

El diagnóstico de experto de SNR:
Análisis y preconizaciones para optimizar la
vida de los rodamientos.

SNR - Industry



¿Cómo reconocer las averías?



Análisis del aspecto de los rodamientos

11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

Estos clichés son representativos de averías corrientes. Se deben comparar con la tabla de diagnóstico rápido situada en el interior de la portada. Cada número de foto corresponde al capítulo donde esta avería se detalla.

1 Exfoliación



5 Desgaste - Huellas de cuerpos extraños



2 Griñado



6 Cráteres y estrías



3 Huellas de cuerpos rodantes por deformación o arranque de material



7 Marcas de golpes - Fisuras, roturas



4 Vibraciones



8 Corrosión de contacto



9 Corrosión - Oxidación



10 Deterioro de las jaulas



Nota: La coloración es la 11ª avería identificada por nuestros servicios. Relativamente rara y poco percibida en funcionamiento, no será tratada en este documento.

Sumario

Introducción

Saber para prever p.2

¿Por qué ocurre una avería?

¿Cómo detectar las averías, como identificarlas correctamente? p.4

Clasificación de las causas de avería de los rodamientos

Causas de avería externas al rodamiento

¿Cómo detectar las averías incipientes? p.5-6

Los signos externos de deterioro

Interpretación de los signos externos

El control preventivo - métodos y medios

La identificación de averías: métodos y procedimientos p.7

¿Cómo proceder?

Análisis de casos concretos

1. Exfoliación p.8-13

2. Gripado p.14-15

3. Huellas de cuerpos rodantes por deformación o arranque de material p.16-17

4. Vibraciones p.18-19

5. Desgaste - Huellas de cuerpos extraños p.20

6. Cráteres y estrías p.21

7. Marcas de golpes - Fisuras, roturas p.22-23

8. Corrosión de contacto p.24

9. Corrosión / Oxidación p.25

10. Deterioro de las jaulas p.26-27

Incidencias por mala posición de las zonas de carga p.28-31

Introducción



Saber para prever



El presente documento se dirige a todo aquel que pueda enfrentarse a la avería de un rodamiento pero también y sobretodo a aquellos que desean prevenirla. Siendo el rodamiento por naturaleza una pieza "oculta", la detección y prevención de sus rupturas supone un conocimiento profundo de su estructura, de sus problemas y de los signos exteriores susceptibles de señalar un fallo.

El rodamiento eterno no existe

*Por muy perfecta que sea su geometría, por muy eficiente que sea su acero, **un rodamiento tiene una duración de vida limitada.***

Esta es naturalmente variable de un rodamiento a otro y se inscribe en un cálculo de probabilidades, que nuestros ingenieros determinan para cada aplicación.

Cada rodamiento, según su campo de utilización, la dificultad de su reemplazo, las incidencias que implicaría su ruptura, no está "programado" para la misma longevidad.

Es esencial considerar estos puntos antes de hablar de "avería".



Desgaste y fatiga: dos nociones que no se deben confundir



Si se compara la vida de un rodamiento con la de un ser humano, se puede considerar que **la ruptura por fatiga es una "muerte natural"**, dentro del orden de las cosas: habiendo sufrido las cargas y tensiones a las que estaba destinado, el rodamiento, en un plazo conforme a sus especificaciones, debe ser reemplazado. No hay avería sino fatiga.

Los centros de ensayo SNR miden dicha fatiga gracias a leyes estadísticas que calculan la probabilidad de duración de vida de un rodamiento.

Pero un rodamiento puede ver su vida repentinamente acortada. **Un fenómeno, a menudo de origen externo, provoca una degradación. Es el tipo de problema que trataremos aquí.** Al igual que una enfermedad, el desgaste anormal de un rodamiento puede conocer una evolución lenta o fulminante. Presenta también síntomas, más o menos fáciles de detectar.

La fuerza de la experiencia

El rodamiento es por tanto un elemento "vivo", para el cual "más vale prevenir que curar".

El diagnóstico acertado y precoz de una avería puede permitir evitar su agravación, e igualmente prevenir el mismo tipo de problema en otros rodamientos, antes de que manifiesten los mismos síntomas.

Al concebir millones de rodamientos destinados a todo tipo de aplicaciones, los ingenieros de SNR han acumulado una experiencia única.

Es esta maestría la que deseamos compartir con usted hoy. Le permitirá obtener el mejor beneficio de nuestros productos, optimizar su mantenimiento y, por tanto, ganar en prestaciones.

¿Por qué ocurre una avería?



¿Cómo detectar las averías, como identificarlas correctamente?

Clasificación de las causas de avería de los rodamientos

Se pueden clasificar las averías de los rodamientos en tres categorías principales:

- Averías debidas a **causas externas** al rodamiento: montaje defectuoso o realizado sin cuidado, falta de mantenimiento, lubricación insuficiente o poco adecuada, sobrecarga, vibraciones, velocidad excesiva, temperatura demasiado elevada, polución, etc.
- Averías que tienen su origen en **una mala elección inicial del rodamiento**, de su tipo, de su dimensión, de sus características funcionales.
- Las averías debidas a la **calidad del rodamiento** en sí mismo: Inadecuación del acero o defecto en

su estructura. Problemas de geometría interna, de calidad de las jaulas, de las juntas, etc.

- Las averías pueden aparecer tras la utilización de **herramientas de montaje inadecuadas**.

El presente análisis se limitará al examen de las **causas externas al rodamiento, que componen ellas solas más del 90% de los incidentes**. Los problemas de categoría 2 pertenecen al dominio del estudio de la aplicación, los de categoría 3 no representan más que un porcentaje muy pequeño de las averías cuando los rodamientos son de una calidad normal; además su estudio no puede fundarse más que en análisis que necesitan medios de investigación y control importantes.

Causas de avería externas al rodamiento y su origen

Estas causas de avería son estadísticamente las más frecuentes. Si bien es difícil asociar con precisión cada una de ellas a una avería determinada, ya que los mismos síntomas pueden tener varios orígenes, pueden sin embargo, ser agrupadas en cuatro grandes categorías:

1. Un rodamiento bien montado es un rodamiento que dura

- Método y medios insuficientes o mal adaptados.
- Polución en el montaje.
- Colocación poco cuidadosa.
- Mala elaboración de los órganos receptores: ejes y alojamientos fuera de tolerancia, mal acceso del lubricante, desalineación.

2. Un imperativo: respetar las especificaciones

- Sobrecargas sean accidentales o no.
- Vibraciones en marcha o en la parada.
- Velocidades excesivas.
- Flexión de los ejes.

3. El entorno es determinante

- Temperatura ambiente demasiado baja o demasiado elevada.
- Paso de corriente eléctrica.
- Polución por agua, polvo, productos químicos, residuos textiles, etc.

4. La lubricación es parte integrante del rodamiento

- Elección del lubricante.
- Cantidad (demasiado o demasiado poco).
- Frecuencia en la vigilancia.

El cuadro del reverso de la portada resume las principales averías de los rodamientos, ligándolas a sus causas y permite al usuario reconocer rápidamente el origen probable de los deterioros observados.



¿Cómo detectar las averías incipientes?

El problema esencial que se plantea al usuario preocupado por asegurar un mantenimiento eficaz, es sobre todo frenar el deterioro desde su nacimiento, antes de que provoque el paro inesperado de una máquina o equipo.

La **inspección preventiva** es ciertamente el medio más seguro, pero no es económicamente posible más que en ciertos casos. La mayor parte de las veces no es posible acceder a los rodamientos más que al precio de desmontajes largos y a menudo delicados. Fuera de los casos en que la inspección

preventiva reviste un carácter imperativo (aero-náutica, ventilación de minas, etc.), el deterioro del rodamiento deberá ser por tanto frenado **por una detección externa de los signos de avería**.

La evaluación del grado de fatiga de un rodamiento a partir de signos externos es difícil. **Por regla general, cuando esos signos aparecen, es que el rodamiento entra ya en la fase de destrucción**, cuya duración puede variar, antes de quedar fuera de servicio totalmente. Hay que hacer notar que esta última fase puede ser muy corta.

Signos externos de deterioro

Todo órgano en funcionamiento provoca en los apoyos un cambio de condiciones respecto a las estáticas en que anteriormente se encontraba: **vibraciones, ruidos, elevación de temperatura**. Estos fenómenos son normales cuando no exceden un cierto nivel, pero deben ser interpretados como **señales de alerta** si sobrepasan un valor normal.

Es imposible fijar un nivel de referencia para estas diversas señales ya que dependen de numerosos factores: **carga, velocidad, lubricación, tipo de rodamiento, etc.** Para toda vigilancia preventiva, será pues necesario establecer de antemano una constante que defina el nivel de referencia. Con respecto a ella será luego posible detectar toda anomalía.

