



## INTRODUCCIÓN

El rodamiento es el mecanismo central en la mayoría de los equipos industriales y automotrices. Una falla prematura de su funcionamiento, aparte del daño de la maquinaria donde está instalado, puede ocasionar grandes pérdidas de producción y hasta serios accidentes industriales.

Normalmente los rodamientos se ven afectados por condiciones de: lubricación, contaminación, desalineación, desbalance, ajustes y otras variables mecánicas relacionadas al montaje y desmontaje (para el caso de los rodamientos que reciben mantenimiento periódico).

Desde el principio del proceso de mantenimiento, la debida selección del tipo de rodamiento, el adecuado manejo y almacenamiento pueden iniciarnos en el camino correcto para obtener el máximo rendimiento de estos elementos de máquinas que son de gran precisión.

Actualmente el control del estado de funcionamiento de un rodamiento sirve de gran ayuda para poder determinar cuando se requiere un recambio; de esta manera se procura evitar costosos períodos de parada de las maquinarias.

Por todo lo expuesto, es clara la importancia de manejar adecuadamente la información y dominar conceptos básicos para un buen mantenimiento de los rodamientos.



# ÍNDICE

## MANUAL DE RODAMIENTOS

<b>1. Selección del tamaño del rodamiento</b> .....	1
1.1 Vida y capacidad de carga del rodamiento .....	1
1.2 Capacidad de carga dinámica básica .....	1
1.3 Fórmula de cálculo de vida .....	1
1.4 Ajuste de la capacidad de carga dinámica básica.....	2
1.5 Capacidad de carga estática básica .....	2
1.6 Carga dinámica equivalente .....	4
1.7 Carga estática equivalente y factor de seguridad .....	5
1.8 Vida de servicio para diversas aplicaciones .....	6
1.9 Dimensiones principales y denominación del rodamiento.....	7
1.9.1 Dimensiones principales del rodamiento .....	7
1.9.2 Comparación de las series de dimensión .....	8
1.9.3 Sistema de numeración y códigos .....	9
<b>2. Tolerancia de los rodamientos</b> .....	10
2.1 Precisión de dimensiones principales .....	10
2.2 Precisión de giro .....	10
2.3 Cuadro 7 - Aplicación de rodamientos de alta precisión.....	11
<b>3. Manejo de los rodamientos</b> .....	12
3.1 Instrucciones generales .....	12
3.2 Almacenamiento de rodamientos .....	12
<b>4. Mantenimiento e inspección de los rodamientos</b> .....	13
4.1 Limpieza .....	13
4.2 Inspección y análisis .....	13
<b>5. Métodos de análisis de fallas en los rodamientos</b> .....	14
5.1 Detección del ruido .....	14
5.2 Medición de la temperatura de operación (termografía) .....	14
5.3 Análisis del estado del lubricante (ferrografía) .....	14
<b>6. Sistema Koyo de diagnóstico de anomalías en los rodamientos</b> .....	15
Sistema AE (emisión acústica) .....	15
<b>7. Lubricación de los rodamientos</b> .....	16
7.1 Función del lubricante .....	16
7.2 Cuadro 8 - Comparación entre grasas y aceites lubricantes .....	16

<b>8. Lubricación con grasa</b> .....	17
8.1 Cantidad de grasa .....	17
8.2 Relubricación con grasa .....	18
8.3 Intervalos de reengrase .....	19
8.4 Vida de la grasa en los rodamientos de bolas sellados/obturados (prelubricados) .....	20
8.5 Componentes de las grasas .....	20
8.6 Consistencia .....	21
8.7 Mezclado de diferentes tipos de grasas .....	21
<b>9. Lubricación por aceite</b> .....	22
9.1 Selección del aceite lubricante .....	22
9.2 Sistemas de lubricación por aceite .....	22
9.3 Tipos y métodos de lubricación por aceite .....	22
9.4 Caudal de aceite requerido en los sistemas de lubricación .....	25
<b>10. Precarga de los rodamientos</b> .....	26
10.1 Propósito de la precarga .....	26
10.2 Métodos de precarga de los rodamientos .....	26
10.3 Magnitud de la precarga .....	27
<b>11. Montaje de los rodamientos</b> .....	28
11.1 Preparación de los rodamientos .....	28
11.2 Inspección de ejes y alojamientos .....	28
11.3 Ajuste de interferencia (o presión) en rodamientos con agujero cilíndrico .....	29
11.4 Ajustes de contracción para rodamientos con agujero cilíndrico .....	30
11.5 Fig. 11-1 - Temperaturas de calentamiento para diferentes ajustes del anillo interno .....	31
11.6 Montaje en los alojamientos .....	31
11.7 Fuerza necesaria para ajuste con Interferencia y desmontaje de los rodamientos .....	32
11.8 Cuadro 14 - Montaje de rodamientos con agujero cónico .....	33
11.9 Cuadro 15 - Montaje de rodamientos de rodillos esféricos con agujero cónico .....	34
11.10 Cuadro 16 - Tipos de ruidos en los rodamientos .....	35
11.11 Cuadro 17 - Causas y contramedidas para un incremento anormal de la temperatura .....	36
<b>12. Desmontaje de los rodamientos</b> .....	37
12.1 Cuadro 18 - Desmontaje de rodamientos con agujero cilíndrico .....	37
12.2 Cuadro 19 - Desmontaje de rodamientos con agujero cónico .....	38
12.3 Cuadro 20 - Desmontaje de anillos exteriores .....	39
<b>13. Juego interno de los rodamientos</b> .....	40
13.1 Definición .....	40
13.2 Selección del juego interno .....	46
<b>14. Ajustes de los rodamientos</b> .....	47
14.1 Propósito del ajuste .....	47
14.2 Tolerancias y ajustes para ejes y alojamientos .....	47
14.3 Relación entre tolerancias y ajustes .....	47
14.4 Selección del ajuste .....	47
<b>15. Prácticas de ajustes automotrices –probadas en campo– según aplicaciones</b> .....	50
<b>Selección de materiales de obturaciones</b> .....	54
<b>Requerimientos de funcionamiento</b> .....	55
<b>Grasas para rodamientos Koyo</b> .....	56
<b>Frecuencias de reengrase para rodamientos</b> .....	64

<b>FALLAS EN LOS RODAMIENTOS (causas, contramedidas)</b> .....	65
<b>I. Rotura (fractura) de los rodamientos</b> .....	65
1. Fase de rotura y sus causas .....	65
<b>II. Averías de los rodamientos</b> .....	66
2. Tipos de averías y partes en las que éstas ocurren .....	66
3. Tabla 3.2 - Averías y causas .....	67
<b>III. Averías, causas y contramedidas</b> .....	69
1. Desconches, picaduras .....	69
2. Desgaste y corrosión de contacto .....	70
3. Grietas y despostilladuras (astilladuras) .....	71
4. Brinelado y marcas por golpe (muescas) .....	72
5. Rayaduras (arañazos) y desgaste abrasivo .....	73
6. Óxido y corrosión .....	74
7. Piel de pera, decoloración .....	75
8. Microadherencia .....	76
9. Deslizamiento .....	77
10. Picadura eléctrica .....	78
11. Gripado (agarrotamiento) .....	79
12. Daño en la jaula .....	80
<b>ANEXO - DESIGNACIONES SUPLEMENTARIAS (prefijos y/o sufijos)</b> .....	81
<b>Designación de rodamientos, según normas ISO</b> .....	82
<b>Sistema de designación de rodamientos de rodillos cónicos en pulgadas, según normas ABMA</b> .....	83
<b>Rodamientos rígidos de bolas de una hilera - serie métrica (aplicaciones automotrices)</b> .....	94
<b>Rodamientos de rodillos cónicos - serie milimétrica / norma ISO - Koyo</b> .....	95
<b>Rodamientos de rodillos cónicos - serie pulgadas / norma ABMA - Koyo</b> .....	95
<b>Equivalencias más comunes con prefijos y sufijos de marcas japonesas</b> .....	96
<b>Equivalencias más comunes con sufijos de marcas europeas</b> .....	98



# 1. SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL RODAMIENTO

## 1.1 Vida y Capacidad de Carga del Rodamiento

### 1.1.1 Generalidades

Si un rodamiento trabaja en condiciones ideales, su vida útil generalmente llega a su fin por daños causados por la fatiga, que se produce, bien en los caminos de rodadura o en los elementos rodantes, debido a los ciclos de tensión repetidos que actúan sobre éstos. Por lo tanto la "vida" del rodamiento generalmente viene referida al número de revoluciones (o de horas a velocidad constante) que superará el rodamiento antes que aparezca la primera manifestación de fatiga en cualquiera de los caminos de rodadura o cualquiera de los elementos rodantes. Si se ensaya en un grupo de rodamientos de idénticas dimensiones diseño, material y proceso de fabricación, en condiciones de trabajo idénticas se observará una dispersión considerable entre sus vidas. La dispersión de la vida de fatiga puede atribuirse a variaciones en la fatiga del material, que pertenecen esencialmente a un estudio estadístico.

