



CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
★ PERÚ ★



TOOLBOX
SESIÓN

ORGANIZADO POR:





CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
★ PERÚ ★



¿CÓMO ELIMINAR 6 MODOS DE FALLAS EN RODAMIENTOS?

ALEJANDRO PÉREZ/IME

Director General MTF



CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
★ PERÚ ★

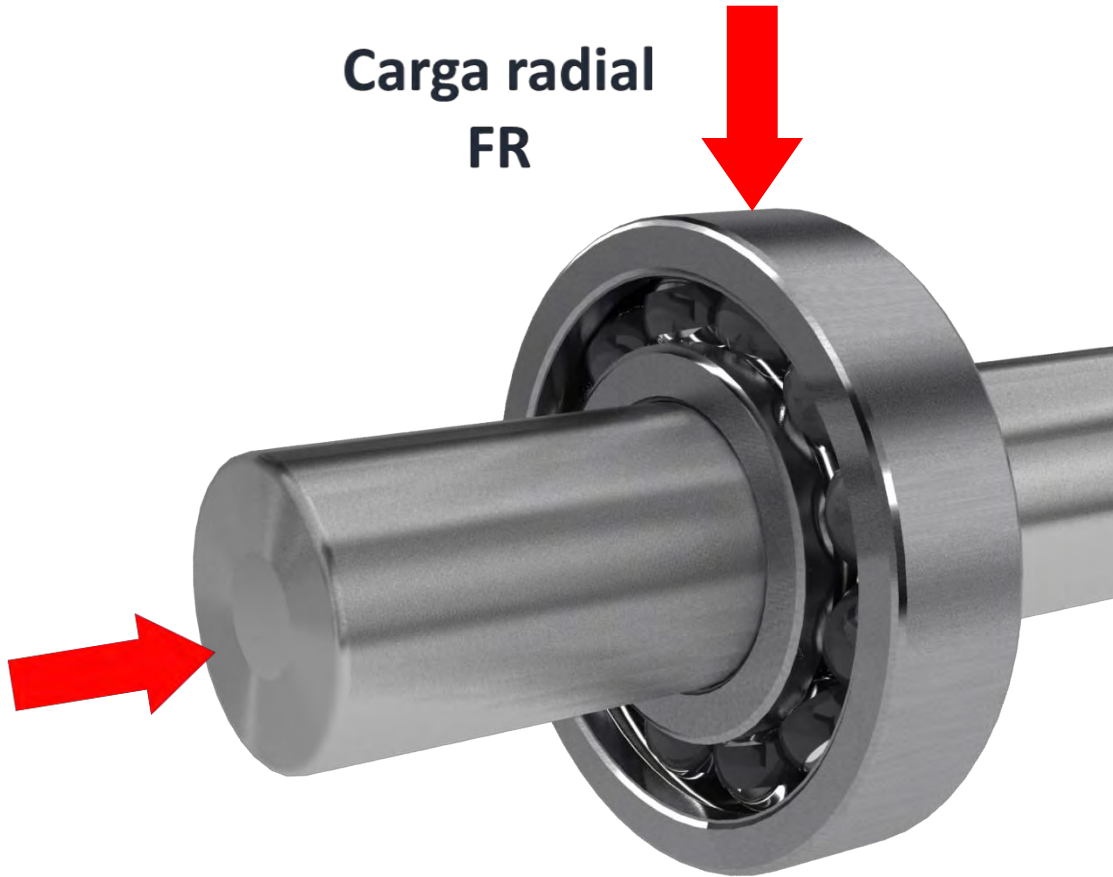
***EL RODAMIENTO ES
UNA PIEZA DE
PRECISIÓN Y DEBE SER
TRATADO COMO TAL***



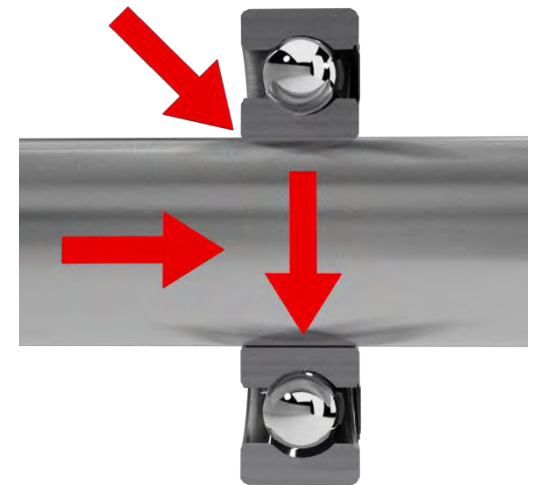
TOOLBOX
SESSION



**Carga radial
FR**



**Cargas
combinadas**

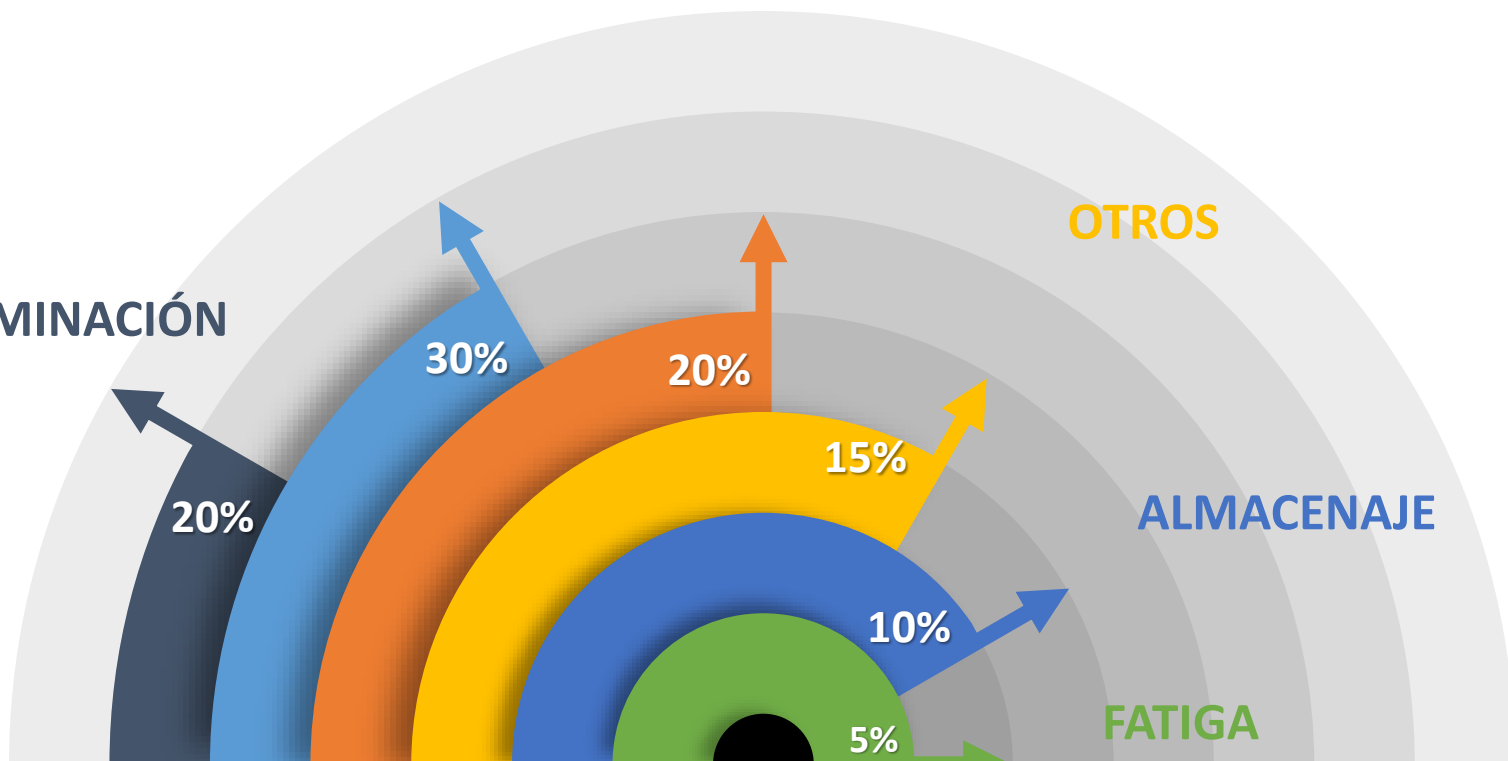




MONTAJE

LUBRICACIÓN

CONTAMINACIÓN





ISO 281





ISO 15243:2017

1. Fatiga

1.1 Sub-superficial

1.2 Iniciada en la superficie

2. Desgaste

2.1 Abrasivo

2.2 Adhesivo

3. Corrosión

3.1 Humedad

3.2 Fricción

3.2.1 Corrosión por rozamiento

3.2.2 Falso Brinell

4. Erosión Eléctrica

4.1 Voltaje Excesivo

4.2 Fuga de Corriente

5. Deformación Plástica.

5.1 Sobrecarga

5.2 Indentación

6. Fractura

6.1 Fractura Forzada

6.2 Fractura por Fatiga

6.3 Choque Térmico



CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
★ PERÚ ★

Almacenamiento

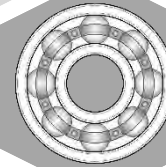
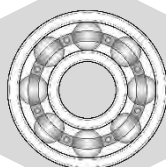
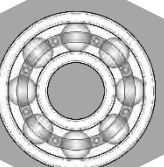
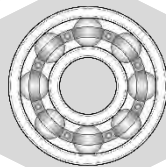
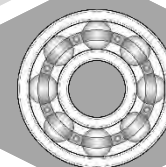
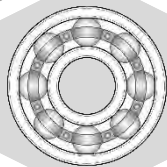
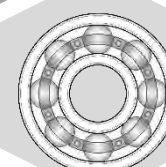
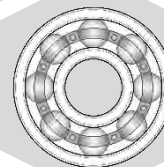
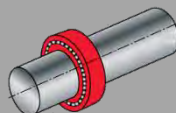
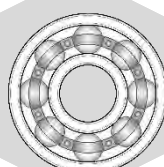
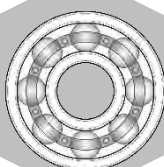
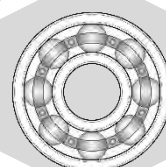
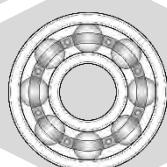
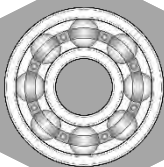
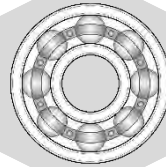
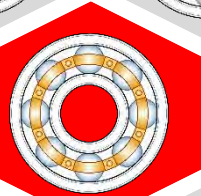
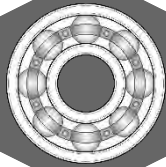
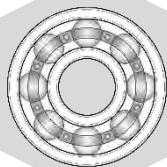
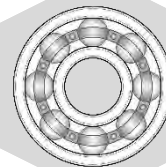
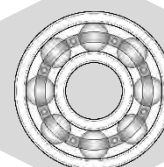
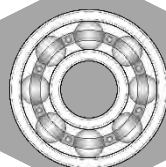
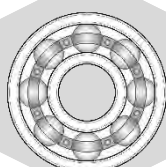
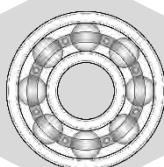
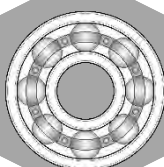
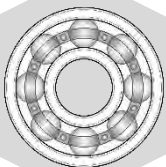
Manipulación

