamientos

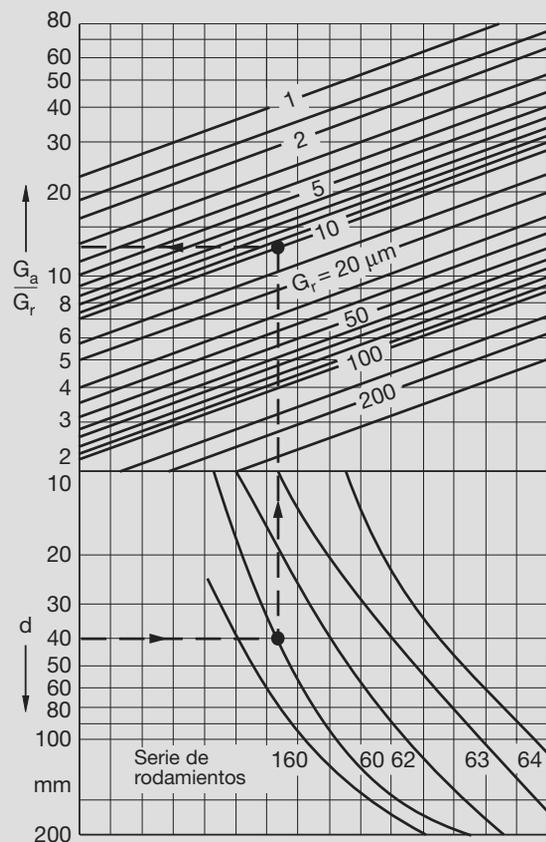
Juego de los rodamientos

Juego de los rodamientos

El juego del rodamiento es la medida por la cual un aro con relación al otro se puede desplazar en dirección radial (juego radial) o en dirección axial

(juego axial), de un extremo al otro. En algunos tipos de rodamientos, los juegos radial y axial son interdependientes, ver tabla.

▼ Relación entre los juegos radial y axial de rodamientos rígidos de bolas



d = agujero del rodamiento [mm]
Gr = juego radial [µm]
Ga = juego axial [µm]

Ejemplo:
Rodamiento rígido de bolas 6008.C3 con d = 40 mm
Juego radial antes del montaje: 15...33 µm
Juego radial efectivo: Gr = 24 µm

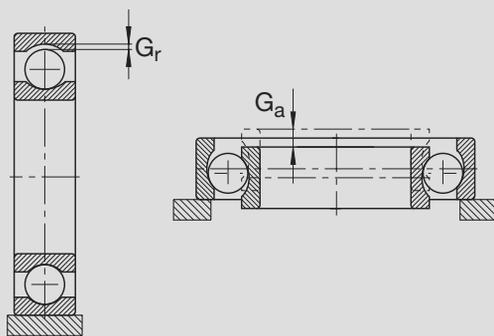
Tolerancias de montaje eje k5
alojamiento J6

Reducción del juego radial en el montaje: 14 µm
Juego radial después del montaje: 24 µm - 14 µm = 10 µm

Del diagrama resulta $G_a/G_r = 13$

Juego axial: $G_a = 13 \cdot 10 \mu\text{m} = 130 \mu\text{m}$

▼ Juego del rodamiento
 G_a = juego axial, G_r = juego radial



▼ Relación entre los juegos radial y axial de otros tipos de rodamientos

Tipos de rodamientos	G_a/G_r
Rodamientos de bolas de contacto angular, de una hilera serie 72B y 73B y montados en parejas	1,2
Rodamientos con cuatro caminos de rodadura	1,4
Rodamientos de bolas de contacto angular, de doble hilera serie 32 y 33 serie 32B y 33B	1,4 2
Rodamientos oscilantes de bolas	$2,3 \cdot Y_0^*$
Rodamientos de rodillos cónicos de una hilera, en parejas	$4,6 \cdot Y_0^*$
Rodamientos de rodillos cónicos, en parejas ajustados (N11CA)	$2,3 \cdot Y_0^*$
Rodamientos oscilantes de rodillos	$2,3 \cdot Y_0^*$

*) Valor Y_0 en las tablas de rodamientos

Datos de los rodamientos

Juego de los rodamientos

Se distingue entre el juego del rodamiento antes del montaje y el juego del rodamiento después de montaje y a temperatura de servicio (juego en servicio). Para garantizar un guiado preciso del eje es conveniente que el juego del rodamiento montado sea lo más pequeño posible.

Durante el montaje, el juego del rodamiento se reduce por los ajustes fijos de los aros. Por ello, debe ser mayor que el juego en servicio. Además, el juego radial se reduce en servicio cuando el aro interior se calienta más que el aro exterior, lo que ocurre en la mayoría de los casos.

La norma DIN 620 especifica los valores estándar para el juego radial de los rodamientos. El juego normal del rodamiento (grupo de juego CN) se ha determinado de tal forma que con ajustes y condiciones de servicio normales resulte un juego de servicio correcto. Ajustes normales son:

	Eje	Alojamiento
Rodamiento de bolas	j5...k5	H7...J7
Rodamiento de rodillos	k5...m5	H7...M7

Dado que las condiciones de montaje y de servicio pueden ser muy variadas, por ejemplo ajustes fijos para ambos aros del rodamiento o una diferencia de temperaturas de > 10 K, los rodamientos también se fabrican en otros grupos de juego radial. El grupo de juego apropiado se calcula.

Sufijos para los grupos de juego según DIN 620:

- C2 juego radial menor que el normal (CN)
- C3 juego radial mayor que el normal (CN)
- C4 juego radial mayor que C3

En las páginas 76 hasta 82 se indican los valores de juego antes de montaje de los tipos de rodamientos más importantes. Las tablas también contienen valores más allá del rango indicado en la norma DIN 620 T4 (edición 08.87).

Reducción del juego radial por diferencia de temperatura

La reducción del juego radial Δ_{Grt} causada por diferencias de temperatura Δ_t [K] es, aproximadamente, para rodamientos no ajustados.

$$\Delta_{Grt} = \Delta_t \cdot \alpha \cdot (d + D)/2 \text{ [mm]},$$

siendo

- $\alpha = 0,000011 \text{ K}^{-1}$ coeficiente de dilatación térmica lineal del acero
- d agujero de rodamiento [mm]
- D diámetro exterior del rodamiento [mm]

Hay que contar con una variación mayor del juego radial si se evacua o aporta calor al apoyo. Se reduce el juego radial si se aporta calor a través del eje o se evacua por el alojamiento. El juego radial aumenta si se aporta calor a través del alojamiento o se evacua por el eje. Con una aceleración rápida para alcanzar la velocidad de servicio, se producen mayores diferencias de temperatura entre los aros del rodamiento que durante el régimen constante. Para evitar precargas en los rodamientos conviene acelerar lentamente o elegir un juego radial mayor que el teóricamente necesario para el rodamiento a temperatura de servicio.

Reducción del juego radial mediante ajustes fijos

El ensanchamiento del aro interior y la contracción del aro exterior pueden ser aproximadamente un 80% y 70% de la interferencia, respectivamente. (Condiciones: eje macizo de acero, soporte de acero con paredes de espesor normal). Para cálculos más detallados están a disposición programas de cálculo, ver Sección "Programa de servicios FAG" en página 685 y sig.



Datos de los rodamientos

Juego de los rodamientos

Juego radial de los rodamientos FAG rígidos de bolas con agujero cilíndrico

		Dimensiones en mm																
Diámetro nominal	más de	2,5	6	10	18	24	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	
agujero	hasta	6	10	18	24	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	
		Juego radial en micras																
Grupo de juego C2	min	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	4	
	max	7	7	9	10	11	11	11	15	15	18	20	23	23	25	30	32	
Grupo de juego CN (normal)	min	2	2	3	5	5	6	6	8	10	12	15	18	18	20	25	28	
	max	13	13	18	20	20	23	23	28	30	36	41	48	53	61	71	82	
Grupo de juego C3	min	8	8	11	13	13	15	18	23	25	30	36	41	46	53	63	73	
	max	23	23	25	28	28	33	36	43	51	58	66	81	91	102	117	132	
Grupo de juego C4	min		14	18	20	23	28	30	38	46	53	61	71	81	91	107	120	
	max		29	33	36	41	46	51	61	71	84	97	114	130	147	163	187	

Juego radial de los rodamientos FAG oscilantes de bolas

		Dimensiones en mm													
Diámetro nominal	más de	6	10	14	18	24	30	40	50	65	80	100	120	140	160
de agujero	hasta	6	10	14	18	24	30	40	50	65	80	100	120	140	160

con agujero cilíndrico

		Juego radial en micras													
Grupo de juego C2	min	1	2	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	10	15
	max	8	9	10	12	14	16	18	19	21	24	27	31	38	44
Grupo de juego CN (normal)	min	5	6	6	8	10	11	13	14	16	18	22	25	30	35
	max	15	17	19	21	23	24	29	31	36	40	48	56	68	80
Grupo de juego C3	min	10	12	13	15	17	19	23	25	30	35	42	50	60	70
	max	20	25	26	28	30	35	40	44	50	60	70	83	100	120
Grupo de juego C4	min	15	19	21	23	25	29	34	37	45	54	64	75	90	110
	max	25	33	35	37	39	46	53	57	69	83	96	114	135	161

con agujero cónico

		Juego radial en micras													
Grupo de juego C2	min					7	9	12	14	18	23	29	35	40	45
	max					17	20	24	27	32	39	47	56	68	74
Grupo de juego CN (normal)	min					13	15	19	22	27	35	42	50	60	65
	max					26	28	35	39	47	57	68	81	98	110
Grupo de juego C3	min					20	23	29	33	41	50	62	75	90	100
	max					33	39	46	52	61	75	90	108	130	150
Grupo de juego C4	min					28	33	40	45	56	69	84	100	120	140
	max					42	50	59	65	80	98	116	139	165	191



225 250	250 280	280 315	315 355	355 400	400 450	450 500	500 560	560 630	630 710	710 800	800 900	900 1000	1000 1120	1120 1250	1250 1400	1400 1600
4 36	4 39	8 45	8 50	8 60	10 70	10 80	20 90	20 100	30 120	30 130	30 150	40 160	40 170	40 180	60 210	60 230
31 92	36 97	42 110	50 120	60 140	70 160	80 180	90 200	100 220	120 250	130 280	150 310	160 340	170 370	180 400	210 440	230 480
87 152	97 162	110 180	120 200	140 230	160 260	180 290	200 320	220 350	250 390	280 440	310 490	340 540	370 590	400 640	440 700	480 770
140 217	152 237	175 260	200 290	230 330	260 370	290 410	320 460	350 510	390 560	440 620	490 690	540 760	590 840	640 910	700 1000	770 1100

