



**II CONGRESO  
PALMERO  
MEXICANO**  
POR UN SECTOR PALMERO COMPETITIVO,  
PRODUCTIVO Y SUSTENTABLE

**VIII CONFERENCIA  
LATINOAMERICANA  
RSPO**  
M É X I C O 2 0 2 0

**CONFERENCIA MAGISTRAL**

# CONFIABILIDAD ASOCIADA A RODAMIENTOS

Ponente: **Ing. Fernando Morán Rodríguez**

**FEMEXPALMA**  
Federación Mexicana de Palma de Aceite

**RSPO** | Roundtable on  
Sustainable Palm Oil



# Evolución del Mantenimiento



2019-2020 © FEMEXPALMA | RSPO. Todos los derechos reservados.

**Pie de foto:** Lorem ipsum dolor sit amet.

# Definición de mantenimiento

A photograph of a worker in a hard hat and safety vest, seen from behind, working on a piece of machinery. The worker is wearing a white hard hat and a light-colored safety vest over a dark shirt. The background shows industrial equipment and a concrete structure.

*“Preservar algo”, e incluso “modificarlo” a través del tiempo.*

# Patrones de fallas en los equipos

Evolución de Mantenimiento

## 1ra. Generación

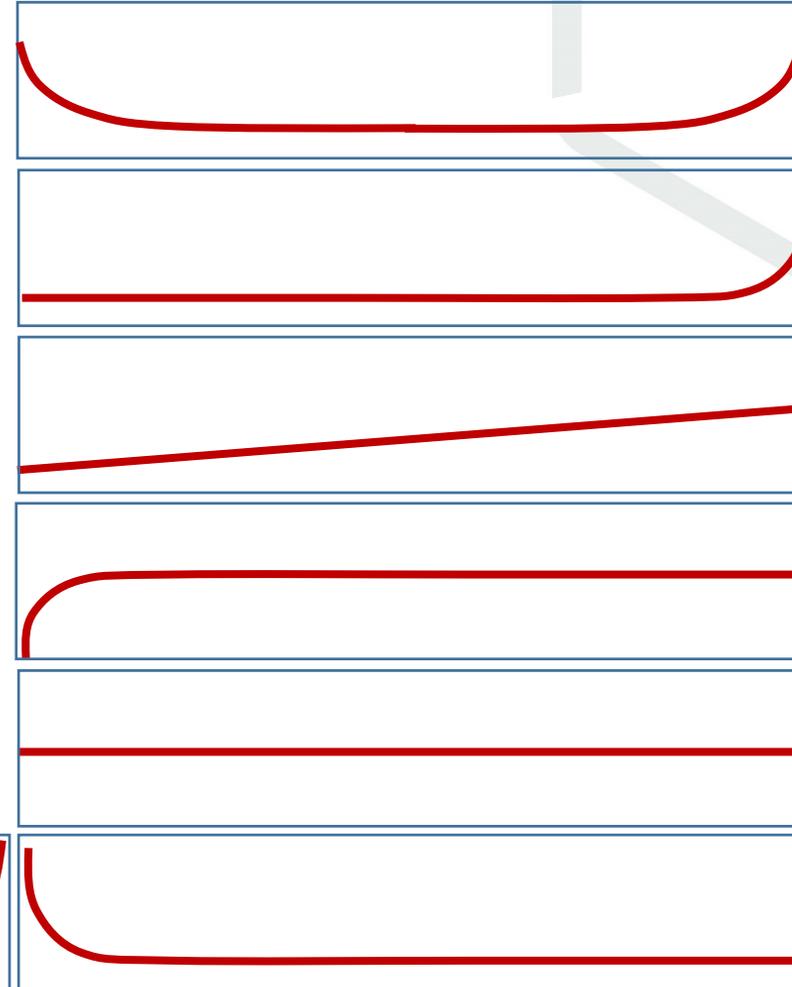
- Reparar cuando se rompe

## 2da. Generación

- Mayor disponibilidad de planta
- Mayor vida en los equipos
- Menor costo

## 3ra. Generación

- Mayor disponibilidad y confiabilidad de la planta
- Mayor seguridad
- Mejor calidad del producto
- Ningún daño al medio ambiente
- Mayor vida de los equipos
- Mayor costo-eficacia



# Metas de un Programa de Mantenimiento

En el **contexto actual**, el mantenimiento **NO** se puede limitar sólo a la simple disminución de las fallas

Este concepto ya **NO tiene vigencia**, por lo cual, el rol del mantenimiento dentro de este nuevo contexto se puede describir de ahora en adelante de la siguiente forma:

**“Preservar la función de los equipos, a partir de la aplicación de estrategias efectivas de mantenimiento, inspección y control de inventarios, que permitan minimizar los riesgos que generan los distintos modos de fallas dentro del contexto operacional y ayuden a máxima la rentabilidad del negocio”.**

# Metas de un Programa de Mantenimiento

La función de mantenimiento busca en términos generales:

- Garantizar valores aceptables de riesgo, reduciendo la probabilidad de presencia de fallas – **Confiabilidad**, y/o minimizando las consecuencias de las fallas .
- Recuperar la operabilidad del sistema, una vez que se ha producido la falla (**Mantenibilidad**)
- Incrementar la continuidad operacional (**Disponibilidad**) de los activos.

“Identificando estrategias efectivas de mantenimiento que permitan, reducir/eliminar los factores que provocan los **Eventos de Falla** en el contexto operacional (actividades tales como: sustitución, reparación, restauración, renovación.. )”

# Metas de un Programa de Mantenimiento

Que es una **Falla** de Mantenimiento ?

Una falla es la **Causa u evento que nos lleva a la finalización de la capacidad de un equipo para realizar su función adecuadamente** o para dejar de realizarla en su totalidad.

