



## 12. DESMONTAJE DE LOS RODAMIENTOS

El método que se aplique para el desmontaje de los rodamientos dependerá del motivo por el cual se retiran estos del servicio.

Para los rodamientos que van a ser desechados, cualquier simple método, incluso el corte oxiacetilénico puede ser utilizado, aunque se debe tomar especial cuidado con este método para no dañar el eje o el alojamiento. En los rodamientos que van a ser reutilizados, debemos tener el mismo cuidado durante el montaje como en

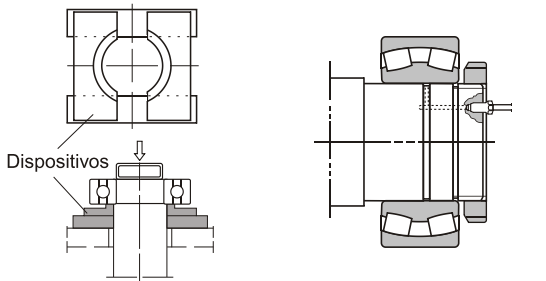
el desmontaje, para no dañar los rodamientos y otras partes (accesorios de montaje, ejes, etc.).

Así mismo, los rodamientos con ajuste de interferencia pueden dañarse fácilmente durante el desmontaje, por lo cual deben ser incorporadas medidas en el diseño de los equipos para la prevención de daños durante el desmontaje. También es recomendable diseñar y construir dispositivos para el desmontaje. Para facilitar el análisis de averías, se recomienda anotar el estado del rodamiento antes de su desmontaje, teniendo en cuenta su posición y orientación.

### 12.1 Cuadro 18: DESMONTAJE DE RODAMIENTOS CON AGUJERO CILINDRICO.

Método de desmontaje del anillo interior

Descripción



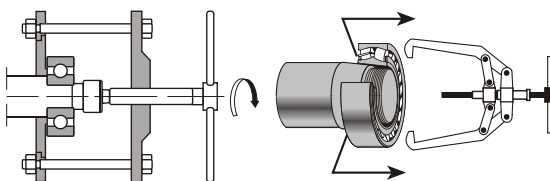
a) Desmontaje usando prensa mecánica.

b) Desmontaje mediante uso de aceite

\*Los rodamientos no-separables deben ser tratados cuidadosamente durante el desmontaje a fin de minimizar los esfuerzos externos que afectan a los elementos rodantes.

\*La vía más fácil para remover este tipo de rodamientos es aplicando presión, de la manera como se muestra en la fig. a).

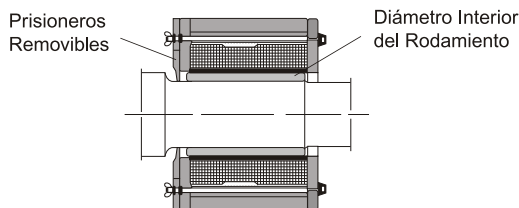
Es recomendable que el dispositivo (botador tubular) usado para el desmontaje, aplique la fuerza solamente en el aro interior del rodamiento.



c) y d) Desmontaje usando extractor

\*Los rodamientos grandes pueden ser removidos aplicando aceite a presión entre las superficies en contacto, como se muestra en la fig. b).

\*Las figs. c) y d) muestran el método de desmontaje utilizando extractores. En ambos casos, las mandíbulas del extractor se deben apoyar firmemente en las caras del anillo interior.



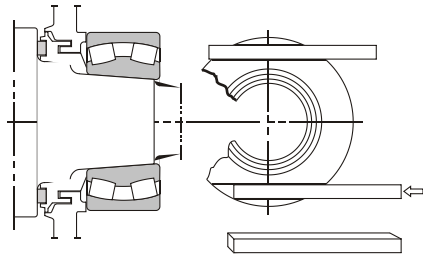
e)- Desmontaje utilizando un calentador por inducción

\*La fig.e) muestra un ejemplo de desmontaje mediante el uso de un calentador por inducción. Este método puede ser adoptado tanto para el montaje como para el desmontaje de los anillos interiores de los rodamientos de rodillos cilíndricos, de las series NU y NJ.

## 12.2 Cuadro 19: DESMONTAJE DE RODAMIENTOS CON AGUJERO CÓNICO.

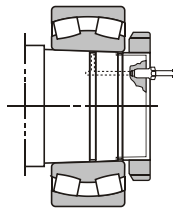
Métodos de desmontaje del anillo interior

Descripción.



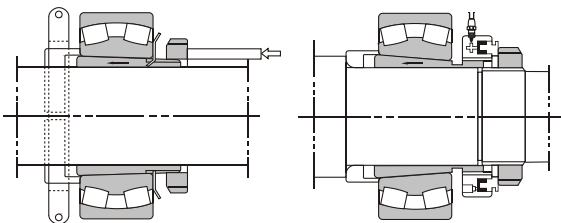
\*La fig. a) muestra el sistema de desmontaje situando dos ranuras en la cara posterior del anillo del laberinto, para guiar las cuñas como se indica, pudiéndose entonces desmontar los rodamientos con facilidad aplicando las cuñas a las ranuras.

a)- Desmontaje mediante cuñas.



La fig. b) muestra el desmontaje aplicando alta presión de aceite entre las superficies. En ambos casos es necesario un medio de seguridad (ejemplo: contratuerca) para evitar la caída de los rodamientos una vez que salgan del eje (protección del operario).

b)- Desmontaje mediante presión de aceite.

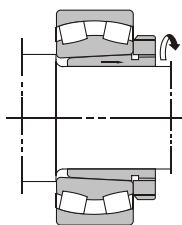


\*Para los rodamientos con adaptador de manguito los siguientes dos métodos son recomendables.

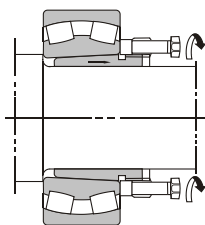
En la fig. c) se fija sobre el eje la misma abrazadera que se usó durante el montaje, se debe aflojar un poco la contratuerca y expulsar el manguito, golpéandolo con el martillo mediante un botador. Este método es usado para rodamientos de tamaño pequeño.

c)- Desmontaje con abrazadera.

d)- Desmontaje por tuerca hidráulica.



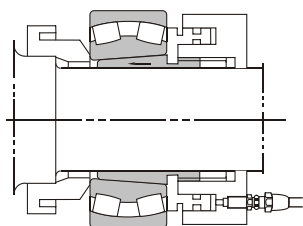
e)-Desmontaje usando contratuerca



f)-Desmontaje con tornillos.

La fig. d) muestra el método utilizando tuerca hidráulica.

\*Para la extracción de pequeños rodamientos con manguitos de desmontaje, se aprieta la contratuerca tal como se indica en la fig. e) para sacar el manguito y dejar libre el rodamiento. Si el rodamiento es grande, la tuerca deberá llevar varios agujeros roscados, en los cuales entran los tornillos de manera como se muestra en la fig. f). De esta forma los rodamientos grandes pueden ser removidos casi tan fácilmente como los rodamientos de tamaño pequeño.



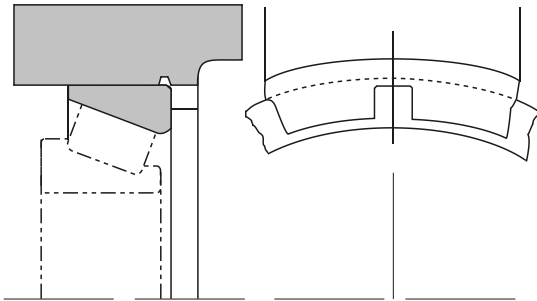
g)-Desmontaje a través de tuerca hidráulica

\*La fig. g) muestra el método usando tuerca hidráulica.

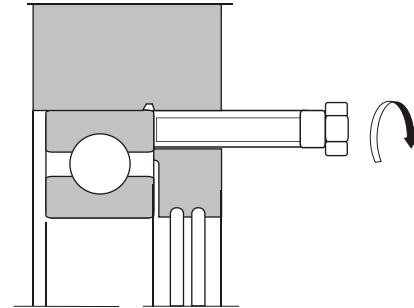


### 12.3 Cuadro 20: DESMONTAJE DE ANILLOS EXTERIORES.

#### Métodos de desmontaje del anillo exterior



a)- Ranuras para desmontaje.



b)- Taladros roscados para pernos usados en el desmontaje.

#### Descripción.

\*Cuando en una aplicación se precise un ajuste de interferencia (apriete) en el anillo exterior o si el rodamiento queda inaccesible para la herramienta de desmontaje, entonces es útil disponer ranuras o taladros roscados alrededor del resalte del alojamiento, como se indica en la fig. a) y b). En el caso de que resulte difícil el montaje o el desmontaje del rodamiento, se deberá considerar cambiar el tipo de rodamiento, o el diseño del eje o del alojamiento.

### 13. JUEGO INTERNO DE LOS RODAMIENTOS

#### 13.1 Definición

El juego interno del rodamiento se define como la distancia en que se puede mover ya sea el aro interno o aro externo cuando está inmobilizado el otro aro. Si el movimiento es en la dirección radial (ambos sentidos) entonces se llama juego radial interno y si es en la dirección axial (ambos sentidos) entonces se trata del juego axial interno.

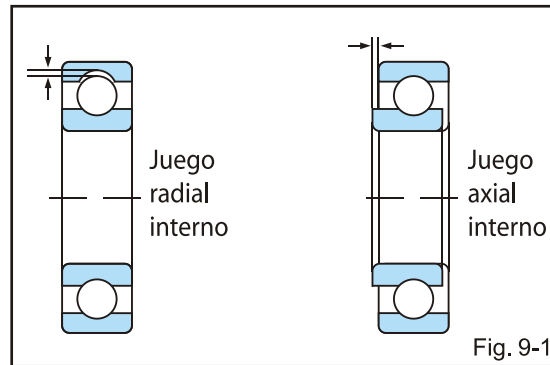


Fig. 9-1

Si se conoce el valor del juego radial interno de un rodamiento, se puede calcular también su juego axial interno a través de fórmulas mostradas abajo.