Las señales son:

1. Vibraciones

Son perceptibles bien a mano, bien con ayuda de dispositivos electrónicos (analizadores de frecuencias y amplitud), estos aparatos pueden además provocar la alerta y parada de la máquina en cuestión.

2. Ruidos

Algunos ruidos anormales pueden aparecer inmediatamente, por ejemplo los provenientes de

huellas de cuerpos rodantes debidas a un montaje descuidado, sin precauciones; otros ruidos aparecen progresivamente.

Exceptuando los desequilibrados dinámicos que son generalmente inaudibles ya que su frecuencia es idéntica a la del conjunto giratorio, los ruidos pueden ser considerados como ligados a un deterioro. La amplitud está en función de los tipos de avería y de su gravedad.

3. Elevación de temperatura

Todo órgano giratorio en funcionamiento sufre elevaciones de temperatura por encima de la temperatura ambiente. Esta elevación de temperatura es función de diversos factores y se estabiliza a un nivel que puede ser tomado como referencia, si es normal para el montaje en cuestión. Todo crecimiento por encima de esta temperatura debe ser considerado como indicador de una anomalía.

4. Aumento del par de rotación

Incluso montado sobre rodamientos, un sistema en rotación (eje, rueda, polea, etc.) presenta siempre un par resistente. Si el par aumenta es porque se ha producido una modificación en el sistema. Hay que señalar que un aumento del par de rotación se acompaña generalmente de una elevación de la temperatura.

¿Por qué ocurre una avería?



¿Cómo detectar las averías incipientes?



Interpretación de signos externos



1. Vibraciones

Exfoliación
Abrasión - cuerpos extraños
Corrosión
Desequilibrados consiguientes al desgaste del rodamiento
Juego excesivo
Apriete insuficiente de un anillo...



2. Ruidos

Huellas de cuerpos rodantes
Exfoliación
Falso brinelling (huellas por vibración)
Cuerpos extraños
Corrosión
Apriete excesivo anulando el juego interno
Ruptura de la jaula o de un cuerpo rodante...



3. Elevación de temperatura

Ausencia o exceso de lubricante
Ausencia de juego interno
Sobrecarga axial y radial accidental o inducida por un montaje incorrecto
Velocidad excesiva...



4. Par anormal

Deterioro de la jaula
Deterioro del lubricante
Desplazamiento o mutilación de una junta
Anulación del juego radial...

Cada uno de estos pictogramas corresponde a un síntoma (avería prematura) fácilmente observable. Cada uno de ellos se encuentra en los ejemplos concretos siguientes.

Control preventivo - métodos y medios

¿Qué frecuencia de control?

Es difícil fijar la frecuencia a priori. Depende fundamentalmente de la fiabilidad deseada, de la tasa de utilización del material y de otros numerosos factores propios de la organización interna de las empresas.

Generalmente es deseable efectuar pruebas sistemáticas cuya frecuencia se basa en la duración de vida probable de los rodamientos.

¿Más allá del control visual, existen métodos instrumentales?

Los medios son poco numerosos. Existen en el mercado aparatos o dispositivos que permiten detectar la aparición de vibraciones anormales.

Existen asimismo sonómetros que permiten la medida del nivel de ruido de un órgano.

Para cada elemento será por tanto necesario definir un nivel de referencia que permita apreciar las desviaciones.



La identificación de averías: métodos y procedimientos

La identificación de averías es a menudo difícil.

Se tendrá cuidado por lo tanto en:

- **Anotar** el conjunto de **hechos observados en los rodamientos**.
- **Anotar** los **hechos observados en los órganos receptores**.
- **Determinar** a continuación las diversas **causas** que pueden ser origen de la avería.
- **Seleccionar** entre las causas posibles **las que parecen ser más probables porque** engloban el conjunto de hechos observados.

¿Cómo proceder?

Examinar todos los puntos esenciales que conciernen al aspecto del rodamiento y anotarlos cuidadosamente:

Antes de desmontar

- Ensuciamiento
- Estado del lubricante
- Temperatura
- Pérdida de lubricante
- Ruido
- Par
- Evolución del deterioro
- Observar igualmente la orientación del rodamiento en el montaje

Después de desmontar

No limpiar jamás un rodamiento antes de la peritación, pues su impieza haría imposible la búsqueda e identificación de las partículas extrañas así como el control del lubricante.

- Observar el aspecto de las jaulas y de los cuerpos rodantes.
- Controlar la presencia de partículas por lavado del rodamiento y filtrado del líquido de lavado.
- Recuperar el lubricante, las juntas y los deflectores para su examen.
- Verificar el emplazamiento de los rodamientos y de los anillos.
- Controlar los ajustes en los alojamientos y ejes.
- Controlar los apoyos (perpendicularidad), presencia de depósitos, óxido...

Análisis de casos concretos



1 Exfoliación Origen - aspecto



La exfoliación afecta tanto a las pistas como a los cuerpos rodantes y puede ser profunda, como en las exfoliaciones por fatiga, o superficial.

En ambos casos, los síntomas y las causas son diferentes.

Exfoliación por fatiga



Choques sobre la pista del anillo exterior

Ningún rodamiento, cualquiera que sea la materia y precauciones tomadas para asegurar las condiciones de funcionamiento óptimas, tiene duración infinita. Las solicitaciones a las que está sometido producen finalmente su destrucción por fatiga. Cuando la elección del rodamiento ha sido correcta y su utilización normal, **la constatación de la fatiga es la exfoliación que no aparece más que de forma accidental dentro del límite de la duración de vida calculada.**

Se considerarán aquí únicamente las exfoliaciones producidas en forma repetitiva con duraciones de funcionamiento anormalmente reducidas en relación a la duración de vida previsible.

Mecanismo de la exfoliación por fatiga

En un rodamiento sometido a carga, las presiones que aparecen en la zona de contacto de los cuerpos rodantes con las pistas pueden alcanzar valores muy importantes. Las solicitaciones de cizallamiento inducidas se desarrollan bajo las "áreas de contacto" alcanzando su máximo valor a una cierta distancia de la superficie (algunas

décimas de milímetro). Se admite generalmente que estas solicitaciones debidas al paso repetido de los cuerpos rodantes, son origen de la exfoliación. Se producen **fisuras en la materia** y se propagan hacia la superficie. La conjunción de estas fisuras conduce al **arranque de fragmentos de materia.**

A partir de este momento, el fenómeno va amplificándose, produciendo arranques de material cada vez más numerosos e importantes.

Aspecto de las exfoliaciones

La exfoliación es un fenómeno continuo que se desarrolla progresivamente y que se acelera más o menos rápidamente desde la aparición de las primeras fisuras. Es por lo tanto importante poder reconocer los primeros síntomas de exfoliación de la materia que comportará en breve plazo la puesta fuera de servicio del rodamiento.

A modo indicativo se ofrece a continuación la descripción de algunos estados de fatiga que sin responder a una clasificación, permiten conocer el grado de penetración de la avería.

Exfoliación



Vibración



Ruido



Elevación de temperatura



Par de rotación

Exfoliación de fatiga



Exfoliación incipiente

Aparecen pequeñas lesiones en la superficie, sin tener todavía ligazón entre ellas. El estado de la superficie se destruye. El perfil general de la pieza permanece sin cambios, pero las lesiones revelan la fatiga subyacente.

Exfoliación avanzada

Las lesiones tienden a unirse. Aunque el perfil general de la pieza no ha variado, el estado de la superficie se ha destruido completamente revelando una situación de fatiga prolongada. Pequeñas exfoliaciones se desprenden, se mezclan al lubricante y colaboran a la aceleración de la destrucción.

Exfoliación final

La exfoliación cubre a toda la superficie afectada. Las alteraciones de la zona de cizalladura se unen entre sí. La exfoliación destruye por completo el perfil de la pieza que desde ese momento deja de cumplir su función.

Exfoliación superficial

Exfoliación superficial debida a una viscosidad demasiado baja



Esta avería se presenta bajo el aspecto de **manchas grises más o menos extendidas, en la superficie de las pistas y en la zona de carga**. El examen bajo aumento deja ver que esta exfoliación afecta únicamente la capa superficial de las pistas.

¿De donde viene este problema?

Esta avería se provoca generalmente por falta de lubricante o por utilización de un lubricante no adecuado a la aplicación. Bajo la presión debida a la carga aplicada al rodamiento, la película de aceite se rompe, dejando al descubierto y en contacto las superficies de las pistas y los cuerpos rodantes. Las microsoldaduras que se producen en ese momento bajo la carga, provocan arranques superficiales de pequeñas partículas de material. No se trata pues en este caso, de una fatiga de la materia, sino de un fenómeno que sólo afecta a la superficie.



1 Localización de las exfoliaciones



Es esencial localizar correctamente la exfoliación para analizar sus causas y encontrar una solución adaptada.

Zona de carga



Funcionamiento en sobrecarga axial

¿Cómo identificarla?

