

Rodamientos en bombas

Qué lleva una bomba, por qué fallan antes de tiempo, cómo se detectan y cómo se montan

La vida L10 que figura en el catálogo casi nunca se alcanza en planta. En general el rodamiento no llega a fallar por fatiga del material: lo terminan antes la grasa equivocada o de más, el agua y el polvo que entran por el sello, un montaje a golpes o una carga que no estaba en el cálculo. La falla, en cambio, avisa con semanas o meses de anticipación, si alguien la está midiendo.

Ideas clave

- La vida de cálculo supone lubricación limpia, montaje correcto y carga conocida; en planta eso rara vez se cumple.
- En rodamientos de bolas la carga pesa al cubo: el doble de carga deja la vida en un octavo.
- El rodamiento usado cuenta la causa; mirarlo antes de tirarlo evita repetir la falla.

Qué rodamientos lleva una bomba

Una bomba centrífuga tiene, en general, un apoyo **libre**, que toma carga radial y deja dilatar el eje, y un apoyo **fijo**, que además toma el empuje axial hidráulico. En las bombas en voladizo (ANSI/ISO, API OH2) el apoyo radial va del lado del rodete y el de empuje del lado del acoplamiento; en las bombas entre apoyos, el de empuje suele ir en el extremo opuesto al acoplamiento.

Tipo	Dónde se usa	Qué toma
Rígido de bolas (serie 62, 63)	Bombas ANSI/ISO chicas y medianas, motores eléctricos	Carga radial y axial moderada en ambos sentidos
Contacto angular en pareja (serie 73, 40°)	Apoyo fijo de bombas de proceso (API 610)	Empuje axial alto; espalda con espalda (O) para ambos sentidos, tándem para un solo sentido dominante
Rodillos cilíndricos (NU, NJ)	Apoyo libre de bombas grandes o con carga radial alta	Carga radial alta; el tipo NU no toma carga axial y permite el desplazamiento del eje

Sufijos y disposiciones varían entre fabricantes; verifícala la designación completa en el plano o en el rodamiento retirado.

El **juego interno C3** (mayor que el normal) es habitual en bombas y motores. El ajuste con interferencia en el eje y la diferencia de temperatura entre aro interior y exterior reducen el juego en servicio; con juego normal el rodamiento puede quedar precargado y calentar. Al pedir el repuesto, respetá el sufijo de juego y de jaula del original.

Vida de cálculo y por qué no se cumple

ISO 281 define la vida nominal L10: el número de revoluciones que alcanza o supera el 90 % de un grupo de rodamientos iguales bajo la misma carga. Es una vida de fatiga del material, no una garantía para un rodamiento en particular.

$$L_{10} = (C/P)^p \text{ [millones de revoluciones]}$$

$$L_{10h} = L_{10} \cdot 10^6 / (60 \cdot n) \text{ [h]}$$

C capacidad de carga dinámica del rodamiento, kN (catálogo del fabricante)

P carga dinámica equivalente, kN

p 3 para bolas, 10/3 para rodillos

n velocidad, rpm

Ejemplo: un rodamiento de bolas con C = 60 kN y P = 4 kN a 2.950 rpm da $L_{10} = (60/4)^3 = 3.375$ millones de revoluciones, unas 19.070 h. Si la operación lejos del BEP, una desalineación o un desbalance llevan la carga a 8 kN, la vida cae a 421,9 millones de revoluciones, unas 2.380 h: un octavo.