Por lo tanto la vida del rodamiento se expresa generalmente o se compara en cuanto a "vida nominal", que se define como el número de revoluciones (o de horas a velocidad constante) que superará el 90% de un grupo de estos rodamientos, antes que la fatiga del material produzca daños en cualquiera de los caminos de rodadura o cualquiera de los elementos rodantes. Sin embargo en el uso práctico el rodamiento puede quedar fuera de servicio debido a daños no atribuibles a la fatiga, como son exceso de desgaste, sobrecalentamiento, deslizamiento, corrosión de ajuste, brinelado o fisuras. Estos daños se pueden evitar si se toman las precauciones necesarias a la hora de efectuar la selección del rodamiento, y los métodos para su instalación, lubricación, etc.

## 1.2 Capacidad de Carga Dinámica Básica

### (1) Capacidad de Carga Dinámica Básica, C

La capacidad de carga dinámica básica se define como una carga constante, puramente radial (o carga puramente axial para un rodamiento axial), que un grupo de rodamientos aparentemente idénticos con anillo interior girando y anillo exterior fijo puede soportar durante una vida nominal de un millón de revoluciones.

En el caso de los rodamientos de bolas de contacto angular, la capacidad de carga dinámica radial básica es la componente radial de la carga que produce un desplazamiento puramente radial de los anillos del rodamiento entre sí.

### (2) Capacidad de Carga Dinámica Efectiva, $C_e$

Durante los últimos años, se han incrementado el funcionamiento y la fiabilidad de los rodamientos, gracias a mejoras en los materiales de los rodamientos así como en la tecnología de su fabricación, dando lugar a un incremento de la vida de éstos durante el servicio real, demostrado por experimentos e informes de campo.

Para poder reflejar el efecto de este aumento de vida de trabajo en el cálculo de la vida del rodamiento, se ha introducido la capacidad de carga dinámica efectiva, que es una versión revisada de la capacidad de carga dinámica básica antes mencionada.

Koyo indica la capacidad de carga dinámica básica de cada rodamiento en el catálogo de dimensiones.

## 1.3 Fórmula de Cálculo de Vida

En general, la relación que hay entre la capacidad de carga dinámica básica, la carga aplicada y la vida nominal del rodamiento se expresa por la fórmula siguiente:

$$L_{10e} = \left(\frac{C_e}{P}\right)^p \dots \dots \dots (1)$$



Siendo,

- $L_{10e}$  = Vida nominal efectiva (x  $10^6$  revoluciones)
- $C_e$  = Capacidad de carga dinámica básica efectiva (N)
- $P$  = Carga radial (o axial) equivalente (N)
- $p = 3$  para rodamientos de bolas
- $p = 10/3$  para rodamientos de rodillos

En caso de que el rodamiento trabaje a velocidad constante, a menudo resulta conveniente expresar su vida en horas, la cual se puede determinar por la fórmula siguiente:

$$L_h = \left(\frac{C_e}{P}\right)^p \frac{16667}{n} \dots\dots\dots (2)$$

Siendo,

- $L_h$  = Vida en horas (h)
- $n$  = Número de revoluciones por minuto (rpm)

El cálculo de vida se puede simplificar más, utilizando el factor de vida ( $f_h$ ) y el factor de velocidad ( $f_n$ ), que están tabulados en los Cuadros 3-1 y 3-2 del Cat. N° 2011S - Sección de Ingeniería de Koyo.

$$L_h = 500 f_h^p \dots\dots\dots (3)$$

$$f_h = f_n \frac{C_e}{P} \dots\dots\dots (4)$$

$$f_n = \left(\frac{33.3}{n}\right)^{1/p} \dots\dots\dots (5)$$

Siendo

- $f_h$  = Factor de duración
- $f_n$  = Factor de velocidad

#### 1.4 Ajuste de la Capacidad de Carga Dinámica Básica.

##### a) Ajustes del Cálculo de Vida

La vida nominal efectiva ( $L_{10e}$ ) que es estándar general para la vida de los rodamientos, puede obtenerse mediante la Fórmula (1).

Si es deseable conocer la vida con una fiabilidad superior al 90%, o en el caso de condiciones especiales de material y trabajo (montaje, lubricación, protección contra el polvo, temperatura de trabajo), la vida se puede ajustar mediante la utilización del factor de fiabilidad ( $a_1$ ), factor de material ( $a_2$ ) y factor de condiciones de trabajo ( $a_3$ ). En este caso, la vida nominal ajustada ( $L_{na}$ ) puede conocerse a partir de la fórmula siguiente:

$$L_{na} = a_1 a_2 a_3 \left(\frac{C_e}{P}\right)^p \dots\dots\dots (6)$$

Siendo,

- $L_{na}$  = Vida nominal ajustada para un nivel de fiabilidad de (100-n) % (x  $10^6$  revoluciones)
- $C_e$  = Capacidad de carga dinámica básica efectiva (N)
- $P$  = Carga dinámica equivalente (N)
- $a_1$  = Factor de fiabilidad (Ver cuadro 1)
- $a_2$  = Factor de material
- $a_3$  = Factor de condiciones de trabajo
- $p = 3$  para rodamiento de bolas
- $p = 10/3$  para rodamiento de rodillos

##### • Factor de Fiabilidad $a_1$

La vida nominal obtenida mediante la fórmula (1) se basa en una fiabilidad del 90%, es decir la vida que alcancen o superen el 90% de un grupo de rodamientos aparentemente idénticos, en condiciones de trabajo similares. No obstante, en algunas aplicaciones es necesario evaluar la vida del rodamiento con una fiabilidad superior al 90%. En estas aplicaciones suele determinarse la vida del rodamiento mediante la fórmula (6), utilizando el factor  $a_1$  de fiabilidad específica, indicado en el Cuadro 1.



Cuadro 1 Factor de Fiabilidad,  $a_1$

Fiabilidad %	$L_{na}$	$a_1$
90	$L_{10}$	1.00
95	$L_5$	0.62
96	$L_4$	0.53
97	$L_3$	0.44
98	$L_2$	0.33
99	$L_1$	0.21

• **Factor de Material,  $a_2$**

Cuando se aumenta la vida de fatiga rodante mediante la utilización de materiales mejorados o de un tratamiento térmico especial, entonces debe ajustarse la vida nominal mediante el factor de material  $a_2$ .

Cuando se utiliza un rodamiento estándar **Koyo**, el factor de material apropiado es  $a_2=1$

Los rodamientos estándares **Koyo** están fabricados con acero desgasificado al vacío, de alta calidad. El efecto de aumento de vida que tiene este material se refleja en la capacidad de carga dinámica efectiva.