Eje y alojamiento

Montaje

Lubricación

Erosión eléctrica





CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
★ PERÚ ★

ALMACENAMIENTO



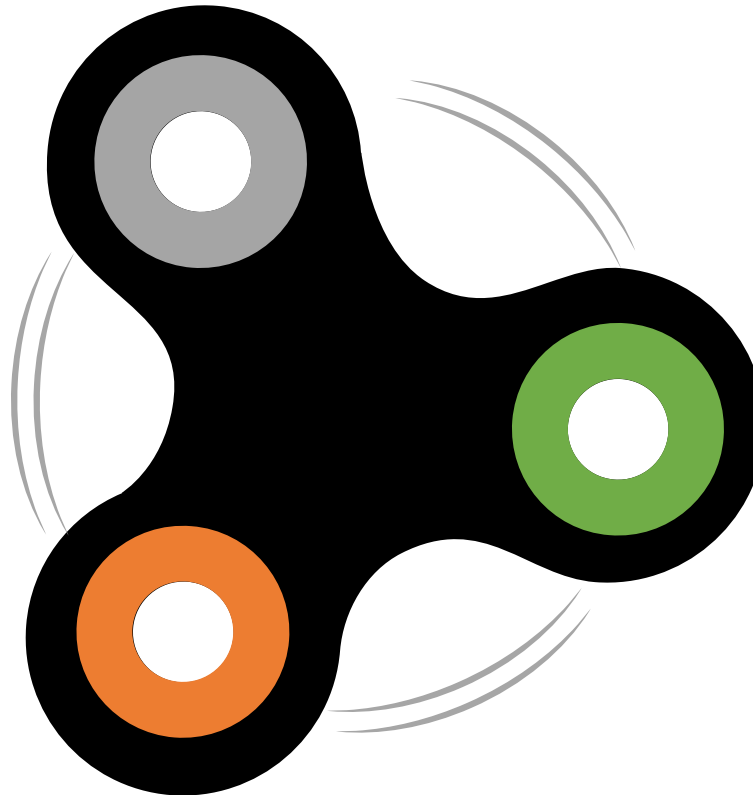
Datos de placa
Lo instalado
OEM

Físico



CMMS

Designación completa
Número comercial
Actualizado



Almacén



Obsoletos
Abiertos
Aislados
Limpios
FiFo

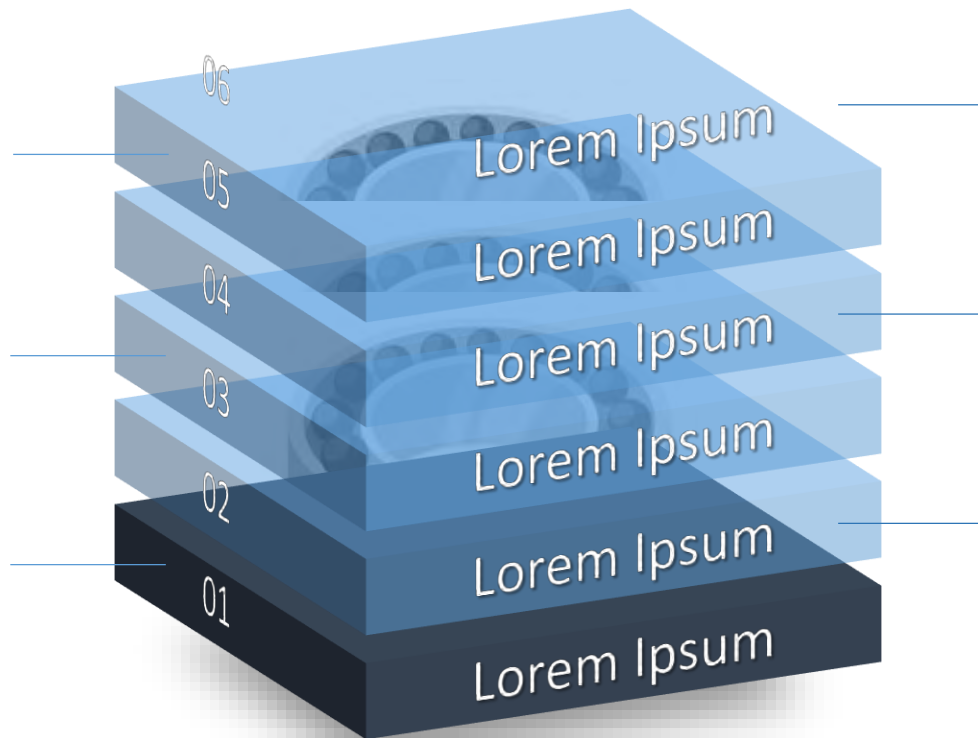


1.-almacenamiento

LIBRE DE POLVO

FIFO

**EMPAQUE
ORIGINAL**



**LIBRE DE
VIBRACIONES**

20 CM. SUELO

SUPERFICIE PLANA



1.-almacenamiento





CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
★ PERÚ ★



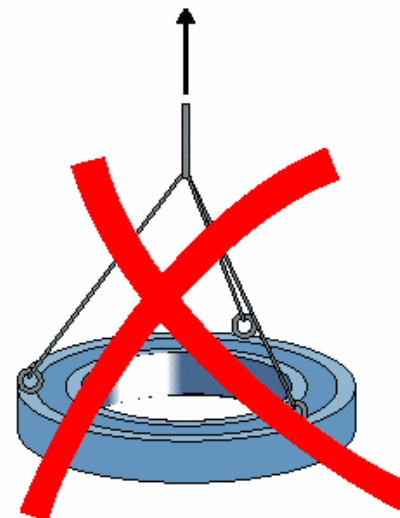
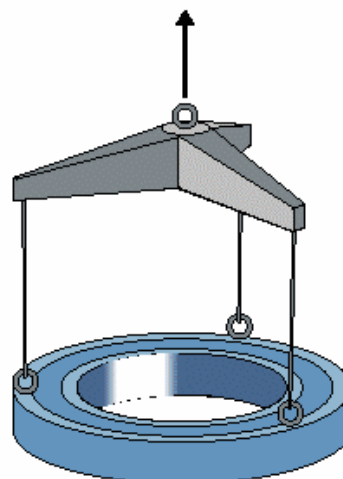
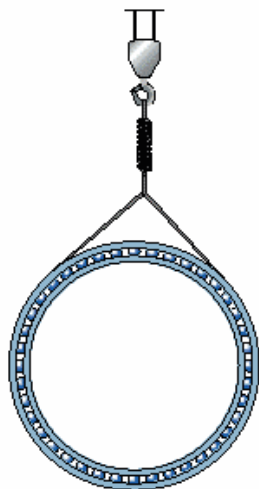


2.-Manipulación





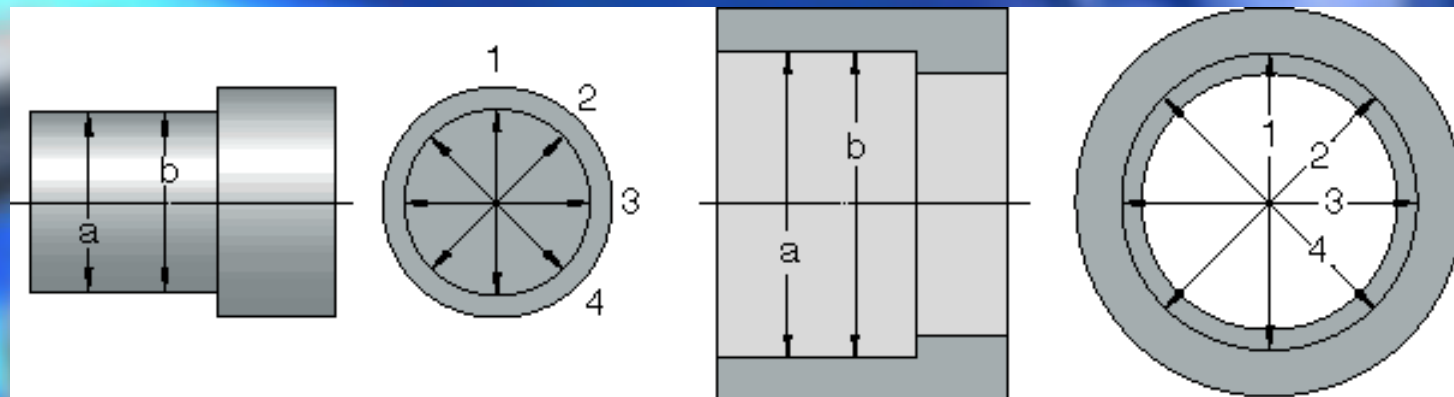
2.-Manipulación





CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
★ PERÚ ★







Selección del ajuste adecuado

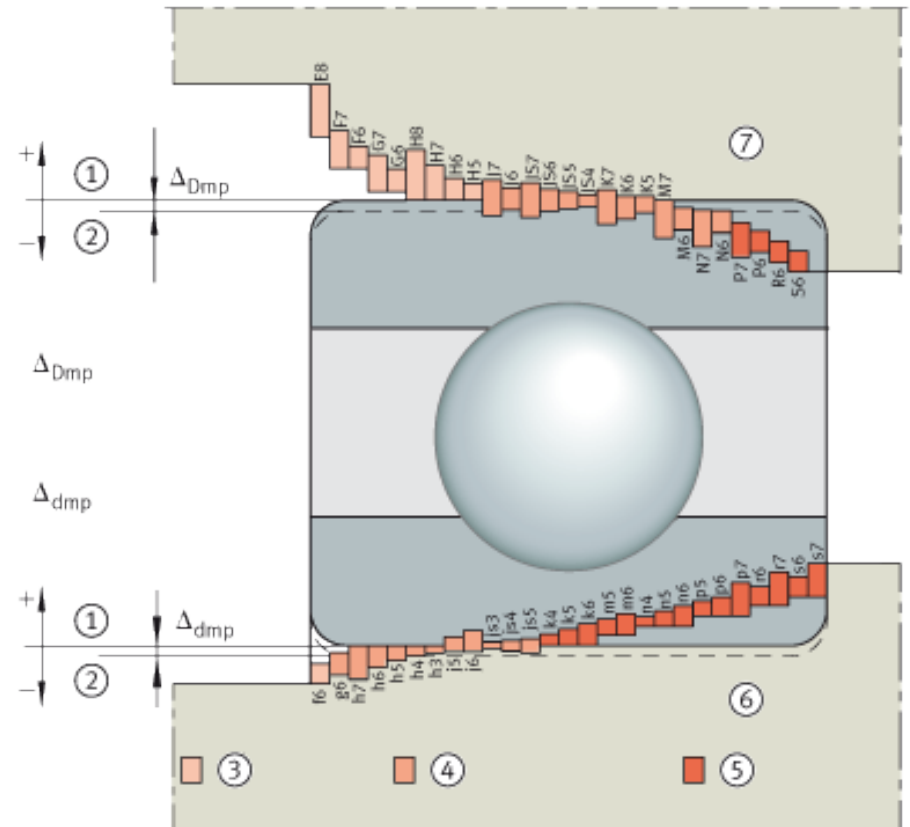
- Ajuste excesivamente flojo
 - Permite movimiento relativo entre eje y rodamiento
 - Resultado
 - Alta temperatura
 - Desgaste
 - Erosión
 - Fracturas
- Ajuste excesivamente fuerte
 - Reducción del juego radial interno del rodamiento
 - Resultado
 - Incrementa la temperatura de operación
 - Fractura
 - Dificultad en el montaje





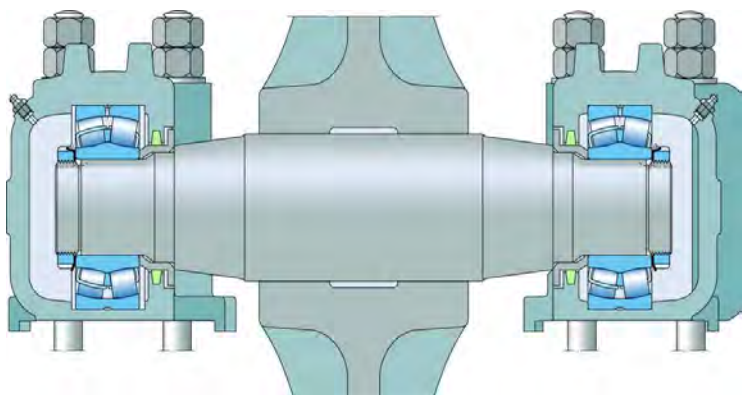
Criterios de selección del ajuste (fijación radial)

- Condiciones de giro
- Magnitud de la carga
- Juego interno del rodamiento
- Condiciones de temperatura
- Exigencias respecto a la exactitud de giro
- Diseño y material de los ejes y alojamientos
- Facilidad de montaje y desmontaje
- Desplazamiento de un rodamiento libre

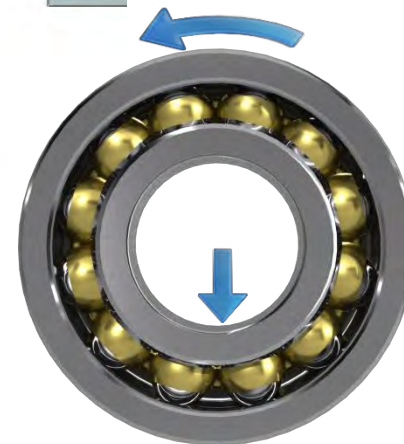
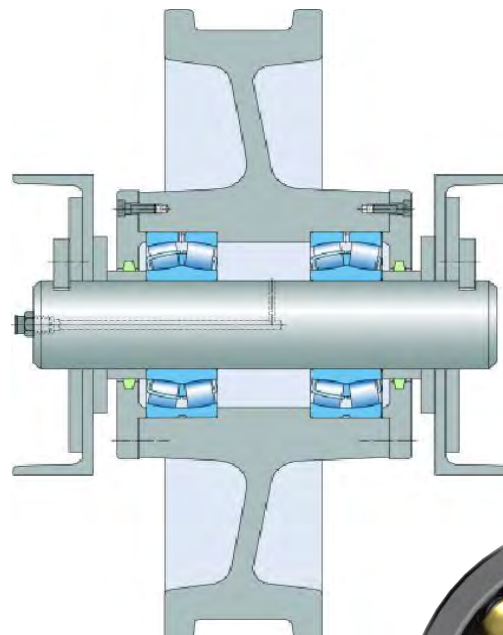


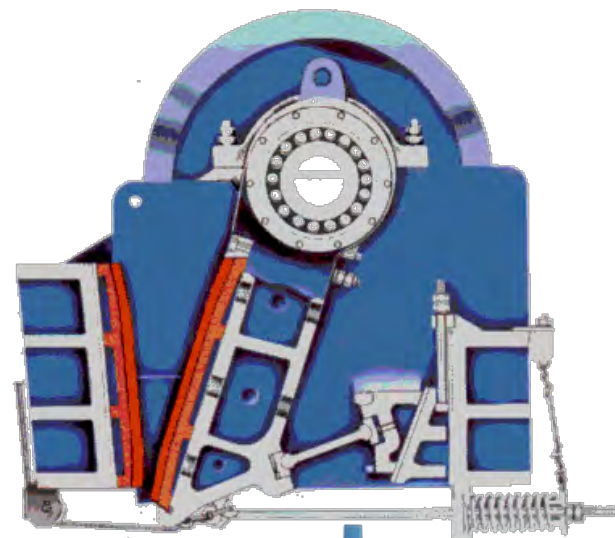
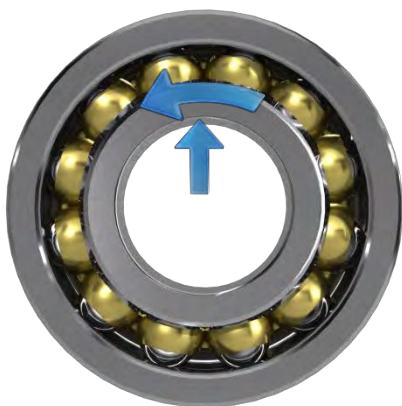