Juego axial de los rodamientos FAG de bolas de contacto angular de doble hilera serie 32, 32B, 33, 33B

		Dimensiones en mm										
Diámetro nominal de agujero	más de hasta	6	10	18	24	30	40	50	65	80	100	120
		10	18	24	30	40	50	65	80	100	120	140
		Juego axial en micras										
Grupo de juego C2	min	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4
	max	11	12	14	15	16	18	22	24	26	30	34
Grupo de juego CN (normal)	min	5	6	7	8	9	11	13	15	18	22	25
	max	21	23	25	27	29	33	36	40	46	53	59
Grupo de juego C3	min	12	13	16	18	21	23	26	30	35	42	48
	max	28	31	34	37	40	44	48	54	63	73	82
Grupo de juego C4	min	25	27	28	30	33	36	40	46	55	65	74
	max	45	47	48	50	54	58	63	71	83	96	108

Juego axial de los rodamientos FAG de bolas de contacto angular de doble hilera serie 33DA

		Juego axial en micras										
Grupo de juego C2	min	5	6	7	8	9	11	13	15	18	22	25
	max	22	24	25	27	29	33	36	40	46	53	59
Grupo de juego CN (normal)	min	11	13	14	16	18	22	25	29	35	42	48
	max	28	31	32	35	38	44	48	54	63	73	82
Grupo de juego C3	min	20	23	24	27	30	36	40	46	55	65	74
	max	37	41	42	46	50	58	63	71	83	96	108



Datos de los rodamientos

Juego de los rodamientos

Juego axial de los rodamientos FAG con cuatro caminos de rodadura

		Dimensiones en mm											
Diametro nominal agujero	más de hasta	18	18 40	40 60	60 80	80 100	100 140	140 180	180 220	220 260	260 300	300 355	355 400
Juego axial en micras													
Grupo de juego C2	min	20	30	40	50	60	70	80	100	120	140	160	180
	max	60	70	90	100	120	140	160	180	200	220	240	270
Grupo de juego CN (normal)	min	50	60	80	90	100	120	140	160	180	200	220	250
	max	90	110	130	140	160	180	200	220	240	280	300	330
Grupo de juego C3	min	80	100	120	130	140	160	180	200	220	260	280	310
	max	120	150	170	180	200	220	240	260	300	340	360	390

Juego radial de los rodamientos FAG de rodillos cilíndricos de una y doble hilera

		Medidas en mm													
Diámetro nominal agujero	más de hasta	24	24 30	30 40	40 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160	160 180	180 200	200 225	225 250

con agujero cilíndrico

Juego radial en micras															
Grupo de juego C1NA ¹⁾	min	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	15	15	15
	max	15	15	15	18	20	25	30	30	35	35	40	45	50	50
Grupo de juego C2	min	0	0	5	5	10	10	15	15	15	20	25	35	45	45
	max	25	25	30	35	40	45	50	55	60	70	75	90	105	110
Grupo de juego CN (normal)	min	20	20	25	30	40	40	50	50	60	70	75	90	105	110
	max	45	45	50	60	70	75	85	90	105	120	125	145	165	175
Grupo de juego C3	min	35	35	45	50	60	65	75	85	100	115	120	140	160	170
	max	60	60	70	80	90	100	110	125	145	165	170	195	220	235
Grupo de juego C4	min	50	50	60	70	80	90	105	125	145	165	170	195	220	235
	max	75	75	85	100	110	125	140	165	190	215	220	250	280	300

con agujero cónico

Juego radial en micras															
Grupo de juego C1NA ¹⁾	min	10	15	15	17	20	25	35	40	45	50	55	60	60	65
	max	20	25	25	30	35	40	55	60	70	75	85	90	95	100
Grupo de juego C2	min	15	20	20	25	30	35	40	50	55	60	75	85	95	105
	max	40	45	45	55	60	70	75	90	100	110	125	140	155	170
Grupo de juego CN (normal)	min	30	35	40	45	50	60	70	90	100	110	125	140	155	170
	max	55	60	65	75	80	95	105	130	145	160	175	195	215	235
Grupo de juego C3	min	40	45	55	60	70	85	95	115	130	145	160	180	200	220
	max	65	70	80	90	100	120	130	155	175	195	210	235	260	285
Grupo de juego C4	min	50	55	70	75	90	110	120	140	160	180	195	220	245	270
	max	75	80	95	105	120	145	155	180	205	230	245	275	305	335



400	450	500	560	630	710	800	900
450	500	560	630	710	800	900	1000

200	220	240	260	280	300	330	360
290	310	330	360	390	420	460	500

270	290	310	340	370	400	440	480
360	390	420	450	490	540	590	630

340	370	400	430	470	520	570	620
430	470	510	550	590	660	730	780

250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	1600	1800
280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	1600	1800	2000

20	20	20	25	25	25	25	30	30	35	35	35	50	60	60	70	80	100
55	60	65	75	85	95	100	110	130	140	160	180	200	220	240	270	300	320

55	55	65	100	110	110	120	140	145	150	180	200	220	230	270	330	380	400
125	130	145	190	210	220	240	260	285	310	350	390	430	470	530	610	700	760

125	130	145	190	210	220	240	260	285	310	350	390	430	470	530	610	700	760
195	205	225	280	310	330	360	380	425	470	520	580	640	710	790	890	1020	1120

190	200	225	280	310	330	360	380	425	470	520	580	640	710	790	890	1020	1120
260	275	305	370	410	440	480	500	565	630	690	770	850	950	1050	1170	1340	1480

260	275	305	370	410	440	480	500	565	630	690	770	850	950	1050	1170	1340	1480
330	350	385	460	510	550	600	620	705	790	860	960	1060	1190	1310	1450	1660	1840

75	80	90	100	110	120	130	140	160	170	190	210	230	250	270	300	320	340
110	120	135	150	170	190	210	230	260	290	330	360	400	440	460	500	530	560

115	130	145	165	185	205	230	260	295	325	370	410	455	490	550	640	700	760
185	205	225	255	285	315	350	380	435	485	540	600	665	730	810	920	1020	1120

185	205	225	255	285	315	350	380	435	485	540	600	665	730	810	920	1020	1120
255	280	305	345	385	425	470	500	575	645	710	790	875	970	1070	1200	1340	1480

240	265	290	330	370	410	455	500	565	630	700	780	865	960	1070	1200	1340	1480
310	340	370	420	470	520	575	620	705	790	870	970	1075	1200	1330	1480	1660	1840

295	325	355	405	455	505	560	620	695	775	860	960	1065	1200	1330	1480	1660	1840
365	400	435	495	555	615	680	740	835	935	1030	1150	1275	1440	1590	1760	1980	2200

1) Los rodamientos de rodillos cilíndricos de una y doble hilera de las clases de tolerancia SP y UP, tienen juego radial C1NA..



Datos de los rodamientos

Juego de los rodamientos

Juego radial de los rodamientos FAG oscilantes de rodillos

Medida nominal agujero	más de hasta	Dimensiones en mm												
		18	24	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200

con agujero cilíndrico

Grupo de juego	min max	Juego radial en micras													
		10	15	15	20	20	30	35	40	50	60	65	70	80	90
C2		20	25	30	35	40	50	60	75	95	110	120	130	140	150
CN (normal)		20	25	30	35	40	50	60	75	95	110	120	130	140	150
		35	40	45	55	65	80	100	120	145	170	180	200	220	240
C3		35	40	45	55	65	80	100	120	145	170	180	200	220	240
		45	55	60	75	90	110	135	160	190	220	240	260	290	320
C4		45	55	60	75	90	110	135	160	190	220	240	260	290	320
		60	75	80	100	120	145	180	210	240	280	310	340	380	420

con agujero cónico

Grupo de juego	min max	Juego radial en micras													
		15	20	25	30	40	50	55	65	80	90	100	110	120	140
C2		25	30	35	45	55	70	80	100	120	130	140	160	180	200
CN (normal)		25	30	35	45	55	70	80	100	120	130	140	160	180	200
		35	40	50	60	75	95	110	135	160	180	200	220	250	270
C3		35	40	50	60	75	95	110	135	160	180	200	220	250	270
		45	55	65	80	95	120	140	170	200	230	260	290	320	350
C4		45	55	65	80	95	120	140	170	200	230	260	290	320	350
		60	75	85	100	120	150	180	220	260	300	340	370	410	450



250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	1600
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

100	110	120	130	140	140	150	170	190	210	230	260	290	320	350	380
170	190	200	220	240	260	280	310	350	390	430	480	530	580	630	700

170	190	200	220	240	260	280	310	350	390	430	480	530	580	630	700
260	280	310	340	370	410	440	480	530	580	650	710	770	840	910	1020

260	280	310	340	370	410	440	480	530	580	650	710	770	840	910	1020
350	370	410	450	500	550	600	650	700	770	860	930	1050	1140	1240	1390

350	370	410	450	500	550	600	650	700	770	860	930	1050	1140	1240	1390
460	500	550	600	660	720	780	850	920	1010	1120	1220	1430	1560	1700	1890

150	170	190	210	230	260	290	320	350	390	440	490	540	600	660	740
220	240	270	300	330	370	410	460	510	570	640	710	780	860	940	1060

220	240	270	300	330	370	410	460	510	570	640	710	780	860	940	1060
300	330	360	400	440	490	540	600	670	750	840	930	1020	1120	1220	1380

300	330	360	400	440	490	540	600	670	750	840	930	1020	1120	1220	1380
390	430	470	520	570	630	680	760	850	960	1070	1190	1300	1420	1550	1750

390	430	470	520	570	630	680	760	850	960	1070	1190	1300	1420	1550	1750
490	540	590	650	720	790	870	980	1090	1220	1370	1520	1650	1800	1960	2200



Datos de los rodamientos

Juego de los rodamientos

Juego radial de los rodamientos FAG oscilantes de una hilera de rodillos

Dimensiones en mm

Medida nominal agujero	más de hasta	30	30 40	40 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160	160 180	180 225	225 250	250 280	280 315	315 355
------------------------	--------------	----	----------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