La exfoliación se sitúa en la zona de carga, repartida uniformemente en toda la anchura de la pista (rodamientos de rodillos), en el fondo de la garganta (rodamientos a bolas de garganta profunda), en las dos pistas (rodamientos con dos hileras de bolas o rodillos).

¿De donde viene este problema?

El rodamiento sufre sobrecargas momentáneas o continuas.

La lubricación es inapropiada o insuficiente.

¿Cómo evitarlo?

- Controlar las cargas.
- Asegurar una lubricación suficiente con lubricante adecuado.

Borde de la pista

Exfoliación del cono debida a un defecto de alineamiento



¿Cómo evitarlo?

- Controlar cuidadosamente la buena alineación entre ejes y alojamientos.
- Vigilar el mantenimiento de una buena limpieza de los alojamientos ya que ciertos desalineamientos pueden ser debidos a la presencia de cuerpos extraños que se interponen entre los rodamientos y las caras de apoyo.

¿Cómo identificarla?

En los rodamientos a bolas, la marca del paso de las bolas sobre el anillo no giratorio está descentrada respecto al fondo de la garganta; sobre el anillo giratorio, la anchura de la marca del paso de las bolas es superior a la normal.

Se observa en ciertos casos la **rotura de jaulas**. En el caso de rodamientos de rodillos cónicos o cilíndricos, se observan zonas de fatiga sobre el borde de las pistas (o sobre una sola pista en el caso de rodamientos de dos hileras de rodillos), y alternándose con ellas y diametralmente opuestas zonas de fatiga sobre el anillo fijo.

¿De donde viene este problema?

Estas averías son debidas a un **defecto en la alineación entre el eje y los alojamientos** que puede tener por origen bien un incorrecto paralelismo entre el eje y la generatriz del alojamiento, o bien un descentramiento de la cara de apoyo del rodamiento en el alojamiento o del apoyo del eje. Se pueden igualmente observar defectos parecidos en los casos de trabajo de ejes en flexión rotativa importante.

Estos defectos de los órganos receptores del rodamiento comportan generalmente sobre este último cargas adicionales que pueden alcanzar valores considerables, provocando fallos por fatiga prematura en las zonas de sobrecarga.



1 Localización de las exfoliaciones



Exfoliación sobre anillo fijo: totalidad de las pistas



Pista sobrecargada

¿Cómo evitarlo?

- Controlar las tolerancias de ejecución de los ejes.
- Evitar el apriete excesivo de las tuercas de los manguitos de los rodamientos de diámetro interior cónico y vigilar el mantenimiento de un juego mínimo controlado.

Por ello, aconsejamos utilizar la regleta SNR prevista a tal efecto.

¿Cómo identificarla?

Se constata un rodaje intenso o una exfoliación de las pistas sobre toda su circunferencia, incluso en la parte opuesta a la zona de carga sobre el anillo fijo respecto a la carga.

¿De donde viene este problema?

Por regla general, se ajusta con apriete el anillo que gira con relación a la carga. La elección del valor del ajuste depende de las condiciones de la aplicación. Será tanto más importante cuanto mayor sea la carga. Esto tiene por objeto evitar que los anillos giren sobre su apoyo o en su alojamiento. Si este apriete es excesivo puede anular el juego interno del rodamiento y provocar una precarga inducida que se añade a la carga de funcionamiento. Todos los cuerpos rodantes quedan en contacto con las pistas. Además de exfoliaciones prematuras, los **aprietes excesivos** pueden provocar en los anillos tensiones internas que sumándose a las presiones de Hertz debidas a la carga pueden producir la aparición de picaduras, e incluso roturas de los anillos (ver cap. 7). Pueden asimilarse a estos defectos de montaje las anulaciones de juego interno en los rodamientos esféricos a bolas o rodillos montados sobre manguitos cónicos.

La fuerza de apriete de la tuerca del manguito multiplicada por su conicidad desarrolla un esfuerzo de expansión importante sobre el diámetro interior del rodamiento. En caso de apriete excesivo de la tuerca **el anillo interior se dilata hasta anular el juego interno y pretensar peligrosamente el rodamiento.**

Anillo fijo: zonas particulares

Deterioro provocado por un defecto geométrico del alojamiento



Exfoliación sobre el cono debida a una conicidad del eje o del alojamiento



¿Cómo evitarlo?

- No mecanizar los alojamientos hasta que el material del que están constituidos se haya estabilizado.
- Además del control dimensional, prever el control geométrico del alojamiento para detectar las posibles deformaciones (circularidad, conicidad).

¿Cómo identificarla?

Al examinar el anillo no giratorio se observa:

- **Exfoliación o fricción intensa de las pistas** en dos zonas diametralmente opuestas, a veces incluso en varios puntos del anillo del rodamiento.
- **Exfoliación extendida a toda la circunferencia de la pista**, pero cuya localización sobre uno de los bordes indica que sólo ha trabajado esa zona.

¿De donde viene este problema?

Los defectos que originan estos tipos de avería son diferentes de los ya señalados de perpendicularidad de la cara de apoyo en el alojamiento y su generatriz. En este caso se trata de **deformaciones del alojamiento**.

En el primer caso la deformación consiste en una ovalización o una triangulación. El anillo exterior al ceñirse a la forma del alojamiento produce una fricción intensa en las zonas correspondientes a las estrangulaciones. Este defecto aparece a veces en los anillos de rodamientos de bolas a rótula montados en soportes de fundición o acero. Puede producirse igualmente por la presencia de una o varias partículas extrañas dentro del alojamiento, que deforman localmente el anillo. **En el segundo caso la avería revela un alojamiento cónico.** El anillo entonces está comprimido en un solo borde. Si se trata de un rodamiento de rodillos cilíndricos o cónicos, las exfoliaciones corresponden a la zona de máximo apriete. En el caso de rodamientos de bolas o rodillos a rótula, la hilera de cuerpos rodantes situada en la zona de sobrepresión del anillo exterior trabaja con una sobrecarga importante. Se puede entonces observar una exfoliación localizada en esta pista e incluso roturas en el borde del anillo en sentido longitudinal, debidas a las presiones de Hertz con valores más elevados de lo previsto. Los casos de defectos de este tipo en anillos interiores son extremadamente raros ya que las deformaciones de los ejes son de pequeña amplitud, insuficientes para provocar la avería.

2 Gripado



Gripado con incrustación de las bolas



Deterioro del collarín debido a un exceso de precarga

¿Cómo identificarla?

Arranques superficiales de material acompañados de **zonas mates** indicativas de una transferencia igualmente superficial de materia.

La rectificación ha desaparecido por completo en esas zonas. Manchas oscuras, que indican calentamientos locales o generalizados. **En un grado mayor de gravedad, los cuerpos rodantes se deforman fuertemente por arranque de material, fusiones locales y laminados.**

Nota: En los rodamientos de rodillos cónicos, los gripados son particularmente frecuentes entre el gran collarín de los conos y la gran cara de los rodillos. Las jaulas son destruidas total o parcialmente y a veces laminadas bajo los cuerpos rodantes.

En el estadio final, soldadura total de los cuerpos rodantes sobre los anillos debido al calentamiento intenso.

¿De donde viene este problema?

El gripado de los rodamientos es una avería ineludible en **ausencia de lubricación.**

Si el lubricante es insuficiente o inadecuado puede haber rotura de la película de aceite. Los elementos rodantes entran en contacto metal-metal con las pistas. Se producen micro-soldaduras y calentamientos locales. El fenómeno se extiende rápidamente y provoca el gripado.

Nota: En los rodamientos de rodillos cónicos, tales gripados pueden producirse si la precarga aplicada (sobrecarga axial) es excesiva y el lubricante inadecuado o insuficiente; afectan esencialmente a la gran cara de los rodillos y al gran collarín. Esta avería se produce frecuentemente al poner en funcionamiento nuevos montajes, si no se toman precauciones especiales para lubricar convenientemente el rodamiento.

Si las tolerancias de ajuste del rodamiento en sus apoyos son tales que permiten deslizar al anillo existe el riesgo de que el eje gire en el diámetro interior o

Gripado



Vibración



Ruido



Elevación de temperatura



Par de rotación

Gripado de un rodamiento cónico con incrustación de los rodillos



Gripado de un rodamiento de rodillos a rótula, incrustación de rodillos y ruptura de collarín



Deterioro de la jaula debido a un comienzo de gripado



que el anillo exterior gire en su alojamiento, lo que provocaría un **calentamiento intenso** que puede producir el bloqueo del rodamiento y gripado de sus elementos. A menudo pueden observarse también fisuras como resultado de este fenómeno.

Igualmente pueden provocar gripado las velocidades elevadas cuando la carga es poco importante. Sea debido a su inercia o bien en razón de una acción de frenado provocada por el lubricante, los cuerpos rodantes no entran en rotación instantáneamente. Los frotamientos que resultan en consecuencia, engendran una **elevación de la temperatura** tal que las dilataciones provocan el gripado entre los cuerpos rodantes y las pistas.

