



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**IMPLEMENTACIÓN DE TRES MÉTODOS PARA MONTAJE Y
DESMONTAJE DE RODAMIENTOS EN EL LABORATORIO DE
MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA FACULTAD DE
MECÁNICA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA/O EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES:

MIRANDA QUINTANA SANDY KATHERINE

PULLOPAXI MORENO CHRISTOPER JHOSUA

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**IMPLEMENTACIÓN DE TRES MÉTODOS PARA MONTAJE Y
DESMONTAJE DE RODAMIENTOS EN EL LABORATORIO DE
MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA FACULTAD DE
MECÁNICA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Tipo Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA/O EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES: MIRANDA QUINTANA SANDY KATHERINE

PULLOPAXI MORENO CHRISTOPER JHOSUA

DIRECTOR: ING. FÉLIX ANTONIO GARCÍA MORA

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Sandy Katherine Miranda Quintana & Christoper Jhosua Pullopaxi Moreno

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autores.

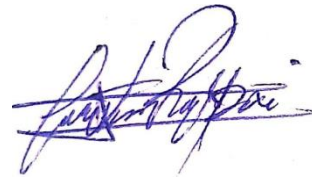
Nosotros, Sandy Katherine Miranda Quintana y Christoper Jhosua Pullopaxi Moreno, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 17 de noviembre de 2023





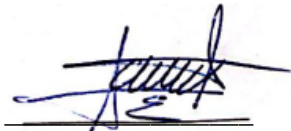
Sandy Katherine Miranda Quintana
C.I: 180440178-2



Christoper Jhosua Pullopaxi Moreno
C.I: 150093851-7

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **IMPLEMENTACIÓN DE TRES MÉTODOS PARA MONTAJE Y DESMONTAJE DE RODAMIENTOS EN EL LABORATORIO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA**, realizado por la señorita y el señor: **MIRANDA QUINTANA SANDY KATHERINE Y PULLOPAXI MORENO CHRISTOPER JHOSUA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Antonio Ordoñez Viñan PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-11-17
Ing. Félix Antonio García Mora DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-11-17
Ing. Eduardo Segundo Hernández Dávila ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-11-17

DEDICATORIA

El presente Trabajo lo dedico especialmente a mis padres, Beatriz Moreno y Carlos Pullopaxi por su incondicional apoyo al estar constantemente pendientes de mí, no permitirme rendir y su gran esfuerzo en esta etapa de mi vida. A mis hermanos, Telman, Janeth y Carlos por escucharme y aconsejarme en mis peores momentos y no dejarme vencer por nada. A todos mis familiares y amigos, los cuales comparten momentos especiales conmigo y creen siempre en mis capacidades. Gracias infinitas a todos, porque esto, me permitió seguir con mis metas y recibir la mejor herencia que me ayudará a servir con la sociedad.

Christoper

Dedico el presente Trabajo con todo amor y cariño a mi amada madre Natividad Quintana por su esfuerzo y paciencia, por darme la oportunidad de adquirir una carrera profesional para un mejor futuro, y a mi querido padre Luis Miranda por su esmero y motivación que siempre me ha brindado a lo largo de este proceso. A mis queridos cuatro hermanos quienes con su apoyo y palabras de aliento han ayudado a cumplir mis objetivos, finalmente a mis profesores, amigos y compañeros que impartieron sus conocimientos y han envuelto mi camino de alegrías y ocurrencias.

Sandy

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por los dones que me ha concedido y por permitir llegar con éxito al final de mis metas. Mis agradecimientos también, a mi Familia, quienes han sido mi soporte y apoyo incondicional durante esta etapa estudiantil para convertirme en un profesional. A mis compañeros de la vida universitaria con quienes en este arduo camino compartimos grandes momentos de aprendizaje. Especialmente, a los Ingenieros Félix García y Eduardo Hernández, Tutor y Asesor del Trabajo de Integración Curricular, quienes con su profesionalismo y sobre todo paciencia, me han guiado hasta culminar satisfactoriamente el presente Trabajo. Finalmente, a la Escuela de Mantenimiento Industrial de la ESPOCH, por acogerme y ser mi segundo hogar durante toda mi estadía en mi carrera universitaria.

Christoper

Al ver el resultado logrado con este ambicioso proyecto, solamente se me ocurre una palabra: ¡Gracias! Todo el trabajo realizado fue posible gracias al apoyo incondicional de mi madre, Natividad Quintana, que estuvo a mi lado en los momentos difíciles, mi padre, Luis Miranda, a mi hermana cuya paciencia fue puesta a prueba en incontables ocasiones. Gracias, también a mis amigos, que me dieron su contención. Nada de esto hubiera sido posible sin ustedes. Este trabajo es el resultado de un sinnúmero de acontecimientos que poco tuvieron que ver con lo académico, sino más bien, con el amor. Gracias infinitas a ustedes y, por supuesto, a Dios, por ponerlos en mi camino.

Sandy

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	4
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	5
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	5

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Método comparativo.....	6
2.2. Maquinaria rotativa.....	6
2.2.1. <i>Elementos rodantes</i>	6
2.2.2. <i>Fallas en máquinas rotativas</i>	7
2.2.3. <i>Rodamientos</i>	7
2.2.4. <i>Estructura y tipo de rodamientos</i>	7
2.2.5. <i>Desgaste en rodamientos</i>	9
2.2.6. <i>Variables que ocasionan las fallas en los rodamientos</i>	10
2.2.6.1. <i>Manipulación e instalación</i>	10
2.2.6.2. <i>Puntos altos y prácticas de ajuste</i>	10
2.2.7. <i>Aplicaciones de los rodamientos</i>	11
2.2.8. <i>Estándares de precisión de los rodamientos</i>	12
2.2.8.1. <i>Precisión de funcionamiento</i>	12
2.2.8.2. <i>Juego interno</i>	12

2.2.8.3.	<i>Juego interno inicial</i>	13
2.2.8.4.	<i>Juego interno montado</i>	13
2.2.8.5.	<i>Juego interno de funcionamiento</i>	14
2.2.8.6.	<i>Juego radial</i>	14
2.2.8.7.	<i>Juego axial</i>	15
2.3.	Herramientas para montaje y desmontaje de rodamientos	15
2.3.1.	<i>Herramientas Mecánicas</i>	16
2.3.1.1.	<i>Kit de herramientas (Aros, manguitos de impacto y martillo)</i>	16
2.3.1.2.	<i>Llaves de gancho y cubos de ajuste</i>	16
2.3.1.3.	<i>Extractores</i>	17
2.3.1.4.	<i>Placas extractoras de triple acción</i>	17
2.3.2.	<i>Herramientas por aplicación de calor</i>	17
2.3.2.1.	<i>Calentadores de Inducción</i>	17
2.3.2.2.	<i>Aros de aluminio de calentamiento</i>	18
2.3.3.	<i>Herramientas Hidráulicas</i>	18
2.3.3.1.	<i>Tuercas Hidráulicas</i>	18
2.3.3.2.	<i>Bomba Hidráulica</i>	18
2.3.3.3.	<i>Inyector de aceite</i>	19
2.3.4.	<i>Herramientas Auxiliares</i>	19
2.3.4.1.	<i>Manómetro</i>	19
2.3.4.2.	<i>Reloj Comparador</i>	19
2.4.	Preparativos para el montaje y desmontaje de rodamientos	19
2.4.1.	<i>Principios de montaje:</i>	20
2.4.2.	<i>Tratamiento de los rodamientos antes del montaje</i>	20
2.4.3.	<i>Limpieza durante el montaje</i>	21
2.4.4.	<i>Ajustes</i>	21
2.5.	Montaje de rodamientos	22
2.5.1.	<i>Procedimientos Mecánicos</i>	23
2.5.1.1.	<i>Montaje en asientos cilíndricos</i>	23
2.5.1.2.	<i>Montaje en asientos cónicos</i>	24
2.5.2.	<i>Procesos térmicos</i>	24
2.5.3.	<i>Procedimiento Hidráulico</i>	25
2.6.	Desmontaje de rodamientos	25
2.6.1.	Procedimientos Mecánicos	25
2.6.1.1.	<i>Desmontaje con asientos cónicos</i>	25
2.6.1.2.	<i>Desmontaje con asientos cilíndricos</i>	26

2.6.1.3.	<i>Desmontaje de rodamientos con manguitos de montaje</i>	26
2.6.1.4.	<i>Desmontaje de rodamientos con manguitos de desmontaje</i>	27
2.6.2.	<i>Procedimientos térmicos por aro de calentamientos</i>	27
2.6.2.1.	<i>Dispositivo inductivo</i>	27
2.6.2.2.	<i>Calentamiento con quemador anular</i>	28
2.6.3.	<i>Procedimientos Hidráulicos</i>	28
2.7.	Modulo práctico de montaje y desmontaje de rodamientos	28

CAPÍTULO III

3.	MÉTODOS PARA MONTAJE Y DESMONTAJE DE RODAMIENTOS	30
3.1.	Proceso de análisis comparativo	30
3.1.1.	<i>Definición del problema</i>	31
3.1.2.	<i>Objetivos de criterio</i>	31
3.1.3.	<i>Relación entre criterios</i>	32
3.1.4.	<i>Elementos esenciales de criterios</i>	33
3.1.5.	<i>Aplicación de criterios</i>	35
3.2.	Observaciones previas al montaje y desmontaje	35
3.2.1.	<i>Seguridad</i>	36
3.2.2.	<i>Planificación</i>	37
3.2.3.	<i>Limpieza</i>	38
3.3.	Proceso sistemático de fallas	39
3.4.	Especificaciones técnicas previas al montaje y desmontaje	40
3.4.1.	<i>Vida útil del rodamiento</i>	40
3.4.2.	<i>Denominación del rodamiento</i>	41
3.5.	Procesos de desmontaje de rodamientos aplicando técnicas hidráulicas	43
3.5.1.	<i>Método de desmontaje mediante la inyección de aceite</i>	44
3.5.1.1.	<i>Tipo de rodamiento</i>	45
3.5.1.2.	<i>Parámetros de desmontaje con ajuste de interferencia</i>	45
3.5.1.3.	<i>Preparación del rodamiento antes del desmontaje</i>	46
3.5.1.4.	<i>Instalación de la bomba</i>	47
3.5.1.5.	<i>Inyección de aceite al sistema</i>	48
3.5.1.6.	<i>Desmontaje del rodamiento</i>	49
3.6.	Proceso de Montaje de rodamientos aplicando técnicas hidráulicas	50
3.6.1.	<i>Tuerca Hidráulica</i>	50
3.6.1.1.	<i>Análisis de fallas de Tuercas Hidráulicas</i>	51

3.6.2.	<i>Adaptador G ¼ macho a G ¼ macho cónico</i>	52
3.6.3.	<i>Método de montaje de Calado Drive-up</i>	53
3.6.4.	<i>Presión mínima requerida</i>	54
3.6.4.1.	<i>Proceso de extrapolación</i>	55
3.6.5.	<i>Reducción del juego radial</i>	57
3.7.	Método de Montaje de rodamientos del rodamiento de rodillos cónicos dispuestos espalda con espalda	58
3.7.1.	<i>Desmontaje de rodamientos de rodillos cónicos dispuestos espalda con espalda</i>	58
3.7.2.	<i>Montaje de rodamientos de rodillos cónicos dispuestos espalda con espalda</i>	60
3.7.3.	<i>Cálculo de la fuerza de precarga</i>	61
3.7.4.	<i>Fuerza requerida para una confiabilidad operativa</i>	62
3.7.5.	<i>Precarga para ajustar el rodamiento</i>	62

CAPITULO IV

4.	RESULTADOS	64
4.1.	Resultados del análisis del método comparativo de los métodos	64
4.2.	Preparación para el montaje y desmontaje	65
4.2.1.	<i>Información Planificada</i>	65
4.2.2.	<i>Limpieza previa</i>	66
4.2.3.	<i>Procesos de seguridad implementados</i>	67
4.2.4.	<i>Toma de selección de equipos y herramientas</i>	68
4.2.4.1.	<i>Bomba Hidráulica</i>	69
4.2.4.2.	<i>Tuerca hidráulica</i>	70
4.2.4.3.	<i>Extractor reversible de tres patas articuladas</i>	70
4.2.4.4.	<i>Juego de llaves combinadas</i>	71
4.2.4.5.	<i>Evaluación de inversiones en herramientas para los métodos</i>	72
4.2.5.	<i>Implementación de métodos de montaje y desmontaje</i>	73
4.3.	Análisis del AMEF en el proceso de montaje y desmontaje	74

CAPITULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
5.1.	Conclusiones	77
5.2.	Recomendaciones	79

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Propiedades Químicas del Acero AISI 4130.....	29
Tabla 3-1: Análisis comparativo etapa I.....	31
Tabla 3-2: Análisis comparativo etapa II.	32
Tabla 3-3: Análisis comparativo etapa III parte I.	33
Tabla 3-4: Análisis comparativo etapa III parte II.....	34
Tabla 3-5: Análisis de trabajo seguro (ATS) de montaje y desmontaje de rodamientos.....	36
Tabla 3-6: Formato de información previo al montaje de rodamientos.	37
Tabla 3-7: Aplicaciones de lubricantes para rodamientos.	38
Tabla 3-8: Análisis de modos de fallos y efectos de montaje y desmontaje de rodamientos. ...	39
Tabla 3-9: Etapas de defectos de un rodamiento.	41
Tabla 3-10: Diámetros internos.....	41
Tabla 3-11: Clasificación de juegos radiales de rodamientos.....	42
Tabla 3-12: Tipos de rodamientos y Clases de tolerancias.....	43
Tabla 3-13: Detalles de la Tuerca Hidráulica.....	50
Tabla 3-14: Posibles fallas en tuercas hidráulicas.	52
Tabla 3-15: Datos de extrapolación.....	55
Tabla 3-16: Coordenadas.....	55
Tabla 3-17: Extrapolación lineal.....	56
Tabla 3-18: Valores de la tabla de reducción del juego radial interno.....	58
Tabla 4-1: Sustitución de los elementos.....	68
Tabla 4-2: Especificaciones técnicas.....	69
Tabla 4-3: Detalle de herramientas adquiridas.....	72
Tabla 4-4: Costos de herramientas adquiridas.....	73
Tabla 4-5: Resultados del análisis AMEF del módulo y herramientas del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.....	74

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Rodamiento rígido de bola	7
Ilustración 2-2:	Estructura de los rodamientos	8
Ilustración 2-3:	Ángulo de contacto alfa.....	9
Ilustración 2-4:	Contacto de elemento rodante con el camino rodadura.	9
Ilustración 2-5:	Borde de rodamiento fracturado.	10
Ilustración 2-6:	Muestra de corrosión por un mal ajuste.	11
Ilustración 2-7:	Juegos internos del rodamiento	13
Ilustración 2-8:	S: juego de funcionamiento	14
Ilustración 2-9:	Grupos de juego radial	15
Ilustración 2-10:	Herramientas de montaje y desmontaje en frío.....	16
Ilustración 2-11:	Movimiento del Pistón en la Tuerca hidráulica	18
Ilustración 2-12:	Tipos de ajuste de rodamientos	21
Ilustración 2-13:	Dos ítems de montaje	22
Ilustración 2-14:	Rodamientos en el eje con prensa hidráulica	23
Ilustración 2-15:	Muestra de rodamiento por precisión.	23
Ilustración 2-16:	Rodamiento pequeño mediante precisión	24
Ilustración 2-17:	Desmontaje mediante un extractor.	26
Ilustración 2-18:	Desmontaje mediante punzón y martillo.	26
Ilustración 2-19:	Golpes leves en un bloque de acero y un martillo.	27
Ilustración 2-20:	Posiciones para montaje y desmontaje.	29
Ilustración 3-1:	Proceso de análisis comparativo.....	30
Ilustración 3-2:	Esquematación del método de inyección de aceite.	44
Ilustración 3-3:	Rodamientos 1208 EKTN9	45
Ilustración 3-4:	Presión de trabajo para desmontar el rodamiento	46
Ilustración 3-5:	Separación de 5mm.	46
Ilustración 3-6:	Catalogo de bombas.	47
Ilustración 3-7:	Conexión de la bomba.....	48
Ilustración 3-8:	Manipulación de la bomba hidráulica.....	49
Ilustración 3-9:	Fijación de la tuerca	49
Ilustración 3-10:	Adaptadores de presión.	52
Ilustración 3-11:	Esquematación del método SKF Drive-up.....	53
Ilustración 3-12:	Parámetros de montaje	54
Ilustración 3-13:	Medición del juego radial inicial	57

Ilustración 3-14: Procedimiento Mecánico	59
Ilustración 3-15: Fijación de extractor.....	59
Ilustración 3-16: Proceso de montaje.....	60
Ilustración 3-17: Montaje de un rodamiento cilíndrico cónico	61
Ilustración 3-18: Configuración cara a cara.....	61
Ilustración 4-1: Limpieza de los componentes.	66
Ilustración 4-2: Utilización de WD-40	67
Ilustración 4-3: Uso de extractor	70
Ilustración 4-4: Extractor de tres patas	71
Ilustración 4-5: Coche de herramientas	72
Ilustración 4-6: Laboratorio de Mantenimiento C.....	73

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** VALORES ORIENTATIVOS PARA C/P
- ANEXO B:** JUEGO RADIAL INTERNO PARA RODAMIENDO DE BOLAS A RÓTULA CON AGUJERO CÓNICO
- ANEXO C:** JUEGO RADIAL INTERNO PARA RODAMIENDO DE RODILLOS A RÓTULA
- ANEXO D:** JUEGO RADIAL INTERNO PARA RODAMIENDO DE RODILLOS A RÓTULA Y RODAMIENTOS TOROIDALES CON AGUJERO CÓNICO
- ANEXO E:** REDUCCIÓN DEL JUEGO RADIAL INTERNO, CALADO AXIAL PARA RODAMIENTOS DE RODILLOS A RÓTULA CON TUERCA DE FIJACIÓN
- ANEXO F:** VALORES DE RELACIÓN DE CARGA C/P SEGÚN EL MATERIAL DE LAS SUPERFICIES EN CONTACTO
- ANEXO G:** FACTORES DE CARGA (X e Y) PARA RODAMIENTOS MONTADOS EN DISPOSICIÓN ESPALDA CON ESPALDA
- ANEXO H:** VALORES PARA EL DESMONTAJE DEL RODAMIENTO 1208 EKTN9
- ANEXO I:** PROFORMA DE UNA BOMBA HIDRÁULICA MANUAL
- ANEXO J:** PRÁCTICA DE LABORATORIO POSICIÓN TRES
- ANEXO K:** PRÁCTICA DE LABORATORIO POSICIÓN CUATRO
- ANEXO L:** PRÁCTICA DE LABORATORIO POSICIÓN SEIS

RESUMEN

Durante el proceso de montar o desmontar un rodamiento, ocasionalmente, se generan daños en los componentes de las máquinas y elementos, en consecuencia, de la aplicación de herramientas o métodos de montaje y desmontaje inapropiados que acortan la vida útil del rodamiento. Por lo tanto, el objetivo del presente proyecto técnico fue implementar tres métodos aplicativos para el módulo de montaje y desmontaje de rodamientos en el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica. Se llevó a cabo una investigación documental de los métodos, equipos y herramientas existentes en la industria, para el desarrollo de las instalaciones de elementos rotativos de asientos cónicos y cilíndricos. Continuamente con el proceso de investigación se permitió realizar un análisis de comparación entre las metodologías pertinentes, logrando así, determinar el de mayor eficacia. Además, se implementó herramientas mecánicas e hidráulicas con base a un Análisis de Modo de Fallas y Efectos, permitiendo que el ajuste de interferencia, la fuerza de calado axial y entre otros parámetros importantes de la vida nominal del rodamiento logren mayor precisión. Se seleccionaron los métodos por inyección de aceite SKF, calado de rodamientos SKF Drive-up y un proceso mecánico de rodillos dispuestos espalda con espalda, dando acceso a instrumentos especiales para efectuar las instalaciones de forma rápida, segura y eficaz. Esto incluyó el desarrollo de guías de laboratorio con procesos paso a paso de cada metodología utilizando herramientas hidráulicas y mecánicas para un aprendizaje didáctico. Concluyendo con un trabajo que demuestra la eficiencia de los métodos en la producción y la importancia en el ciclo de la vida útil del rodamiento.

Palabras clave: <MÓDULO DE MONTAJE> <MÓDULO DE DESMONTAJE>
<RODAMIENTOS> <PROCESOS HIDRÁULICOS> <MÉTODO DE CALADO>.

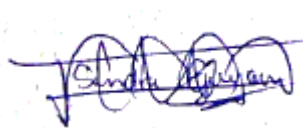
1955-DBRA-UPT-2023



SUMMARY

During the process of assembling or disassembling a bearing, occasionally, damage is caused to the components of the machines and elements because of the application of inappropriate tools or assembly and disassembly methods that shorten the useful life of the bearing. Therefore, the objective of this technical project was to implement three application methods for the bearing assembly and disassembly module in the Corrective Maintenance Laboratory of the Faculty of Mechanics. A documentary investigation of the methods, equipment, and tools existing in the industry was carried out to develop installations of rotating elements with conical and cylindrical seats. Continuously with the research process, it was possible to conduct a comparison analysis between the relevant methodologies, thus determining the most effective one. In addition, mechanical and hydraulic tools were implemented based on a Failure Mode and Effects Analysis, allowing the interference fit, axial stall force and other essential parameters of the bearing's nominal life to achieve greater precision. Methods were selected using SKF oil injection, SKF Drive-up bearing drilling, and a mechanical process of rollers arranged back-to-back, giving access to special instruments to carry out the installations quickly, safely, and efficiently. It included the development of laboratory guides with step-by-step processes of each methodology using hydraulic and mechanical tools for didactic learning, concluding with work demonstrating the production methods' efficiency and importance in the bearing's proper life cycle.

Keywords: <ASSEMBLY MODULE> <DISASSEMBLING MODULE> <BEARINGS>
<HYDRAULIC PROCESSES> <SETTING METHOD>.



Lic. Sandra Leticia Guijarro Paguay

C.I.: 0603366113

INTRODUCCIÓN

En el campo industrial, los rodamientos son pilares fundamentales dentro de todos los procesos de producción, es decir, a nivel industrial las empresas están compuestas en su gran mayoría por maquinas con estos componentes, que soportan y guían los elementos giratorios ayudando a tener gran precisión y poca fricción lo que da lugar a una velocidad de giro elevada convirtiéndolos en elementos realmente provechosos, por lo que es necesario que su ciclo de vida sea aún más perdurable dando como prioridad sus estados de montaje y desmontaje, a lo largo del tiempo se han creado técnicas y procesos que ayuden a garantizar un ahorro de tiempo y un aumento en la duración del rodamiento, técnicas de mantenimiento que permiten mantener la precisión, exactitud y repetibilidad, además, de presentar menos riesgos de estropear los rodamientos y sus componentes, reduciendo el trabajo manual y aumentando la seguridad en los empleados.

Podemos tomar en consideración como una de estas técnicas al método de desmontaje por inyección de aceite que ayuda a reducir los esfuerzos y a realizar las actividades sin riesgo, controladas y realizadas en un tiempo óptimo, el método hidráulico se fundamenta en inyectar aceite sobre ambas superficies, creando de tal forma una película muy fina de aceite de manera que logra reducir la fricción entre las superficies y reduce el contacto metálico al montar o desmontar los rodamientos, esta metodología al igual que otras tiene importancia en el empleo de las herramientas adecuadas para que el resultado sea el esperado.