Con agujero cilíndrico

Juego radial en micras

Grupo de juego C2	min	2	3	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	40	40	45
	max	9	10	13	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	75
Grupo de juego CN (normal)	min	9	10	13	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	75
	max	17	20	23	27	35	45	50	55	65	70	75	80	85	100	105
Grupo de juego C3	min	17	20	23	27	35	45	50	55	65	70	75	80	85	100	105
	max	28	30	35	40	55	65	70	80	95	100	105	110	115	135	140
Grupo de juego C4	min	28	30	35	40	55	65	70	80	95	100	105	110	115	135	140
	max	40	45	50	55	75	90	95	110	125	130	135	140	145	170	175

Con agujero cónico

Juego radial en micras

Grupo de juego C2	min	9	10	13	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	75
	max	17	20	23	27	35	45	50	55	65	70	75	80	85	100	105
Grupo de juego CN (normal)	min	17	20	23	27	35	45	50	55	65	70	75	80	85	100	105
	max	28	30	35	40	55	65	70	80	95	100	105	110	115	135	140
Grupo de juego C3	min	28	30	35	40	55	65	70	80	95	100	105	110	115	135	140
	max	40	45	50	55	75	90	95	110	125	130	135	140	145	170	175
Grupo de juego C4	min	40	45	50	55	75	90	95	110	125	130	135	140	145	170	175
	max	55	60	65	75	95	120	125	140	155	160	165	170	175	205	210

Datos de los rodamientos

Material - Jaulas

Materiales de los rodamientos

La capacidad de los rodamientos está influida en gran parte por los materiales utilizados.

Para los aros y cuerpos rodantes de los rodamientos FAG generalmente se utiliza un acero al cromo ligeramente aleado, completamente templado y con alto grado de pureza. Para rodamientos solicitados por grandes golpes y flexiones con fuerzas alternativas también se usa acero de cementación (suministro bajo demanda).

En los últimos años, FAG ha sido capaz de aumentar considerablemente las capacidades de carga debido, especialmente, a la mejor calidad de los aceros para rodamientos. Los resultados de investigaciones y las experiencias prácticas confirman que los rodamientos de acero estándar de hoy en día, alcanzan una vida ilimitada bajo cargas no muy elevadas y condiciones de lubricación y de limpieza favorables.

Los aros y los cuerpos rodantes de los rodamientos FAG se someten a un tratamiento térmico con el cual generalmente mantienen su estabilidad dimensional hasta 150 °C. Para resistir mayores temperaturas de servicio, es necesario llevar a cabo un tratamiento térmico especial (ver sección "Aptitud para elevadas temperaturas", página 86).

Aplicaciones en medios corrosivos requieren aceros para rodamientos con mayor resistencia a la corrosión. Los rodamientos estándar de "acero inoxidable" (según DIN 17440) llevan el prefijo S y el sufijo W203B (ver también la página 150 "Rodamientos rígidos de bolas, de acero inoxidable"). Tienen las mismas dimensiones principales y capacidad de carga que los rodamientos de acero al cromo. Para mantener su elevada resistencia a la corrosión, las superficies no deben dañarse durante el montaje o en servicio (p.e. por oxidación de contacto). Para seleccionar estos rodamientos, por favor, contacte con los Servicios Técnicos de FAG.

FAG fabrica bolas de nitruro de silicio para rodamientos híbridos de cerámica para husillos. Las bolas de cerámica son mucho más ligeras que las bolas de acero. Las fuerzas centrífugas y el rozamiento son mucho más bajos. Los rodamientos híbridos alcanzan velocidades máximas incluso con lubricación con grasa, tienen una mayor vida de servicio y una menor temperatura de servicio.

Diseño de jaula

Las misiones principales de la jaula son:

- Mantiene separados los elementos rodantes para mantener el rozamiento y el calentamiento al mínimo.
- Mantiene los elementos rodantes a distancias equidistantes para una distribución uniforme de la carga.
- Retiene los elementos rodantes en rodamientos despiezables y oscilantes.
- Guía los elementos rodantes en la zona descargada del rodamiento.

Las jaulas de rodamientos se subdividen entre jaulas de chapa y jaulas macizas.

Las **jaulas de chapa** se fabrican, mayoritariamente, en acero; para algunos rodamientos también se emplea latón. Dado que una jaula de chapa no tapa del todo el intersticio entre el aro interior y el aro exterior, el lubricante entra fácilmente en el rodamiento. El lubricante se acumula en la jaula. En general, una jaula de chapa de acero sólo se indica en la denominación abreviada cuando no se considera parte del diseño estándar del rodamiento.

Las **jaulas macizas** se fabrican de metal, de resina fenólica y de material sintético. Se indican en la denominación abreviada del rodamiento.

Las jaulas macizas de metal se utilizan cuando las exigencias de resistencia de la jaula son estrictas y las temperaturas elevadas.

Las jaulas macizas también se utilizan cuando es necesario un guiado por los bordes. Muchas veces, se emplean materiales ligeros, como metal ligero o resina fenólica, para las jaulas guiadas por los bordes en rodamientos altamente revolucionados a fin de mantener reducidas las fuerzas de inercia.

Las jaulas macizas de poliamida 66 se fabrican por moldeo de inyección. Con el moldeo de inyección pueden producirse ejecuciones de jaulas con capacidades de carga muy elevadas. La elasticidad y el reducido peso de la poliamida resultan muy favorables cuando los rodamientos están expuestos a solicitaciones por golpes, aceleraciones y desaceleraciones y a ladeos de un aro del rodamiento respecto al otro. Las jaulas de poliamida ofrecen muy buenas propiedades frente al deslizamiento y en condiciones de emergencia.

Datos de los rodamientos

Jaulas

▼ Ejemplos de jaulas de rodamientos

Jaulas de chapa de acero: jaula de solapas (a) y jaula remachada (b) para rodamientos rígidos de bolas, jaula de ventanas (c) para rodamientos oscilantes de rodillos..

Jaulas macizas de latón: jaula maciza remachada (d) para rodamientos rígidos de bolas, jaula de ventanas de latón (e) para rodamientos de bolas de contacto angular y jaula maciza de latón con remaches en las propias costillas (f) para rodamientos de rodillos cilíndricos.

Jaulas macizas de poliamida reforzada con fibra de vidrio: jaula de ventanas (g) para rodamiento de bolas de contacto angular, de una hilera y jaula de ventanas (h) para rodamientos de rodillos cilíndricos



a



b



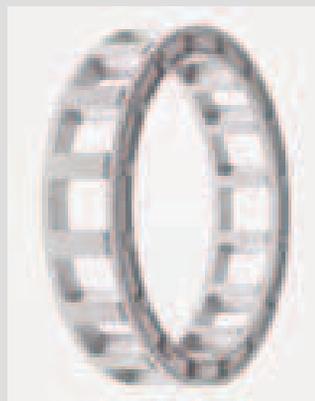
c



d



e



f



g



h

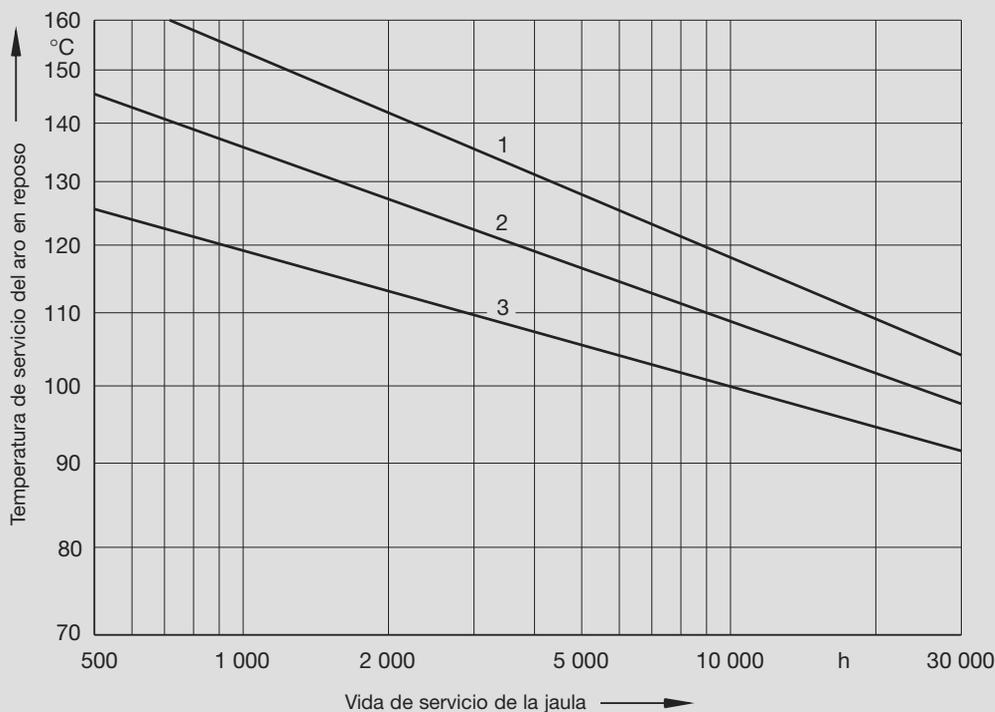
Datos de los rodamientos

Jaulas

Las jaulas de poliamida 66 reforzada con fibra de vidrio son adecuadas para temperaturas de servicio continuo hasta 120 °C. Con lubricación por aceite, los aditivos contenidos en este pueden llevar a una reducción de la vida de servicio de la jaula. El diagrama representa la relación entre la vida de servicio de la jaula, la temperatura de servicio del aro en reposo y el lubricante.

A elevadas temperaturas, un aceite envejecido puede dañar también la vida de servicio de la jaula y deberá observarse con atención los intervalos de cambio de aceite

▼ Vida de servicio de las jaulas de ventana de poliamida PA66-GF25. Las curvas aplican a temperatura de servicio. Si se trata de una temperatura elevada temporalmente, la vida de servicio de la jaula resulta ser mayor. 1 = grasa para rodamientos K según DIN 51825, aceite para motores o aceite lubricante para máquinas, 2 = aceite para engranajes, 3 = aceite hipoidal



Datos de los rodamientos

Jaulas - Aptitud para elevadas temperaturas

Otro criterio de distinción de las jaulas es el **tipo del guiado**. La mayoría de las jaulas son guiadas por los elementos rodantes y no tienen sufijo para el tipo de guiado. Con un guiado por el aro exterior del rodamiento, se utiliza el sufijo A. Las jaulas guiadas por el aro interior tienen el sufijo B.

