

Fijación y juego de los rodamientos

Fijación de los rodamientos	90
■ Fijación radial	90
■ Fijación axial	91
<i>Posicionamiento sobre un solo apoyo</i>	91
<i>Posicionamiento sobre dos apoyos</i>	92
■ Procedimientos de fijación axial	93
Asientos de los rodamientos	96
■ Tolerancias de los rodamientos	96
■ Tolerancias de los asientos en eje y alojamiento	97
■ Ajustes recomendados	98
■ Valor de tolerancias y ajustes	100
■ Geometría y estado de superficie de los asientos de los ejes y alojamientos	106
Juego radial de los rodamientos de contacto radial	109
■ Juego radial residual: definición, cálculo	109
<i>Tasa de repercusión del apriete sobre el juego</i>	109
<i>Juego residual tras montaje: J_{rm}</i>	110
<i>Elección del juego interno en función de los ajustes en eje y alojamiento</i>	112
<i>Cálculo del juego residual en funcionamiento</i>	112
Juego axial de los rodamientos de contacto angular	115
■ Precarga axial	115
<i>Desplazamiento axial y precarga</i>	115
<i>Determinación de la precarga</i>	116
<i>Reglaje</i>	117
■ Influencia de la temperatura sobre el juego axial de los rodamientos	117
<i>Modificación del juego en el montaje</i>	117
<i>Cálculo teórico de la variación del juego axial de un montaje</i>	118

Fijación de los rodamientos

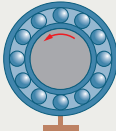
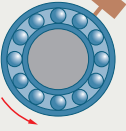
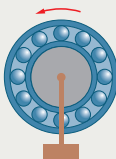
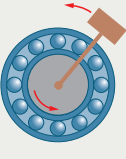
Fijación radial

Los anillos del rodamiento deben ligarse a los elementos del montaje (eje y alojamiento) de tal manera que se vuelvan parte integrante de los mismos. El modo de unión debe evitar todo movimiento relativo de los anillos sobre su asiento bajo la acción de cargas radiales y axiales, respetando la precisión del rodamiento, su juego de funcionamiento, sus límites de carga, velocidad, temperatura...

Bajo la acción de la carga radial, uno de los dos anillos de un rodamiento en rotación se "lamina" entre los cuerpos rodantes y su asiento, y tiene tendencia a girar sobre este último. Este desplazamiento relativo debe evitarse para impedir todo desgaste del asiento (dureza del rodamiento 62 HRC).

■ Regla general

El anillo que gira en relación a la dirección de la carga debe montarse con un ajuste apretado sobre el asiento.

	Análisis de la rotación (frecuencia del caso)		Principio de fijación
Carga fija en relación al anillo exterior	<p>Alojamiento y carga fijas (95 %)</p>  <p>Anillo interior giratorio</p>	<p>Alojamiento y carga giratorios (0,05 %)</p>  <p>Anillo interior fijo</p>	Anillo exterior apretado sobre el eje
	<p>Eje y carga fijos (3 %)</p>  <p>Anillo exterior giratorio</p>	<p>Eje y carga giratorios (1,5 %)</p>  <p>Anillo exterior fijo</p>	
Carga fija en relación al anillo interior			Anillo exterior apretado en el alojamiento

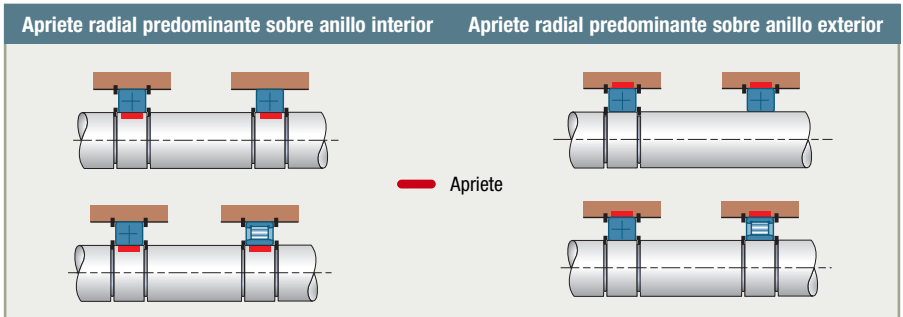
La inmovilización de los anillos de los rodamientos se hace generalmente por apriete. Existen otros modos de fijación: manguito de apriete (ver página 139), excéntrica o tornillo de presión sobre anillo interior, pegado... Los ajustes de los asientos se eligen en la Norma ISO 286 en base a los criterios de funcionamiento de los rodamientos.

Fijación axial

Los rodamientos aseguran el posicionamiento axial de la parte giratoria de un órgano respecto a la parte fija.

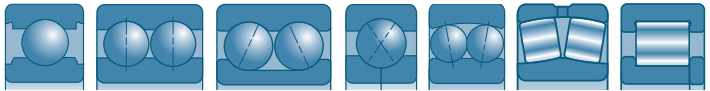
→ Posicionamiento sobre un solo apoyo

■ Fijar un apoyo impone que el otro sea libre de posicionarse axialmente sin tensión.



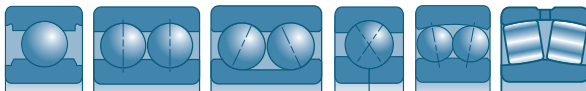
Apoyo fijo F

- ▶ el posicionamiento del rodamiento debe hacerse por fijación axial del anillo interior y del exterior
- ▶ tipos de rodamientos posibles



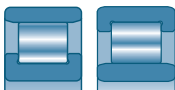
Apoyo libre L

- ▶ sólo el anillo montado apretado se inmoviliza axialmente, el otro es libre
- ▶ tipos de rodamientos posibles



Apoyo libre L1

- ▶ para los rodamientos de rodillos cilíndricos de tipo N o NU, donde la movilidad axial se asegura por el rodamiento mismo, los dos anillos del rodamiento se fijan
- ▶ tipos de rodamientos posibles



■ Apoyo fijo de dos rodamientos

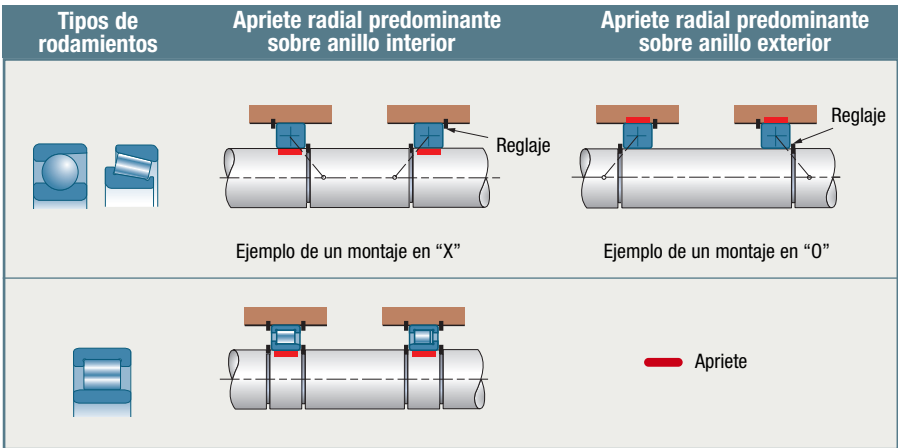
En función del pliego de condiciones del montaje, el apoyo fijo puede estar constituido por dos rodamientos asociados.

Fijación de los rodamientos

→ Posicionamiento sobre dos apoyos

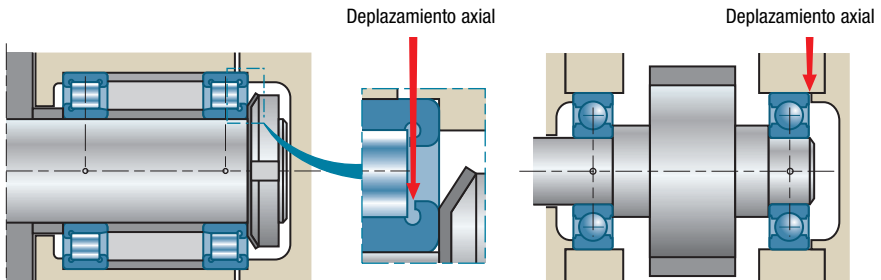
■ El principio de este montaje es limitar el desplazamiento axial del eje, por un apoyo en un sentido de empuje, y por el otro apoyo en el sentido de empuje opuesto.

Esto supone que uno de los anillos de los rodamientos es libre de desplazarse axialmente sobre su asiento para permitir el montaje. El desplazamiento axial de funcionamiento depende por tanto del reglaje axial efectuado sobre la posición relativa de los anillos interiores respecto a los anillos exteriores.



■ Rodamientos de contacto radial

Este tipo de montaje puede emplearse con los diversos tipos de rodamientos de contacto radial: rodamientos de bolas, de rodillos cilíndricos, a rótula. Un desplazamiento axial mínimo debe ser respetado, variable según el tipo de montaje.

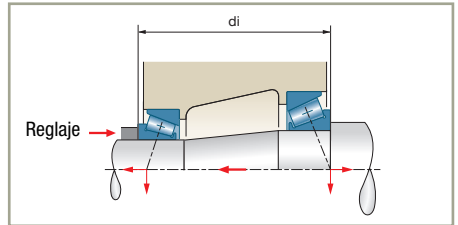


■ Rodamientos de contacto angular

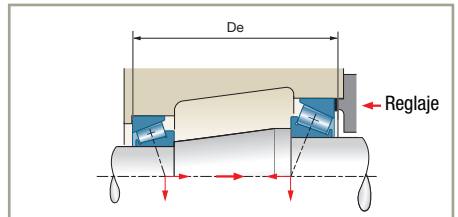
Los rodamientos de contacto angular adquieren su rigidez por medio del montaje. Requieren un reglaje que asegure el posicionamiento relativo y el juego de funcionamiento.

Son posibles dos tipos de montaje:

Montaje en O: los puntos de aplicación de las cargas se encuentran en el exterior de los apoyos.



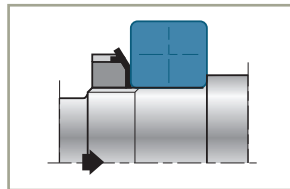
Montaje en X: los puntos de aplicación de las cargas se encuentran situados entre los apoyos.



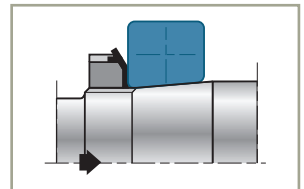
Procedimientos de fijación axial

■ Anillo interior

Tuerca y arandela

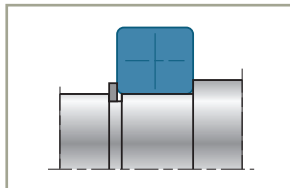


Asiento cilíndrico.
Apriete contra respaldo.

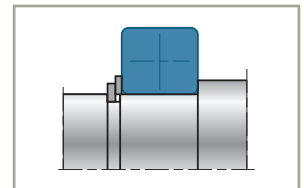


Asiento cónico cuyo rodamiento tiene diámetro interior cónico. Sentido preferente de empuje axial (→).

Segmento de retención



Montaje simple, rápido y poco voluminoso.

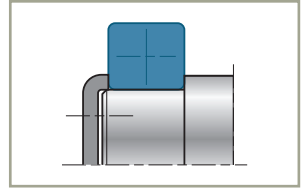


Requiere la inclusión de una arandela de apoyo entre anillo interior y segmento, en el caso de carga axial importante.

Fijación de los rodamientos

Anillo de retención

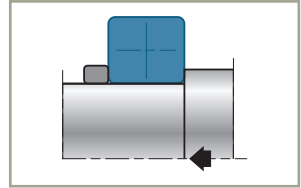
Reservado a los extremos de los ejes.



Anillo a presión

Sentido preferente de empuje axial (→).

El desmontado del rodamiento impone la destrucción del anillo.