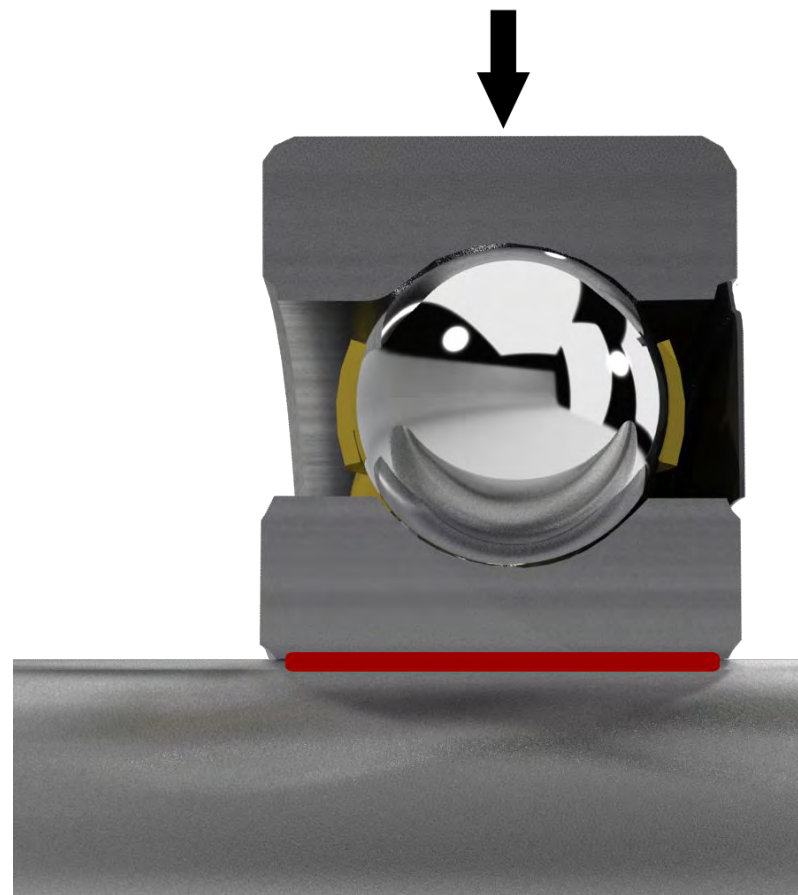
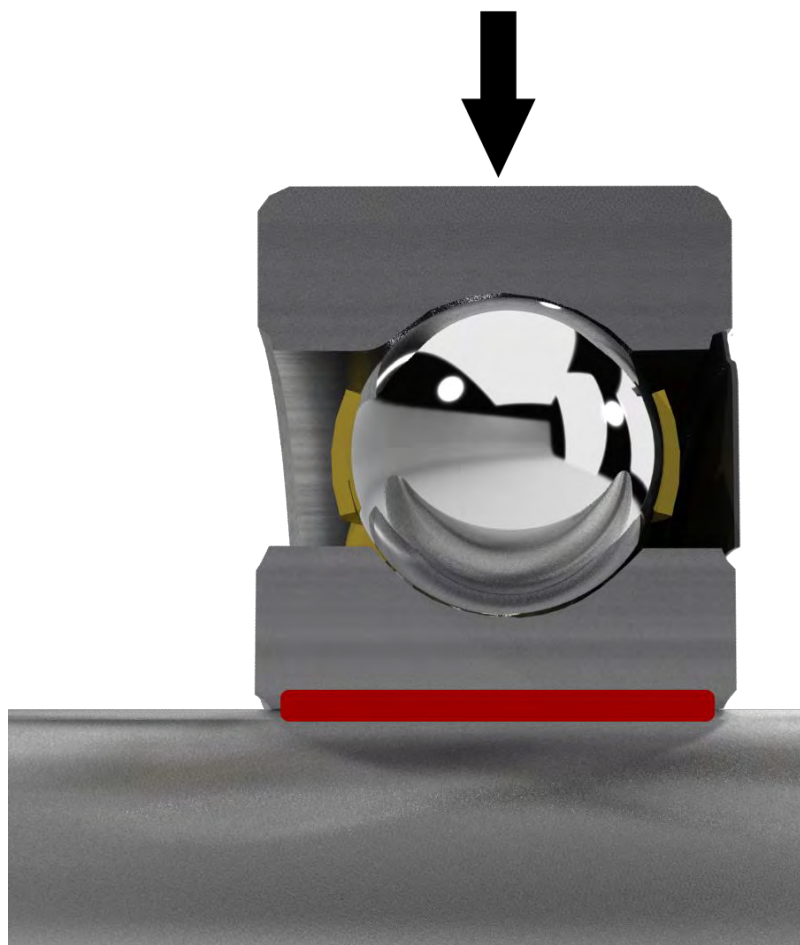
En aro interior



En aro exterior

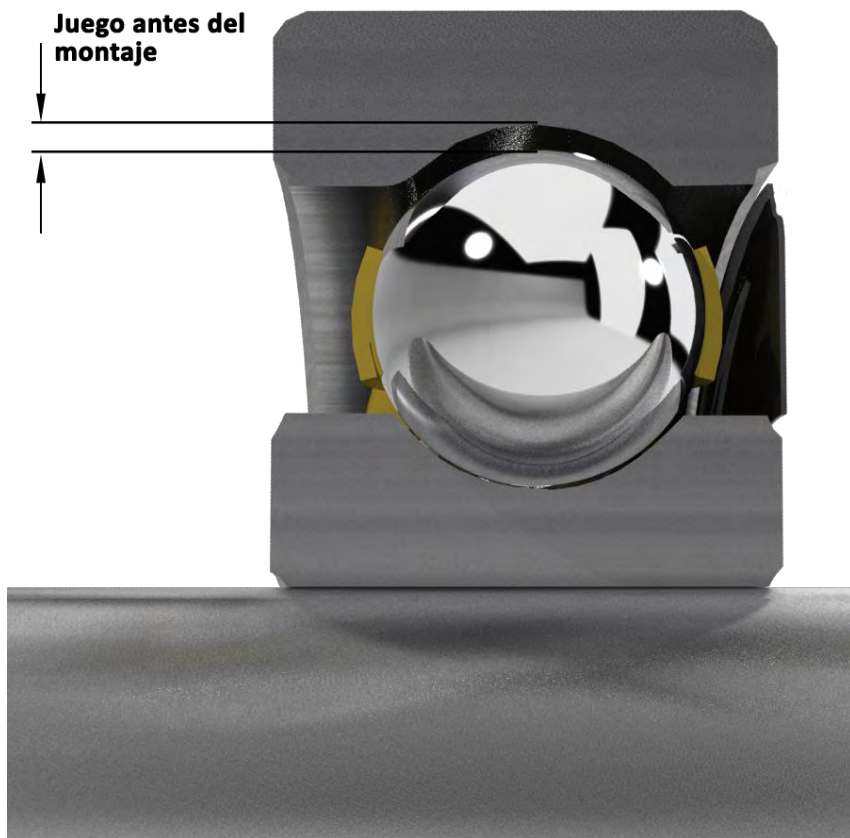




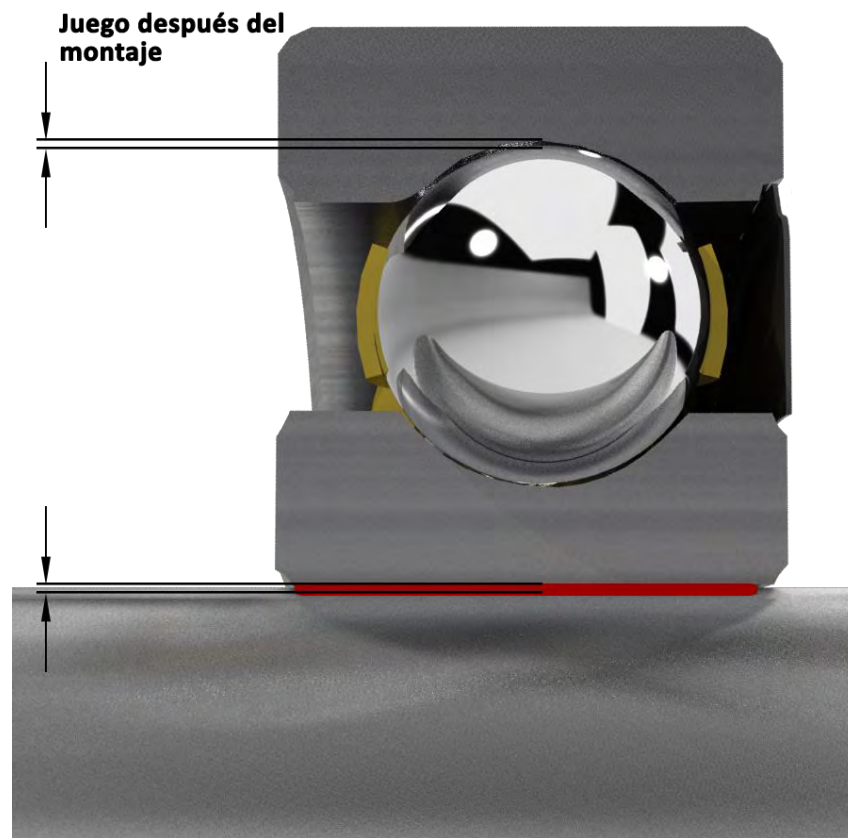




Juego antes del
montaje

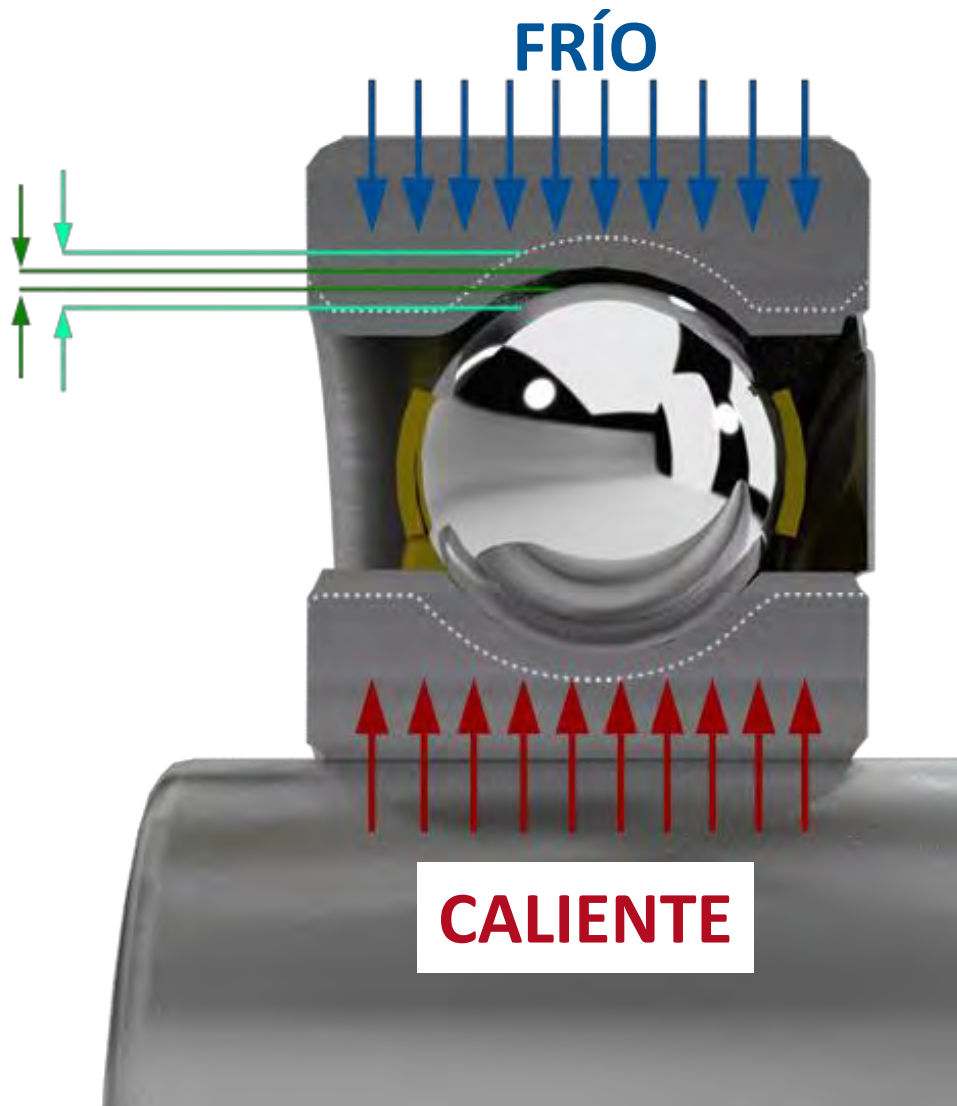


Juego después del
montaje



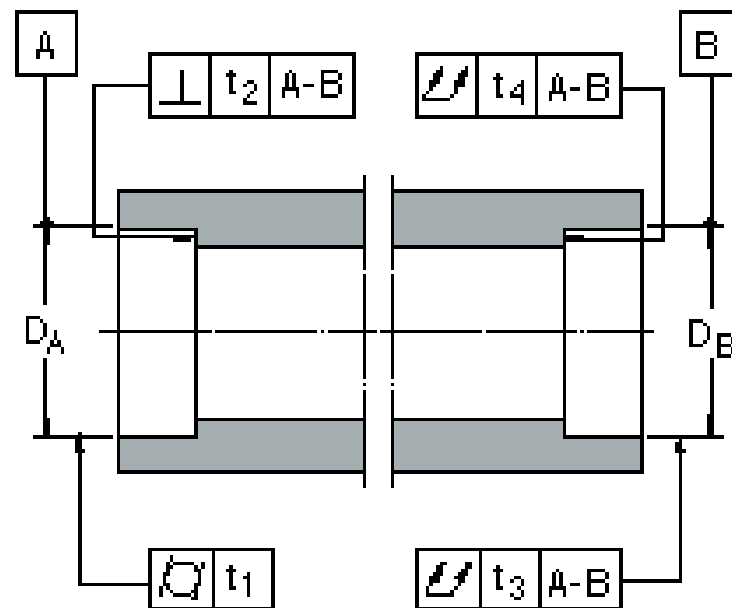
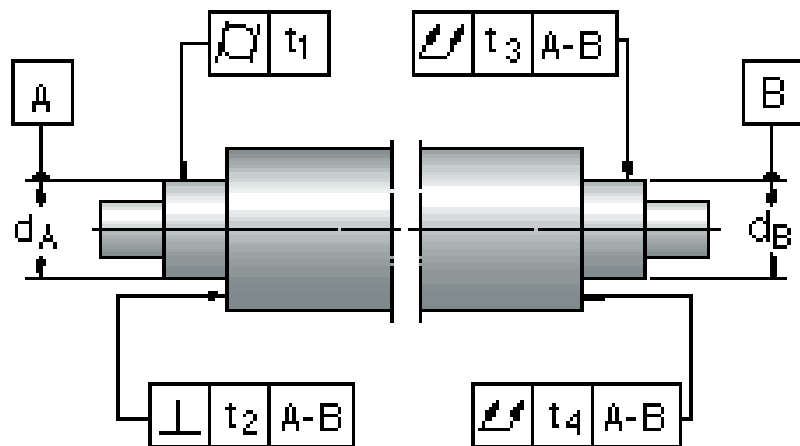