Bajo condiciones de servicio normales, la ejecución de la jaula no tiene importancia alguna. La jaula más económica se elige como jaula estándar. Las jaulas estándar que dentro de una serie de rodamientos pueden ser diferentes según el tamaño, vienen detalladas en los textos que preceden a las diferentes tablas de dimensiones. Sólo bajo condiciones especiales de servicio deberá elegirse una jaula particularmente adecuada

Aptitud para elevadas temperaturas

Los rodamientos FAG con diámetro exterior hasta 240 mm están tratados térmicamente para mantener sus dimensiones estabilizadas hasta una temperatura de +150 °C. Temperaturas de servicio superiores a 150 °C requieren un tratamiento térmico especial. Estos rodamientos están identificados por los sufijos S1 a S4 (DIN 623). Las excepciones se indican en los textos que preceden a las tablas del apartado correspondiente.

Sufijo	S1	S2	S3	S4
Temperatura máxima de servicio	200 °C	250 °C	300 °C	350 °C

Los rodamientos FAG con un diámetro exterior superior a 240 mm generalmente están estabilizados dimensionalmente hasta 200 °C.

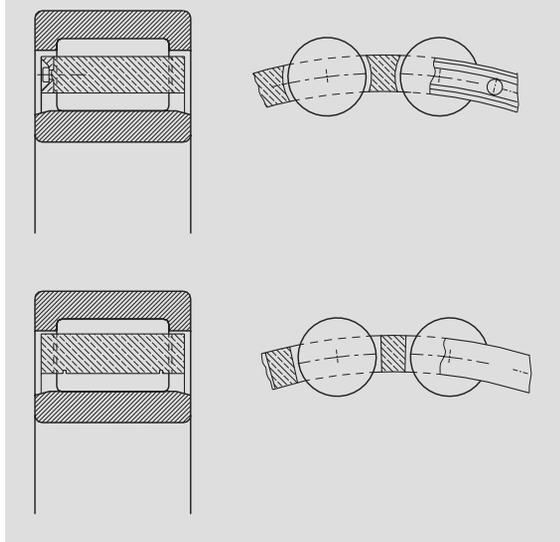
Los rodamientos con jaula de poliamida 66, reforzada con fibra de vidrio, son adecuados para temperaturas de servicio hasta 120 °C. Al lubricar con aceite, los aditivos contenidos en éste pueden llevar a una reducción de la vida de servicio de la jaula. A elevadas temperaturas, un aceite envejecido también puede afectar a la vida de servicio de la jaula y convendrá observar los intervalos recomendados para el cambio de aceite, véase página 85.

La temperatura permisible en rodamientos obturados también depende de las exigencias de vida de la grasa de llenado y de la efectividad de la obturación.

Los rodamientos obturados están lubricados con grasas saponificadas de base lítica de gran calidad especialmente verificadas. Estas grasas soportan +120 °C durante cortos periodos. A partir de temperaturas de servicio de 70 °C o más, hay que contar con una disminución de la vida de las grasas estándar saponificadas de base lítica.

Muchas veces sólo es posible conseguir una vida de servicio aceptable con grasas especiales. Deberá comprobarse si deben utilizarse obturaciones de materiales termo-resistentes. El límite de aplicación de las obturaciones estándar es +110 °C.

▼ Las jaulas de rodamientos pueden guiarse por los cuerpos rodantes (arriba) o por los bordes (abajo)





Datos de los rodamientos

Aptitud para elevadas temperaturas · Aptitud para altas velocidades

Si se utilizan materiales sintéticos para altas temperaturas, deberá tenerse en cuenta que los materiales fluorados, extremadamente eficaces, pueden desprender gases y vapores nocivos para la salud al calentarlos a temperaturas superiores a 300 °C. Esto deberá recordarse especialmente si tienen que desmontarse partes de rodamientos con soplete. FAG utiliza materiales fluorados para obturaciones de caucho fluorado (FKM, FPM, p. e. Viton®) o para grasas fluoradas, p.e. Arcanol L79V, una grasa FAG para rodamientos. Cuando no puedan evitarse elevadas temperaturas conviene observar la correspondiente hoja de seguridad del material fluorado en cuestión. Esta hoja está disponible bajo demanda.

Aptitud para altas velocidades

Criterios para la velocidad alcanzable

Generalmente, la máxima velocidad alcanzable de los rodamientos está determinada por la temperatura de servicio permisible. La temperatura de servicio depende del calor producido por rozamiento en el rodamiento, posible aportación o evacuación de calor desde el rodamiento. El tipo y tamaño del rodamiento, la precisión del rodamiento y sus partes anexas, el juego, el diseño de jaula, la lubricación y la carga, influyen en la velocidad alcanzable.

La **velocidad de referencia (térmica)** se muestra para la mayoría de rodamientos en las tablas de dimensiones. Está determinada por FAG según el procedimiento para condiciones de referencia indicadas en DIN 732, parte 1 (bosquejo).

La norma DIN 732, parte 2 (bosquejo) contiene el método para la determinación de la **velocidad de servicio térmicamente permisible** para casos en que las condiciones de servicio difieran de las condiciones de referencia, p. e. la carga, la viscosidad del aceite o la temperatura permisible. Los cálculos se facilitan con simples diagramas, preparados por FAG, véase página 89.

La **velocidad límite** que puede ser mayor o menor que la velocidad de referencia sólo tiene en cuenta los límites mecánicos y deberá ser considerada como la máxima velocidad de servicio permisible.

Generalmente, deberá observarse que la carga no es demasiado baja a elevadas velocidades y grandes aceleraciones, ver “Carga mínima de los rodamientos” en la página 33.

Velocidad límite

La resistencia límite de las partes de rodamiento o la velocidad de deslizamiento de las obturaciones son factores determinantes para la velocidad límite.

Las tablas muestran las velocidades límite también de rodamientos para los cuales la norma no define una velocidad de referencia, p. e. rodamientos con obturaciones. La velocidad límite, en estos casos, aplica para una carga correspondiente a $P/C=0.1$, una temperatura de servicio de 70°C, lubricación por baño de aceite y condiciones de montaje normales.

Datos de los rodamientos

Aptitud para altas velocidades

Una velocidad límite en las tablas que sea menor que la velocidad de referencia es indicativo, por ejemplo, de una resistencia de la jaula limitada. En estos casos no debe usarse el valor mayor.

La velocidad límite sólo puede ser excedida tras consultar con FAG.

Velocidad de referencia

La velocidad de referencia n_{Θ_r} está definida en la norma DIN 732, parte 1, como la velocidad a la cual se alcanza la temperatura de referencia.

Entonces existirá un equilibrio entre la energía por rozamiento generada en el rodamiento y el calor disipado por los rodamientos.

Las condiciones de referencia son similares a las condiciones de servicio de los rodamientos usuales. Se aplican uniformemente para todos los tipos y tamaños de rodamientos. No han estado incluidos los rodamientos para husillos, los rodamientos con cuatro caminos de rodadura, los rodamientos oscilantes de una hilera de rodillos y los rodamientos axiales de bolas. Las condiciones de referencia están seleccionadas de tal forma que las velocidades de referencia sean las mismas para lubricación con aceite y con grasa:

Velocidad de servicio térmicamente permisible

La velocidad de servicio térmicamente permisible n_{zul} es la velocidad bajo la cual la temperatura media del rodamiento alcanza el valor permisible bajo condiciones de servicio reales. Se obtiene multiplicando la velocidad de referencia n_{Θ_r} por el factor de velocidad f_N .

$$n_{zul} = n_{\Theta_r} \cdot f_N$$

La determinación de f_N está descrita en la norma DIN 732, parte 2 (bosquejo).

El método de FAG está basado en el bosquejo de la norma. Sin embargo, en vez de fórmulas se utilizan diagramas para rodamientos radiales de bolas, radiales de rodillos y axiales de rodillos facilitando la determinación.

El factor de velocidad f_N es, por aproximación, el producto de un parámetro de carga f_p , un parámetro de temperatura f_t y un parámetro de lubricación f_{v40} .

$$f_N = f_p \cdot f_t \cdot f_{v40}$$

Siempre deberá comprobarse que la velocidad de servicio térmicamente permisible no exceda el límite de velocidad (ver sección "Velocidad límite").

Condiciones de referencia

- Temperatura de referencia de 70 °C medida en el aro exterior; temperatura de referencia ambiental de 20 °C
- Carga de referencia del 5 % de la capacidad de carga estática C_0 ; en los rodamientos radiales sollicitación a carga puramente radial, en los rodamientos axiales sollicitación a carga axial centrada
- Lubricación de los rodamientos radiales con grasa de base lítica con aceite básico mineral sin aditivos EP (viscosidad del aceite básico de 22 mm²/s a 70 °C); 30% de los espacios libres del rodamiento llenos de grasa
- Lubricación con aceite mineral convencional sin aditivos EP de los rodamientos radiales; viscosidad cinemática de 12 mm²/s (a 70 °C); lubricación por baño de aceite con el nivel de aceite que llega hasta la mitad del cuerpo rodante más inferior
- Lubricación con aceite (sólo circulación de aceite) de los rodamientos axiales con aceite mineral convencional sin aditivos EP; viscosidad cinemática de 48 mm²/s (a 70 °C) para los rodamientos axiales de rodillos cilíndricos y 24 mm²/s para rodamientos axiales oscilantes de rodillos
- Contaminación del lubricante dentro de los valores permisibles
- Rodamientos en ejecución normal, es decir con precisión normal, juego normal, sin obturaciones
- Montaje de rodamientos con el aro exterior estático, eje horizontal y con los ajustes convencionales de montaje asegurando un juego normal de servicio
- Distribución convencional de la carga en el rodamiento, es decir evitando daños por errores de alineación de estructuras anexas, por fuerzas centrífugas de los cuerpos rodantes, por precarga o excesivo juego de servicio
- Evacuación de calor desde el rodamiento a través de superficies de referencia normalizadas en función del tipo de rodamiento; a partir de ella se determinará la densidad específica de referencia de las corrientes térmicas de los rodamientos que son evacuadas a través del apoyo y en caso de una lubricación por circulación de aceite (rodamientos axiales) a través del lubricante. Para rodamientos axiales de rodillos cilíndricos y axiales oscilantes de rodillos se asume una densidad específica de referencia de 20kW/m²



Datos de los rodamientos

Aptitud para altas velocidades

Diagramas para los parámetros de carga f_p

El parámetro de carga f_p viene representado en función del diámetro medio del rodamiento

$d_m = (D + d)/2$ y los valores P/C_0 (carga dinámica equivalente / capacidad de carga estática).