Rodamientos rígidos de bolas

$$\Delta a = \sqrt{\Delta r(4m_o - \Delta r)}$$

Rodamientos de doble hilera de bolas con contacto angular

$$\Delta a = 2\sqrt{m_o^2 - (m_o \cos \alpha - \Delta r/2)^2} - 2 m_o \sin \alpha$$

Rodamientos de bolas con contacto angular apareados

$$\Delta a = 2 m_o \sin \alpha - 2\sqrt{m_o^2 - (m_o \cos \alpha + \Delta r/2)^2}$$

Rodamientos de rodillos cónicos de doble/cuatro hileras y apareados

$$\Delta a = \Delta r \cot \alpha / (1.5/e \Delta r)$$

Donde...  $\Delta a$  = juego axial interno (mm)  $\Delta r$  = juego radial interno (mm)

$e$  = valor límite de  $F_a/F_r$  (mostrado en tablas de especificaciones)  $\alpha$  = ángulo de contacto  $m_o = r_e + r_i - Da$

Siendo  $r_e$  = radio de curvatura del camino de rodadura externo (mm),  $r_i$  = radio de curvatura del camino de rodadura interno (mm),

$Da$  = diám. bolas (mm)

La relación entre el juego radial y axial en los rodamientos rígidos de bolas de doble hilera de contacto angular o apareados puede verse gráficamente en las figuras 9-2 y 9-3

Fig. 9-2 Relación entre el Juego radial y axial interno en rodamientos rígidos de bolas

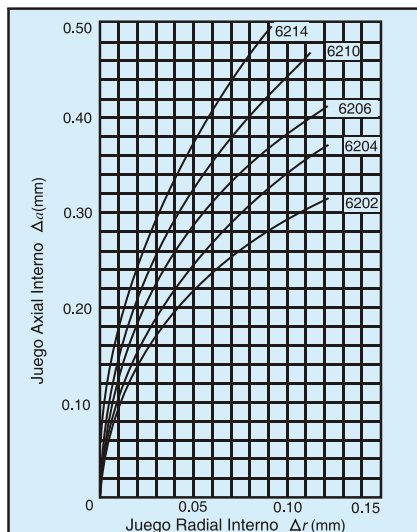
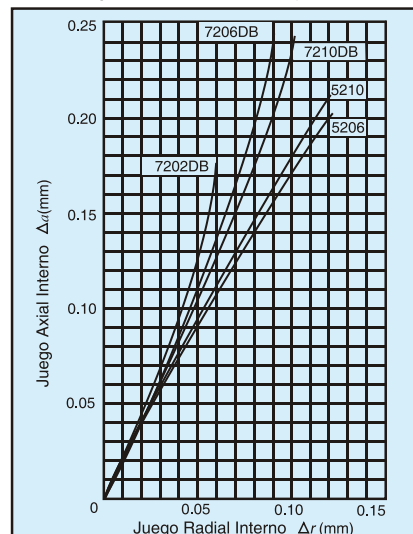


Fig. 9-3 Relación entre el Juego radial y axial interno en rodamientos de bolas de contacto angular de doble hilera o apareados





**Cuadro 21: Juego radial interno de los rodamientos de bolas (agujero cilíndrico).**

Unidad:  $\mu\text{m}$

Diámetro Interior Nominal, d (mm)		Juego radial interno									
		C 2		C N		C 3		C 4		C 5	
Más de	Hasta	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
2.5	6	0	7	2	13	8	23	14	29	20	37
6	10	0	7	2	13	8	23	14	29	20	37
10	18	0	9	3	18	11	25	18	33	25	45
18	24	0	10	5	20	13	28	20	36	28	48
24	30	1	11	5	20	13	28	23	41	30	53
30	40	1	11	6	20	15	33	28	46	40	64
40	50	1	11	6	23	18	36	30	51	45	73
50	65	1	15	8	28	23	43	38	61	55	90
65	80	1	15	10	30	25	51	46	71	65	105
80	100	1	18	12	36	30	58	53	84	75	120
100	120	2	20	15	41	36	66	61	97	90	140
120	140	2	23	18	48	41	81	71	114	105	160
140	160	2	23	18	53	46	91	81	130	120	180
160	180	2	25	20	61	53	102	91	147	135	200
180	200	2	30	25	71	63	117	107	163	150	230
200	225	2	35	25	85	75	140	125	195	175	265
225	250	2	40	30	95	85	160	145	225	205	300
250	280	2	45	35	105	90	170	155	245	225	340
280	315	2	55	40	115	100	190	175	270	245	370
315	355	3	60	45	125	110	210	195	300	275	410
355	400	3	70	55	145	130	240	225	340	315	460

Nota 1) Para el cálculo del juego interno, se deberán añadir los factores de corrección que se especifican a continuación, debido al juego radial que se origina en el momento de aplicar la carga al rodamiento. Para los factores de corrección de juego interno de la columna C2, el valor menor se le aplicará al juego mínimo, el valor mayor para el juego interno máximo.

2) Los valores escritos en *itálica* están basados en las normas Koyo.

Diámetro Interior Nominal, d (mm)		Medida de la carga N	Cantidad de la corrección del juego, $\mu\text{m}$				
			C 2	C N	C 3	C 4	C 5
Más de	Hasta						
2.5	18	24.5	3 - 4	4	4	4	4
18	50	49	4 - 5	5	6	6	6
50	280	147	6 - 8	8	9	9	9

**Cuadro 21.1: Juego radial interno de los rodamientos de bolas miniatura y extraminiatura**

Unidad:  $\mu\text{m}$

Código del juego interno	M 1		M 2		M 3		M 4		M 5		M 6	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Juego	0	5	3	8	5	10	8	13	13	20	20	28

[Nota] Para la corrección en la medición del juego deberán añadirse las siguientes cantidades.

Medida de la carga N	Cantidad de la corrección del juego, $\mu\text{m}$					
	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6
2.3	1	1	1	1	1	1

Para rodamientos de bolas extrapequeños: 9 mm o más en diámetro exterior y menos de 10 mm en diámetro interior.

Para rodamientos miniatura : menos de 9 mm de diámetro exterior.

**Cuadro 22: Juego radial interno de los rodamientos de bolas autoalineables.**

**1) Agujero Cilíndrico**

Unidad:  $\mu\text{m}$

Diámetro Interior Nominal d (mm)		Juego Radial Interno									
		C2		Estándar		C3		C4		C5	
Más de	Hasta	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
2.5	6	1	8	5	15	10	20	15	25	21	33
6	10	2	9	6	17	12	25	19	33	27	42
10	14	2	10	6	19	13	26	21	35	30	48
14	18	3	12	8	21	15	28	23	37	32	50
18	24	4	14	10	23	17	30	25	39	34	52
24	30	5	16	11	24	19	35	29	46	40	58
30	40	6	18	13	29	23	40	34	53	46	66
40	50	6	19	14	31	25	44	37	57	50	71
50	65	7	21	16	36	30	50	45	69	62	88
65	80	8	24	18	40	35	60	54	83	76	108
80	100	9	27	22	48	42	70	64	96	89	124
100	120	10	31	25	56	50	83	75	114	105	145
120	140	10	38	30	68	60	100	90	135	125	175
140	160	15	44	35	80	70	120	110	161	150	210

**2) Agujero Cónico**

Unidad:  $\mu\text{m}$

Diámetro Interior Nominal d (mm)		Juego Radial Interno									
		C2		Estándar		C3		C4		C5	
Más de	Hasta	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
18	24	7	17	13	26	20	33	28	42	37	55
24	30	9	20	15	28	23	39	33	50	44	62
30	40	12	24	19	35	29	46	40	59	52	72
40	50	14	27	22	39	33	52	45	65	58	79
50	65	18	32	27	47	41	61	56	80	73	99
65	80	23	39	35	57	50	75	69	98	91	123
80	100	29	47	42	68	62	90	84	116	109	144
100	120	35	56	50	81	75	108	100	139	130	170
120	140	40	68	60	98	90	130	120	165	155	205
140	160	45	74	65	110	100	150	140	191	180	240

**Cuadro 23: Juego radial interno de los rodamientos para motores eléctricos.**

**1) Rodamientos Rígidos de Bolas**

Unidad:  $\mu\text{m}$

Diámetro Interior Nominal, d (mm)		Juego Radial Interno	
		CM	
Más de	Hasta	Min.	Máx.
10 <sup>1)</sup>	18	4	11
18	30	5	12
30	50	9	17
50	80	12	22
80	120	18	30
120	160	24	38

Nota: 1) 10mm está incluido.

**2) Rodamientos de Rodillos Cilíndricos**

Unidad:  $\mu\text{m}$

Diámetro Interior Nominal, d (mm)		Juego Radial Interno			
		Intercambiable CT		No Intercambiable CM	
Más de	Hasta	Min.	Máx.	Min.	Máx.
24	40	15	35	15	30
40	50	20	40	20	35
50	65	25	45	25	40
65	80	30	50	30	45
80	100	35	60	35	55
100	120	35	65	35	60
120	140	40	70	40	65
140	160	50	85	50	80
160	180	60	95	60	90
180	200	65	105	65	100

Nota: Intercambiable solamente con productos del mismo fabricante.