En los rodamientos **Koyo** fabricados con aceros para rodamientos de vida extra, desarrollados para el efecto específico de aumentar la vida de los rodamientos, se pueden aplicar valores de  $a_2$  superiores a 1.

Cuando un rodamiento se somete a un tratamiento térmico especial para conseguir estabilidad dimensional a alta temperatura, entonces disminuye su dureza. En estos casos el factor  $a_2$  debe ser inferior a 1.

• **Factor de Condiciones de Trabajo  $a_3$**

Este factor  $a_3$  se utiliza para tener en cuenta el efecto que tienen las condiciones de trabajo, especialmente la lubricación, en la vida del rodamiento. Si el rodamiento está lubricado adecuadamente (o si las superficie rodantes están aisladas por una película de aceite), entonces  $a_3 = 1$ .

El factor  $a_3$  debería ser inferior a 1 si la viscosidad del lubricante es baja o si la velocidad de trabajo es excepcionalmente

lenta (dm. n inferior a 10000). En estos casos, el factor de condiciones de trabajo  $a_3$  no debe ser superior a  $a_1$ .

Hay otras condiciones de trabajo distintas a la lubricación, tales como la distribución de cargas y la temperatura, que también pueden afectar a la vida del rodamiento. Sin embargo estas consideraciones requieren unas técnicas analíticas y experimentales, para cuyo caso debe consultarse al servicio de ingeniería de **Koyo** si las condiciones de trabajo entrañan distribuciones de carga especiales o temperaturas extremas.

**b) Ajuste de la Capacidad de Carga Dinámica Básica**

La vida nominal de un rodamiento se ve afectada considerablemente por la temperatura de trabajo y la dureza del rodamiento. Por lo tanto, cuando el rodamiento se utiliza a una temperatura extrema o cuando sea necesario que la dureza del rodamiento sea inferior a la normal, será necesario corregir la capacidad de carga dinámica.

• **Temperatura del Rodamiento y Capacidad de Carga Dinámica Básica**

Cuando los rodamientos se someten a altas temperaturas, entonces cambia la microestructura del material, reduciéndose la dureza, lo cual afectará a la capacidad de carga dinámica básica. Una vez que haya disminuido la capacidad de carga dinámica básica en estas condiciones, no se podrá restablecer la capacidad de carga que ha disminuido, incluso si la temperatura vuelve a estar dentro de sus límites normales. El Cuadro 2 indica la magnitud de reducción de la capacidad de carga dinámica básica.

Cuadro 2 Reducción de la Capacidad de Carga Dinámica Básica a alta Temperatura

Temperatura del rodamiento (°C)	125	150	175	200	225	250
Porcentaje de reducción de la capacidad de carga dinámica básica (%)	5	10	15	25	35	40

• **Dureza y Capacidad de Carga Dinámica Básica**

Cuando se utiliza como camino de rodadura sobre el que ruedan los elementos rodantes, la superficie de un eje o de una caja, en lugar de un anillo interior o un anillo exterior, es esencial que el eje o el alojamiento tengan la dureza adecuada, ya que cuanto menor sea la dureza, tanto más corta será la vida de servicio. Por lo tanto cuando la dureza de estas superficies es inferior a 60 HRC, entonces debe corregirse la capacidad de carga utilizando el factor de dureza indicado en la fig. 1-1

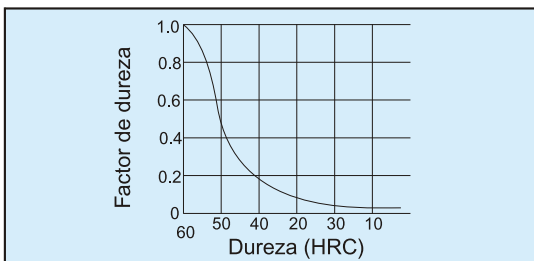


FIG. 1-1 Factor de dureza

**1.5 Capacidad de Carga Estática Básica**

La capacidad de carga estática básica es la carga que actúa sobre un rodamiento que no está girando y puede considerarse que corresponde a una tensión de contacto calculada de.

- 4600 MPa para rodamientos de bolas autoalineables
- 4200 MPa para todos los demás rodamientos de bolas, y
- 4000 MPa para todos los rodamientos de rodillos.

en el centro del contacto entre los elementos rodantes sometidos a mayor tensión, y los caminos de rodadura.

Para los rodamientos radiales, esta carga es una carga radial constante estacionaria, y para los rodamientos axiales es una carga axial constante estacionaria, concéntrica con el eje del rodamiento.

En el caso de rodamientos de bolas de contacto angular de una hilera, la capacidad de carga básica se refiere a la componente

radial de la carga que produce un desplazamiento puramente radial de los anillos del rodamiento entre sí.

**1.6 Carga Dinámica Equivalente**

Los rodamientos a menudo trabajan sometidos tanto a cargas radiales como a cargas axiales formándose una carga combinada que no se puede comparar directamente con la capacidad de carga básica que figura en el catálogo. En estos casos es posible efectuar una comparación convirtiendo la carga combinada en una carga imaginaria, bajo la cual el rodamiento tendría la misma vida que la prevista, en las condiciones de carga reales, siempre y cuando en los anillos (interior o exterior) sea la misma.

Esta carga imaginaria se llama carga dinámica equivalente. Para los rodamientos radiales, es una carga radial constante que actúa sobre un rodamiento con anillo interior rotativo y anillo exterior fijo. Para los rodamientos axiales, es una carga axial constante concéntrica con el eje del rodamiento para un rodamiento con anillo interior rotativo y anillo exterior fijo.

**a) Carga Radial Dinámica Equivalente.**

La carga radial dinámica equivalente de un rodamiento sometido a cargas radiales y axiales constantes simultáneas puede obtenerse de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$P = X F_r + Y F_a \dots\dots\dots (7)$$

Siendo,

- P = Carga radial dinámica equivalente (N)
- X = Factor radial                      Y = Factor axial
- F<sub>r</sub> = Carga radial (N)                F<sub>a</sub> = Carga axial (N)

Para rodamientos de una hilera, y cuando la relación F<sub>a</sub> / F<sub>r</sub> no es superior al valor "e", entonces los valores de los factores X e Y son respectivamente 1 y 0. En estos casos, la carga radial dinámica equivalente puede expresarse por la fórmula siguiente:





$$P = F_r \dots\dots\dots (8)$$

En el caso de rodamientos rígidos de bolas, los valores de los factores X e Y dependen de la relación  $F_a / C_o$  si  $F_r$  es superior a "e". Esto se debe a que el ángulo de contacto entre la bola y el camino de rodadura varía según la carga axial  $F_a$ . Los valores para X e Y, para rodamientos de dos hileras dependen de si la relación  $F_a / F_r$  sea superior al valor "e". Estos valores X e Y se indican para cada rodamiento en las tablas de dimensiones.

Los rodamientos de bolas de contacto angular y los rodamientos de rodillos cónicos generalmente van montados por parejas, cara con cara o espalda con espalda. En estos casos, la fuerza axial producida en un rodamiento por la carga radial actúa sobre el otro rodamiento, lo cual debe tenerse en cuenta en el cálculo. Esta carga axial puede calcularse en la fórmula siguiente:

$$F_a = \frac{F_r}{2Y} \dots\dots\dots (9)$$

**b) Carga Axial Dinámica Equivalente**

Cuando un rodamiento axial, cuyo ángulo de contacto nominal sea inferior a 90°, está sometido a unas cargas combinadas radiales y axiales constantes, entonces puede calcularse su carga axial dinámica equivalente, mediante la fórmula siguiente:

$$P_a = X F_r + Y F_a \dots\dots\dots (10)$$

Siendo

- $P_a$  =Carga axial dinámica equivalente (N)
- $F_r$  =Carga radial (N)
- $F_a$  =Carga axial (N)
- $X$  =Factor radial
- $Y$  =Factor axial

Para rodamientos axiales de rodillos esféricos, la fórmula es:

$$P_a = F_a + 1.2 F_r \dots\dots\dots (11)$$

En este caso el rodamiento no se puede someter a una carga radial mayor del 55% de la carga axial.