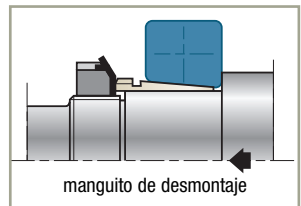
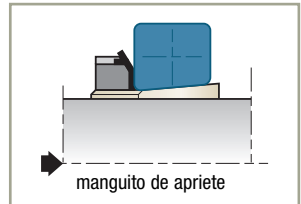


Manguito

Sentido preferente de empuje axial (→).

No necesita ningún mecanizado preciso del eje.

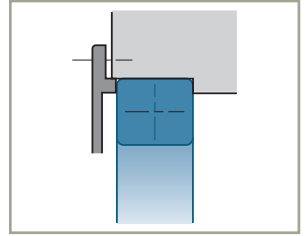
Utilizado sobre todo con los rodamientos de rodillos a rótula.



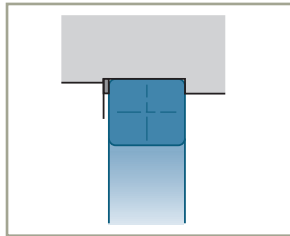
■ Anillo exterior

Tapa

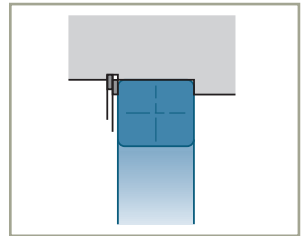
Juego necesario entre la tapa y la cara del cárter.



Segmento de retención



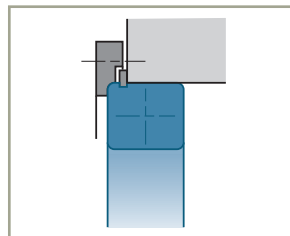
Montaje simple, rápido y poco voluminoso.



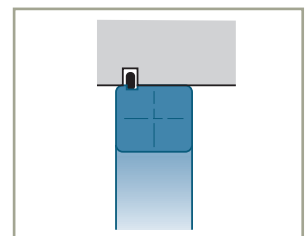
Requiere la inclusión de una arandela de apoyo entre anillo exterior y segmento, en el caso de carga axial importante.

Nota: el segmento de retención (con o sin arandela de apoyo) puede reemplazar un respaldo.

Segmento de retención incorporado al rodamiento (rodamiento tipo NR).



Juego necesario entre la tapa y la cara del cárter.



En el caso particular de cárter en dos partes, el segmento puede montarse según figura adjunta.

Asientos de los rodamientos

Tolerancias de los rodamientos

Bajo la acción de la carga radial, uno de los dos anillos del rodamiento en rotación tiene tendencia a girar. Para evitar todo desgaste del asiento, este desplazamiento debe ser impedido mediante un ajuste apropiado. Para el otro anillo, elegiremos un ajuste que permita un desplazamiento axial sobre el asiento (reglaje, dilatación).

■ Tolerancias de los rodamientos de precisión normal

Anillo interior

Desviación respecto al diámetro interior nominal

Diámetro interior d	Todos los rodamientos salvo rodamientos de rodillos Δd_{mp} (μm)		Rodamientos cónicos de rodillos Δd_{mp} (μm)	
	sup.	inf.	sup.	inf.
2,5 < d ≤ 10	0	-8		
10 < d ≤ 18	0	-8	0	-12
18 < d ≤ 30	0	-10	0	-12
30 < d ≤ 50	0	-12	0	-12
50 < d ≤ 80	0	-15	0	-15
80 < d ≤ 120	0	-20	0	-20
120 < d ≤ 180	0	-25	0	-25
180 < d ≤ 250	0	-30	0	-30
250 < d ≤ 315	0	-35	0	-35
315 < d ≤ 400	0	-40	0	-40

Anillo exterior

Desviación respecto al diámetro nominal

Diámetro exterior D	Todos los rodamientos salvo rodamientos de rodillos ΔD_{mp} (μm)		Rodamientos cónicos de rodillos ΔD_{mp} (μm)	
	sup.	inf.	sup.	inf.
6 < D ≤ 18	0	-8		
18 < D ≤ 30	0	-9	0	-12
30 < D ≤ 50	0	-11	0	-14
50 < D ≤ 80	0	-13	0	-16
80 < D ≤ 120	0	-15	0	-18
120 < D ≤ 150	0	-18	0	-20
150 < D ≤ 180	0	-25	0	-25
180 < D ≤ 250	0	-30	0	-30
250 < D ≤ 315	0	-35	0	-35
315 < D ≤ 400	0	-40	0	-40
400 < D ≤ 500	0	-45	0	-45
500 < D ≤ 630	0	-50	0	-50

Otras clases de precisión, ver página 23.

Tolerancias de los asientos del eje y alojamiento

Los ejes se mecanizan generalmente con tolerancias de calidad 6 o, a veces, 5. Los alojamientos, más difíciles de mecanizar, lo son generalmente en tolerancias de calidad 7 o, a veces, 6.

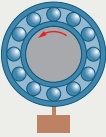
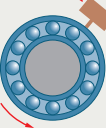
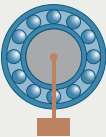
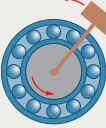
■ Valores de las tolerancias fundamentales (extraído de la Norma ISO 286).

Diámetro mm	Calidad		
	5	6	7
>3 a 6	5	8	12
>6 a 10	6	9	15
>10 a 18	8	11	18
>18 a 30	9	13	21
>30 a 50	11	16	25
>50 a 80	13	19	30
>80 a 120	15	22	35
>120 a 180	18	25	40
>180 a 250	20	29	46
>250 a 315	23	32	52
>315 a 400	25	36	57
>400 a 500	27	40	63

En algunos casos, en el intervalo de tolerancia elegido, los defectos de forma y de conicidad no son aceptables debido a que podrían perjudicar el buen funcionamiento del rodamiento. Cabe mantener para ellos un intervalo de tolerancia más reducido.

Asientos de los rodamientos

Ajustes recomendados

Análisis de la rotación	Principio de fijación	Eje		Aplicaciones	Alojamiento	Ejemplos	
		Aplicaciones	Ajustes recomendados				
<p>La carga gira respecto al anillo interior</p>  	Anillo interior apretado sobre el eje	Cargas normales $P < C / 5$	j6 / k6	Motores eléctricos, Cabezales de máquina herramienta, Bombas, Ventiladores, Reductores de velocidad	Caso general	H7 / J7	Motores eléctricos de potencia media, Poleas, Cabezales de máquina herramienta, Transmisiones
		Cargas elevadas $P > C / 5$	m6 / p6	Motores de tracción, Grandes reductores, Compresores	Anillo libre sobre su asiento	G7 / H7	Desplazamiento axial exigido (dilatación o reglaje)
<p>La carga gira respecto al anillo exterior</p>  	Anillo exterior apretado en el alojamiento	Caso general	g6 / h6	Poleas locas, Rodillos tensores, Ruedas	Cargas normales $P < C / 5$	M7 / N7	Poleas locas, Rodillos tensores, Ruedas
		Anillo libre sobre su asiento	f6 / g6	Desplazamiento axial exigido (dilatación o reglaje)	Cargas muy fuertes, Cargas fuertes con choques $P > C / 5$	N7 / P7	Material ferroviario, Grandes rodamientos de rodillos
Otros casos		Cargas puramente axiales	h6 / j6	Rodamientos y rodamientos axiales	Cargas puramente axiales	G7 / H7	Rodamientos y rodamientos axiales
		Manguitos de apriete	h9	Transmisiones Material agrícola			

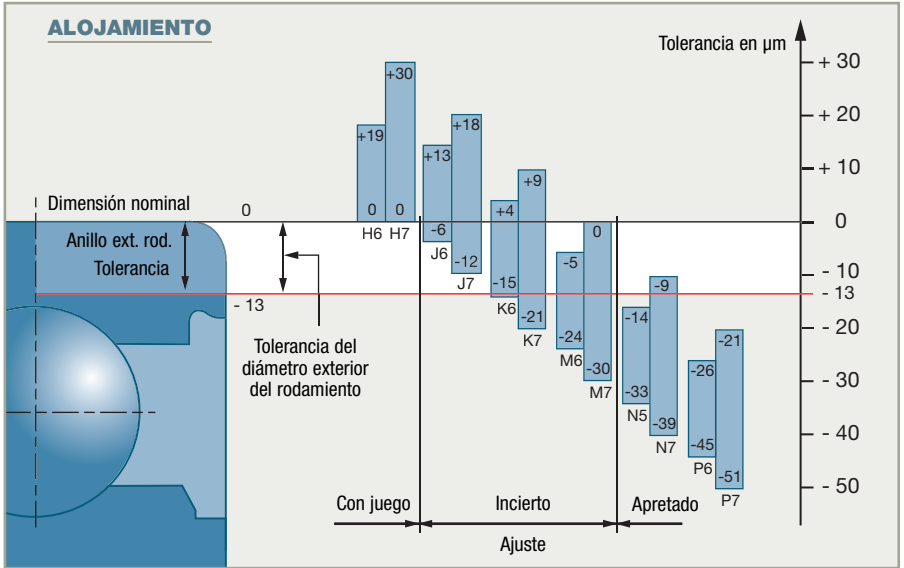
Se pueden hacer diferentes elecciones para tener en cuenta los diversos factores de construcción y de funcionamiento: por ejemplo en un montaje sometido a vibraciones y choques, es necesario adoptar ajustes más apretados.

Por otro lado, la naturaleza del montaje y el procedimiento de colocación pueden exigir ajustes diferentes. Por ejemplo, en los alojamientos en aleación ligera, se adopta generalmente un ajuste más apretado que los definidos normalmente, con el fin de compensar la dilatación diferencial.

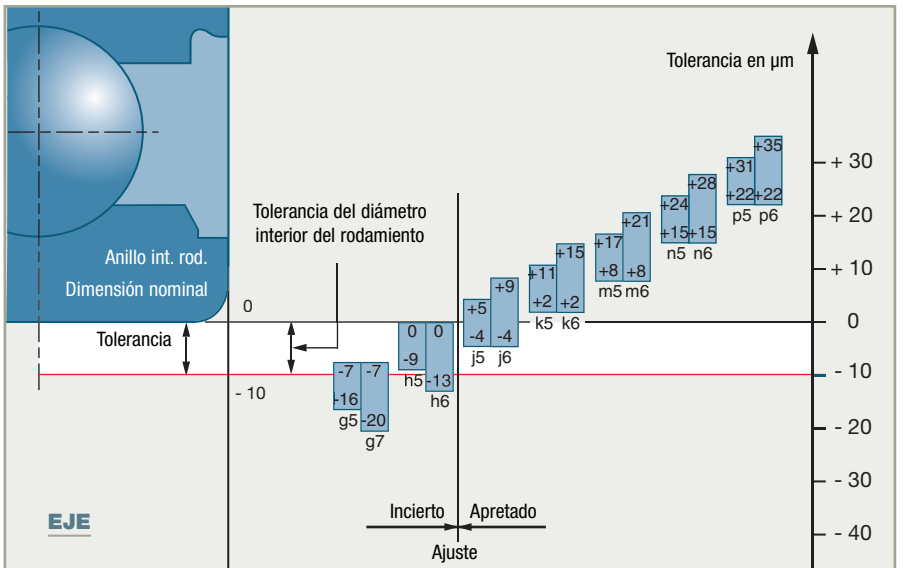
Las tablas siguientes ilustran los ajustes más comúnmente empleados en el montaje de rodamientos.