El diagrama 1 muestra las curvas para todos los rodamientos radiales de bolas, el diagrama 3 para todos los rodamientos radiales de rodillos y el diagrama 5 para los rodamientos axiales de rodillos.

Diagramas para los parámetros de temperatura f_t

El producto del parámetro de temperatura f_t y el valor anteriormente determinado f_p se obtienen de los diagramas 2, 4 y 6 (la parte superior) para temperaturas del aro exterior entre 30 °C y 110 °C

Los diagramas son similares para todos los tipos de rodamientos contenidos en la norma.

Diagramas para los parámetros de lubricación f_{v40}

En la parte inferior del diagrama 2 (rodamientos radiales de bolas) y del diagrama 4 (rodamientos radiales de rodillos) se determina el factor de velocidad $f_N = f_p \cdot f_t \cdot f_{v40}$ a través del parámetro de lubricación f_{v40} para viscosidades nominales v_{40} desde 10 hasta 1500 mm²/s.

Curvas diferentes en la parte central e inferior del diagrama 6 tienen en cuenta que la norma indica una viscosidad de servicio $v_{70} = 48$ mm²/s (equivalente a una viscosidad nominal $v_{40} = 204$ mm²/s) para rodamientos axiales de rodillos cilíndricos y una viscosidad de servicio $v_{70} = 24$ mm²/s (equivalente a una viscosidad nominal de $v_{40} = 84$ mm²/s) para rodamientos axiales oscilantes de rodillos. En el caso de lubricación con grasa, se utiliza la viscosidad del aceite básico.

Para cálculos más precisos utilice nuestro catálogo de rodamientos en CD-ROM o contacte con nuestro Servicio Técnico

Ejemplo para utilizar los diagramas

Rodamiento

Rodamiento rígido de bolas 6216 (80 x 140 x 26 mm)

$d_m = (D + d)/2 = 110$ mm

Velocidad de referencia 6300 min⁻¹

Velocidad límite 11000 min⁻¹

Factor de carga

$P/C_0 = 0.1$

Parámetro de carga $f_p = 0.94$

(del diagrama 1) con $P/C_0 = 0.1$ para rodamientos rígidos de bolas y $d_m = 110$ mm

Temperatura del aro exterior

$t = 90$ °C.

Producto $f_p \cdot f_t = 1.4$

(de la parte superior del diagrama 2) con $f_p = 0.94$ hasta la intersección con la curva de temperatura 90 °C

Factor de velocidad $f_N = 1.4$.

(de la parte inferior del diagrama 2) con $f_p \cdot f_t = 1.4$ hasta la intersección con la curva para parámetro de lubricación $v_{40} = 36$ mm²/s.

Velocidad de servicio térmicamente permisible

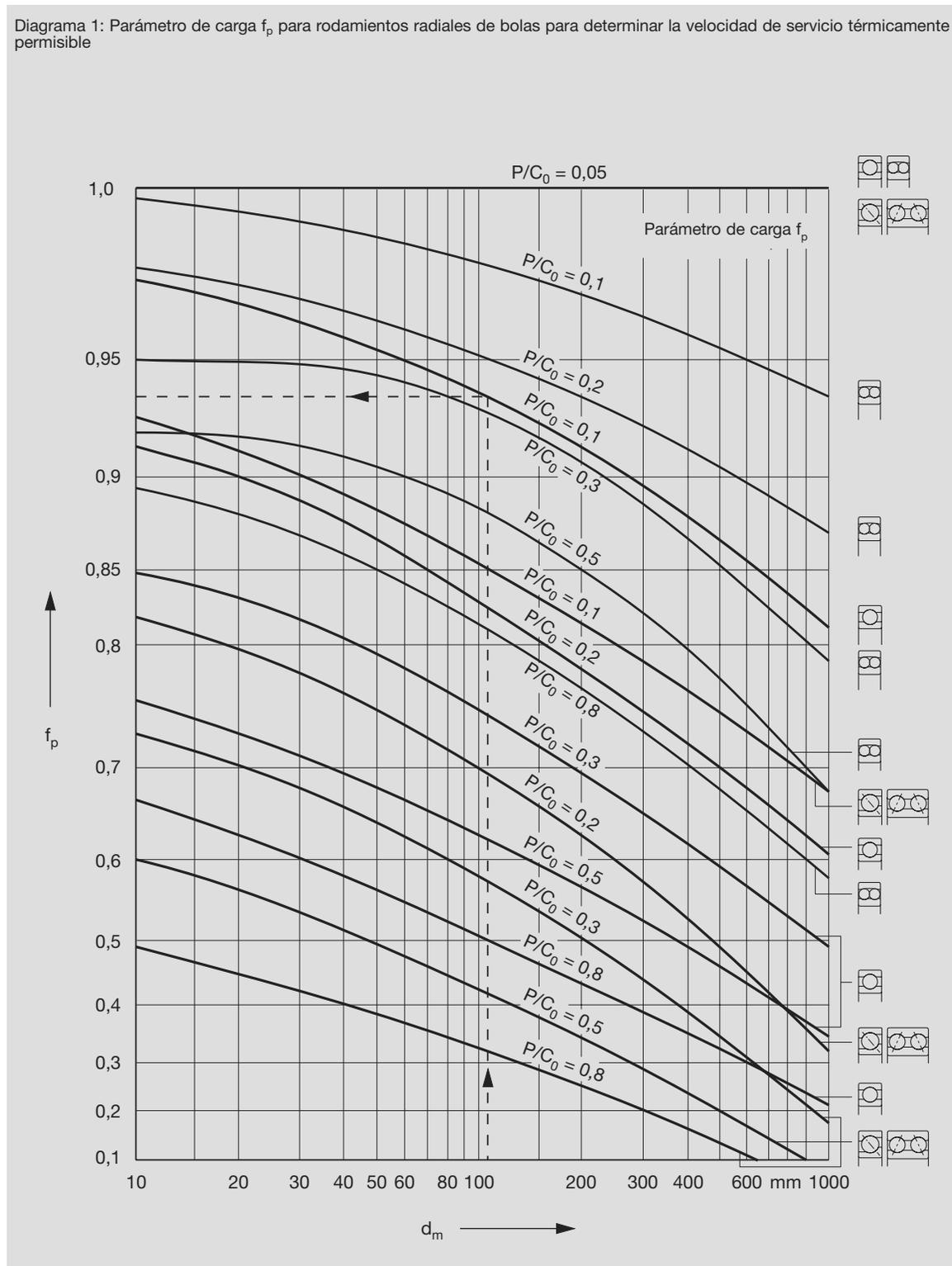
Producto de f_N y velocidad de referencia:

$1.4 \cdot 6300$ min⁻¹ = 8800 min⁻¹.

Datos de los rodamientos

Aptitud para altas velocidades

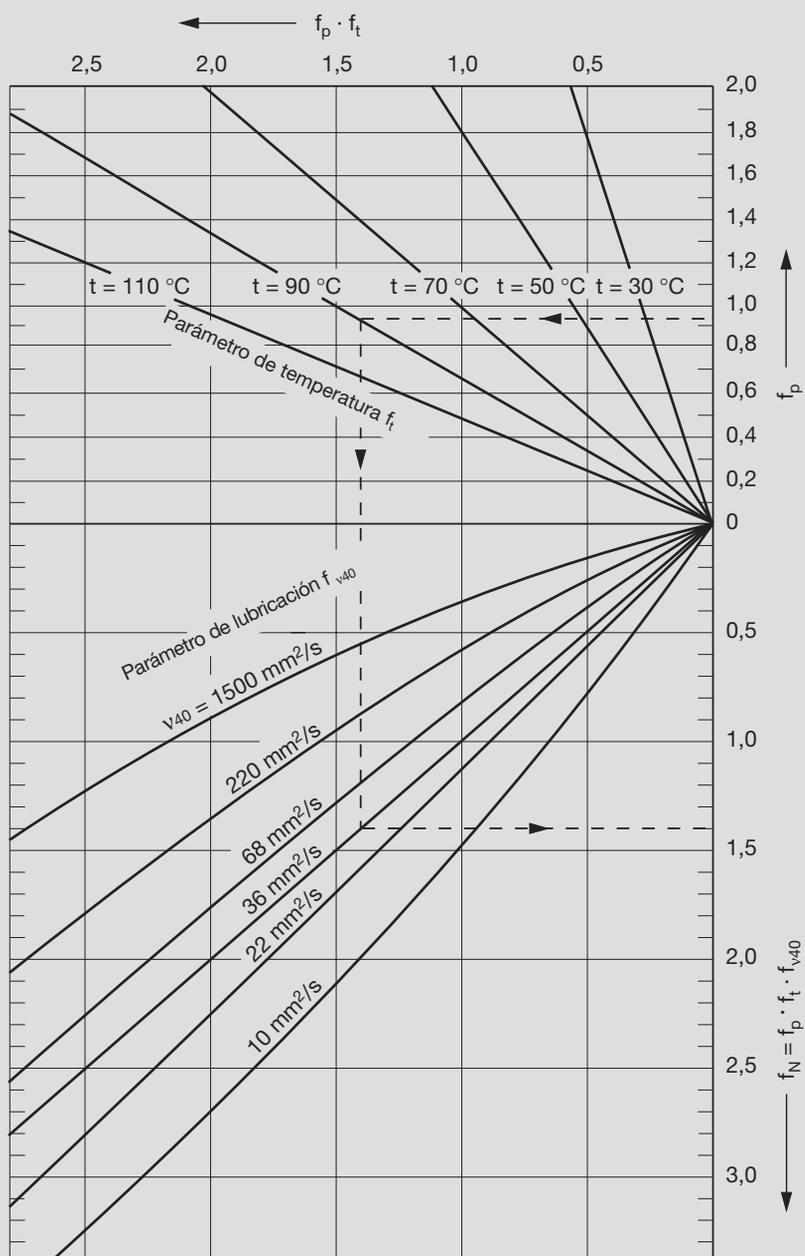
Diagrama 1: Parámetro de carga f_p para rodamientos radiales de bolas para determinar la velocidad de servicio térmicamente permisible