Otra forma de realizar un correcto montaje en rodamientos de rodillos a rótula es, con la utilización del método de calado Drive-up, este procedimiento nos ayuda a controlar el ajuste de cruce en los rodamientos colocados sobre asientos cónicos o cilíndricos. Esto consiste básicamente en aplicar aceite mediante el uso de la tuerca y una bomba hidráulica. La presión del aceite aplicado y la distancia de calado inicial es definida por el programa de método de calado SKF Drive-up. Además, esta presión se controla mediante un manómetro digital montado en la bomba hidráulica y un reloj comparador para verificar el calado axial del rodamiento. Esta técnica de montaje reduce el tiempo de mantenimientos y también es un proceso probado y más preciso a diferencia de usar métodos de montaje y desmontaje en frío con el uso de galgas de espesores, manguitos de fijación y extractores tipo Santiago para rodamientos. También, es importante rescatar que los métodos hidráulicos son utilizados para grandes rodamientos en la industria en los que no se puede realizar un apriete mecánica.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica en el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo se tiene la oportunidad de apreciar módulos de montaje y desmontaje de rodamientos, que fueron desarrollados por los estudiantes recientemente, permitiendo que generaciones siguientes en la Ingeniería en Mantenimiento Industrial puedan desarrollar sus prácticas eficientemente, ampliando sus conocimientos y ayudando a evolucionar sus destrezas.

Aproximadamente el 16% de las fallas en los elementos rotativos son generados por una instalación inapropiada o la selección de técnicas inadecuadas, por tal motivo, se debe seleccionar el procedimiento idóneo para montaje y desmontaje de rodamientos. Por esta razón, con la implementación de técnicas y herramientas hidráulicas se consigue un mayor control, menor riesgo de averiar los rodamientos y aumentar la seguridad de los operarios. (Ely, 2022, pág. 55)

El montaje y desmontaje con el uso de herramientas idóneas (placas calefactoras, pasta de montaje, anillos calefactores, galgas de espesores, entre otros) y la técnica adecuada en piezas de movimiento giratorio como son los rodamientos, garantiza la reducción de tiempo empleado y un aumento de la duración del equipo, además de maximizar la disponibilidad en maquinarias para evitar costosas averías por causas típicas y fallas en los rodamientos. (ReliablePlant, 2023, pág. 30)

Existen equipos hidráulicos para el montaje de rodamientos de los mismos fabricantes, tal es el caso en artículos de mantenimiento y lubricación SKF, cuyo objetivo primordial es aumentar el desempeño de sus equipos mediante soluciones óptimas de mantenimiento. Sin embargo, estas herramientas hidráulicas, se diferencian por el proceso que se desean emplear. En casos de realizar el suministro de aceite y métodos de calado SKF Drive-up para montaje y desmontaje de rodamientos, SKF recomienda utilizar inyectores de aceite de la serie 226400 E o Bombas hidráulicas de accionamiento neumático serie THAP E, tuercas hidráulicas y accesorios como reloj comparador o manómetros digitales. (Ely, 2011, pág. 71)

En términos generales, los elementos rotativos presentan una gran demanda en las diferentes aplicaciones industriales, especialmente en la maquinaria moderna como: compresores,

ventiladores, motores, turbinas en las cuales se pueden generar fallas, debido a sus funciones requeridas o altas cargas de trabajo. Por ello, se debe tomar acciones inmediatas, así como técnicas de diagnóstico temprano, de tal forma que se tome realice el mantenimiento correspondiente y evitar fallas catastróficas para el equipo y paros de la producción imprevistas que generen pérdidas económicas para la empresa. Estas fallas se pueden presentar en diferentes elementos de la máquina, principalmente en los elementos rodantes. (Wei et al., 2019, pág. 19)

Los rodamientos requieren de un proceso para el ajuste e instalación en todo tipo de maquinarias, de tal forma que avalen un rendimiento fiable y óptimo; tal es el caso del Laboratorio de Correctivo con los módulos existentes. En algunos casos, la pista interna y externa debe ir montada con un apriete para evitar riesgos por fractura u otras incidencias. Se debe tener cuidado en el montaje y desmontaje para evitar colocar cargas excesivas entre los productos rodantes y las pistas para evitar riesgos de abolladuras o cizallamiento de las pistas de los objetos rodantes. (Dellacorte y Howard, 2019, pág. 25)

Los rodamientos siguen siendo de mucho interés en el campo industrial, como menciona Suárez y Requejo, *el mercado de rodamientos es muy grande y con buenas perspectivas de crecimiento, ya que la expansión del sector de rodamientos está muy vinculado al crecimiento del PIB (Producto Interno Bruto) de un país.* (Suárez y Requejo, 2021, pág. 83)

En los últimos tiempos, los elementos rodantes vienen teniendo una evolución en todos sus campos aplicativos, mientras que, en la fase de su diseño, también han sufrido una mejora, lo que permite a los diseñadores elaborar nuevas tecnologías con mayor precisión para aumentar la confiabilidad de estos elementos desde su etapa de diseño. Existen parámetros de diseño que obligan a los profesionales a estar constantemente informados sobre estos cambios evolutivos, para reducir cargas, restricciones y costos en los rodamientos para optimizar el diseño en términos de rendimiento (Pérez et al., 2021, pág. 155).

Durante la formación académica como Ingenieros en Mantenimiento Industrial, se imparten los principios básicos de ensamblar y desensamblar de diversos elementos mecánicos y eléctricos. Sin embargo, estas técnicas o prácticas no son nuevas, ya que en el laboratorio se adoptan estos procedimientos en la aplicación en rodamientos para tener un equipo más rentable. El montaje de los rodamientos es la parte más importante de su ciclo de vida, ya que una correcta colocación prolongará su vida útil y reducirá las fallas prematuras (Demircioğlu et al., 2021, pág. 90).

El mantenimiento juega un papel relevante en el procedimiento de montaje/desmontaje de un elemento rodante al momento de optimizar tiempos y aumentar la rentabilidad. Se debe tener un

control riguroso al momento de desmontar un rodamiento, ya que el mantenimiento implica que se deben desinstalar otros componentes que obstruyen llegar con facilidad al elemento rodante, por tal razón, el desmontaje puede afectar la tasa de falla de los componentes y por ende modificar el plan de mantenimiento (Dinh et al., 2020, pág. 125).

1.2. Planteamiento del problema

En el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica, se dispone de equipos que ayudan a los estudiantes a realizar prácticas de montaje y desmontaje de diferentes tipos de rodamientos, sin embargo, durante el proceso de montar y desmontar, se crean inconvenientes porque se generan golpes y desgaste abrasivo, marcas transversales causadas por adherencia, entre otros., todos estos problemas posiblemente originados por martillar de manera directa a la rótula del rodamiento, ajuste no proporcionado al tipo de rodamiento y desalineación durante el proceso de montaje, consecuencias suscitadas por el uso inadecuado de herramientas y procedimientos mal empleados.

1.3. Justificación

La Carrera de Mantenimiento Industrial, en la asignatura de Mantenimiento Correctivo se propone el diseño de dos métodos hidráulicos, donde se detalle el procedimiento a seguir para una óptima instalación y desmontaje de diferentes clases de rodamientos en los nuevos módulos que existen en el laboratorio, para mejorar las destrezas y partes técnicas de los estudiantes. Además, se pretende mejorar el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo con el manejo apropiado de las herramientas de trabajo, de tal forma que se obtengan resultados y que los usuarios del laboratorio puedan realizar sus prácticas eficientes logrando ampliar sus conocimientos teóricos para posteriormente llevarlos a la práctica.

La aplicación de procesos mecánicos a través del extractor de rodamientos, procesos hidráulicos con inyección de aceite y ajuste de juegos axiales son parte de la solución para poder analizar las posibles causas comunes de daños y modos de fallos en los rodamientos, que ayudaran como una orientación útil con instrucciones precisas para manipular, montar, desmontar y mantener los rodamientos junto con sus componentes de acoplamiento en buen estado, además, del manejo adecuado de herramientas correctas que asegura que los rodamientos se monten y retiren con gran facilidad de forma rápida sin causar daños a los elementos o al equipo de forma segura y eficaz aumentando su vida útil.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Implementar tres métodos para montaje y desmontaje de rodamientos en el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica

1.4.2. Objetivos Específicos

Realizar un estudio de los diferentes métodos de montaje de rodamientos para un correcto mantenimiento en los equipos.

Describir los procedimientos para el montaje y desmontaje de rodamientos utilizando el análisis comparativo de las metodologías seleccionadas.

Ejecutar un análisis de fallas en función al montaje y desmontaje de rodamientos para la selección e implementación de herramientas.

Diseñar tres prácticas de laboratorio para el montaje y desmontaje de rodamientos en el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Método comparativo

Se caracteriza por encontrar tanto variables contextuales como operativas de un pequeño número de casos, criterios casi siempre seleccionados con estructuras complejas, en cuanto a la perspectiva de comparación el método contribuye a un entendimiento más profundo en la complejidad del objeto de estudio.

Es el uso del método que combina las características de la investigación científica para proporcionar los principios básicos del proceso de comparación, que podemos resumir de la siguiente manera:

- Estabilidad teórica
- Desarrollo de modelos explicativos
- Discusión detalla de la metodología
- Reflexión constante sobre el afinamiento del proceso de recolección de datos e información (Gómez y León, 2012, pág. 35).

2.2. Maquinaria rotativa

Los equipos rotativos convierten la energía cinética de entrada suministrada por un motor eléctrico, turbina o de combustión interna en energía eléctrica o viceversa, mediante la rotación de sus elementos giratorios, siendo uno de los elementos más esenciales en el área del electromagnetismo (Torres y Jáuregui, 2020, pág. 215).

2.2.1. Elementos rodantes

Un conjunto de elementos rodantes permite que los dos anillos se muevan con la mínima fricción y pueden ser esféricos (bolas) o de rodillos. Su función no es solo transferir la carga, sino también convertir la fricción deslizante en fricción rodante (Espinosa, 2022, pág. 110).

De acuerdo con la forma del rodillo, se pueden encontrar diferentes rodamientos, como los

rodillos cilíndricos, cilíndricos tipo agujas, esféricos (convexo simétrico o asimétrico) y rodillos cónicos, como se puede identificar la geometría de la ilustración 2-1. (Fiallos, Arguello y Pallares, 2021, pág. 250).

2.2.2. *Fallas en máquinas rotativas*

Aproximadamente un 50% de fallas que ocurren en el motor eléctrico de las máquinas rotativas son causadas por los rodamientos y dentro de estas fallas el 40% de ellas está relacionada a un equivocado montaje y desmontaje del elemento rotativo, lo que puede provocar fallas comunes como: el desgaste prematuro, fugas de lubricante, vibraciones y ruidos, aumentos de temperatura y grietas (Quiroga et al, 2012, pág. 89).

2.2.3. *Rodamientos*

En la Ilustración 2-1, se percibe a uno de los elementos más importantes de una maquinaria rotativa debido que son los encargados de transmitir el par de potencia desde un eje motriz hacia un eje conducido, este componente puede ser un eje en el caso que su rotación sea fija, ruedas dentadas, engranes, rodamientos, poleas (Allauca y Gallegos, 2022, pág. 106).



Ilustración 2-1: Rodamiento rígido de bola

Fuente: SKF, 2003.

2.2.4. *Estructura y tipo de rodamientos*

Un rodamiento es un elemento rotativo mecánico con el objetivo de minimizar la fricción entre un elemento en movimiento y un estático. El objeto en cuestión consta de un anillo interior y uno

exterior, una jaula con elementos rodantes como se identifican en la Ilustración 2-2 (generalmente de bolas y rodillos) que facilitan el movimiento rotativo entre los anillos. Debido a esta configuración o distribución, el cojinete facilita una rotación suave. Los rodamientos suelen ser de acero (varios tipos) y están mecanizados con gran precisión, lo que los convierte en elementos mecánicos muy duraderos y precisos (Telenchana et al., 2022, pág. 50).

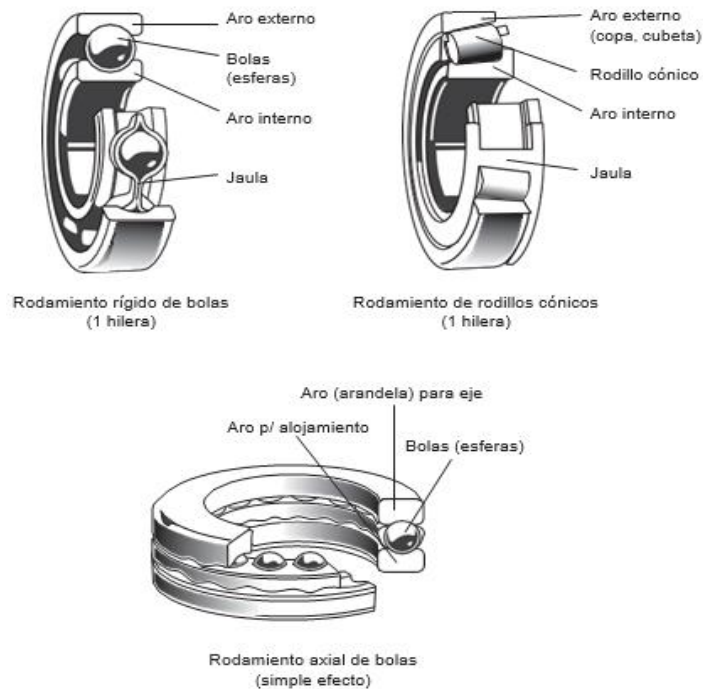


Ilustración 2-2: Estructura de los rodamientos

Fuente: Sanz, 2011.

Existen diferentes tipos de rodamientos, cada uno con características específicas que los hacen adecuados para diferentes aplicaciones y presentan ventajas particulares que posibilita encontrar rodamientos como: rígidos de bolas, de contacto angular, cilíndricos, agujas y rodillos esféricos.

En los rodamientos rígidos de bolas, el ángulo de contacto como se muestra en la Ilustración 2-3 es de 0° y en los rodamientos axiales (de bolas o de rodillos) el ángulo que se forman con la superficie de contacto es de 90° . Orientación del rodamiento: De acuerdo con lo descrito sobre el ángulo de contacto, los rodamientos se clasifican en:

- Rodamientos radiales: Aptos para resistir cargas radiales (cargas que intervienen perpendicularmente al eje, en los dos sentidos).

- Rodamientos axiales: Diseñado para resistir cargas axiales (que discurren paralelas al eje, en ambos sentidos) (Monreal, 2019, pág. 153).

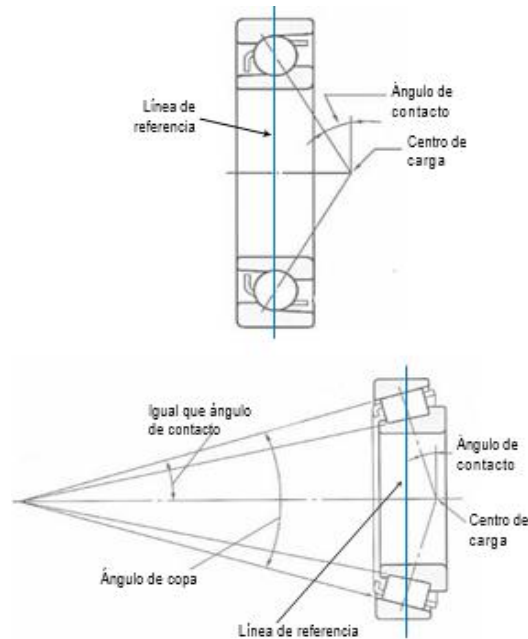
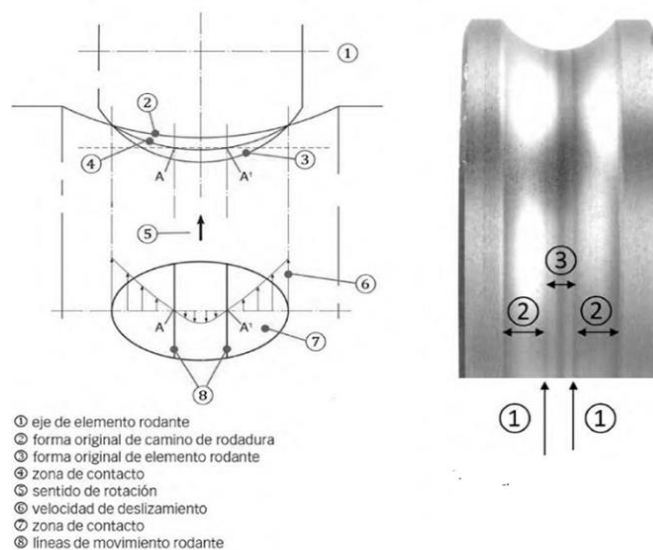


Ilustración 2-3: Ángulo de contacto alfa

Fuente: Sanz, 2011.

2.2.5. Desgaste en rodamientos

El desgaste de los rodamientos puede ocurrir por una o varias razones. Las causas más frecuentes son la lubricación insuficiente (por la limitada lubricación o grasa incorrecta para la aplicación), la contaminación y la desalineación del eje. Este desgaste representado en la Ilustración 4-2, puede causar desde fallas en los cojinetes hasta fallas completas (Fernández, 2018, pág. 35).



- ① eje de elemento rodante
- ② forma original de camino de rodadura
- ③ forma original de elemento rodante
- ④ zona de contacto
- ⑤ sentido de rotación
- ⑥ velocidad de deslizamiento
- ⑦ zona de contacto
- ⑧ líneas de movimiento rodante

Ilustración 2-4: Contacto de elemento rodante con el camino rodadura.

Fuente: Sanz, 2011

2.2.6. Variables que ocasionan las fallas en los rodamientos

Hay una variedad de condiciones de operación que pueden causar fallas en los cojinetes, signos de desgaste que reducen la vida útil de los componentes y se deben seguir prácticas o métodos de operación y mantenimiento adecuados de los cojinetes para garantizar un rendimiento óptimo.

2.2.6.1. Manipulación e instalación

Uno de los motivos que causan daños en los rodamientos como muestra la Ilustración 2-5 es la manipulación e instalación brusca, lo que da como resultado ranuras profundas en la superficie, porque los elementos rodantes, las superficies de las pistas de rodadura y los bordes no se mantienen. También se pueden presentar daños a las pistas de rodadura o elementos rodantes, así como impactos y deformaciones, o posiblemente levantamiento de metal alrededor de áreas cortadas o dañadas.

Cuando los elementos rodantes cruzan estas superficies, se generan tensiones elevadas que provocan roturas locales prematuras. El efecto directo de estos surcos y defectos profundos será la aspereza, la vibración y el ruido del rodamiento (TIMKEN 2015, pág. 5).



Ilustración 2-5: Borde de rodamiento fracturado.

Fuente: TIMKEN, 2015.

2.2.6.2. Puntos altos y prácticas de ajuste

El manejo brusco del marco o el daño al quitar el marco del cuerpo o el cubo pueden resultar en perforaciones o puntos altos en el asiento del marco. Si la herramienta crea una gubia en la superficie de asiento de la carcasa, se formará un borde elevado alrededor de la gubia que

transfiere el punto alto al anillo cuando se vuelve a instalar el anillo exterior y puede crear un punto alto en el orificio de la línea exterior. A medida que los elementos rodantes golpean el área elevada, esto también provoca un aumento de la tensión, lo que acorta la vida útil del rodamiento porque además puede generar partes corroídas por un mal ajuste como se puede identificar en la Ilustración 2-6 (TIMKEN, 2015, pág. 12).

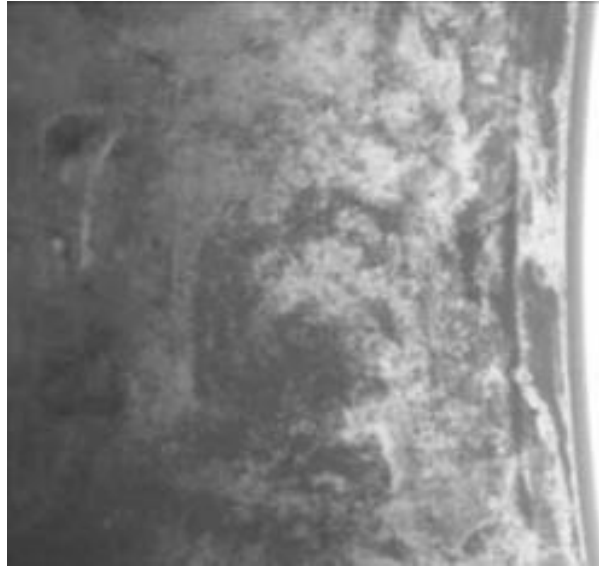


Ilustración 2-6: Muestra de corrosión por un mal ajuste.

Fuente: TIMKEN, 2015.

2.2.7. Aplicaciones de los rodamientos

La función de un cojinete es transportar una carga que proporcione un movimiento relativo entre dos partes de la máquina. El término "rodamientos de bolas de contacto giratorio" se refiere a cualquier tipo de rodamiento que utiliza un rodamiento de bolas o algún tipo de rodamiento entre la parte fija y la parte móvil.

La mayoría de los rodamientos se emplean en operaciones que involucran rotación, aunque algunos se usan en actividades de movimiento lineal. Un rodamiento de bolas o de rodillos es una pieza mecánica situada entre dos partes de una máquina, que tiene un eje de giro común, de manera que una de ellas puede girar con respecto a la otra. Las fuerzas de empuje son fuerzas que actúan paralelas al eje del eje, tiene las mismas características que un cojinete de fricción; baja fricción, resistencia y acabado extremadamente duros además requieren de un montaje preciso, son sensible a golpes, sobrecargas, humedad y suciedad (Sánchez, 2022, pág. 145).

2.2.8. *Estándares de precisión de los rodamientos.*

Todos los rodamientos poseen un tiempo de duración limitado y llegan a presentar fallas por fatiga debido a la considerable tensión por contacto a la que suelen ser sometidos, como es obvio, si la carga es menos pesada más prolongada será su vida útil (Fiallos, et al., 2021, pág. 40).

Para obtener una buena selección de un rodamiento se recomienda tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Especifique la carga de diseño equivalente del rodamiento, el método de cálculo de la carga equivalente, cuando solo se aplica la carga radial, es igual al número de coeficientes de rotación en la carga radial ($P = VR$). $V = 1.0$, si la pista de rodamiento interno es la que gira. $V = 1.2$, si la pista de rodamientos externa es la que gira.
- Calcular el diámetro mínimo aceptable de la flecha que limitará el tamaño del diámetro interno del cojinete.
- Seleccionar un tipo de cojinete.
- Especificar la vida de diseño del cojinete.
- Identificar el factor de velocidad y de duración.
- Calcular la carga básica dinámica necesaria.
- Seleccionar un conjunto de cojinetes que cumplan con la especificación básica de carga dinámica requerida.
- Describa los requisitos de montaje, incluidos el diámetro interior y la holgura de la carcasa, el diámetro del asiento del eje y el método de ubicación de los cojinetes.

2.2.8.1. *Precisión de funcionamiento*

La precisión operativa de los rodamientos está definida por las normas ISO 492, ISO 199 e ISO 582. Estas normas clasifican las tolerancias de los rodamientos según diferentes calidades aplicables a diferentes tipos de rodamientos. Por ejemplo, las máquinas herramienta con alta presión de trabajo suelen utilizar rodamientos de ultra alta precisión de clase 5 o 4.

2.2.8.2. *Juego interno*

En algunos alojamientos, como el del cigüeñal, el rodamiento está sujeto a presión externa, y si no tuviera juego interno, las bolas quedarían frenadas por la presión. Además, los rodamientos están diseñados para reducir el rozamiento, pero no lo eliminan por completo, lo que significa que hay fricción y calor generado cuando dos materiales están en movimiento y en contacto. En el

caso del rodamiento del cigüeñal, la temperatura se propaga y causa dilatación del acero. Si no hubiera juego interno, el rodamiento quedaría frenado al dilatarse y ocuparía el espacio de la película de lubricante, lo antes mencionado se observa en la Ilustración 2-7. (Flores y Paguay, 2022, pág. 98).

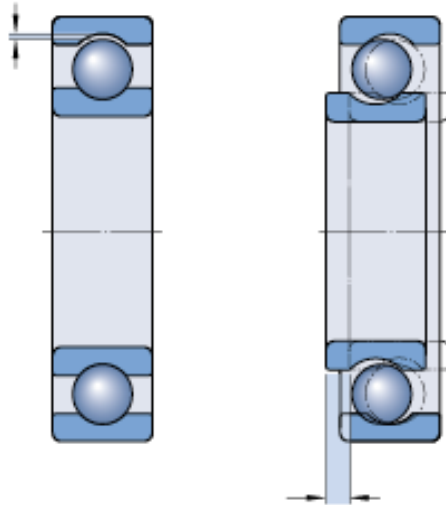


Ilustración 2-7: Juegos internos del rodamiento

Fuente: Sanz, 2011.