Ejemplo para un rodamiento de bolas SNR 6305 (25x62x17)

■ Ajuste rodamiento / alojamiento



■ Ajuste eje / rodamiento



Asientos de los rodamientos

Valor de las tolerancias y ajustes

Las tablas de las páginas siguientes indican:

- la tolerancia (en μm) sobre el diámetro interior o exterior del rodamiento (Norma ISO 492)
- la tolerancia (en μm) del diámetro del asiento en función del ajuste elegido (Norma ISO 286)
- las diferencias (en μm) entre los diámetros respectivos del rodamiento y su asiento:
 - valores teóricos calculados a partir de los valores extremos de las tolerancias de los rodamientos y asientos
 - valores medios
 - valores probables calculados a partir de la ley de Gauss. (con una probabilidad del 99,7%) según la fórmula:

$$\text{Tol. probable} = [(\text{Tol. rodamiento})^2 + (\text{Tol. asiento})^2]^{1/2}$$

Estas tablas conciernen a todos los tipos de rodamientos, salvo los rodamientos de rodillos cónicos. Para estos, utilizar el mismo proceso de cálculo a partir de sus tolerancias específicas.



En la práctica no se considera generalmente más que la tolerancia probable (los riesgos de error están limitados a 0,3%) para determinar un valor realista de la tolerancia del juego residual de un rodamiento tras el montaje.

■ Ejemplo

Rodamiento SNR 6305 (diámetro interior 25 mm).

Ajuste sobre el eje k5.

	Tolerancia		Valor medio	Intervalo de tolerancia
	mín	máx		
∅ interior del rodamiento	-10	0	-5	10
Tolerancia del eje	+2	+11	+6,5	9

- apriete teórico medio = $-(\text{medio eje} - \text{medio rodamiento}) = -[6,5 - (-5)] = -11,5$
- apriete teórico máximo = $-(\text{máximo eje} - \text{mínimo rodamiento}) = -[11 - (-10)] = -21$
- apriete teórico mínimo = $-(\text{mínimo eje} - \text{máximo rodamiento}) = -(2 - 0) = -2$
- tolerancia probable = $[(\text{intervalo tol. rodamiento})^2 + (\text{intervalo tol. eje})^2]^{1/2}$
= $(10^2 + 9^2)^{1/2} = 13$
- apriete probable máximo = $\text{apriete teórico medio} - \text{tolerancia probable}/2$
= $-11,5 - 6,5 = -18$
- apriete probable mínimo = $\text{apriete teórico medio} + \text{tolerancia probable}/2$
= $-11,5 + 6,5 = -5$

Ajustes de los rodamientos clase Normal sobre los ejes (cualquier rodamiento excepto rodamientos de rodillos cónicos)

EJE												
Diámetro nominal del eje (mm)	Tolerancia de u interior del rodamiento (µm)	Ajustes	f5	f6	g5	g6	h5	h6	j5	j6	▼	
3 <d5 6	-8 0	Tolerancia del eje en µm	-15 -10	-18 -10	-9 -4	-12 -4	-5 0	-8 0	1 +4	-1 +7		
		Media	+8,5	+10	-2,5	+4	-1,5	+4	0	-1 -5,5	-7	
6 <d5 10	-8 0	Diferencia de diámetro probable	+13 +4	+15,5 +4,5	+7 -2	+9,5 -1,5	+3 -6	+5,5 -5,5	-1 -10	-1,5 -12,5		
		Tolerancia del eje en µm	-19 -13	-22 -11	-11 -5	-14 -5	-6 0	-9 0	-2 -4	-2 +7		
10 <d5 18	-8 0	Media	+12	+13,5	+4	+5,5	-1	+0,5	0 -5	-6,5		
		Diferencia de diámetro probable	+17 +7	+19,5 +7,5	+9 -1	+11,5 -0,5	+4 -6	+6,5 -5,5	0 -10	-0,5 -12,5		
18 <d5 30	-10 0	Tolerancia del eje en µm	-24 -16	-27 -16	-14 -6	-17 -6	-8 0	-11 0	-3 +5	-3 +8		
		Media	+16	+17,5	+6	+7,5	0	+1,5	0	-5	-6,5	
18 <d5 30	-10 0	Diferencia de diámetro probable	+21,5+10,5	+24,5+10,5	+11,5+0,5	+14,5+0,5	+5,5-5,5	+8,5-5,5	+0,5-10,5	+0,5-13,5		
		Tolerancia del eje en µm	-29 -20	-33 -20	-16 -7	-20 -7	-9 0	-13 0	-4 -5	-4 -9		
30 <d5 50	-12 0	Media	+19,5	+21,5	+6,5	+8,5	-0,5	+1,5	-5,5	-7,5		
		Diferencia de diámetro probable	+26 +13	+30 +13	+13 0	+17 0	+6 -7	+10 -7	+1 -12	+1 -16		
50 <d5 65	-15 0	Tolerancia del eje en µm	-36 -25	-41 -25	-20 -9	-25 -9	-11 0	-16 0	-5 -6	-5 +11		
		Media	+24,5	+27	+8,5	+11	-0,5	+2	+2	-1	-9	
50 <d5 65	-15 0	Diferencia de diámetro probable	+32,5+16,5	+37 +17	+16,5+0,5	+21 +1	+7,5-8,5	+12 -8	+1,5-14,5	+1 -9		
		Tolerancia del eje en µm	-43 -30	-49 -30	-23 -10	-29 -10	-13 0	-19 0	-7 -6	-7 +12		
65 <d5 80	-15 0	Media	+29	+32	+9	+12	-1	+2	-7	-7		
		Diferencia de diámetro probable	+39 +19	+44 +20	+19 -1	+24 0	+9 -11	+14 -10	+3 -17	+2 -22		
80 <d5 100	-20 0	Tolerancia del eje en µm	-43 -30	-49 -30	-23 -10	-29 -10	-13 0	-19 0	-7 -6	-7 +10		
		Media	+39 +19	+44 +20	+19 -1	+24 0	+9 -11	+14 -10	+3 -17	+2 -22		
80 <d5 100	-20 0	Diferencia de diámetro probable	+51 -36	+58 -36	-27 -12	-34 -12	-15 -10	-22 0	-9 -6	-9 +13		
		Tolerancia del eje en µm	-51 -36	-58 -36	-27 -12	-34 -12	-15 -10	-22 0	-9 -6	-9 +13		
100 <d5 120	-20 0	Media	+33,5	+37	+9,5	+13	-2,5	+1	-8,5	-12		
		Diferencia de diámetro probable	+46 +21	+52 +22	+22 -3	+28 -2	+10 -15	+16 -14	+4 -21	+3 -27		
120 <d5 140	-25 0	Tolerancia del eje en µm	-61 -43	-68 -43	-32 -14	-39 -14	-18 0	-25 0	-11 +7	-11 +14		
		Media	+39,5	+43	+10,5	+14	-3,5	0	-10,5	-14		
120 <d5 140	-25 0	Diferencia de diámetro probable	+55 +24	+60,5+25,5	+26 -5	+31,5 -3,5	+12 -19	+17,5-17,5	+5 -26	+4 -32		
		Tolerancia del eje en µm	-61 -43	-68 -43	-32 -14	-39 -14	-18 0	-25 0	-11 +7	-11 +14		
140 <d5 160	-25 0	Media	+39,5	+43	+10,5	+14	-3,5	0	-10,5	-14		
		Diferencia de diámetro probable	+55 +24	+60,5+25,5	+26 -5	+31,5 -3,5	+12 -19	+17,5-17,5	+5 -26	+4 -32		
160 <d5 180	-25 0	Tolerancia del eje en µm	-61 -43	-68 -43	-32 -14	-39 -14	-18 0	-25 0	-11 +7	-11 +14		
		Media	+39,5	+43	+10,5	+14	-3,5	0	-10,5	-14		
160 <d5 180	-25 0	Diferencia de diámetro probable	+55 +24	+60,5+25,5	+26 -5	+31,5 -3,5	+12 -19	+17,5-17,5	+5 -26	+4 -32		
		Tolerancia del eje en µm	-70 -50	-79 -50	-35 -15	-44 -15	-20 0	-29 0	-13 +7	-13 +16		
180 <d5 200	-30 0	Media	+45	+49,5	+10	+14,5	-5	-0,5	-12	-16,5		
		Diferencia de diámetro probable	+63 +27	+70,5+28,5	+28 -8	+35,5 -6,5	+13 -23	+20,5-21,5	+6 -30	+4,5 -37,5		
200 <d5 225	-30 0	Tolerancia del eje en µm	-70 -50	-79 -50	-35 -15	-44 -15	-20 0	-29 0	-13 +7	-13 +16		
		Media	+45	+49,5	+10	+14,5	-5	-0,5	-12	-16,5		
200 <d5 225	-30 0	Diferencia de diámetro probable	+63 +27	+70,5+28,5	+28 -8	+35,5 -6,5	+13 -23	+20,5-21,5	+6 -30	+4,5 -37,5		
		Tolerancia del eje en µm	-70 -50	-79 -50	-35 -15	-44 -15	-20 0	-29 0	-13 +7	-13 +16		
225 <d5 250	-30 0	Media	+45	+49,5	+10	+14,5	-5	-0,5	-12	-16,5		
		Diferencia de diámetro probable	+63 +27	+70,5+28,5	+28 -8	+35,5 -6,5	+13 -23	+20,5-21,5	+6 -30	+4,5 -37,5		
250 <d5 280	-35 0	Tolerancia del eje en µm	-79 -56	-88 -56	-40 -17	-49 -17	-23 0	-32 0	-16 +7	-16 +16		
		Media	+50	+54,5	+11	+15,5	-6	-1,5	-8	-13		
250 <d5 280	-35 0	Diferencia de diámetro probable	+71 +29	+78 +31	+32 -10	+39 -8	+15 -27	+22 -25	+8 -34	+6 -41		
		Tolerancia del eje en µm	-79 -56	-88 -56	-40 -17	-49 -17	-23 0	-32 0	-16 +7	-16 +16		
280 <d5 315	-35 0	Media	+50	+54,5	+11	+15,5	-6	-1,5	-13	-17,5		
		Diferencia de diámetro probable	+71 +29	+78 +31	+32 -10	+39 -8	+15 -27	+22 -25	+8 -34	+6 -41		
315 <d5 400	-40 0	Tolerancia del eje en µm	-87 -62	-98 -62	-43 -18	-54 -18	-25 0	-36 0	-18 +7	-18 +18		
		Media	+57	+62,5	+13	+18,5	-5	-1,5	-12	-17,5		
315 <d5 400	-40 0	Diferencia de diámetro probable	+79 +35	+88 +37	+35 -9	+44 -7	+17 -27	+26 -25	+10 -34	+8 -43		
		Tolerancia del eje en µm	-95 -68	-108 -68	-47 -20	-60 -20	-27 0	-40 0	-20 +7	-20 +20		
400 <d5 500	-45 0	Media	+64	+70,5	+16	+22,5	-4	+2,5	-11	-17,5		
		Diferencia de diámetro probable	+86 +42	+97 +44	+38 -6	+49 -4	+18 -26	+29 -24	+11 -33	+9 -44		
500 <d5 630	-50 0	Tolerancia del eje en µm		-120 -76		-66 -22	-32 0	-44 0				
		Media		+80,5		+26,5	-1,5	+4,5				
500 <d5 630	-50 0	Diferencia de diámetro probable		+109 +52		+35 -2	+22 -25	+33 -24				
		Tolerancia del eje en µm		-130 -80		-74 -24	-36 0	-50 0				
630 <d5 800	-75 0	Media		+87,5		+31,5	+0,5	+7,5				
		Diferencia de diámetro probable		+118 +57		+62 +1	+26 -25	+38 -23				

1. Ajuste negativo significa « apriete » / ajuste positivo significa « deslizamiento » (juego)
2. El valor de los ajustes probables se calcula suponiendo que la distribución estadística de las cotas en el interior de las tolerancias sigue una ley « normal » (ley de Gauss)
3. Tolerancias de rodamientos y ajustes : valores en micras (µm)
4. ▼ Ajustes más corrientes

■ Ajustes de los rodamientos clase Normal sobre los ejes (cualquier rodamiento excepto rodamientos de rodillos cónicos)