Por que **Fallan las Maquinas** :

Podemos afirmar sin temor a equivocarnos que las maquinas fallan porque no logramos nuestro objetivo de **MANTENER LAS CONDICIONES OPERATIVAS** para las que fue diseñado el equipo. Básicamente, y esas las llamaremos de ahora en adelante como:

# Confiabilidad Asociada a Rodamientos

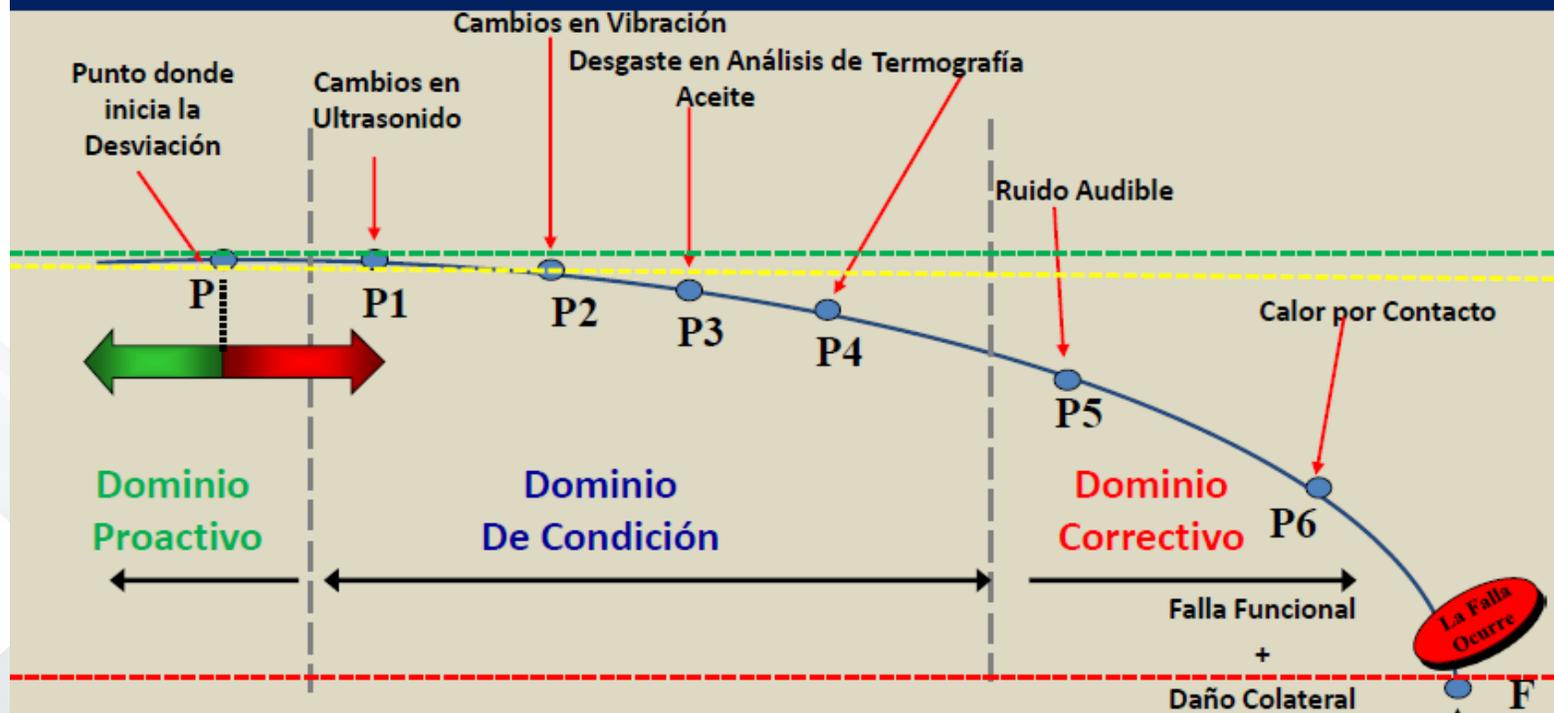
## Estrategia de Mantenimiento :

Conjunto de acciones planeadas para identificar, recopilar, desarrollar e **Implementar** una óptima gestión del **Mantenimiento** de los activos y/o sistemas de una empresa. Estas **Estrategias** se pueden definir desde la gestación del proyecto, durante la instalación u operación de los activos .

**Hay dos maneras de actuar ante la Falla ...**

**Antes o Después**

# Interpolación de la Curva PF con el MOD



## Filosofías de Mantenimiento

- Correctivo
- Preventivo
- Predictivo



## Mantenimiento Correctivo

- Se denomina **mantenimiento correctivo**, aquel que corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones, es la **forma más básica de mantenimiento** y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos. Históricamente es el primer concepto de mantenimiento y el único hasta la Primera Guerra Mundial, dada la simplicidad de las máquinas, equipamientos e instalaciones de la época. El mantenimiento era sinónimo de reparar aquello que estaba averiado.
- Este **mantenimiento que se realiza luego que ocurra una falla** o avería en el equipo que por **su naturaleza no pueden planificarse en el tiempo**, presenta costos por reparación y repuestos no presupuestadas, pues puede implicar el cambio de algunas piezas del equipo en caso de ser necesario.

## Mantenimiento Preventivo

La idea básica de este tipo de **mantenimiento es que se puede estimar estadísticamente el tiempo de vida del equipo**. De esta forma pueden ser convenientemente reemplazados o intervenidos periódicamente antes de que fallen.

Un estudio reciente de American Airlines revelo que la **probabilidad de falla de un equipo se incrementa después de una intervención periódica**, atribuyendo esto a las siguientes causas:

- ⦿ Refacciones defectuosas.
- ⦿ Procedimientos de mantenimiento inadecuados.

## Mantenimiento Predictivo

En este tipo de **mantenimiento se emplean pruebas periódicas no destructivas. Basadas en el hecho de que la mayoría de la maquinaria muestra algún tipo de advertencia antes de fallar**, estas pruebas se enfocan en tendencias específicas para evaluar el estado real de la maquinaria en funcionamiento.

Entre las técnicas mas comunes se encuentran el análisis de vibraciones, la ferrografía, el ultrasonido, termografía, análisis de aceite y de corriente. De estas técnicas, el análisis de vibraciones proporciona la mayor información del estado general de la maquinaria.