Datos de los rodamientos

Aptitud para altas velocidades

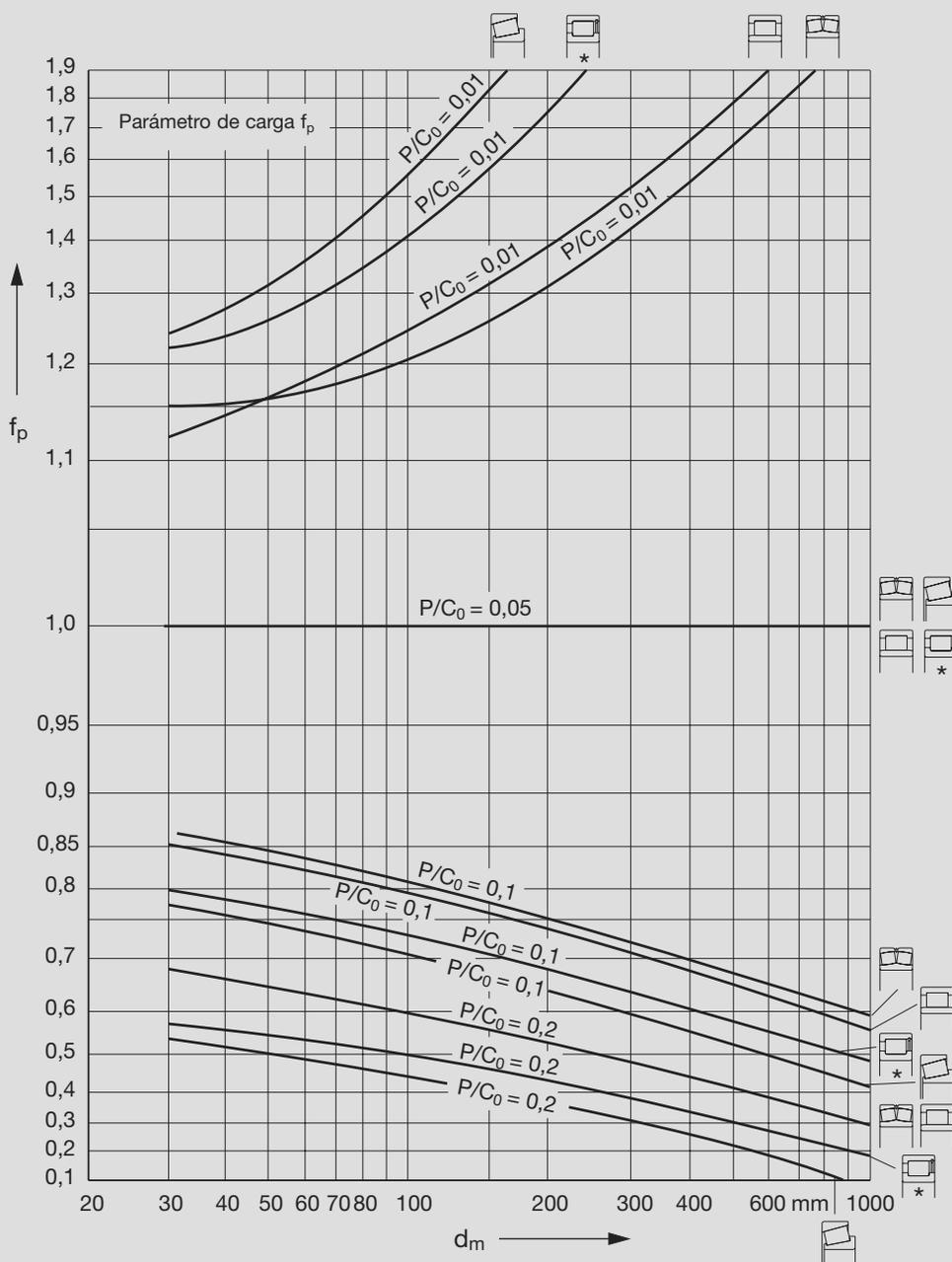
▼ Diagrama 2: Parámetro de temperatura f_t (arriba), parámetro de lubricación f_{v40} y factor de velocidad f_N para rodamientos radiales de bolas para determinar la velocidad de servicio térmicamente permisible



Datos de los rodamientos

Aptitud para altas velocidades

▼ Diagrama 3: Parámetro de carga f_p para rodamientos radiales de rodillos para determinar la velocidad de servicio térmicamente permisible