2.2.8.3. *Juego interno inicial*

En rodamientos, este consiste en el juego interno que existe en el rodamiento antes de ser montado sobre el eje. Es importante conocer que, el juego inicial es mayor al juego de funcionamiento debido al ajuste realizado en el rodamiento. Esto se puede calcular sumando el cambio en la distancia de funcionamiento requerido para sumar el cambio máximo esperado del juego debido a la alineación, el cambio máximo esperado del juego debido a la diferencia de temperatura y el cambio máximo esperado del juego debido a otros efectos como el bloqueo axial o el empernado.

2.2.8.4. *Juego interno montado*

El juego montado de un rodamiento se refiere a la cantidad de espacio libre que queda entre el rodamiento y su alojamiento después de haber sido instalado. Es importante tener en cuenta el juego montado para asegurarse de que el rodamiento no quede demasiado apretado ni demasiado suelto en su alojamiento. (FAG, 2003, pág. 99).

Un juego montado incorrecto puede afectar negativamente el rendimiento del rodamiento y reducir su duración. El nivel de juego montado adecuado dependerá del tipo de rodamiento y de las circunstancias específicas del ambiente en la que se va a utilizar (FAG, 2003, pág. 100).

2.2.8.5. *Juego interno de funcionamiento*

El juego de trabajo es el juego logrado cuando el rodamiento está instalado y aún caliente. Es un indicador del movimiento del eje en dirección radial desde la posición exterior a la posición opuesta representada en la Ilustración 2-8.

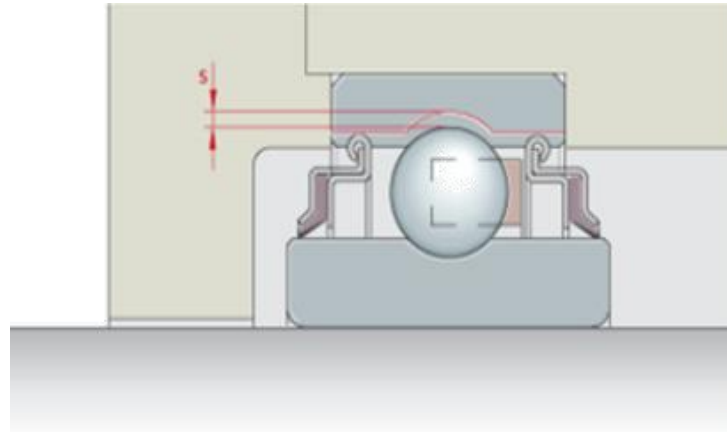


Ilustración 2-8: S: juego de funcionamiento

Fuente: Sanz, 2011.

El tamaño de la holgura depende de las condiciones de uso e instalación del rodamiento. Por ejemplo, si se transfiere calor a través del eje debido a la flexión y el movimiento del eje, se requiere más espacio libre. Las distancias de funcionamiento inferiores a CN solo se aplican en casos especiales, como rodamientos de alta precisión (Espejo, 2019, pág. 29).

La distancia de funcionamiento normal se logra con el juego radial CN, se prefiere C3 en rodamientos grandes si se cumplen las tolerancias recomendadas del eje y el alojamiento.

2.2.8.6. *Juego radial*

El juego radial (Ilustración 2-9), esto es aceptable para rodamientos con un aro interior y se logra cuando se retira el rodamiento. Es un objetivo que puede moverse en dirección radial, el anillo interior está alineado con el anillo exterior y se mueve desde la posición más lejana hasta la posición enemiga.

La velocidad del rodamiento depende de la medición del juego radial. Si la velocidad es extremadamente lenta o excede el límite en más del 50 %, el juego radial no debe ser mayor que el necesario, pero cada caso debe remitirse para su investigación. Lubricación, enfriamiento y otros parámetros.

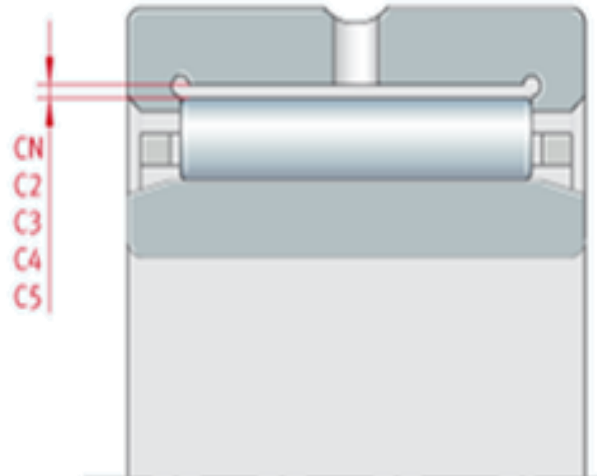


Ilustración 2-9: Grupos de juego radial

Fuente: Sanz, 2011.

2.2.8.7. *Juego axial*

Es la holgura o espacio libre que existe entre las zonas de rodadura y los elementos rodantes (bolas, rodillos, etc.) en la dirección axial. Este juego es importante para permitir una correcta alineación del rodamiento y para evitar tensiones excesivas en los elementos rodantes. Generalmente después de realizar el montaje es ajustado con tuercas o laminas (Álvarez y Rubio, 2013, pág. 170).

2.3. **Herramientas para montaje y desmontaje de rodamientos**

Las condiciones básicas para una adecuada instalación/desinstalación de rodamientos consisten en el ordenamiento del área de trabajo, herramientas y piezas auxiliares, suministro de lubricantes, pruebas dimensionales y operativas, así como una cuidadosa manipulación de las piezas. Los elementos extraños al producto constituyen un factor en negativo sobre las áreas precisión, funcionamiento del rodamiento y de acuerdo el origen puede también generar el deterioro del rodamiento (Bernabe y Serrano, 2022, pág. 80).

Enfocarse en los procedimientos de mantenimiento con instrucciones adecuadas de los equipos y la preparación apropiada acerca de los proceso, permitiendo obtener una mayor confiabilidad en el elemento, reduciendo los costos operativos y mejorando la seguridad del personal de servicio para lo cual existen herramientas especiales de montaje que mejora las condiciones de funcionamiento del rodamiento y las propiedades del productos, como es el ajuste, distancia al suelo, precarga, estado de la carrocería, la alineación del eje (NSK, 2023, pág. 20).

2.3.1. *Herramientas Mecánicas*

Las máquinas herramienta pueden proporcionar potencia de accionamiento de alta eficiencia a los rodamientos de manera suave y continua a través de interferencias, lo que ayuda a prevenir daños en las pistas de rodadura.



Ilustración 2-10: Herramientas de montaje y desmontaje en frío.

Fuente: NTN, 2023.

2.3.1.1. *Kit de herramientas (Aros, manguitos de impacto y martillo)*

Los aros ayudan a establecer conexiones de estabilidad y durabilidad, se pueden utilizar con una prensa y están marcados para facilitar la selección. Los martillos para rodamientos tienen generalmente una cabeza de doble cara de poliuretano que ayuda a prevenir el deterioro de los elementos, un cabo adaptado a las características físicas del operador y la superficie uniforme del cuerpo del cabo ayuda a un mejor agarre (SKF, 2003, pág. 98).

2.3.1.2. *Llaves de gancho y cubos de ajuste*

Las llaves y los cubos de ajuste se utilizan para apretar y distender diferentes tipos y tamaños de contratueras en rodamientos montados directamente en los ejes, reducen el riesgo de dañar las tuercas y los ejes debido a un mejor agarre y también reducen el contacto directo entre el metal y la piel del operador, por lo que la zona de manipulación está libre de corrosión y es fácil de recoger e identificar operario para que no se genere corrosión en el área del agarre y facilita su selección y reconocimiento (SKF, 2003, pág. 123)..

2.3.1.3. Extractores

Existen diferentes tipos de extractores, cada uno con diferentes cualidades, por ejemplo, los de extracción externa donde los brazos del mismo se encuentra por la parte anterior externa del rodamiento y al girar el husillo logra la extracción del elemento, están los de extracción interna que logran el desmontaje a través del agujero del rodamiento con un agarre en su parte interior es utilizado para componentes ligeros y también están los de soporte ciegos que son extractores que se establecen al rodamiento entre los dos aros del rodamiento. Los ventiladores pueden ser también hidráulicos o mecánicos pero su principal función es permitir un desmontaje seguro a los componentes del elemento rotativo y evitar riegos al aplicar la fuerza de la extracción además de evitar daños en el eje (SKF, 2003, pág. 104).

2.3.1.4. Placas extractoras de triple acción

La placa es apta para el desmontaje, las tres secciones permiten una distribución uniforme de las fuerzas, evitan que el rodamiento se incline o se bloquee en el eje como es común en los rodamientos de rodillos, y su diseño de cuña permite una fácil inserción del inserto entre el rodamiento y el eje hombro.

2.3.2. Herramientas por aplicación de calor

El 16% de los errores tempranos en los rodamientos es causado por el uso incorrecto de elementos en los diferentes métodos de montaje por lo cual uno de los mayores factores para reducir los riesgos son las herramientas por la aplicación de calor como el desarrollo de calentadores de inducción.

2.3.2.1. Calentadores de Inducción

Los calentadores utilizan electrónica avanzada y están especialmente diseñados para cada aplicación, la herramienta reduce el riesgo de que los rodamientos se vuelquen durante la instalación, son una forma moderna, eficiente y segura de calentar los rodamientos, es una forma rápida, limpia, controlable y sencilla El método de calentar el rodamiento hace que se expanda, eliminando la necesidad de usar fuerza durante el montaje.

2.3.2.2. Aros de aluminio de calentamiento

Son desarrollados para la desinstalación de aros interiores de rodamientos usualmente el aro interior del rodamiento es sujetado y es transferido el calor por lo cual es dilatado para su desmontaje evitando cualquier daño en el eje o los aros interiores. Necesitan el apoyo de termómetros para un control apropiado de la temperatura (SKF, 2003, pág. 120).

2.3.3. Herramientas Hidráulicas

Los instrumentos hidráulicos son utilizados con mayor frecuencia por muchas empresas tanto para montaje y desmontaje para el monitoreo o mantenimiento de diferentes elementos como los rodamientos de gran tamaño.

2.3.3.1. Tuercas Hidráulicas

El método de transmisión axial utiliza tuercas hidráulicas para garantizar una instalación de rodamientos cónicos precisa y eficiente. Este método garantiza el juego interno y el enganche adecuados mediante el control del movimiento del pistón (Ilustración. 2-11), lo que reduce la necesidad de comprobar constantemente la reducción del juego del rodamiento mediante un sensor entre los elementos rodantes y el anillo interior del rodamiento (NSK, 2013, pág. 88).

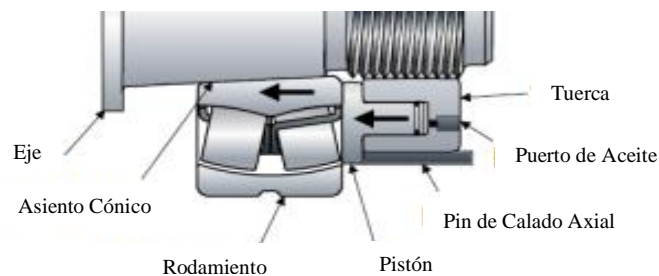


Ilustración 2-11: Movimiento del Pistón en la Tuerca hidráulica

Fuente: NSK, 2013.

2.3.3.2. Bomba Hidráulica

Una bomba hidráulica es una herramienta que facilita diversas aplicaciones, es accionada por un motor de combustión interna, su fuente de energía está relacionada con el aceite hidráulico, consta de un pistón de dos cuerpos que proporciona caudal variable a través de un plato angulado. Mejoras y optimizaciones de rendimiento de sellos el caudal necesario para un funcionamiento correcto (Beltran et al., 2021, pág. 94).

2.3.3.3. *Inyector de aceite*

El inyector de aceite es un sistema que trabaja bajo presión lo que permite la homogeneidad del aceite permitiendo la eficiencia térmica es decir la relación de energía que deseamos obtener, es un sistema que junto con otras herramientas que forma parte de los métodos hidráulicos que cuando se libera la presión obtenida tiene la capacidad de facilitar el desmontaje de los rodamientos de todos los tamaños de una forma segura evitando daños en los componentes del elemento (Mora et al., 2022, pág. 89).

2.3.4. **Herramientas Auxiliares**

Las herramientas auxiliares son consideradas instrumentos que complementan los equipos e imprescindibles para sujetar, medir, cortar o doblar entre otras funciones necesarias.

2.3.4.1. *Manómetro*

El manómetro es uno de los instrumentos más utilizadas para medir la presión a escalas de laboratorio y también industrial, un instrumento que con el pasar del tiempo ha evolucionado, nos ayuda como un adaptador o complemento para las bombas hidráulicas e inyectores. Es de fácil lectura y tiene una alta visibilidad (SKF, 2003, pág. 33).

2.3.4.2. *Reloj Comparador*

El mecanismo de operación de un reloj comparador es modificar el movimiento lineal generalmente de una pieza larga y delgada deslizante de contacto en movimiento circular que se mueve en sentido horario. El uso de este instrumento útil para comprobar las tareas de mecanizado específicamente de particularidad de ejes de rotación y las inclinaciones en zonas regulares o planas (Chacón y Tulcán, 2015, pág. 79).

2.4. **Preparativos para el montaje y desmontaje de rodamientos**

Previo a la ejecución del proceso de ensamblar o desensamblar rodamientos es conveniente realizar un estudio previo a los elementos, procesos de trabajo, técnicas o esquemas que especifiquen las diferentes particularidades de las instalaciones, además de obtener datos complementarios y poder controlar todos los aspectos a considerar.

2.4.1. Principios de montaje:

Es primordial determinar que las dimensiones, la precisión de figuras y posiciones de los soportes de rodamientos estén de acuerdo a los planos y especificaciones SKF.

Los pasos correctos para seguir son:

- Ordenar y limpiar previamente todos los elementos necesarios como materiales, piezas y herramientas para la instalación
- Limpiar adecuadamente e identificar todas las piezas entorno al rodamiento.
- En el último momento, los rodamientos se retiran del embalaje en un área de trabajo completamente limpia.
- No lavar, excepto en circunstancias especiales. De hecho, el rodamiento está protegido contra la oxidación por una fina película de aceite compatible con todos los lubricantes.
- Montar el rodamiento según el método seleccionado.
- Lubrique con grasa para cojinetes de acuerdo con las instrucciones.

2.4.2. Tratamiento de los rodamientos antes del montaje

Los rodamientos se mantienen en sus alojamientos originales con aceite anticorrosión. No es necesario lavar el aceite durante el montaje.

El aceite anticorrosión de la base y la superficie de contacto debe eliminarse antes de la instalación. Para los rodamientos de diámetro interior cónico, el agente protector debe limpiarse antes de la instalación para garantizar una instalación segura y confiable en el eje y el buje. Después de limpiar con detergente frío, lubrique los orificios con una pequeña cantidad de aceite de motor de viscosidad media. Los cojinetes desgastados y sucios deben limpiarse a fondo con aceite frío o detergente antes del montaje y engrasarse o lubricarse inmediatamente. (López, 2022, pág. 120).

Después de eso, el rodamiento no debe procesarse. Por lo tanto, el lubricante no debe formar orificios, ranuras o biseles, ya que esto puede causar una condición de tensión desequilibrada en los anillos, lo que a su vez puede causar fallas prematuras en los rodamientos. Además, existe el riesgo de que entren virutas o polvo de pulido en la cama.

2.4.3. Limpieza durante el montaje

Los rodamientos deben protegerse de la suciedad y la humedad a toda costa, ya que incluso la partícula más pequeña que entre en el rodamiento puede dañar las superficies de rodadura. Por lo tanto, el sitio de instalación debe estar limpio y seco. No debe ubicarse cerca de lijadoras y debe evitarse el uso de aire comprimido.

El eje y el cuerpo y todas las demás partes también deben estar limpias. Las piezas fundidas no deben contener arena de moldeo. Después de la limpieza, se debe aplicar una capa protectora a la superficie interna del gabinete. Esta capa evita la liberación de pequeñas partículas durante el uso. Los revestimientos de protección contra la corrosión y los residuos de pintura deben eliminarse de los ejes y los soportes. Así también, e piezas labradas, es necesario limpiar y redondear las aristas (Navarro del Toro, 2021, pág. 98).

2.4.4. Ajustes

Para garantizar una rotación perfecta de los rodamientos, es importante seguir los ajustes de anillos especificados. Debe saberse que el problema del montaje "correcto" no puede resolverse con datos simples que sean válidos para todos los casos. El ajuste debe adaptarse a las condiciones de uso de la máquina y la estructura de los componentes.

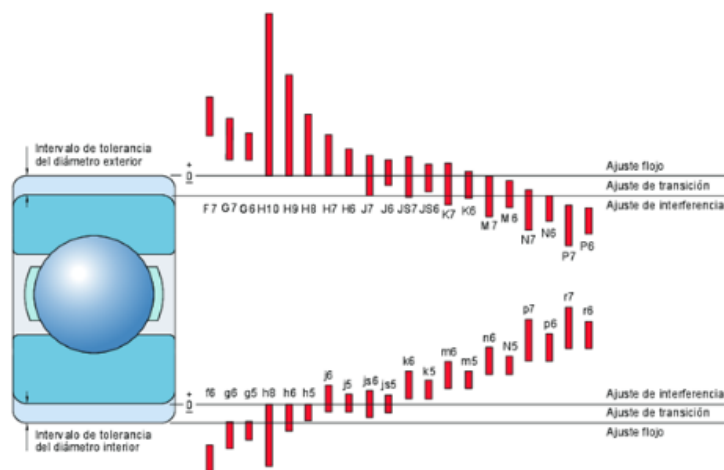


Ilustración 2-12: Tipos de ajuste de rodamientos

Fuente: Sedisa, 2020.

En términos generales, el anillo debe colocarse lo mejor posible en su posición, es decir, ajustarse lo más apretado posible. Sin embargo, esto no siempre es posible porque dificulta el montaje o desmontaje, o porque los anillos del rodamiento flotante deben poder deslizarse fácilmente (Espejo, 2019, pág. 29).

Consecuentemente, existen tres tipos de ajustes (Ajuste flojo, de transición y apriete) en las zonas de tolerancias entre el eje y el agujero del diámetro según la posición relativa como se muestra en la Ilustración 2-12. Gracias a las paredes relativamente delgadas de los anillos del rodamiento, los defectos en la forma del eje y la carcasa se transfieren a las pistas de rodadura. Por lo tanto, es necesario verificar no solo la tolerancia del diámetro de la superficie del asiento, sino también su redondez. Compruebe la forma cilíndrica del asiento cilíndrico (DIN ISO 1101). En el receptáculo del cono, verifique la redondez, el ángulo del cono y la rectitud del generador de cono. (DIN 7178) (Espejo, 2019, pág. 28).

2.5. Montaje de rodamientos

Ya que hay muchos tipos y tamaños diferentes, no todos los rodamientos se pueden instalar de la misma manera. Se debe hacer una distinción entre procesos mecánicos, hidráulicos y térmicos. Los anillos de rodamiento endurecidos son sensibles a golpes e impactos. Por lo tanto, no deben ser martillados.

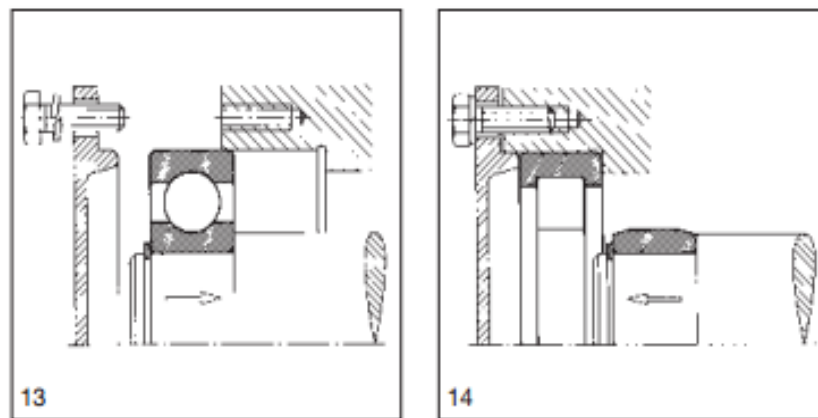


Ilustración 2-13: Dos ítems de montaje

Fuente: Sanz, 2011.

Durante el montaje de rodamientos no despiecearlos Ilustración 2-14 ítem 13, primero se requiere aplicar fuerza al colgador a instalar. Las fuerzas que actúan sobre el anillo colector se transmiten a través de los elementos rodantes. Esto puede dañar las pistas de rodadura y los elementos rodantes.

La instalación de rodamientos no es tan complicada, como se aprecia en la Ilustración 2-14 ítem 14; en dónde los dos aros pueden ser colocados por separado. Para no provocar surcos longitudinales se voltean los elementos de manera sutil.

2.5.1. Procedimientos Mecánicos

Los procedimientos mecánicos son utilizados para procesos en frío y generalmente en instalaciones donde no se requiere una gran cantidad de esfuerzo para montar los rodamientos.

2.5.1.1. Montaje en asientos cilíndricos

Rodamientos con diámetros menores que 80 mm y pueden ser comprimidos a bajas temperaturas sobre el eje. Lo óptimo es emplear una prensa mecánica o hidráulica como se puede identificar en la Ilustración 2-14 (Peñarrubia Zamora, 2021, pág. 88).

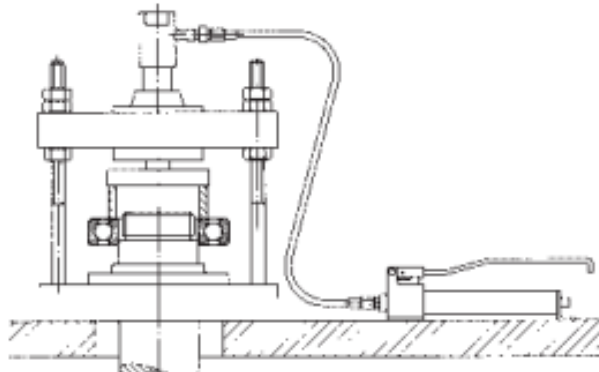


Ilustración 2-14: Rodamientos en el eje con prensa hidráulica

Fuente: Sanz, 2011.

Si no tiene una prensa, puede instalar el cojinete en el eje con un ligero golpe de martillo. Se debe usar un manguito de montaje de acero dulce con una superficie plana (Ilustración 2-15), para que la fuerza se aplique uniformemente alrededor de la circunferencia del anillo sin dañar el rodamiento.

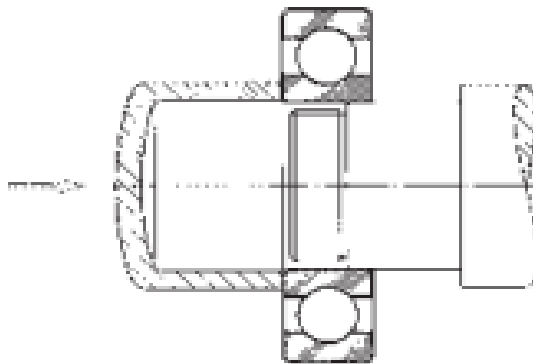


Ilustración 2-15: Muestra de rodamiento por precisión.

Fuente: Sanz, 2011.

2.5.1.2. Montaje en asientos cónicos

Los rodamientos de agujero cónico se pueden montar directamente en un eje cónico o en un eje cilíndrico a través de un manguito de fijación o un manguito extraíble. Se aplica una capa ligera de aceite a los orificios de descarga de los rodamientos y a los asientos del eje y del buje durante la instalación. Una generosa cantidad de aceite reduce la fricción y facilita el montaje, pero durante el funcionamiento, el lubricante abandona gradualmente el área de ajuste y libera el soporte. Esto provoca un movimiento relativo de los anillos o bujes y corrosión superficial (Fernández Ramón, 2018, pág. 59).

