

03

ARTÍCULOS

Los rodamientos, ni vibran, ni se rompen.



José P. Rayo Peinado
Director Área de Fiabilidad
Preditec/IRM

Los rodamientos no vibran.

Es simplemente una afirmación aunque no un dogma, que siempre suscita debate, y con la que me gusta iniciar el capítulo referente a la detección y el diagnóstico de fallos en rodamientos en los cursos de análisis de vibración.

Más información

ivib Advanced Machinery Supervisor

Great solution for machinery Cloud Monitoring!



No trato de ser dogmático pero ¿Está dicha afirmación muy lejos de la realidad? Depende del enfoque que queramos darle.

Quizá podría ser más cierta si dijésemos “los rodamientos **sanos** no vibran y sólo lo hacen en los estertores de la agonía, cuando ya tienen un daño, cuando ya no hay remedio para librarlos del desastre”.

Por supuesto también vibrarán si, por ejemplo, un excesivo desequilibrio en el rotor soportado hace que aumente la fuerza centrífuga y en definitiva la carga dinámica aplicada al rodamiento que “se quejará” vibrando pero con las características de la vibración generada por desequilibrio que será la causa raíz que está contribuyendo al aumento de vibración global de la máquina.

Las máquinas vibran siempre. La vibración se genera en el eje. Medimos la vibración en un punto accesible al cual se transmitan todos los esfuerzos generados en el eje y este punto es la caja del rodamiento. El rodamiento entonces transmite la vibración de la máquina pero él sólo “generará” vibración cuando esté dañado.

Lo cierto es que cuando un rodamiento **genera** vibración (siendo la causa raíz de esta) es porque ya tiene un defecto



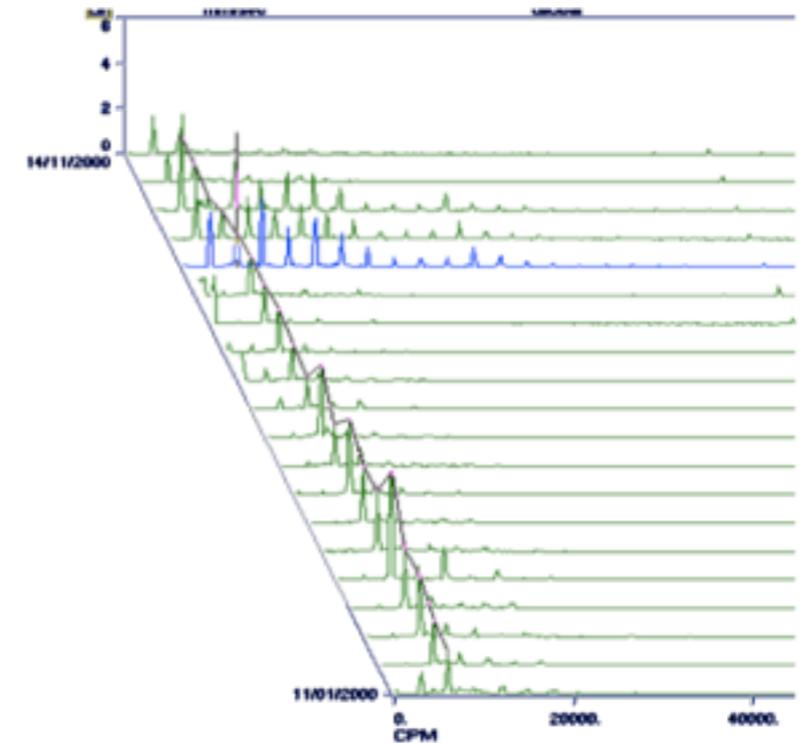
apreciable en alguno de sus elementos constituyentes y el tiempo que media desde la aparición del defecto hasta la rotura del rodamiento y los correspondientes daños colaterales es casi siempre insuficiente para tomar decisiones tempranas de corrección del problema que eviten el fallo total. Por eso preferimos decir que no vibran, porque cuando lo hacen es casi siempre demasiado tarde para evitar el fallo.