# Que es un Balero ?

## Apuestas.....

# Balero VS Rodamiento

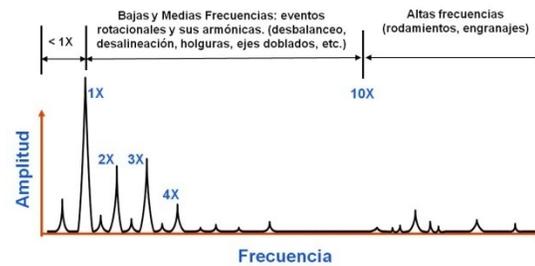


# Como se Compone un Rodamiento

## Partes de un rodamiento



# Confiabilidad Asociada a Rodamientos



Modelo Espectral - (Velocidad)

$$BPFI = \frac{z}{2} \left( 1 + \frac{d_b}{d_m} \cos \alpha \right) * RPM \quad (1)$$

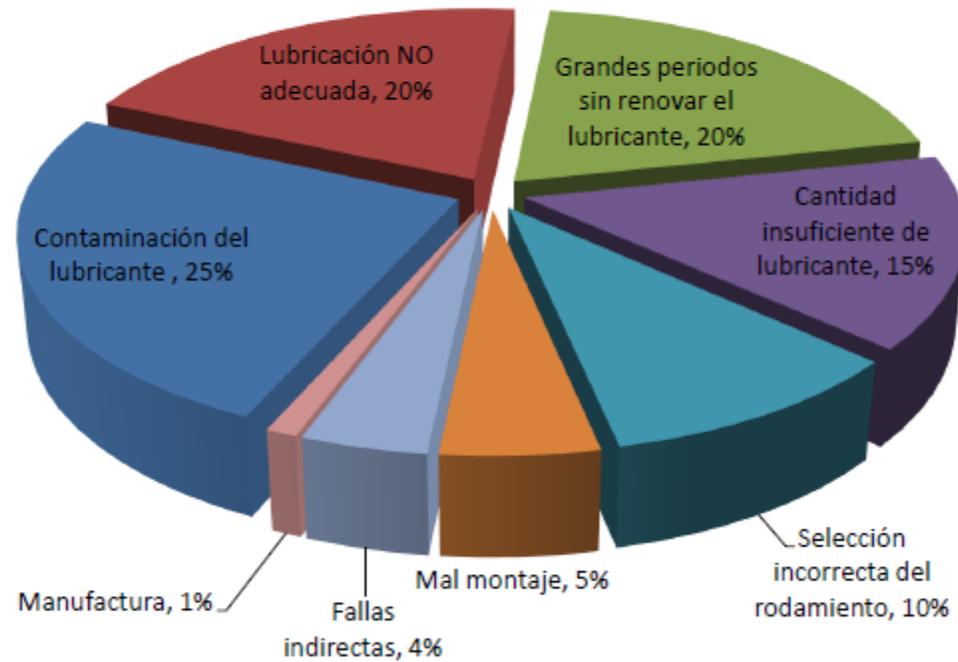
$$BPFO = \frac{z}{2} \left( 1 + \frac{d_b}{d_m} \cos \alpha \right) * RPM \quad (2)$$

$$BSF = \frac{z}{2d_b} \left[ 1 - \left( \frac{d_b}{d_m} \cos \alpha \right)^2 \right] * RPM \quad (3)$$

$$FTF = \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{d_b}{d_m} \cos \alpha \right) * RPM \quad (4)$$



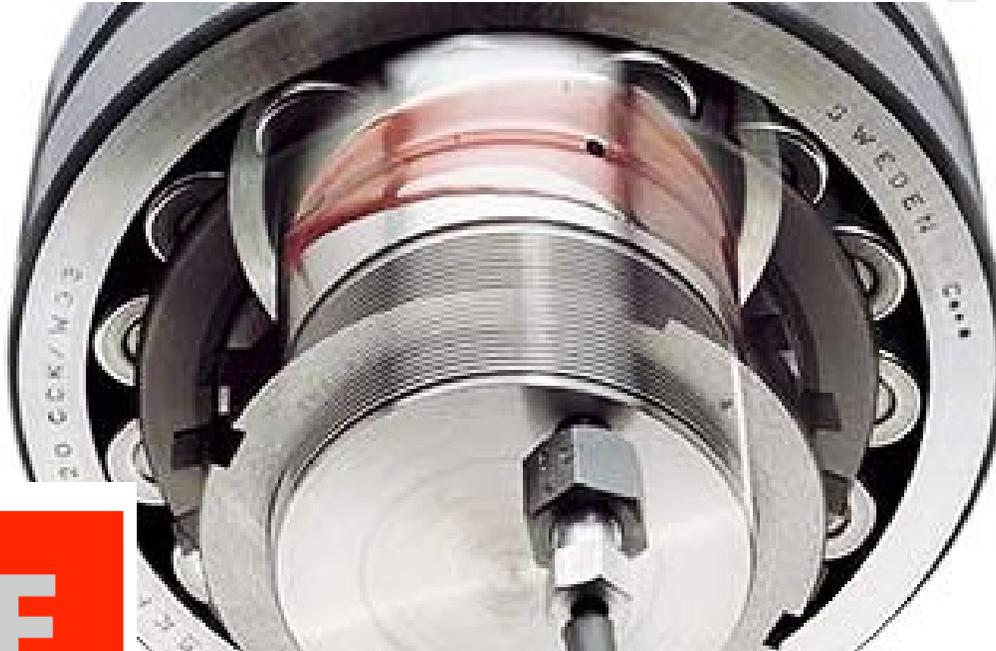
# Por que Fallan los Rodamientos



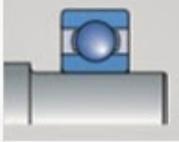
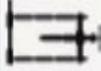
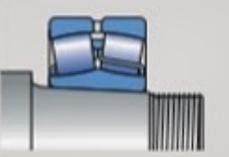
# Mal Montaje

16 %

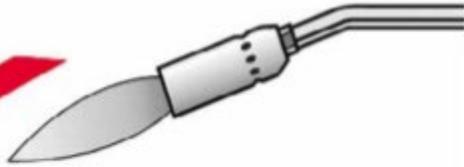
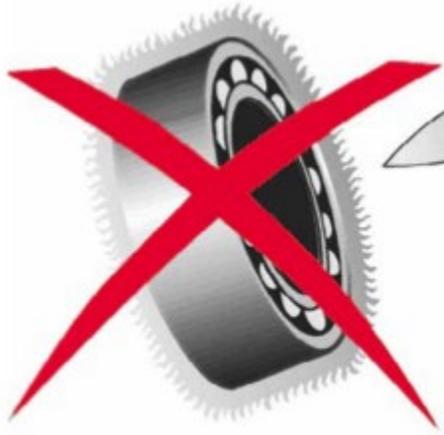
**FAILURE**