**Cuadro 24: Juego radial interno de los rodamientos de bolas de doble hilera de contacto angular.**

Unidad:  $\mu\text{m}$

Diámetro Interior Nominal, d (mm)		Juego Radial Interno					
		CD 2		Estándar		CD 3	
Más de	Hasta	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
2.5	10	0	7	2	10	8	18
10	18	0	7	2	11	9	19
18	24	0	8	2	11	10	21
24	30	0	8	2	13	10	23
30	40	0	9	3	14	11	24
40	50	0	10	4	16	13	27
50	65	0	11	6	20	15	30
65	80	0	12	7	22	18	33
80	100	0	12	8	24	22	38
100	120	0	13	9	25	24	42
120	140	0	15	10	26	25	44
140	160	0	16	11	28	26	46
160	180	0	17	12	30	27	47
180	200	0	18	14	32	28	48

**Cuadro 25: Juego radial interno de los rodamientos de bolas de contacto angular apareados (medida del juego).**

Unidad:  $\mu\text{m}$

Diámetro Interior Nominal, d (mm)		Angulo de Contacto, 15%				Angulo de Contacto 30%								Angulo de Contacto 40%							
		Juego C2		Juego estándar		Juego C2		Juego estándar		Juego C3		Juego C4		Juego C2		Juego estándar		Juego C3		Juego C4	
Más de	Hasta	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
-	10	13	33	33	53	3	14	10	30	30	50	50	70	2	10	6	18	16	30	26	40
10	18	15	35	35	55	3	16	10	30	30	50	50	70	2	12	7	21	18	32	28	44
18	24	20	40	45	65	3	20	20	40	40	60	60	80	2	12	12	26	20	40	30	50
24	30	20	40	45	65	3	20	20	40	40	60	60	80	2	14	12	26	20	40	40	60
30	40	20	40	45	65	3	20	25	45	45	65	70	90	2	14	12	26	25	45	45	65
40	50	20	40	50	70	3	20	30	50	50	70	75	95	2	14	12	30	30	50	50	70
50	65	30	55	65	90	9	27	35	60	60	85	90	115	5	17	17	35	35	60	60	85
65	80	30	55	70	95	10	28	40	65	70	95	110	135	6	18	18	40	40	65	70	95
80	100	35	60	85	110	10	30	50	75	80	105	130	155	6	20	20	45	55	80	85	110
100	120	40	65	100	125	12	37	65	90	100	125	150	175	6	25	25	50	60	85	100	125
120	140	45	75	110	140	15	40	75	105	120	150	180	210	7	30	30	60	75	105	125	155
140	160	45	75	125	155	15	40	80	110	130	160	210	240	7	30	35	65	85	115	140	170
160	180	50	80	140	170	15	45	95	125	140	170	235	265	7	31	45	75	100	130	155	185
180	200	50	80	160	190	20	50	110	140	170	200	275	305	7	37	60	90	110	140	170	200

**Nota:** 1) El juego medido incluye el incremento del juego debido a la carga aplicada.

2) El juego C2 se aplica a los rodamientos de bolas de contacto angular del tipo "G".



**Cuadro 26: Juego radial interno de los rodamientos de rodillos esféricos.****(1) agujero cilíndrico**Unidad:  $\mu\text{m}$ 

Diámetro Interior Nominal, d (mm)		Juego Radial Interno									
		C2		Estándar		C3		C4		C5	
Más de	Hasta	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
14	18	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
18	24	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
24	30	15	25	25	40	40	55	55	75	75	95
30	40	15	30	30	45	45	60	60	80	80	100
40	50	20	35	35	55	55	75	75	100	100	125
50	65	20	40	40	65	65	90	90	120	120	150
65	80	30	50	50	80	80	110	110	145	145	180
80	100	35	60	60	100	100	135	135	180	180	225
100	120	40	75	75	120	120	160	160	210	210	260
120	140	50	95	95	145	145	190	190	240	240	300
140	160	60	110	110	170	170	220	220	280	280	350
160	180	65	120	120	180	180	240	240	310	310	390
180	200	70	130	130	200	200	260	260	340	340	430
200	225	80	140	140	220	220	290	290	380	380	470
225	250	90	150	150	240	240	320	320	420	420	520
250	280	100	170	170	260	260	350	350	460	460	570
280	315	110	190	190	280	280	370	370	500	500	630
315	355	120	200	200	310	310	410	410	550	550	690
355	400	130	220	220	340	340	450	450	600	600	750
400	450	140	240	240	370	370	500	500	660	660	820
450	500	140	260	260	410	410	550	550	720	720	900
500	560	150	280	280	440	440	600	600	780	780	1000
560	630	170	310	310	480	480	650	650	850	850	1100
630	710	190	350	350	530	530	700	700	920	920	1190
710	800	210	390	390	580	580	770	770	1010	1010	1300
800	900	230	430	430	650	650	860	860	1120	1120	1440
900	1000	260	480	480	710	710	930	930	1220	1220	1570

**(2) agujero cónico**Unidad:  $\mu\text{m}$ 

Diámetro Interior Nominal, d (mm)		Juego Radial Interno									
		C2		Estándar		C3		C4		C5	
Más de	Hasta	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
18	24	15	25	25	35	35	45	45	60	60	75
24	30	20	30	30	40	40	55	55	75	75	95
30	40	25	35	35	50	50	65	65	85	85	105
40	50	30	45	45	60	60	80	80	100	100	130
50	65	40	55	55	75	75	95	95	120	120	160
65	80	50	70	70	95	95	120	120	150	150	200
80	100	55	80	80	110	110	140	140	180	180	230
100	120	65	100	100	135	135	170	170	220	220	280
120	140	80	120	120	160	160	200	200	260	260	330
140	160	90	130	130	180	180	230	230	300	300	380
160	180	100	140	140	200	200	260	260	340	340	430
180	200	110	160	160	220	220	290	290	370	370	470
200	225	120	180	180	250	250	320	320	410	410	520
225	250	140	200	200	270	270	350	350	450	450	570
250	280	150	220	220	300	300	390	390	490	490	620
280	315	170	240	240	330	330	430	430	540	540	680
315	355	190	270	270	360	360	470	470	590	590	740
355	400	210	300	300	400	400	520	520	650	650	820
400	450	230	330	330	440	440	570	570	720	720	910
450	500	260	370	370	490	490	630	630	790	790	1000
500	560	290	410	410	540	540	680	680	870	870	1100
560	630	320	460	460	600	600	760	760	980	980	1230
630	710	350	510	510	670	670	850	850	1090	1090	1360
710	800	390	570	570	750	750	960	960	1220	1220	1500
800	900	440	640	640	840	840	1070	1070	1370	1370	1690
900	1000	490	710	710	930	930	1190	1190	1520	1520	1860





**Cuadro 27: Juego radial interno de los rodamientos de rodillos cilíndricos y los rodamientos de agujas con anillo mecanizado.**

(1) Rodamientos con agujero cilíndrico

Unidad:  $\mu\text{m}$

Diámetro Interior Nominal, d (mm)		Juego interno									
		C 2		C N		C 3		C 4		C 5	
Más de	Hasta	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
---	10	0	25	20	45	35	60	50	75	---	---
10	24	0	25	20	45	35	60	50	75	65	90
24	30	0	25	20	45	35	60	50	75	70	95
30	40	5	30	25	50	45	70	60	85	80	105
40	50	5	35	30	60	50	80	70	100	95	125
50	65	10	40	40	70	60	90	80	110	110	140
65	80	10	45	40	75	65	100	90	125	130	165
80	100	15	50	50	85	75	110	105	140	155	190
100	120	15	55	50	90	85	125	125	165	180	220
120	140	15	60	60	105	100	145	145	190	200	245
140	160	20	70	70	120	115	165	165	215	225	275
160	180	25	75	75	125	120	170	170	220	250	300
180	200	35	90	90	145	140	195	195	250	275	330
200	225	45	105	105	165	160	220	220	280	305	365
225	250	45	110	110	175	170	235	235	300	330	395
250	280	55	125	125	195	190	260	260	330	370	440
280	315	55	130	130	205	200	275	275	350	410	485
315	355	65	145	145	225	225	305	305	385	455	535
355	400	100	190	190	280	280	370	370	460	510	600
400	450	110	210	210	310	310	410	410	510	565	665
450	500	110	220	220	330	330	440	440	550	625	735

**Cuadro 28: Juego radial interno de los rodamientos de rodillos cónicos de doble hilera o apareados (agujero cilíndrico).**

Unidad:  $\mu\text{m}$

Diámetro Interior Nominal, d (mm)		Juego Radial Interno									
		C1		C2		Estándar		C3		C4	
Más de	Hasta	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
14	18	0	10	10	20	20	30	30	40	40	50
18	24	0	10	10	20	20	30	30	40	40	55
24	30	0	10	10	20	20	30	30	45	45	60
30	40	0	12	12	25	25	40	40	55	55	75
40	50	0	15	15	30	30	45	45	60	60	80
50	65	0	15	15	30	30	50	50	70	70	90
65	80	0	20	20	40	40	60	60	80	80	110
80	100	0	20	20	45	45	70	70	100	100	130
100	120	0	25	25	50	50	80	80	110	110	150
120	140	0	30	30	60	60	90	90	120	120	170
140	160	0	30	30	65	65	100	100	140	140	190
160	180	0	35	35	70	70	110	110	150	150	210
180	200	0	40	40	80	80	120	120	170	170	230
200	225	0	40	40	90	90	140	140	190	190	260
225	250	0	50	50	100	100	150	150	210	210	290
250	280	0	50	50	110	110	170	170	230	230	320
280	315	0	60	60	120	120	180	180	250	250	350
315	355	0	70	70	140	140	210	210	280	280	390
355	400	0	70	70	150	150	230	230	310	310	440
400	450	0	80	80	170	170	260	260	350	350	490
450	500	0	90	90	190	190	290	290	390	390	540
500	560	0	100	100	210	210	320	320	430	430	590
560	630	0	110	110	230	230	350	350	480	480	660
630	710	0	130	130	260	260	400	400	540	540	740
710	800	0	140	140	290	290	450	450	610	610	830
800	900	0	160	160	330	330	500	500	670	670	920

### 13.2 Selección del juego interno

La magnitud del juego de trabajo es un factor importante del cual dependen el funcionamiento y vida del rodamiento. A título ilustrativo se muestra en la figura 9-4 la relación entre el juego de trabajo y la vida de fatiga de un rodamiento de bolas típico y de un rodamiento de rodillos cilíndricos. En ambos casos puede verse que la vida de fatiga máxima se puede obtener con un juego de trabajo ligeramente negativo.