Cuando no existían otros medios, había quien recurría a hacer una medida global de velocidad de vibración (mm/s) y otra en aceleración (g) en el mismo punto y llevar un histórico de ambas variables de forma que si en un momento dado, la tasa de crecimiento de la aceleración era mayor que la de velocidad se intuía que el problema en desarrollo era en alta frecuencia y automáticamente se sospechaba del rodamiento ya que era frecuente oír que los rodamientos “vibran en alta frecuencia”.

Este es un error común que se sigue manteniendo hoy entre algunos técnicos que desconocen que las frecuencias de vibración producidas por un defecto en un rodamiento pueden llegar a ser, dependiendo del componente en que se inicien, inferiores a la velocidad de giro del eje en el que dicho rodamiento esté instalado.

Analizando cuidadosamente el espectro de vibración, siempre que éste se haya parametrizado correctamente y si el analizador utilizado tiene un buen rango dinámico, se podrán ver picos en las correspondientes frecuencias de defecto (BPFI, BPFO, BSF, FTF) pero, insistimos, en muchos casos no habrá tiempo de reacción y el rodamiento romperá antes de que pueda ser sustituido y el fallo, por tanto, evitado.

Lo que sí sabemos es que **en los rodamientos en operación, aun siendo nuevos y correctamente instalados y lubricados, existe fricción**; fricción entre los elementos rodantes y las pistas de rodadura y entre aquellos y la jaula, y siempre que hay fricción se generan ultrasonidos, y los ultrasonidos (simplificando) son vibración en muy alta frecuencia y



normalmente de muy baja intensidad pero que se propagan, como cualquier onda mecánica, a través de cualquier medio elástico ya sea este el aire o los distintos componentes metálicos del rodamiento y sus elementos asociados: ejes, cajas, etc.

Si queremos hacer un seguimiento eficiente del estado de salud de un rodamiento desde que este es nuevo, deberemos tener en cuenta las sucesivas fases o etapas de desarrollo del problema y cómo se manifiestan traducéndose en algún parámetro fácilmente medible.

En la ETAPA I el rodamiento es nuevo y aunque esté bien lubricado (una de las misiones del lubricante es reducir la fricción) hemos dicho que existirá fricción y por lo tanto ultrasonidos y en consecuencia vibración de muy débil intensidad y frecuencias del orden de 20 kHz a 50 kHz o más.

Además, los elementos constituyentes del rodamiento no son perfectos: Las bolas son teóricamente esferas pero si las observásemos al microscopio veríamos que son realmente “poliedros” con sus caras, vértices y aristas correspondientes.

Las pistas tienen un acabado como un espejo pero, vistas con un proyector de perfiles probablemente observaríamos pequeñas imperfecciones: rayas, picaduras, inapreciables pero existentes. Todo ello hará que entre los componentes del rodamiento en operación se produzcan choques que generarán pequeños impactos que conllevan una determinada aunque minúscula energía. Estos impactos están presentes desde que el rodamiento es nuevo y se manifiestan típicamente en forma de pulsos de aceleración en una banda de frecuencias comprendida entre 5 kHz y 50 kHz cuya energía asociada puede ser medida si disponemos de la tecnología adecuada y del correcto grado de formación y entrenamiento en su utilización.

ETAPA II. Al cabo del tiempo, la fricción y los impactos mencionados, van fatigando los componentes del rodamiento y pueden aparecer daños sub-superficiales en las pistas o elementos rodantes que harán que aumente el nivel r.m.s. de aceleración asociada a los impactos en la mencionada banda de 5 kHz – 50 kHz.

ETAPA III. La energía asociada a los impactos de alta frecuencia ha adquirido un valor suficiente como para excitar a vibración en sus diferentes frecuencias propias, a los distintos elementos del rodamiento. Estos picos de vibración aparecerán en el espectro en valores de frecuencia que, dependiendo de las dimensiones del rodamiento pueden variar desde 500 Hz o menos, hasta 5 KHz.

La vibración a su frecuencia propia, y eventualmente en resonancia, de los distintos elementos del rodamiento hará que los posibles defectos sub-superficiales puedan desarrollarse y llegar a manifestarse en forma de daño superficial visible en alguno de los componentes del rodamiento: pista exterior, pista interior, jaula, bola o rodillo.