# Montaje y Desmontaje

Disposiciones de rodamientos		Herramientas de montaje				Herramientas de desmontaje			
		Mecánicas	hidráulicas	Inyección de aceite	calentadores	mecánicas	hidráulicas	Inyección de aceite	calentadores
<b>Asientos cilíndricos</b> 	Rodamientos pequeños	 Herramientas de montaje			 placa de calentamiento	 Extractor de garras			
	Rodamientos medianos				 placa de calentamiento	 Extractor de garras	 extractor hidráulico	 método de inyección de aceite	
	Rodamientos grandes				 placa de calentamiento		 extractor hidráulico	 método de inyección de aceite	
	Rodamientos de rodillos típicos NU, NJ, NUP todos los tamaños	 Herramientas de montaje			 placa de calentamiento	 Extractor de cuchillas	 extractor hidráulico	 método de inyección de aceite	 Aros de aluminio calentador EAZ
<b>Asientos cónicos</b> 	Rodamientos pequeños	 Llave de gancho	 Metodo de calado de rodamientos			 Extractor de garras		 método de inyección de aceite	
	Rodamientos medianos	 Llave de impacto	 Metodo de calado de rodamientos	 método de inyección de aceite			 extractor hidráulico	 método de inyección de aceite	

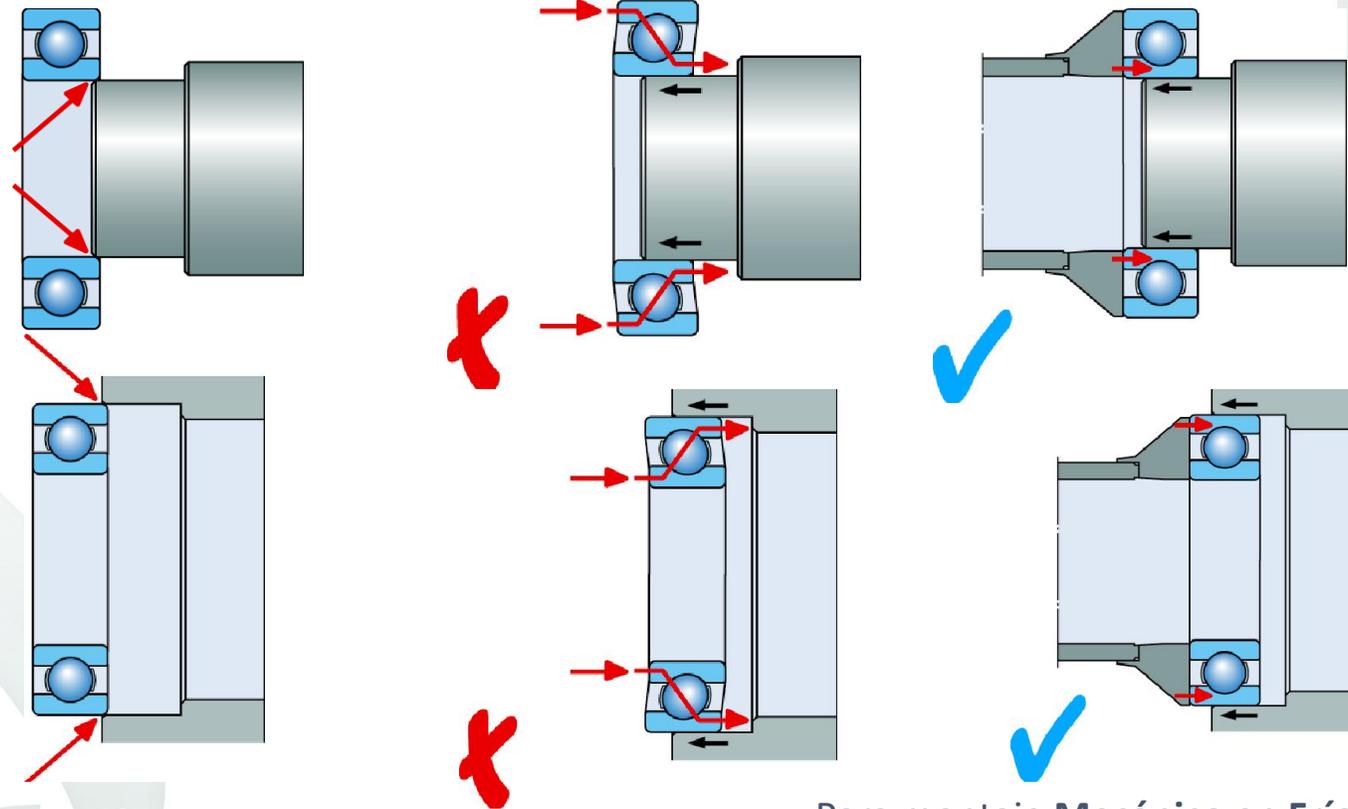
# JAMAS debes de hacer



46

# Asientos Cilíndricos

## Montaje en Frío



Para montaje **Mecánico en Frío** hasta  
Diámetro interior hasta 55mm  
Diámetro Exterior 120 mm  
Con Carrera de eje hasta 220mm

# Asientos Cilíndricos Montaje en Caliente



# Temperatura de Montaje

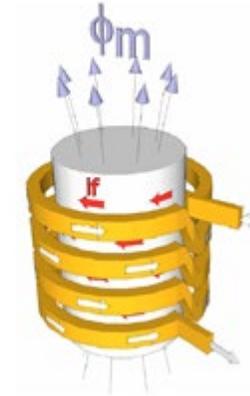
## Método por Inducción

- Ideal para rodamientos de mas de 100 mm de Aro Exterior (mas de 50 mm de Eje)
- Nunca calentar rodamientos a mas de 125°C (257° F)

- Fractura de Sellos
- Grasa en Rodamientos sellados se puede oxidar

\* Mantener Rodamiento posición final en la flecha

- El rodamiento se puede mover mientras ocurre transferencia de calor



# Decoloración por temperatura

	»150° - 177° C (300° - 350° F)
	»177° - 205° C (350° - 400° F)
	»205° - 260° C (400° - 500° F)
	»+ 260° C (+ 500° F)
	»+ 540° C (+ 1000° F)