EJE															
Diámetro nominal del eje (mm)	Tolerancia de 0 inferior del rodamiento (µm)	Ajustes													
				k5	k6	m5	m6	n5	n6	p5	p6				
3 <d5 6	-8 0	Tolerancia del eje en µm		+1 +6	+1 +9	+4 +9	+4 +12	+8 +13	+8 +16	+12 +17	+12 +20				
		Media		-7,5	-9	-10,5	-12	-14,5	-16	-18,5	-20				
		Diferencia de diámetro probable		-3	-12	-3,5 -14,5	-6	-15	-6,5 -17,5	-10	-19	-10,5-21,5	-14	-23	-14,5-25,5
6 <d5 10	-8 0	Tolerancia del eje en µm		+1 +7	+1 +10	+8 +12	+6 +15	+10 +16	+10 +19	+15 +21	+15 +24				
		Media		-8	-9,5	-13	-14,5	-17	-18,5	-22	-23,5				
		Diferencia de diámetro probable		-3	-13	-3,5 -15,5	-8	-18	-8,5 -20,5	-12	-22	-12,5-24,5	-17	-27	-17,5-29,5
10 <d5 18	-8 0	Tolerancia del eje en µm		+1 +9	+1 +12	+7 +15	+7 +18	+12 +20	+12 +23	+18 +26	+18 +29				
		Media		-9	-10,5	-15	-16,5	-20	-21,5	-26	-27,5				
		Diferencia de diámetro probable		-3,5 -14,5	-3,5 -17,5	-9,5 -20,5	-9,5 -23,5	-14,5-25,5	-14,5-28,5	-20,5-31,5	-20,5-34,5				
18 <d5 30	-10 0	Tolerancia del eje en µm		+2 +11	+2 +15	+8 +17	+8 +21	+15 +24	+15 +28	+22 +31	+22 +35				
		Media		-11,5	-13,5	-17,5	-19,5	-24,5	-26,5	-31,5	-33,5				
		Diferencia de diámetro probable		-5	-18	-5 -22	-11 -24	-11 -28	-18 -31	-18 -35	-25 -38	-25 -42			
30 <d5 50	-12 0	Tolerancia del eje en µm		+2 +13	+2 +18	+9 +20	+9 +25	+17 +28	+17 +33	+26 +37	+26 +42				
		Media		-13,5	-16	-20,5	-23	-28,5	-31	-37,5	-40				
		Diferencia de diámetro probable		-5,5 -21,5	-6 -26	-12,5-28,5	-13 -33	-20,5-36,5	-21 -41	-29,5-45,5	-30 -50				
50 <d5 65	-15 0	Tolerancia del eje en µm		+2 +15	+2 +21	+11 +24	+11 +30	+20 +33	+20 +39	+32 +45	+32 +51				
		Media		-16	-19	-25	-28	-34	-37	-46	-49				
		Diferencia de diámetro probable		-6	-26	-7 -31	-15 -35	-16 -40	-24 -44	-25 -49	-36 -56	-37 -61			
65 <d5 80	-15 0	Tolerancia del eje en µm		+2 +15	+2 +21	+11 +24	+11 +30	+20 +33	+20 +39	+32 +45	+32 +51				
		Media		-16	-19	-25	-28	-34	-37	-46	-49				
		Diferencia de diámetro probable		-6	-26	-7 -31	-15 -35	-16 -40	-24 -44	-25 -49	-36 -56	-37 -61			
80 <d5 100	-20 0	Tolerancia del eje en µm		+3 +18	+3 +25	+13 +28	+13 +35	+23 +38	+23 +45	+37 +52	+37 +59				
		Media		-20,5	-24	-30,5	-34	-40,5	-44	-54,5	-58				
		Diferencia de diámetro probable		-8	-33	-9 -39	-18 -43	-19 -49	-28 -53	-29 -59	-42 -67	-43 -73			
100 <d5 120	-20 0	Tolerancia del eje en µm		+3 +18	+3 +25	+13 +28	+13 +35	+23 +38	+23 +45	+37 +52	+37 +59				
		Media		-20,5	-24	-30,5	-34	-40,5	-44	-54,5	-58				
		Diferencia de diámetro probable		-8	-33	-9 -39	-18 -43	-19 -49	-28 -53	-29 -59	-42 -67	-43 -73			
120 <d5 140	-25 0	Tolerancia del eje en µm		+3 +21	+3 +28	+15 +33	+15 +40	+27 +45	+27 +52	+43 +61	+43 +68				
		Media		-24,5	-28	-36,5	-40	-48,5	-52	-64,5	-68				
		Diferencia de diámetro probable		-9	-40	-10,5-45,5	-21 -52	-22,5-57,5	-33 -64	-34,5-69,5	-49 -80	-50,5-85,5			
140 <d5 160	-25 0	Tolerancia del eje en µm		+3 +21	+3 +28	+15 +33	+15 +40	+27 +45	+27 +52	+43 +61	+43 +68				
		Media		-24,5	-28	-36,5	-40	-48,5	-52	-64,5	-68				
		Diferencia de diámetro probable		-9	-40	-10,5-45,5	-21 -52	-22,5-57,5	-33 -64	-34,5-69,5	-49 -80	-50,5-85,5			
160 <d5 180	-25 0	Tolerancia del eje en µm		+3 +21	+3 +28	+15 +33	+15 +40	+27 +45	+27 +52	+43 +61	+43 +68				
		Media		-24,5	-28	-36,5	-40	-48,5	-52	-64,5	-68				
		Diferencia de diámetro probable		-9	-40	-10,5-45,5	-21 -52	-22,5-57,5	-33 -64	-34,5-69,5	-49 -80	-50,5-85,5			
180 <d5 200	-30 0	Tolerancia del eje en µm		+4 +24	+4 +33	+17 +37	+17 +46	+31 +51	+31 +60	+50 +70	+50 +79				
		Media		-29	-33,5	-42	-46,5	-56	-60,5	-75	-79,5				
		Diferencia de diámetro probable		-11	-47	-12,5-54,5	-24 -60	-25,5-67,5	-38 -74	-39,5-81,5	-57 -93	-58,5-100,5			
200 <d5 225	-30 0	Tolerancia del eje en µm		+4 +24	+4 +33	+17 +37	+17 +46	+31 +51	+31 +60	+50 +70	+50 +79				
		Media		-29	-33,5	-42	-46,5	-56	-60,5	-75	-79,5				
		Diferencia de diámetro probable		-11	-47	-12,5-54,5	-24 -60	-25,5-67,5	-38 -74	-39,5-81,5	-57 -93	-58,5-100,5			
225 <d5 250	-30 0	Tolerancia del eje en µm		+4 +24	+4 +33	+17 +37	+17 +46	+31 +51	+31 +60	+50 +70	+50 +79				
		Media		-29	-33,5	-42	-46,5	-56	-60,5	-75	-79,5				
		Diferencia de diámetro probable		-11	-47	-12,5-54,5	-24 -60	-25,5-67,5	-38 -74	-39,5-81,5	-57 -93	-58,5-100,5			
250 <d5 280	-35 0	Tolerancia del eje en µm		+4 +27	+4 +36	+20 +43	+20 +52	+34 +57	+34 +66	+56 +79	+56 +88				
		Media		-33	-37,5	-49	-53,5	-67	-71,5	-85	-89,5				
		Diferencia de diámetro probable		-12	-54	-14 -61	-28 -70	-30 -77	-42 -84	-44 -91	-64 -106	-66 -113			
280 <d5 315	-35 0	Tolerancia del eje en µm		+4 +27	+4 +36	+20 +43	+20 +52	+34 +57	+34 +66	+56 +79	+56 +88				
		Media		-33	-37,5	-49	-53,5	-67	-71,5	-85	-89,5				
		Diferencia de diámetro probable		-12	-54	-14 -61	-28 -70	-30 -77	-42 -84	-44 -91	-64 -106	-66 -113			
315 <d5 400	-40 0	Tolerancia del eje en µm		+4 +29	+4 +40	+21 +46	+21 +57	+37 +62	+37 +73	+62 +87	+62 +98				
		Media		-34	-39,5	-51	-56,5	-72,5	-78	-92	-97,5				
		Diferencia de diámetro probable		-12	-56	-14 -65	-29 -73	-31 -82	-45 -89	-47 -98	-70 -114	-72 -123			
400 <d5 500	-45 0	Tolerancia del eje en µm		+5 +32	+5 +45	+23 +50	+23 +63	+40 +67	+40 +80	+68 +95	+68 +108				
		Media		-36	-42,5	-54	-60,5	-71	-77,5	-99	-105,5				
		Diferencia de diámetro probable		-14	-58	-16 -69	-32 -76	-34 -87	-49 -93	-51 -104	-77 -121	-79 -132			
500 <d5 630	-50 0	Tolerancia del eje en µm			0 +44		+26 +70		+44 +88		+78 +122				
		Media			-39,5		-65,5		-83,5		-117,5				
		Diferencia de diámetro probable			-11 -68		-37 -94		-55 -112		-89 -146				
630 <d5 800	-75 0	Tolerancia del eje en µm			0 +50		+30 +80		+50 +100		+88 +138				
		Media			-42,5		-72,5		-92,5		-130,5				
		Diferencia de diámetro probable			-12 -73		-42 -103		-62 -123		-100 -161				

1. Ajuste negativo significa « apriete » / ajuste positivo significa « deslizamiento » (juego)
2. El valor de los ajustes probable se calcula suponiendo que la distribución estadística de las cotas en el interior de las tolerancias sigue una ley « normal » (ley de Gauss)
3. Tolerancias de rodamientos y ajustes : valores en micras (µm)
4. ▼ Ajustes más corrientes

Ajustes de los rodamientos clase Normal sobre los ejes (cualquier rodamiento excepto rodamientos de rodillos cónicos)