Esta avería puede ocurrir incluso bajo carga si esta es puramente radial y se utiliza un lubricante muy consistente. En los rodamientos de rodillos, los rodillos que están fuera de la zona de carga se ven fuertemente frenados y tienen tendencia a deslizar provocando así un recalentamiento.

¿Cómo evitarlo?

- Seguir atentamente las consignas de lubricación dadas por nuestros Ingenieros de Preconización.
- Utilizar un lubricante adaptado a la aplicación.

La elección del lubricante es de una importancia extrema. Debe resistir las altas presiones que aparecen en las zonas de contacto entre los cuerpos rodantes y los anillos. Se le debe elegir, así como al modo de lubricación, en función de la naturaleza de las superficies, cargas, velocidades y temperaturas de funcionamiento. Estos estudios los hemos realizado para Vd., consúltenos.

Se debe cuidar especialmente el engrase de los rodamientos de rodillos cónicos bajo la jaula, hacia la base mayor de los rodillos, antes de la puesta en funcionamiento de un montaje nuevo. En caso de gran velocidad, se elegirá un lubricante que permita un rápido comienzo de la rotación de los cuerpos rodantes; será útil prever una precarga inicial para asegurar el arrastre de estos.



3 Huellas de cuerpos rodantes por deformación o arranque de material

Rodamientos de bolas



Marcas debidas a un montaje en el eje con apoyo sobre el anillo exterior

¿Cómo identificarla?

En los rodamientos de bolas, **las huellas son generalmente cónicas y afectan sobre todo al borde de las pistas**. Se sitúan bien sobre la totalidad de la circunferencia, bien en un sector más o menos extenso. La separación de las huellas corresponde a la de las bolas. **El fondo de la huella es brillante pero se pueden encontrar en ella señales de la rectificación.**

¿De donde viene este problema?

Esta es la avería más común producida en la colocación del rodamiento. Aparece tras un **golpe o esfuerzo sobre el anillo que no está apretado**. Si el choque engendra una carga instantánea que sobrepasa el límite elástico de la materia, se forman huellas permanentes en los puntos de contacto entre las bolas y las pistas. Estas huellas provocan un ruido anormal y son el origen de futuras exfoliaciones.

Los choques tienen dos causas principales:

- La colocación de un rodamiento por percusión golpeando un anillo para hacer penetrar el anillo opuesto.
- La caída accidental del rodamiento en un suelo duro (cemento, losas, etc.).

¿Cómo evitarlo?

Cuando las tolerancias de ajuste son tales que el anillo a colocar va a quedar apretado, **no tomar como punto de apoyo el anillo opuesto** sobre todo cuando el montaje debe efectuarse por percusión. Si el anillo ajustado es de acceso difícil, se le debe forzar utilizando un tubo del mismo diámetro y de la longitud apropiada.

Para evitar caídas accidentales trabajar sobre superficies despejadas.

Huellas de cuerpos rodantes por deformación o arranque de material



Vibración



Ruido



Elevación de temperatura



Par de rotación

Rodamientos de rodillos cilíndricos



Arranque de material sobre la pista de un anillo exterior

¿Cómo identificarla?

Las pistas aparecen con rayas **más o menos profundas** paralelas a su generatriz produciéndose a menudo arranque de material; la separación entre rayas corresponde generalmente a la de los rodillos.

¿De donde viene este problema?

Montaje forzado.

Cuando este acuñaamiento se produce, si se fuerza la introducción por presión o percusión, los rodillos rayan más o menos profundamente la pista del

anillo receptor. Estas rayas pueden ser superficiales o profundas (arranques de metal).

¿Cómo evitarlo?

No forzar nunca un anillo en el otro.

Al colocar un eje con un anillo interior montado, se recomienda girar este eje al mismo tiempo que se le enfrenta el otro anillo. La rotación ayudará a los rodillos a colocarse correctamente evitando su acuñaamiento. Ocurre lo mismo si el anillo presentado es un anillo exterior montado, por ejemplo, en un carter.

Se recomienda **engrasar correctamente** el rodamiento **antes del montaje**, la ausencia de grasa facilita en efecto el atascamiento y gripado de los rodillos.

Rodamientos de rodillos cónicos



Exfoliación en el centro de la pista de rodadura

Choques en el montaje.

Podrían aparecer huellas si el cono se utiliza para meter la cubeta en su alojamiento.

4 Vibraciones



Falso efecto Brinell sobre un rodamiento de bolas

¿Cómo identificarla?

Los anillos de los rodamientos presentan en las pistas **huellas, brillantes o no, más o menos extensas**, cuya separación corresponde en los casos sencillos a la de los cuerpos rodantes. Se puede sin embargo constatar a veces la presencia de numerosas huellas que se superponen o se intercalan. Pero siempre es posible encontrar en estas huellas la separación de los cuerpos rodantes. El examen con fuerte aumento permite constatar que las huellas se deben a una desaparición de la materia y no a un repliegue como en el caso de las huellas por choque. En todos los casos las señales de rectificación han desaparecido. **Esta avería se llama también falso efecto Brinell.**

Vibraciones



Vibración



Ruido



Elevación de temperatura



Par de rotación

Falso efecto Brinell sobre un rodamiento de rodillos



Este tipo de averías se encuentra:

- En rodamientos que equipan máquinas en reposo pero que sufren vibraciones intensas.
- En rodamientos en rotación cuando los dos anillos giran a la misma velocidad angular y en consecuencia permanecen fijos el uno en relación al otro.

Se encuentran averías semejantes en grupos electrógenos de reserva acoplados en la misma plataforma que el grupo en funcionamiento, en motores eléctricos parados sobre máquinas que giran, en ventiladores de reserva acoplados con ventiladores en servicio, en máquinas o materiales no sujetos durante un transporte de larga duración con vibraciones, etc.

El riesgo es tanto más grande cuanto mayor es el peso del órgano equipado y cuanto más intensas son las vibraciones.

¿De donde viene este problema?

El falso efecto brinelling afecta a los rodamientos en situación estática o en oscilación de pequeña amplitud, pero **siempre en presencia de vibraciones**. Puede sin embargo afectar a un rodamiento en rotación cuando los dos anillos giran simultáneamente con sincronismo total (caso de los rodamientos piloto). El mecanismo de la avería puede ser esquematizado de la forma siguiente:

- Bajo el efecto conjunto de una presión, incluso débil, y de vibraciones, el lubricante tiende a escapar de la zona de carga, dejando al descubierto las superficies de contacto entre cuerpos rodantes y pistas.
- La energía de vibración produce entonces micro-soldaduras o micro-adherencias y en consecuencia arranques de metal.

Las partículas arrancadas se oxidan como en el caso de la corrosión de contacto y su poder abrasivo contribuye a la aceleración del fenómeno.

¿Cómo evitarlo?

Para evitar estas averías:

- Calar el eje de los motores, generadores y otras máquinas similares para su transporte.
- La puesta en rotación, incluso lenta, de máquinas en reposo en zona de vibraciones, facilita el reparto de lubricante y evita que las zonas de carga se apliquen permanentemente en un único punto de las pistas.
- Los rodamientos de gran dimensión serán almacenados horizontalmente fuera de las zonas de vibración tales como talleres.
- Para los montajes en reposo, se utilizarán lubricantes fluidos más aptos para infiltrarse entre las superficies en contacto que los lubricantes consistentes.
- Para los montajes en funcionamiento se tendrá en cuenta:
 - Que las grasas menos consistentes (en grado NLGI) son igualmente las más eficaces. Las grasas a base de silicona están entre las menos eficaces.
 - La mejor resistencia al falso efecto Brinell se obtiene con aceites de base de baja viscosidad.



5 Desgaste huellas de cuerpos extraños

Oxidación y desgaste en rotación (entrada de líquido con relubricación)



¿Cómo identificarla?

- **Rozaduras más o menos intensas** en los cuerpos rodantes y las pistas, pudiendo presentar estas últimas un surco longitudinal continuo o sectorial.
- Aparición de **juego excesivo, desequilibrados dinámicos y vibraciones**.
- **Desgaste** de las jaulas.
- **Huellas** de pequeñas dimensiones en las pistas de los anillos presentando bordes ligeramente redondeados indicativos de un hundimiento de la materia.
- Reducción anormal de la duración de vida por aceleración de la **fatiga del material**.
- **Ruido** anormal.

¿De donde viene este problema?

Estos defectos tienen todos por origen una **falta de protección** sea **en la colocación del rodamiento**, o **durante su utilización**. Desgraciadamente con frecuencia el usuario no percibe claramente el peligro que el polvo significa para el rodamiento y su efecto destructor. En efecto, cualquiera que sea su naturaleza incluso si proviene de un local industrial, **el polvo posee siempre un elevado poder abrasivo**. Al girar el rodamiento toma un juego excesivo y se producen desequilibrados que aumentan la fatiga de la materia.