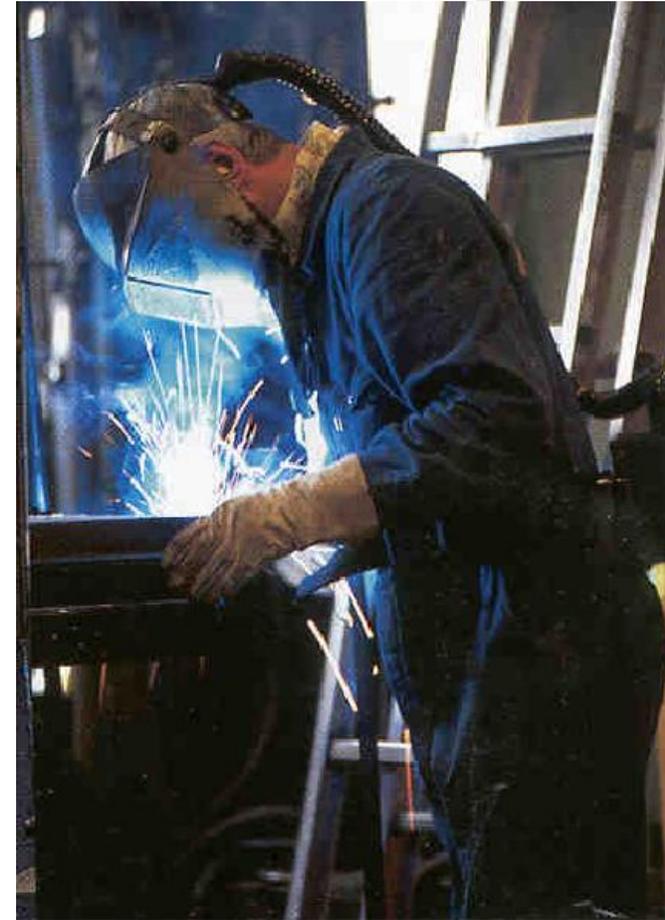


- Los Rodamientos SKF pueden ser usados en temperaturas de hasta 125° C (~ 250° F)
- Alta temperatura puede causa perdida de dureza
- La perdida de 2 a 4 puntos de dureza Rockwell reduce la vida del rodamiento en un 50%

# Métodos de Desmontaje

## Soplete

- **Ventajas**
  - Rapidez
  - Al menos hay mas de uno en una empresa
- **Desventajas**
  - Peligroso
  - Alto riesgo de daño en Eje
  - Dificulta el análisis de falla del rodamiento



# Métodos de Desmontaje

## Pulidores

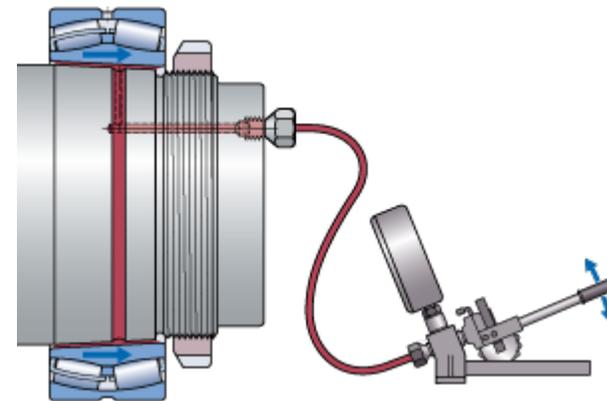
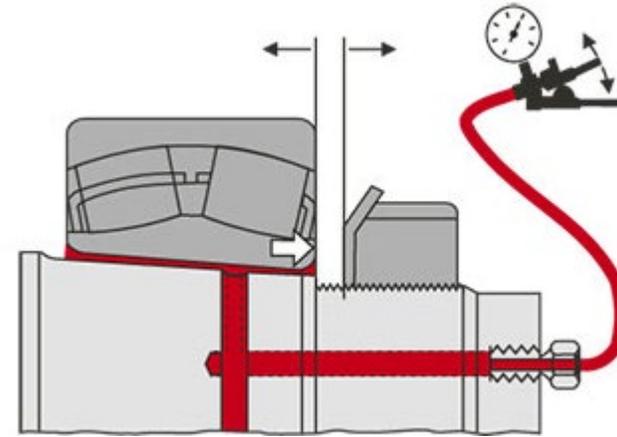
- **Ventajas**
  - Rapidez
  - Casi todas las plantas tienen uno
- **Desventajas**
  - Peligroso
  - Alto riesgo de daño en el eje
  - Se requiere Tiempo
  - Crea partículas contaminantes
  - Dificulta el análisis de falla



# Métodos de Desmontaje

## Hidraulico

- **Ventajas**
  - Rápido y Fácil
  - Solo se requiere una bomba hidráulica
  - No hay daño al rodamiento
  - No hay daño al eje
- **Desventaja**
  - Raramente usado por OEM'S, Costo extra al preparar eje



# Lubricación inadecuada

80 %

**FAILURE**



# Cual es la Función de Lubricante?



## 1. Separar las superficies en contacto

- Reducir la fricción
- Eliminar el desgaste



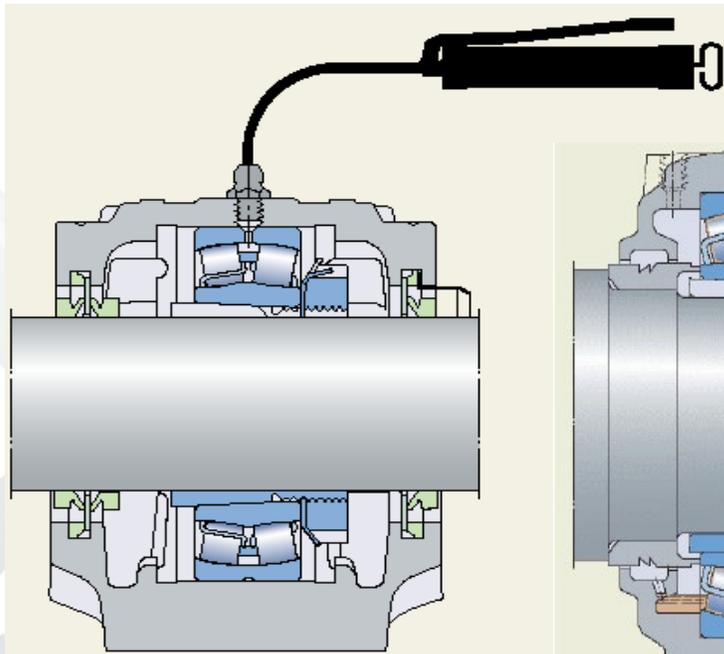
## 2. Proteger

- *De la corrosión*
- *De la contaminación exterior*

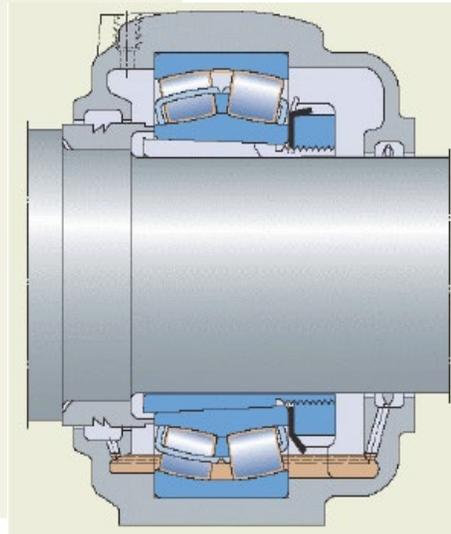
## 3. Retirar el exceso de calor (aceite)