Sin embargo en la práctica resulta más seguro tratar de obtener un juego de trabajo algo superior, a la vista de las tolerancias admitidas en las dimensiones relacionadas, así como la variación temperatura del trabajo.

Para los rodamientos de bolas, el juego deseable es tal que el valor medio de la gama de juegos de trabajo quede del lado positivo, próximo a cero. Para los rodamientos de rodillos es deseable que el valor mínimo de la misma gama se encuentre en la misma zona.

Cuando se requiera una gran rigidez, o cuando sea necesario reducir al mínimo el ruido, entonces se especifica un juego reducido para que el juego de trabajo pueda quedar más del lado negativo, es decir que se obtenga una precarga. Por otra parte, generalmente se elige un juego superior al estándar cuando se prevea una temperatura de trabajo elevada.

Es importante elegir el juego antes del montaje de tal manera que se obtenga un juego de trabajo óptimo de acuerdo con las condiciones de trabajo específicas.

A continuación se describe el método para calcular el juego de trabajo para el caso de ejes y alojamientos de acero.

*Juego de trabajo (S):*

En general el juego de trabajo puede obtenerse mediante la siguiente fórmula

$$S = S_0 - (S_f + S_{t1} + S_{t2}) + S_w$$

Donde

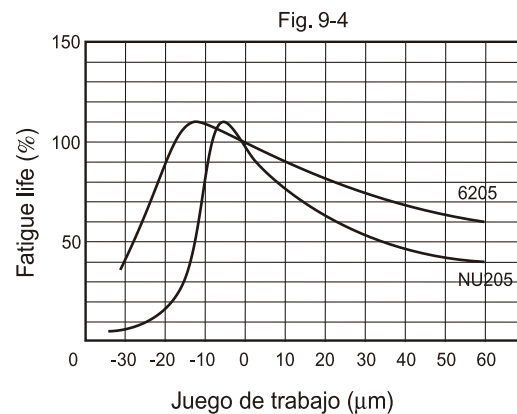
$S_0$  = Juego antes del montaje (mm)

$S_w$  = Incremento del juego debido a la carga (mm)

$S_f$  = Reducción de juego debido a la magnitud de interferencia (mm)

$S_{t1}$  = Reducción de juego debido a la diferencia de temperatura entre los aros int. y ext. (mm)

$S_{t2}$  = Reducción del juego debido a la expansión térmica de los elementos rodantes (mm)



**Cuadro 29: Ejemplos de selección de juegos internos no estándares.**

Condiciones de servicio	Aplicaciones	Selección del juego int.
En caso de cargas pesadas y cargas de impacto. Ajuste con gran interferencia	Muñón de ejes en carros ferroviarios	C3
En caso de cargas vibratorias, cargas de impacto. Ajuste de interferencia en ambos aros interno y externo.	-Cribas vibratorias -Motores de tracción de ferrocarriles -Caja reductora final de tractores	C3, C4 C4 C4
Cuando existe gran flexión de ejes	Ruedas en ejes tractores de automóviles	C5
Cuando el eje y aro interno son calentados	-Secadores en máquinas papeleras -Rodillos de mesas laminadoras	C3, C4 C3
Cuando existe ajuste deslizante en los aros interno y externo.	Cuellos de rodillos laminadores	C2
Cuando el ruido y la vibración durante el funcionamiento deben ser reducidos	Micro-motores eléctricos	C1, C2, CM
Cuando el juego interno debe ser ajustado con el fin de reducir la desviación del eje.	Husillos de máquinas-herramientas (Tornos)	C9NA, C1NA



# 14. AJUSTES DE LOS RODAMIENTOS

## 14.1 Propósito del ajuste.

El propósito del ajuste de los rodamientos es combinar el anillo interno y externo, con el eje o el alojamiento, de manera que se logre un ajuste adecuado entre ambos, para así impedir su deslizamiento, pues este deslizamiento desventajoso (llamado "arrastre"), produciría una generación de calor anormal y el desgaste de las superficies de ajuste, lo cual afectará el funcionamiento del rodamiento por contaminación de partículas, vibraciones, etc. Por esta razón, es necesario combinar los anillos del rodamiento bajo alta carga de rotación, con el eje o el alojamiento mediante un ajuste de interferencia (apriete),

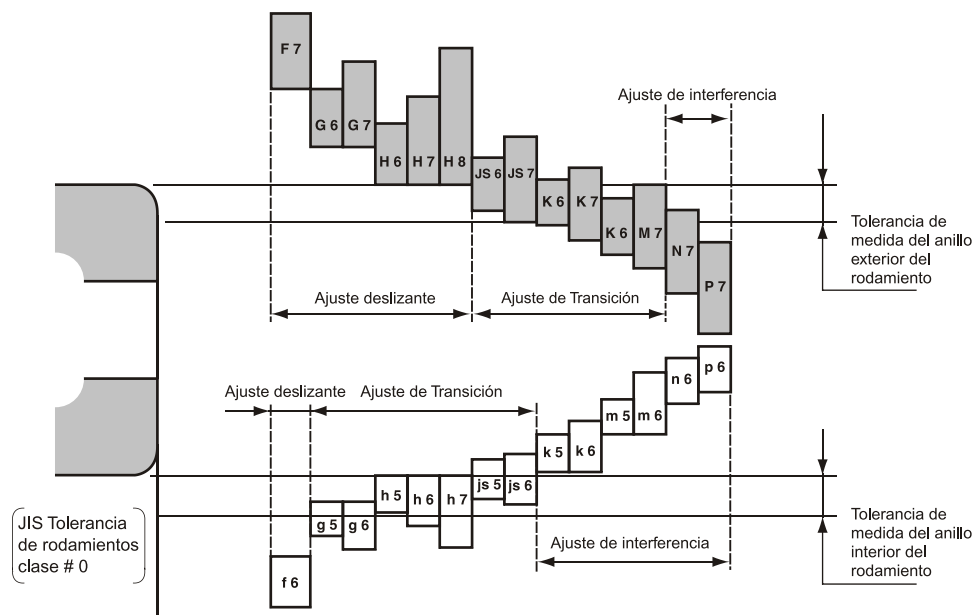
o bien un ajuste holgado si es conveniente para el funcionamiento de la maquinaria

## 14.2 Tolerancias y ajustes para ejes y alojamientos.

Para series de rodamientos métricos, las tolerancias para el diámetro del eje y el diámetro del agujero son estandarizadas por JIS B 0401 "límites y adaptaciones para ingeniería" en ISO 286.

Los ajustes de los rodamientos sobre los ejes y en los alojamientos, son determinados en tolerancias especificadas en la estandarización mencionada. La figura 13-1 muestra la relación entre las tolerancias para ejes y diámetros de agujeros de alojamientos con los ajustes para rodamientos de la clase 0 de tolerancia.

## 14.3 Relación de la gama de tolerancias para los ejes (mitad inferior) y para los alojamientos de los soportes (mitas superior) con los ajustes para rodamientos de la clase 0 de tolerancia.



## 14.4 Selección de ajustes.

Para la selección del ajuste adecuado, deben ser considerados los factores siguientes:

- \*Dirección de la carga.
- \*Características y magnitud de la carga.
- \*Distribución de temperatura durante la operación
- \*Juego interno de los rodamientos.
- \*Acabado superficial, material y diámetro del eje y el alojamiento.
- \*Métodos de montaje y desmontaje.
- \*Necesidades de compensar la expansión térmica del eje en la superficie de ajuste.
- \*Tipo y tamaño del rodamiento.

## Selección de la Práctica de Ajuste.

### 1. Dirección de la Carga

La primera consideración que hay que hacer al elegir los ajustes en el eje y el alojamiento, es la dirección de la carga. La carga del rodamiento se puede dividir en tres tipos según su dirección: Carga giratoria en el anillo interior, carga giratoria en el anillo exterior, carga indeterminada.

#### a) Carga Giratoria en el Anillo Interior

La carga giratoria en el anillo interior es aquella que gira alrededor del camino de rodadura del anillo interior (considerada como carga circunferencial) durante una revolución del rodamiento, mientras queda fija en una posición (designada como carga puntual) en el camino de rodadura del anillo exterior. En este caso es probable que se produzca arrastre (mov. relativo) entre el anillo interior y el eje. Para impedir ésto, el anillo interior debe tener ajuste duro sobre

el eje, mientras que el ajuste en el alojamiento debe ser suave.

#### b) Carga Giratoria en el Anillo Exterior

En este caso la situación es inversa a la de la carga giratoria en el anillo interior. Por lo tanto es necesario utilizar un ajuste duro del anillo exterior en el alojamiento, mientras que el anillo interior puede tener un ajuste suave.

#### c) Carga Indeterminada

Cuando se añaden a la carga debida al peso del cuerpo rotativo una carga desequilibrada y/o una carga vibratoria, entonces la carga resultante es compleja tanto en dirección como en magnitud, por lo que se denomina "Carga indeterminada".

En este caso, a menudo es necesario emplear ajustes duros tanto en el anillo interior como en el exterior.