ETAPA IV. El desarrollo y establecimiento de uno o más de los defectos típicos de rodamiento harán que aparezcan en el espectro las frecuencias de defecto correspondientes (BPFO,

BPFI, BSF, FTF) y normalmente empezando a manifestarse los armónicos de orden 3x, seguidos del 2x y del 1x del defecto o defectos que se hayan declarado.

Finalmente todo el espectro se llenará de “hierba” y picos de diferentes defectos aunque será algo que raras veces veremos pues el rodamiento se habrá roto antes.

No pretendemos en este breve artículo describir en detalle todo el proceso de deterioro y la forma de manifestarse la vibración pero sí resaltar el hecho de que la evolución desde la etapa II en que el valor de energía asociada a la banda de 5 kHz. - 50 kHz. comienza a aumentar hasta que el rodamiento finalmente rompe al final de la etapa IV es con frecuencia una evolución exponencial y en muchos casos se desarrollará en un tiempo insuficiente para la necesaria toma de decisiones que eviten el fallo total.

Por esto nos interesa utilizar técnicas sencillas de detección de fallos en rodamientos (Ultrasonidos, Spike Energy™, PeakView™) que nos indiquen el más mínimo cambio en la condición del rodamiento y, ante ese cambio, sustituir el rodamiento lo antes posible, antes de que comience a “vibrar” por la presencia de un defecto ya establecido.

Ya tendremos tiempo después de analizar, desmontándolo, dónde estaba situado el defecto y cuál era su severidad. Pero la máquina estará trabajando con un rodamiento nuevo ¡y supuestamente bien montado!

Los rodamientos no se rompen

Nadie duda hoy de la calidad de estos componentes básicos de todo tipo de máquina rotativa.

Tanto por los materiales constituyentes como por la precisión alcanzada en los procesos de mecanizado y fabricación se puede garantizar que, salvo excepciones que no vamos a considerar en este artículo, los rodamientos son entre los

componentes de maquinaria, uno de los más fiables que existen hoy en día.



Siendo esto así, si el fabricante determina que la vida L_{10} tiene una determinada duración, más del 90% de los rodamientos deberían cumplir o incluso superar las horas de operación establecidas. Sin embargo la experiencia determina que, según algunas fuentes, de todos los rodamientos instalados en el mundo, no llega a un 10% el número de los que cumplen su vida útil. ¿Cuáles pueden ser las causas de que esto sea así?

Supongamos que vamos a sustituir un rodamiento, que hemos seleccionado adecuadamente el sustituto y vamos a recogerlo al almacén de repuestos, en el que debe haber unas condiciones ambientales idóneas para el almacenamiento de piezas críticas para la operación de la planta.

¿Cómo está almacenado el rodamiento? Desde luego debe estar en su envase original y con la envolvente de papel engrasado que le proteja del ambiente. Por supuesto, la caja estará en posición horizontal y NUNCA como los libros en una estantería. Debemos tomar precauciones para que al manipularlo no se caiga al suelo ni se golpee.

Si el rodamiento va a ir calado con interferencia en el eje, se supone que previamente hemos medido el diámetro real del eje

(con un micrómetro milesimal) y que una vez en el taller medimos el diámetro interior del agujero del rodamiento a fin de calcular que la interferencia es la adecuada para esa pareja rodamiento/eje. En caso contrario, deberíamos seleccionar otro rodamiento que cumpliera el valor requerido de interferencia.

¿Cómo calentamos el rodamiento para dilatarlo antes de calarlo en el eje? Por supuesto que este delicado proceso se debería llevar a cabo con un calentador de inducción u otro medio que garantizase un calentamiento homogéneo en toda la superficie del rodamiento y le llevase a la temperatura óptima sin exceder los valores máximos admisibles. El soplete debería estar prohibido.

A la hora de calarlo en el eje debemos ser cuidadosos para que el rodamiento llegue a hacer tope con el escalón del eje en toda su circunferencia. Si esto no se logra y el rodamiento quedase torcido (desalineado) nunca deberíamos usar un mazo para terminar de asentarlo (y dañarlo) sino que deberíamos extraerlo (con un extractor) y sustituirlo por otro nuevo.