# Método y lubricante

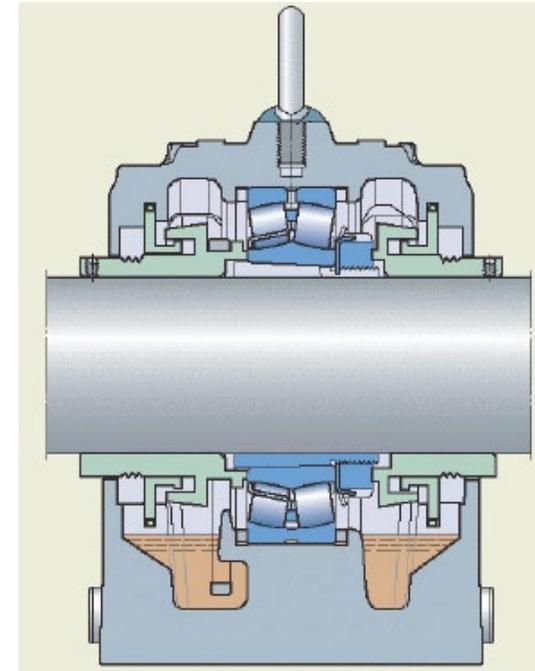
- La elección del **método** y el **lubricante** depende de la **temperatura** de funcionamiento, la **velocidad** de giro y las condiciones generales del **entorno** de operación al que esta sometido



Con grasa



Por baño de aceite



Por salpique

# Lubricación con grasa cuando?

La grasa puede ser usada para lubricar rodamientos bajo **condiciones normales** de operación en la mayoría de las aplicaciones.

La grasa es mas **fácilmente retenida** en el rodamiento, particularmente donde los ejes son inclinados o verticales

La grasa contribuye a **sellar el sistema** y evita la entrada de contaminantes, humedad o agua.

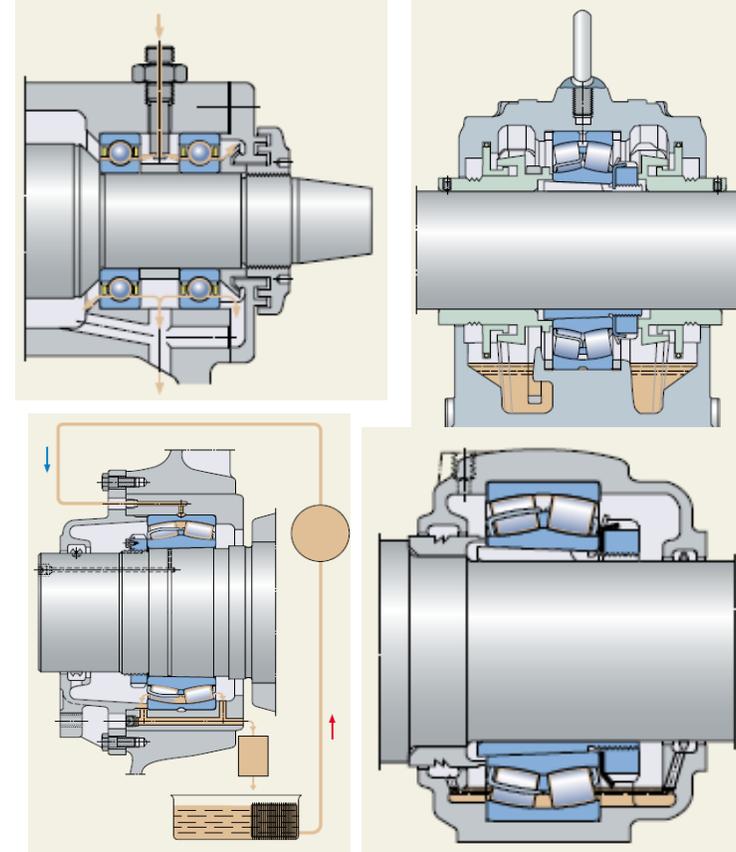
La grasa es fácil de aplicar



**El 90% de los rodamientos son lubricados con grasa!**

# Lubricación con aceite cuando ?

- El **Aceite** es normalmente usado en rodamientos cuando giran a **altas velocidades** o en condiciones donde no se puede usar grasa
- El aceite es usado cuando El **Calor** friccional o aplicado **debe ser removido del sistema.**
- El aceite es usado cuando los **componentes adyacentes** (piñones, etc.) son lubricados con aceite.
- **Una gran ventaja es que el aceite puede ser filtrado y sometido a controles de calidad**



# Por que hay que lubricar los Rodamientos



La función del lubricante es :

- ✓ Formar película entre componentes de rodamientos ( **Principal** )
- ✓ Reducir el **rozamiento** y Eliminar **desgaste**
- ✓ Proteger contra la **Corrosión**
- ✓ **Obturar** en caso de grasas contra impurezas tales como **suciedad** , **polvo** , **agua y humedad**

# Introducción a la teoría de Lubricacion

✓ **Consistencia** : LA consistencia es otro concepto fundamental . Se usa para definir el grado de rigidez de una grasa según la escala.

NLGI Grade Number	ASTM D-217 Worked Penetration, mm <sup>-1</sup> @25°C	Appearance
000	445 - 475	Semi Fluid Grease
00	400 - 430	
0	355 - 385	
1	310 - 340	
2	265 - 295	Most Common
3	220 - 250	
4	175 - 205	
5	130 - 160	
6	85 - 115	Block Grease