Las jaulas presentan desgastes con un nivel de

gravedad diverso.

Las huellas de cuerpos extraños tienen el mismo origen que los desgastes es decir, un defecto de protección que ha permitido a partículas extrañas penetrar en el rodamiento. El paso repetido de los cuerpos extraños entre los cuerpos rodantes y la pista provoca la formación de una multitud de pequeñas huellas que vuelven ruidoso el rodamiento. La degradación de la terminación superficial de las pistas y cuerpos rodantes acelera la fatiga de la materia. **Este fenómeno ha sido demostrado claramente por nuestros Servicios de Ensayos.**

¿Cómo evitarlo?

- En el montaje tomar las **precauciones de limpieza** indispensables en ejes y alojamientos y practicar el montaje en locales y sobre lugares sin polvo.
- No lavar los rodamientos nuevos.
- Almacenar los rodamientos al abrigo del polvo.
- Utilizar un lubricante limpio y mantener cajas y embalajes cerrados.
- No almacenar al aire libre los órganos mecánicos en espera de montaje.
- Prever todos los dispositivos de protección adecuados para impedir que los residuos (textiles, paja, fibras...) y cualquier polvo ambiente (carbón, arena, limaduras, productos químicos, etc.) penetren en el rodamiento.
- Utilizar rodamientos estancos o protegidos SNR o las juntas especiales que hemos puesto a punto, siempre que su uso sea posible.

Desgaste huellas de cuerpos extraños



Vibración



Ruido



Elevación de temperatura



Par de rotación

6 Cráteres y estrías

Paso de corriente eléctrica en el anillo interior en rotación



Arco eléctrico sobre el anillo interior



Cráteres de fondo negro sobre los cuerpos rodantes



¿Cómo identificarla?

- **Cráteres:** El examen con aumento muestra picaduras de **bordes netos unidas en series** más o menos largas. Los cráteres muestran que ha habido fusión localizada del metal.
- **Estrías:** Sucesión de **hendiduras estrechas una junto a otra** que dan la impresión de canales que se suceden en la zona de las pistas sometida a carga. Pueden aparecer igualmente sobre los rodillos.

¿De donde viene este problema?

Esta avería puede producirse en las máquinas giratorias que equipan diversos útiles o máquinas (Máquina herramienta, material ferroviario, convertidores, motores, etc.) cuando **el rodamiento se encuentra en el paso de una corriente de escape y él es el único enlace entre la masa y el suelo.**

- **Corriente de fuerte intensidad:**
En razón de los contactos por proximidad entre cuerpos rodantes y pista e incluso a través de la película de lubricante, brotan arcos eléctricos que provocan la aparición de puntos calientes en los que se producen fusiones.
- **Corrientes de débil intensidad:**
Provocan la aparición de una alteración de superficie periódica que, con la rotación, aparece bajo forma de coloración gris.

¿Cómo evitarlo?

- Verificar o establecer **la toma de tierra de las máquinas giratorias**, comprendiendo sus partes móviles.
- Verificar aislamientos, limpiar los colectores de motores para evitar las fugas de corriente.

Cráteres y estrías



Vibración



Ruido



Elevación de temperatura



Par de rotación



7 Marcas de golpes Fisuras – Roturas

Estas tres averías indican los diferentes niveles de un mismo error de montaje: la percusión sin precauciones.

Golpes – Fisuras – Roturas



Roturas debidas a un montaje con golpes

¿Cómo identificarla?

- **Marcas de golpes y de huellas de herramientas** en las caras planas, los cuerpos rodantes y los chaflanes.
- **Fisuras y roturas** de los respaldos y collarines.

¿De donde viene este problema?

Cuando un golpe dado directamente en un anillo del rodamiento sobrepasa el límite elástico del material se produce la formación de una huella permanente.

Los **golpes** pueden provocar diferentes desórdenes: deformación de los anillos, huellas.

En ciertos casos, los **golpes** pueden provocar la aparición de fisuras e incluso de francas roturas. Las fisuras son tanto más perniciosas en cuanto que pueden no aparecer inmediatamente sino que llegan a provocar desprendimientos de partículas que se introducen en el rodamiento dañando pistas y rodillos.

Este último tipo de averías es frecuente en los rodamientos de rodillos cilindricos cuyos respaldos

Marcas de golpes – fisuras – roturas



Vibración



Ruido



Elevación de temperatura



Par de rotación

de guía de los rodillos son especialmente frágiles a los golpes. Numerosos casos de rotura se constatan igualmente en los rodamientos de rodillos a rótula. Cuando se hace rotular el anillo exterior, es frecuente que uno o varios rodillos se atraviesen ligeramente en el alveolo de la jaula que los contiene. Volver a poner en su lugar la jaula es difícil, ya que los rodillos atravesados toman simultáneamente apoyo en la cara externa del anillo exterior y en un respaldo del anillo interior. Cuando los rodillos están atravesados todo golpe sobre el anillo exterior para forzarlo a rotular se transmite por los rodillos a los respaldos del anillo interior en los cuales se apoyan. En estos respaldos es frecuente constatar **roturas cuya separación corresponde exactamente a la de los rodillos.**

¿Cómo evitarlo?

No se debe dar ningún golpe directamente sobre los anillos y sus respaldos con una herramienta de percusión. En el montaje

interponer siempre entre el martillo y el rodamiento un tubo de diámetro igual al del anillo a colocar, tubo que repartirá la fuerza del golpe sobre una gran parte de la circunferencia del anillo. Para realizar esta operación con facilidad, SNR pone a su disposición una maleta de montaje que comprende todos los útiles adaptados.

*Para los rodamientos de rodillos cilíndricos o cónicos y **los rodamientos de rodillos a rótula**, se recomienda calentar los anillos interiores.*

En la mayoría de los casos y en función del diámetro del rodamiento, el calentamiento a 80°C o 90°C asegura una dilatación sobradamente suficiente para permitir una colocación sin dificultad.

Para volver a colocar el anillo exterior que se ha atravesado en un rodamiento de rodillos a rótula, se tomará la precaución de hacer girar el anillo al mismo tiempo que se sujetan los rodillos atravesados.

Se evitarán totalmente los golpes ya que no pueden ser más que perjudiciales.

Rotura de los anillos

¿Cómo identificarla?

- **Roturas** que afectan a amplios sectores del anillo.
- **Roturas transversales.**

¿De donde viene este problema?

- **Deformación del alojamiento.**
- **Anillos exteriores con cargas excesivas** que pueden ser debidas a una precarga del rodamiento provocada por la desaparición del juego interno que a su vez puede deberse a un apriete muy fuerte del anillo interior sobre el eje (ver cap. 1 exfoliaciones). Las sollicitaciones radiales

que resultan de ello pueden provocar la rotura de un anillo.

- **Roturas transversales de anillos interiores: apriete excesivo** que provoca la rotura por tensiones internas del metal.

¿Cómo evitarlo?

Controlar que las tolerancias de ajuste no provoquen la absorción del juego interno y una precarga importante del rodamiento.

Eventualmente utilizar un rodamiento con juego interno aumentado.



8 Corrosión de contacto

Corrosión de contacto sobre el diámetro interior y la cara de apoyo



¿Cómo identificarla?

Los fenómenos de corrosión de contacto están emparentados con los que dan lugar al falso brinelling (ver cap. 4).

Se localizan en el diámetro interior, en el diámetro exterior o en las caras de apoyo del rodamiento. La corrosión de contacto se presenta bajo la forma de **manchas rosas, oscuras o negras más o menos extensas**. En el examen con aumento aparece un ataque más o menos profundo de las superficies afectadas. **Al frotarlas, estas manchas dejan señales de óxido**. En los casos avanzados, anillos y pistas se cubren de una pasta oscura formada por el óxido unido al lubricante. Si la corrosión es profunda puede provocar, como en el caso de rodamientos de pequeña sección, la rotura de los anillos al ser cargados.

¿De donde viene este problema?

El anillo que gira en relación a la carga debe ser montado con apriete, cuyo objeto es impedir toda rotación de este anillo sobre el apoyo.

Si el **apriete** es **insuficiente** y en consecuencia hay juego, el eje en el diámetro interior, o el anillo

exterior del rodamiento en su alojamiento, efectúan una lenta reptación. En caso de contacto seco sobre los apoyos, se producen gripados locales que provocan arranques de finas partículas de metal del rodamiento, de los apoyos de los ejes y de los alojamientos. Estas partículas se oxidan muy rápidamente pues la lubricación no alcanza generalmente estas zonas; su poder abrasivo tiende a acelerar este fenómeno; en los alojamientos, que no siempre están rectificadas, la elevada rugosidad de las superficies favorece su aparición. Cuando los **rodamientos giran o vibran en sus apoyos** la corrosión de contacto afecta igualmente a las caras. Esto puede producirse cuando el bloqueo axial es insuficiente o bien se anula por deterioro de una arandela o desapriete parcial de una tuerca. La zona del rodamiento afectada, reproduce entonces exactamente, en hueco, el perfil correspondiente al apoyo o al anillo de bloqueo.