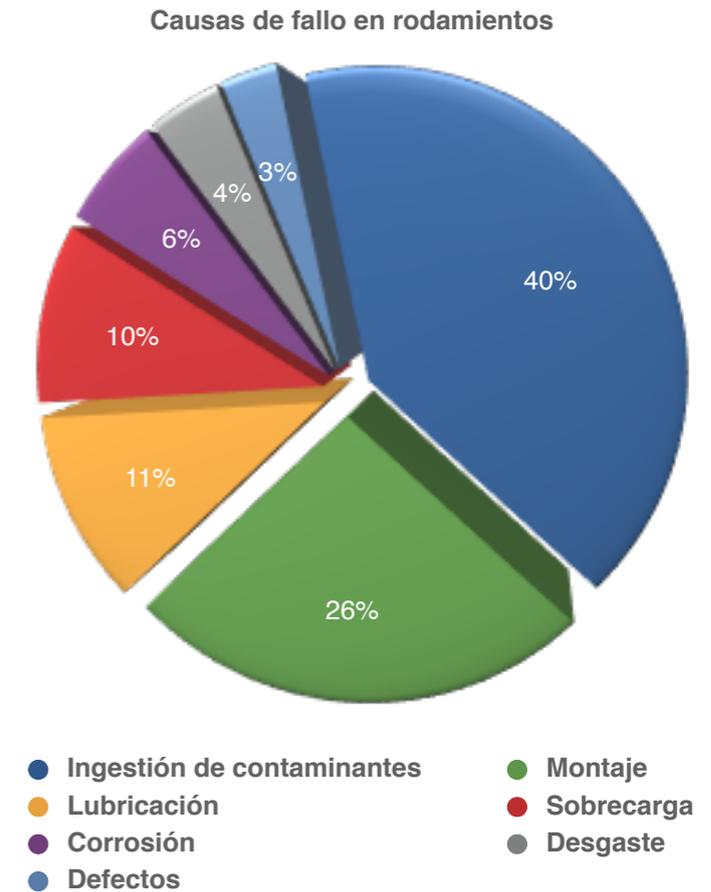
Todos estos pasos, si no se hacen adecuadamente es seguro que van a dañar el rodamiento y que este no cumplirá sus horas de vida de diseño.

A veces, en los cursos, comentamos la conveniencia de usar guantes mientras se manipula el rodamiento para evitar el contacto de este con las manos desnudas pues el sudor puede contaminar el rodamiento y provocar una oxidación prematura.

Frente a esto hay quien opina ¡qué exageración! Pero, entonces, ¿por qué en la caja de un calentador de inducción que acabemos de adquirir vienen un par de guantes blancos?

Hay otros factores a los que también deberíamos prestar atención como son el equilibrado del rotor y/o la alineación del equipo en que vamos a montar nuestro rodamiento.

Como decíamos al principio un excesivo desequilibrio en el rotor soportado, hace que aumente la fuerza centrífuga y en definitiva la carga dinámica aplicada al rodamiento. ¿Sabemos que la vida de un rodamiento se reduce según el cubo del incremento de



carga? Es decir, si la carga se duplica, la vida del rodamiento se reduce a 1/8 de la nominal.

Y una vez montado (supongamos que correctamente) el rodamiento en su equipo, que también suponemos correctamente equilibrado y alineado. Habrá que lubricarlo y mantenerlo.

La lubricación es vital. La vida de nuestros equipos depende en gran medida de una película de lubricante de unas pocas micras de espesor.

¿Es correcto el tipo de aceite o grasa que utilizamos para lubricar? ¿Mantenemos los aceites correctamente almacenados para evitar la contaminación por agua o partículas? ¿Aportamos la cantidad de grasa correcta en las tareas de relubricación y lo hacemos con la frecuencia necesaria?