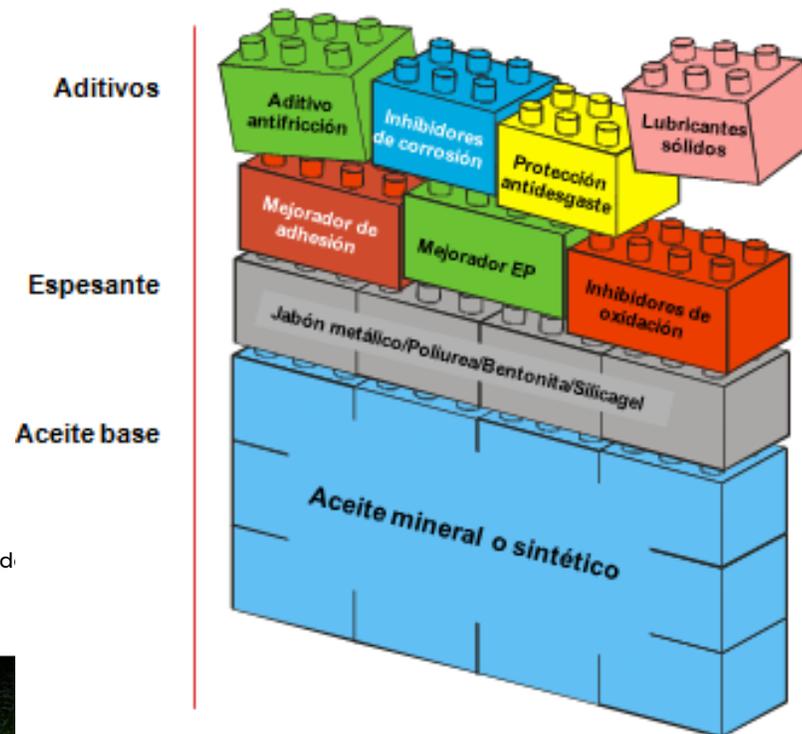
Consistencia :

✓ **Las Grasas empleadas para Rodamientos son grasas de jabones metalicos con consistencia 1,2 y 3 En la mayoría de los Casos se emplea grasa con consistencia 2**

# Lubricación con Grasa

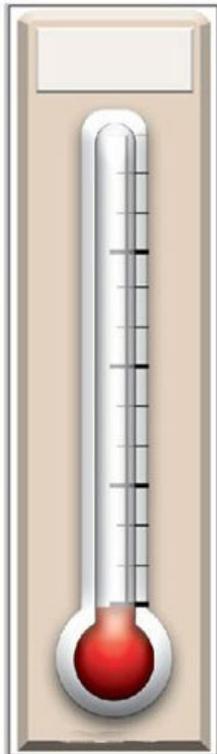
✓ **Se Define –La Grasa Lubricante** : Como una dispersión semilíquida a sólida de un agente espesante en un líquido ( Aceite Base )

Consiste en una mezcla de Aceite Mineral o Sintético ( 85-90 % ) y un espesante de jabón metálico .



# Distintos Tipos de Grasa y Aditivos

- ✓ Los Tipos de Grasa mas comunes emplean como espesante un jabón de Calcio ( Ca ) Sodio (Na ) o Litio ( Li ) .



## Las Grasas Cálcicas ( Ca )

- Temp 60 . C
- Estructura Suave
- No se disuelve en Agua
- Estables 1-3 % de agua
- Otras Condiciones
- Jabon Se separa del Agua
- Arriba de los 60 Grados.

Expuestas a Agua hasta 60 C

## Las Grasas Sódicas ( Na )

- Hasta 120 C
- Buenas Adherencias y Obturación
- Buena Protección contra Oxidación , disminuye , si penetra mucha agua y la grasa desaparece
- No para Aplicaciones Húmedas

Para Aplicaciones 120 C .

## Las Grasas Líticas ( Na )

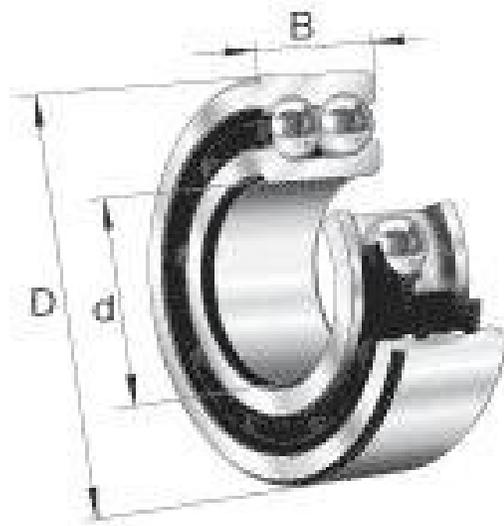
- Excelente Resistencia a Temperatura
- Excelente Adherencia Metálica
- Muy poco solubles en Agua
- .

Para Aplicaciones mayores 120 C

“ Las Grasas líticas son particularmente adecuadas para lubricar rodamientos “

# Cantidad de Grasa

- ✓ La **Cantidad de Grasa** nueva debe de ser adecuada a el tamaño del Rodamiento y esta vendrá indicada en las instrucciones de Lubricacion , si las hay . Si , no es así , la cantidad se puede determinar por la Formula :



$$G = 0.005 D B$$

Donde :

G : Cantidad de Grasa ( Gramos )