**1.7 Carga Estática Equivalente y Factor de Seguridad**

**a) Carga Radial Estática Equivalente**

Cuando un rodamiento radial parado se somete a cargas radiales y axiales combinadas, entonces la carga radial estática equivalente es el mayor de los valores calculados de acuerdo con las dos fórmulas siguientes:

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a \dots\dots\dots (12)$$

$$P_o = F_r \dots\dots\dots (13)$$

Siendo

- $P_o$  = Carga axial estática equivalente (N)
- $X_o$  = Factor radial estático
- $Y_o$  = Factor axial estático
- $F_r$  = Carga radial (N)
- $F_a$  = Carga axial (N)

**b) Carga Axial Estática Equivalente**

Cuando un rodamiento axial parado, cuyo ángulo de contacto nominal sea inferior a 90°, se somete a cargas radiales y axiales combinadas, entonces la carga axial estática equivalente se determina de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$P_o = F_a + 2.3 F_r \tan^\alpha \dots\dots\dots (14)$$

Siendo

- $P_o$  =Carga axial estática equivalente (N)
- $F_a$  =Carga axial (N)
- $F_r$  =Carga radial (N)
- $\alpha$  =Ángulo de contacto nominal

Para rodamientos axiales de rodillos esféricos, la fórmula se escribe de la manera siguiente:

$$P_o = F_a + 2.7 F_r \dots\dots\dots (15)$$

En este caso, la carga radial no puede ser superior al 37% de la carga axial.

**c) Factor de Seguridad**

La carga admisible para un rodamiento que está girando se puede determinar de acuerdo con la fórmula de cálculo de vida, basada en la capacidad de carga dinámica efectiva ( $C_e$ ) del rodamiento.

No obstante el rodamiento a veces podrá estar sometido a cargas en condiciones estacionarias. En algunas otras aplicaciones, está previsto que cargas de impacto suma-

mente fuertes actúen sobre los rodamientos que giren a baja velocidad.

En estas condiciones estacionarias o semiestacionarias, no es posible determinar la carga admisible mediante la fórmula de cálculo de vida, pero debe estudiarse basándose en la deformación plástica que produciría la carga estática sobre las superficies de contacto.

Las huellas producidas en los caminos de rodadura o en los elementos rodantes quizás no afecten al coeficiente de fricción del rodamiento ni produzcan una vibración o

ruido apreciable durante el funcionamiento, siempre y cuando se trate de huellas muy pequeñas. Sin embargo, estas huellas resultan inadmisibles en cuanto rebasan una cierta magnitud, la cual depende de las condiciones y requisitos de trabajo del rodamiento. Por lo tanto la carga estática admisible para un rodamiento podrá determinarse a partir de la capacidad de carga estática y de unos factores de seguridad establecidos empíricamente para las condiciones de trabajo.

### 1.8 Vida de Servicio para Diversas Aplicaciones.

Como ya hemos visto en el capítulo selección del rodamiento, los factores que más incidencia tienen en la vida del rodamiento son la carga aplicada y la velocidad de giro (en ese orden respectivo), tal es así que la durabilidad del rodamiento se reduce a 1/8 si la carga externa aplicada duplica la capacidad de carga dinámica  $C_e$  (capacidad de carga del fabricante), mientras que esta durabilidad se reduce 1/2 si la velocidad de operación duplica la velocidad límite de giro especificada por el fabricante. Cuanto más larga sea la vida nominal del rodamiento, tanto mayor será la seguridad de la aplicación, sin embargo no es económico sobredimensionar un rodamiento para obtener una vida de servicio superior a la requerida para ciertas aplicaciones. Por ejemplo la durabilidad de 1200 hrs. será excesiva para una aspiradora que trabaja 20-30 minutos al día, mientras que esta misma durabilidad será insuficiente para el rodamiento utilizado en equipos que funcionan 24 hrs. al día como es el caso de los motores eléctricos para plantas.

**Cuadro 3 Vida de Servicio para Diversas Aplicaciones**

Tipo de Servicio	Aplicación	Horas de vida de Servicio (h)
Equipos utilizados ocasionalmente	Mecanismos para accionamiento de puertas	500
Sustituídos periódicamente para obtener una fiabilidad excepcionalmente alta.	Motores de aviación	500~2000
Utilizados a intervalos cortos, no muy críticos.	Herramientas de mano - Equipos agrícolas - Electrodomésticos Grúas - Alimentador automático de materiales Cabrestantes para servicios pesado	4000~8000
Utilizados a intervalos, pero que han de tener una fiabilidad de servicio adecuada.	Equipos auxiliares en centrales energéticas - Transportadores para líneas de montaje - Grúas para manipulación de materiales - Máquinas herramientas utilizadas con poca frecuencia.	8000~12000
Funcionando durante 8 horas al día, pero no siempre en funcionamiento completo.	Motores eléctricos de planta - Reductores de engranajes	12000~20000
Completamente funcionando durante 8 horas al día.	Maquinaria general en plantas de fabricación - Grúas que trabajan de forma constante - Ventiladores que trabajan de forma constante - Rodillos de mesas de tren de laminación.	20000~30000
Funcionando constantemente durante 24 horas.	Compresores - Bombas - Motores eléctricos para plantas. Rodillos transportadores - Cabrestantes de minas.	40000~60000
Funcionando en forma continua durante 24 horas, en aplicaciones muy críticas.	Maquinaria para fabricación de papel - Centrales energéticas. Bombas de minas - Suministro de agua para zonas urbanas. Maquinaria de buques de funcionamiento constante.	100000~200000



## 1.9 Dimensiones principales y numeración del rodamiento

### 1.9.1 Dimensiones principales del rodamiento

Las dimensiones generales de la mayoría de los rodamientos, se han normalizado internacionalmente por ISO (Organización Internacional de Normalización). La norma industrial japonesa JIS B 1512 (Dimensiones Generales de Rodamientos), se corresponde con la norma ISO. Las dimensiones generales de los rodamientos son las dimensiones del contorno externo tales como el diámetro interior, diámetro exterior, anchura o altura, y dimensiones de los chaflanes.

Estas dimensiones se necesitan para elegir un rodamiento adecuado con respecto a las dimensiones del eje y el alojamiento donde va montado. La Fig. 19-1 ilustra las dimensiones generales y sus símbolos para rodamientos radiales distintos a los rodamientos de rodillos cónicos. Las figuras 19-2 y 19-3 muestran estas dimensiones generales para rodamientos de rodillos cónicos y los rodamientos axiales (de asiento plano), respectivamente.

Todas las dimensiones principales van dispuestas de acuerdo con el número interno (diámetro interior), las series de diámetros externos y las series de anchos. Las series de diámetros agrupan juntos aquellos rodamientos cuyos diámetros exteriores tienen una proporción similar a los diámetros interiores.

Dentro de cada serie de diámetros hay diversas series de dimensiones que son una combinación de las series de diámetros y diferentes series de anchuras (o alturas) teniendo estas series, una proporción semejante de anchura (altura) respecto al diámetro.

Estas clasificaciones de series se designan por números que siguen al número del tipo de rodamiento, según se indica en el Cuadro 4.

Las figuras ilustran gráficamente la relación de las series típicas de dimensiones de los rodamientos radiales (excepto los rodamientos de rodillos cónicos) y los rodamientos axiales.