Reducción del
juego radial



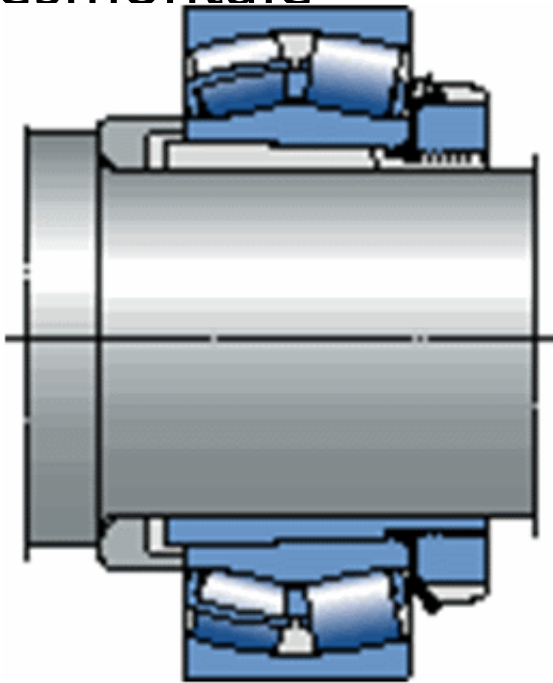
Compresión

Expansión

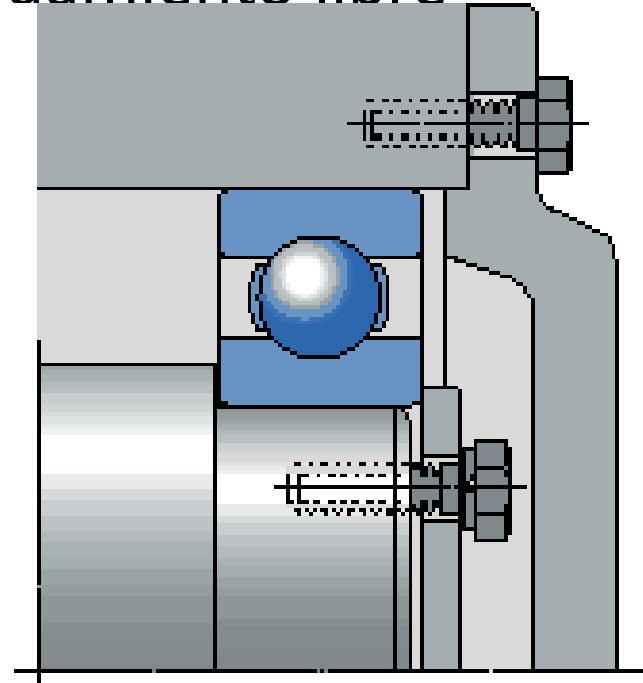




- Facilidad en el montaje y desmontaje



- Desplazamiento de un rodamiento libre

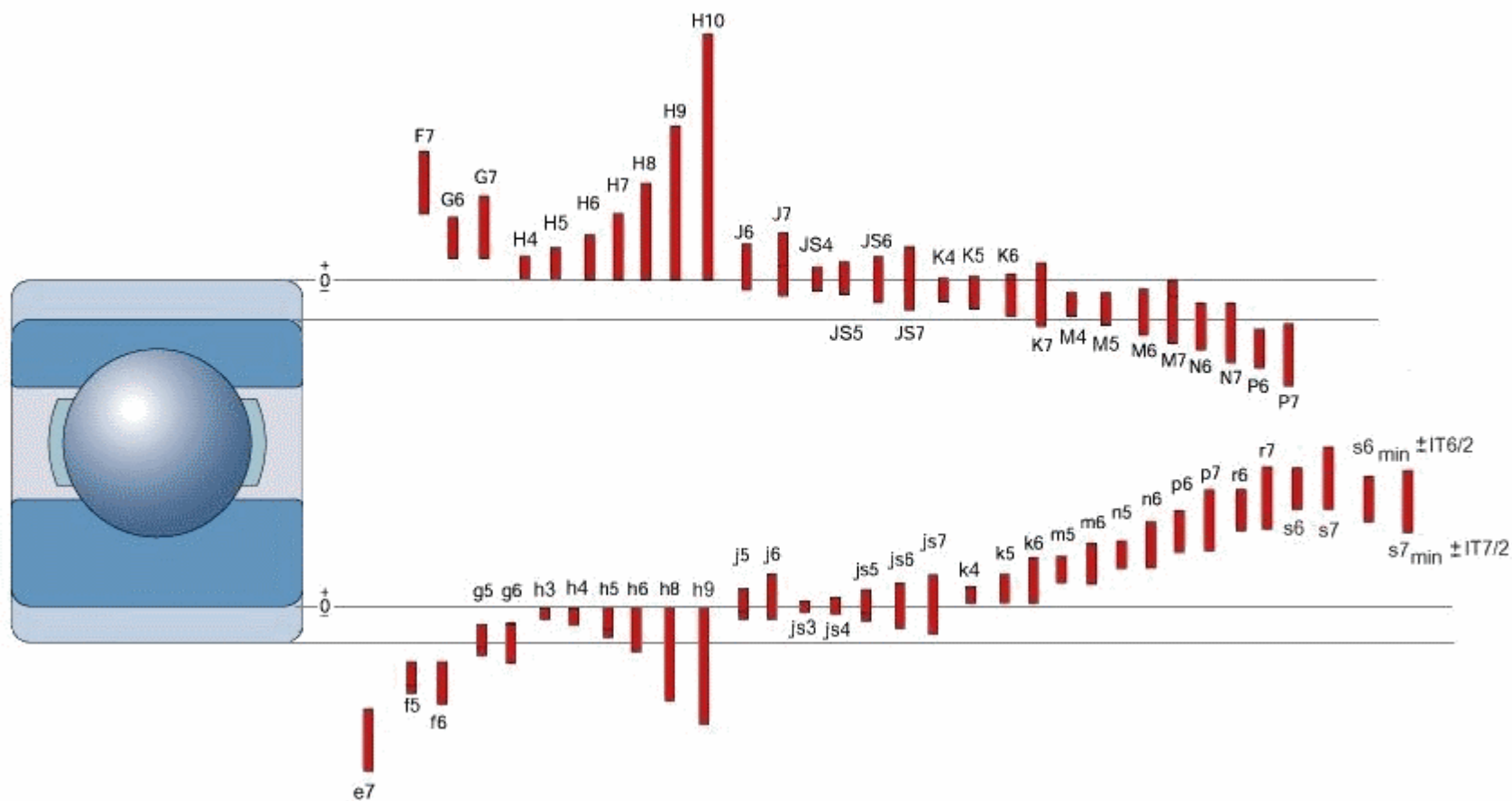




1	Dimensión NOMINAL		
2	Posición	Ejes	Minúsculas
		Alojamiento	Mayúsculas
3	Grado	Cifra	

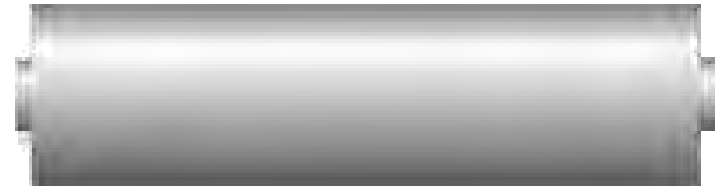
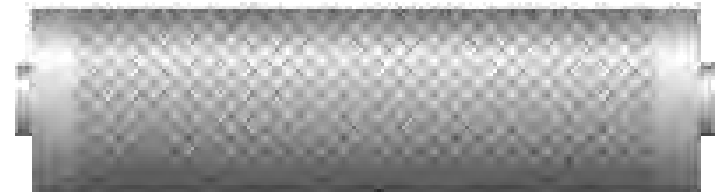
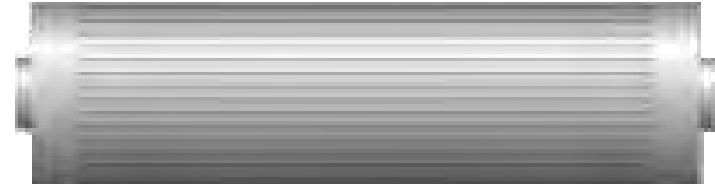
Ejemplos:

Ø 100 r6
Ø 45 M7
Ø 100 h9/IT5





- Utilizar pegamento
- Picotear el eje
- Moleteado



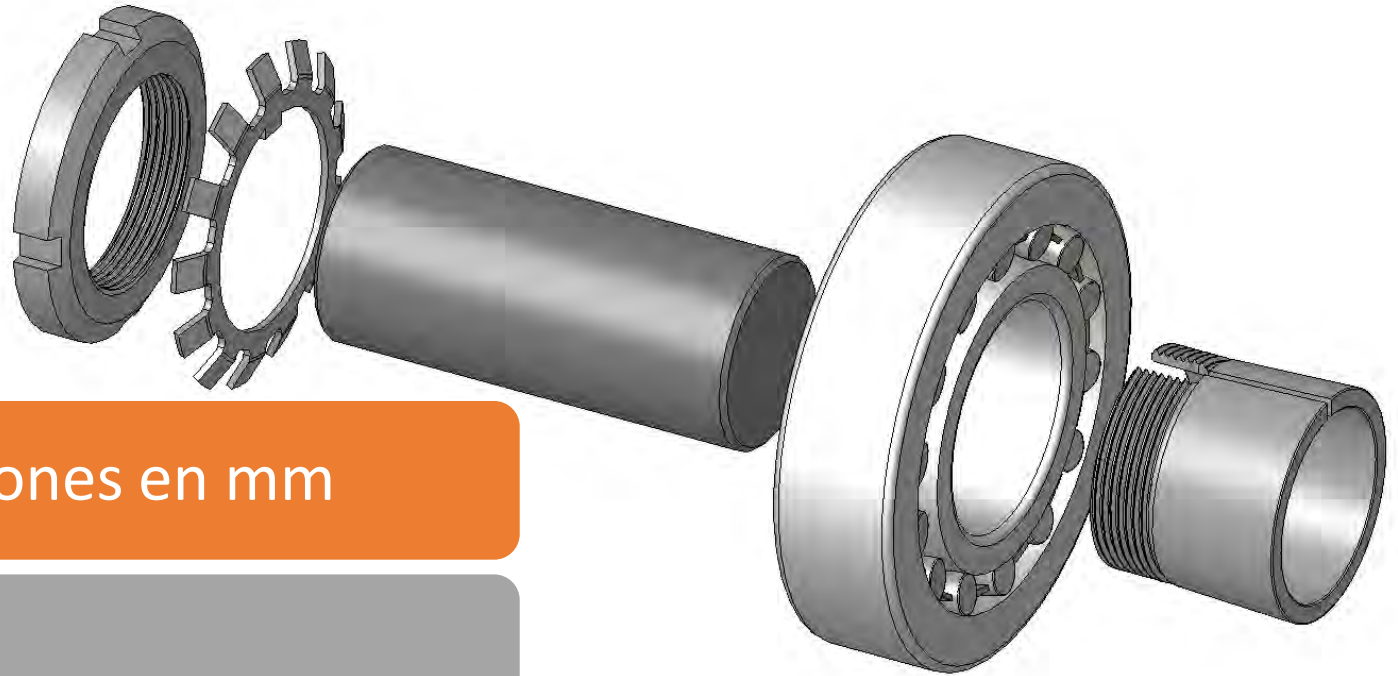


- Metalizado
- Rellenado
- Epóxico
- En caso de emergencia:
 - Soldar y rellenar
- La reparación mas efectiva es el remaquinado





3.-Ajuste



H= dimensiones en mm

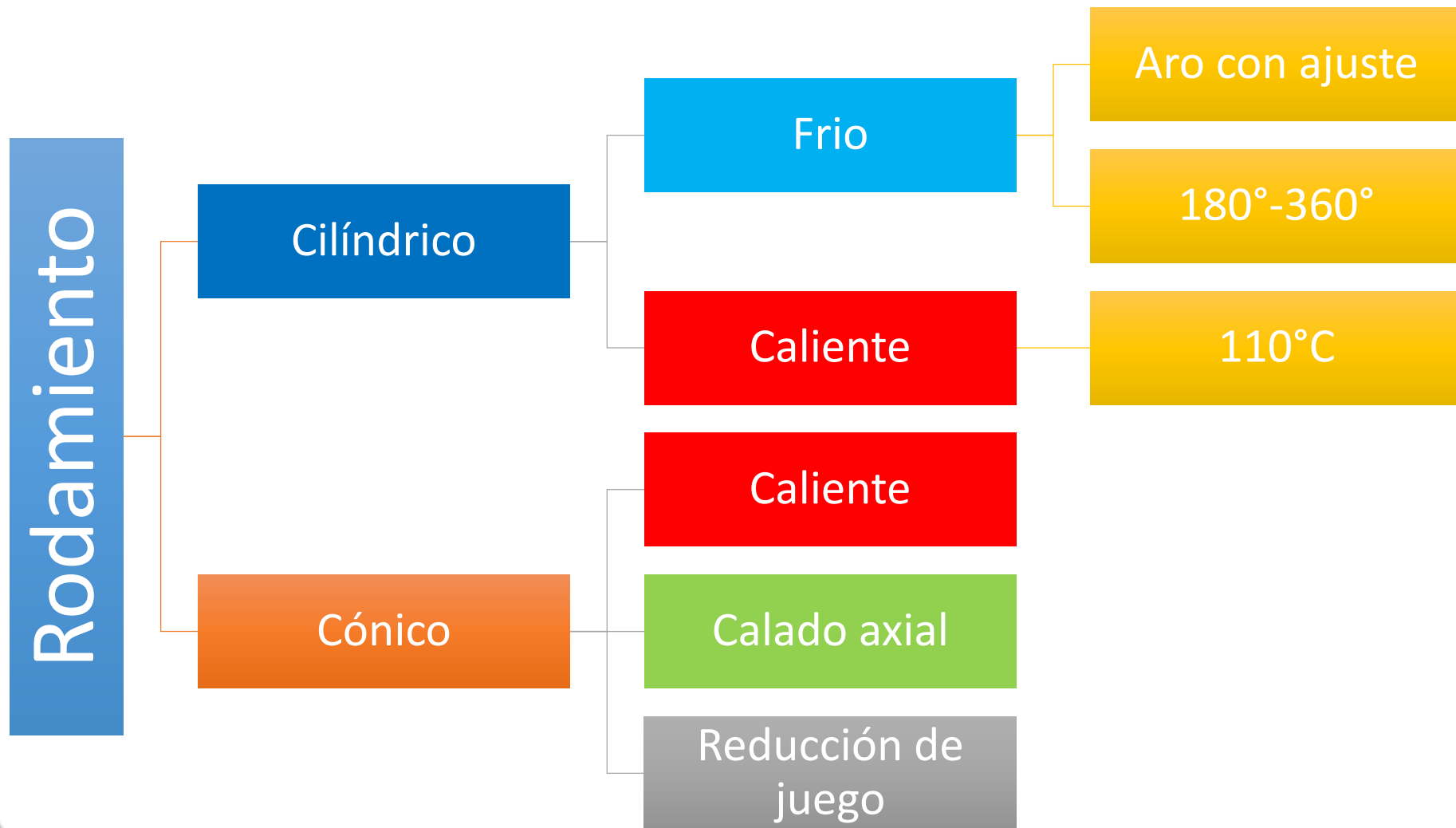
HA= 1/16"