ALOJAMIENTO										
Diámetro nominal del alojamiento (mm)	Tolerancia de Ø exterior del rodamiento (µm)	Ajustes	G6	G7	H6	H7	J6	J7	K6	K7
10 <D> 18	-8 0	Tolerancia del alojamiento	+6 +17	+6 +24	0 +11	0 +18	-5 +6	-8 +10	-9 +2	-12 +6
		Media	+15,5	+19	+9,5	+13	+4,5	+5	+0,5	+4,5
		Diferencia de diámetro probable	+22,5+8,5	+29 +9	+16,5+2,5	+23 +3	+11,5 -2,5	+15 -5	+7,5 -6,5	+11 -9
18 <D> 30	-9 0	Tolerancia del alojamiento	+7 +20	+7 +28	0 +13	0 +21	-5 +8	-9 +12	-11 +2	-15 +6
		Media	+18	+22	+11	+15	+6	+6	0	+0
		Diferencia de diámetro probable	+26 +10	+33,5+10,5	+19 +3	+26,5+3,5	+14 -2	+17,5 -5,5	+8 -8	+11,5 -11,5
30 <D> 50	-11 0	Tolerancia del alojamiento	+9 +25	+9 +34	0 +16	0 +25	-6 +10	-11 +14	-13 +3	-18 +7
		Media	+22,5	+27	+13,5	+18	+7,5	+7	+0,5	0
		Diferencia de diámetro probable	+32 +13	+40,5+13,5	+23 +4	+31,5 +4,5	+17 -2	+20,5 -6,5	+10 -9	+13,5 -13,5
50 <D> 65	-13 0	Tolerancia del alojamiento	+10 +29	+10 +40	0 +19	0 +30	-6 +13	-12 +18	-15 +4	-21 +9
		Media	+26	+31,5	+16	+21,5	+10	+9,5	+1	+0,5
		Diferencia de diámetro probable	+37,5+14,5	+48 +15	+27,5 +4,5	+38 +5	+21,5 -1,5	+26 -7	+12,5 -10,5	+17 -16
65 <D> 80	-13 0	Tolerancia del alojamiento	+10 +29	+10 +40	0 +19	0 +30	-6 +13	-12 +18	-15 +4	-21 +9
		Media	+26	+31,5	+16	+21,5	+10	+9,5	+1	+0,5
		Diferencia de diámetro probable	+37,5+14,5	+48 +15	+27,5 +4,5	+38 +5	+21,5 -1,5	+26 -7	+12,5 -10,5	+17 -16
80 <D> 100	-15 0	Tolerancia del alojamiento	+12 +34	+12 +47	0 +22	0 +35	-6 +16	-13 +22	-18 +4	-25 +10
		Media	+30,5	+37	+18,5	+25	+12,5	+12	+0,5	0
		Diferencia de diámetro probable	+44 +17	+56 +18	+32 +5	+44 +6	+26 -1	+31 -7	+14 -13	+19 -19
100 <D> 120	-15 0	Tolerancia del alojamiento	+12 +34	+12 +47	0 +22	0 +35	-6 +16	-13 +22	-18 +4	-25 +10
		Media	+30,5	+37	+18,5	+25	+12,5	+12	+0,5	0
		Diferencia de diámetro probable	+44 +17	+56 +18	+32 +5	+44 +6	+26 -1	+31 -7	+14 -13	+19 -19
120 <D> 140	-18 0	Tolerancia del alojamiento	+14 +39	+14 +54	0 +25	0 +40	-7 +18	-14 +26	-21 +4	-28 +12
		Media	+35,5	+43	+21,5	+29	+14,5	+15	+0,5	-1
		Diferencia de diámetro probable	+51 +20	+65 +21	+37 +6	+51 +7	+30 -1	+37 -7	+16 -15	+23 +21
140 <D> 150	-18 0	Tolerancia del alojamiento	+14 +39	+14 +54	0 +25	0 +40	-7 +18	-14 +26	-21 +4	-28 +12
		Media	+35,5	+43	+21,5	+29	+14,5	+15	+0,5	+1
		Diferencia de diámetro probable	+51 +20	+65 +21	+37 +6	+51 +7	+30 -1	+37 -7	+16 -15	+23 +21
150 <D> 160	-25 0	Tolerancia del alojamiento	+14 +39	+14 +54	0 +25	0 +40	-7 +18	-14 +26	-21 +4	-28 +12
		Media	+39	+46,5	+25	+32,5	+18	+18,5	+4	+4,5
		Diferencia de diámetro probable	+56,5+21,5	+70 +23	+42,5 +7,5	+56 +9	+35,5 +0,5	+42 -5	+21,5 -13,5	+28 -19
160 <D> 180	-25 0	Tolerancia del alojamiento	+14 +39	+14 +54	0 +25	0 +40	-7 +18	-14 +26	-21 +4	-28 +12
		Media	+39	+46,5	+25	+32,5	+18	+18,5	+4	+4,5
		Diferencia de diámetro probable	+56,5+21,5	+70 +23	+42,5 +7,5	+56 +9	+35,5 +0,5	+42 -5	+21,5 -13,5	+28 -19
180 <D> 200	-30 0	Tolerancia del alojamiento	+15 +44	+15 +61	0 +29	0 +46	-7 +22	-16 +30	-24 +5	-33 +13
		Media	+44,5	+53	+29,5	+38	+22,5	+22	+5,5	+5
		Diferencia de diámetro probable	+65,5+23,5	+80,5+25,5	+50,5 +2,5	+65,5+10,5	+43,5 -1,5	+49,5 -5,5	+26,5 -15,5	+32,5 -22,5
200 <D> 225	-30 0	Tolerancia del alojamiento	+15 +44	+15 +61	0 +29	0 +46	-7 +22	-16 +30	-24 +5	-33 +13
		Media	+44,5	+53	+29,5	+38	+22,5	+22	+5,5	+5
		Diferencia de diámetro probable	+65,5+23,5	+80,5+25,5	+50,5 +8,5	+65,5+10,5	+43,5 +1,5	+49,5 -5,5	+26,5 -15,5	+32,5 -22,5
225 <D> 250	-30 0	Tolerancia del alojamiento	+15 +44	+15 +61	0 +29	0 +46	-7 +22	-16 +30	-24 +5	-33 +13
		Media	+44,5	+53	+29,5	+38	+22,5	+22	+5,5	+5
		Diferencia de diámetro probable	+65,5+23,5	+80,5+25,5	+50,5 +8,5	+65,5+10,5	+43,5 +1,5	+49,5 -5,5	+26,5 -15,5	+32,5 -22,5
250 <D> 280	-35 0	Tolerancia del alojamiento	+17 +49	+17 +69	0 +32	0 +52	-7 +25	-16 +36	-27 +5	-36 +16
		Media	+50,5	+60,5	+33,5	+43,5	+26,5	+27,5	+6,5	+7,5
		Diferencia de diámetro probable	+74 +27	+92 +29	+57 +10	+75 +12	+50 +3	+59 -4	+30 -17	+39 -24
280 <D> 315	-35 0	Tolerancia del alojamiento	+17 +49	+17 +69	0 +32	0 +52	-7 +25	-16 +36	-27 +5	-36 +16
		Media	+50,5	+60,5	+33,5	+43,5	+26,5	+27,5	+6,5	+7,5
		Diferencia de diámetro probable	+74 +27	+92 +29	+57 +10	+75 +12	+50 +3	+59 -4	+30 -17	+39 -24
315 <D> 400	-40 0	Tolerancia del alojamiento	+18 +54	+18 +75	0 +36	0 +57	-7 +29	-18 +39	-29 +7	-40 +17
		Media	+53,5	+64	+36,5	+46	+28,5	+28	+6,5	+6
		Diferencia de diámetro probable	+79 +28	+97 +31	+61 +10	+79 +13	+54 +3	+61 -5	+32 -19	+39 -27
400 <D> 500	-45 0	Tolerancia del alojamiento	+20 +60	+20 +83	0 +40	0 +63	-7 +33	-20 +43	-32 +8	-45 +18
		Media	+57,5	+69	+37,5	+49	+30,5	+24	+5,5	+4
		Diferencia de diámetro probable	+84 +31	+105 +33	+64 +11	+85 +13	+57 +4	+7 -35	+32 -21	+40 -32
500 <D> 630	-50 0	Tolerancia del alojamiento	+22 +66	+22 +92	0 +44	0 +70			-44 -2	-70 0
		Media	+61,5	+74,5	+39,5	+52,5			-4,5	-17,5
		Diferencia de diámetro probable	+90 +33	+114 +35	+68 +11	+92 +13			+24 -33	+22 -57
630 <D> 800	-75 0	Tolerancia del alojamiento	+24 +74	+24 +104	0 +50	0 +80			-50 0	-80 0
		Media	+66,5	+81,5	+42,5	+57,5			-7,5	-22,5
		Diferencia de diámetro probable	+97 +36	+125 +38	+73 +12	+101 +14			+23 -38	+21 -66
800 <D> 1000	-100 0	Tolerancia del alojamiento	+26 +82	+26 +116	0 +56	0 +90			-56 0	-90 0
		Media	+71,5	+88,5	+45,5	+62,5			-10,5	-27,5
		Diferencia de diámetro probable	+105 +38	+137 +40	+79 +12	+111 +14			+23 -44	+21 -76

1. Ajuste negativo significa « apriete » / ajuste positivo significa « deslizamiento » (juego)
2. El valor de los ajustes probables se calcula suponiendo que la distribución estadística de las cotas en el interior de las tolerancias sigue una ley « normal » (ley de Gauss)
3. Tolerancias de rodamientos y ajustes : valores en micras (µm)
4. ▼ Ajustes más correctes

Ajustes de los rodamientos clase Normal sobre los ejes (cualquier rodamiento excepto rodamientos de rodillos cónicos)