La baja del juego radial interno se debe a la diferencia entre el juego radial interno antes y después de la instalación. Por lo tanto, el juego radial interno se mide antes y durante el montaje en el cono, que debe verificarse continuamente hasta que se logre la reducción requerida y, por lo tanto, se logre el ajuste de avance deseado. (Ilustración 2-16, ítem 27-28) (Espejo, 2019, pág. 30).

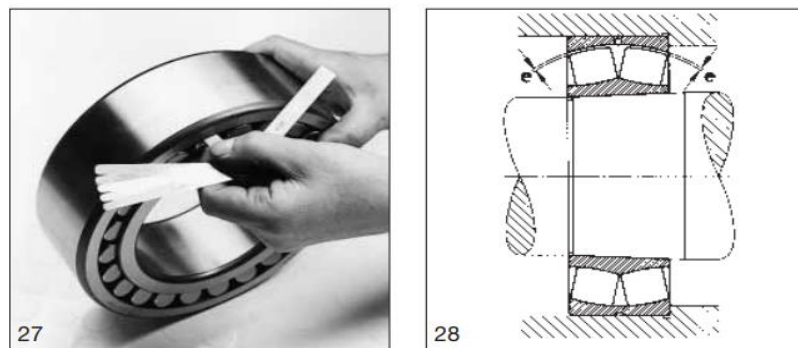


Ilustración 2-16: Rodamiento pequeño mediante precisión

Fuente: Sanz, 2011.

2.5.2. Procesos térmicos

Los rodamientos generalmente se montan en caliente cuando se especifica un montaje fijo para la instalación en asientos cilíndricos. Los rodamientos se pueden expandir completamente entre 80 y 100 °C. Al calentar, los ocupantes deben ser revisados cuidadosamente (Montero, 2021, pág. 48).

En cualquier caso, no debe superar los 120°C, porque en ese momento las estructuras de ruedas portantes son peligrosas. Reduce la dureza y los cambios dimensionales. Los rodamientos con carcasas rígidas de poliamida reforzada con fibra de vidrio poseen las mismas limitaciones de temperatura que otros rodamientos. Los cojinetes con cubiertas protectoras y cubiertas de sellado están lubricados. Cabe mencionar que durante el montaje se pueden calentar hasta 80°C, pero no en baño de aceite (Castillo, 2022, pág. 113).

2.5.3. Procedimiento Hidráulico

Usando el proceso hidráulico, el aceite se incorpora entre el ajuste de la superficie de contacto y se puede empujar entre sí. Hay procedimientos hidráulicos disponibles para quitar asientos cónicos y cilíndricos. En ambos casos, debe haber orificios de aceite y roscas adecuadas para conectar equipos de transmisión de presión. Las cajas extraíbles y de montaje más grandes tienen ranuras y orificios correspondientes. Los inyectores son suficientes como dispositivos de presión para retirar cojinetes cónicos montados directamente en cuellos cónicos (Bonilla Bravo, 2019, pág. 76).

En los rodamientos con agujero cilíndrico, manguitos de montaje y desmontaje se deben utilizar bombas. Para la separación es factible emplear un aceite con una viscosidad de 150 mm²/s (cst) a 20 °C (46 mm²/s nominal a 40 °C). Si las superficies de contacto están dañadas, es necesario utilizar un aceite para cremalleras o cilindros con una viscosidad de 1150 mm²/s (cst) a 20 °C (Roldan, 2020, pág. 28).

2.6. Desmontaje de rodamientos

Consiste en retirar los rodamientos de una máquina o equipo en el que están montados. Es una tarea importante en el mantenimiento de la maquinaria y se realiza para sustituir los rodamientos desgastados o dañados. El proceso de desmontaje en algunos casos llega a ser complicado por sus grandes dimensiones, lo que origina pérdidas de tiempo. (SENA, 1967, pág. 75)

2.6.1. Procedimientos Mecánicos

En cuanto a la extracción, usualmente las herramientas mecánicas son utilizadas en rodamientos pequeños dependiendo del diámetro y la naturaleza del elemento, se encuentran los desmontajes por asientos cónicos, cilíndricos, con manguitos de montaje y desmontaje.

2.6.1.1. Desmontaje con asientos cónicos

Se refiere al proceso de retirar un rodamiento montado sobre un eje cónico. Se debe aflojar inicialmente los tornillos de unión para poder extraer el mástil de fijación, para esto, se pueden usar extractores tipo Santiago con brazos como el de la Ilustración 2-17, que son accionados mediante un muelle, cuyo propósito es reparar o reemplazar el rodamiento si es el caso. Sin embargo, para rodamientos con diámetros internos mayores a 50mm es recomendable seguir un proceso diferente de desmontaje.

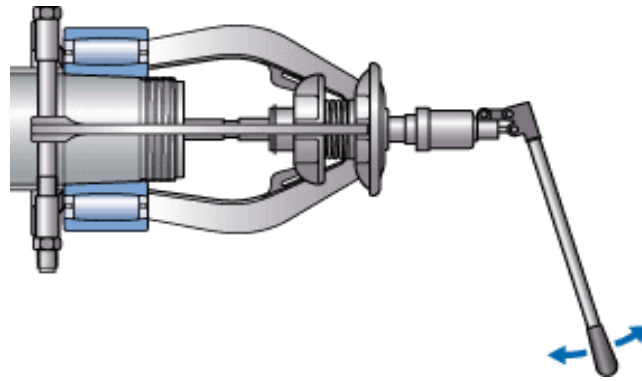


Ilustración 2-17: Desmontaje mediante un extractor.

Fuente: SKF, 2023.

2.6.1.2. Desmontaje con asientos cilíndricos

En este tipo de ejes cilíndricos, generalmente se usa para desmontar rodamientos pequeños mediante la ayuda de instrumentos mecánicos como extractores en caso que el anillo implementado tenga un ajuste fijo. Si es necesario, también se puede desmontar el elemento rodante usando un punzón metálico y con leves golpes de martillo como se puede apreciar en la ilustración 2-18. Sin embargo, se debe tener cuidado de no golpear sobre los aros del rodamiento (FAG 2003, pág. 87).



Ilustración 2-18: Desmontaje mediante punzón y martillo.

Fuente: FAG, 2003.

2.6.1.3. Desmontaje de rodamientos con manguitos de montaje

Sucede en rodamientos que están montados de forma directa sobre un asiento cónico con un manguito de montaje y se debe desajustar la tuerca de fijación hasta lograr superar se sección de empuje, entonces con un martillo se concede ligeros golpes hasta que se pueda extraer el aro interior del manguito de montaje, esto se puede identificar en la Ilustración 2-19.

También se pueden usar herramientas de montaje como una prensa, un punzón metálico blando o una pieza percutora (SKF, 2003, pág. 81).

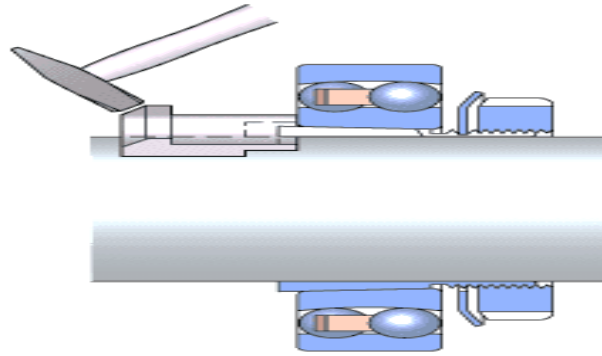


Ilustración 2-19: Golpes leves en un bloque de acero y un martillo.

Fuente: SKF, 2003.

2.6.1.4. *Desmontaje de rodamientos con manguitos de desmontaje*

Generalmente estos rodamientos de tamaño mediano y pequeño son desmontados utilizando un tornillo de fijación o una llave de ancla o de marca, pero, antes es importante realizar el desmontaje de la fijación axial del rodamiento.

2.6.2. *Procedimientos térmicos por aro de calentamientos*

El anillo calefactor es adecuado para quitar el anillo interior de circulación de rodillos cilíndricos y rodamientos de agujas sin nervaduras o con nervaduras. El anillo calefactor está hecho de metal ligero y está distribuido radialmente. Las manijas resistentes al calor permiten un fácil acceso a los anillos de los cojinetes. El anillo calefactor debe retirarse rápidamente para que no se sobrecaliente. Los anillos calefactores se utilizan principalmente para el desmontaje ocasional de anillos de rodamientos pequeños y medianos. Cada tamaño de rodamiento requiere su propio anillo de calentamiento (Linerar, 2023, pág. 91).

2.6.2.1. *Dispositivo inductivo*

El dispositivo de montaje inductivo se utiliza principalmente para quitar el anillo interior de los rodamientos de rodillos cilíndricos con un diámetro interior de 100mm o más y para presionar los rodamientos de agujas. El calentamiento es rápido, por lo que se transfiere muy poco calor al eje y el anillo es fácil de quitar. Los bloques inductivos se pueden conectar a redes trifásicas convencionales bifásicas (50 o 60 ciclos). Para desmontar los rodamientos con orificio de 200 mm de diámetro, utilice un dispositivo conectado directamente a la red de 380 V (Visaluque, 2021, pág. 21).

En el proceso de desensamblarse, el instalador ubica el dispositivo en el anillo interior e inserta

los pasadores en los entalles de la parte posterior del anillo interior. Estas ranuras se encuentran en el Labyrinth Ring específicamente para esta tarea. Luego conecte la alimentación. Cuando el anillo alcance una temperatura de 80 a 100 °C, retire la alimentación y retire el conjunto de anillo y eje (Vélez, 2020, pág. 186).

2.6.2.2. Calentamiento con quemador anular

En el caso de que en el eje no se encuentren los agujeros requeridos para el ensamble con un sistema hidráulico y si no resulta económico comprar una unidad electro-inductiva, si es imperativo, los anillos grandes del cojinete también se pueden calentar con una llama. En ninguno de los casos se debe utilizar un soplete, ya que existe la posibilidad de calentar a una temperatura elevada y descontrolada, lo que perjudica la alta dureza y la precisión dimensional del anillo (Durán, 2019, pág. 68).

Por el contrario, los quemadores de anillo han demostrado su eficacia. La distancia entre el tubo y la superficie del anillo debe estar entre 40 y 50 mm. Se suministra un orificio de llama con un diámetro de 2 mm para presión de aire normal (Durán, 2019, pág. 68).

2.6.3. Procedimientos Hidráulicos

Cuando se utiliza un método hidráulico, se incorpora aceite entre las superficies de contacto de los reguladores para que uno pueda deslizarse sobre el otro. Los procedimientos hidráulicos son adecuados para eliminar asientos tanto cónicos como cilíndricos. En ambos casos, debe haber orificios de aceite y roscas adecuadas para conectar equipos de transmisión de presión (Cushicondor, 2019, pág. 108).

La manilla de instalación y desinstalación más grandes poseen ranuras y orificios correspondientes y los inyectores son suficientes como instrumentos de presión para el ensamblaje de rodamientos con agujeros cónicos montados directamente en cuellos cónicos (Coello, 2023, pág. 38).

2.7. Modulo práctico de montaje y desmontaje de rodamientos

El modelo práctico tiene un hexagonal con ejes que fueron mecanizados con diámetros de 40mm y una longitud de 25mm, su material es de Acero AISI/SAE 4130 de baja aleación de cromo-

molibdeno, templado además de ser un compuesto bueno para la maquinabilidad y soldabilidad con una dureza máxima de 235 HB. (Azogue y Musuña, 2022, pág. 149).

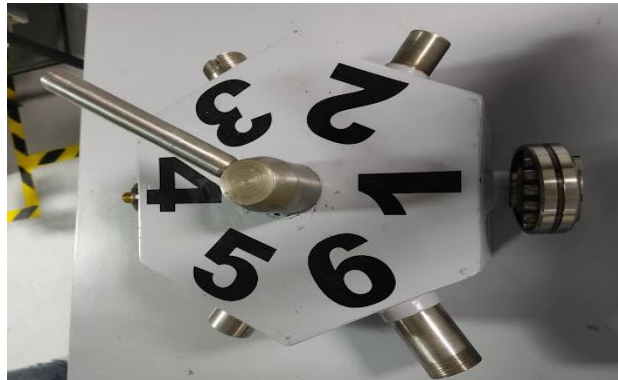


Ilustración 2-20: Posiciones para montaje y desmontaje.

Realizado por: Azogue y Musuña, 2022

Las aplicaciones de este material permiten la fabricación para ejes, pernos, estructuras soldadas ideal para el módulo y una composición química que se encuentra en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1: Propiedades Químicas del Acero AISI 4130.

Peso	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo	Cu	V	Al
Min.	0,28	0,80	-	-	0,20	0,85	-	0,15	-	-	-
Max.	0,33	1,20	0,020	0,025	0,35	1,20	0,50	0,25	0,35	0,10	0,035

Fuente: Cholango y Zapata, 2020.

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

Los ejes cuentan con una soldadura SMAW también los límites de las piezas y la vara metálica, del módulo que genero un área de fusión que al solidificarse forma la unión fija y ventajas como: bajo coste, flexibilidad y versatilidad gracias al proceso de soldadura (Azogue y Musuña, 2022, pág. 51).

CAPÍTULO III

3. MÉTODOS PARA MONTAJE Y DESMONTAJE DE RODAMIENTOS

En el actual capítulo se desarrollan los métodos hidráulicos y mecánicos para el montaje y desmontaje de rodamientos de bolas a rótula, rodillos a rótula y rodillos cónico, se trabaja en las posiciones: tres, cuatro y seis del módulo del Laboratorio de Correctivo. Estos métodos buscan prevenir diferentes fallas prematuras en los elementos, se detallan los pasos necesarios para llevar a cabo cada proceso. Además, se comparten ventajas y desventajas de cada metodología para elegir el más adecuado con la finalidad de ejercer un mantenimiento preventivo en equipos con rodamientos. También contiene las herramientas esenciales para las instalaciones en los procedimientos, basándose en un análisis de modos de fallas y efectos seguidamente de prácticas didácticas para el aprendizaje de generaciones futuras en la carrera de Mantenimiento Industrial.

3.1. Proceso de análisis comparativo

El proceso comparativo nos ayuda a establecer la importancia de montar y desmontar un rodamiento por medio de los indicadores u objetivos de cada metodología, encontrando el potencial de cada uno proceso y la toma de decisión para fijar una técnica más oportuna en el mantenimiento de los equipos con elementos rodantes.

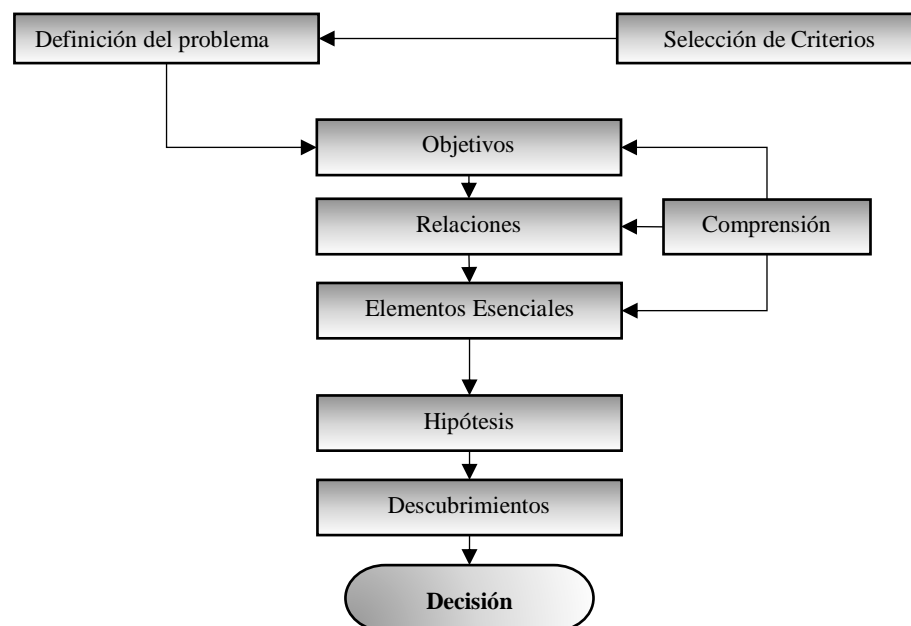


Ilustración 3-1: Proceso de análisis comparativo

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

3.1.1. Definición del problema

Alrededor de cincuenta millones de rodamientos son reemplazados dentro de un año por daños o fallas donde 1/6 de aquellas son por motivos de manipulación, montaje y desmontaje incorrectos, carga más pesada o ajustes inadecuados, el porcentaje varía de acuerdo a la industria o la aplicación de los elementos rodantes (SKF, 2003, pág. 89).

3.1.2. Objetivos de criterio

Se debe comparar los objetivos de cada método para establecer diferencias y semejanzas entre los modelos y obtener sus particularidades más relevantes. La Tabla 3-1 muestra la comparación entre los objetivos de cada uno de los métodos implementados en el módulo de montaje y desmontaje de rodamientos ubicado en el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica.

Tabla 3-1: Análisis comparativo etapa I.

Métodos	Objetivos
Por Inyección de Aceite	Reducir considerablemente el ajuste de apriete de los rodamientos y sus componentes, a su vez disminuir esfuerzos de desmontaje e instalación de forma inequívoca, controlable y acelerada.
Por Calado de Rodamientos	Permitir un ajuste preciso de los rodamientos y establecer distancias de calado de los elementos, además de reducir el tiempo de montaje.
Por Herramientas Manuales	Evitar daños en rodamientos pequeños o medianos aplicando fuerzas de forma tradicional, obteniendo un montaje y desmontaje seguro y fácil.

Fuente: SKF, 2003.

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

Todos los métodos tienen por objetivo la función de montar y desmontar rodamientos de manera efectiva, pero, en los modelos por incorporación de aceite y por fuerza de calado de rodamientos destacan grandes particularidades.

Primero, un gran ahorro de tiempo al momento de realizar las actividades, además de tener la facilidad de ejecutarlas casi sin esfuerzo físico excesivo, contribuyendo a cumplir con mayor precisión el montaje y desmontaje de los elementos rodantes.

Segundo, los procesos permiten establecer beneficios óptimos y económicos al cumplir con las especificaciones técnicas de los rodamientos, complementándolas con acciones o actividades preventivas para garantizar la seguridad en los operarios y elementos de máquinas rotativas.

3.1.3. Relación entre criterios

Cada metodología contiene cualidades relevantes que permiten realizar con facilidad las instalaciones de montaje y desmontaje de rodamientos las cuales son necesarias mencionar (Tabla 3-2) para destacar la importancia de los procesos.

Tabla 3-2: Análisis comparativo etapa II.

Actividades	Montaje y Desmontaje		
Métodos:	Hidráulicos		Mecánicos
	Por Inyección De Aceite	Por Calado De Rodamientos	Por Herramientas Manuales
Semejanzas:	Menos esfuerzo manual y mayor seguridad para los operarios.		
	Ahorro de tiempo y de dinero en materiales y producción.		
	Uso de herramientas específicas.		
	Reducción de daño en los componentes de los elementos rodantes.		
	Reduce fricción entre las dos superficies y la fuerza o carga de montaje.		
Diferencias:	Eficiencia comprobada que permite lograr el ajuste preciso y un juego interno exacto de los rodamientos.	Precisión de parámetros requeridos con softwares para la eliminación completa del ajuste de interferencia y obtener un juego radial interno preciso y exacto.	Transmitir de manera eficaz fuerza de montaje al aro del rodamiento con un ajuste eficiente y un juego interno considerable.
	Extracción del rodamiento con un esfuerzo mínimo al bombear aceite a presión formando una fina capa de aceite evitando la fricción.	Minimiza la fricción entre las superficies y controla la extracción del rodamiento evitando que salga completamente del eje.	Extracción de rodamiento aplicando fuerzas iguales, fuerzas de calado eficientes evitando daños en los caminos de rodadura.
	Las superficies de asiento de los ejes deben tener conductos de aceite.	Las superficies de asiento de los ejes deben tener conductos de aceite y ranuras.	Las superficies de asiento de los ejes no deben tener ranuras.

Fuente: SKF, 2003.

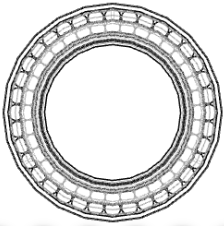
Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

Conforme a la Tabla 3-2, se destacan las características del método hidráulico por calado de rodamientos de SKF, la metodología completa propone acciones precisas y exactas para montar y desmontar los elementos rodantes. Se toman en cuenta dos aspectos técnicos importantes para la vida útil de un rodamiento: el ajuste y juego adecuado, para evitar efectos como la corrosión de contacto o el desgaste del rodamiento, y para impedir altos costos de reparación. Además, muchas veces la causa raíz de diferentes fallas es un error de ajuste que provoca movimientos relativos y el deslizamiento del aro del rodamiento en el asiento, lo que reduce su duración y afecta al eje y elemento. También se considera un juego interno eficiente, el cual depende del ajuste, con un mal ajuste el juego interno se reduce, aumentando la precarga, la tensión circunferencial y reduciendo la vida de fatiga, lo que parcialmente podría llevar a un agrietamiento del aro. Todos estos son aspectos sumamente importantes para tener un funcionamiento satisfactorio de los elementos rodantes y poder obtener una fuerza de calado axial correcto.

3.1.4. Elementos esenciales de criterios

Es imprescindible mencionar que un factor muy importante a considerar es el tipo o serie de rodamiento al que se va aplicar las instalaciones, conforme a sus designaciones, especificaciones y el uso que va a asignarse al elemento, todas estas características y beneficios posibilita sugerir o proponer recomendaciones para los métodos de montaje/desmontaje de rodamientos como se puede ver en la Tabla 3-3.

Tabla 3-3: Análisis comparativo etapa III parte I.







Tipo	Serie	Recomendaciones
Tipo de Rodamiento: Rodamiento de bolas a rótula	Serie: 1208 EKTN9	Recomendaciones para montaje y desmontaje de rodamientos con agujero cónico
	K: Agujero cónico, conicidad de 1:12	<ol style="list-style-type: none"> 1. Detección de la reducción del juego girando e inclinando el aro exterior. 2. Medición del ángulo de apriete de la tuerca de fijación. 3. Medición del calado axial. 4. Aplicación del método de calado de rodamientos SKF Drive-up
	Características y beneficios <ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento mínimo. • Baja fricción. • Bajo nivel de ruido. • Rendimiento a altas velocidades. 	
Tipo de Rodamiento: Rodamiento de rodillos a rótula	Serie: 22308 EK	Recomendaciones de montaje y desmontaje de rodamientos de rodillos a rotula
	K: Agujero cónico, conicidad de 1:12	<ol style="list-style-type: none"> 1. Asegurar de que el eje o soporte esté en posición horizontal. Durante el montaje, gira el aro interior o exterior para alinear los rodillos. 2. En caso de que esto no sea posible, utiliza una herramienta de manipulación de rodamientos para mantener la disposición central de los componentes del rodamiento.
	Características y beneficios <ul style="list-style-type: none"> • Admiten desalineación. • Alta capacidad de carga. • Funciones de relubricación. • Mayor resistencia al desgaste. 	
Tipo de Rodamiento: Rodamiento de rodillos cónicos	Serie: 30208 EK	Recomendaciones de montaje y desmontaje de rodamientos de rodillos cónicos
	K: Agujero cónico, conicidad de 1:12	<p>En general, un rodamiento de una hilera de rodillos cónicos se ajusta contra un segundo rodamiento, ya sea en una disposición de rodamientos cara a cara o espalda con espalda, para equilibrar las fuerzas opuestas. Durante el montaje, se consigue el juego o la precarga en esta disposición de rodamientos desplazando axialmente un aro del rodamiento</p>
	Características y beneficios <ul style="list-style-type: none"> • Bajos niveles de ruido y vibración. • Mayor confiabilidad en condiciones difíciles • Periodo de rodaje con picos de temperatura más bajos. • Elementos desmontables e intercambiables 	

Fuente: SKF, 2003.