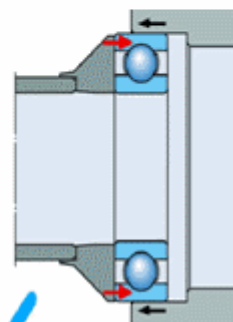
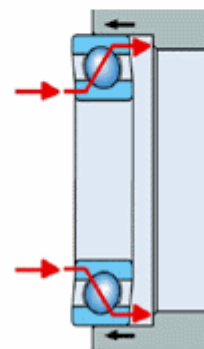
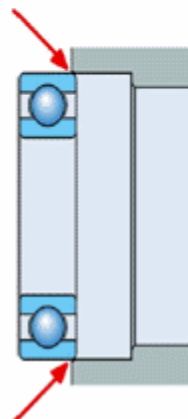
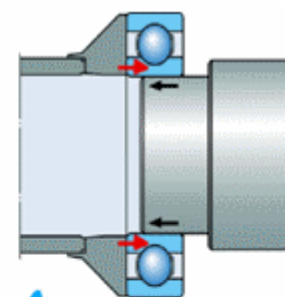
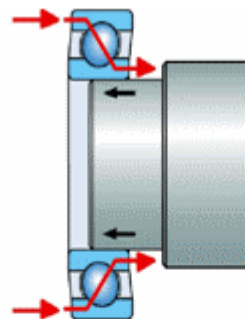
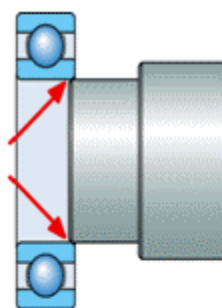
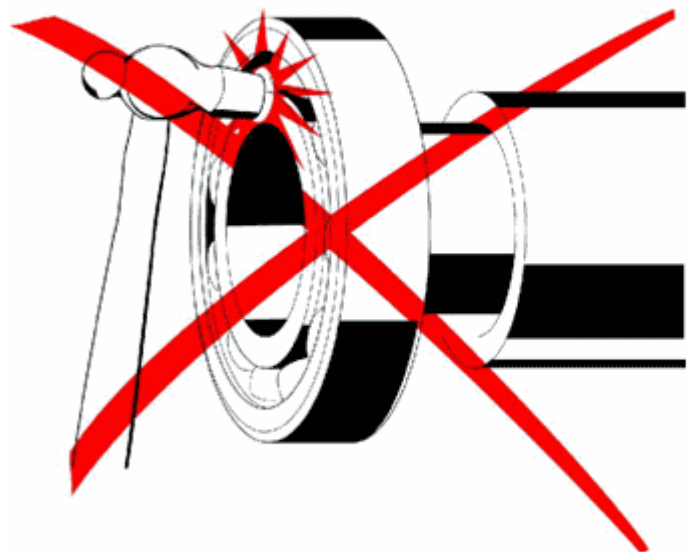
HE= 1/4", 1/2", 1"

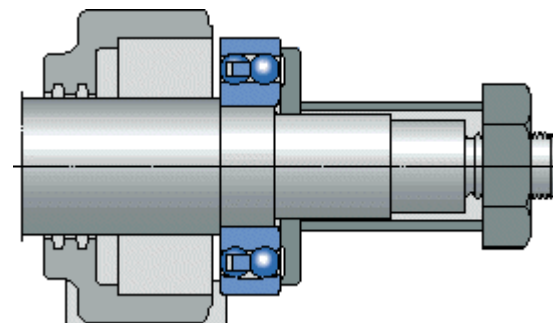
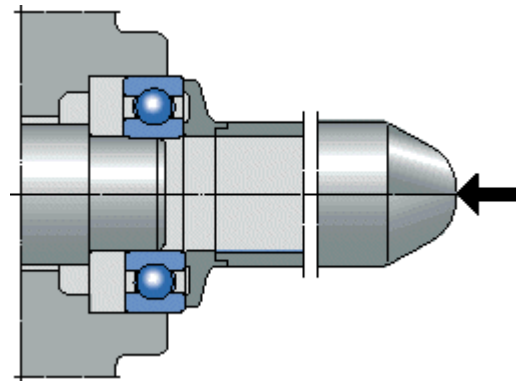
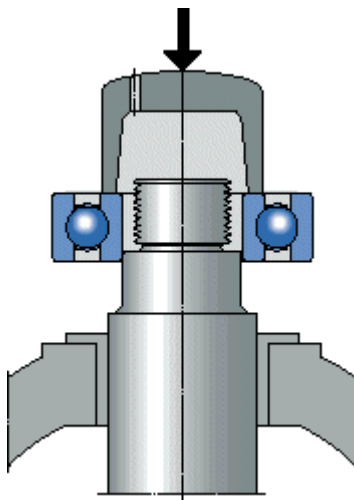
HS= 1/8"

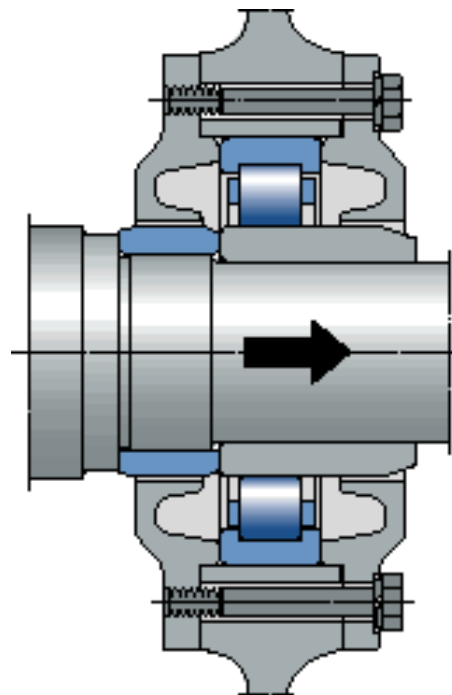
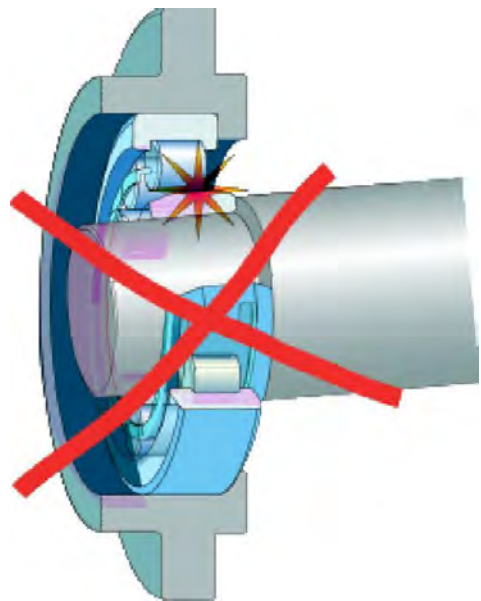


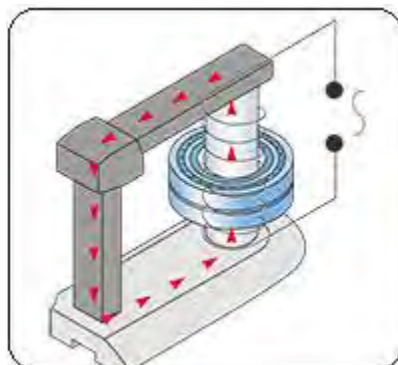
4.-Montaje













Montaje (agujero cilíndrico, montaje en caliente)

- **Placa eléctrica**

- Ventaja:
 - Control de temperatura
 - Lo mejor para grandes cantidades de rodamientos pequeños
- Desventajas:
 - Largo tiempo de espera

- **Hornos**

- Ventajas:
 - Control de temperatura, limpieza, calentamiento uniforme
- Desventajas:
 - Costo
 - Tiempo de espera





• Baño de aceite**

- Ventajas:
 - Calentamiento uniforme
- Desventajas:
 - Sucio
 - Contaminación del rodamiento
 - Largo tiempo de espera
 - Riesgo para la salud
 - Riesgo de incendio

*** Asegurarse que el aceite a utilizar tenga un punto de inflamación mayor a los 250°C (480°F)*





• Soplete

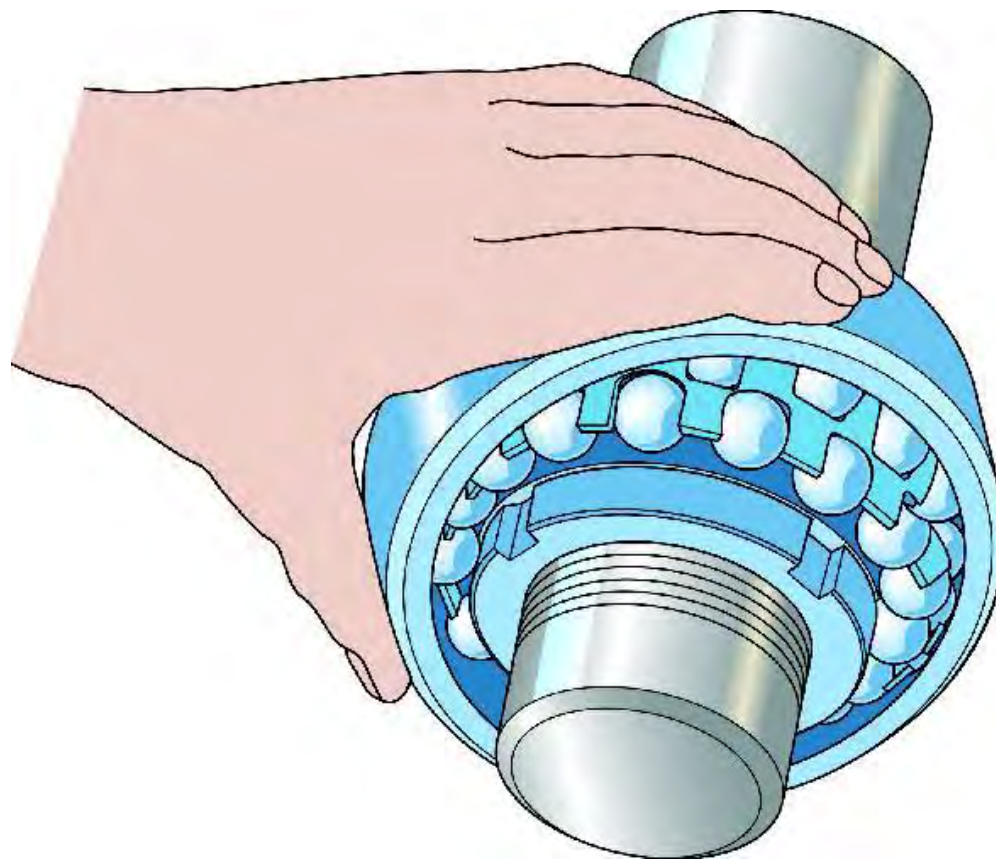
• Ventajas

- Velocidad

• Desventajas

- Riesgo potencial de daño a rodamiento y eje (Los fabricantes de rodamientos venden más rodamientos)
- Calentamiento no uniforme
- Sin control de temperatura
- Riesgo de incendio
- Riesgo para la salud







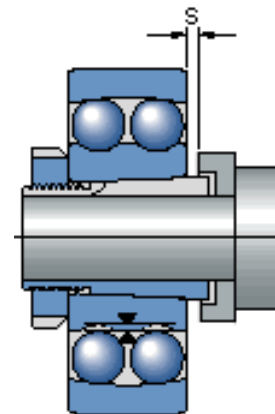
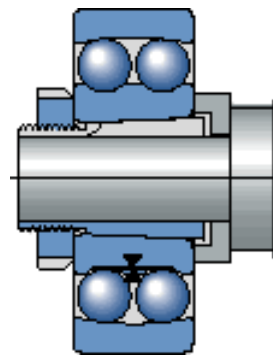
Ángulo de apriete y calado axial