¿Cómo evitarlo?

- **Controlar la geometría y las tolerancias de ajuste de los ejes y alojamientos** para asegurar el apriete del rodamiento allí donde sea necesario.
- **Verificar el apriete** conveniente de las tuercas de bloqueo axial o de las tapas de los alojamientos cuando participan en la sujeción de los rodamientos.
- Eventualmente, en recambio, recargar los ejes.
- **Utilizar pasta de montaje SNR.**

Corrosión de contacto



Vibración



Ruido



Elevación de temperatura



Par de rotación



9 Corrosión - Oxidación

Oxidación durante la parada (entrada de líquido)



Oxidación en funcionamiento (entrada de líquido)



¿Cómo identificarla?

- **Oxidación** localizada o generalizada del rodamiento.
- Manchas más o menos extensas de color rojizo o negro **con ataque de la superficie interesada o cavidades**.

¿De donde viene este problema?

Introducción accidental o sistemática de humedad o de líquidos corrosivos que atacan al acero.

Defecto de estanquidad del montaje.

La corrosión puede ser sistemática cuando el rodamiento trabaja en atmósfera saturada de humedad y además está sometido a periodos alternos de

marcha y parada suficientemente prolongados para que la temperatura del órgano mecánico vuelva a descender al valor ambiente. En periodo de funcionamiento, la temperatura del rodamiento se eleva, el aire contenido en el alojamiento se dilata y escapa. Al detenerse, el retorno a la temperatura ambiente se acompaña de un reflujo de aire saturado de humedad que se condensa en el rodamiento. La renovación frecuente de este ciclo produce el depósito de una creciente cantidad de agua que al mezclarse con la grasa no desaparece totalmente durante la fase de recalentamiento. La corrosión alcanza progresivamente al conjunto de los elementos internos. Sus efectos son comparables a los del polvo abrasivo, las capas oxidadas ceden bajo la presión de los cuerpos rodantes y el óxido que es porfirizado acelera a su vez la abrasión. La presencia de manchas corrosivas permite una identificación sin error posible. En efecto, las manchas no afectan únicamente a las partes vivas del rodamiento sino a su conjunto comprendiendo las caras, diámetros y jaulas.

¿Cómo evitarlo?

- Completar o prever las protecciones necesarias.
- Modificar el ambiente mediante una ventilación adecuada.
- Evitar las proyecciones de líquidos sobre las estanquidades y las protecciones que no sean suficientemente válidas.
- Utilizar un lubricante adaptado.
- Utilizar rodamientos estancos SNR.

Corrosión - oxidación



Vibración



Ruido



Elevación de temperatura



Par de rotación

Deformación en el montaje



Rotura de la jaula por vibraciones

¿Cómo identificarla?

Jaulas deformadas – Alveolos aplastados – Marcas de golpes. Averías a veces difícilmente identificables porque se encuentran a menudo enmascaradas por importantes efectos secundarios tales como: calentamientos, laminado de las jaulas bajo los cuerpos rodantes, gripados.

¿De donde viene este problema?

La jaula es particularmente vulnerable mientras el rodamiento no esté definitivamente colocado. **Un montaje sin precauciones** puede, por lo tanto, dañarla gravemente.

En los rodamientos a bolas, por ejemplo, su fragilidad está acentuada por el hecho de que sobresale del borde de las caras. En los rodamientos de rodillos cónicos, desborda sensiblemente la cara menor del cono.

Los daños causados a las jaulas provienen generalmente de malas herramientas o incluso a menudo de una ausencia total de útiles de montaje. Cuando los rodamientos se montan por percusión con punzones ocurre frecuentemente que estas herramientas retumban brutalmente bajo el golpe del martillo provocando deformaciones y aplastamiento de los alveolos y, en consecuencia, acuñamiento de los cuerpos rodantes correspondientes.

¿Cómo evitarlo?

- Colocar los rodamientos preferentemente con prensa.
- Evitar el empleo de punzones.

Cuando el montaje por percusión es inevitable, en recambio especialmente, utilizar tubos de diámetro correspondiente al del anillo que debe colocarse. Este procedimiento se recomienda especialmente para el montaje con apriete de un cono con la cara mayor adelante, lo que hace que la jaula, que desborda la cara pequeña, quede hacia el montador.

Deterioro de las jaulas



Vibración



Ruido



Elevación de temperatura



Par de rotación

Desgaste

¿Cómo identificarla?

Desgaste más o menos pronunciado de los alveolos y diámetros interiores y exteriores de las jaulas.

¿De donde viene este problema?

Introducción de partículas abrasivas en el montaje o más generalmente a lo largo del funcionamiento. La **sobrecarga axial** puede estar en el origen del desgaste de la jaula. En el caso del rodamiento de bolas con jaulas alveoladas, la abrasión agranda los alveolos. La jaula que en origen está centrada en las bolas toma un juego excesivo y un desequilibrado dinámico importante. El diámetro exterior comienza entonces a frotar contra el anillo exterior y su diámetro interior contra el anillo interior. El desequilibrado acelera el desgaste de los alveolos.

En el caso de rodamientos cónicos se observa un desgaste del puente de la jaula y a veces incluso rotura de la misma.

¿Cómo evitarlo?

- Limpiar cuidadosamente los órganos receptores del rodamiento para eliminar todas las partículas abrasivas.
- Asegurar la protección eficaz del rodamiento mediante juntas o cualquier otro dispositivo apropiado.
- Utilizar rodamientos estancos SNR.
- Utilizar lubricantes limpios exentos de partículas extrañas y vigilar el mantenimiento de su limpieza cerrando cuidadosamente cajas y embalajes.

Rotura

¿Cómo identificarla?

Roturas con o sin laminado bajo los cuerpos rodantes.

¿De donde viene este problema?

Las roturas de jaulas suelen tener por origen:

- **Daño grave en el montaje.**
- **Vibraciones** que generan choques.
- Gripado debido a una **lubricación defectuosa**.
- **Aceleraciones o deceleraciones bruscas** no previstas que provocan la deformación de los alveolos.
- **Velocidad excesiva de la jaula** (rodamientos de bolas).
- **Apriete excesivo** del rodamiento debido a la anulación del juego interno bien por defecto de montaje (ajuste muy apretado), bien por dilatación debida a una temperatura de funcionamiento excesiva o a una diferencia de temperaturas importante entre el anillo exterior y el anillo interior.
- **Esfuerzos de alabeado del eje alternados y repetidos** en el caso de rodamientos de bolas. Las inversiones de sentido de arrastre de las bolas debidas a estos alabeados y la velocidad diferencial a la cual son arrastradas a cada inversión, provoca repetidas elongaciones de las jaulas

que por fatiga del material, causan las roturas.

- Deformación de los alojamientos, desequilibrados incontrolados, etc.

¿Cómo evitarlo?

- Tomar en el **montaje** todas las **precauciones** para evitar daños en las jaulas.
- Asegurar la **lubricación correcta** del rodamiento con un lubricante adaptado a la aplicación (velocidad, temperatura, cargas). Verificar que el lubricante accede al rodamiento en cantidad suficiente.
- Controlar aceleraciones y deceleraciones.
- Verificar las velocidades máximas alcanzadas por el rodamiento y asegurarse de que este reúne las características que corresponden a las exigencias.
- Verificar las tolerancias de ajuste y las temperaturas de funcionamiento.
- Si hay esfuerzo de alabeo alternativo utilizar un **tipo de jaula adecuado** (consultar a nuestros Ingenieros de Aplicaciones).

Análisis de casos concretos



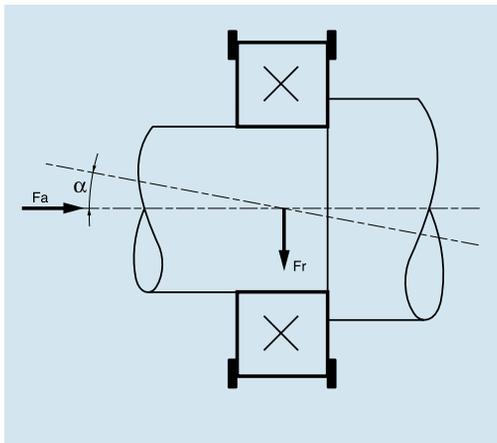
Incidencias por mala posición de las zonas de carga

Desalineamiento

El examen de un rodamiento, incluso sin ningún tipo de deterioro, puede conducir a la constatación de una anomalía de funcionamiento debida bien a una deformación de los órganos receptores, bien a una mala posición del rodamiento en sus soportes, bien a una modificación, en el funcionamiento, de las condiciones teóricas de trabajo.