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

Otros factores que influyen son los parámetros o cifras que tienden a precisar actividades de montaje y desmontaje de los rodamientos para analizar el tipo de proceso al que está adecuado a partir de las herramientas diseñadas y desarrolladas como se muestra en la Tabla 3-4.

Tabla 3-4: Análisis comparativo etapa III parte II.

Elemento	Parámetros	
	Por Inyección De Aceite	Por Calado De Rodamientos
Métodos:		
Bomba Hidráulica	Para aplicaciones de montaje y desmontaje la bomba hidráulica manual trabaja a una presión de aceite normalmente inferior a <u>100Mpa (14 500psi)</u> .	
	Se utiliza aceite mineral puro o aceites minerales con viscosidad de <u>(45 - 68) mm²/s</u> .	
	Es adecuado un inyector con volumen de aceite de <u>10 a 25cm³</u> .	
Manguera de alta presión	En lo referente al rango que soporta presiones va desde <u>1.825 a 6000 psi</u>	
	Todas las mangueras de presión flexibles son muy expuestas al deterioro por lo cual su rendimiento acaba tras pocos años.	
Adaptadores de Calado	Para diferentes presiones máximas de funcionamiento, <u>desde 100 MPa hasta 400 Mpa</u>	
	Permitir conectar tubos y mangueras a distintos tamaños de rosca.	
Manómetros de Glicerina	Existen manómetros de glicerina que miden presión máxima de hasta <u>100psi hasta 300psi</u>	
	Tienen exactitud en la lectura de presión gracias a la glicerina interna.	
Tuerca Hidráulica	Abarcan diámetros de eje de <u>50 a 1000mm</u> como estándar	
	Existen roscas desde <u>1.967 hasta 37.410 pulg.</u>	
Reloj Comparador	Tienen calibres de <u>precisión de 0.01mm</u>	
	Tienen micrómetro con <u>precisión de 0.001mm</u>	

Fuente: SKF, 2003

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

Los parámetros que muestra la Tabla 3-4 permiten evaluar el rendimiento y condición de cada método. Se ha observado que los métodos hidráulicos son eficaces para el montaje y desmontaje de rodamientos con diámetros grandes y expuestos a grandes velocidades, ejerciendo grandes fuerzas de calado generalmente requeridas en las industrias, conforme al valor de presión que se puede ejercer las herramientas en los métodos hidráulicos.

3.1.5. Aplicación de criterios

El montaje y desmontaje de rodamientos es una etapa fundamental en el ciclo de vida de estos elementos. Los métodos utilizados tienen un gran impacto en la confiabilidad y fiabilidad de las aplicaciones industriales. De acuerdo publicaciones de SKF en segmento de Global Celulosa y Papel publicadas desde el 2011 el Método de calado de rodamientos SKF Drive up es eficiente y eficaz, considerando que puede reducir hasta 10 veces el tiempo de montaje y desmontaje en comparación a métodos clásicos, lo que permite mejorar la productividad de las maquinas en muchas áreas empresariales mediante soluciones exitosas (SKF, 2023).

Estas tareas forman parte de la rutina diaria en muchas industrias, cabe mencionar que gracias a la asistencia de la aplicación de este método en máquinas como productores de roca produce una mejora en su funcionamiento demostrando que el tiempo de montaje fue reducido de 16 horas a 4 horas exponiendo la disimilitud del uso del método con otros, debido a que la planta perdía toneladas de producción por inactividad y conforme al empleo de las herramientas y proceso el tiempo de inactividad se redujo a la mitad de tiempo, permitiendo un ahorro económico a la planta de alrededor de \$ 36.720,41 mil dólares con tan solo una inversión de \$ 6.720 viendo como un total para la planta de \$ 30.000,00 mil dólares (SKF,2003, pág. 129).

En las plantas papeleras con máquinas como cilindros secadores, rodillos aspirantes entre otros equipos el 20% de fallas como temperaturas irregulares y altas temperaturas en rodamientos aparentemente por causa de un montaje con galgas y métodos tradicionales que pueden ser muy lentos y subjetivos a errores, pero gracias al uso conjunto de la tuerca hidráulica, el reloj comparador y una bomba hidráulica con manómetro digital de gran precisión con control del calado axial se ha verificado que en un 50% es más rápido en comparación a métodos generales tanto para rodamientos grandes como pequeños (Gachet, 2016, pág. 66).

3.2. Observaciones previas al montaje y desmontaje

Para realizar el montaje y desmontaje de los rodamientos es básico considerar características o cualidades principales empezando por la seguridad del operario, por observar el tipo de rodamiento con el que se está trabajando y los elementos del mismo, e incluso aspectos como es su almacenamiento porque en muchas ocasiones el elemento no llegan a la etapa del montaje debido a un almacenamiento inadecuado o una falta de limpieza y otros principios importantes a tomar en consideración para empezar con el procedimiento.

3.2.1. Seguridad

La seguridad del operador es un elemento fundamental en la ingeniería, se deben utilizar todos los equipos de protección personal (EPP) y de seguridad, tomando en consideración todos los riesgos o peligros al momento de realizar las operaciones e instalaciones, en consecuencia, a los posibles riesgos se ha realizado un análisis de trabajo seguro representado en la Tabla 3-5.

Tabla 3-5: Análisis de trabajo seguro (ATS) de montaje y desmontaje de rodamientos

N°	PASOS ESPECÍFICOS DE LA TAREA	DESCRIPCIÓN	PELIGROS Y CONSECUENCIAS	MEDIDAS PREVENTIVAS PARA LA TAREA
1	Inspección del área de trabajo	Revisar que el área de trabajo este sin obstáculos y se disponga del espacio necesario para la manipulación de las herramientas.	Golpes contra objetos cercanos, derrame del aceite contenido en el tanque de la bomba o estrangulamientos innecesarios.	Escoger un espacio amplio y libre de obstáculos u otros equipos
2	Inspección del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos	Realizar una inspección visual del estado del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos y verificar el estado de los ejes y que el hexágono pueda girar con normalidad a las posiciones de trabajo.	Hexágono y mecanismo de apriete trabado, es decir, el mecanismo no enclava en la posición de trabajo. Puntos de corrosión o fisuras en los ejes.	Realizar lubricación del eje de rotación y verificar el estado de resorte, dar mayor presión mediante el ajuste del prisionero de ser necesario. Verificar que el módulo no esté expuesto bajo condiciones severas.
3	Selección de herramientas y equipos	Seleccionar el extractor apropiado, la bomba hidráulica manual P-391, tuerca hidráulica, llave de gancho, manómetros, galgas y tablas de valores para verificar el juego radial y axial.	Lesiones al operador a daños en rodamientos y en el módulo de montaje/desmontaje, o explosiones por fugas de aceite	Seguir las recomendaciones del para evitar explosiones de la carátula. Verificar la designación del rodamiento para seleccionar los criterios.
4	Verificar el estado de la bomba hidráulica y sus accesorios	Realizar una inspección visual el tanque de la bomba este con suficiente aceite, los acoples M4-M4 y las condiciones de la manguera para detectar abultamientos, estrías, cortes u otros.	Fugas de aceite y explosiones por usar accesorios no aprobados para trabajos que requieran presión	Utilizar mangueras aprobadas para trabajar a altas presiones y con acoples M4-M4 de presión. Revisar los empalmes de la manguera periódicamente y mantener la bomba alejadas del calor directo del sol.
5	Determinar los parámetros de montaje y desmontaje de rodamientos	Con referencia a la denominación de los rodamientos para los 3 casos particulares de montaje y desmontaje, determinar los parámetros como presión requerida, carga y deslizamiento radial y axial en el software SKF.	Errores en el procedimiento de montaje y desmontaje. Explosiones por bombear aceite a presiones superiores al requerido, juego excesivo, ajuste mal realizado rotura de los acoples M4-M4 y daños en el eje	Verificar los parámetros de ajuste en tablas o recomendaciones del fabricante. Realizar una correcta instalación de la bomba al módulo de montaje y desmontaje.

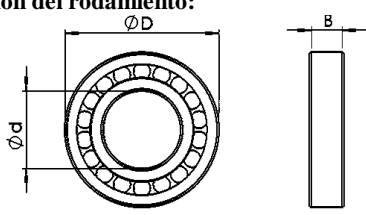
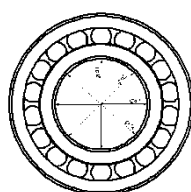
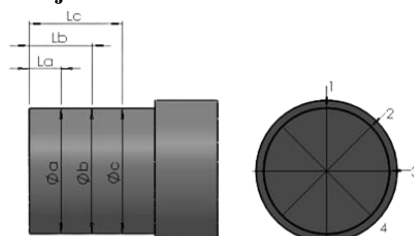
Fuente: SKF, 2003.

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

3.2.2. Planificación

El montaje y desmontaje de un rodamiento es la introducción a la resolución de problemas del elemento por ello, antes de realizar un montaje es necesario tener una base de datos del elemento, identificar el área de trabajo, el control de los componentes asociados, registrar el tipo de agente protector, su manipulación y finalmente tomar en consideración las medidas de seguridad para de esta forma lograr aplicar el método correcto.

Tabla 3-6: Formato de información previo al montaje de rodamientos.

Informe Previo al Montaje						
Tipo de Rodamiento:						
Posición del rodamiento:						
Aplicación:						
Ilustración del rodamiento: 				Puntos de medición del rodamiento: 		
Puntos de medición del diámetro del eje: 						
Sentidos para la medición.	Eje			Rodamiento:		
	Valores de medición (mm) en el lugar:			Valores de medición (mm) en el lugar		
	Distancia (mm):			Distancia (mm):		
	La:	Lb:	Lc:	d:	D:	B:
	Diámetros (mm):			Distancia interna (mm):		
a	B	c	d1	d2	d3	
1						
2						
3						
4						
	Medida calculada: (1+2+3+4) /4			Medida calculada: (1+2+3+4) /4		
Resultados:						
Aptitud De Carga.	Rango de juego axial inicial:			Juego axial controlado:		
	Juego radial medido:			Juego radial calculado:		
Montaje.	Área de trabajo:					
	Componentes asociados:					
	Tipo de agente protector:					
	Herramientas y equipos:					
Observaciones:						

Fuente: SKF, 2003.



Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

Las herramientas y los métodos utilizados en el montaje de los rodamientos a menudo dependen del tamaño del rodamiento, eje o soporte para efectuar la actividad, por tanto, se ha creado un informe previo al montaje que ayudará a realizar la instalación de un modo más preciso, el registro de datos permitirá al operador a realizar una instalación más simple o limpia permitiendo que el rodamiento no sufra ningún tipo de fisuras, lesiones o daños.

3.2.3. Limpieza

La limpieza es esencial para que los rodamientos tengan un gran rendimiento y confiabilidad. La descontaminación comienza desde la bodega. Almacenar los rodamientos en un lugar fresco, seco y sin corrientes de aire es clave, ubicar en estanterías que no estén sometidas a las vibraciones de la maquinaria en medida de lo posible, instalar los rodamientos en una zona libre de polvo o humedad, lejos de máquinas metalúrgicas o de otras máquinas que produzcan virutas y polvo debido a que con el tiempo estos residuos causan daños en las superficies.

Tabla 3-7: Aplicaciones de lubricantes para rodamientos.

Contraste en la aplicación de aceites lubricantes			
Lubricación de rodamientos (análisis tribológico)		Aceite WD-40 para limpieza y agente anticorrosivo	
			
Composición:	Aceite base un 50 a 80% y un aditivo de 30 a 20%	Composición:	60 a 70% destilado de petróleo, 15 a 25% de aceite básico y de 2 a 3% de CO ₂
Función:	Separa dos superficies en movimiento mediante una fina capa de aceite y reduce la fricción de las superficies en contacto. Reduce el calentamiento y desgaste de los elementos	Función:	Protege el elemento contra la corrosión y humedad. Elimina suciedad y marcas de ralladuras de los elementos
Viscosidad:	Esta se fundamenta en diversos factores como el tipo del rodamiento, velocidad, carga y temperaturas de operación. Calculado mediante tablas e gráficas de factores de velocidad y de temperatura	Viscosidad:	Aplicaciones para una viscosidad no muy alta y a temperaturas moderadas. Recomendada para realizar limpiezas de elementos metálicos
Nota: para realizar la selección de un aceite correcto en la lubricación de rodamientos, es necesario realizar un análisis tribológico en base al tipo del rodamiento. Sin embargo, únicamente para limpieza superficial de los elementos involucrados se usa el aceite multiusos WD-40.			

Fuente: NTN, 2020.

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

Para comprender entre lubricar un rodamiento o realizar la limpieza interna y superficial de un rodamiento, se realiza el estudio pertinente para cada caso, como se mostró en la Tabla 3-7 cabe mencionar que en su lubricación, los rodamientos en general vienen con un agente protector desde fabrica, que no siempre es necesario eliminarlos, sin embargo, cuando el agente no es compatible con el lubricante se lo tiene que quitar de las superficies exteriores y del agujero, lavarlos y secarlos con cuidado.

3.3. Proceso sistemático de fallas

La UNE-EN 60812 establece que el Análisis Modal de Fallo y Efecto (AMEF) es una técnica de mantenimiento que utiliza un enfoque sistemático para identificar los posibles modos de fallo, sus causas y los efectos que pueden tener en el rendimiento del sistema.

La metodología, es empleada para realizar un análisis de los modos de falla y sus posibles efectos e identificar y prevenir problemas durante el proceso de montaje y desmontaje de los diferentes rodamientos. Para su estudio, se toma en cuenta desde el módulo que se utiliza, hasta las herramientas de montaje y desmontaje, la Tabla 3-8 detalla el modo de fallo su causa potencial y su efecto para recomendar acciones preventivas de cada falla.

Tabla 3-8: Análisis de modos de fallos y efectos de montaje y desmontaje de rodamientos.

	Fallo N°	Fallos potenciales			Acciones recomendadas
		Modo de falla	Causas de la falla	Efectos de falla	
Montaje y desmontaje de rodamientos	1	Oxidación en las superficies de contacto del eje	Maquinado incorrecto de las superficies de del eje	Pérdida de material y del ajuste de interferencia a nivel del eje	Mecanizar nuevamente el eje para corregir errores de diseño
	2	Hexágono no gira	Falta de lubricación en el sistema de giro del hexágono.	No se puede colocar el hexágono en la posición que se desea trabajar	Lubricar el eje de rotación
	3	Descascarillado en el anillo interior del rodamiento	Errores en el procedimiento de montaje de rodamientos	Rodamiento no se pude volver a montar en el eje	Seleccionar el método correcto de montaje
	4	Ralladuras en las superficies de contacto en dirección axial	Prácticas de montaje inadecuadas	Rotura de la película de aceite de las superficies de contacto entre el eje y el rodamiento	Mejorar el procedimiento de montaje y desmontaje de rodamientos
	5	Astillado parcial del anillo exterior del rodamiento	Cargas de impactos excesivas durante el montaje	No se puede reutilizar el rodamiento	Corregir las cargas excesivas y de impacto durante el montaje
	6	Fisura en dirección axial de la superficie de la pista	Ajuste excesivamente apretado al montar el rodamiento	Grietas y fisuras en los anillos del rodamiento	Corregir los valores de ajuste durante el montaje

7	Corrosión de las superficies del anillo interior/exterior del rodamiento	Exceso de inyección de aceite en el procedimiento de montaje	El rodamiento no se puede reutilizar	Controlar la inyección de aceite en el eje durante el montaje
8	Eje fisurado	Uso incorrecto de herramientas de montaje	Eje dañado	Usar las herramientas correctas
9	Desalineación en el rodamiento	Selección incorrecta del juego interno inicial	Desgaste excesivo del rodamiento	Verificar el empaque y marcación, para asegurar que el juego interno cumpla la especificación original de diseño
10	Corrosión entre en las superficies del anillo y el alojamiento del rodamiento	Presión excesiva de inyección de aceite	Película excesiva de aceite en las superficies de contacto	Verificar los parámetros en el software SKF para montar un rodamiento
11	Manguera y acoples obstruidos	Aceite hidráulico contaminado	Bomba hidráulica no inyecta aceite	Limpiar el tanque y sustituir el aceite hidráulico
12	Fugas de aceite en la inyección de aceite	Adaptadores no son de presión, sino de cobre	Rotura de los acoples	Sustituir los adaptadores de cobre por adaptadores de presión G ¼

Fuente: SKF, 2022.

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

Se detallan algunas de las fallas más frecuentes que ocurren en el módulo de trabajo y en los rodamientos; por mencionar algunas fallas prematuras se tiene el eje fisurado y oxidación entre las superficies de contacto.

En efecto, al examinar estos problemas en todos los casos (Tabla 3-8) se proporciona la causa y se definen acciones correctivas para evitar una recurrencia del mismo problema. Con esta información se evalúa cada situación de fallas y se realiza un análisis correcto y profundo, estipulando que la mayor parte de fallas se debe a los parámetros de diseño del módulo de montaje y desmontaje; y a las condiciones de manipulación de los rodamientos con herramientas de trabajo incorrectas.

3.4. Especificaciones técnicas previas al montaje y desmontaje

Se realiza un análisis sobre las especificaciones técnicas de los rodamientos porque son parte importante para especificar qué tipo de método de montaje y desmontaje deben ser empleados.

3.4.1. Vida útil del rodamiento

La vida útil de un rodamiento en condiciones normales tiene un valor de 5338 horas, conociendo que esto depende de diferentes enfoques ya que se conoce que la misma reduce en cifras de un

36% como resultado de una lubricación equivocada o inadecuada, el 34% pertenece a condiciones de operación, el grado de contaminación tiene un 14% y el 16% restante equivale a defectos en procesos del montaje (Huilca y Arregui, 2020).

En un análisis de calidad de fabricantes hace referencia que en un 80% independientemente de defectos y en presencia de una falla ocurre en las siguientes etapas de la Tabla 9-3:

Tabla 3-9: Etapas de defectos de un rodamiento.

Etapa	Fallas
1	La etapa I hace referencia a las vibraciones con componentes de alta frecuencia donde la temperatura no se incrementa y grietas no son visibles.
2	Las grietas empiezan a visualizarse para el operador y los rodamientos empiezan a liberar energía en forma de ondas elásticas (emisiones acústicas) expandiéndose las grietas a los demás elementos.
3	Al expandirse la grieta empieza a mostrarse una gran cantidad de bandas laterales, fallas relacionadas con la velocidad rotacional y modulación.
4	La etapa final es la más cerca a la fundición del rodamiento, la emisión es más fuerte y se produce el sobrecalentamiento

Fuente: Huilca y Arregui, 2022.

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

NSK (2023), determina que en el tiempo actual gracias a las tecnologías existentes puede llegar a ser realista una vida útil de hasta 10 años, donde se incluye la vida nominal L10 que es una herramienta probada que se puede utilizar para evitar fallas por fatiga.

3.4.2. Denominación del rodamiento

Antes del montaje/desmontaje del rodamiento, se comprueba que la denominación del rodamiento coincida con su envoltura y sea el apropiado para montar sobre el eje seleccionado. Los rodamientos se pueden clasificar según el diámetro interno (ver Tabla 3-10):

Tabla 3-10: Diámetros internos

Tipo de rodamiento	Diámetro
Pequeño	$d \leq 80 \text{ mm}$
Mediano	$80 \text{ mm} \leq d < 200 \text{ mm}$
Grande	$d \geq 200 \text{ mm}$

Fuente: SKF, 2003.

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

Para el caso particular de la practicas realizadas de montaje y desmontaje de rodamientos, se trabaja con rodamientos pequeños, cuyo diámetro interno es de 40 mm. Todos los rodamientos en SKF y FAG vienen de fábrica con un aceite anticorrosivo en sus envolturas que no es necesario lavarlo, sin embargo, en las superficies de contacto como en su aro interior, es recomendable

limpiar esta película de aceite anticorrosivo. Tener el módulo de montaje y desmontaje junto con los rodamientos lejos de equipos rectificadores, evitara que el módulo esté cubierto de viruta o polvo abrasivo y, que el elemento rotativo no se contamine de suciedad es autorizado trabajar en un lugar limpio y seco.

3.4.3. Grupos de juego radial

Los rodamientos con asientos cónicos se montan directamente pero antes, es importante realizar una limpieza del agujero del rodamiento y el eje. En los elementos rotativos se debe medir el juego previamente y realizar el montaje sobre su soporte. Las tolerancias y el juego radial son comprobados en base a la norma DIN 620-4, se trabaja con un juego radial de clase CN, que corresponde a una tolerancia estándar de funcionamiento para aplicaciones en condiciones normales de funcionamiento, sin embargo, existen otros grupos o clases de juego radial se representan con la letra C y una cifra que indica la categoría de esta como se indica en la Tabla 3-11.

Tabla 3-11: Clasificación de juegos radiales de rodamientos.

Grupo	Significado	Campos de utilización
CN	Juego radial normal. Grupo N no se indica en las referencias del rodamiento	En caso de relaciones normales de funcionamiento para las tolerancias del eje y del alojamiento.
C2	Juego radial < Grupo N	Para cargas alternas elevadas, en combinación con movimientos de basculación.
C3	Juego radial > Grupo N	Para ajustes forzados de los anillos del rodamiento y para una mayor diferencia de temperatura entre los anillos interior y exterior
C4	Juego radial > Grupo 3	
C5	Juego radial > Grupo 4	

Fuente: Schaeffler Group 2022.

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

Por esta razón, se ha decidió trabajar con un ajuste de interferencia o apriete, conforme al tipo de ajuste se permite reducir el juego interno radial entre el rodamiento y el eje. El ajuste es obtenido cuando el diámetro del eje es mayor que el diámetro del agujero formándose una unión a presión a causa de la fricción.

La fuerza de la unión dependerá de la diferencia entre los diámetros y es importante elegir un ajuste oportuno para garantizar un rendimiento impecable del conjunto.

Es importante mencionar, que para tener un ajuste correcto de un rodamiento no se basa en predicciones, por lo contrario, previamente se deben seleccionar las tolerancias apropiadas de los ejes de acuerdo al tipo y tamaño del rodamiento (Tabla 3-12), y contexto operacional del módulo de montaje y desmontaje.

Tabla 3-12: Tipos de rodamientos y Clases de tolerancias

Tipos de rodamientos		Clases de Tolerancias Aplicables					
Rodamientos De Bolas De Ranura Profunda		Normal	Clase 6	Clase 5	Clase 4	Clase 2	
Rodamientos De Bolas De Contacto Angular		Normal	Clase 6	Clase 5	Clase 4	Clase 2	
Rodamientos de Bolas Auto lineales		Normal	Clase 6 Equivalente	Clase 5 Equivalente	-	-	
Rodamientos Cilíndricos		Normal	Clase 6	Clase 5	Clase 4	Clase 2	
Rodamientos de Agujas (tipo solido)		Normal	Clase 6	Clase 5	Clase 4	-	
Rodamientos Esféricos		Normal	Clase 6	Clase 5	-	-	
Rodamientos de rodillos cónicos	Diseño Métrico	Normal Clase 6X	-	Clase 5	Clase 4	-	
	Diseño en pulgadas	ANSI/ABMA CLASE 4	ANSI/ABMA CLASE 2	ANSI/ABMA CLASE 3	ANSI/ABMA CLASE 0	ANSI/ABMA CLASE 00	
Rodamientos para Magnetos		Normal	Clase 6	Clase 5	-	-	
Rodamientos de Bolas de Empuje Axial		Normal	Clase 6	Clase 5	-	-	
Rodamientos Esféricos de Empuje		Normal	-	-	-	-	
Estándares equivalentes (referencia)	JIS ⁽¹⁾		Clase 0	Clase 6	Clase 5	Clase 4	Clase 2
	DIN ⁽²⁾		P0	P6	P5	P4	P2
	ANSI/ABMA ⁽³⁾	Rodamientos de Bolas	ABEC 1	ABEC 3	ABEC 5 (CLASE 5P)	ABEC 7 (CLASE 7P)	ABEC 9 (CLASE 9P)
		Rodamientos de Rodillos	RBEC 3	RBEC 3	RBEC 5	-	-
	Rodamientos de Rodillos Cónicos	CLASE 4	CLASE 2	CLASE 3	CLASE 0	CLASE 00	
Nota: ⁽¹⁾ JIS: "Japanese Industrial Standards" (Estándares Industriales Japoneses), ⁽²⁾ DIN: Deutsch Industrie Norm (Normativa Industrial Alemana), ⁽³⁾ ANSI/ABMA: "The American Bearing Manufacturers Association" / (Asociación Americana de Fabricantes de Rodamientos).							