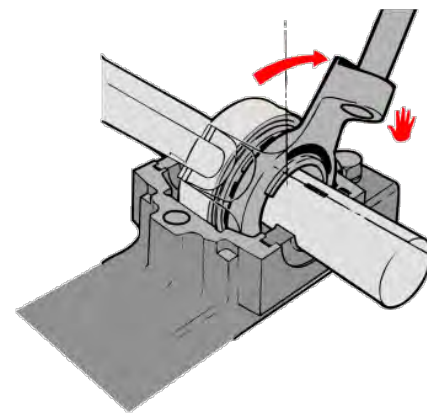
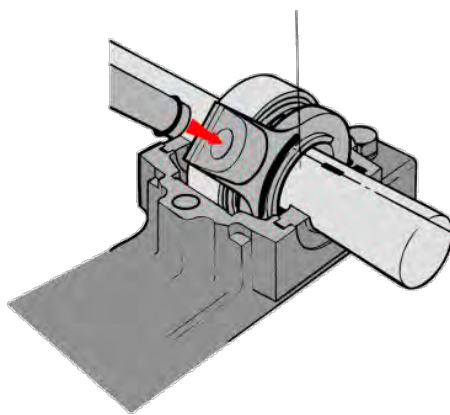
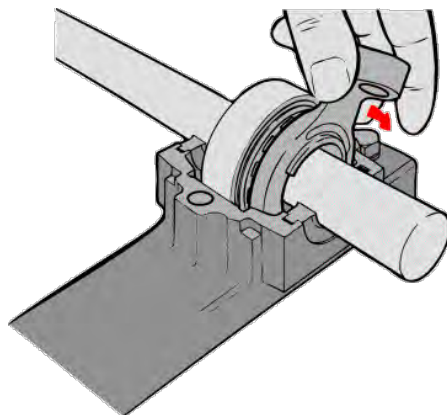
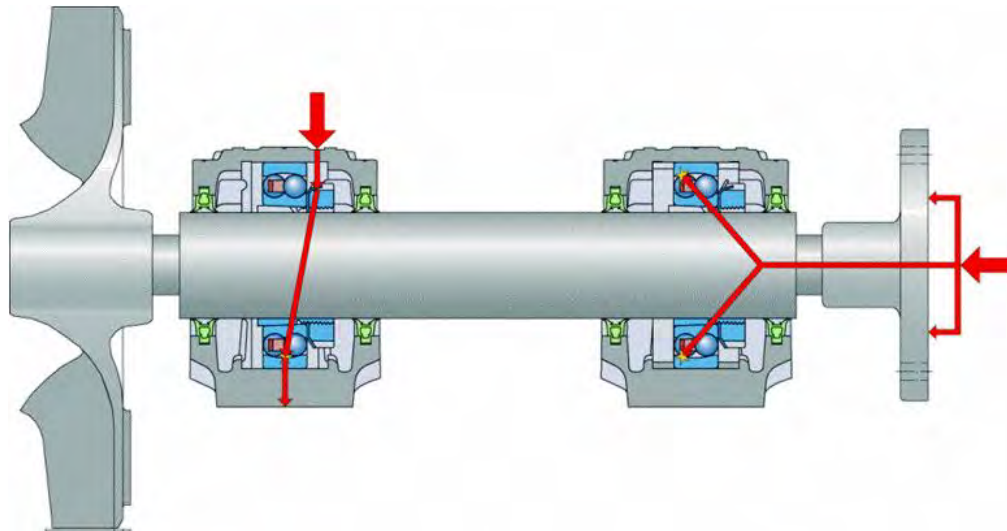
Agujero
del rodamiento
diámetro

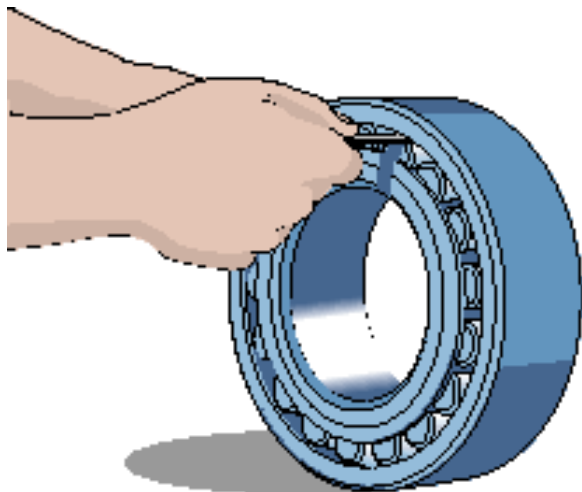
Ángulo
de aprietes¹⁾

Calado
axial

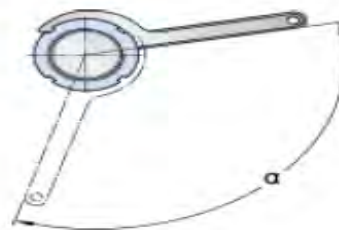
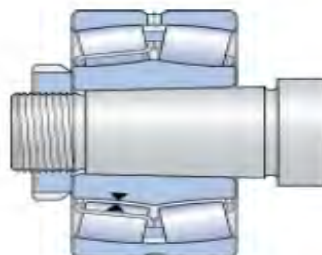
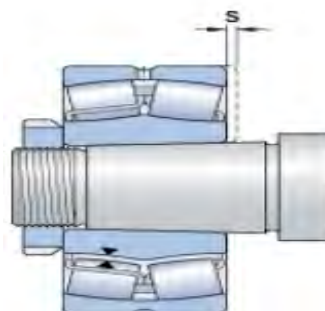
d	α	s
mm	grados	mm
20	80	0,22
25	55	0,22
30	55	0,22
35	70	0,30
40	70	0,30
45	80	0,35
50	80	0,35
55	75	0,40
60	75	0,40
65	80	0,40
70	80	0,40
75	85	0,45
80	85	0,45
85	110	0,60
90	110	0,60
95	110	0,60
100	110	0,60
110	125	0,70
120	125	0,70



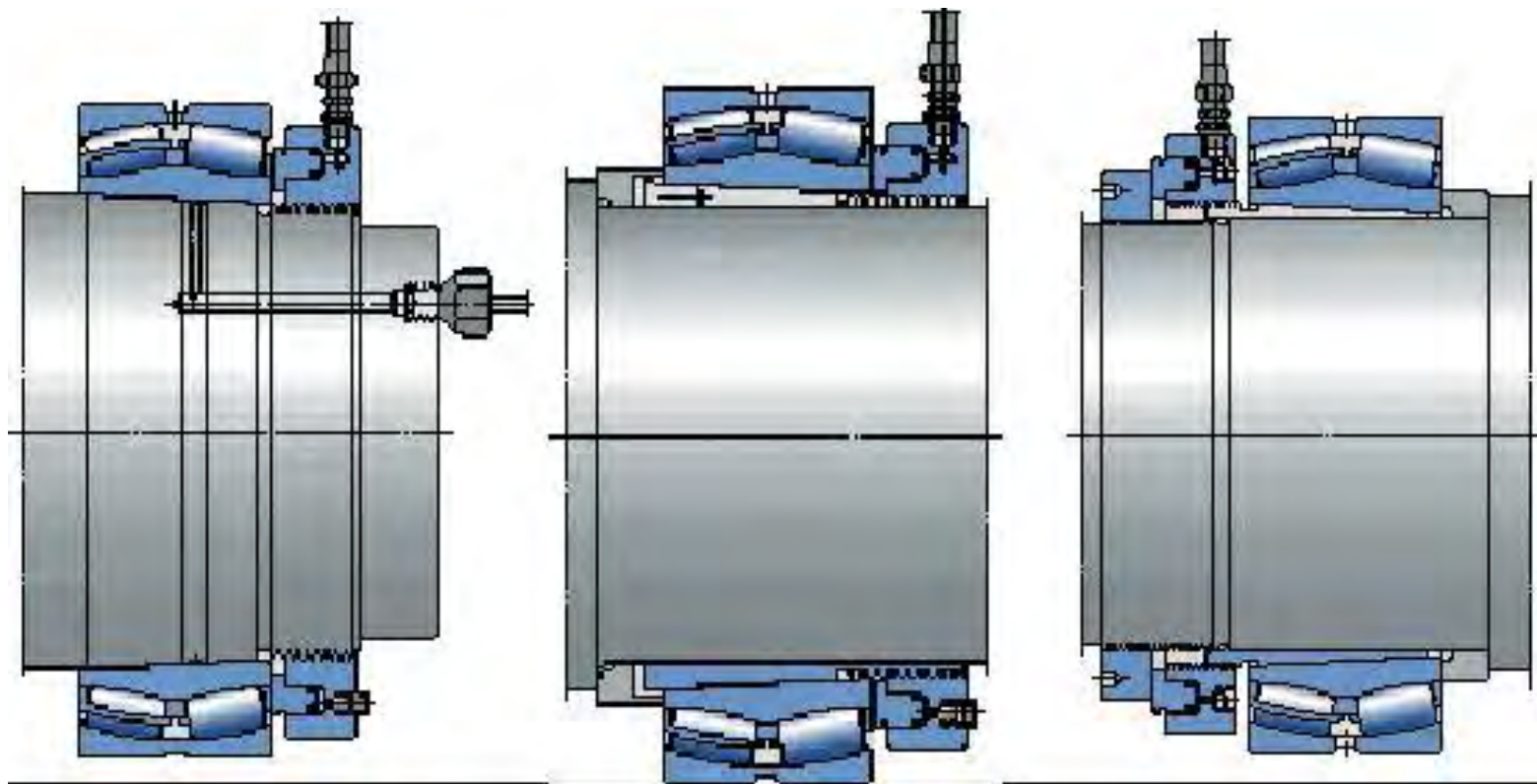




Diámetro del agujero		Juego radial interno										
d	incl.	C2		Normal		C3		C4		C5		
más de		mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	
mm		µm										
24	30	20	30	30	40	40	55	55	75	-	-	
30	40	25	35	35	50	50	65	65	85	85	105	
40	50	30	45	45	60	60	80	80	100	100	130	
50	65	40	55	55	75	75	95	95	120	120	160	
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	



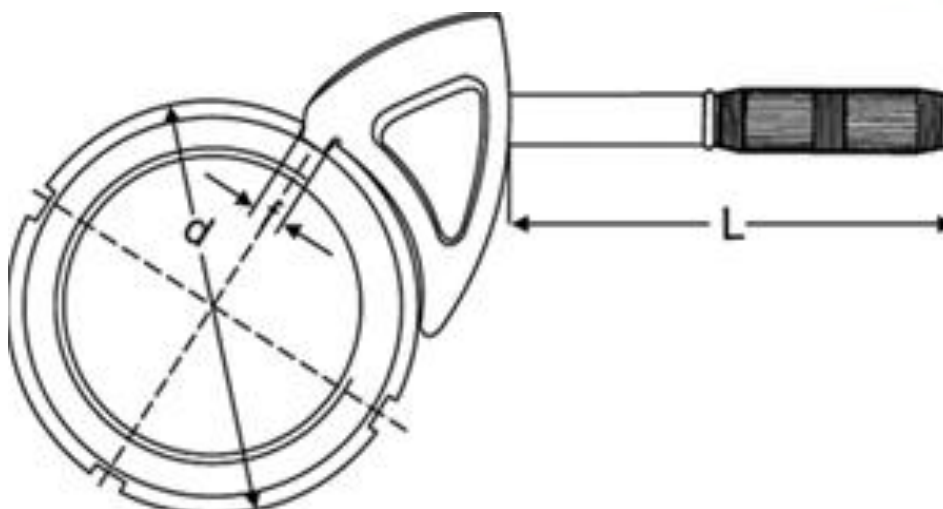
Diámetro del agujero d		Reducción del juego radial interno		Calado axial ¹⁾²⁾ s				Ángulo de apriete de la tuerca de fijación ²⁾	
				Conicidad de 1:12		Conicidad de 1:30		Conicidad de 1:12 α	
>	≤	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.		
mm		mm		mm				°	
24	30	0,010	0,015	0,25	0,29	—	—	100	La aplicación de los valores recomendados impide el deslizamiento del aro interior, pero no garantiza que el juego radial interno sea correcto durante el funcionamiento. Se deben evaluar cuidadosamente otras influencias del ajuste del soporte del rodamiento y las diferencias de temperatura entre el aro interior y el exterior cuando se seleccione la clase de juego radial interno del rodamiento (Selección del juego interno o la precarga).
30	40	0,015	0,020	0,30	0,35	—	—	115	
40	50	0,020	0,025	0,37	0,44	—	—	130	
50	65	0,025	0,035	0,45	0,54	1,15	1,35	115	
65	80	0,035	0,040	0,55	0,65	1,40	1,65	130	
80	100	0,040	0,050	0,66	0,79	1,65	2,00	150	
100	120	0,050	0,060	0,79	0,95	2,00	2,35		
120	140	0,060	0,075	0,93	1,10	2,30	2,80		
140	160	0,070	0,085	1,05	1,30	2,65	3,20		