**Cuadro 30: Ajustes Recomendados en los Ejes para Rodamientos Radiales<sup>1)</sup>**

Tipo de Carga	Diámetro del Eje (mm)			Símbolos de Tolerancias	Observaciones	Aplicaciones Típicas	
	Rodamientos de Bolas	Rodamientos de Rodillos Cilíndricos y Cónicos	Rod. de Rodillos Esféricos				
<b>Rodamientos de Agujero Cilíndrico</b>							
Carga giratoria en el anillo exterior	Anillo interior flotando con facilidad	Todos los diámetros del eje			g6	g5 y h5 se utilizan cuando se necesita alta precisión. Para rodamientos de gran dimensión puede utilizarse f6.	Ruedas sobre ejes fijos.
	Anillo interior no flotando con facilidad	Todos los diámetros del eje			h6		Poleas tensoras, poleas para cable.
Carga giratoria en anillo interior o carga indeterminada	Cargas ligeras y Cargas fluctuantes ( $P \leq 0,06 C_e$ )	Inferior a 18	—	—	h5	Para aplicaciones que exijan alta precisión se recomienda utilizar J5, K5 y m5 en lugar de j6, k6 y m6	Aparatos eléctricos, Máquinas herramientas, Bombas, Ventiladores, Transportadores.
		Más de 18 hasta 100	Inferior a 40	—	j6		
		Más de 100 hasta 200	Más de 40 hasta 140	—	k6		
		—	Más de 140 hasta 200	—	m6		
	Cargas normales y cargas pesadas ( $P > 0,06 C_e$ )	Inferior a 18	—	—	j6	En los rodamientos de rodillos cónicos de una hilera y en los rodamientos de bolas de contacto angular puede sustituirse k5 y m5 por k6 y m6, al no tener que considerarse la reducción de juego debida al ajuste de interferencia.	Motores eléctricos, Turbinas, Bombas, Motores de combustión interna, Máquinas para la madera.
		Más de 18 hasta 100	Inferior a 40	Inferior a 40	k5		
		Más de 100 hasta 200	Más de 40 hasta 100	Más de 40 hasta 65	m5		
		—	Más de 100 hasta 140	Más de 65 hasta 100	m6		
		—	Más de 140 hasta 200	Más de 100 hasta 140	n6		
		—	Más de 200 hasta 400	Más de 140 hasta 280	p6		
—	—	Más de 280	r6				
Cargas excepcionalmente pesadas y cargas de impacto ( $P > 0,12 C_e$ )	—	Más de 50 hasta 140	Más de 50 hasta 100	n6	El juego del rodamiento debe ser superior al estándar	Ejes de vagones de ferrocarril, Motores de tracción.	
	—	Más de 140 hasta 200	Más de 100 hasta 140	p6			
	—	Más de 200	Más de 140	r6			
Solamente cargas axiales	Todos los diámetros de eje			js6(j6)			

Nota: 1) Las tolerancias de ajuste indicadas se refieren a ejes macizos.



**Cuadro 31: Ajustes recomendados en los ejes para rodamientos axiales**

Tipo de Carga		Diámetro del Eje (mm)	Símbolo de Tolerancia
Cargas axiales puras (Rodamientos axiales de bolas y rodamientos axiales de rodillos esféricos)		Hasta 250	<b>j6</b>
		Más de 250	<b>js6 o j6</b>
Carga Combinada (Rodamientos axiales de rodillos esféricos)	Carga giratoria en el anillo exterior	Hasta 250	<b>j6</b>
		Más de 250	<b>js6 o j6</b>
	Carga giratoria en el anillo interior o carga indeterminada	Hasta 200	<b>k6</b>
		Más de 200 hasta 400	<b>m6</b>
Más de 400	<b>n6</b>		

**Cuadro 32: Ajustes recomendados en los alojamientos para rodamientos radiales (excepto rodamientos de bolas tipo magneto)<sup>1)</sup>**

Tipo de Carga		Símbolo de Tolerancia	Anillo exterior <sup>2)</sup>	Observaciones	Aplicación Típica		
Soporte de Una Sola pieza Carga giratoria en el anillo exterior	Carga fuerte o de impacto en el soporte de pared delgada	<b>P7</b>	No desplazable	Para rodamientos con un diámetro exterior más de 500mm se recomienda N7 en lugar de P7	Bujes de ruedas con rodamientos de rodillos de cabezas de biela.		
	Carga normal y pesada	<b>N7</b>		Para rodamientos con un diámetro exterior más de 500mm se recomienda M7 en lugar de N7	Bujes de rueda con rodamientos de bolas.		
	Carga ligera y carga fluctuante	<b>M7</b>		—	Rodillos de banda transportadora, transportadores aéreos, poleas tensoras.		
Soporte de una pieza o partido Carga indeterminada	Carga de impacto pesada	<b>K7</b>	Normalmente no desplazable	Cuando se requiera un alto grado de precisión, utilizar soporte de una sola pieza y sustituir K7, J7 y H7 por K6, J6 y H6.	Motores de tracción.		
	Carga pesada y normal: no se precisa desplazamiento axial del anillo exterior				Motores eléctricos, bombas, cigüeñales.		
	Carga normal y ligera: es deseable el desplazamiento axial del anillo exterior				<b>J7</b>	Desplazable	Motores eléctricos, bombas, cigüeñales.
	Carga de impacto: llega a producirse pasajeramente descarga completa				<b>H7</b>	Fácilmente desplazable	Para aplicaciones tales como equipos de transmisión puede utilizarse H8 en lugar de H7
Todos los tipos de carga	Aplicaciones generales de rodam., ejes de vagón de ferrocarril, equipos de transmisión de potencia.						
Soporte de una pieza o partido Carga giratoria en el anillo interior	Transmisión de calor a través del eje	<b>G7</b>	Fácilmente desplazable	—	Cilindros secadores.		
	Solamente carga axial	—		Utilizar una tolerancia adecuada para el diámetro interior del soporte de manera que se obtenga un juego radial entre el anillo exterior y el soporte.	—		

**Nota: 1)** Este cuadro es aplicable para soportes de hierro fundido o acero. Para soportes de aleación ligera se recomienda utilizar unos ajustes más duros que los indicados.

**2)** Indica la distinción entre aplicaciones de rodamientos no separables que requieren y no requieren desplazamiento axial de los anillos exteriores.

**Cuadro 33: Ajustes recomendados en los alojamientos para rodamientos axiales**

Tipo de Carga		Símbolo de Tolerancia	
Solamente carga axial (Todos los rodamientos axiales)	Cuando se utiliza otro rodamiento para soportar la carga radial.	—	Utilizar una tolerancia <sup>1)</sup> adecuada para el diámetro interior del soporte de manera que se obtenga un juego radial entre el anillo exterior y el soporte.
Carga Combinada (Rodamientos axiales de rodillos esféricos)	Carga giratoria en el anillo interior, o carga indeterminada	<b>H7</b>	—
	Carga giratoria en el anillo exterior	<b>M7</b>	—

**Nota: 1)** Se recomienda H8 cuando sea necesario montar con precisión un rodamiento axial de bolas

## 15. PRÁCTICAS DE AJUSTES AUTOMOTRICES –PROBADAS EN CAMPO– SEGÚN APLICACIONES

En seguida se muestran las prácticas de ajustes más comunes usadas según las aplicaciones. Hay que considerar la conversión a un ajuste equivalente cuando se requiere aplicar rodamientos de rodillos cónicos en pulgadas. Para el campo automotriz se consideran los ajustes de acuerdo a lcomponente...

**Cuadro 34: Ruedas (mayormente vehículos de pasajeros/coche de turismo)**

Conf.	Rueda	Tipo	Eje	Alojamiento	Aro que gira	
Motor frontal/Tracción trasera	Delantera	1 par de rodamientos de rodillos cónicos	f6, h6	N7, P7, R7	Aro externo	
	Trasera	Suspensión semi-flotante	1 sólo rodam. de bolas	k6, m5, n5	N6, J6, H-K	Aro interno
			Tipo DAC...	k6	H7-K7	Aro interno
		Suspensión independiente	1 par de rodam. de rodillos cónicos	k6	H7, M6	Aro interno
1 par de rodam. de bolas.	n5		J6	Aro interno		
Motor frontal/Tracción delantera	Delantera	1 par de rodamientos de rodillos cónicos	h6	P7	Aro interno	
		"Ajuste-rápido", cartucho (46TDU..)	k6	P7, R7	Aro interno	
		Unidad de cubo con rodam. de rodillo cónicos (DUF...)	m6	-----	Aro interno	
		Tipo DAC...	j6, k6, m6	K7, R7-T7	Aro interno	
	Trasera	1 par de rodamientos de rodillos cónicos	F6	P7, R7	Aro externo	
		"Ajuste-rápido", cartucho (46TDU..)	(g6), m6	R7	Aro externo	
		Tipo DAC...	m6	R7	Aro externo	

- (a) Materiales populares: acero para ejes, hierro fundido para alojamientos (FCA, FCD)
- (b) Si se usa el tipo DAC y el aro interno se atora, el juego interno axial después del montaje se deberá regular sobre -30 hasta +20 m
- (c) La precarga aplicada comúnmente para un par de rodamientos de rodillos cónicos es de aprox. 200 kgf.
- (d) Para los rodamientos de rodillos cónicos del tipo "ajuste-rápido" y de cartucho, para el juego interno axial después del montaje se aplica 80 m y sobre 400 kgf. como precarga.
- (e) Para rodamientos de bolas (uno sólo) en suspensiones de ejes flotantes se aplican juegos internos iniciales C3 y C4.

**Cuadro 35: Diferencial (rodamientos de rodillos cónicos en vehículos con motor delantero/tracción trasera)**

Elemento Componente	Eje	Alojamiento
Piñón/delantero	js6, j6	K7, M7, N7
Piñón/trasero	k6, m6, n6	N7, P7
Diferencial/lateral	n6, p6	M7, N7, P7

- (a) Hierro fundido dúctil es usado comúnmente como material para alojamientos.
- (b) Tanto ás pesada sea la carga y mayor el tamaño del rodamiento , más apretado será el ajuste (ver tabla arriba) .
- (c) Los ajustes más populares para automóviles son: j6 y M7para piñón/delantero, m6 y N7 para /trasero y n6 con M7 para diferencial/lateral.