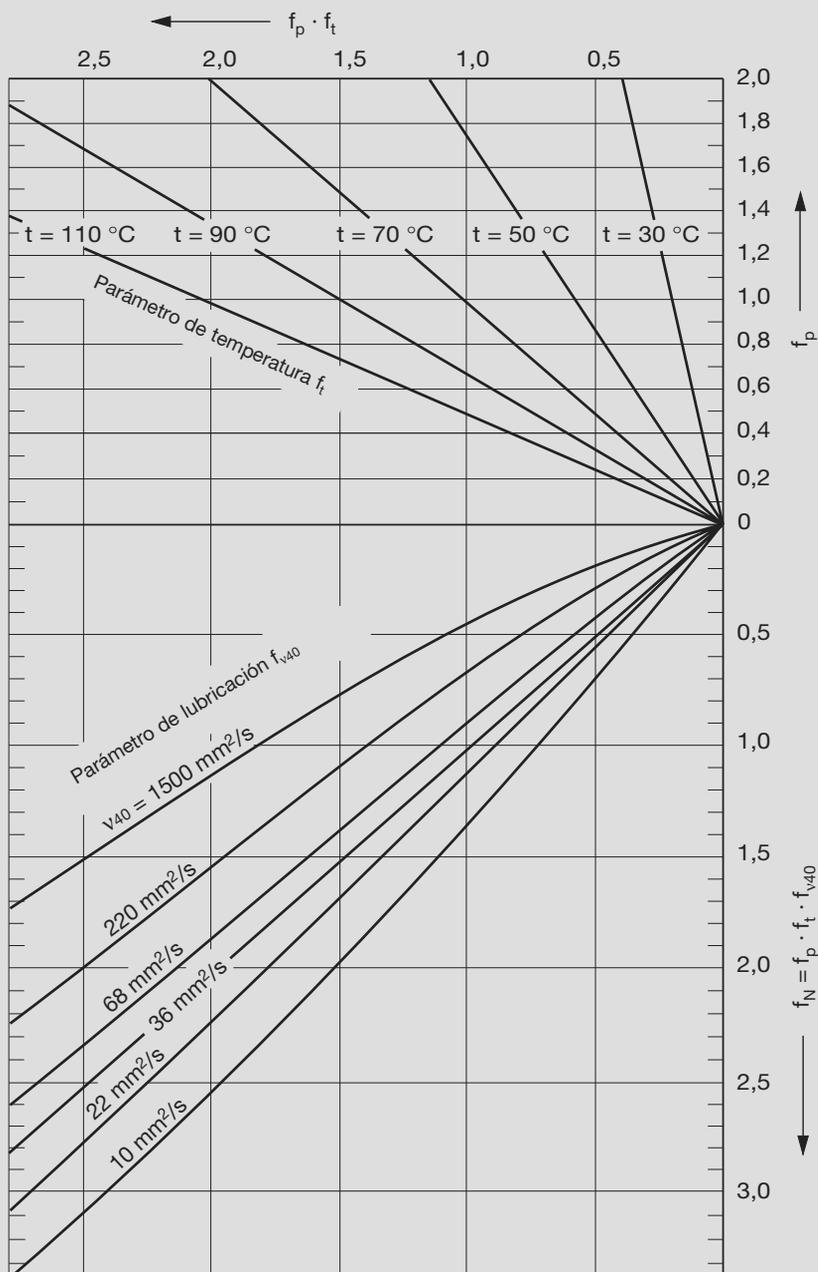


* Rodamientos de rodillos cilíndricos llenos de rodillos

Datos de los rodamientos

Aptitud para altas velocidades

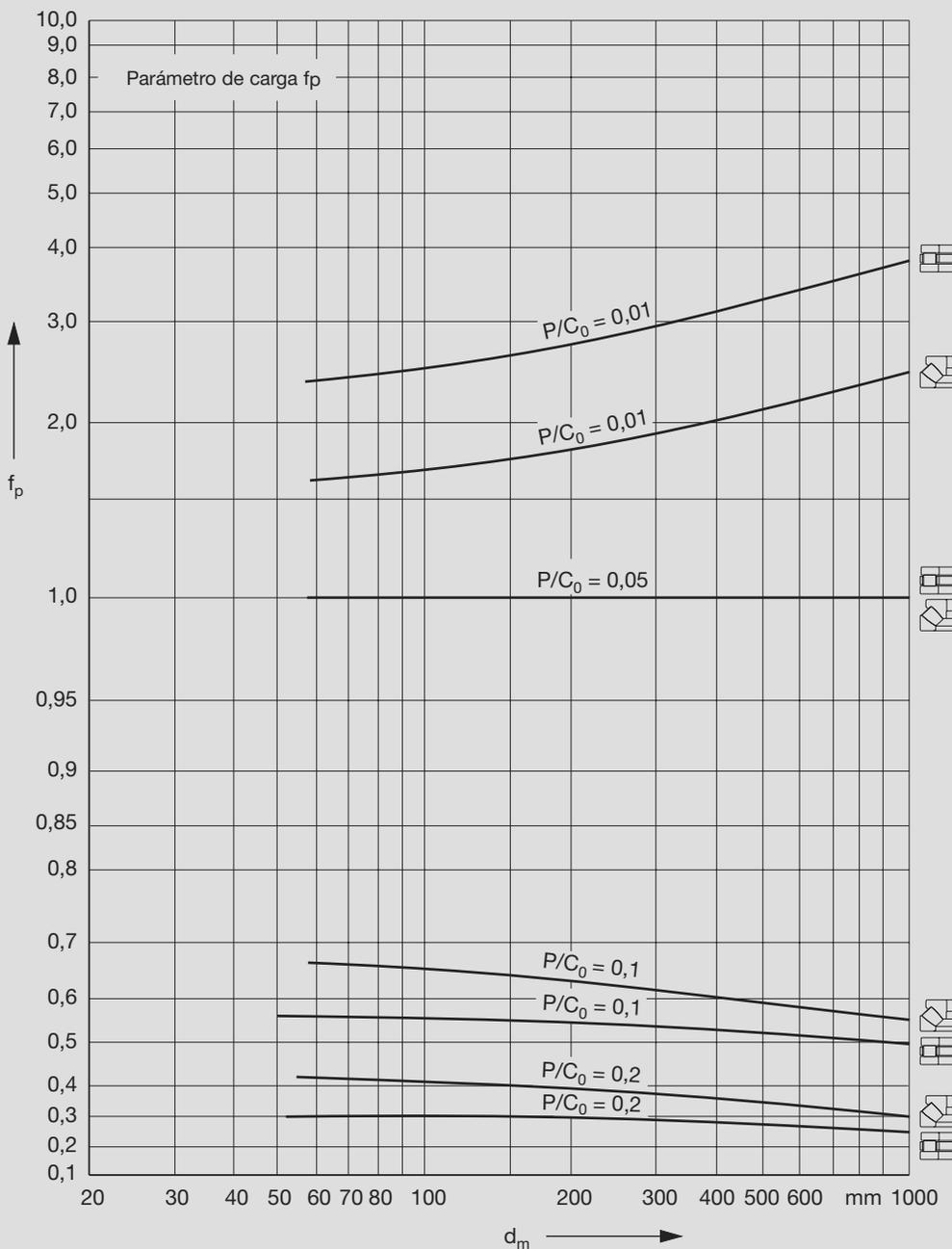
▼ Diagrama 4: Parámetro de temperatura f_t (arriba), parámetro de lubricación f_{v40} y factor de velocidad f_N para rodamientos radiales de rodillos para determinar la velocidad de servicio térmicamente permisible



Datos de los rodamientos

Aptitud para altas velocidades

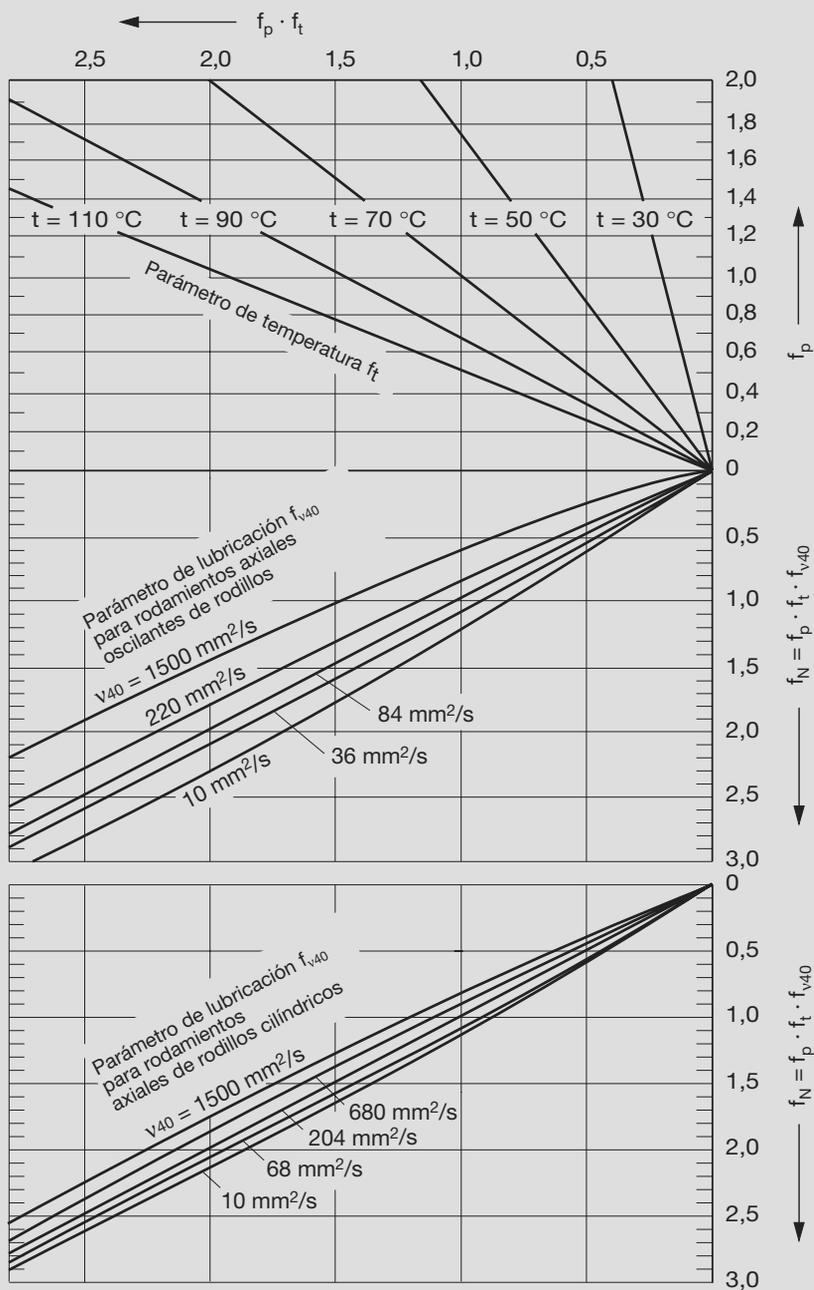
▼ Diagrama 5 : Parámetro de carga f_p para rodamientos axiales de rodillos para determinar la velocidad de servicio térmicamente permisible



Datos de los rodamientos

Aptitud para altas velocidades

▼ Diagrama 6: Parámetro de temperatura f_t para rodamientos axiales de rodillos (arriba), parámetro de lubricación $f_{v,40}$ y factor de velocidad f_N para rodamientos axiales oscilantes de rodillos (centro) y para rodamientos axiales de rodillos cilíndricos (abajo) para determinar la velocidad de servicio térmicamente permisible



Datos de los rodamientos

Rozamiento

Rozamiento

El rozamiento en rodamientos es bajo. Las condiciones de rozamiento varían, sin embargo, en los tipos individuales, ya que además del rozamiento del contacto de rodadura, hay varios grados de rozamiento por deslizamiento. El rozamiento del lubricante también está presente. El calor por rozamiento afecta la temperatura de servicio de la disposición de rodamientos.

El rozamiento del contacto de rodadura ocurre cuando los elementos rodantes ruedan encima de los caminos de rodadura; el rozamiento por deslizamiento ocurre en las superficies guiando de los elementos rodantes en la jaula, el borde de guiado de las superficies de la jaula y, en rodamientos de rodillos, en las caras de los rodillos y los bordes de los caminos de rodadura. El rozamiento del lubricante es el resultado del rozamiento interno del lubricante entre las superficies de trabajo así como su acción de trabajo y amasamiento

Par de rozamiento

El par de rozamiento M es la resistencia del rodamiento al movimiento.

Estimación del par de rozamiento

Bajo las siguientes condiciones:

- media carga ($P/C \approx 0,1$)
- factor de viscosidad $\kappa \approx 1$
- velocidad media
- principalmente carga radial en rodamientos radiales y carga axial pura en rodamientos axiales

el par de rozamiento M puede ser aproximado por la fórmula

$$M = \mu \cdot F \cdot d/2$$

siendo

- M [N mm] momento de rozamiento total
- μ coeficiente de rozamiento (tabla)
- F [N] carga resultante del rozamiento
- $$F = \sqrt{F_r^2 + F_a^2}$$
- d [mm] diámetro del agujero del rodamiento

Las constantes de coeficientes de rozamiento mostrados en la tabla no podrán ser aplicados a otras condiciones de servicio (magnitud de la carga, velocidad, viscosidad). El par de rozamiento se calcula entonces como se describe en la sección siguiente.

▼ Coeficientes de rozamiento μ de varios rodamientos a $P/C_0 \approx 0.1$ para estimación del par de rozamiento M

Tipo de rodamiento	Coefficiente de rozamiento μ
Rodamientos rígidos de bolas	0.0015
Rodamientos de bolas de contacto angular, de una hilera	0.002
Rodamientos de bolas de contacto angular, de doble hilera	0.0024
Rodamientos con cuatro caminos de rodadura	0.0024
Rodamientos oscilantes de bolas	0.0013
Rodamientos de rodillos cilíndricos	0.0013
Rodamientos de rodillos cilíndricos, llenos de rodillos	0.002
Rodamientos de rodillos cónicos	0.0018
Rodamientos oscilantes de rodillos	0.002
Rodamientos axiales de bolas	0.0015
Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos	0.004
Rodamientos axiales oscilantes de rodillos	0.002

Cálculo del par de rozamiento

El momento de rozamiento de un rodamiento depende de la carga, la velocidad y la viscosidad del lubricante. El par de rozamiento comprende un componente de carga independiente M_0 y un componente de carga dependiente M_1 . Con grandes cargas y bajas velocidades deberá añadirse un considerable rozamiento mixto a M_0 y M_1 . Con una película lubricante portante, desarrollada bajo condiciones de servicio normales, el par de rozamiento consiste sólo de M_0 y M_1 :

$$M = M_0 + M_1 \quad [\text{N mm}]$$

En el cálculo del par de rozamiento de rodamientos de rodillos cilíndricos cargados axialmente deberá tenerse en cuenta una parte de rozamiento mixto, ver las fórmulas al final de esta sección (página 98).