Eje cónico

Manguito montaje

Manguito desmontaje

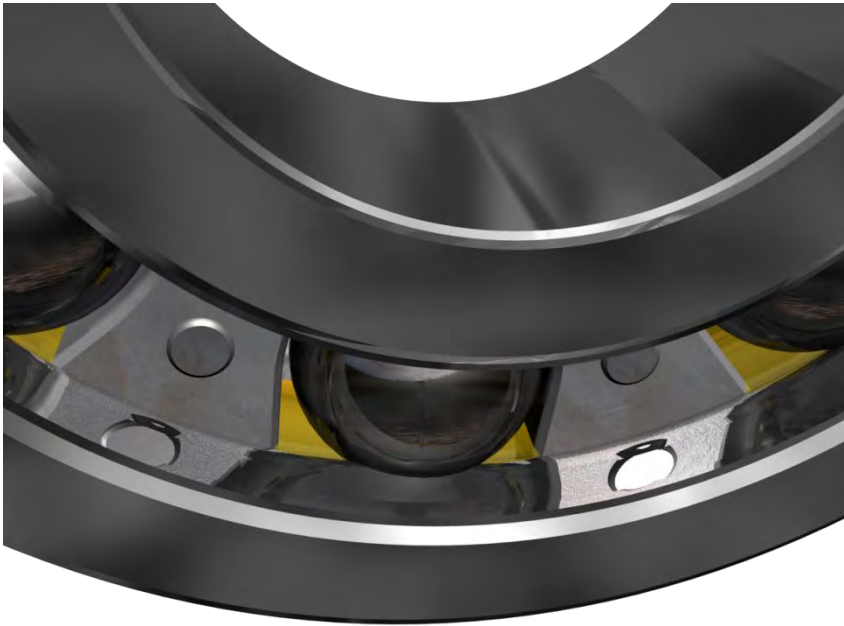






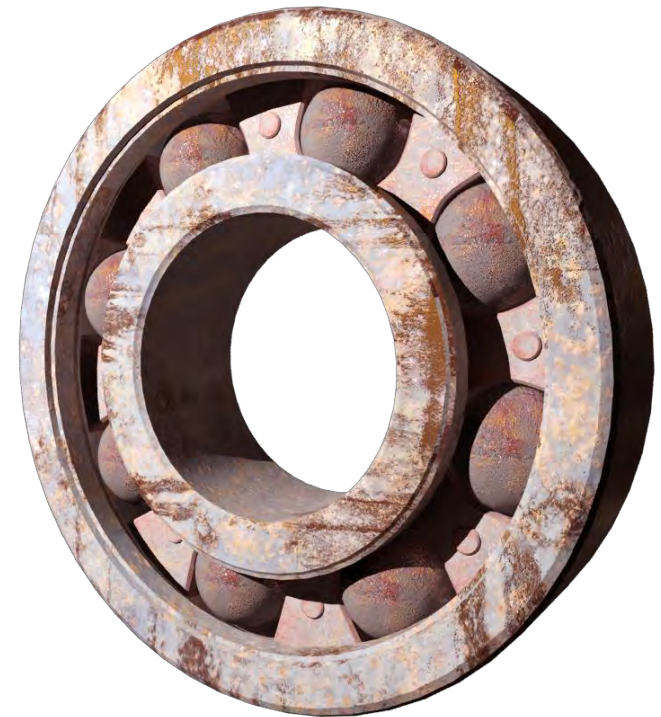


Función del lubricante



Separar las superficies de rodadura

- eliminar el desgaste
- reducir la fricción



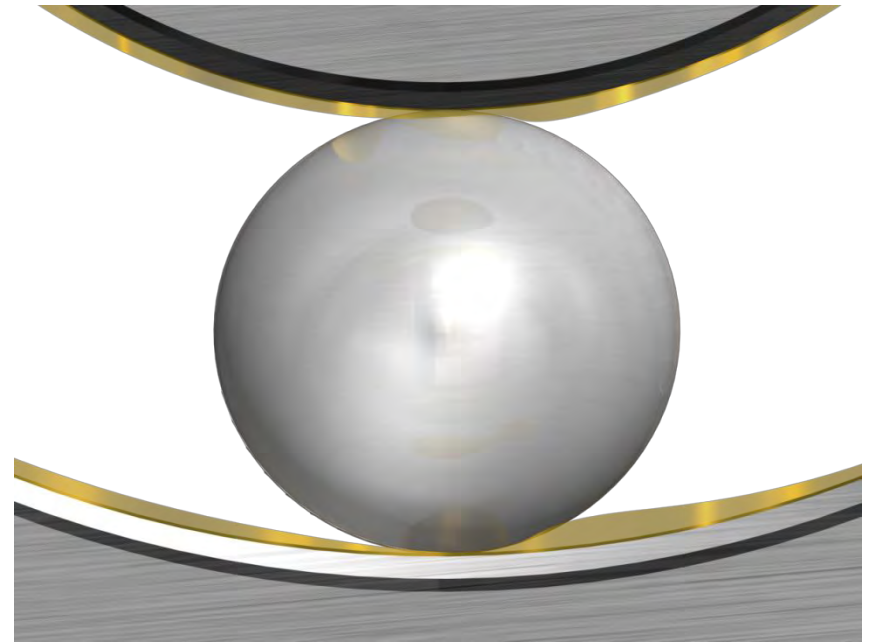
Proteger al rodamiento

- de la corrosión
- de la contaminación



El desempeño del lubricante

- Los elementos rodantes corren en una delgada capa de lubricante
- No hay contacto metal-metal
- La película de lubricación mide $1/100$ del espesor de una hoja de papel y soporta el equivalente a la presión que ejercen 10 autos en una uña



Viscosidad - definición

Resistencia a fluir de un liquido

- Es la propiedad más importante de los lubricantes (nuevos y en uso)
- La viscosidad es afectada por:
 - Temperatura
 - Presión
 - Esfuerzo de corte y relación de corte
 - Contaminación
 - Degradación
- Baja viscosidad (Agua 1cSt@20°C)
- Alta viscosidad (Miel 1200cSt@20°C)



Baja Viscosidad
+ menor fricción
- Capa lubricante delgada

Alta Viscosidad
+ Capa de lubricante gruesa
- Mayor fricción



CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
★ PERÚ ★



Aceite base

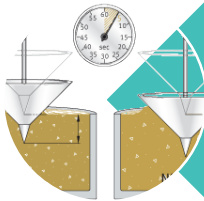
65 – 98%

Aditivos

0 – 10%

Espesante

2 – 25%



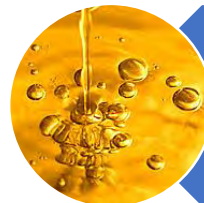
Seleccione la **consistencia**



Revise si son necesarios los **aditivos EP**
o los **lubricantes sólidos**



Seleccione **las propiedades adicionales**
de la grasa

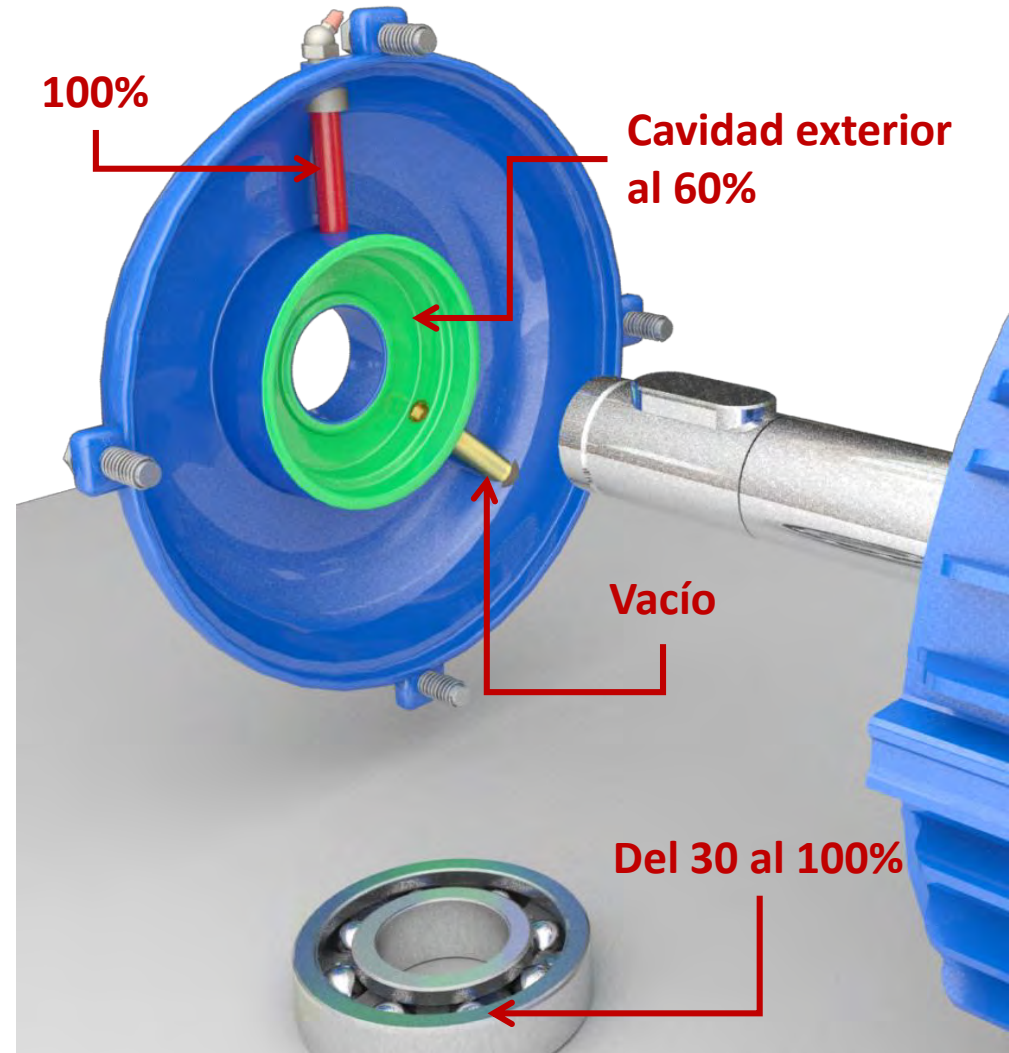


Seleccione la **viscosidad** del aceite
base



¿Cuánta grasa debe llevar la cavidad del rodamiento y cuánta el rodamiento?

- En promedio, los rodamientos nuevos llevan un 30% de grasa en su interior (en rodamientos de altas revoluciones la cantidad puede ser de un 20%)
- La cavidad donde se monta el rodamiento nunca debe llenarse por completo ya que esto bloquearía la salida del exceso de grasa en el rodamiento: 100% la cavidad interior, 60% la cavidad exterior
- Rodamientos con sellos o escudos:
 - Llenado normal = 25-35%
 - Solicite mayor llenado (grado 7 o 9) si se requiere protección contra la corrosión si se el rodamiento trabaja a baja velocidad
 - Solicite menor llenado (grado 1) si el rodamiento opera a muy alta velocidad.



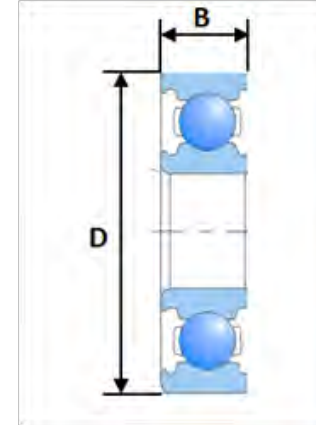


$$Q = (0.005)(D)(B)$$

Q = cantidad de grasa (g)

D = diámetro externo del rodamiento (mm)

B = ancho del rodamiento (mm)



Ajustes a la fórmula por FAG:

$$Q=0.002(D*B)$$

Cantidad de re-engrase
para periodos semanales

$$Q=0.003(D*B)$$

Cantidad de re-engrase
para periodos mensuales

$$Q=0.004(D*B)$$

Cantidad de re-engrase para
periodos anuales

$$Q = (0.114)(D)(B)$$

Q = cantidad de grasa (oz)

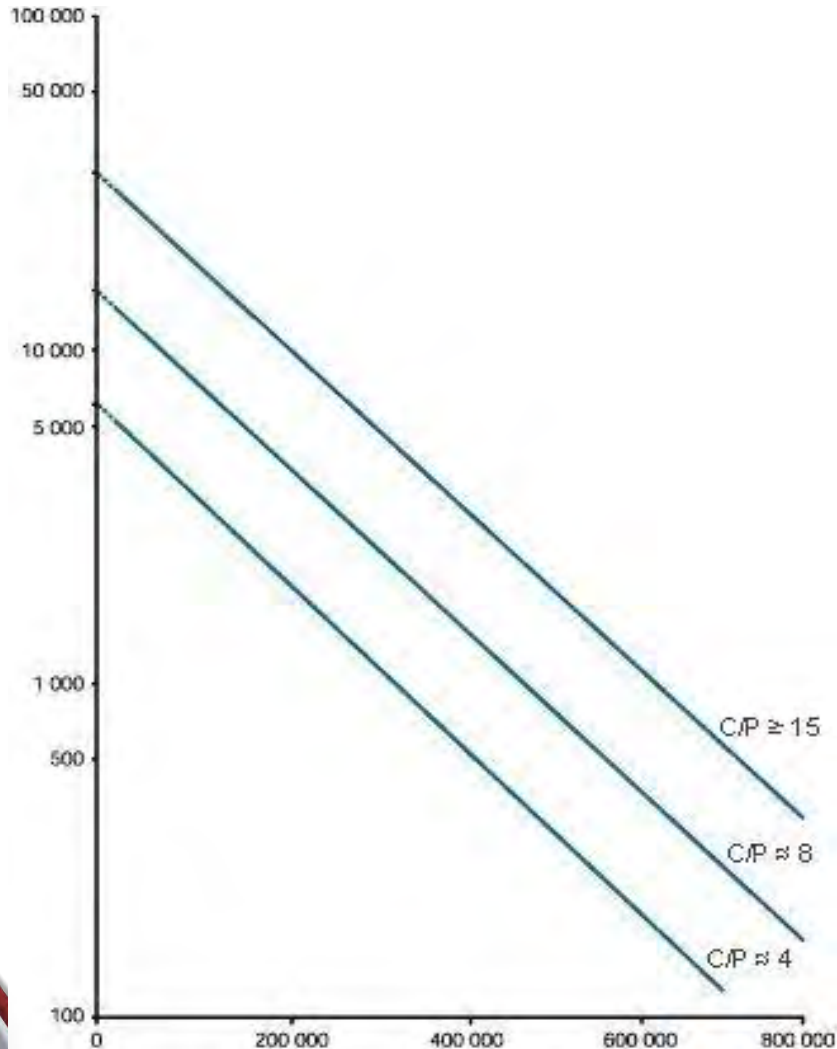
D = diámetro externo del rodamiento (in)

B = ancho del rodamiento (in)



Intervalos de re-lubricación

t_p horas de funcionamiento



Ab_f

1. Calcule el valor Ab_f
 2. Encuentre el valor Ab_f en el eje de las X y suba hasta localizar la línea correspondiente a la relación (C/P) de operación del rodamiento
 3. Trazar una línea perpendicular al eje de las Y en el punto de cruce para localizar las horas de funcionamiento para re-lubricar el rodamiento
- $A = NDm$
 - B_f = Factor para el rodamiento que depende del tipo de rodamiento y de las condiciones de carga.
 - Valido para temperatura de operación de 70°C
 - Reducir a la mitad el intervalo por cada 15°C arriba de la temperatura base
 - Para aplicaciones en orientación vertical se recomienda reducir a la mitad el intervalo calculado.