**Cuadro 36: Transmisión (incluye motocicletas)**

Tipos de rodamientos			Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos cilíndricos	Rodamientos de rodillos cónicos
Elemento/tamaño	Diám. ext. rodam. (mm)				
Eje	Sobre...	Hasta...			
	---	18	j6	k6	k6
	18	40	k6	k6	k6
	40	65	k6	m6	m6
	65	100	k6	m6	m6
Alojamiento	Hierro fundido		H6 ó H7, J6 ó J7		
	Aleación ligera		M6 ó M7		

(a) Existen algunas tolerancias tales como H, J, K, M y N para las pruebas de campo de ajuste en alojamientos de aleaciones ligeras. De hecho la tolerancia de ajuste es determinada por la construcción de las unidades, dificultades de ensamble, etc.

(b) En casos de ajustes con precarga para rodamientos de rodillos cónicos, se usan ajustes flojos, ajustes de transición para el aro el interno (o el aro externo) el cual se ajusta por los lados para facilitar la operación.

(c) Es común aplicar rodamientos de bolas y de rodillos cilíndricos con juego interno C3.

#### ALTERNADORES

Para rodamientos rígidos de bolas popularmente se usan juegos internos iniciales del tipo CM.

Posición: delantera: Eje: g5, g6 Alojamiento: JS6, J7

Posición: trasera: Eje: k5 Alojamiento: JS6, K7

#### BOMBAS DE AGUA

Para el eje o aro interno del rodamiento se tiene un ajuste de fabrica en la unidad.

Alojamiento: N7 (material: hierro fundido)

Alojamiento: U7 (material: aleación de aluminio)

#### CIGÜEÑAL (Motocicletas, motores de propósitos generales)

Eje: j6, k6 (igual que ajustes generales para condiciones de carga pesada sobre el aro interno que gira)

Alojamiento: N6 ó N7, P6 ó P7, R6 ó R7 (aleaciones de aluminio)

(a) Desde que los rodamientos para cigüeñales están sometidos a cargas elevadas e indeterminadas, así como fuerte oscilación, el ajuste en el alojamiento es fuerte para evitar deslizamientos sobre el aro externo y su alojamiento (otra razón para los alojamientos hechos de aleaciones de aluminio). En Adición, para prevenir deslizamientos o contragolpes, también se usan pasadores espirales, pasadores de golpe, recubrimientos de nylon o bujes de acero entre el aro externo y su alojamiento.

(b) Frecuentemente se usan juegos internos C3 y C4.

#### VENTILADOR (embrague)

Eje: k6

Alojamiento: U7 (material: aleación de aluminio)



### Tolerancias en ejes y alojamientos.

Para lograr los ajustes correctos de Deslizamientos (juegos) o de Interferencia (aprietes) de ejes o alojamientos en diámetros de anillos internos y externos de rodamientos, los fabricantes de rodamientos recomiendan los ajustes indicados en las tablas, los cuales son selecciones de grados de tolerancias dimensionales ISO para el caso específico de ajustes de rodamientos en ejes y alojamientos.

La precisión del mecanizado (tolerancia dimensional) de la superficie del asiento del rodamiento en el eje debe tener como mínimo grado 6 (variará entre 5 y 6) en el caso de que entre la superficie del eje y el rodamiento se interpongan manguitos de fijación o de desmontaje (caso de rodamientos con agujero cónico) se podrán utilizar tolerancias dimensionales superiores (grado 9 a grado 10) para la superficie del eje en contacto con el manguito.

**Cuadro 37: Tolerancias en los ejes (desviaciones respecto a la dimensión nominal)  
Ejes macizos de acero.**

Unidad:  $\mu\text{m}$

Dia. Nominal (mm)		g6	h5	h6	h9	h10	js5	js6	j5	j6	k5	k6	m5	m6	n6	p6	r6	r7	Dia. Nominal (mm)		Tolerancias Básicas		$\Delta$ dmp del rodam. (Clase O)
Más de	Hasta																		Más de	Hasta	IT5	IT7	
3	6	-4 -12	0 -5	0 -8	0 -30	0 -48	$\pm 2.5$	$\pm 4$	+3 -2	+6 -2	+9 +1	+12 +1	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +15	3	6	5	12	0 -8	
6	10	-5 -14	0 -6	0 -9	0 -36	0 -58	$\pm 3$	$\pm 4.5$	+4 -2	+7 -2	+10 +1	+12 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+34 +19	6	10	6	15	0 -8	
10	18	-6 -17	0 -8	0 -11	0 -43	0 -70	$\pm 4$	$\pm 5.5$	+5 -3	+8 -3	+12 +1	+15 +1	+18 +7	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+41 +23	10	18	8	18	0 -8	
18	30	-7 -20	0 -9	0 -13	0 -52	0 -84	$\pm 4.5$	$\pm 6.5$	+5 -4	+9 -4	+15 +2	+17 +2	+21 +8	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+49 +28	18	30	9	21	0 -10	
30	50	-9 -25	0 -11	0 -16	0 -62	0 -100	$\pm 5.5$	$\pm 8$	+6 -5	+11 -5	+18 +2	+25 +2	+30 +9	+42 +17	+59 +26	+59 +34	+71 +34	30	50	11	25	0 -12	
50	80	-10 -29	0 -13	0 -19	0 -74	0 -120	$\pm 6.5$	$\pm 9.5$	+6 -7	+12 -7	+21 +2	+30 +2	+40 +11	+51 +20	+62 +32	+73 +43	+86 +43	50	80	13	30	0 -15	
80	120	-12 -34	0 -15	0 -22	0 -87	0 -140	$\pm 7.5$	$\pm 11$	+6 -9	+13 -9	+25 +3	+35 +3	+45 +23	+59 +37	+73 +51	+86 +51	+103 +54	80	120	15	35	0 -20	
120	180	-14 -39	0 -18	0 -25	0 -100	0 -160	$\pm 9$	$\pm 12.5$	+7 -11	+14 -11	+28 +3	+40 +3	+52 +27	+68 +43	+88 +63	+103 +63	+126 +65	120	140	18	40	0 -25	
180	250	-15 -44	0 -20	0 -29	0 -115	0 -185	$\pm 10$	$\pm 14.5$	+7 -13	+16 -13	+33 +4	+46 +4	+60 +31	+79 +50	+109 +80	+126 +80	+155 +80	180	200	20	46	0 -30	
250	315	-17 -49	0 -23	0 -32	0 -130	0 -210	$\pm 11.5$	$\pm 16$	+7 -16	+16 -16	+36 +4	+52 +4	+66 +34	+88 +56	+126 +130	+146 +150	+171 +98	250	280	23	52	0 -35	
315	400	-18 -54	0 -25	0 -36	0 -140	0 -230	$\pm 12.5$	$\pm 18$	+7 -18	+18 -18	+40 +4	+57 +5	+73 +37	+98 +62	+144 +150	+165 +171	+195 +114	315	355	25	57	0 -40	
400	500	-20 -60	0 -27	0 -40	0 -155	0 -250	$\pm 13.5$	$\pm 20$	+7 -20	+20 -20	+45 +5	+63 +5	+80 +40	+108 +68	+166 +172	+189 +195	+220 +132	400	450	27	63	0 -45	
500	630	-22 -66	0 -44	0 -175	0 -280	0 -400	$\pm 22$	-	-	-	+44 +0	+70 +26	+88 +44	+122 +78	+194 +150	+220 +155	+255 +155	500	560	70	63	0 -50	
630	800	-24 -74	0 -50	0 -200	0 -320	0 -500	$\pm 25$	-	-	-	+50 +0	+80 +30	+100 +50	+138 +88	+225 +175	+255 +175	+285 +185	630	710	80	70	0 -75	
800	1000	-26 -82	0 -56	0 -230	0 -360	0 -500	$\pm 28$	-	-	-	+56 +0	+90 +34	+112 +56	+156 +100	+266 +210	+300 +210	+330 +220	800	900	90	90	0 -100	
1000	1250	-28 -94	0 -66	0 -260	0 -420	0 -600	$\pm 33$	-	-	-	+66 +0	+106 +40	+132 +66	+186 +120	+316 +250	+355 +250	+390 +250	1000	1120	105	105		
1250	1600	-30 -108	0 -78	0 -310	0 -500	0 -700	$\pm 39$	-	-	-	+78 +0	+126 +48	+156 +78	+218 +140	+378 +300	+425 +300	+465 +330	1250	1400	125	125		
1600	2000	-32 -124	0 -92	0 -370	0 -600	0 -800	$\pm 46$	-	-	-	+92 +0	+150 +58	+184 +92	+262 +170	+462 +370	+520 +370	+550 +400	1600	1800	150	150		



### Tolerancias para la forma geométrica.

Las tolerancias para la cilindridad según ISO 1101-1983 debe estar entre 1 a 2 grados IT sobre la tolerancia de dimensiones utilizada (Ejm. si la tolerancia de mecanizado de un eje es de k6 la precisión de la forma cilíndrica debe ser IT5 o IT4). Para montaje sobre manguitos de fijación o de desmontaje la cilindridad de la superficie de asiento deberá ser IT5/2 para h9 e IT7/2 para h10 (para montaje sobre manguito siempre se mecaniza el eje con ajuste deslizante).