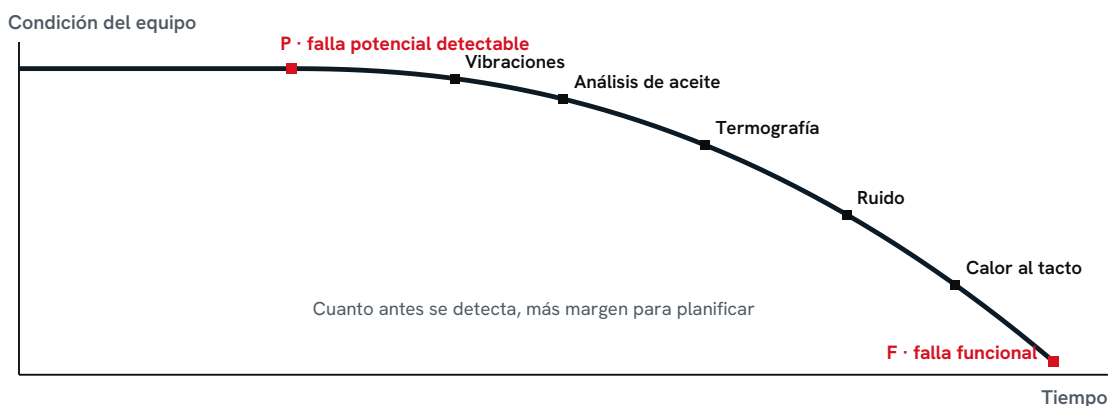
La fórmula supone lubricante limpio, en cantidad y viscosidad correctas, y montaje sin daños. ISO 281 agrega factores de corrección (a_1 para confiabilidad, a_{ISO} para lubricación y contaminación) que en condiciones reales de planta suelen recortar esa vida. En bombas, las causas que más se repiten son **lubricación** (falta, exceso, grasa degradada o mezclada), **contaminación** (agua y partículas que entran por sellos de caja gastados), **montaje** (golpes, ajustes incorrectos, desalineación) y **carga** fuera de diseño (operar lejos del BEP, tensión de cañerías, desbalance).

REGLA PRÁCTICA

Cuando un rodamiento falla antes de tiempo, cambiarlo por otro igual sin corregir la causa deja armada la próxima parada. Primero la causa, después el repuesto.

Cómo avisa un rodamiento que se está dañando

El daño avanza por etapas y cada técnica lo ve en un momento distinto. Cuanto antes se detecta, más margen hay para programar la parada.



- **Envolvente (demodulación) y ultrasonido:** ven los impactos de un defecto incipiente en pistas o elementos rodantes, mucho antes que la velocidad global.
- **Espectro de vibración:** aparecen las frecuencias de defecto del rodamiento (BPFO aro exterior, BPFI aro interior, BSF elementos rodantes, FTF jaula) y sus armónicos. Se calculan con la geometría del rodamiento y la velocidad.

- **Velocidad global (mm/s RMS):** sube cuando el daño ya está avanzado; se compara con las zonas de ISO 10816-3 / ISO 20816-3.
- **Temperatura:** sube tarde, salvo en problemas de lubricación o precarga, donde puede ser la primera señal. Compará contra el apoyo gemelo y contra la tendencia propia.
- **Ruido audible:** cuando se escucha, la falla está cerca.

Lo que cuenta un rodamiento usado

ISO 15243 clasifica los modos de daño por su mecanismo. Guardá el rodamiento retirado, sin lavarlo de entrada, junto con una muestra de la grasa o el aceite, y anotá en qué posición estaba y hacia dónde estaba el lado de carga.

Modo (ISO 15243)	Qué se ve	Causa probable
Fatiga	Descascarillado (desprendimiento de material) en la zona de carga	Fin de vida normal; si aparece antes, sobrecarga, lubricación pobre o superficie dañada
Desgaste	Pistas opacas, juego aumentado, grasa oscura con partículas	Contaminación abrasiva, lubricación insuficiente
Corrosión	Óxido, picado; marcas a paso de elementos rodantes con el equipo parado (falso Brinell)	Agua en el lubricante; vibración transmitida con la bomba detenida
Erosión eléctrica	Cráteres microscópicos; estrías transversales regulares en la pista (fluting), grasa ennegrecida	Corriente que pasa por el rodamiento, típica en motores con variador de frecuencia
Deformación plástica	Marcas a paso de elementos rodantes (Brinell verdadero); huellas de partículas	Golpes en el montaje, sobrecarga estática, partículas duras
Fractura y fisuras	Aro partido o fisurado, jaula rota	Ajuste excesivo, golpes, calentamiento desparejo, fatiga de la jaula

La **huella de carga** también informa: una franja desplazada hacia un costado de la pista y en toda la circunferencia indica carga axial excesiva; una huella centrada que recorre toda la circunferencia del aro exterior apunta a precarga (juego insuficiente) o a desbalance; una huella inclinada, a desalineación del alojamiento o del eje.