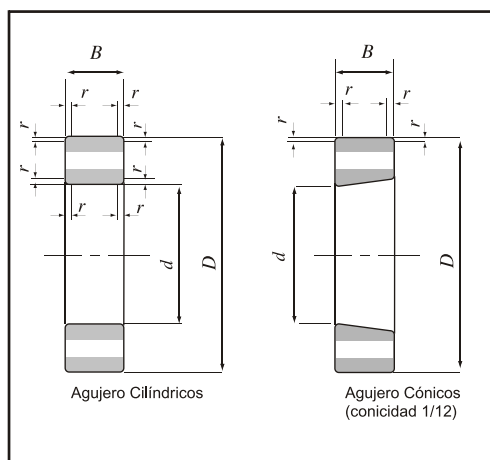


Fig.19-1  
Dimensiones Principales de los Rodamientos Radiales (Excepto Rodamientos de Rodillos Cónicos).

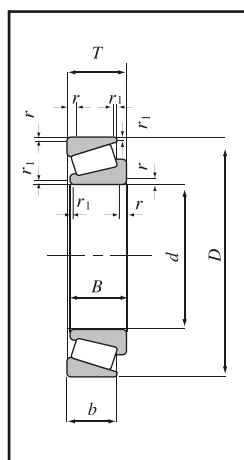


Fig. 19-2  
Dimensiones Principales de los Rodamientos de Rodillos Cónicos.

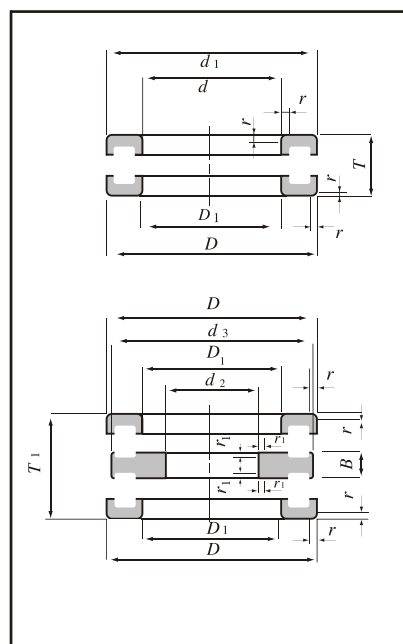
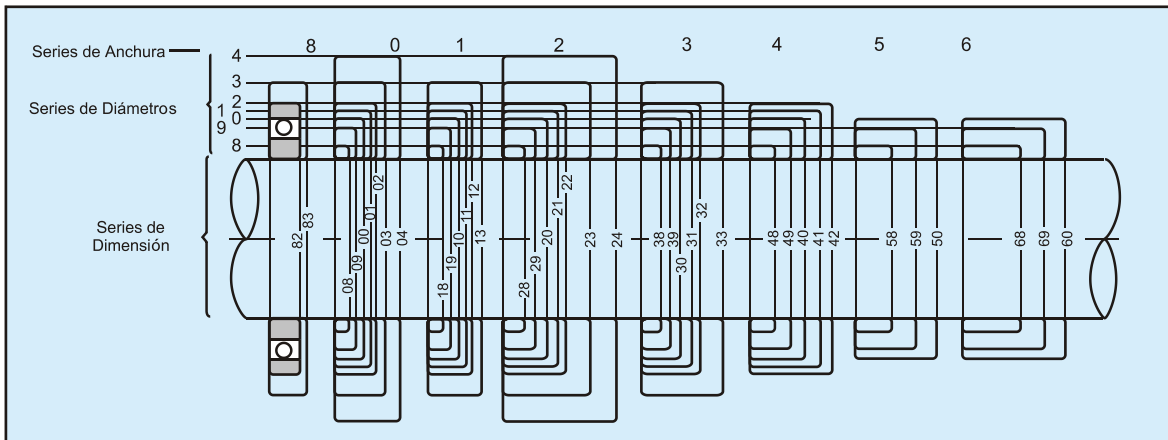
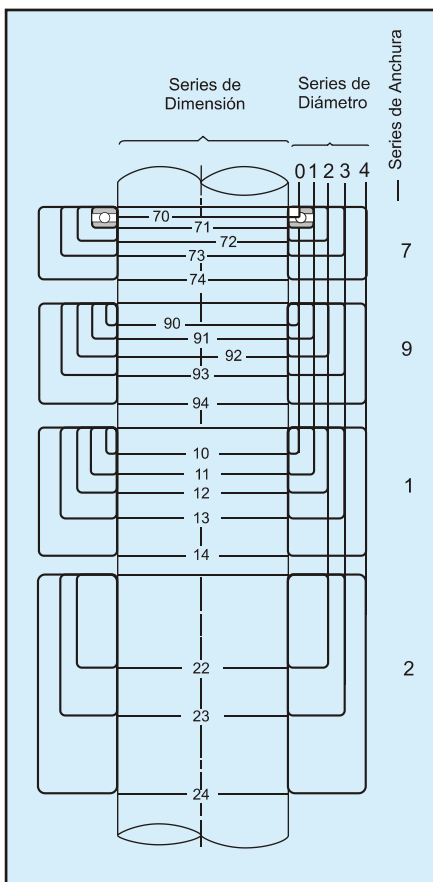


Fig. 19-3 Dimensiones Principales de los Rodamientos Axiales (Asiento Plano).

### 1.9.2 Comparación de las Series de Dimensión (Excepto la Serie de Diámetro 7) para Rodamientos Radiales que tengan el mismo Diámetro Interior.



### Comparación de las Series de Dimensión (Excepto la Serie de Diámetro 5) para Rodamientos Axiales que tengan el mismo Diámetro Interior.



Cuadro 4: Designación de Series de las Principales Dimensiones de los Rodamientos

Tipo de Rodamiento	No.de Rod.	Serie de Rod.	Serie de Dimen.		No.de dia. Int.	Dimensiones Principales (D.I x D.E x Anchura) <sup>2)</sup> (mm)
			Serie <sup>1)</sup> de Anchura	Serie de Diámetro		
Rodamiento Rígido de Bolas Tamaño Pequeño	608	6	(1)	0	8	8 X 22 X 7
Rodamiento Rígido de Bolas de una Hilera	6208	6	(0)	2	08	40 X 80 X 18
Rodamiento de Bolas de Contacto Angular de una Hilera	7208	7	(0)	2	08	40 X 80 X 18
Rodamiento de Bolas de Contacto Angular de Doble Hilera	5208	5	(0)	2	08	40 X 80 X 30.2
Rodamiento de Bolas Autoalineables	1208	1	(0)	2	08	40 X 80 X 18
Rodamiento de Rodillos Cilíndricos	NU208	NU	(0)	2	08	40 X 80 X 18
Rodamiento de Rodillos Cónicos	32316	3	2	3	16	40 X 170 X 61.5
Rodamiento de Rodillos Esféricos	22316	2	2	3	16	80 X 170 X 58
Rodamiento Axial de Bolas de Simple Efecto con Asiento Plano	51108	5	1	1	08	40 X 60 X 13
Rodamiento Axial de Bolas de Doble Efecto con Asiento Plano	52208	5	2	2	08	40 X 68 X 36
Rodamiento Axial de Bolas de Simple Efecto con Asiento Autoalineable	53308	5	3	3	08	40 X 78 X 28.5
Rodamiento Axial de Bolas de Doble Efecto con Asiento Autoalineable	54308	5	4	3	08	40 X 78 X 54
Rodamiento Axial de Rodillos Esféricos	29320	2	9	3	20	100 X 170 X 42

[Notas] 1) Indica la Serie de Altura para los Rodamientos Axiales

2) Indica (D.I x D.E x Altura) para Rodamientos Axiales

[Observación] el número de la serie de anchura indicado entre ( ) se omite en los números de rodamientos



### 1.9.3 Sistema de numeración y códigos

Los números de identificación de los rodamientos Koyo se componen de los números básicos y de los códigos auxiliares. Los números básicos consisten en un número de la serie del rodamiento, dos números correspondientes a las series de ancho y diámetro externo (serie de dimensiones) y uno (caso de rodamientos miniatura) o dos números que identifican (multiplicados por 5) al diámetro interno del rodamiento.

Para identificar las características detalladas

de los rodamientos existen un número considerable de códigos auxiliares que han de añadirse al número básico.