Fuente: NSK, 2023.

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

3.5. Procesos de desmontaje de rodamientos aplicando técnicas hidráulicas

SKF nos brinda un método de desmontar rodamientos aplicando herramientas y técnicas hidráulicas para mejorar la seguridad de los operarios y reducir el daño de los rodamientos protegiendo los elementos de la maquinaria. Para el desarrollo del presente Trabajo, se detallará a continuación todos los métodos con equipos que basan su funcionamiento en el movimiento de fluidos.

3.5.1. Método de desmontaje mediante la inyección de aceite

En la Ilustración 3-2 se presenta una esquematización resumida del proceso de desmontaje mediante la técnica de inyección de aceite. Empezando por identificar el tipo de rodamiento montado y los pasos del proceso que se desea implementar para evitar fallos o errores de montaje y desmontaje.

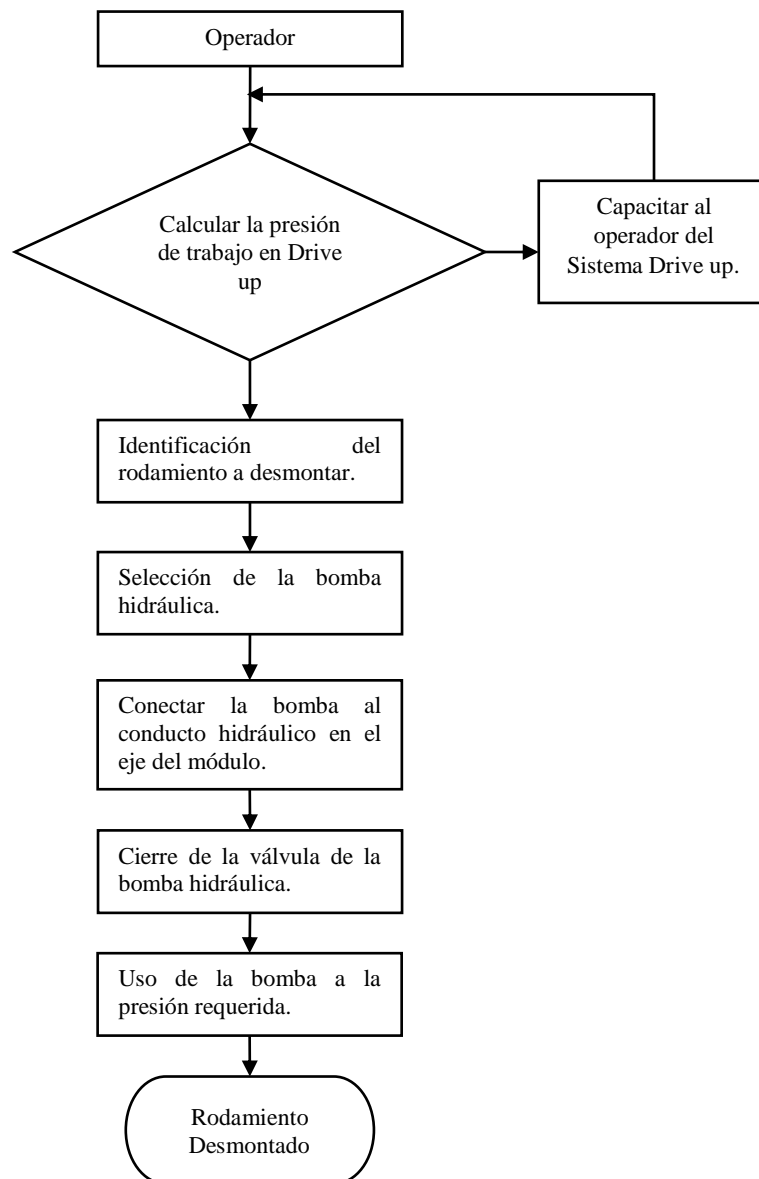


Ilustración 3-2: Esquematización del método de inyección de aceite.

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

3.5.1.1. Tipo de rodamiento

Se trabaja con un rodamiento de bolas a rótula cuyas especificaciones se encuentran representadas en la Ilustración 3-3. Un rodamiento de bolas a rótula tipo 1208 EKTN9 en base a las cualidades de diseño del módulo de instalación y desinstalación de rodamientos, los datos que nos facilita la Ilustración 26-3 de SKF para la guía de laboratorio de la práctica 4 (ANEXO H). El elemento rotatorio tiene un eje interno de 40 mm que es montado sobre su asiento con el mismo diámetro; por ese motivo se ha seleccionado el rodamiento antes mencionado, por condiciones de diámetros tanto del eje como del rodamiento.

Designación	Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Velocidades nominales		
	d [mm]	r_f	D [mm]	B [mm]	C [kN]	C_0 [kN]	Velocidad de referencia [r/min]	Velocidad límite [r/min]
11208 TN9	40		80	56	19	6.55		5 000
1208 EKTN9	40		80	18	19.9	6.95	18 000	11 000
1208 ETN9	40		80	18	19.9	6.95	18 000	11 000

Ilustración 3-3: Rodamientos 1208 EKTN9

Fuente: SKF, 2023.

3.5.1.2. Parámetros de desmontaje con ajuste de interferencia

El Método Drive up logra un ajuste de interferencia correcto y valores de calado confiables mediante el programa SKF Drive up que se lo puede encontrar en la página oficial de SKF (<https://www.skf.com/il/support/engineering-tools/oil-injection-method-program>), un software que nos permite calcular la presión de la bomba en una posición inicial al movimiento axial y más valores requeridos para la disposición del montaje y desmontaje que se describen a continuación. Se tiene un ajuste de interferencia o de apriete de 0,04mm y sin carga axial. Para el rodamiento 1208 EKTN9 montado sobre un eje cónico fabricado en acero AISI 4340 350A RT con un límite elástico de 670 Mpa. (Azogue y Musuña, 2022, pág. 76).

El coeficiente de Poissons para aceros es $n = 0,3$, mientras que el módulo de elasticidad es $E = 210000 \text{ N/mm}^2$; éstos mismos valores se usan para el caso del manguito exterior del rodamiento. El factor H basado en el acabado superficial tiene un rango entre 0,0025 – 0,005 mm, para este caso, se trabaja con el mínimo $H = 0,0025$.

El coeficiente de fricción operativa y de montaje para aplicaciones normales de inyección de aceite se tiene 0,14 y 0,02 respectivamente.

Finalmente, se obtiene una presión de trabajo para rodamientos de bolas a rótula de 16 MPa (2320,6 psi) con un factor de seguridad de (Ilustración 3-4) cuyo desplazamiento axial es 0,65mm. Adicional a la Ilustración 24-3, se puede generar un reporte de los valores de los componentes con ajuste de interferencia (ver ANEXO H)

Calculation of components with interference fit

Two components with cylindrical mating surfaces
 Two components with tapered mating surfaces
 Three components where the inner and intermediate components have cylindrical mating surfaces and the intermediate and outer components have tapered mating surfaces

Taper 1: 12
 Base on: Expansion Torque
 External expansion, mm: 0,04
 Axial load, N: 0

Shaft
 d, mm: 40
 d_i , mm: 0
 E, N/mm²: 210000
 ν : 0,3
 B, mm: 40
 H, mm: 0,0025
 Hoperation: 0,14
 Hmounting: 0,02

Outer sleeve
 d_e , mm: 45
 E, N/mm²: 210000
 ν : 0,3
 Yield stress of outer sleeve, MPa: 670
 "Equivalent" stress, MPa: 524,1

Surface pressures, MPa: Outer sleeve: 16
 Stresses, MPa: Shaft: 16, Outer sleeve: 210
 Measures, mm: Axial drive-up: 0,638, Internal comp: 0
 Force-torque, N-Nm: Mounting force: 5015, Torque capacity: 237

The pressure and stresses refer to the midpoint of the joint. The values will be somewhat higher and lower at the sides, depending on the taper

Example data Report Done

Ilustración 3-4: Presión de trabajo para desmontar el rodamiento

Fuente: SKF, 2023.

3.5.1.3. Preparación del rodamiento antes del desmontaje

La alta presión con la que se inyecta el aceite, puede hacer que el rodamiento se desmonte rápidamente y ocasione daños al operador y a elementos de la máquina. Por esa razón, se usa una tuerca de fijación, para impedir que el rodamiento salga expulsado de forma brusca.

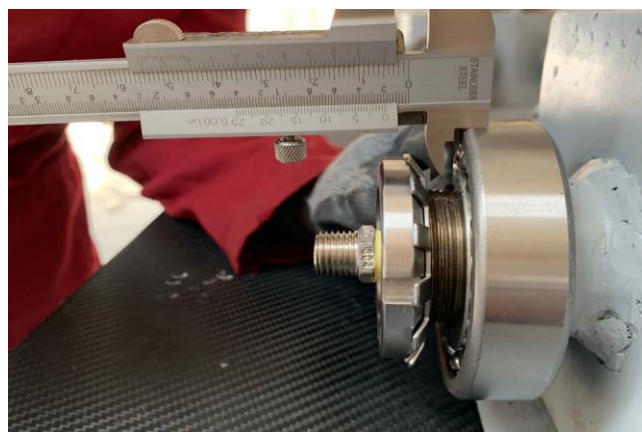


Ilustración 3-5: Separación de 5mm.

Fuente: SKF, 2023.

Como se observa en la Ilustración 3-5, con la utilización de un punzón se quita el seguro de la argolla permanente y, mediante una llave de gancho y un martillo se afloja la tuerca de fijación en sentido anti horario hasta que quede aproximadamente separada 5mm del rodamiento, esto previene que el rodamiento sea arrojado inesperadamente y limita el movimiento axial.

3.5.1.4. Instalación de la bomba

La conexión de la bomba, para un correcto funcionamiento, se realiza de la siguiente manera:

- Enrollar 1 ½ vuelta de teflón en las roscas de la manguera y conectar un extremo a la salda de la bomba.
- Instalar el manómetro en la línea de la manguera
- Unir con la otra parte de la manguera, al conducto del sistema hidráulico del módulo como se indica en la Ilustración 3-7.

SKF recomienda usar una bomba de aceite SKF 729124 de 10 000 psi.

Hydraulic pumps and oil injectors selection guide

The selection guide gives an overview of available SKF hydraulic pumps and injectors.

Hydraulic pump and oil injector selection guide						
Max. working pressure		Pump	Type	Oil container capacity		Connection nipple
MPa	psi			cm ³	in ³	
30	4,350	THAP 030E	Air-driven pump	separate container		G 3/4
50	7,250	TMJL 50	Hand-operated pump	2.700	165	G 1/4
100	14,500	729124	Hand-operated pump	250	15	G 1/4
		TMJL 100	Hand-operated pump	800	48	G 1/4
150	21,750	THAP 150E	Air-driven pump	separate container		G 3/4
		728619 E	Hand-operated pump	2.550	155	G 1/4
300	43,500	THAP 300E	Air-driven injector	separate container		G 3/4
		226400	Hand-operated oil injector	200	12.2	G 3/4
		729101 B	Oil injection kit	200	12.2	Several
400	58,000	THAP 400E	Air-driven injector	separate container		G 3/4
		226400/400MPa	Hand-operated oil injector	200	12.2	G 3/4
		729101 E	Oil injection kit	200	12.2	Several



Ilustración 3-6: Catalogo de bombas.

Fuente: SKF, 2023.

Sin embargo, SKF te ofrece el programa gratuito de la técnica de incorporación de aceite para que, el personal de mantenimiento o de diseño pueda seleccionar la bomba con la presión correcta, como se puede evidenciar en la Ilustración 3-7 algunos tipos de bombas acorde a la presión requerida del trabajo.



Ilustración 3-7: Conexión de la bomba

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

Una vez conectada la bomba, se debe cerrar la válvula de alivio en sentido horario previo al bombeo para inyectar aceite en el conducto del eje.

3.5.1.5. Inyección de aceite al sistema

Una vez conectada la bomba de mano hidráulica y el manómetro encendido, se comienza a bombear aceite hacia el sistema asegurándonos de que la llave de salida de la bomba se encuentre abierta (ver Ilustración 3-8). Cuando se haya inyectado el aceite con la presión inicial adecuada o suficiente al conducto, esto formará una barrera o una película de aceite entre el anillo interno del rodamiento y el eje.

Se debe bombear alrededor de 16Mpa en lo posible, para llegar a la presión deseada se necesita de varios bombeos, calculada en el interfaz de la técnica Drive up de SKF.

Cuando aproximadamente se llegue a la presión indicada se rompe el ajuste de interferencia del rodamiento al eje y se escucha un ruido o clic con un movimiento fuerte, esto indica que el rodamiento está listo para ser desmontado conforme al proceso, la presión disminuye en una cantidad poco representativa.



Ilustración 3-8: Manipulación de la bomba hidráulica

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

3.5.1.6. *Desmontaje del rodamiento*

Mediante una llave de gancho, se procede a girar en sentido antihorario la tuerca de fijación para posteriormente retirarla junto con el anillo de fijación del rodamiento.

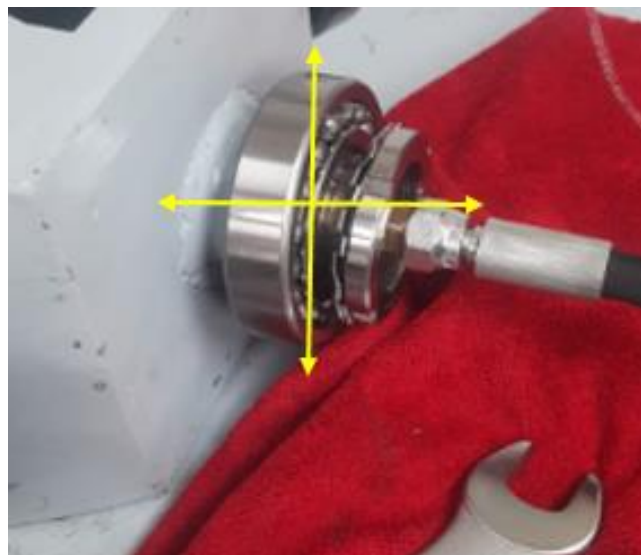


Ilustración 3-9: Fijación de la tuerca

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

En la Ilustración 3-9 se aprecia el movimiento con respecto al centro del eje de referencia, que ha realizado el rodamiento luego de haber bombeado suficiente aceite, llegando a ser fácil el desmontaje con las herramientas correctas.

3.6. Proceso de Montaje de rodamientos aplicando técnicas hidráulicas

Este método permite la colocación de rodamientos de rodillos a rótula y toroidales sobre puestos cónicos con un ajuste más preciso a diferencia de otros métodos tradicionales. Para el procedimiento, se pueden usar una tuerca, tornillos o incluso una prensa hidráulica, sin embargo, este proceso se centra mediante la utilización de una Tuerca Hidráulica, manómetro de alta precisión, una bomba de mano hidráulica y un reloj comparador. Este tipo de montaje aplicando una tuerca hidráulica, nos permite un montaje sencillo y un ajuste correcto, otorgando altos índices de precisión y seguridad.

3.6.1. Tuerca Hidráulica

La tuerca hidráulica es un elemento generalmente fabricado en acero AISI 1045, que ayuda a los operadores para montar y desmontar rodamientos de forma segura y rápida especialmente para rodamientos alojados en asientos cónicos y cilíndricos.

La rosca con ayuda de una bomba hidráulica manual nos facilita el montaje de rodamientos alargando su vida útil en comparación con otros métodos mecánicos, además, su estructura está diseñada para permitir el acoplamiento de un reloj comparador.

Tabla 3-13: Detalles de la Tuerca Hidráulica

Especificaciones técnicas		Ilustración
Forma de la rosca	HMV 10E	
Serie	HMV E	
Normativa	ISO 68-1:1998, clase de tolerancia 6H	
Rosca (G)	M 50x1,5	
d ₁ (mm)	50,5 mm	
d ₂ (mm)	104 mm	
d ₃ (mm)	114 mm	
B (mm)	38 mm	
B ₁ (mm)	4 mm	
Desplazamiento admisible del pistón (mm)	5 mm	
Área del pistón (mm ²)	2900 mm ²	
Peso (kg)	2,70 kg	

Capacidad de carga (MPa)	80 MPa (11600 psi)	
Principio de funcionamiento		
<p>La tuerca hidráulica garantiza el montaje correcto optimizando tiempos en el proceso de instalar rodamientos en sus soportes, principalmente sobre ejes cónicos. En algunos casos, las tuercas están recubiertas con un acabado epóxico como Armoloy o Xylan para aumentar su resistencia al desgaste debido a la corrosión.</p> <p>Al momento que se bombea el aceite al interior del conducto de aceite de la tuerca, el pistón es empujado con la fuerza necesaria para montar o desmontar el rodamiento de su eje. Mientras tanto, el reloj comparador, o palpador montado en el anillo exterior medirá el desplazamiento axial del rodamiento en base al movimiento que realice el pistón. También son utilizadas para el montar y aflojar uniones muy apretada como engranajes hélices y acoplamiento de ejes.</p>		
Parámetro	Descripción	
Uso correcto	Montaje y desmontaje de rodamientos, uniones apretadas, acoplamiento de barcos y ejes, en engranajes	
Uso incorrecto	Prohibido usar para elevar cargas, esto puede ocasionar daños a la seguridad.	
Personal cualificado	Formación y conocimientos en rodamientos y herramientas hidráulicas.	
Peligros	Fugas de aceite hidráulico a altas presiones puede generar daños a la seguridad del operario	
Protección	Gafas de protección y zapatos de seguridad, guantes, mandil u overol, casco.	
Viscosidad del aceite hidráulico (mm²/s)	De 46 a 68	
Transporte y entorno	Humedad máxima del 65% mientras no sea condensable, temperatura de +5°C hasta +40°C en un entorno limpio y no agresivo en tratamientos químicos	
Nota: la tuerca hidráulica no debe ser modificada		

Fuente: SKF, 2003.

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

En la Tabla 3-13 se indican los parámetros técnicos y algunos detalles como el funcionamiento de la tuerca hidráulica, hay que mencionar que la presente ficha es para un eje cuyo diámetro es de 50mm. Sin embargo, los principios son los mismos para el módulo de montaje y desmontaje situado en el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo.

No obstante, se puede usar un manguito de fijación AH 2309 para poder usarla en las prácticas una tuerca hidráulica HVM 10E y ser acoplada a las condiciones de diseño del hexágono del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos, logrando aumentar el diámetro del agujero a 45mm y poder obtener datos más confiables.

3.6.1.1. Análisis de fallas de Tuercas Hidráulicas

En el mercado existen varias marcas con diferentes dimensiones, para la presente aplicación se debe busca una que se acople perfectamente las magnitudes del eje. Estas tuercas, se componen de un aro de presión, un cilindro anular y un anillo obturador, estos mecanismos deben estar libre de daños por eso es recomendable comprobar su funcionamiento antes de cada uso.

Adicionalmente, a continuación, se detallan algunas de los errores frecuentes que ocurren en una tuerca de este tipo.

Tabla 3-14: Posibles fallas en tuercas hidráulicas.

Nº	Falla	Causa
1	Fuga de aceite hidráulico en la zona de obturación	Obturaciones dañadas
2	Aceite hidráulico contaminado	Depósito del aceite contaminado
3	Cilindro anular bloqueado	Cilindro anular inclinado
4	Cilindro anular se desplaza bruscamente	Presencia de aire en el sistema del cilindro anular
5	La presión no se eleva	Válvula de descarga de la bomba está abierta

Nota: en presencia de otro fallo, ver el manual de instrucciones o ponerse en contacto con el servicio de atención al cliente del proveedor.

Fuente: FAG, 2021.

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

En la Tabla 3-14 se indican las fallas que se pueden presentar en la tuerca hidráulica durante su funcionamiento, una vez solucionada estas averías, el elemento debe estar lista para entrar nuevamente en servicio garantizando todas las medidas de seguridad. Sin embargo, es importante verificar la funcionalidad de la tuerca antes de ponerla en marcha.

3.6.2. Adaptador G ¼ macho a G ¼ macho cónico

En el mercado existen diferentes conexiones y acoples con combinaciones de tamaños de roscas diferentes que permiten conectar los tubos, en nuestro caso la manguera hidráulica de la bomba hacia el módulo de montaje y desmontaje. Se utiliza un adaptador de roscas G ¼ que puede soportar hasta 150 MPa, lo que indica que puede soportar y conectar mangueras de alta presión.



Ilustración 3-10: Adaptadores de presión.

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

Como se aprecia en la Ilustración 3-10, Se utiliza un adaptador de roscas G ¼ que puede soportar hasta 150 MPa, lo que indica que puede soportar altas presiones, en este caso se trabaja con una bomba de tipo SAE 100R16, una manguera hidráulica de alambre de acero reforzado.

3.6.3. Método de montaje de Calado Drive-up

Este método tiene grandes ventajas como montar rodamientos sobre sus ejes en un periodo de tiempo y con alta precisión. Evita que los elementos se deterioren con facilidad o presentes fallos prematuros. Consiste básicamente, en inyectar aceite controlando el calado del rodamiento mediante un reloj comparador para así controlar el desplazamiento axial y reducir su juego radial. Entre los principales parámetros que se deben tener en cuenta para un montaje exitoso del rodamiento son, la presión mínima requerida para el ajuste, la tuerca hidráulica que se debe utilizar según las especificaciones del rodamiento y el calado correcto del elemento a montar.

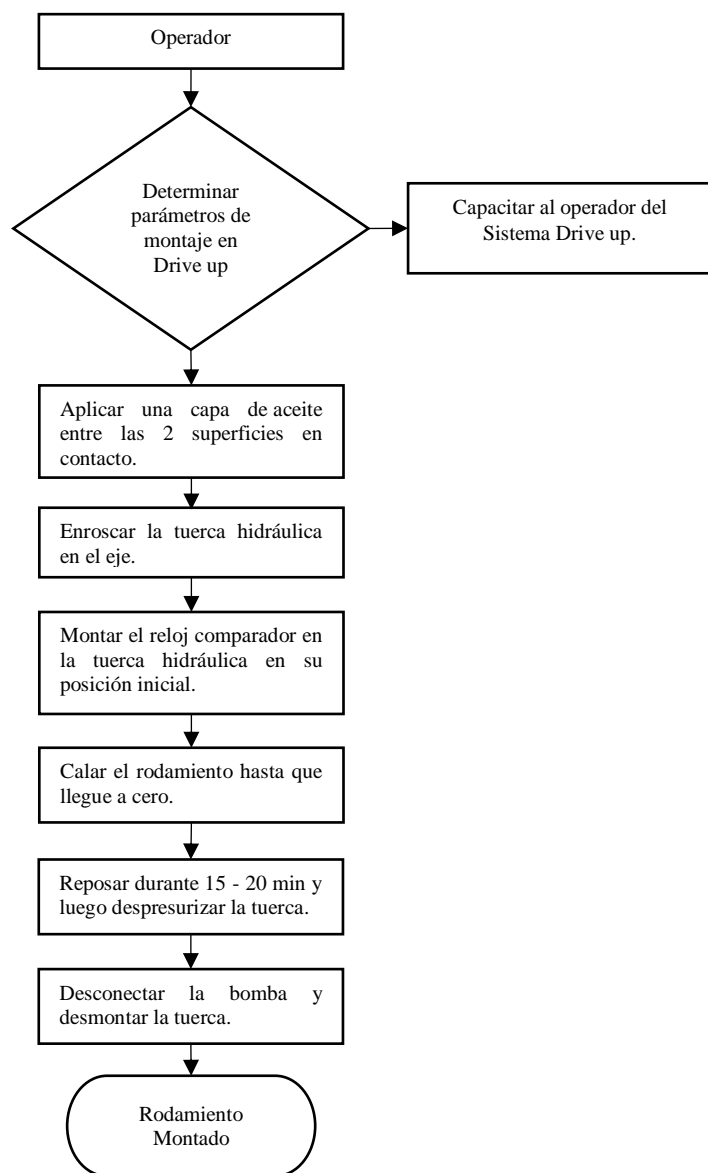


Ilustración 3-11: Esquematización del método SKF Drive-up.