Causas más comunes de fallo en rodamientos

Instalación incorrecta	Lubricación inadecuada	Condiciones de operación	Ambiente adverso
Mala fijación en el eje	Tipo Incorrecto	Desalineación	Sellado incorrecto
Mala fijación en la cajera	Lubricación insuficiente	Desequilibrio	Vibración externa
Manipulación incorrecta	Lubricación excesiva	Tensión de correas	Corriente eléctrica
Daños durante el montaje	Frecuencia de reengrase incorrecta	Sobrecarga	Contaminantes
Tolerancias incorrectas		Sobrevelocidad	
Tipo inadecuado			
Emplazamiento inadecuado			

La pregunta que yo muchas veces me he planteado es ¿Se rompen realmente los rodamientos o somos nosotros quienes los rompemos?

Recuerdo que estando de vacaciones en un hotel en Brasil, estaban efectuando una obra menor de reacondicionamiento en una zona del jardín. Para evitar posibles accidentes a los huéspedes del hotel igual que aquí pondríamos un cartel que dijese “Precaución obras” o algo parecido, habían acordonado la zona y colocado en lugares estratégicos varios carteles como el de la imagen que no pude por menos que fotografiar:



Que cada uno extraiga sus conclusiones...

En los cursos de analista de vibración se suele dedicar un capítulo extenso a la detección de fallos en rodamientos ya que se dice que son los elementos que más fallan. Se detalla como se presentaría el espectro de vibración en función de donde esté situado el fallo del rodamiento: Pista interior, pista exterior, jaula, ...está bien pero, ¿para qué queremos saber tanto sobre diagnóstico de fallos en rodamientos? ¿Por qué no aprendemos mejor y aplicamos de forma eficiente las tareas proactivas que evitan los fallos?

Recomendaciones y conclusiones finales

1. Para seguir el estado de salud de un rodamiento, monitorizar un parámetro en muy alta frecuencia.

En los rodamientos en operación aun nuevos hay fricción y la fricción es posible cuantificarla midiendo algún parámetro en alta frecuencia: Pulsos de choque, ultrasonidos, Spike Energy™, PeakView™... a medida que aumente el desgaste y/o se inicie el deterioro en sus fases más incipientes la fricción aumenta y sólo cuando hay daño establecido, aparecerá la vibración originada por el propio rodamiento.

2. El espectro de vibración será útil cuando, una vez detectado con la técnica anterior el punto P de la curva P-F del rodamiento, nos hagan la típica pregunta: ¿durará el rodamiento hasta la próxima parada...? La evolución del deterioro será posible seguirla, en algún caso, según las etapas explicadas más atrás en este artículo y hacer así estimación del tiempo que puede faltar para el fallo total.

3. Ser proactivos. Hacer siempre las tareas correctivas según las mejores prácticas del Mantenimiento de Precisión y de esta forma, podemos estar casi seguros de que los rodamientos sólo se romperán al cumplir su vida L_{10} y que no vibrarán hasta unos instantes antes de romper aunque siempre habrán estado generando vibración en muy alta frecuencia debido a la fricción inherente a su funcionamiento y sólo detectable con técnicas muy especiales.

4. Formarse en técnicas de Mantenimiento de Precisión al tiempo que lo hacemos en las diferentes técnicas aplicables hoy al Mantenimiento Predictivo.

HEAR SDT MORE

SDT270
the evolution of ultrasound

El detector de ultrasonidos más evolucionado para el mantenimiento predictivo

Varios pasos por delante

- Una precisión sin precedentes en la detección y medición
- Grabación de archivos de ondas dinámicas y sonido
- Dos canales de entrada
- Tacómetro láser y pirómetro integrados
- Integración de bases de datos SQL
- Transferencia de datos a través de USB y conexión Ethernet
- Software de diagnóstico amigable
- Sistema modular ampliable

Aplicaciones... fuentes de ahorro inmediato

- Detección de fugas de aire comprimido
- Inspección de purgadores de vapor
- Supervisión del estado de los rodamientos
- Control de la lubricación en tiempo real
- Detección de cavitación en bombas
- Detección de fugas internas en válvulas
- La detección de fallos eléctricos

Ex II 1 G Ex ia IIC T3/T2 Ga

Demostración gratis y sin compromiso. Más información aquí.