ALOJAMIENTO			M6	M7	N6	N7	P6	P7	R6	R7						
Diámetro nominal del alojamiento (mm)	Tolerancia de Ø exterior del rodamiento (µm)	Ajustes														
10 <D> 18	-8 0	Tolerancia del alojamiento	-15	-4	-20	-9	-23	-5	-26	-15	-29	-11	-31	-20	-34	-21
		Media	-5,5	-5	-10,5	0	-10	-16,5	-6	-16	-26	-14,5	-28,5	-11	-31	-21,5
		Diferencia de diámetro probable	+1,5	-12,5	+5	-15	-3,5	-17,5	0	-20	-9,5	-23,5	0	-20	-16	-26
18 <D> 30	-9 0	Tolerancia del alojamiento	-17	-4	-24	-11	-28	-7	-31	-18	-35	-14	-37	-24	-41	-20
		Media	-6	-6	-13	-13	-13	-20	-20	-20	-26	-18	-34	-14,5	-37,5	-26
		Diferencia de diámetro probable	+2	-14	+5,5	-17,5	-5	-21	-1,5	-24,5	-12	-28	-8,5	-31,5	-18	-34
30 <D> 50	-11 0	Tolerancia del alojamiento	-20	-4	-25	0	-28	-12	-33	-8	-37	-21	-42	-17	-45	-29
		Media	-6,5	-7	-14,5	-15	-23,5	-24	-24	-31,5	-22	-41	-32	-41	-18,5	-45,5
		Diferencia de diámetro probable	+3	-16	+6,5	-20,5	-5	-24	-1,5	-28,5	-14	-33	-10,5	-37,5	-22	-41
50 <D> 65	-13 0	Tolerancia del alojamiento	-24	-5	-30	0	-33	-14	-39	-9	-45	-26	-51	-21	-54	-30
		Media	-8	-8,5	-17	-17,5	-29	-29,5	-38	-38,5	-46	-46,5	-54,5	-40	-57	
		Diferencia de diámetro probable	+3,5	-19,5	+8	-25	-5,5	-28,5	-1	-34	-17,5	-40,5	-13	-46	-26,5	-49,5
65 <D> 80	-13 0	Tolerancia del alojamiento	-24	-5	-30	0	-33	-14	-39	-9	-45	-26	-51	-21	-56	-37
		Media	-8	-8,5	-17	-17,5	-29	-29,5	-40	-40,5	-48	-48,5	-57	-44	-64	
		Diferencia de diámetro probable	+3,5	-19,5	+8	-25	-5,5	-28,5	-1	-34	-17,5	-40,5	-13	-46	-28,5	-51,5
80 <D> 100	-15 0	Tolerancia del alojamiento	-28	-6	-35	0	-38	-16	-45	-10	-52	-30	-59	-24	-66	-44
		Media	-9,5	-10	-19,5	-20	-33	-33,5	-47,5	-47,5	-53	-53	-64	-61	-79	
		Diferencia de diámetro probable	+4	-23	+9	-29	-6	-33	-1	-39	-20	-47	-15	-54	-34	-61
100 <D> 120	-15 0	Tolerancia del alojamiento	-28	-6	-35	0	-38	-16	-45	-10	-52	-30	-59	-24	-66	-47
		Media	-9,5	-10	-19,5	-20	-33,5	-33,5	-50,5	-50,5	-57	-57	-69	-66	-84	
		Diferencia de diámetro probable	+4	-23	+9	-29	-6	-33	-1	-39	-20	-47	-15	-53	-37	-64
120 <D> 140	-18 0	Tolerancia del alojamiento	-33	-8	-40	0	-45	-20	-52	-12	-61	-36	-68	-28	-81	-56
		Media	-11,5	-11	-23,5	-23	-39,5	-39,5	-59,5	-59,5	-71	-71	-86	-83	-103	
		Diferencia de diámetro probable	+4	-27	+11	-33	-8	-39	-1	-45	-24	-55	-17	-61	-44	-75
140 <D> 150	-18 0	Tolerancia del alojamiento	-33	-8	-40	0	-45	-20	-52	-12	-61	-36	-68	-28	-83	-58
		Media	-11,5	-11	-23,5	-23	-39,5	-39,5	-61,5	-61,5	-73	-73	-89	-86	-107	
		Diferencia de diámetro probable	+4	-27	+11	-33	-8	-39	-1	-45	-24	-55	-17	-61	-46	-77
150 <D> 160	-25 0	Tolerancia del alojamiento	-33	-8	-40	0	-45	-20	-52	-12	-61	-36	-68	-28	-83	-58
		Media	-8	-7,5	-20	-19,5	-36	-36,5	-58,5	-58,5	-72	-72	-88	-85	-107,5	
		Diferencia de diámetro probable	+9,5	-25,5	+16	-31	-2	-37,5	+4	-43	-18,5	-53,5	-12	-59	-40,5	-75,5
160 <D> 180	-25 0	Tolerancia del alojamiento	-33	-8	-40	0	-45	-20	-52	-12	-61	-36	-68	-28	-86	-61
		Media	-8	-7,5	-20	-19,5	-36	-36,5	-59,5	-59,5	-74	-74	-91	-88	-113	
		Diferencia de diámetro probable	+9,5	-25,5	+16	-31	-2,5	-37,5	+4	-43	-18,5	-53,5	-12	-59	-43,5	-78,5
180 <D> 200	-30 0	Tolerancia del alojamiento	-37	-8	-46	0	-51	-22	-60	-14	-70	-41	-79	-33	-97	-68
		Media	-7,5	-8	-21,5	-22	-40,5	-40,5	-67,5	-67,5	-85,5	-85,5	-106,5	-106,5	-130,5	
		Diferencia de diámetro probable	+13,5	-28,5	+19,5	-35,5	-0,5	-42,5	+5,5	-49,5	-19,5	-61,5	-13,5	-68,5	-46,5	-88,5
200 <D> 225	-30 0	Tolerancia del alojamiento	-37	-8	-46	0	-51	-22	-60	-14	-70	-41	-79	-33	-100	-71
		Media	-7,5	-8	-21,5	-22	-40,5	-41	-69	-69	-87	-87	-109	-109	-133	
		Diferencia de diámetro probable	+13,5	-28,5	+19,5	-35,5	-0,5	-42,5	+5,5	-49,5	-19,5	-61,5	-13,5	-68,5	-49,5	-91,5
225 <D> 250	-30 0	Tolerancia del alojamiento	-37	-8	-46	0	-51	-22	-60	-14	-70	-41	-79	-33	-104	-75
		Media	-7,5	-8	-21,5	-22	-40,5	-41	-71,5	-71,5	-91,5	-91,5	-113,5	-113,5	-139,5	
		Diferencia de diámetro probable	+13,5	-28,5	+19,5	-35,5	-0,5	-42,5	+5,5	-49,5	-19,5	-61,5	-13,5	-68,5	-53,5	-95,5
250 <D> 280	-35 0	Tolerancia del alojamiento	-41	-9	-52	0	-57	-25	-66	-14	-79	-47	-88	-36	-117	-85
		Media	-7,5	-8,5	-23,5	-23,5	-45,5	-45,5	-77,5	-77,5	-101,5	-101,5	-128,5	-128,5	-159,5	
		Diferencia de diámetro probable	+16	-31	+23	-40	0	-47	+9	-54	-22	-69	-13	-76	-60	-107
280 <D> 315	-35 0	Tolerancia del alojamiento	-41	-9	-52	0	-57	-25	-66	-14	-79	-47	-88	-36	-121	-89
		Media	-7,5	-8,5	-23,5	-23,5	-45,5	-45,5	-81,5	-81,5	-108,5	-108,5	-141,5	-141,5	-178,5	
		Diferencia de diámetro probable	+16	-31	+23	-40	0	-47	+9	-54	-22	-69	-13	-76	-64	-111
315 <D> 400	-40 0	Tolerancia del alojamiento	-46	-10	-57	0	-62	-26	-73	-16	-87	-51	-98	-41	-128	-95
		Media	-10,5	-11	-26,5	-27	-51,5	-51,5	-87,5	-87,5	-119,5	-119,5	-157,5	-157,5	-201,5	
		Diferencia de diámetro probable	+15	-36	+22	-44	-1	-52	+6	-60	-26	-77	-19	-85	-71	-118
400 <D> 500	-45 0	Tolerancia del alojamiento	-50	-10	-63	0	-67	-27	-80	-17	-95	-55	-108	-45	-142	-108
		Media	-12,5	-14	-29,5	-31	-57,5	-57,5	-100,5	-100,5	-141,5	-141,5	-190,5	-190,5	-248,5	
		Diferencia de diámetro probable	+14	-39	+22	-50	-3	-56	+5	-67	-31	-84	-23	-95	-81	-128
500 <D> 630	-50 0	Tolerancia del alojamiento	-70	-26	-96	-26	-88	-44	-114	-44	-122	-78	-148	-78	-188	-148
		Media	-30,5	-43,5	-48,5	-48,5	-82,5	-82,5	-135,5	-135,5	-188,5	-188,5	-253,5	-253,5	-331,5	
		Diferencia de diámetro probable	-2	-59	-4	-83	-20	-77	-22	-101	-54	-111	-56	-135	-56	-135
630 <D> 800	-75 0	Tolerancia del alojamiento	-80	-30	-110	-30	-100	-50	-130	-50	-138	-88	-168	-88	-218	-168
		Media	-37,5	-57,5	-62,5	-62,5	-107,5	-107,5	-167,5	-167,5	-230,5	-230,5	-307,5	-307,5	-401,5	
		Diferencia de diámetro probable	-7	-68	-9	-96	-27	-88	-29	-116	-65	-126	-67	-154	-67	-154
800 <D> 1000	-100 0	Tolerancia del alojamiento	-90	-34	-124	-34	-112	-56	-146	-56	-156	-100	-190	-100	-240	-190
		Media	-44,5	-61,5	-66,5	-66,5	-114,5	-114,5	-175,5	-175,5	-241,5	-241,5	-321,5	-321,5	-421,5	
		Diferencia de diámetro probable	-11	-78	-13	-110	-33	-100	-35	-132	-77	-144	-79	-176	-79	-176

1. Ajuste negativo significa « apriete » / ajuste positivo significa « deslizamiento » (juego)
2. El valor de los ajustes probable se calcula suponiendo que la distribución estadística de las cotas en el interior de las tolerancias sigue una ley « normal » (ley de Gauss)
3. Tolerancias de rodamientos y ajustes : valores en micras (µm)
4. ▼ Ajustes más correctos

Asientos de los rodamientos

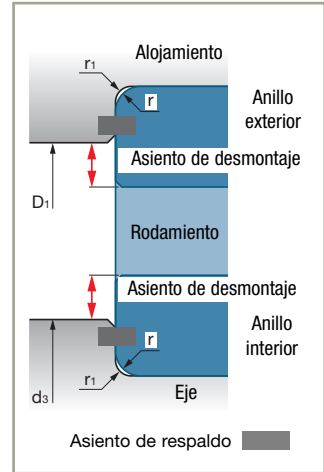
Geometría y estado de superficie de los asientos de los ejes y alojamientos

■ Diámetro de respaldos y chaflanes

Es necesaria una superficie de contacto entre anillo y respaldo para asegurar una buena fijación del rodamiento.

► La lista de Rodamientos Estándar fija

- los diámetros de respaldos del eje y el alojamiento (D_1 et d_3)
- los chaflanes de los respaldos (r_1)

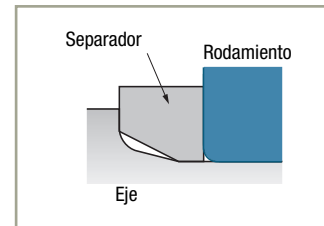
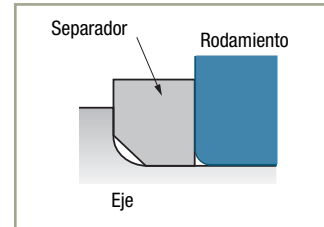


Si, por razones de construcción, las dimensiones de asiento sobre el respaldo no pueden ser respetadas, hay que prever un separador intermedio entre el anillo del rodamiento y dicho respaldo.

Los chaflanes o recodos de los respaldos con el asiento de los anillos deben ser inferiores al chaflán del anillo correspondiente. Sus valores se indican en el capítulo correspondiente a cada familia.

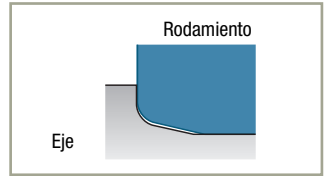
► Recodo mayor que el chaflán del rodamiento

Cuando un eje está sometido a fuertes tensiones de flexión, es necesario dar al respaldo un recodo superior al del rodamiento. En este caso, se sitúa un separador achaflanado recto entre el respaldo del eje y el anillo del rodamiento para dar a este una superficie de apoyo suficiente.



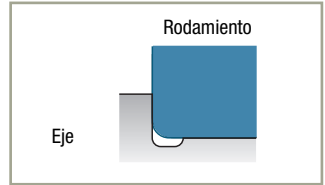
► Recodo especial

Si el rodamiento debe permanecer cercano al respaldo, es posible realizar un chafán especial sobre su anillo interior.



► Eliminación del recodo

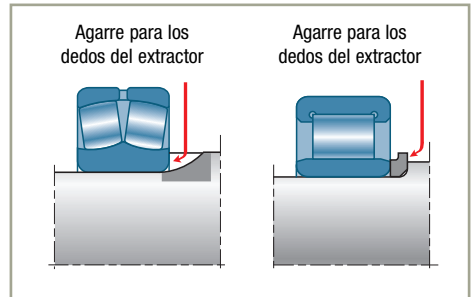
Si el perfil y la resistencia del eje no tienen exigencias particulares, es posible realizar una garganta de salida de muela que facilita el rectificando de los asientos y asegura en todo caso el mejor contacto entre el anillo y el respaldo.



■ Asientos de desmontaje

El desmontaje del rodamiento se efectúa en general con ayuda de un extractor cuyas garras se apoyan sobre la parte del anillo que rebasa el respaldo. Ver página 140.

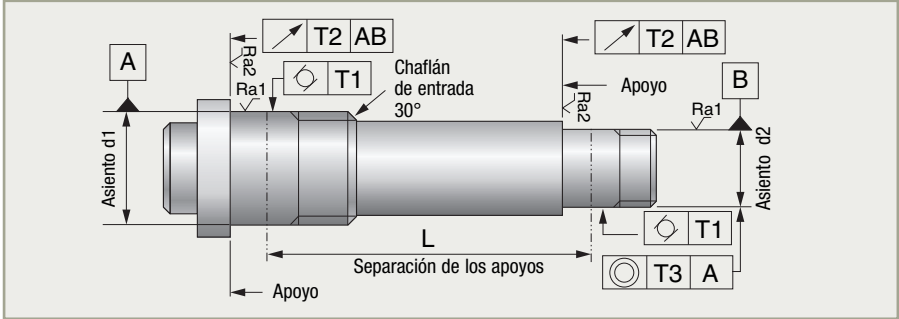
Si el montaje no permite un apoyo de desmontaje suficiente, se pueden realizar muescas en el respaldo, o situar una arandela entre el respaldo y el anillo interior del rodamiento.



Asientos de los rodamientos

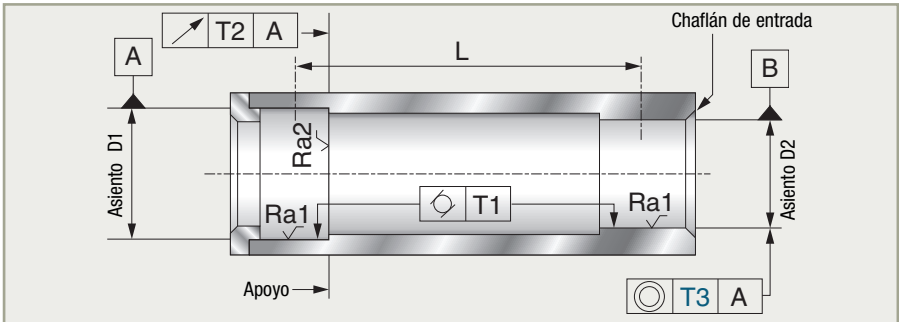
■ Tolerancias y estados de superficie de los asientos de los ejes y alojamientos

► Eje



Ø interior nominal del rodamiento d (mm)	Tolerancias en µm				
	T1	T2	T3	Ra1	Ra2
10 <d ≤ 18	3	11	1,5 L L en mm	≤1	≤2
18 <d ≤ 30	4	13			
30 <d ≤ 50	4	16			
50 <d ≤ 80	5	19			
80 <d ≤ 120	6	22			
120 <d	8	25			

► Alojamiento



Ø interior nominal del rodamiento D (mm)	Tolerancias en µm				
	T1	T2	T3	Ra1	Ra2
18 <D ≤ 30	6	21	2 L L en mm	≤2	≤4
30 <D ≤ 50	7	25			
50 <D ≤ 80	8	30			
80 <D ≤ 120	10	35			
120 <D	12	40			

Juego radial de los rodamientos de contacto radial

Juego radial residual: definición, cálculo

El juego radial residual es el juego radial del rodamiento tras el montaje o en funcionamiento. Depende del juego radial interno, de los ajustes, de la temperatura y de las deformaciones.