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

3.6.4. Presión mínima requerida

El rodamiento con el que se cuenta es 22308 EK, un rodamiento de rodillos a rotula cuyo diámetro interno es de 40mm, pero se desconoce la presión requerida para montarlo en el eje bajo el proceso de calado. Este rodamiento, se utiliza en la práctica número 4, cuya guía de laboratorio se indica en el Anexo J.

En la Ilustración 3-12 se puede observar los parámetros de montaje que nos proporciona el software SKF, pero para un rodamiento 22310 EK cuyo diámetro interno es 50mm con una presión requerida de montaje 1,86Mpa (269.77psi); así mismo, para un rodamiento de 55mm nos arroja una presión de 1,98MPa (287,18). En ambos casos se recomienda usar una tuerca hidráulica HMV 10E, estos valores se representan en la Tabla 3-18.

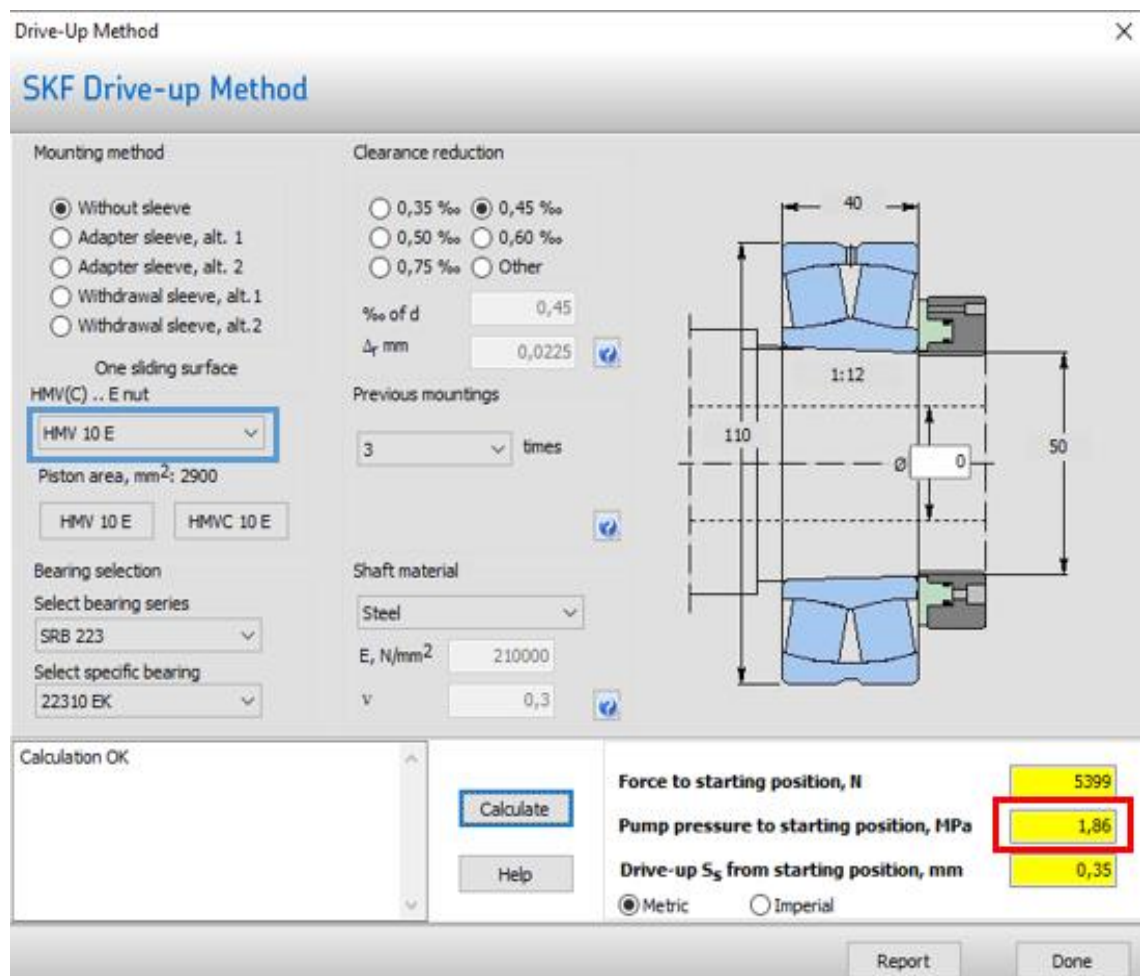


Ilustración 3-12: Parámetros de montaje

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

Para el caso, el software SKF Drive-up no nos proporciona una presión establecida por cuanto, este método es recomendado para rodamientos grandes a partir de un diámetro interno de 50mm.

Sin embargo, para optimizar tiempos de montaje y evitar daños en el elemento al usar otro tipo de montaje como procesos mecánicos en los módulos de montaje y desmontaje de rodamientos, se ha realizado una extrapolación con los datos que se muestran en la Tabla 3-15.

Tabla 3-15: Datos de extrapolación.

Presiones requeridas según el diámetro interno del rodamiento			
Rodamiento	Diámetro interno (mm)	Presión requerida (MPa)	Presión requerida (PSI)
22308 EK	40	-	-
22310 EK	50	1,86	269,77
22311 EK	55	1,98	287,18

Fuente: SKF, 2023.

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

3.6.4.1. Proceso de extrapolación

Para el siguiente proceso, en la Tabla 3-16 se representan los valores de x, que son los diámetros internos de los rodamientos utilizados, mientras los valores de y, son los valores de presión en MPa. El presente proceso de extrapolación se aplica para conocer el valor de la presión requerida que se encuentra fuera del intervalo de los diámetros del rodamiento.

Dados dos puntos conocidos, $P_1(x_1, y_1)$ y $P_2(x_2, y_2)$, la fórmula para realizar la extrapolación lineal es:

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x_2 - x_1) + y_1 \quad (1)$$

Donde x e y son las coordenadas del punto extrapolado

Tabla 3-16: Coordenadas

Valores de X e Y			
Rodamiento	X	y (MPa)	y (PSI)
22308 EK	40	-	-
22310 EK	50	1,86	269,77
22311 EK	55	1,98	287,18

Fuente: SKF, 2023.

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

La Ecuación 3, representa la fórmula típica para una extrapolación lineal, es decir, aproximar una función a una función lineal polinómica de grado 1, o a su vez, para encontrar la presión requerida para rodamiento 22308 EK con diámetro interno de 40mm.

Entonces, a partir del enunciado se conoce que la función pasa por los puntos (50; 1,86)y (55; 1,98). Por lo tanto, simplemente se tiene que aplicar la fórmula para extrapolar en el punto $x = 40$

$$y = \frac{1,98 - 1,86}{55 - 50} (40 - 50) + 1,86$$

$$y = 0,024(-10) + 1,86$$

$$y = 1,62$$

El siguiente resultado, quiere decir, que la presión requerida es de 1,62 MPa para montar el rodamiento sobre un eje cónico, lo que indica que se debe inyectar 234,96 psi aproximadamente. Para el movimiento de calado axial de igual forma se debe realizar una extrapolación lineal y encontrar el movimiento para un rodamiento 22308 EK con los datos continuos de la Tabla 3-17.

Tabla 3-17: Extrapolación lineal

Valores de x e y para el desplazamiento		
Rodamiento	X	y (mm)
22308 EK	40	-
22310 EK	50	0,35
22311 EK	55	0,37

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

A partir del enunciado se conoce que la función pasa por los puntos (50; 0,35)y (55; 0,376). Por lo tanto, simplemente se debe que aplicar la ecuación (1) en el punto $x = 40$

$$y = \frac{0,37 - 0,35}{55 - 50} (40 - 50) + 0,35$$

$$y = 0,004(-10) + 0,35$$

$$y = 0,31$$

Así, se encuentra el valor de calado axial de 0,31mm para un rodamiento 22308 EK de 40mm de diámetro interno.

El siguiente resultado, quiere decir, que el movimiento de calado debe ser de 0,31 mm para montar el rodamiento sobre un eje cónico. Dicho valor se encuentra dentro del rango para rodamientos con diámetros interno entre 30 mm hasta 40 mm de la Ilustración 8-3.

3.6.5. Reducción del juego radial

Para controlar el juego radial en este tipo de procedimiento hidráulico se debe medir o controlar el desplazamiento axial por medio de un reloj comparador. El valor de desplazamiento axial que se debe controlar es entre 0,35-0,40mm. Sin embargo, se puede medir la disminución del juego radial de manera convencional por medio de una galga.

De esta forma controlando la reducción del juego radial antes y después del montaje se puede conseguir un ajuste más preciso del rodamiento y reducir modos de fallo como vibraciones, golpeteos, ruidos excesivos, etc.



Ilustración 3-13: Medición del juego radial inicial

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

Luego de montar verificar que el rodamiento este montado correctamente sobre su eje cónico, el anillo interior del rodamiento se expande y consecuentemente su juego radial se reduce, esto servirá para el ajuste del rodamiento como se muestra en los valores respectivos en la Tabla 3-18.

La reducción del Juego radial que se debe controlar es la diferencia entre el juego radial interno medido y el rango mínimo y máximo de la Tabla 3-21. De esta forma se obtiene el juego radial final, este valor no debe ser inferior al juego radial residual de 0,015mm, si resulta ser inferior el rodamiento sufriría severos daños por un ajuste excesivo. La tabla completa se la puede encontrar en el Anexo D, en caso de trabajar rodamientos de diferente tamaño al 22308 EK.

Tabla 3-18: Valores de la tabla de reducción del juego radial interno

Diámetro de agujero		Reducción del juego radial interno.		Distancia de calado axial				Angulo de apriete de la tuerca de fijación	
D más de	hasta incl.	mín.	máx.	s. Conocidad 1:12		Conocidad 1:30		Conocidad 1:12	
				mín.	máx.	mín.	máx.	à	°
Mm		Mm		Mm					
24	30	0,010	0,015	0,25	0,29	-	-	100	
30	40	0,015	0,020	0,30	0,35	-	-	115	
40	60	0,020	0,025	0,37	0,44	-	-	130	
50	65	0,025	0,035	0,45	0,54	1,15	1,35	115	
65	80	0,035	0,040	0,55	0,65	1,40	1,65	130	
80	100	0,040	0,050	0,66	0,79	1,65	2,00	150	
100	120	0,050	0,060	0,79	0,95	2,00	2,35		
120	140	0,060	0,075	0,93	1,10	2,30	2,80		
140	160	0,070	0,085	1,05	1,30	2,65	3,20		
160	180	0,080	0,095	1,20	1,45	3,00	3,60		
180	200	0,090	0,105	1,30	1,60	3,30	4,00		
200	225	0,100	0,120	1,45	1,80	3,70	4,45		

Valido únicamente para ejes de acero macizo y aplicaciones generales

Fuente: SKF, 2003.

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

3.7. Método de Montaje de rodamientos del rodamiento de rodillos cónicos dispuestos espalda con espalda

Unos rodamientos de rodillos cónicos soportan cargas radiales y axiales que funcionan en momentos o instantes de pequeñas fricciones.

Entre sus aplicaciones más comunes están en los vehículos de uso industrial y agrícola por sus bajos niveles de vibración y temperatura en condiciones difíciles de funcionamiento.

3.7.1. Desmontaje de rodamientos de rodillos cónicos dispuestos espalda con espalda

Para evitar daños en las máquinas rotativas y demás elementos como los rodamientos, existen diferentes maneras de realizar su proceso de montaje y desmontaje en función de su tamaño y aplicación, pero para el presente caso se dispone de rodamientos de rodillos cónicos en disposición espalda con espalda sobre un eje cónico, se implementa un procedimiento mecánico como es mediante la utilización de un extractor de tres patas cuyo proceso se detalla en la Ilustración 3-14.

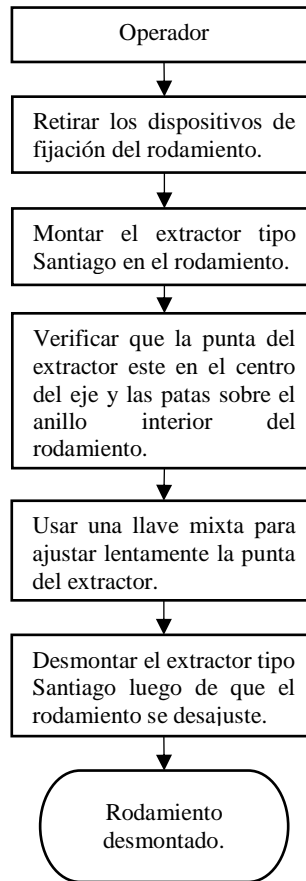


Ilustración 3-14: Procedimiento Mecánico

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

Se debe considerar el ajuste con el que se trabaja entre los componentes, porque según esto se puede determinar la fuerza de extracción necesaria. Sin embargo, como se trata únicamente del desmontaje del rodamiento en condiciones normales, esta fuerza no influye directamente en el procedimiento. Una vez colocado el extractor, fijarse que las patas se enganchen en el anillo interior como se representa en la Ilustración 3-15 y con una fuerza constante retirar el rodamiento hasta que se desmonte de su asiento cónico.

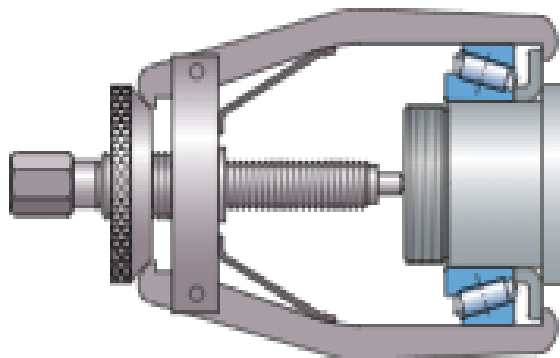


Ilustración 3-15: Fijación de extractor

Fuente: SKF, 2003.

3.7.2. Montaje de rodamientos de rodillos cónicos dispuestos espalda con espalda

Para el proceso de montaje se tiene que tomar en cuenta el desplazamiento radial del rodamiento mediante un reloj comparador montado en la pista externa del rodamiento y la punta en la parte central del eje, donde se ubicara una esfera de acero, y así comprobar su juego radial.

El procedimiento de montaje se detalla en la Ilustración 3-15:

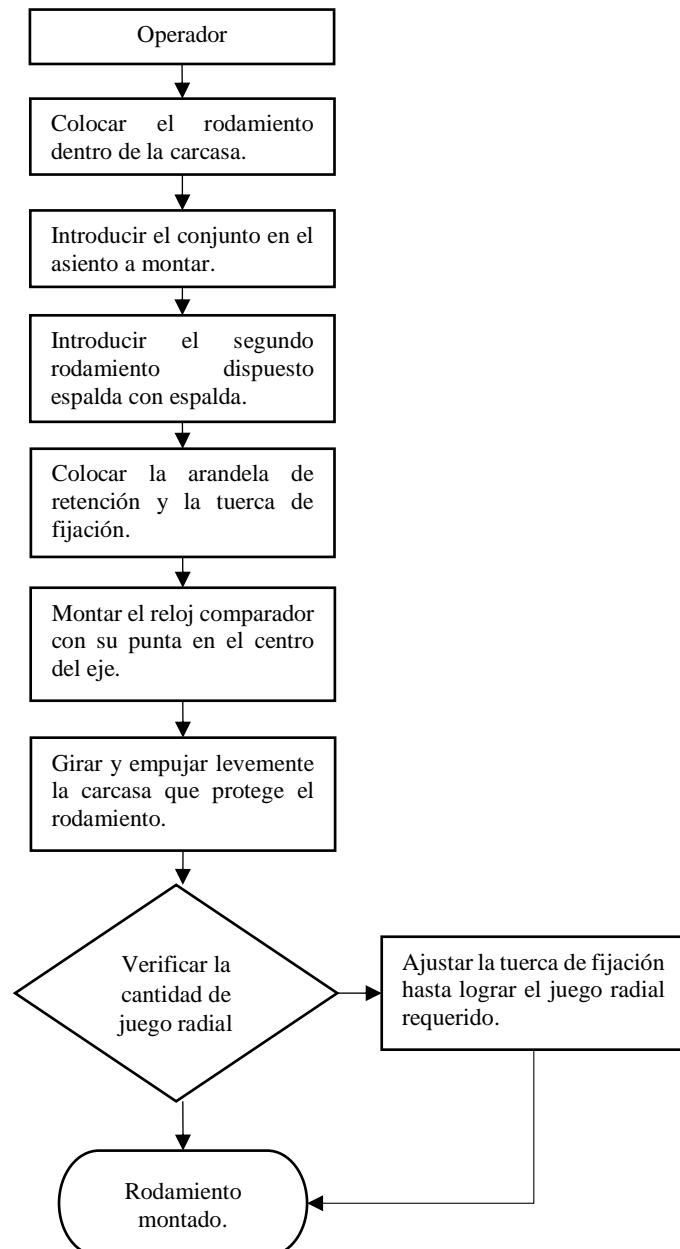


Ilustración 3-16: Proceso de montaje.

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

3.7.3. Cálculo de la fuerza de precarga

Para rodamientos de cilindros cónicos existe una precarga axial, mientras que para el rodamiento de rodillos cilíndricos pueden precargarse únicamente radialmente. Existe dos formas de montar un rodamiento cilíndrico cónico, la primera, dispuestas espalda con espalda mediante un aro exterior como se muestra en la Ilustración 3-17.

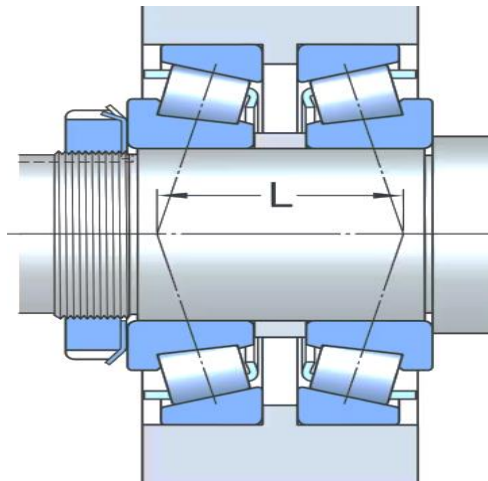


Ilustración 3-17: Montaje de un rodamiento cilíndrico cónico

Fuente: SKF, 2003.

La segunda forma, es en configuración cara a cara como se indica en la Ilustración 3-18. La diferencia más importante es que en la primera configuración (espalda con espalda), los rodamientos son menos sensibles a los cambios bruscos de temperatura y en este caso en particular, se puede soportar mayores momentos de inclinación debido a que la distancia L es superior cuando un rodamiento está montado espalda con espalda.

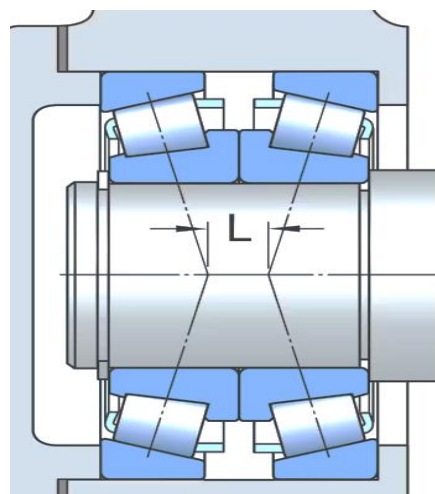


Ilustración 3-18: Configuración cara a cara

Fuente: SKF, 2003.

3.7.4. *Fuerza requerida para una confiabilidad operativa*

SKF (2003), menciona que, es importante realizar una precarga en los rodamientos con el objetivo de reducir ruidos cuando la máquina rotativa entre en funcionamiento. El fin de usar un muelle ondulado es para permitir el movimiento axial sobre el anillo exterior. (pág. 36). Esta fuerza, permanece constante y se la calcula con la Ecuación 4.

$$F = kd \quad (2)$$

Donde:

F = fuerza de precarga [kN]

k = factor de precarga

d = diámetro del agujero del rodamiento [mm]

Hay que tener en cuenta, para motores eléctricos pequeños el valor de k esta comprendido entre 0,005 y 0,01 en caso de que se desee proteger al rodamiento de alguna avería a causa de las altas vibraciones en el equipo. Pero, si el rodamiento se encuentra en una posición fija como es el caso, $k = 0,02$, un factor de precarga mayor.

$$F = 0,02 * 40mm$$

$$F = 0,08kN = 80N$$

Es importante aplicar este valor de 0,8kN de precarga entre los elementos rodantes y los aros del rodamiento para tener una mayor rigidez del sistema, disminuir ruidos mayor precisión de giro y tener una mayor vida útil del rodamiento.

3.7.5. *Precarga para ajustar el rodamiento*

SKF (2022) menciona que, la precarga de un rodamiento se la obtiene mediante la aplicación de una fuerza (Fa) que se debe utilizar para ajustar el rodamiento durante el montaje a temperatura ambiente y sin la influencia de otras cargas externas, esta fuerza se la encuentra utilizando la Ecuación 5.

$$Fa = \frac{0,5Fr}{Y} \quad (3)$$

Donde

Fa = Precarga axial de ajuste [kN]

Fr = carga radial que actúa sobre el rodamiento/conjunto de rodamientos [kN]

Y = factor de cálculo

Para rodamientos de rodillos cónicos colocados de espaldas, el factor de cálculo $Y = 0,54$ según el ANEXO G de SKF para los conjuntos de rodamientos de simple efecto.

$$Fa = \frac{0,5 * 0,8kN}{0,54}$$

$$Fa = 0,74kN$$

Con este valor de $0,74kN$, es la fuerza necesaria que se debe utilizar para ajustar los rodamientos durante el montaje en condiciones normales

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

Los resultados que se detallan a continuación se consiguieron mediante un estudio amplio de los métodos para montaje y desmontaje de rodamientos, gracias a un análisis comparativo se llegó a la toma de decisión con respecto a la metodología ideal para las instalaciones a partir de etapas e hipótesis descubiertas de los métodos hidráulicos y mecánicos para montar y desmontar rodamientos en el módulo del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo. Poniendo en práctica dos métodos hidráulicos de montaje por calado de rodamientos y desmontaje por inyección de aceite SKF y, un método mecánico usando extractores, las diferentes herramientas en frío esenciales para rodamientos dispuestos espalda con espalda. Se realizaron tres prácticas de laboratorio (3,4 y 6) del módulo de montaje y desmontaje con la finalidad de mostrar la efectividad de estas metodologías para el alargamiento de la vida útil del elemento rotativo.

4.1. Resultados del análisis del método comparativo de los métodos

Conforme al análisis comparativo realizado se llegó a una decisión, fijando a la metodología SKF Drive Up, en primer plano como la técnica más oportuna con un gran potencial para el mantenimiento de los equipos que contienen elementos rodantes.

Por medio del análisis comparativo etapa I que se muestra en la Tabla 3-1 se logró constatar sus características y propiedades, permitiendo clasificarlas e identificar las variaciones más importantes del método hidráulico, entre los cuales se puede mencionar su gran reducción de tiempo al realizar la actividad en hasta 50%, el poco esfuerzo físico que debe ejecutar el operario, sin mencionar lo seguro de la metodología para él mismo, además, destaca los beneficios óptimos o económicos que producen a las grandes empresas contribuyendo a la producción y evitando grandes pérdidas.