Lo más importante en estos códigos son los sufijos correspondientes a la jaula, a las obturaciones, a la configuración del anillo, códigos para montajes apareados, juegos y clase de tolerancia. Una pequeña parte de estos códigos está normalizada en la JIS B 1513 (Designación de rodamientos). Pero la mayoría de las características de los rodamientos tienen códigos distintos en los diferentes fabricantes.

**Cuadro 5** Sistema de Numeración de Rodamientos Koyo

Características	Clasificación		Número Básico				Código Auxiliar											
	Orden de Código		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Tipo de Rodamiento	Símbolos y Códigos		Prefijo	Serie de Rod.	Diámetro Interior	Angulo de Contacto	Diseño Interno	Diseño Especial	Jaula	Obturaciones	Configuración del anillo	Taladro y ranura de lubricación	Material	Tratamiento térmico especial	Apareado	Juego	Clase de tolerancia	Otros
Rodamiento Rígido de Bolas	○				—	○	○	○	○	○	△	△	○	—	○	○	○	△
Rodamiento de Bolas Tipo Magneto	○				—	—	○	—	—	—	—	—	△	—	—	○	—	—
Rodamiento de Bolas de Contacto Angular	○			○	—	○	○	○	—	△	△	△	○	○	○	○	○	—
Rodamiento de Bolas Autoalineables	○			—	○	○	—	△	○	△	△	—	○	—	○	○	○	○
Rodamiento Axial de Bolas	○			—	—	○	○	—	—	—	—	—	○	—	—	○	—	—
Rodamiento de Rodillos Cilíndricos	○			—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	○	○	○	○
Rodamiento de Rodillos Cónicos	○			○	○	○	○	—	○	○	○	○	○	—	○	○	○	○
Rodamiento de Rodillos de Agujas	○			—	—	○	○	△	△	○	○	—	—	—	○	○	○	—
Rodamiento de Rodillos Esféricos	○			—	—	○	—	—	○	○	○	○	○	—	○	○	○	○
Rodamiento Axial de Rodillos Esféricos	○			○	○	○	○	—	○	—	○	○	○	—	—	○	—	—

(NOTA) ○ : Utilizado frecuentemente △ : Utilizado algunas veces — : No se utiliza hasta ahora

Ejemplos de Numeración.

**62, 02, ZZ, C3, P4**

Código de la clase de tolerancia (Clase 4)  
 Código de juego (Juego C3)  
 Código de Tapa de Protección (a ambos lados)  
 No. de diámetro interior: 15mm.  
 Símbolo de la serie de rodamiento (Rodamiento rígido de bolas de la serie de dimensión 02)

**70, 36, B, DB, P5**

Código de la clase de tolerancia (Clase 5)  
 Código apareado (Montaje espalda con espalda)  
 Código del ángulo de contacto (40°)  
 No. de diámetro interior: 180mm.  
 Símbolo de la serie de rodamiento (Rodamiento de bolas de contacto angular de la serie de dimensión 00)

**222, 22, RH, K**

Código de la configuración del anillo (Agujero cónico 1/12)  
 Tipo de rodillos simétricos con jaula prensada  
 No. de diámetro interior: 110mm  
 Símbolo de la serie del rodamiento (Rodamiento de rodillos esféricos de la serie de dimensión 22)

## 2. TOLERANCIA DE LOS RODAMIENTOS

### Tolerancias y clases de tolerancias para rodamientos.

Las tolerancias de los rodamientos y los valores límites permisibles para las dimensiones principales, así como las velocidades de giro admisibles de los rodamientos son especificadas en JIS B 1514 (Japanese Industrial Standards). La cual está de acuerdo con la correspondiente norma ISO (International Organization for Standardization).

Las tolerancias de los rodamientos están estandarizadas, para las clasificación de éstas se utilizan seis clases de tolerancias descritas en orden creciente de precisión: 0, 6X, 6, 5, 4, y 2.

La clase 0 de rodamientos ofrece adecuadas presentaciones para aplicaciones generales y los rodamientos de la clase 5 o más alta son requeridos para demandas de aplicaciones y condiciones incluidas en el cuadro 7.

Las tolerancias para cada clase de rodamientos y las organizaciones concierne a los rodamientos también están tabuladas.

### 2.1 Precisión de dimensiones principales

(Relacionado con dimensiones de montaje en ejes y alojamientos).

- Tolerancias para diámetros de agujeros, diámetros exteriores, espesores de los aros, anchos de rodamientos.
- Tolerancias para grupos de diámetros de agujeros y grupos de diámetro exteriores de rodillos.
- Tolerancias límites para dimensiones de biseles.
- Valores permisibles para variaciones de anchura.
- Tolerancias y valores permisibles para agujeros cónicos.

### 2.2 Precisión de giro.

(Relacionado con la circularidad de los elementos rotantes).

- Valores permisibles para circularidad radial y cilindridad radial.
- Valores permisibles de circularidad para una parte de la cara, en relación con el agujero del aro interior.
- Valores permisibles para apriete de los rodamientos.
- Valores permisibles del espesor de la pista de rodadura de rodamientos axiales.

Cuadro 6: Clases de Tolerancias para Diversos Tipos de Rodamientos.

TIPO DE RODAMIENTO	CLASES DE TOLERANCIAS (JIS)					
	Clase 0	Clase 6	Clase 6X	Clase 5	Clase 4	Clase 2
Rodamientos Rígidos de Bolas	○	○	—	○	○	○
Rodamientos de Bolas de Contacto Angular	○	○	—	○	○	○
Rodamientos de Rodillos Cilíndricos	○	○	—	○	○	○
Rodamientos de Rodillos de Agujas	○	—	—	—	—	—
Rodamientos de Rodillos Cónicos	○	○	○	○	○	—
Rod. de Rodillos Cónicos (doble y 4 hileras)	○ 1)	—	—	—	—	—
Rodamientos de Rodillos Esféricos	○	—	—	—	—	—
Rodamientos Axiales de Bolas	○	○	—	○	○	—
Rod. Axiales de Rodillos Esféricos	○	—	—	—	—	—

Nota: 1) Esta clase ha sido establecida por la norma de la Asociación Japonesa de Industrias del Rodamiento (BAS)



Se requieren rodamientos de precisión de dimensiones superiores a las estándares (P6, P5, P4 y P2) en equipos que deban cumplir determinadas exigencias de trabajo, como lo son alta precisión de giro, altas velocidades de rotación, baja fricción, etc. Entre los rodamientos que se fabrican con estas tolerancias especiales en sus dimensiones tenemos los rodamientos rígidos de bolas, de bolas de contacto angular, axiales de bolas con contacto angular, rodillos cilíndricos y cónicos (ver cuadro 6 clase de tolerancias de fabricación para diferentes tipos de rodamientos).

Cuando los rodamientos exijan tolerancias especiales (valores no estandarizados) las normas de precisión de fabricación las determinará el fabricante.

Los rodamientos con valores de precisión establecidos en pulgadas (ejm. rodamientos de rodillos cónicos en pulgadas, series: EI, LL, L, LM, M, etc.) se encuentran bajo la norma de la ABMA (Asociación de Fabricantes Americanos de Rodamientos), para rodamientos en general con dimensiones en pulgadas se utilizan las normas BS de Inglaterra.