Uso de la fórmula para calcular el intervalo de re-lubricación

$$T = K \times \left[\left(\frac{14,000,000}{n \times (d^{0.5})} \right) - 4 \times d \right]$$

En donde:

T = Tiempo hasta la siguiente re-lubricación (horas)

K = Producto de todos los factores de corrección
Ft x Fc x Fm x Fv x Fp x Fd
(vea la tabla)

n = Velocidad (rpm)

d = Diámetro interior (mm)

Nota:

ips = pulgadas / segundo

0.2 pulgs. / segundo = 5 mm/seg.

Factores de Corrección del Intervalo de Engrase

Condición	Rango de Operación Promedio	Factor de Corrección
Temperatura Ft	Carcaza por debajo de 65°C	1.0
	65 a 80°C	0.5
	80 a 93°C	0.2
	Arriba de 93°C	0.1
Contaminación Fc	Ligero, polvo no abrasivo	1.0
	Severo, polvo no abrasivo	0.7
	Ligero, polvo abrasivo	0.4
	Severo, polvo abrasivo	0.2
Humedad Fm	Humedad por debajo del 80%	1.0
	Humedad entre 80 y 90%	0.7
	Condensación ocasional	0.4
	Agua ocasionalmente en la carcaza	0.1
Vibración Fv	Velocidad pico menor a 0.2 ips	1.0
	0.2 a 0.4 ips	0.6
	Arriba de 0.4 ips Ver Nota	0.3
Posición Fp	Horizontal	1.0
	45 grados	0.5
	Vertical	0.3
Diseño del Rodamiento Fd	Rodamiento de bolas	10
	Rodamientos cilíndricos y de agujas	5.0
	Rodamientos cónicos y esféricos	1.0



La vida de la grasa puede ser larga... Pero no infinita



Pérdida de
consistencia
pobre estabilidad
mecánica,
contaminación con
otras grasas, agua o
aceite



Endurecimiento /
degradación
oxidación o pérdida de
aceite, contaminación
con otras grasas,
sangrado.

Contaminación
con partículas sólidas
durante almacenaje o
en operación





Compatibilidad entre los espesantes

Interpretación:													
● Compatible													
▲ Compatible Límite													
■ Incompatible													
ND No Disponible													
	Aluminio Complejo	Bario	Calcio	Calcio 12-Hidroxi	Calcio Complejo	Bentona	Litio	Litio 12-Hidroxi	Litio Complejo	Poliurea*	Sodio	Sulfonato de Calcio	Dióxido de Silicio
Aluminio Complejo		■	■	●	■	■	■	■	●	■	■	■	●
Bario	■		■	●	■	■	■	■	■	■	■	▲	●
Calcio	■	■		●	■	●	●	▲	●	■	■	N/D	N/D
Calcio 12-Hidroxi	●	●	●		▲	●	●	●	●	■	■	N/D	N/D
Calcio Complejo	■	■	■	▲		■	■	■	●	●	■	●	■
Bentona	■	■	●	●	■		■	■	■	■	■	■	●
Litio	■	■	●	●	■	■		●	●	■	■	●	●
Litio 12-Hidroxi	■	■	▲	●	■	■	●		●	■	■	●	N/D
Litio Complejo	●	■	●	●	●	■	●	●		■	■	●	●
Poliurea*	■	■	■	■	●	■	■	■	■	*	■	■	■
Sodio	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■
Sulfonato de Calcio	■	▲	N/D	N/D	●	■	●	●	●	■	■		N/D
Dióxido de Silicio	●	●	N/D	N/D	■	●	●	N/D	●	■	■	N/D	

* No todas las grasas de poliurea son mutuamente compatibles

En caso de duda, asuma que grasas diferentes son incompatibles



TEMPERATURA

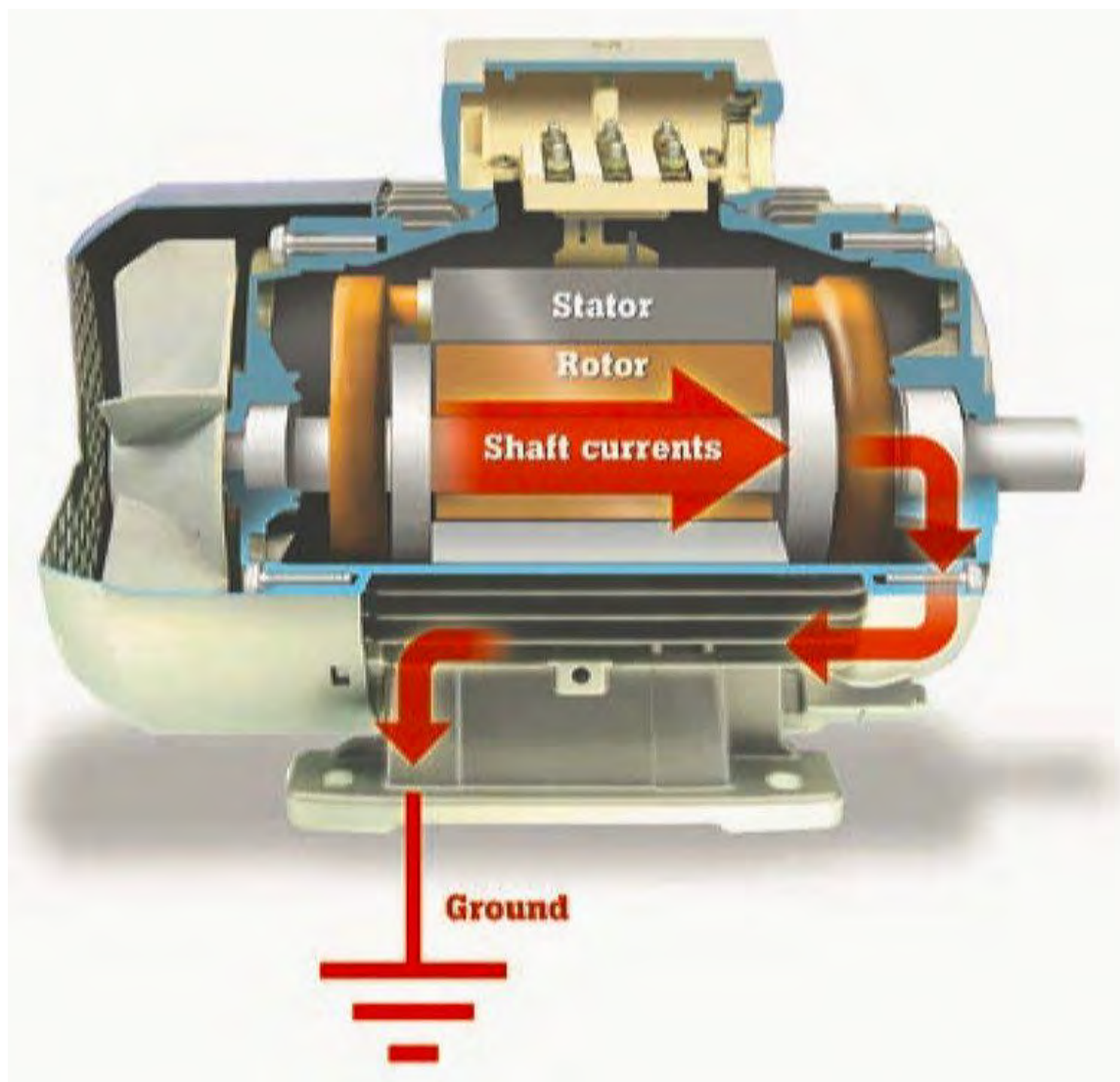
B	Baja	<50°C
M	Media	50 a 100°C
A	Alta	>100°C
EA	Ext. Alta	>150°C

CARGA

MA	Muy Alta	C/P<2
A	Alta	C/P= 4
M	Media	C/P= 8
B	Baja	C/P>15

VELOCIDAD

		Rodamientos de bolas NDm	Rodamientos de rodillos NDm
EA	Extremadamente alta	Arriba de 700,000	-
MA	Muy Alta	Hasta 700,000	-
A	Alta	Hasta 500,000	Arriba de 270,000
M	Media	Hasta 300,000	Hasta 270,000
B	Baja	Por debajo de 100,000	Por debajo de 30,000



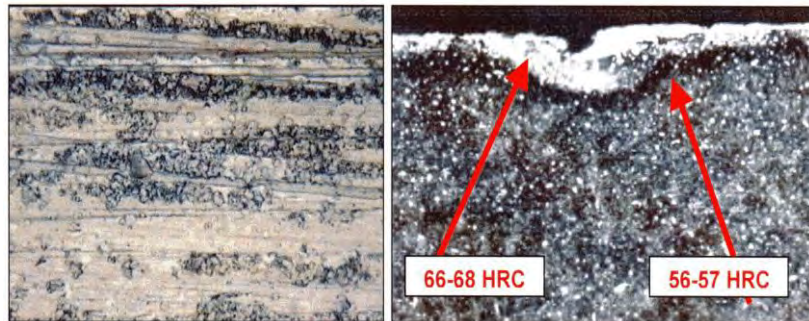
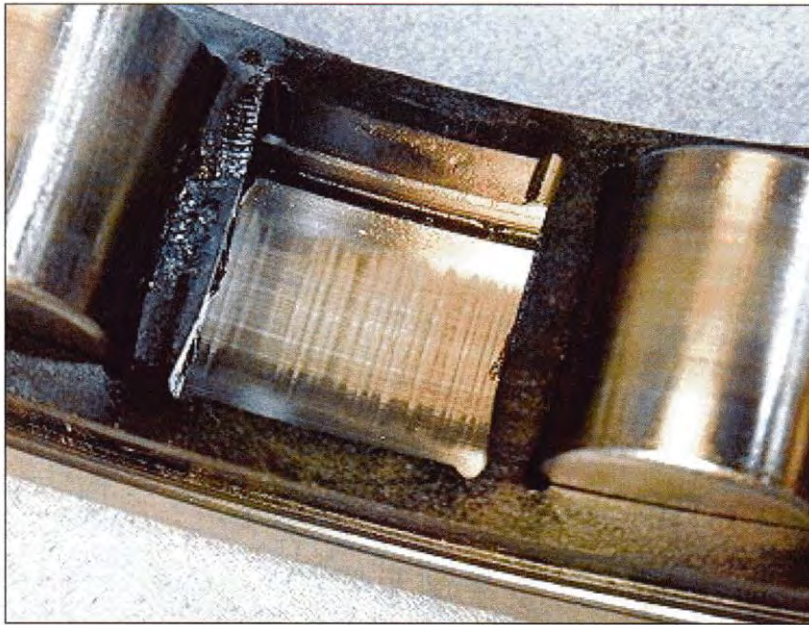


Baja intensidad
de corriente

Indentaciones

Desarrollo de
acanaladuras en
pista de rodadura

Descoloración
gris-oscuro



Acanalado en
ambas pistas

Cambio de color en
grasa

Cambio en la
dureza del material

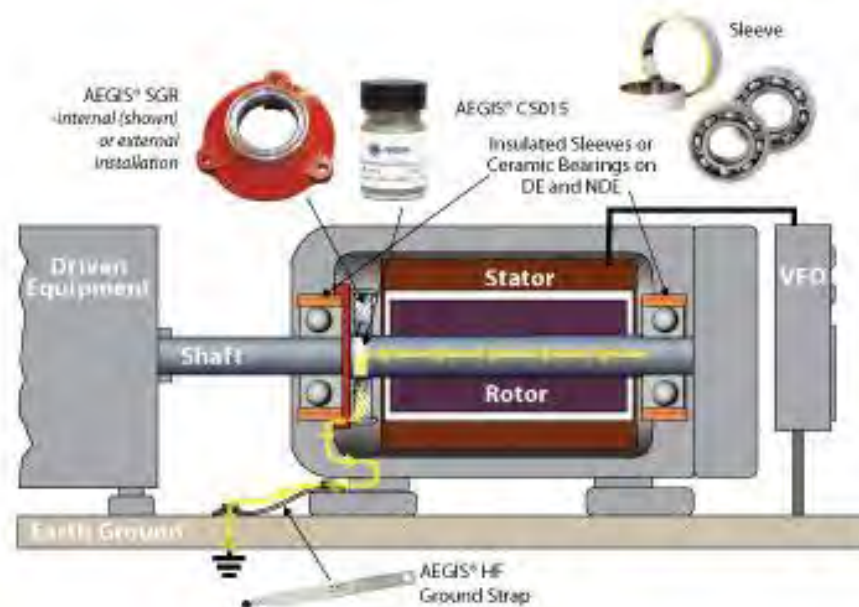


Costo de la falla

Falla en motor	30HP (22.5KW)	300HP (225KW)	500HP (375KW)
Desmontaje e instalación	\$500.00	\$2,000.00	\$5,000.00
Reparación	\$1,500.00	\$8,400.00	\$20,200.00
Costo Paro de producción	\$5,000.00	\$10,000.00	\$100,000.00
Costo total por falla de motor	\$7,000.00	\$20,400.00	\$125,200.00
Costo de soluciones	\$900.00	\$1,740.00	\$4,680.00
Ahorro al prevenir falla	\$6,100.00	\$18,660.00	\$120,520.00



Soluciones



CONCLUSIONES



- LA GRAN MAYORIA DE LAS FALLAS SE PUEDEN PREVENIR
- ACTUAR PROACTIVAMENTE
- NO TIRAR EVIDENCIA
- ESTRATEGIA ADECUADA (HERRAMIENTA/TÉCNICA/LUBRICACIÓN Y MONITOREO)
- CAPACITAR AL PERSONAL
- REVISAR INSTRUCTIVOS
- CONGRUENCIA DE LA INFORMACIÓN



CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
★ PERÚ ★

***EL RODAMIENTO ES
UNA PIEZA DE
PRECISIÓN Y DEBE SER
TRATADO COMO TAL***



TOOLBOX
SESSION

POR SU ATENCIÓN
¡GRACIAS!



ORGANIZADO POR: ASOCIACIÓN MEXICANA
DE PROFESIONALES EN
GESTIÓN DE ACTIVOS AC



CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
★ PERÚ ★



ALEJANDRO PÉREZ

APEREZ@MTFRODAMIENTOS.COM

SI TIENES
DUDAS O COMENTARIOS
¡No dudes en acercarte!