El juego residual debe ser suficiente para asegurar un funcionamiento correcto del rodamiento.

Para el cálculo del juego residual, se da al juego un valor algebraico. Cuando este valor es positivo hay juego mecánico, cuando es negativo hay precarga.

El juego residual de funcionamiento del rodamiento influye directamente en su duración de vida y sus prestaciones generales (precisión de rotación, ruido...). Es necesario por tanto determinarlo de la forma más precisa posible.

→ Tasa de repercusión del apriete sobre el juego

Cuando se hace un montaje apretado de dos piezas, cada una presenta una variación de diámetro tras el montaje.

Se llama tasa de repercusión

$$t_i \text{ o } t_e = \frac{\text{reducción del juego radial interno}}{\text{apriete sobre anillo interior o exterior}}$$

La tasa de repercusión se calcula según las fórmulas usuales de mecánica de materiales que hacen intervenir las cotas de las secciones de las piezas en presencia, su módulo de elasticidad y su coeficiente de Poisson respectivos.

A continuación se proponen unas tasas de repercusión aproximadas para los casos más comunes:

Elemento del rodamiento	Asiento	Tasa de repercusión
Anillo interior	Eje macizo	$t_i \approx 0,8$
	Eje hueco	$t_i \approx 0,6$
Anillo exterior	Alojamiento acero o fundición	$t_e \approx 0,7$
	Alojamiento aleación ligera	$t_e \approx 0,5$

El cálculo preciso de la reducción de juego puede ser efectuado por SNR.

Juego radial de los rodamientos de contacto radial

→ Juego residual tras el montaje: J_{rm}

$$J_{rm} = J_o - t_i \cdot S_i - t_e \cdot S_e$$

- J_o Juego radial interno
- S_i Apriete del anillo interior sobre el eje
- t_i Tasa de repercusión anillo interior / eje
- S_e Apriete del anillo exterior en su alojamiento
- t_e Tasa de repercusión anillo exterior / alojamiento

■ Orden de magnitud del juego radial residual medio a respetar tras el montaje (en mm)

Rodamientos de bolas	$J_{rm} = 10^{-3} d^{1/2}$
Rodamientos de rodillos cilíndricos	$J_{rm} = 4 \cdot 10^{-3} d^{1/2}$
Rodamientos de bolas a rótula	$J_{rm} = 2 \cdot 10^{-3} d^{1/2}$
Rodamientos de rodillos a rótula	$J_{rm} = 5 \cdot 10^{-3} d^{1/2}$

■ Ejemplo de cálculo del juego residual y de su dispersión con ayuda de las tablas de ajuste página 102.

Rodamiento 6305 – diámetro interior 25 mm – diámetro exterior 62 mm

- Eje macizo de acero: tolerancia k5
- Alojamiento de fundición: tolerancia N6

■ Juego residual medio

Las tablas de ajustes dan :

	mín	medio	máx
Tolerancias eje	+2		+11
Valor medio S_i teórico y probable		-11,5	
Juego (+) o apriete (-) probable	-5		-18

	mín	medio	máx
Tolerancias alojamiento	-33		+14
Valor medio S_e teórico y probable		-17	
Juego (+) o apriete (-) probable	-5,5		-28,5

La tabla de la página anterior define las relaciones de repercusión respectivas de $t_i = 0,8$ (eje) y $t_e = 0,7$ (alojamiento).

La reducción de juego media es:

$$R_{jm} = (t_i \cdot S_i) + (t_e \cdot S_e)$$

(únicamente válido si $S_i < 0$ y $S_e < 0$)

$$R_{jm} = (0,8 \times -11,5) + (0,7 \times -17) = -21\mu\text{m}$$

■ El valor mínimo del juego inicial debe ser superior a la reducción de juego media R_{jm}

La tabla de los juegos iniciales de este tipo de rodamientos, página 156, muestra que es necesario un juego de categoría 4 (23 a 41 μm : valor medio 32 μm) para tener un juego residual correcto después del montaje del rodamiento:

Juego residual medio:

$$J_{rm} = 32 - 21 = 11 \mu\text{m}$$

La definición del rodamiento será por tanto **6305 J40 (C4)**

■ **Dispersión del juego residual tras el montaje**

Dispersión probable del apriete sobre el eje (diferencia de los valores extremos):

$$D_{pa} = 13 \mu\text{m}$$

Dispersión probable del apriete en el alojamiento (diferencia de los valores extremos):

$$D_{pl} = 23 \mu\text{m}$$

Considerando las tasas de repercusión precedentes, las dispersiones probables sobre el juego radial son:

$$\begin{aligned} D_{pci} &= D_{pa} \cdot t_i = 13 \mu\text{m} \times 0,8 \\ &= 10,5 \mu\text{m} \text{ para} \\ &\quad \text{el anillo interior} \\ D_{pce} &= D_{pl} \cdot t_e = 23 \mu\text{m} \times 0,7 \\ &= 16 \mu\text{m} \text{ para} \\ &\quad \text{el anillo exterior} \end{aligned}$$

Dispersión del juego interno del rodamiento:

$$D_{er} = 41 - 23 = 18 \mu\text{m}$$

Según las leyes de probabilidades, la dispersión del juego residual será:

$$\begin{aligned} \Delta J_r &= (D_{pci}^2 + D_{pce}^2 + D_{er}^2)^{1/2} \\ &= (10,5^2 + 16^2 + 18^2)^{1/2} = 26 \mu\text{m} \end{aligned}$$

El rodamiento 6305 con un juego de categoría 4 montado con los ajustes k5N6 tiene un juego de funcionamiento de:

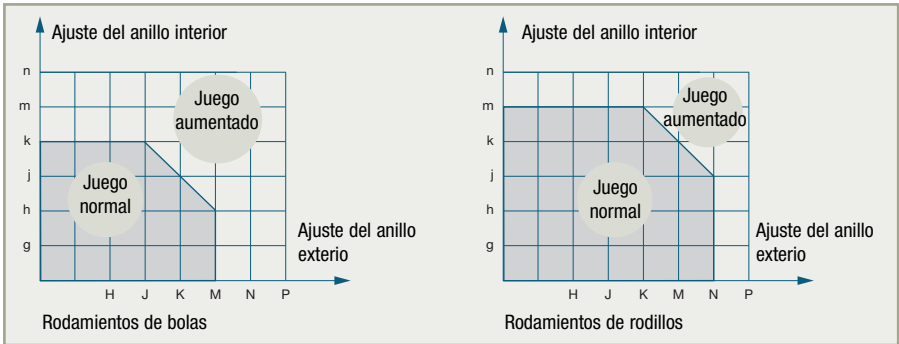
$$J_f = J_{rm} \pm D_{Jr}/2 = 11 \pm 13 \mu\text{m}$$

Juego radial de los rodamientos de contacto radial

→ Elección del juego interno en función de los ajustes de eje y alojamiento

El ejemplo de la página anterior muestra que los ajustes fijados sobre árbol y alojamiento precisan un rodamiento con mayor juego.

La tabla siguiente define los ajustes límites del eje y alojamiento.



→ Cálculo del juego residual en funcionamiento

El juego residual en funcionamiento es igual al juego residual tras el montaje salvo si la temperatura de funcionamiento provoca dilataciones diferentes entre eje y alojamiento.

■ Materiales de coeficientes de dilatación diferentes

Rodamiento montado en un alojamiento de aleación ligera.

La diferencia de los diámetros del rodamiento y del alojamiento debido a la dilatación diferencial es:

$$\Delta D = (C_2 - C_1) D \cdot \Delta t = 8 \cdot 10^{-6} \cdot D \cdot \Delta t$$

donde:

Δt Diferencia entre la temperatura de funcionamiento y la temperatura ambiente (fijada a 20°C)

D Diámetro exterior del rodamiento

C1 Coeficiente de dilatación del acero = 12×10^{-6} mm/mm/°C

C2 Coeficiente de dilatación del alojamiento de aleación ligera = 20×10^{-6} mm/mm/°C

Esta variación de diámetro aumenta el juego del anillo exterior del rodamiento en su alojamiento y puede provocar su rotación. Hay que compensar esta dilatación diferencial por un ajuste más apretado y utilizar un rodamiento de juego aumentado.

► Ejemplo

Elección del ajuste del alojamiento para un rodamiento 6305 (D = 62mm) montado en aleación ligera cuya temperatura de funcionamiento es 80°C.

$$\Delta t = 60^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta D = 8 \cdot 10^{-6} \cdot 62 \cdot 60 = 0,030 \text{ mm}$$

Con un alojamiento de tolerancia J7, el diámetro del alojamiento es 10 μm de media mayor que el diámetro del rodamiento.

$$\text{A } 80^{\circ}\text{C, es de } 10 \mu\text{m} + \Delta D = 40 \mu\text{m}$$

Ver página 101.

Este valor es demasiado elevado para asegurar la buena retención del rodamiento en el alojamiento. Se elige entonces una tolerancia de alojamiento P7 que, con un apriete de 30 μm , compensa el efecto de dilatación diferencial a 80°C.

En el montaje, el valor P7 del anillo exterior conllevará una reducción del juego radial del rodamiento igual a:

$$t_e \cdot S_e = 0,5 \cdot 29,5 = 15 \mu\text{m}$$

Si utilizamos un eje de tolerancia k6 o un apriete medio de 13,5 μm del anillo interior sobre el eje, la reducción del juego radial debida al montaje del anillo interior es:

$$t_i \cdot S_i = 0,8 \cdot 13,5 = 11 \mu\text{m}$$

La reducción total del juego del rodamiento en el montaje es:

$$R_{jm} = t_e \cdot S_e + t_i \cdot S_i = 15 + 11 = 26 \mu\text{m}$$

Se elige entonces un rodamiento 6305J40/C4 (categoría de juego 4: juego radial medio 32 μm) para evitar la anulación del juego en funcionamiento a temperatura normal.

Juego radial de los rodamientos de contacto radial

■ Temperatura diferente entre eje y alojamiento

El eje y el alojamiento son de acero, pero la temperatura del eje es mayor que la del alojamiento.

La dilatación diferencial entre el anillo interior y el exterior del rodamiento reduce el juego radial del valor

$$\Delta J = C1 \times (D \cdot \Delta t_l - d \cdot \Delta t_a)$$

donde:

C1 Coeficiente de dilatación del acero

D Diámetro exterior del rodamiento

d Diámetro interior del rodamiento

Δt_a Diferencia entre la temperatura en funcionamiento del eje y la temperatura ambiente fijada a 20°C

Δt_l Diferencia entre la temperatura en funcionamiento del alojamiento y la temperatura ambiente fijada a 20°C

► Ejemplo

Un rodamiento 6305 (25x62) tiene un juego residual tras el montaje a 20°C J_{rm} de 10 μm .

En funcionamiento:

- la temperatura del eje y del anillo interior es de 70°C
- la temperatura del alojamiento y del anillo exterior es de 50°C

La reducción de juego radial del rodamiento es:

$$\Delta J = 12 \cdot 10^{-6} \cdot ((62 \cdot 30) - (25 \cdot 50)) = 7 \mu\text{m}$$

El juego radial residual de funcionamiento es:

$$J_{rf} = J_{rm} - \Delta J = 10 \mu\text{m} - 7 \mu\text{m} = 3 \mu\text{m}$$

Se recomienda usar en estos casos un rodamiento de juego aumentado Grupo 3.