El examen de las zonas de contacto con las pistas, que son visibles incluso tras un tiempo de funcionamiento reducido, permite controlar si son conformes a las que deben aparecer lógicamente, teniendo en cuenta la naturaleza y dirección de las cargas aplicadas al rodamiento.

Si la imagen observada no corresponde a la esperada para un trabajo en carga determinado, es porque aparecen cargas o deformaciones que no estaban previstas en el esquema inicial.



Leyenda

AE: Anillo exterior

AI: Anillo interior

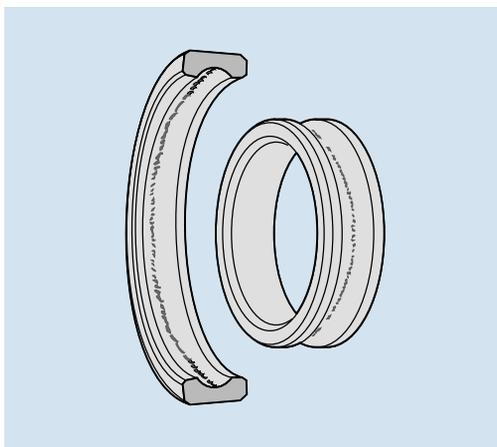
Fijo o giratorio: se entiende con relación a la carga

Fr: Fuerza radial

Fa: Fuerza axial

α : Angulo del eje con la generatriz del alojamiento.

Caso n° 1



AE	Fijo pero desliza bajo la carga
AI	Gira
Fr	Fija con relación al alojamiento
Fa	Nula
α	Nulo

¿Cómo identificarla?

La marca del paso de las bolas se extiende a toda la circunferencia de los dos anillos. Marcas de fricción en el diámetro del **AE**.

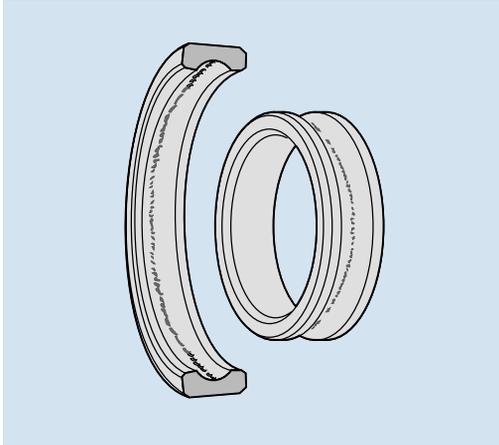
¿De donde viene este problema?

Rotación anormal del **AE** que desliza bajo la carga.

¿Cómo evitarlo?

Revisar el ajuste del **AE** o su dispositivo de fijación.

Caso n° 2



AE	Gira
AI	Fijo pero desliza bajo la carga
Fr	Fija con relación al eje
Fa	Nula
α	Nulo

¿Cómo identificarla?

La marca del paso de las bolas se extiende a toda la circunferencia de los dos anillos.

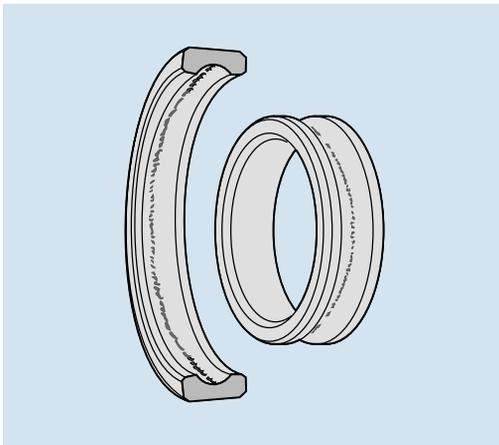
¿De donde viene este problema?

Rotación anormal del **AI** con relación al eje. El deslizamiento del **AI** se confirma por la presencia de marcas en el diámetro interior, con borrado parcial o total de las marcas de rectificación por pulido del diámetro interior.

¿Cómo evitarlo?

Revisar el ajuste del **AI** en el eje o sobre el dispositivo de fijación.

Caso n° 3



AE	Fijo
AI	Gira. Apriete exagerado en el eje
Fr	Adicional inducida por la precarga del AI
Fa	Nula
α	Nulo

¿Cómo identificarla?

La marca del paso de las bolas se extiende a toda la circunferencia de los dos anillos.

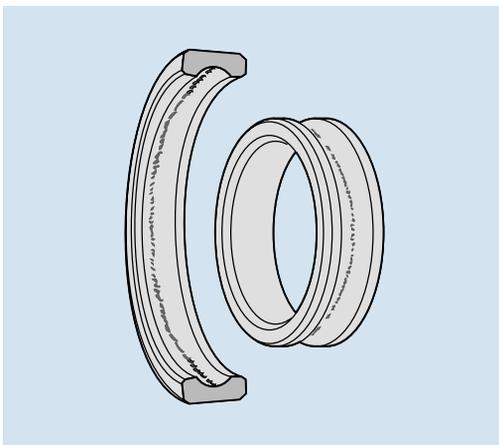
¿De donde viene este problema?

Apriete excesivo bien del **AE** en su alojamiento, bien del **AI** en el eje. Anulación de juego interno y aparición de una precarga que se añade a la carga normal.

¿Cómo evitarlo?

Revisar el ajuste del anillo anormalmente apretado. Aumentar el juego interno del rodamiento.

Caso n° 4



AE	Gira. Apriete exagerado en el alojamiento
AI	Fijo
Fr	Adicional inducida por la precarga del AE
Fa	Nula
α	Nulo

¿Cómo identificarla?

La marca del paso de las bolas se extiende a toda la circunferencia de los dos anillos.

¿De donde viene este problema?

Apriete excesivo bien del **AE** en su alojamiento, bien del **AI** en el eje. Anulación de juego interno y aparición de una precarga que se añade a la carga normal.

¿Cómo evitarlo?

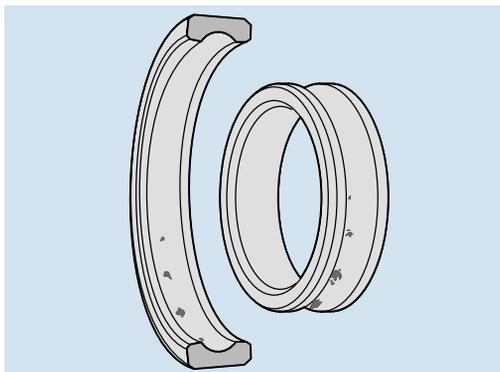
Revisar el ajuste del anillo anormalmente apretado. Aumentar el juego interno del rodamiento.

Análisis de casos concretos



Incidencias por mala posición de las zonas de carga

Caso n° 5



AE	Fijo con relación al AI
AI	Fijo con relación al AE
Fr	Fijo con relación al AE ó AI
Fa	Nula
α	Nulo

¿Cómo identificarla?

Zonas de contacto comprendidas en un arco de circunferencia ligeramente inferior a 180°.

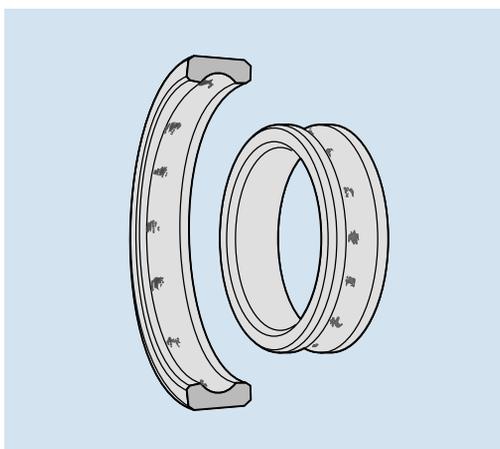
¿De donde viene este problema?

Vibraciones que afectan generalmente al rodamiento al detenerse.

¿Cómo evitarlo?

Ver página 16. (Vibraciones)

Caso n° 6



AE	Fijo con relación al AI
AI	Fijo con relación al AE
Fr	Fijo con relación al AE ó AI
Fa	Nula
α	Nulo

¿Cómo identificarla?

Zonas de contacto equidistantes con una separación correspondiente a la de las bolas y repartidas en toda la circunferencia de las pistas de **AE** y de **AI** y el fondo de la garganta.

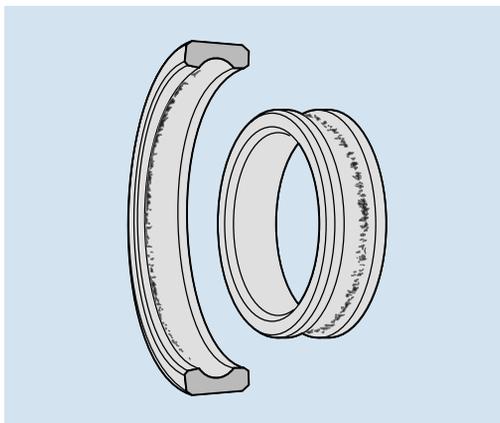
¿De donde viene este problema?