### 2.3 Cuadro 7: Aplicación de rodamientos de alta precisión.

<p><b>Alta precisión de giro es requerida para los elementos rodantes.</b></p>	<p>Husillos para equipos acústicos/visuales (videograbadoras, grabadoras). ..... P4, P5.            Coronas giratorias para radar/antenas parabólicas. .... P4.            Husillos de máquinas herramientas. .... P5, P4, P2, ABEC 9.              Husillos de discos magnéticos para computadoras. .... P5, P4, P2, ABEC 9.            Laminadoras de aluminio. .... P5.            Molinos multi-estacionarios. .... P4.</p>
<p><b>Alta velocidad de rotación</b></p>	<p>Husillos para equipos dentales. .... P2, ABMA 5P, ABMA 7P.            Supercargadores. .... P5, P4.            Husillos para motores de Jet y accesorios. .... P5, P4.            Separadores centrífugos. .... P5, P4.            Husillos para bombas turbo-moleculares. .... P5, P4.            Máquinas herramientas. .... P5, P4, P2, ABEC 9.            Rieles tensores. .... P5, P4.</p>
<p><b>Requieren baja fricción o baja variación de fricción.</b></p>	<p>Equipos de control (motores sincronizados, servomotores, etc.) ..... P4, ABMA 7P.            Instrumentos de medición. .... P5.            Husillos para máquinas - herramientas. .... P5, P4, P2, ABEC 9.</p>

### 3. MANEJO DE LOS RODAMIENTOS

#### 3.1 Instrucciones generales.

Debido a que los rodamientos son fabricados con más precisión que otras partes de máquinas, es absolutamente necesario manejarlos con cuidado.

A continuación algunas observaciones importantes:

- 1- Mantenga limpia el área de trabajo, así como los rodamientos.
- 2- Maneje los rodamientos cuidadosamente. Los rodamientos pueden sufrir fisuras y rayas fácilmente por fuertes impactos o golpes durante un manejo descuidado.
- 3- Instale y maneje los rodamientos utilizando las herramientas adecuadas.
- 4- Mantenga los rodamientos bien protegidos de la corrosión. No exponga los rodamientos a alta humedad. Al manejarlos, se deben utilizar guantes para prevenir contaminarlos con la transpiración de las manos.
- 5- No exponer los rodamientos a altas temperaturas. Los rodamientos estándares pueden sufrir cambios metalúrgicos si se calientan a una temperatura superior a 120°C, lo cual puede acortar la vida del rodamiento.
- 6- Los rodamientos deben ser manejados por operarios experimentados o bien entrenados.
- 7- Establecer las condiciones de operaciones estándares y darles seguimiento.
  - Almacenamiento de los rodamientos.
  - Limpieza de los rodamientos y sus accesorios.
  - Inspección de las dimensiones de las partes acopladas y condiciones finales.
  - Montaje.
  - Inspección después del montaje.
  - Desmontaje.
  - Mantenimiento e inspección (inspección periódica).
  - Relubricación.

#### 3.2 Almacenamiento de Rodamientos.

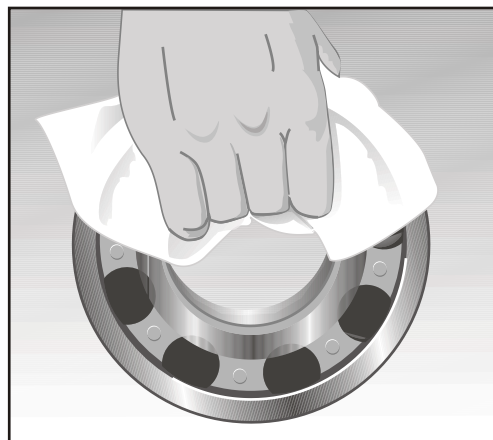
Para preservar la calidad de los rodamientos mientras se encuentren almacenados es necesario mantenerlos cubiertos con un apropiado aceite anticorrosivo y envueltos en papel encerado (celofán).

Si los rodamientos van a estar almacenados por un largo período, es aconsejable que sean colocados en estantes por lo menos a 30 cm de altura del piso, en un ambiente con una humedad relativa del aire aproximada del 65% y a una temperatura alrededor de 20°C.

Evite almacenar los rodamientos en lugares donde queden expuestos directamente a rayos solares, colocar las cajas de rodamientos contra paredes frías o contiguas a salones con máquinas vibratorias.



Mantenga los rodamientos en sus cajas y envolturas originales hasta que sea tiempo de utilizarlos.



Manos limpias más telas limpias significan rodamientos limpios y menos probabilidad de corrosión causada por el sudor.





## 4. MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS

Un mantenimiento cuidadoso y una inspección periódica son indispensables para obtener un rendimiento satisfactorio de los rodamientos y prolongar su vida útil.

Por otro lado, la prevención de accidentes y las paradas programadas por causa de la detección temprana de fallas a través del mantenimiento y la inspección, contribuyen favorablemente a mejorar la productividad y la rentabilidad de las plantas.

### 4.1 Limpieza.

Antes de desmontar un rodamiento para su inspección, registre la condición física del rodamiento, incluyendo la toma de fotografías. La limpieza debe ser hecha sólo después de verificar la cantidad del lubricante remanente en el rodamiento, y de tomar muestras para su análisis.

-Un rodamiento muy sucio deberá ser limpiado usando dos procedimientos de limpieza, tales como: limpieza primaria y limpieza fina. Se recomienda utilizar una red (malla) en el fondo del recipiente para la limpieza del rodamiento.

-Durante la limpieza primaria utilice brochas para remover la grasa y suciedad. Los rodamientos deberán ser manejados con cuidado.

Tome en cuenta que las superficies de rodadura pueden dañarse por partículas externas, si los rodamientos son girados en aceite contaminado.

-Durante la limpieza fina, limpie los rodamientos cuidadosamente rotándolos lentamente dentro de aceite limpio.

En sentido general, agua neutral limpia, aceite industrial ligero o kerosene son usados para limpiar los rodamientos. Una solución alcalina tibia también podrá ser utilizada en caso necesario. Es esencial mantener el aceite limpio filtrándolo antes de utilizarlo para la limpieza.

Otras soluciones combustibles tales como: gasolina, diluyente (thinner) no resultan tan apropiadas para la limpieza, pues son

demasiado abrasivas y en ocasiones crean una capa sobre el rodamiento que impide una buena formación de la película lubricante.

-Es buena práctica aplicar un aceite anti-corrosivo o una grasa preventiva de la oxidación sobre los rodamientos inmediatamente después de la limpieza.

### 4.2 Inspección y análisis.

Antes de determinar si un rodamiento desmontado será reutilizable es necesario examinar cuidadosamente las dimensiones principales, exactitud de giro, juego interno, superficie de contacto, jaula y sellos, para confirmar que no se presenta ninguna condición anormal.

Es preferible que las personas más experimentadas y quienes tienen suficientes conocimientos tomen la decisión de reutilizar los rodamientos.

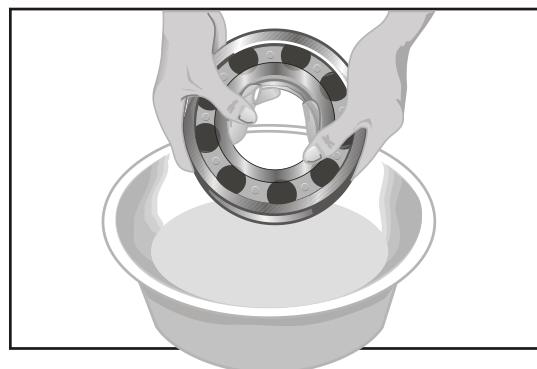
Los criterios para reutilizar los rodamientos después de desmontados, pueden diferir de acuerdo con el rendimiento y la importancia de las maquinarias y según la frecuencia de la inspección.

Reemplace el rodamiento usado por uno nuevo, si detecta alguno de los siguientes defectos:

-Grietas y astilladuras en alguno de los componentes del rodamiento.

-Descascarillado sobre las superficies de rodadura, y en las superficies de contacto.

-Otras fallas en grado serio descritas en la sección de Fallas en los Rodamientos.





## 5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE FALLAS EN LOS RODAMIENTOS

Es de mucha importancia para aumentar o mejorar la productividad y rentabilidad, así como para prevenir accidentes que las anomalías del funcionamiento de los rodamientos puedan detectarse durante la operación.

Algunos métodos representativos de detección de fallas son descritos a continuación.