**Cuadro 38: Tolerancias en los alojamientos (desviación respecto a la dimensión nominal)  
Soportes de fundición de hierro o de acero.**

Unidad:  $\mu\text{m}$

Dia. Nominal (mm)		g6	H6	H7	H8	J6	J7	Js6	Js7	K6	K7	M6	M7	N6	N7	P6	P7	Dia. Nominal (mm)		$\Delta D_{\text{dmp}}$ del rodam. (Clase O)
Más de	Hasta																	Más de	Hasta	
10	18	+24 +6	+11 0	+18 0	+27 0	+6 -5	+10 -8	$\pm 5.5$	$\pm 9$	+2 -9	+6 -12	-4 -15	0 -18	-9 -20	-5 -23	-15 -26	-11 -29	10	18	0 -8
18	30	+28 +7	+13 0	+21 0	+33 0	+8 -5	+12 -9	$\pm 6.5$	$\pm 10$	+2 -11	+6 -15	-4 -17	0 -21	-11 -24	-7 -28	-18 -31	-14 -35	18	30	0 -9
30	50	+34 +9	+16 0	+25 0	+39 0	+10 -6	+14 -11	$\pm 8$	$\pm 12$	+3 -13	+7 -18	-4 -20	0 -25	-12 -28	-8 -33	-21 -37	-17 -42	30	50	0 -11
50	80	+40 +10	+19 0	+30 0	+46 0	+13 -6	+18 -12	$\pm 9.5$	$\pm 15$	+4 -15	+9 -21	-5 -24	0 -30	-14 -33	-9 -39	-26 -45	-21 -51	50	80	0 -13
80	120	+47 +12	+22 0	+35 0	+54 0	+16 -6	+22 -13	$\pm 11$	$\pm 17$	+4 -18	+10 -25	-6 -28	0 -35	-16 -38	-10 -45	-30 -52	-24 -59	80	120	0 -15
120	180	+54 +14	+25 0	+40 0	+63 0	+18 -7	+26 -14	$\pm 12.5$	$\pm 20$	-4 -21	12 -28	-8 -33	0 -40	-20 -45	-12 -5	-36 -61	-28 -68	120	180	$(\leq 150) 0-18$ $(\geq 150) 0-25$
180	250	+61 +15	+29 0	+46 0	+72 0	+22 -7	+30 -16	$\pm 14.5$	$\pm 23$	5 -24	13 -33	-8 -37	0 -46	-22 -51	-14 -60	-41 -70	-33 -79	180	250	0 -30
250	315	+69 +17	+32 0	+52 0	+81 0	+25 -7	+36 -16	$\pm 16$	$\pm 26$	5 -27	16 -36	-9 -41	0 -52	-25 -57	-14 -66	-47 -79	-36 -88	250	315	0 -30
315	400	+75 +18	+36 0	+57 0	+89 0	+29 -7	+39 -18	$\pm 18$	$\pm 28$	7 -29	17 -40	-10 -46	0 -57	-26 -62	-16 -73	-51 -87	-41 -98	315	400	0 -40
400	500	+83 +20	+40 0	+63 0	+97 0	+33 -7	+43 -20	$\pm 20$	$\pm 31$	8 -32	18 -45	-10 -50	0 -63	-27 -67	-17 -80	-55 -95	-45 -108	400	500	0 -45
500	630	+92 +22	+44 0	+70 0	+110 0	-	-	$\pm 22$	$\pm 35$	0 -44	0 -70	-26 -70	-26 -96	-44 -88	-44 -114	-78 -122	-78 -148	500	630	0 -50
630	800	+104 +24	+50 0	+80 0	+125 0	-	-	$\pm 25$	$\pm 40$	0 -50	0 -80	-30 -80	-30 -100	-50 -100	-50 -130	-88 -138	-88 -168	630	800	0 -75
800	1000	+116 +26	+56 0	+90 0	+140 0	-	-	$\pm 28$	$\pm 45$	0 -56	0 -90	-34 -90	-34 -124	-56 -112	-56 -146	-100 -156	-100 -190	800	1000	0 -100
1000	1250	+133 +28	+66 0	+105 0	+165 0	-	-	$\pm 33$	$\pm 52$	0 -66	0 -105	-40 -106	-40 -145	-66 -132	-66 -171	-120 -186	-120 -225	1000	1250	0 -125
1250	1600	+155 +30	+78 0	+125 0	+195 0	-	-	$\pm 39$	$\pm 62$	0 -78	0 -125	-48 -126	-48 -173	-78 -156	-78 -203	-140 -218	-140 -265	1250	1600	
1600	2000	+182 +32	+92 0	+150 0	+230 0	-	-	$\pm 46$	$\pm 75$	0 -92	0 -150	-58 -150	-58 -208	-92 -184	-92 -242	-170 -262	-170 -320	1600	2000	
2000	2500	+209 +34	+110 0	+175 0	+280 0	-	-	$\pm 55$	$\pm 87$	0 -110	0 -75	-68 -178	-68 -243	-110 -220	-110 -285	-195 -305	-195 -370	2000	2500	

## SELECCIÓN DE MATERIALES DE OBTURACIONES

Material Cod.	Caucho nitrílico		Caucho acrílico		Caucho de silicon		Caucho fluorado	
	NBR	ACM, ANM	VMQ	FKM	VMQ	FKM	VMQ	FKM
<b>Rango de temperatura (Rango normal de aplicación)</b>	- 45 ~ + 130 C (- 30 ~ + 100)	- 30 ~ + 180 C (- 20 ~ + 150)	- 90 ~ + 250 C (- 55 ~ + 180)	- 30 ~ + 280 C (- 20 ~ + 220)				
Límite de velocidad del labio	12 m/s	15 m/s	18 m/s	20 m/s				
Resistencia a la grasa	○	○	○	●				
Resistencia a la abrasión	●	△	X	○				
Resistencia al arrastre	○	△	△	●				
Resistencia al agua	○	X	○	●				
Resist. a bajas cond. de lubricación	●	○	△	●				
Grasa	○	○	○	●				
Aceite mineral	○	○	○	●				
Aceite sintético	△	△	△	△				
Lubrificantes E.P.	○	●	X	●				
Agua (100°C)	△	XX	○	●				
Gasolina y otros aceites ligeros	●	○	△	●				
Tricloroetileno	X	XX	○	●				
Resistente a ácidos diluidos	○	○	○	●				
Resistente a álcalis diluido	○	X	○	●				
Resistencia al ozono	X	●	○	●				
Relación de precios (solamente material de caucho)	●1	●2	○8	△20				
<p> <span style="display: inline-block; width: 1em; height: 1em; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: black; margin-right: 0.5em;"></span> Excelente           <span style="display: inline-block; width: 1em; height: 1em; border: 1px solid black; border-radius: 50%; margin-right: 0.5em; margin-left: 1em;"></span> Bueno           <span style="display: inline-block; width: 1em; height: 1em; border: 1px solid black; margin-right: 0.5em; margin-left: 1em;"></span> Regular           <span style="display: inline-block; width: 1em; height: 1em; border: 1px solid black; margin-right: 0.5em; margin-left: 1em;"></span> X Malo           <span style="display: inline-block; width: 1em; height: 1em; border: 1px solid black; margin-right: 0.5em; margin-left: 1em;"></span> XX No aplicable         </p>								



REQUERIMIENTOS DE FUNCIONAMIENTO									
Requerimientos de funcionamiento		Factor y sus efectos							
		Roda- mientos	Grasa	Retenedor		Sello			
				Forma	Material	Forma	Material		
Requerimientos básicos de funcionamiento	Alta durabilidad - Eficiencia de hermeticidad	—	●	○	—	●	○	○	○
	Alta durabilidad - A prueba de polvo y agua	—	●	—	—	●	○	○	○
	Baja fricción	△	○	○	○	●	○	●	○
	Resistencia a alta temperatura	—	●	—	●	●	●	●	●
	Resistencia a alta velocidad	○	●	○	●	●	●	●	●
	Resistencia a bajas temperaturas	—	●	—	—	●	●	●	●
Requerimientos especiales de funcionamiento	Adecuado para alineamiento relativo del anillo interior y exterior	—	—	○	●	○	●	△	△
	Protección contra lodo y agua salada	△	●	—	—	—	—	●	●
	Protección contra aceite externo y resistencia a presión externa	—	△	—	—	—	—	●	●
	Diseño compacto	△	—	—	—	—	—	●	—
		●	○	△	Efecto bajo				
		●	○	△	Efecto medio				
		●	○	△	Efecto alto				

## GRASAS PARA RODAMIENTOS KOYO

### 1 - RODAMIENTOS MINIATURA Y PEQUEÑOS.

#### • USO GENERAL.

Grasa	Espesante	Aceite Base	Punto de Goteo	Rango de Temperatura.
Multemp SRL.	Jabón de Litio	Ester	191 C	- 40 C a 130 C

#### Motores Eléctricos

- Condiciones Normales de Trabajo.

Grasa	Espesante	Aceite Base	Punto de Goteo	Rango de Temperatura.
Alvania RA	Jabón de Litio	Aceite mineral	183 C	- 20 a 100 C
Alvania 2	Jabón de Litio	Aceite mineral	182 C	- 10 a 100 C

#### • Bajas Temperaturas.

Multemp. PS2.	Jabón de Litio	Diester	198 C	- 40 a 100 C
Beacon 325	Jabón de Litio	A. mineral Diester	194 C	- 50 a 100 C

#### • Amplio Rango de Temperatura.

Multemp. SRL.	Jabón de Litio	Ester	191 C	- 40 a 130 C
KNG 144	Compuesto de Urea	Pao (Polialfaolefinas) Aceite mineral	Sobre los 250C	- 30 a 130 C
Wr3	Jabón de base Sodio	Ester A. mineral	Sobre los 250 C	- 40 a 130 C



## RODAMIENTOS EN CONDICIONES ESPECIALES DE TRABAJO

### 2 - BAJA TEMPERATURA DE OPERACIÓN

• Temperatura mínima -40 C

Grasa	Espesante	Aceite Base	Punto de Goteo	Rango de Temperatura.
Multemp. SRL	Jabón de Litio	Ester	191 C	-40 a 130 C
Multemp. PS2	Jabón de Litio	Diester A. mineral.	198 C	-40 a 100 C

• Temperatura mínima -50 C

Multemp. LT2	Jabón de Litio	Diester	192 C	-50 a 100 C
Beacon 325	Jabón de Litio	Diester	194 C	-50 a 100 C

• Temperatura mínima -70 C

Baja Temp. EP	Jabón de Litio	Diester	179 C	-70 a 120 C
---------------	----------------	---------	-------	-------------

### 3 -ALTA VELOCIDAD DE OPERACIÓN:

• Funcionamiento a Alta Temperatura  
KNG 144

Compuesto de Urea	Pao (Polialfaolefinas) Aceite mineral	Sobre los 250 C	-30 a 130 C
-------------------	--	--------------------	-------------