Los rodamientos con un elevado porcentaje de deslizamiento, por ejemplo rodamientos de rodillos cilíndricos llenos de rodillos, rodamientos de rodillos cónicos, rodamientos oscilantes de rodillos y rodamientos axiales, funcionan, tras el periodo de rodaje, fuera del rango de rozamiento mixto si se cumplen las siguiente condiciones:

$$n \cdot v / (P/C)^{0.5} \geq 9000$$

$$n \quad [\text{min}^{-1}] \quad \text{velocidad}$$

$$v \quad [\text{mm}^2/\text{s}] \quad \text{viscosidad de servicio del aceite o del aceite básico de la grasa.}$$



Datos de los rodamientos

Rozamiento

El par de rozamiento independiente de la carga, M_0 , depende la viscosidad de servicio v y de la velocidad n . La viscosidad de servicio está a veces influenciada por el rozamiento del rodamiento a través de la temperatura. Además, el tamaño del rodamiento (d_m) y especialmente la anchura del contacto de rodadura tienen efecto en M_0 . M_0 se obtiene de:

$$M_0 = f_0 \cdot 10^{-7} \cdot (v \cdot n)^{2/3} \cdot d_m^3 \text{ [N mm]}$$

donde

f_0	factor para el tipo de rodamiento y lubricación (ver tabla)
v [mm ² /s]	viscosidad de servicio del aceite o del aceite básico de la grasa
n [min ⁻¹]	velocidad del rodamiento
d_m [mm]	(D+d)/2 diámetro medio del rodamiento

El factor f_0 de las tablas aplica para lubricación por baño de aceite donde el nivel de aceite en el rodamiento estacionario alcanza el centro del elemento rodante inferior. Las series anchas de un mismo tipo de rodamientos tienen valores f_0 mayores. Si rodamientos radiales trabajan en un eje vertical bajo carga radial, debe tomarse el doble del valor indicado en las tablas; lo mismo aplica a grandes volúmenes de aceite refrigerante o a excesiva cantidad de grasa (es decir, más grasa de la que puede ser desplazada lateralmente).

En la fase inicial, los valores f_0 para rodamientos lubricados con grasa nueva son parecidos a los de rodamientos con lubricación por baño de aceite. Tras distribuirse la grasa en el rodamiento, debe tomarse la mitad del valor f_0 indicado en las tablas. Entonces es como el valor obtenido con lubricación por aceite con cantidades mínimas. Si el rodamiento está lubricado con grasa que sea apropiada para la aplicación, el par de rozamiento M_0 se obtiene principalmente del rozamiento interno del aceite básico.

▼ Factor f_0 para el cálculo de M_0 (para lubricación por baño de aceite)

Tipo y serie de rodamientos	Factor f_0
Rodamientos rígidos de bolas	1,5...2
Rodamientos de bolas de contacto angular, de una hilera	
72	2
73	3
Rodamientos de bolas de contacto angular, de doble hilera	
32	3,5
33	6
Rodamientos con cuatro caminos de rodadura	4
Rodamientos oscilantes de bolas	
12	1,5
13	2
22	2,5
23	3
Rodamientos de rodillos cilíndricos	
2, 3, 4, 10	2
22	3
23	4
30	2,5
Rodamientos de rodillos cilíndricos, llenos de rodillos	
NCF29V	6
NCF30V	7
NNC49V	11
NJ23VH	12
NNF50V	13
Rodamientos de rodillos cónicos	
302, 303, 313	3
329, 320, 322, 323	4,5
330, 331, 332	6
Rodamientos oscilantes de rodillos	
213, 222	3,5...4
223, 230, 239	4,5
231, 232	5,5...6
240, 241	6,5...7
Rodamientos axiales de bolas	
511, 512, 513, 514	1,5
522, 523	2
Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos	
811	3
812	4
Rodamientos axiales oscilantes de rodillos	
292E	2,5
293E	3
294E	3,3



Datos de los rodamientos

Rozamiento

El **par de rozamiento dependiente de carga**, M_1 , se obtiene del rozamiento de rodadura y del rozamiento de deslizamiento en los bordes y en las superficies de guiado de la jaula. El cálculo de M_1 utilizando el factor f_1 presupone una película separadora en las superficies de contacto de rodadura ($\kappa = n / n_1 \geq 1$).

M_1 se calcula como se indica:

$$M_1 = f_1 \cdot P_1 \cdot d_m \text{ [N mm]}$$

donde

- f_1 factor teniendo en cuenta la magnitud de la carga, ver tabla
- P_1 [N] carga correspondiente a M_1 , ver tabla
- d_m [mm] $(D + d)/2$ diámetro medio del rodamiento

Cuanto mayores sean los rodamientos, tanto más pequeños serán los elementos rodantes en relación al diámetro medio del rodamiento d_m . Con estas fórmulas, en los rodamientos grandes, especialmente en aquellos con sección pequeña, pueden obtenerse mayores pares de rozamiento M_1 en el cálculo que en la práctica.

Al determinar el par de rozamiento de **rodamientos de rodillos cilíndricos solicitados también por carga axial** hay que sumar el par de rozamiento dependiente de la carga axial M_a a los valores de M_0 y M_1 . Aquí vale pues:

$$M = M_0 + M_1 + M_a \text{ [N mm]}$$

y

$$M_a = f_a \cdot 0,06 \cdot F_a \cdot d_m \text{ [N mm]}$$

▼ Factores para el cálculo del par de rozamiento dependiente de la carga M_1

Tipo y serie de rodamiento	f_1 *)	P_1 1)
Rodamientos rígidos de bolas	$(0,0005...0,0009)(P_0/C_0)^{0,5}$	F_r o $3,3 F_a \cdot 0,1 F_r$ 2)
Rodamientos de bolas de contacto angular de una hilera, $\alpha = 15^\circ$	$0,0008 (P_0/C_0)^{0,5}$	F_r o $3,3 F_a \cdot 0,1 F_r$ 2)
de una hilera, $\alpha = 25^\circ$	$0,0009 (P_0/C_0)^{0,5}$	F_r o $1,9 F_a \cdot 0,1 F_r$ 2)
de una hilera, $\alpha = 40^\circ$	$0,001 (P_0/C_0)^{0,33}$	F_r o $1,0 F_a \cdot 0,1 F_r$ 2)
de doble hilera o una hilera apareados	$0,001 (P_0/C_0)^{0,33}$	F_r o $1,4 F_a \cdot 0,1 F_r$ 2)
Rodamientos con cuatro caminos de rodadura	$0,001 (P_0/C_0)^{0,33}$	$1,5 F_a + 3,6 F_r$
Rodamientos oscilantes de bolas	$0,0003 (P_0/C_0)^{0,4}$	F_r o $1,37 F_a/e - 0,1 F_r$ 2)
Rodamientos de rodillos cilíndricos con jaula llenos de rodillos	$0,0002...0,0004$ $0,00055$	F_r 3)
Rodamientos de rodillos cónicos de una hilera	$0,0004$	$2 Y F_a$ o F_r 2)
de doble hilera o una hilera apareados	$0,0004$	$1,21 F_a/e$ o F_r 2)
Rodamientos oscilantes de rodillos Serie 213, 222	$0,0005 (P_0/C_0)^{0,33}$	$1,6 F_a/e$, si $F_a/F_r > e$
Serie 223	$0,0008 (P_0/C_0)^{0,33}$	
Serie 231, 240	$0,0012 (P_0/C_0)^{0,5}$	
Serie 230, 239	$0,00075 (P_0/C_0)^{0,5}$	
Serie 232	$0,0016 (P_0/C_0)^{0,5}$	
Serie 241	$0,0022 (P_0/C_0)^{0,5}$	$F_r \{1 + 0,6 [F_a/(e \cdot F_r)]^3\}$ si $F_a/F_r \leq e$
Rodamientos axiales de bolas	$0,0012 (F_a/C_0)^{0,33}$	F_a
Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos	$0,0015$	F_a
Rodamientos axiales oscilantes de rodillos	$0,00023...0,00033$	F_a (donde $F_r \leq 0,55 F_a$)

*) Tomar el valor mayor para las series anchas

1) Si $P_1 < F_r$, debe tomarse $P_1 = F_r$

2) En cada caso deberá tomarse el valor mayor

3) Sólo para solicitación radial. Para rodamientos de rodillos cilíndricos solicitados además por cargas axiales hay que añadir M_a al par de rozamiento M_1 : $M = M_0 + M_1 + M_a$

Símbolos utilizados

- P_0 [N] carga equivalente, determinada de las cargas dinámicas, ver pág. 41
- C_0 [N] capacidad de carga estática
- F_a [N] componente axial de la solicitación dinámica del rodamiento
- F_r [N] componente radial de la solicitación dinámica del rodamiento
- Y, e factores explicados en los textos previos a las tablas de rodamientos

Datos de los rodamientos

Rozamiento

El factor f_a que depende de la sollicitación a carga axial y del estado de lubricación puede tomarse del diagrama (abajo).

Utilizando estas fórmulas puede determinarse con suficiente aproximación el par de rozamiento de un rodamiento. En la práctica, pueden haber diferencias si la lubricación total deseada no puede mantenerse y aparece lubricación mixta. No siempre se alcanza el estado óptimo de lubricación en servicio.

El **momento de arranque** de los rodamientos al poner en marcha la máquina puede ser considerablemente mayor que el valor calculado, especialmente a bajas temperaturas y en rodamientos con obturaciones rozantes.

En los **rodamientos con obturaciones rozantes**,

hay que prever un factor de corrección considerable, además del par de rozamiento calculado. En rodamientos pequeños lubricados con grasa este factor puede ser 8 (p.e. en el 6201.2RSR con grasa estándar, después de la distribución de la grasa), en rodamientos mayores el factor puede ser 3 (p.e. 6216.2RSR con grasa estándar, después de la distribución de la grasa). El rozamiento de la obturación depende también de la clase de consistencia de la grasa y de la velocidad.

El par de rozamiento y la **temperatura de servicio** de los rodamientos puede determinarse fácil y rápidamente utilizando el catálogo electrónico de rodamientos FAG, ver también la Sección "Programa de servicios FAG". El método de cálculo se describe en la publicación FAG WL 81 115 "Lubricación de rodamientos"

▼ Factor f_a para determinar el par de rozamiento dependiente de la carga axial M_a , en rodamientos de rodillos cilíndricos cargados axialmente

Para determinar M_a se necesitan los siguientes parámetros:

f_b	=	0.0048 para rodamientos con jaula
	=	0.0061 para rodamientos llenos de rodillos (sin jaula)
d_m	[mm]	diámetro medio del rodamiento = $0.5 \cdot (D + d)$
v	[mm ² / s]	viscosidad de servicio del aceite o del aceite básico de la grasa
n	[min ⁻¹]	velocidad del aro interior
F_a	[N]	carga axial
D	[mm]	diámetro exterior del rodamiento
d	[mm]	diámetro del agujero