Juego axial de los rodamientos de contacto angular

Precarga axial

La precarga es un esfuerzo axial permanente aplicado a los rodamientos durante el montaje. Se obtiene por desplazamiento (penetración) del anillo interior en relación al exterior respecto de la posición de referencia.

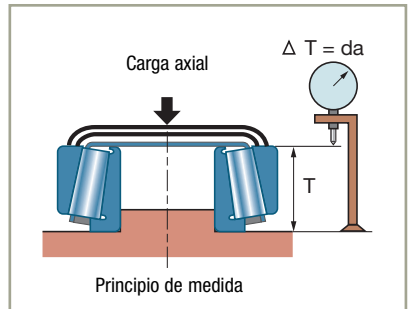
→ Desplazamiento axial y precarga

Bajo carga, los contactos entre cuerpos rodantes y pistas sufren deformaciones elásticas debidas a grandes presiones de Hertz que conllevan un desplazamiento axial de un anillo respecto al otro. Una curva da el valor del desplazamiento relativo de los dos anillos en función de la carga axial.



En un montaje de dos rodamientos en oposición, el desplazamiento de un rodamiento tiene como consecuencia el aumento del juego del otro.

Para los montajes que exigen gran precisión de guiado (cabezales de máquina-herramienta, piñones cónicos, sistemas oscilantes...), se debe suprimir el juego y tener una rigidez óptima mediante una precarga.



Juego radial de los rodamientos de contacto radial

→ Determinación de la precarga

Se elige un valor de la precarga **P** en función de la carga axial media aplicada (**Am**)

$$P = A_m / 3$$

El estudio de dos rodamientos precargados se hace con ayuda de un diagrama de curvas de penetración asociadas.

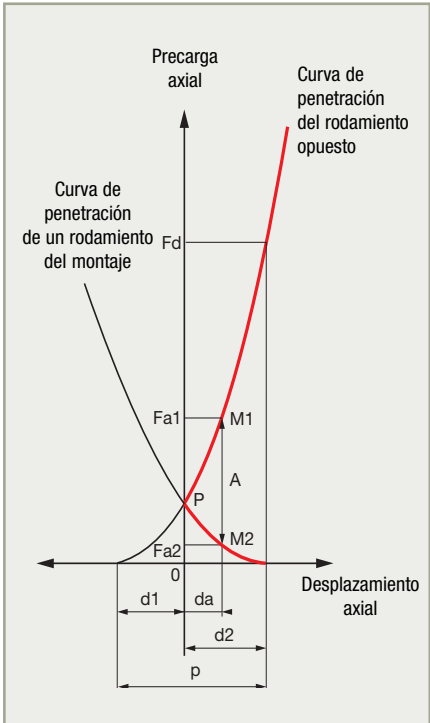
Sin carga axial exterior, el punto de intersección (**P**) corresponde a la precarga aplicada que crea sobre cada rodamiento un desplazamiento respectivo (**d1**) y (**d2**), siendo el acercamiento total de los dos rodamientos $p = d1 + d2$

Cuando una carga axial exterior **A** se aplica al montaje, cada rodamiento sigue su curva de penetración. Uno de los dos sufre un desplazamiento suplementario (**da**) que hace disminuir en la misma medida el desplazamiento del rodamiento opuesto.

Para encontrar los esfuerzos **Fa1** y **Fa2** aplicados a cada rodamiento, situamos la carga axial **A** entre las dos curvas (puntos **M1** y **M2**).

El equilibrio axial del eje es $Fa1 - Fa2 = A$

Si **A** sobrepasa el valor **Fd** (carga axial de despegue), el rodamiento opuesto adquiere un juego de funcionamiento.



► Notas:

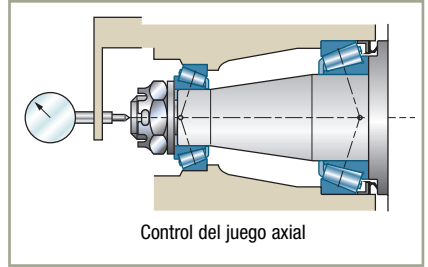
El diagrama de las curvas de penetración asociadas se modifica por las cargas radiales eventuales aplicadas a los rodamientos.

Toda precarga influye sobre las cargas resultantes aplicadas a los rodamientos, por lo que es necesario calcular las prestaciones de estos en función del valor de la precarga. Para estos cálculos que hacen intervenir las características de rigidez de los rodamientos, consultar a SNR. Un montaje precargado tiene un par de rozamiento superior al de un montaje con juego. Es necesario por tanto, estudiar su lubricación con el mayor cuidado.

→ **Reglaje**

El reglaje permite dar a un montaje el valor del juego axial o de la precarga previamente determinado. Esta operación se realiza haciendo deslizar un anillo (interior o exterior) de uno de los dos rodamientos del montaje. Este anillo debe entonces montarse en su asiento con un ajuste libre.

Si el montaje debe tener un juego axial j_a , se controla este por medio de un comparador.



Si el montaje debe ser precargado con un valor p , se parte de un reglaje del mismo con un juego axial cualquiera J_a y se desplaza el anillo libre del rodamiento del valor J_a+p . Esta operación se hace generalmente por medio de la tuerca del eje o por modificación del espesor de las galgas de reglaje en el alojamiento. La tolerancia admitida sobre un reglaje precargado es apretada (del orden de la mitad de la admitida sobre el juego axial).

Influencia de la temperatura sobre el juego axial de los rodamientos

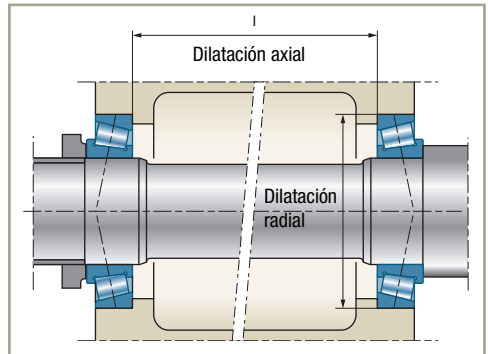
→ **Modificaciones del juego en el montaje**

El juego o precarga axial de un eje montado sobre dos rodamientos de contacto angular (de bolas o de rodillos cónicos) puede ser modificado por la temperatura de funcionamiento.

El montaje adyacente esquematiza:

- una variación del juego axial del montaje debida a la diferencia de dilatación axial entre alojamiento y eje,
- una modificación del apriete anillo exterior / alojamiento que conlleva una variación del juego radial y por tanto del juego axial del montaje.

La modificación total del juego axial del montaje es la suma algebraica de estas dos variaciones.



En un montaje en O (caso de la figura), las dos variaciones son de sentidos opuestos y pueden compensarse. A la inversa, en un montaje en X, ambas variaciones van en el mismo sentido.

Juego radial de los rodamientos de contacto radial

→ Cálculo teórico de la variación del juego axial de un montaje

■ Variación debida a la dilatación axial

$$\Delta Ja_1 = (l \cdot C_2 \cdot \Delta t) - (l \cdot C_1 \cdot \Delta t) = (C_2 - C_1) \cdot l \cdot \Delta t$$

donde:

- l** Distancia entre los rodamientos
- C1** Coeficiente de dilatación del eje
- C2** Coeficiente de dilatación del alojamiento
- Δt** Diferencia entre la temperatura de funcionamiento y la temperatura ambiente (fijada a 20°C)

■ Variación debida a la modificación del apriete anillo exterior / alojamiento

	Rodamiento 1	Rodamiento 2
Temperatura para la cual el apriete anillo exterior / alojamiento se anula por la dilatación del alojamiento	$\Delta t_{01} = S_1 / ((C_2 - C_1) \cdot D_1)$ D_1, D_2 Diámetros exteriores de los rodamientos S_1, S_2 Apriete diametral de los rodamientos	$\Delta t_{02} = S_2 / ((C_2 - C_1) \cdot D_2)$
Variaciones de apriete con la temperatura	Si $\Delta t \leq \Delta t_{01}$: $\Delta S_1 = (C_2 - C_1) \cdot D_1 \cdot \Delta t$ Si $\Delta t > \Delta t_{01}$: $\Delta S_1 = S_1$	Si $\Delta t \leq \Delta t_{02}$: $\Delta S_2 = (C_2 - C_1) \cdot D_2 \cdot \Delta t$ Si $\Delta t > \Delta t_{02}$: $\Delta S_2 = S_2$
Variación del juego axial debido a la modificación del apriete anillo exterior/alojamiento	$\Delta Ja_2 = (K_1 \cdot te_1 \cdot \Delta S_1) + (K_2 \cdot te_2 \cdot \Delta S_2)$ te_1, te_2 : tasa de repercusión de este apriete sobre el juego radial página 109 K_1, K_2 : coeficientes de transformación del juego radial en juego axial $K_1 = Y_1 / 0,8$ $K_2 = Y_2 / 0,8$ Y_1, Y_2 ver página 59	

■ Variación total del juego axial del montaje

Montaje en X

$$\Delta Ja = \Delta Ja_2 + \Delta Ja_1$$

Montaje en O

$$\Delta Ja = \Delta Ja_2 - \Delta Ja_1$$

Estos cálculos permiten definir el juego inicial de forma que se obtengan los valores de juego en funcionamiento deseados.

Ejemplo

Sea un montaje de dos rodamientos de rodillos cónicos 32 210 montados en O en un alojamiento de aluminio (ajuste P7); temperatura de funcionamiento 80°C:

$$\begin{aligned}
 l &= 240 \text{ mm} \\
 D_1 = D_2 &= 90 \text{ mm} \\
 C_2 - C_1 &= 8 \times 10^{-6} \text{ mm/mm}^\circ\text{C} \\
 Y_1 = Y_2 &= 1,43 \\
 S_1 = S_2 &= 0,0335 \text{ Valor medio} \\
 \Delta t &= 60^\circ\text{C} \\
 te_1 = te_2 &= 0,5 \text{ ver página 109}
 \end{aligned}$$

► Variación del juego axial debido a la dilatación axial ΔJa_1 $\Delta Ja_1 = 8 \cdot 10^{-6} \cdot 240 \cdot 60 = 0,114 \text{ mm}$

► Variación debida a la modificación del apriete anillo exterior/alojamiento

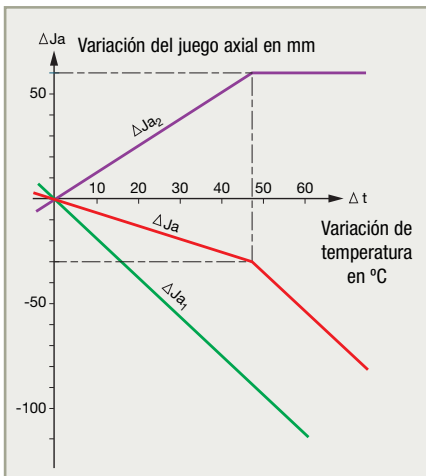
	Rodamiento 1	Rodamiento 2
Temperatura para la cual el apriete anillo exterior/ alojamiento se anula por la dilatación del alojamiento	$\Delta t_0 = \Delta t_2 = 0,0335 / (8 \cdot 10^{-6} \cdot 90) = 47^\circ\text{C}$	
Variaciones de apriete con la temperatura	$\Delta t > \Delta t_0$ y Δt_2 $\Delta S_1 = \Delta S_2 = 0,0335$	
Variación del juego axial debida a la modificación del apriete del anillo exterior/alojamiento	$\Delta Ja_2 = ((1,43 / 0,8) \cdot 0,5 \cdot 0,0335) + (1,78 \cdot 0,5 \cdot 0,0335) = 0,060$	

► Variación total del juego axial del montaje

$$\Delta Ja = + 0,060 - 0,114 = -0,054$$

La representación gráfica siguiente muestra la variación del juego axial del montaje en función de la temperatura de funcionamiento en los casos de montaje en X y en O.

Montaje en O



Montaje en X