Vibraciones en el rodamiento. La jaula puede girar ligeramente durante el funcionamiento, en especial bajo la acción de las vibraciones. Se observa entonces una sucesión de zonas de contacto con reparto equidistante.

Solución :

Suprimir las causas de vibración. Utilizar un lubricante adecuado.

Caso n° 7



AE	Fijo - Giratorio
AI	Giratorio - Fijo
Fr	Nula o despreciable en comparación con Fa
Fa	Continúa
α	Nulo

¿Cómo identificarla?

Marca del paso de las bolas en toda la circunferencia de los **AE** y **AI** pero anormalmente desplazada lateralmente. **AI**: hacia la cara que sufre la carga **Fa**. **AE**: hacia la cara opuesta (simétrica a la marca en **AI** con relación al fondo de la garganta).

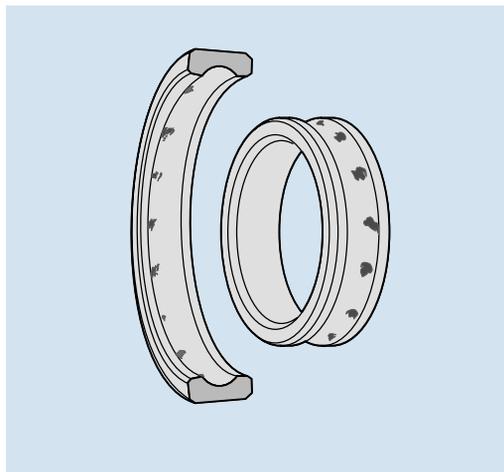
¿De donde viene este problema?

Carga axial anormal.

¿Cómo evitarlo?

Comprobar si **Fa** es normal.

Caso n° 8



AE	Fijo con relación al AI
AI	Fijo con relación al AE
Fr	Nula
Fa	Carga vibratoria
α	Nulo

¿Cómo identificarla?

Zonas de contacto de los cuerpos rodantes y las pistas equidistantes, con una separación correspondiente a la de las bolas y afectando a toda la circunferencia de los **AE** y **AI**. Estas zonas están desplazadas lateralmente.

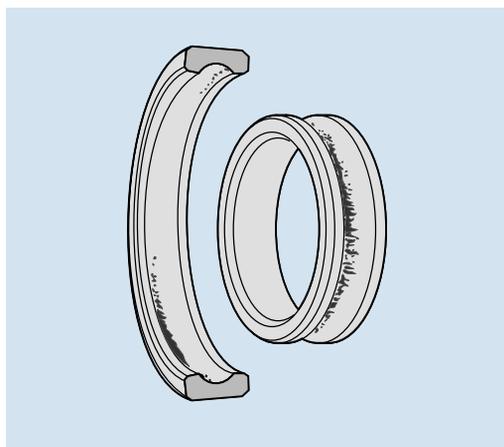
¿De donde viene este problema?

Carga axial vibratoria.

¿Cómo evitarlo?

Comprobar si la carga vibratoria es normal. Utilizar un lubricante adecuado.

Caso n° 9



AE	Fijo
AI	Giratorio en relación al alojamiento del AE
Fr	Fijo en relación al alojamiento del AE
Fa	Nula
α	Valor correspondiente a la anulación del juego

¿Cómo identificarla?

La zona de trabajo sobre el **AE** está inclinada con relación al eje de la pista. Dos zonas de fricción diametralmente opuestas (una sola zona si el juego no está totalmente anulado). Sobre el **AI**, banda de fricción que afecta a toda la circunferencia, con anchura correspondiente a la separación entre los puntos extremos de los apoyos del **AE**.

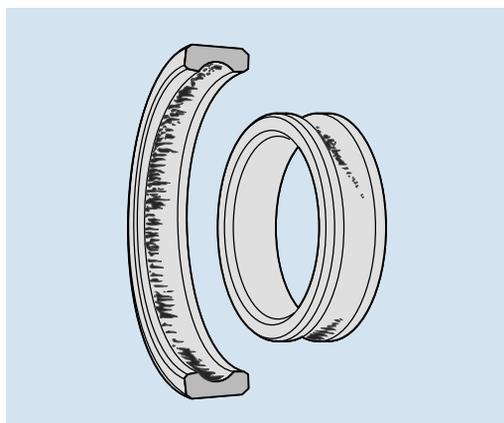
¿De donde viene este problema?

Mal alineamiento del alojamiento del **AE** con relación al eje.

¿Cómo evitarlo?

Alinear el alojamiento. Verificar si los respaldos son perpendiculares a las generatrices de los alojamientos.

Caso n° 10



AE	Giratorio en relación al AI
AI	Fijo
Fr	Fija en relación del AI
Fa	Nula
α	Valor correspondiente a la anulación del juego

¿Cómo identificarla?

AE ancha pista de fricción extendiéndose a toda la circunferencia si el juego está anulado. Sobre el **AI**, fricción formando un ángulo con el eje de la pista del rodamiento en dos zonas diametralmente opuestas.

¿De donde viene este problema?

Mal alineamiento del alojamiento y del eje.

¿Cómo evitarlo?

Revisar el alineamiento. Verificar la perpendicularidad del respaldo del eje.

Europe

FRANCE - EUROPE

SNR Paris	40, rue Jean Bleuzen B.P. 49 92174 Vanves Cedex	Tel. 01 40 93 66 00 Fax 01 40 93 66 10
SNR Logistique	9, avenue Léon Harmel 92160 Antony	Tel. 01 46 11 66 50 Fax 01 46 11 66 66

SNR Bordeaux 1, rue du Golf - B.P. 173
33708 Merignac Cedex Tel. 05 56 34 69 80
Fax 05 56 34 69 81

SNR Lyon Europe* Le Florentin - 71, chemin
du Moulin Carron - B.P. 8
69570 Dardilly Tel. 04 78 66 68 00
Fax 04 78 66 68 20

SNR Nancy Europe* 3, allée Forêt de la Reine
Parc technologique Brabois
54500 Vandœuvre Tel. 03 83 44 64 00
Fax 03 83 44 02 31

DEUTSCHLAND

SNR WÄLZLAGER GMBH 40472 Düsseldorf	Wählerstraße 6 40437 Düsseldorf Postfach 33 04 10	www.snr.de Tel. (0211) 6 58 06-0 Fax (0211) 6 58 88 86
33719 Bielefeld	Friedrich-Hagemann-Str.66 33701 Bielefeld Postfach 17 01 45	Tel. (0521) 9 24 00-0 Fax (0521) 9 24 00 90
70597 Stuttgart	Tränkestraße 7 70574 Stuttgart Postfach 70 04 16	Tel. (0711) 9 00 64-0 Fax (0711) 9 00 64 99

ITALIA

SNR Italia Milano	Via Keplero, 5 20019 Settimo Milanese (MI)	Tel. (02) 33 55 21 Fax (02) 33 50 06 56
Bologna	Via E.Zago, 2/2 40128 Bologna	Tel. (051) 36 79 46 (051) 36 29 78 Fax (051) 36 85 38

ESPAÑA - PORTUGAL

SNR Rodamientos Ibérica S.A.
Madrid C/ Llanos de Jerez, 22
Poligono Industrial
28820 Coslada Tel. 91 671 89 13
Fax 91 673 65 48

***EUROPE** (Subsidiaries excepted)
SNR Nancy - Europe : Benelux - Suisse - Autriche - U.K.
SNR Lyon - Europe : Other Countries - Fax 04 78 66 68 21

Amériques / Americas

USA

SNR Bearings USA Atlanta	4600 K Highlands Pkwy Smyrna, G.A. 30082	www.snrbearings.com Tel. (770) 435-2818 (800) 232-1717 Fax (800) 742-5215
------------------------------------	---	---

AMERICA LATINA

SNR Argentina Buenos-Aires
Viamonte 1145 - PISO 11
1053 Buenos-Aires Tel. (54) 11-4 372-1272
Fax. (54) 11-4 372-0088

SNR Intermondial (Overseas)

AnneCy	18, rue du Val-Vert 74600 Seynod France	Tel. (33) 4 50 65 96 00/01/02 Fax (33) 4 50 65 96 15
---------------	---	---

MAROC

SNR Maroc Casablanca
73, Bd Moulay Slimane
Ain Sebaa CASABLANCA
BP 15873 CASA-PRINCIPAL
e-mail : info@snr.ma
Tel. (212) 22 66 76 80
Fax (212) 22 66 51 66



Siège social : Rue des Usines - 74000 Annecy - FRANCE

RCS Annecy B 325821072 - Code NAF 291H

<http://www.snr.fr>