### 5.1 Detección del ruido.

Debido a que la detección de anomalías en el funcionamiento de los rodamientos a partir del ruido requiere una amplia experiencia, es necesario brindarle suficiente entrenamiento a los supervisores de planta. Dado este entrenamiento, es recomendable asignar a una persona específica para este tipo de trabajo, con la intención de que gane esta experiencia.

Se recomienda utilizar algunos accesorios como audífonos, estetoscopios, o al menos barras, tubos sólidos (metal, madera, etc.) apoyados sobre los alojamientos de los rodamientos para detectar el sonido durante el funcionamiento de éstos. Un suave zumbido podrá detectarse si todo está funcionando normalmente. mientras que un rodamiento defectuoso emitirá un ruido de alto nivel de forma irregular.

### 5.2 Medición de la temperatura de operación (termografía).

Como este método utiliza los cambios de la temperatura de operación, su aplicación es limitada a condiciones de operación relativamente estables.

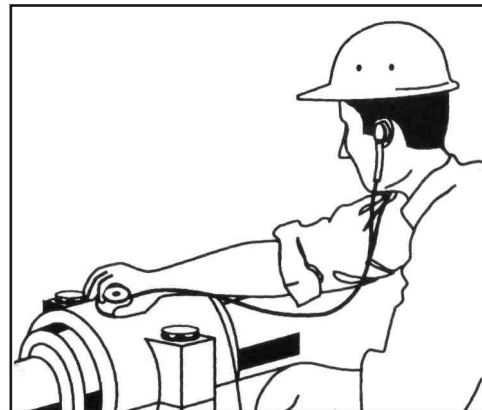
Para la detección de la temperatura de operación tienen que registrarse éstas continuamente, si ocurre alguna anomalía en los rodamientos, la temperatura de operación no sólo aumenta, sino que varía y cambia irregularmente.

Es muy recomendable que este método sea empleado junto con la detección del ruido.

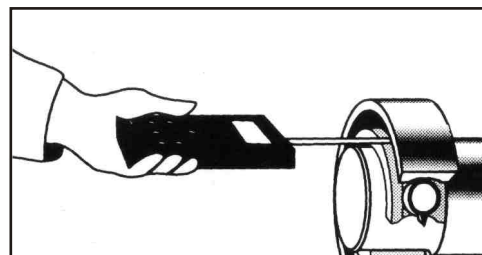
### 5.3 Análisis del estado del lubricante.

Si un rodamiento está situado en una posición inaccesible, lo cual impide una inspección visual adecuada, o si es de grandes dimensiones, entonces el lubricante constituye un medio eficaz para determinar el estado del rodamiento (análisis de maestras).

Este método permite detectar anomalías causadas por materias extrañas, incluyendo suciedad o polvo metálico, así como el grado de deterioro del lubricante.



Análisis por vibración



Termografía



Ferrografía



## 6. SISTEMAS KOYO DE DIAGNÓSTICO DE ANORMALIDADES EN LOS RODAMIENTOS

### Sistemas AE (emisión acústica).

Es el fenómeno de generación de pulsación acústica, debido a esfuerzos de energía causados por alteraciones estructurales en un material sólido.

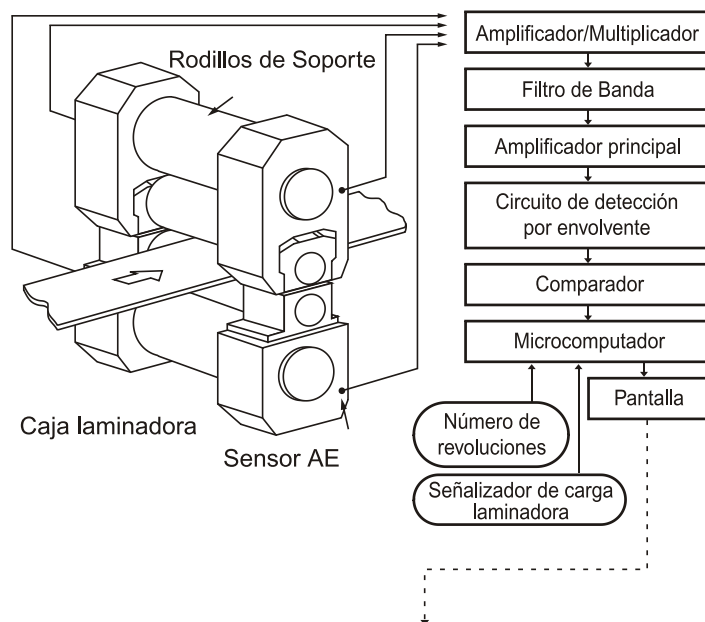
KOYO ha desarrollado y comercializado un confiable diagnóstico de anomalías utilizando el sistema AE (Emisión Acústica). Este método realiza el diagnóstico de anomalías en rodamientos bajo altas vibraciones que serían imposibles de lograr por otros métodos convencionales de diagnóstico.

- Con este sistema podemos detectar emisiones acústicas causadas por pequeñas grietas en los materiales. De esta forma es posible detectar fallas en los rodamientos antes de que afecten el equipo y la calidad del producto.

- Como la emisión acústica (AE) tiene frecuencias a las vibraciones generadas, la sensibilidad de este sistema no es afectada por vibraciones externas. Este sistema también tiene un gran rendimiento para bajas velocidades de rotación en los rodamientos.

- Debido a que la frecuencia de AE (emisión acústica) es diferente de acuerdo al lugar donde ocurre la anomalía, es posible la localización de la zona de defecto en el rodamiento.

- Ya que el resultado es mostrado en la pantalla por un sistema de autoregistro no son necesarias habilidades especiales para hacer un diagnóstico.



Cuando una anomalía es detectada la falla y la parte afectada son mostradas en la pantalla.

## 7. LUBRICACIÓN DE LOS RODAMIENTOS

### Propósitos y métodos de la lubricación.

La lubricación es uno de los factores más importantes para determinar el rendimiento y la vida de los rodamientos.

La calidad del lubricante y el método de lubricación tienen una influencia dominante en la duración de los rodamientos.

#### 7.1 Función del lubricante.

\* Lubricar cada parte de los rodamientos y reducir la fricción y el desgaste.

\*Evacuar el calor generado dentro del rodamiento debido a la fricción y a otras causas.

\*Cubrir con una película de lubricante las superficies en contacto de rodadura para prolongar la vida de los rodamientos.

\*Prevenir la corrosión y la contaminación por suciedad o materias extrañas.

La lubricación de los rodamientos es clasificada ampliamente en dos categorías: lubricación por grasa y lubricación por aceite.

El cuadro 8, muestra una comparación entre los dos tipos más difundidos de lubricación

#### 7.2 Cuadro 8: COMPARACION ENTRE GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES.

item	Grasa	Aceite
Sistema de sellado.	Fácil.	Ligeramente complicado y especial cuidado requerido para el mantenimiento
Capacidad de lubricación.	Buena.	Excelente.
Velocidad.	Baja y media velocidad.	Considerado como bueno para altas velocidades.
Relubricación.	Ligeramente difícil.	Fácil.
Vida del lubricante.	Relativamente corta.	Larga.
Efecto refrigerante.	Bajo o nada.	Bueno (circulación necesaria).
Filtración de suciedad.	Difícil.	Fácil.

Existen actualmente 3 formas o tipos de lubricación: la lubricación líquida (por aceite), la lubricación semi-sólida (por grasa) y la lubricación sólida (por elementos o compuestos sólidos, ejemplo: compuestos de molibdeno añadidos como aditivos, recubrimientos con Ag, Au, y otros elementos). De la formas enunciadas, nos

referiremos principalmente a la lubricación por grasa y por aceite, las cuales abarcan la casi totalidad de casos actualmente.

La lubricación sólida se reserva para maquinaria y condiciones muy especiales, tales como equipos al vacío, de rayos X, aceleradores atómicos, etc.