D = Diámetro Exterior en mm

B : Ancho de Rodamiento en mm

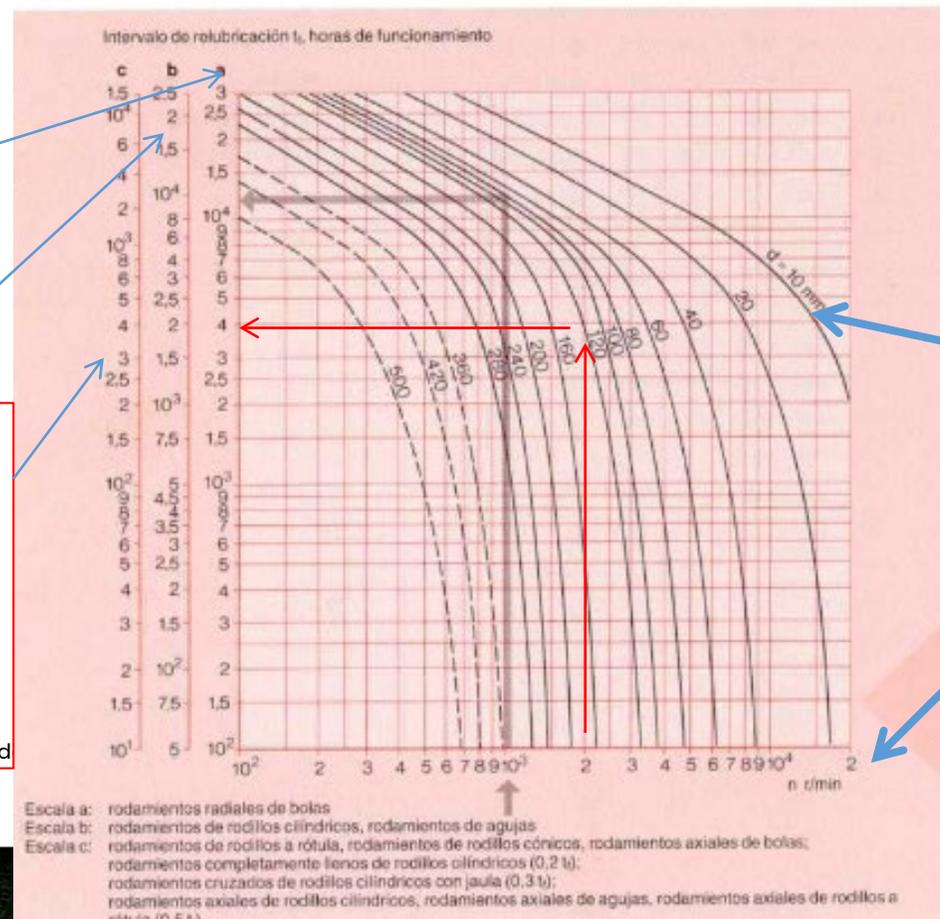
# Periodo de Re- Lubricacion

- ✓ Un Rodamiento Rígido de Bolas , D Interior : 120 mm Gira a 2000 RPM  
*Temperatura 60 – 70 Grados* , ¿ Cual será su Periodo de Re lubricación ?

a : Radiales de Bolas

b : Rodillo Cilíndrico  
Rodamiento Agujas

C: Rodillos Rotula  
Rodillos Cónicos  
Axiales de Bola  
Rodillos cilíndrico S/ Jaula  
Axiales Cilíndricos  
Axiales Agujas  
Axiales Rodillos Rotula



d : mm

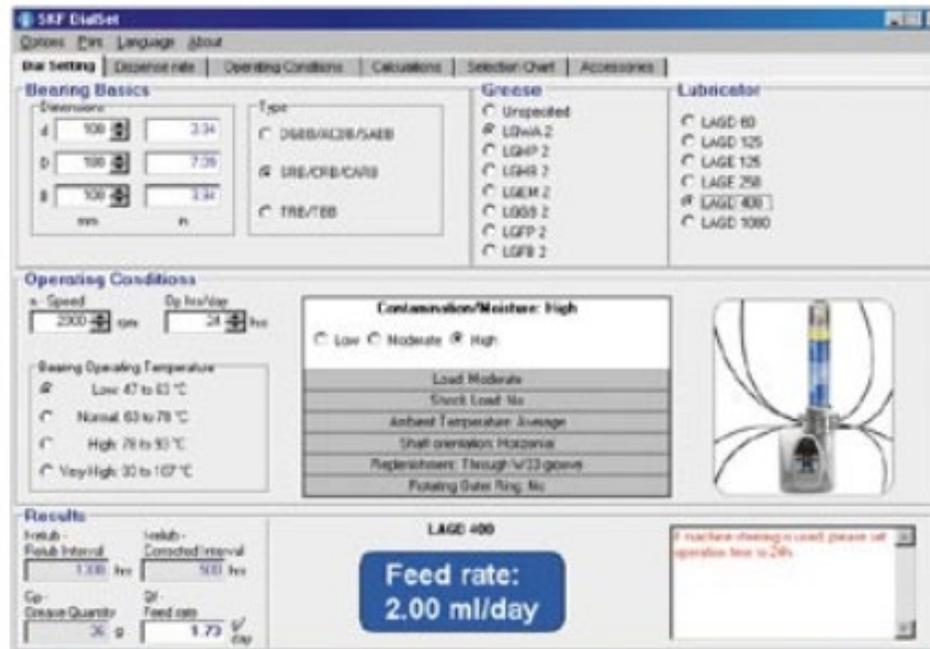
RPM r/ min

# Re- Lubricación de Rodamientos

## Programa de cálculo de relubricación DialSet 4.0

Para un cálculo preciso de los intervalos de relubricación

DialSet es un programa de cálculo que determina con facilidad los intervalos de relubricación. Tras seleccionar los criterios y la grasa adecuados para su aplicación, el programa le proporciona los ajustes correctos para sus lubricadores automáticos SKF.



# Contaminación

14 %

**FAILURE**



# Prácticas que afectan la vida de un Rodamiento.

Maquinaria eléctrica de gran tamaño, centrales eléctricas,  
bombas y ventiladores... 100,000 hrs

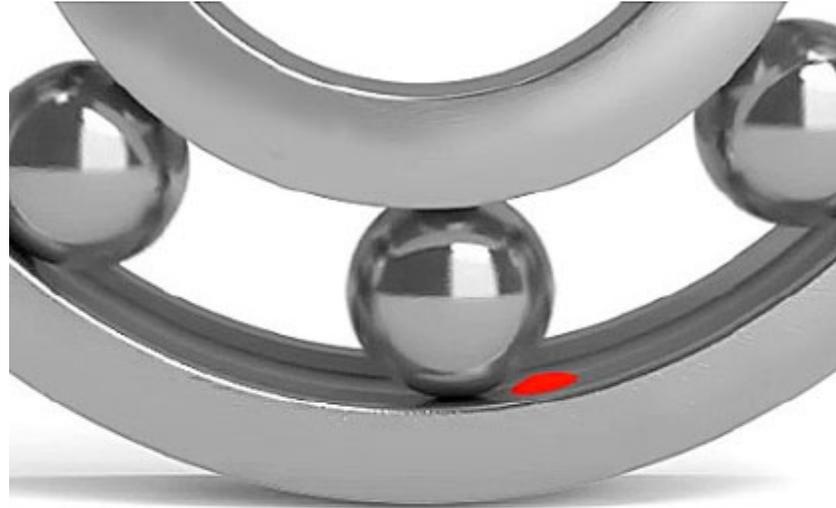
*\*fuente SKF*

100,000 horas	Condición ideal	≈ 11.5 años
50,000 horas	Recibo y almacén	≈ 6 años
25,000 horas	Ajustes y Tolerancias	≈ 3 años
12,000 horas	Montaje	≈ 18 meses
6,000 horas	Lubricación	≈ 6 meses

# Vibración

34 %

**FAILURE**





**Gracias !**



**II CONGRESO  
PALMERO  
MEXICANO**  
POR UN SECTOR PALMERO COMPETITIVO,  
PRODUCTIVO Y SUSTENTABLE

**VIII CONFERENCIA  
LATINOAMERICANA  
RSPO**

M É X I C O 2 0 2 0

**Muchas gracias  
por su atención**

**FEMEXPALMA**  
Federación Mexicana de Palma de Aceite

**RSPO** | Roundtable on  
Sustainable Palm Oil