• Funcionamiento a Baja temperatura.  
Beacon 325

Jabón de Litio	Diester	194 C	-50 a 100 C
----------------	---------	-------	-------------

#### 4 -BAJO TORQUE:

Beacon 325	Jabón de Litio	Diester	194 C	-50 a 100 C
Aeroshell12 (Aceite).	-----	Diester	-----	-50 a 100 C

#### 5 -ALTA TEMPERATURA DE OPERACIÓN:

• Temperatura. máx. de 150 C KNG170	Compto. de Urea	Pao (Polialfaolefinas) Aceite mineral	Sobre los 250 C	-30 a 150 C
Dorlum R	Compto. de Urea	Aceite mineral	236 C	0 a 150 C
Chevron Sr12	Compto. de Urea	Aceite mineral	239 C	0 a 150 C
• Temperatura máx. de 180 C SH44M G40M	Jabón de litio Jabón de litio	Silicona Silicona	224 C 222 C	-30 a 180 C -30 a 180 C
• Temperatura máx. de 220 C FS3451 No.2	Resina de fluor	Fluorosilicona	250 C	-40 a 220 C
• Temperatura máx. de 250 C Barrlerta JFE552 Krytox 240AC	Resina A. de flour Resina A. de flour	Fluorado A. Sintético Fluorado Fluorina	Sobre los 250 C Sobre los 250 C	-30 a 250 C -30 a 250 C





## 6 -AUTOMÓVILES:

Grasa	Espesante	Aceite Base	Punto de Goteo	Rango de Temperatura
• Embrague. Temprex No. 3	Complejo de litio	Aceite mineral	Sobre los 250 C	-10 a 130 C
• Bomba de agua. Alvanla 3 W 191	Jabón de litio Compuesto de Urea	Aceite mineral Aceite sintético Aceite mineral	186 C Sobre los 270 C	-10 a 100 C -30 a 130 C
• Alternador (Condiciones Normales de Trabajo). Multemp SRL	Jabón de litio	Éster	191 C	-40 a 130 C
• Elevadas Velocidades y Temperaturas de Trabajo KNG170	Compuesto de Urea	Pao (Polialfaolefinas) Aceite mineral	250 C	-30 a 150 C
Multemp LRL	Jabón de litio	Éster	208 C	-30 a 130 C
• Embrague electromagnético para aire acondicionado. KNG 170	Compuesto de Urea	Pao (Polialfaolefinas) Aceite mineral	Sobre los 250 C	-30 a 150 C
Dollum R Chevron SR12	Compuesto de Urea Compuesto de Urea	Aceite mineral Aceite mineral	236 C 239 C	0 a 150 C 0 a 150 C
• Polea tensora (condiciones normales de trabajo) KNG 170	Compuesto de Urea	Pao (Polialfaolefinas) Aceite mineral	Sobre los 250 C	-30 a 150 C
Multemp SRL	Jabón de litio	Éster	191 C	-40 a 130 C

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Alta Temperatura y Alta Velocidad.</b> KNG 241</li> </ul>	Compto. de Urea	Ether-aceite Base sintético	Sobre los 250C	-40 a 170 C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Acoplador de Embrague</b> G40M</li> </ul>	Jabón de litio	Silicón	Sobre los 222C	-30 a 180 C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>FS3451 N 2</b></li> </ul>	Resina de Fluorina	Fluorosilicona	Sobre los 250C	-40 a 220 C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Supercargadores.</b> (Condiciones Normales de Trabajo). KNG 170</li> </ul>	Compto. de Urea	Aceite mineral	250C	-30 a 150 C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Resistencia a la Gasolina.</b> Demnam LR65</li> </ul>	Resina de Fluorina	Aceite fluorado Aceite sintético	Sobre los 250C	-40 a 230 C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Eje de Mando.</b> Dorlum R</li> </ul>	Compto. de Urea	Aceite mineral	236C	0 a 150 C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Eje Impulsor.</b> Alvanla 2 Multemp SRL</li> </ul>	Jabón de litio Jabón de litio	Aceite mineral Éster	182 C 191 C	-10a 100 C -40 a 130 C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ruedas.</b> Alvanla2 Auto Lex B</li> </ul>	Jabón de litio Jabón de litio	Aceite mineral Aceite mineral	182C 194C	-10 a 100 C -10 a 100 C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Unidad de Cubo</b> (Hub Unit). Leamax AF</li> </ul>	Compto. de Urea	Aceite mineral	Sobre los 250 C	0 a 150 C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>SHELL 6459</b> Ronax MP</li> </ul>	Compto. de Urea Complejo de litio	Aceite mineral Aceite mineral	241 C 250 C	0 a 150 C 0 a 130 C



• <b>Junta Universal</b>	Alvanla EP2 Diamond MPM2	Jabón de litio Jabón de litio	Aceite mineral Aceite mineral	187 C 195 C	-10 a 80 C -10 a 80 C
• <b>Junta Universal - Tipo KC</b>	Sunllight 2	Jabón de litio	Aceite mineral	196 C	-10 a 100 C
• <b>Dirección</b>	Alvanla 3	Jabón de litio	Aceite mineral	186 C	-10 a 100 C
• <b>Pivote de Dirección.</b>	Alvanla EP2	Jabón de litio	Aceite mineral	187 C	-10 a 80 C
<b>7 - FERROCARRILES:</b>					
	<b>Grasa</b>	<b>Espesante</b>	<b>Aceite Base</b>	<b>Punto de goteo</b>	<b>Rango de Temperatura</b>
• <b>Muñón (aplicaciones generales).</b>	Arapen RB300	Jabón de litio Jabón de calcio	Aceite mineral	175 C	-30 a 90 C
• <b>Muñón-Unidades para ejes de Ferrocarril (ABU)</b>	Arapen RB300	Jabón de litio Jabón de calcio	Aceite mineral	175 C	-30 a 90 C
	Arapen RB320	Jabón de litio Jabón de calcio	Aceite mineral	174 C	-30 a 90 C
• <b>Motor de Tracción</b>	Sunllight EMS2 Limax 2TR Multinoc 2	Jabón de litio Jabón de litio Jabón de litio	Aceite mineral Aceite mineral Aceite mineral	197 C 186 C 210 C	-10 a 100 C -10 a 100 C -10a 100 C

<b>Grasa</b>	<b>Espesante</b>	<b>Aceite Base</b>	<b>Punto de Goteo</b>	<b>Rango de Temperatura.</b>
<b>8 - RODAMIENTOS MINIATURA Y PEQUEÑOS.</b>				
Multitemp SRL	Jabón de litio	Éster	191 C	-40 a 130 C
Isoflex NBU15	Complejo de Bario	Diéster Aceite mineral	Sobre los 250C	-40 a 100 C
<b>9 - VENTILADORES:</b>				
Diamond WBHD2	Jabón de litio	Aceite mineral	195 C	0 a 100 C
<b>10 - CORONAS GIRATORIAS:</b>				
• Condiciones Normales de Trabajo Alvanla EP2	Jabón de litio	Aceite mineral	187 C	-10 a 80 C
• Condiciones de baja temperatura Multitemp PS2	Jabón de litio	Diéster Aceite mineral	198 C	-40 a 100 C
<b>11 - AGRÍCOLAS:</b>				
Alvanla 3	Jabón de litio	Aceite mineral	186 C	-10 a 100 C
<b>12 - CARRETES DE PESCA:</b>				
Alvanla 1	Jabón de litio	Aceite mineral	180 C	-20 a 80 C



### 13 - HIERRO Y ACERO:

Grasa	Espesante	Aceite Base	Punto de Goteo	Rango de Temperatura.
<ul style="list-style-type: none"><li>Trenes laminadores. Adlex Sunlight LS</li></ul>	Jabón de litio Jabón de litio	Aceite mineral Aceite mineral	198 C 182 C	-10 a 100 C -10 a 100 C
<ul style="list-style-type: none"><li>Transportadores. Darina2 OS Grease 1 Alumlx HD1</li></ul>	Microgel Bentonita Complejo de Aluminio	Aceite mineral Aceite mineral Aceite mineral	280 C 333 C 248 C	0 a 150 e 0 a 150 C 0 a 120 C
<ul style="list-style-type: none"><li>Laminadores de Colada Continua. Pyronok2</li></ul>	Compuesto de Urea	Aceite mineral	Sobre los 250 C	0 a 180 C

## Frecuencias de Reengrase para rodamientos. Factores de Reducción para condiciones desfavorables de trabajo.

<b>Acción de polvo y humedad en la superficie de trabajo del rodamiento.</b>			
Reducida.	f1	=	0.7 a 0.9
Fuerte.	f1	=	0.4 a 0.7
Muy Fuerte.	f1	=	0.1 a 0.4
<b>Influencia por sollicitación a carga por golpes, vibraciones y oscilaciones.</b>			
Reducida.	f2	=	0.7 a 0.9
Fuerte.	f2	=	0.4 a 0.7
Muy Fuerte.	f2	=	0.1 a 0.4
<b>Influencia por elevadas temperaturas.</b>			
Reducida.	f3	=	0.7 a 0.9
Fuerte.	f3	=	0.4 a 0.7
Muy Fuerte.	f3	=	0.1 a 0.4
<b>Influencia por elevada sollicitación a carga.</b>			
Reducida.	f4	=	0.7 a 0.9
Fuerte.	f4	=	0.4 a 0.7
Muy Fuerte.	f4	=	0.1 a 0.4
<b>Influencia por corriente de aire a través del rodamiento.</b>			
Reducida.	f5	=	0.7 a 0.9
Fuerte.	f5	=	0.4 a 0.7
Muy Fuerte.	f5	=	0.1 a 0.4
<b>Influencia por condiciones de montaje.</b>			
Ejes en posición vertical.	f6	=	0.7 a 0.9