Montaje y desmontaje sin dañar el rodamiento

- 01 Verificá medidas de eje y alojamiento (diámetro, ovalización, estado de los asientos). Un asiento gastado arruina el rodamiento nuevo.
- 02 Trabajá limpio: abrí el rodamiento recién en el momento de montarlo y no lo laves; el antioxidante de fábrica es compatible con los lubricantes comunes.
- 03 Calentá con **calentador por inducción**, controlando la temperatura con sonda. El límite lo fija el fabricante; para rodamientos abiertos el máximo típico es del orden de 110 a 120 °C. Los rodamientos blindados o sellados con grasa suelen admitir menos. Nunca uses soplete ni llama directa.
- 04 Si el calentador no desmagnetiza en forma automática, desmagnetizá el rodamiento antes de montarlo.
- 05 Si se monta en frío, la fuerza se aplica sobre el aro que lleva el ajuste (aro interior en el eje) con un casquillo de montaje. Nunca golpees de manera que la fuerza pase por los elementos rodantes.
- 06 En parejas de contacto angular respetá la disposición (O o tándem) indicada por las marcas del fabricante.
- 07 Lubricá con el producto y la cantidad especificados, cerrá la caja con sellos en buen estado y, después del montaje, verificá alineación y vibración de arranque como línea de base.

Para desmontar usá extractor apoyado en el aro con ajuste. Un rodamiento retirado con extractor o golpes no se vuelve a montar.

Cambio por condición, no por calendario

Cambiar rodamientos a fecha fija desecha piezas sanas y, a la vez, no evita las fallas tempranas por montaje o contaminación. Con medición periódica se cambia cuando el rodamiento lo pide: tendencia creciente en envolvente, frecuencias de defecto que aparecen en el espectro y suben con armónicos, temperatura que se aparta del apoyo gemelo. Con esos datos la parada se programa con el repuesto en mano y la causa identificada.

Checklist para planta

- ☐ Registrá la designación completa de cada rodamiento (incluidos sufijos de juego, jaula y disposición) en la ficha del equipo.
- ☐ Medí vibración con envolvente en los apoyos de las bombas críticas y guardá la línea de base.
- ☐ Revisá estado de sellos de caja, venteos y nivel o cantidad de lubricante en cada ronda.
- ☐ Compará la temperatura de cada apoyo con su gemelo y con su propia tendencia.
- ☐ Usá calentador por inducción con control de temperatura; prohibí el soplete y el martillo directo.
- ☐ Guardá cada rodamiento retirado con su lubricante y analizá el modo de falla según ISO 15243.
- ☐ Verificá alineación y tensión de cañerías después de cada intervención.
- ☐ Si el motor tiene variador, revisá si corresponde rodamiento aislado o escobilla de puesta a tierra del eje.

Cómo te ayuda WPM

Medimos vibraciones en campo con espectro y envolvente, identificamos la frecuencia de defecto y el rodamiento comprometido, y te entregamos la tendencia para programar el cambio. En el taller desarmamos, analizamos el rodamiento retirado, verificamos asientos y montamos con calentamiento por inducción.

WhatsApp +54 9 299 455-3106 · ventas@wpmweb.com.ar

www.wpmweb.com.ar/servicio-en-campo/analisis-de-vibraciones

Taller y oficinas: Tita Merello 3200, Neuquén Capital. Más de 25 años en bombas y motores.

Referencias. ISO 281 — Rodamientos: capacidad de carga dinámica y vida nominal · ISO 15243 — Rodamientos: daños y fallas, términos, características y causas · ISO 10816-3 / ISO 20816-3 — Evaluación de vibraciones en máquinas industriales · ISO 13373-1 — Monitoreo de condición y diagnóstico de máquinas: monitoreo de vibraciones · API 610 — Bombas centrífugas para las industrias del petróleo, petroquímica y gas natural

Contenido orientativo. Los valores de referencia no reemplazan las indicaciones del fabricante del equipo ni la evaluación en sitio.