En la segunda etapa de este análisis que muestra la Tabla 3-2 consistió en extraer las diferencias y semejanzas de los criterios previamente asumidos, justificando la selección del metodología hidráulico de Calado de SKF, sobresaliendo la importancia del uso de esta metodología que propone acciones precisas y aspectos técnicos fundamentales como es el ajuste juego apropiado y calado axial, con el objetivo de evitar condiciones consumibles para el elemento como es la corrosión por contacto, el desgaste e incluso el aumento de fuerzas negativas que podría llegar a

agrietamientos reduciendo la vida útil no solo del elemento sino también del equipo y evitando que cumpla con la función requerida.

Para la etapa III de este proceso sistemático se propuso la comparación entre las variables y factores más esenciales después de establecer los procedimientos, examinar las relaciones, semejanzas y diferencias entre los métodos tanto hidráulicos como mecánicos para descubrir las concordancias entre las metodologías nos permitió valorar que el Método Drive Up es el proceso más eficaz y completo en el mantenimiento de máquinas rotativas.

El proceso en una aproximación necesita una inversión de alrededor \$6.720 y representa un ahorro de hasta 4 veces mayor del valor invertido en una empresa, permitiendo un buen funcionamiento y estableciendo un tiempo de la instalación prudente y adecuado.

4.2. Preparación para el montaje y desmontaje

En base a los análisis de los procesos de montaje y desmontaje de diferentes rodamientos, se presentan cargas, fuerzas y presiones elevadas que, se deben tener mucho cuidado al momento de realizar el montaje porque puede averiar los elementos de un equipo como ralladuras y corrosión en los rodamientos; fisuras en los ejes hasta perder la función requerida total de la máquina.

Estos fallos se presentan en la Tabla 3-8 sobre análisis modal de fallos y efectos. Con estas observaciones se evaluó la importancia de preparar antes todo lo necesario para un proceso satisfactorio.

Entre estos parámetros tenemos, verificar la distribución del rodamiento y como se requiere montar y desmontar estos elementos, entre otros.

4.2.1. Información Planificada

Es la fase previa de cada proceso, donde se debe tomar las mediciones de cada elemento utilizado (eje y rodamiento) por medio de un calibrador pie de rey convencional. Como se contiene un asiento cónico, las mediciones no serán iguales, esto sirve para verificar el tipo de asiento con el que se trabajó lo que garantizó el posicionamiento correcto del rodamiento sobre su alojamiento, ya que se verificó que el cono del eje coincidió puntualmente con el agujero del anillo interior del rodamiento.

4.2.2. Limpieza previa

Para empezar la zona de trabajo debe estar limpia y ordenada, sin impedimentos que vayan a paralizar que el operador pueda realizar su actividad de montaje/desmontaje.

En los ejes y en los rodamientos del módulo de montaje y desmontaje se encontró presencia de humedad y corrosión debido a que no existe el control para prevenir estos problemas antes de empezar con el procedimiento de montaje y desmontaje correcto, por tal razón, es importante proteger los rodamientos contra la suciedad, la humedad y la oxidación.

Para prevenir fallos y la degradación de estos elementos (eje y rodamiento) se estableció un procedimiento de limpieza previo al montaje del rodamiento. Antes es importante mencionar que, la metodología está enfocada únicamente a la limpieza y no a la lubricación o engrase de los rodamientos cuando están en un estado de funcionamiento.

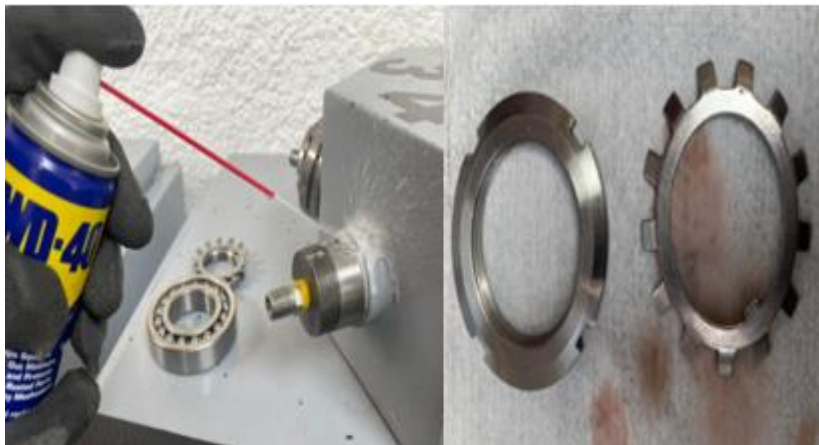


Ilustración 4-1: Limpieza de los componentes.

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

Para realizar la limpieza de los componentes (Ilustración 4-1) se utilizó un lubricante WD-40 Multiusos a granel. Se roció el producto sobre el eje, el rodamiento, la tuerca y arandela de seguridad. Se lo dejó reposar aproximadamente 3 minutos y luego, con un cepillo se lo frotó suavemente en una sola dirección para eliminar suciedades.

Antes se debe limpió con una brocha pequeña el rodamiento para eliminar polvo o partículas pequeñas que puedan dañar las pistas de rodadura. Con un paño absorbente se realizó el secado de estos elementos y finalmente (Ilustración 4-2), se dejó reposar a temperatura ambiente unos tres min para que estén completamente secos y poderlos montar en su eje.



Ilustración 4-2: Utilización de WD-40

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

Para realizar la limpieza de los elementos involucrados se utilizó el aerosol WD-40 con la finalidad de expulsar la humedad originada a causa de su almacenamiento dentro del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo. Además, se aprovechó su capacidad de repeler el polvo, suciedad y como agente anticorrosivo para realizar una limpieza de los componentes (eje, rodamientos y seguros).






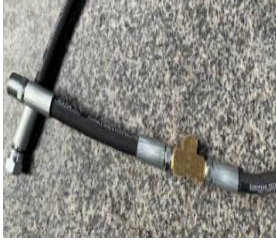
4.2.3. *Procesos de seguridad implementados*

Como se trabajó bajo condiciones comprometidas contra la integridad operador al manipular equipos que trabajan bajo presión, y para prevenir lesiones físicas del personal y pérdidas materiales durante la instalación y desmontaje de rodamientos, se tomaron las siguientes disposiciones de seguridad.

- El área de trabajo obligatoriamente se lo dejó libre de cualquier tipo de obstáculos que puedan interferir en el proceso de montaje y desmontaje.
- El bombeo del aceite se operó según las indicaciones del fabricante o la ficha técnica marcada en la Tabla 4-5.
- Se equipó con el equipo de protección personal correcto (ilustración#) para evitar lesiones físicas.
- No se situó en una zona de riesgo o propensa a cargas, sino a un costado del módulo de montaje y desmontaje.
- Para seguridad del operario se cambiaron varios elementos para tener un proceso más seguro y óptimo, entre ellos, se cambiaron los adaptadores.

Anteriormente, se contaba con acoples de bronce como se detalla en la Tabla 4-1:

Tabla 4-1: Sustitución de los elementos

Elemento Antes		Elemento Actual	
Ilustración	Descripción	Ilustración	Descripción
	Adaptadores de bronce. No apto para trabajos bajo presión.		Adaptadores G 1/4 macho a G 1/4 macho cónico para presiones de hasta 10000 psi
	Manguera hidráulica fisurada		Manguera hidráulica nueva, que soporta presiones de hasta 10000psi
	Manguera hidráulica con acoples averiados y sin conexión para el manómetro		Manguera hidráulica con acoples nuevos para presiones de hasta 10000psi y con adaptador para el manómetro

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

Para mayor seguridad se realizó un análisis de trabajo seguro enfocadas a prevenir lesiones graves al personal y pérdidas de materiales o equipos, que se detallan en la Tabla 3-5.


4.2.4. Toma de selección de equipos y herramientas

En base al análisis AMEF que se realizó en el apartado 3.3. para prevenir que los modos de fallas ocurran, se seleccionaron las herramientas apropiadas para realizar el proceso de montaje y desmontaje de manera efectiva, con el objetivo de optimizar tiempo, entre estas herramientas se detallan las siguientes:

4.2.4.1. Bomba Hidráulica

Se seleccionó una bomba hidráulica manual de simple acción con una presión máxima de 10 000 psi (700 bar), su diseño es liviano con un depósito para el aceite lubricante de 900cm^3 de alta durabilidad cumpliendo con los parámetros de inyección de aceite establecido por el software SKF.

Tabla 4-2: Especificaciones técnicas

BOMBA HIDRÁULICA ENERPAC P-391			
EQUIPO	Bomba Hidráulica Manual		CÓDIGO LMC-BH01
SECCIÓN	Facultad de Mecánica ESPOCH	UBICACIÓN	Laboratorio de Mantenimiento Correctivo
TELF:	Sandy Miranda	Christoper Pullopaxi	
	0987819070	0990534751	
LÍNEA DE PRODUCCIÓN		Herramientas Industriales	
BOMBA HIDRÁULICA		FOTO	
SERIE	P-391	MARCA	ENERPAC
DESCRIPCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Estructura liviana y compacta. Con depósito de nylon con refuerzo en fibra de vidrio y base de aluminio. Operación con una velocidad. Menos esfuerzo de bombeo. Fácil transportación Válvula interna de alivio de presión para proteger contra sobrecargas. Gran capacidad de aceite para alimentar una amplia gama de cilindros y herramientas. 		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
Máxima presión de funcionamiento (bar)	700	Capacidad del depósito (cm³)	901
Tipo de bomba	Velocidad única	Capacidad de aceite utilizable (cm³)	901
Máxima presión de funcionamiento (bar)	700	Flujo máximo a presión nominal	2,47 cm ³ /stroke
Máxima presión de funcionamiento (bar)	700	Operación de la válvula	Manual
Peso (kg)	4,1	Fuente de potencia	Manual
Máxima presión de funcionamiento (psi)	10,000	Esfuerzo máximo de bombeo (libras)	85
ENERPAC dispone de una línea completa para mangueras hidráulicas y adaptadores para manómetros. Se recomienda utilizar elementos como acopladores de buena calidad y originales.			

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

La bomba es de fácil uso y transportación hacia los módulos de montaje/desmontaje, esta clase de bombas permite utilizar menos esfuerzo al momento de bombear para minimizar la fatiga del usuario. Además, consta de una válvula de alivio para proteger la integridad del usuario. Las especificaciones técnicas y detalles se pueden apreciar en la Tabla 4-5.

Se realizó una hoja de tareas para la limpieza de la bomba ENERPAC P309 que nos permitirá evitar los fallos en el sistema y costos en las reparaciones.

4.2.4.2. *Tuerca hidráulica*

La tuerca hidráulica que se seleccionó es una cuya rosca M40x1,5 de 13mm de longitud que nos ayudó como herramienta precisa para el montaje de rodamientos sobre un eje cónico. Sin embargo, se debe tener cuidado con la manipulación de este componente porque resultó ser muy delicado y su uso incorrecto provocó daños en los mecanismos de la tuerca. Adicional de la tuerca hidráulica se necesitó de una manguera hidráulica de 1/4 " de diámetro y un generador de presión (bomba hidráulica P-391) y aceite hidráulico cuya viscosidad necesariamente esta entre 46 y 68 mm²/s.

4.2.4.3. *Extractor reversible de tres patas articuladas*

Se utilizó este tipo de extractores por la versatilidad para extraer todo tipo de rodamientos, sin embargo, se lo usa también para poleas, ruedas dentadas o piezas similares. Sus patas son reversibles, lo que ayudó a extraer el rodamiento de diferentes diámetros, adicional a esto la ventaja de que, sus uñas aseguran una distribución de la fuerza de extracción uniforme y concéntrica.

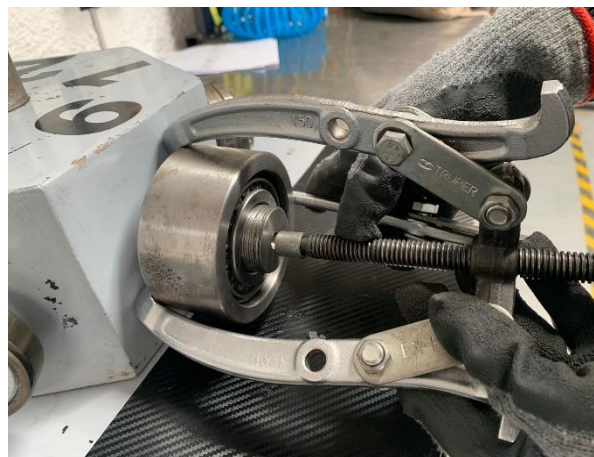


Ilustración 4-3: Uso de extractor

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

En la ilustración 4-3 se representa como se desmontó de forma externa el rodamiento de rodillos cónicos ($d = 40mm$) montados espalda con espalda con un extractor reversible de tres patas con gran facilidad y en poco tiempo.

La cabeza hexagonal del husillo, nos permitió usar una llave combinada para girar el extractor, facilitando su uso, evitó que la llave se deslice y reducir los daños en el eje.

A más de tener un buen agarre, la fuerza de agarre aumente proporcionalmente a la fuerza de extracción y, se trabajó con diferentes distancias de alcanza gracias a sus patas articuladas y al tipo de husillo como se puede apreciar en la Ilustración 4-4.



Ilustración 4-4: Extractor de tres patas

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

4.2.4.4. *Juego de llaves combinadas*

En el presente apartado, se requirió el uso de un juego de llaves combinadas, por lo que se adquirió un coche de herramientas con juego de llaves combinadas, fijas, de diferentes dimensiones y demás herramientas como martillo de goma, equipo EPP, llaves Allen, etc., como se muestra en la Ilustración 4-5.



Ilustración 4-5: Coche de herramientas

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

Estas herramientas nos facilitaron en optimizar tiempos de instalación y desinstalación de rodamientos, y mantenimiento de los módulos porque, además de tener todo lo necesario, el coche es de fácil transportación hacia los módulos donde se realizaron los trabajos.

Tabla 4-3: Detalle de herramientas adquiridas

Elementos	Detalle
Rachet wrench ¼”	Módulo de 13 Pcs vasos largos ¼" socket: 4mm; 4.5mm; 5mm; 5.5mm; 6mm; 7mm; 8mm; 9mm; 10mm; 11mm; 12mm; 13mm; 14mm
Rachet wrench ½ ”	20 Pcs 1/2" DR. Socket: 8-9-10-11-12- 13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24- 27-30-32mm
Módulo de llaves de gancho y punzón	SKF HN8/SNL
Llaves fijas	De 6mm hasta 32mm
Llaves combinadas	De 6mm a 22mm
Herramientas de golpe, corte y torsión	Martillos, alicates, destornilladores aislados, planos, de precisión y de impacto, tenazas
Equipo de protección personal	Gafas de seguridad, guantes, casco, cinta de seguridad para señalización del piso

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

4.2.4.5. Evaluación de inversiones en herramientas para los métodos

La siguiente Tabla 4-4 nos permite evaluar los costos y la inversión en una adecuación de los métodos de montaje y desmontaje de rodamientos para permitir las prácticas en el laboratorio de correctivo de la Facultad de Mecánica.

Tabla 4-4: Costos de herramientas adquiridas

Nombre	Detalle	Cantidad	Costo U.	Costo total
Herramientas Mecánicas	Coche de herramienta EMTOP	2	\$500	\$1000
Bomba Hidráulica	ENERPAC P-391	1	\$200	\$200
Manguera de presión	DEFT-FLEX SAE100R16 ID: ¼"(400bar)	2	\$35	\$70
Reloj Comparador	Mitutoyo	1	\$85	\$85
Acoples de presión	G ¼ Macho-macho	4	\$20	\$80
Adaptador de presión	G ¼ de tres vías	2	\$10	\$20
Manómetro de Glicerina	RECFLEX (3000 psi)	2	\$14	\$28
Aceite Hidráulico	LHMF 300 y LHDF 900	2	\$16	\$32
Adaptación de Tuerca Hidráulica	Filamento de polímero (d=40mm)	1	\$20	\$20
Esfera Solida	Acero	1	\$3	\$3
Otros	Brochas, franelas, papel absorbente, WD-40, pintura, teflón, cinta.	1	\$15	\$15
			Total	\$1553

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

4.2.5. Implementación de métodos de montaje y desmontaje

Los procesos en el montaje y desmontaje de rodamiento tienen varios pasos a seguir y es primordial seguirlos secuencialmente por lo que se realizó tres prácticas de laboratorio permitiendo a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial obtener una explicación practica sobre las metodologías y comprobar los beneficios que ofrecen. Las prácticas de laboratorio que se desarrollaron en la posición 3, 4 y 6 se las puede encontrar en los ANEXOS J, K y L, que se realizaron en el Laboratorio de Correctivo (Ilustración 4-6).







Ilustración 4-6: Laboratorio de Mantenimiento C.



Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.





4.3. Análisis del AMEF en el proceso de montaje y desmontaje

En la Tabla 4-5 se representan los cambios más notables que se obtuvieron al aplicar las técnicas de montaje y desmontaje por inyección de aceite y calado de rodamientos Drive-up. Se evidencia una mejora en los elementos (rodamientos y ejes) al realizar una limpieza y desinfección de éstos.

Tabla 4-5: Resultados del análisis AMEF del módulo y herramientas del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos

Antes		Después	
Ilustración	Modo de fallo	Ilustración	Acción preventiva implementada
	Oxidación entre las superficies de contacto.		Aplicar aceite lubricante para limpieza y protección entre las superficies de contacto.
	Descascarillado en el anillo interior del rodamiento.		Montaje y desmontaje por métodos hidráulicos de rodamientos.

	<p>Ralladuras en las superficies de contacto en dirección axiales del rodamiento por prácticas de desmontaje incorrecto</p>		<p>Método desmontaje hidráulico mediante una bomba hidráulica</p>
	<p>Astillado parcial del anillo exterior del rodamiento originado por cargas excesivas</p>		<p>Corregir las cargas excesivas y de impacto durante el montaje mediante la utilización de herramientas correctas</p>
	<p>Corrosión de las superficies del anillo interior/exterior del rodamiento</p>		<p>Controlar los parámetros de inyección de aceite en el conducto del eje durante el montaje y desmontaje</p>

	<p>Manguera y acoples obstruidos</p>		<p>Sustituir el aceite hidráulico. Limpieza del tanque, la manguera y los acoples de la bomba.</p>
	<p>Fugas de aceite durante la inyección (montaje y desmontaje)</p>		<p>Sustituir los adaptadores de cobre por adaptadores de presión G ¼</p>

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se implementaron tres métodos de montaje y desmontaje dos hidráulicos y un mecánico el primero se basa en el accionamiento de una bomba hidráulica con los parámetros de presión y desplazamiento basados en SKF para el desmontaje, la segunda metodología está sometido al programa SKF Drive up que permitió encontrar la presión requerida y la posición inicial de calado axial para el montaje del rodamiento, y se realizó un proceso mecánico final que consiste en buscar un ajuste de apriete correcto a partir de una esfera solida junto con el funcionamiento del reloj comparador.

Al analizar los diferentes tipos de métodos existentes para la instalación y desinstalación de rodamientos se puede destacar los hidráulicos e inductivos, todos fundamentales en la duración un rodamiento ya que permiten reducir el tiempo de las actividades en hasta 10 veces al comparar con montajes por métodos tradicionales, conociendo que el 16% de fallas en rodamientos es por la manipulación en el montaje del elemento.

En base al estudio comparativo se destacó el potencial del Método de Calado de rodamientos de SKF con el sistema Drive up da a conocer un juego radial preciso y exacto, la minimización de fricción entre las superficies, el control que ejerce al momento de la extracción del rodamiento, la reducción de daños en los componentes y la seguridad que ofrece al operador al realizar los procesos de montaje y desmontaje, determinando que el procedimiento logra aumentar la confiabilidad y la reducción de tiempo al realizar el mantenimiento de máquinas donde los rodamientos son elementos críticos.

Con el estudio de modos de fallas y efecto (AMEF) a más de ayudarnos con la selección de herramientas correctas para la implementación de los procesos de instalación y desinstalación, se destacó debilidades en el módulo para la ejecución de las diferentes prácticas. Entre estas debilidades, destacaron que el dimensionamiento de los ejes no es el apropiado para aplicar técnicas hidráulicas, ejes fisurados y corroídos a causa del material de fabricación y la unión del eje soldada a la cabeza hexagonal. Sin embargo, se logró seleccionar las herramientas como la bomba hidráulica ENERPAC P-309, la tuerca hidráulica H MV 10E, manómetros de glicerina,

acoples y adaptadores de presión que son dos bases fundamentales para los procesos hidráulicos, mientras que las llaves de gancho, el extractor reversible de tres patas para los procedimientos mecánicos.

Se realizaron tres prácticas de laboratorio (dos técnicas hidráulicas y una mecánica) como una herramienta de enseñanza brindando la posibilidad de comprender de una manera didáctica los tres métodos de montaje y desmontaje de rodamientos sobre el módulo y aportando a la comprensión del contenido del trabajo técnico y ampliar sus habilidades técnicas en el manejo de elementos rotativos.

En el laboratorio de mantenimiento correctivo se cuenta con dos módulos de montaje y desmontaje de rodamientos, sin embargo, este número no cubre con la demanda de los estudiantes, por consiguiente, es necesario que se construya 3 módulos más. Así, se puede realizar las prácticas 5 estudiantes por cada módulo de tal forma que un paralelo de 25 estudiantes realice las prácticas y todos sean partícipes de la experiencia.

5.2. Recomendaciones

El almacenamiento correcto de los rodamientos es una parte importante para garantizar el buen estado y funcionamiento de estos elementos rotativos. Por tal razón, en el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica es indispensable contar con un entorno más amplio donde los rodamientos puedan estar resguardados y libres de contaminación listos para ser montados sobre su eje respectivo.

Al momento de suministrar aceite entre las dos superficies de contacto se genera una película delgada de aceite que disminuye la fricción, rompe el ajuste de interferencia y obviamente reduce el uso de la fuerza para montar y desmontar un rodamiento, es por eso que, el eje debe constar de un conducto aproximadamente 3mm de diámetro y una ranura de 2,5mm de ancho para conseguir que el aceite hidráulico circule de forma homogénea por las dos superficies en contacto y evitar el riesgo de contacto directo en un solo punto de metal con metal de ambas áreas al instante de realizar cualquier método.

El módulo de montaje y desmontaje presenta mejoras que se pueden realizar más adelante, entre las más importante se encuentra en el hexágono con las 6 posiciones de las prácticas. Los ejes del se encuentran empotrados mediante una soldadura SMAW 30 a la carcasa del hexagonal, esto impide que los ejes transmitan movimiento o puedan ser removidos. Por esta razón, es preferible que los ejes se encuentren roscados al hexágono para que resulte fácil reemplazar en caso de fractura o fisuras en el eje, ya que la ventaja de soportar grandes cargas no es un inconveniente porque se traba con rodamientos pequeños que no requieren de esta característica.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ALLAUCA GUAPULEMA, Alexis Paul & GALLEGOS VALVERDE, Doménica Katherine.** Implementación de un módulo de simulación para el diagnóstico vibracional de la excentricidad de rotores para el rotor kit del laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética [en línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Mantenimiento. Riobamba-Ecuador. 2022. [Consulta 2023-04-28]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16219>
2. **ÁLVAREZ SANZ, E. & RUBIO ALONSO, H.** Aplicación Informática Sobre Androide: Blafa. Aprendizaje y Cálculo de rodamientos. S.l.: Universidad Carlos III de Madrid., 2013.
3. **AUSAY BAQUERO, Cesar Aurelio.** Análisis de modos y efectos de falla en rodamientos por defectos de lubricación a través de ultrasonido en un simulador electroneumático [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Mantenimiento. Riobamba - Ecuador, 2020. [Consulta 2023-04-14] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14905>
4. **AVENDAÑO CAMPODÓNICO, Ítalo Aldo.** Montaje y caracterización de una instalación de generación de potencia de uso docente mediante una micro-turbina hidráulica [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad de Chile. Chile, 2019. [Consulta: 2023-04-14]. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/173431>
5. **AZOGUE TIRADO, Cristopher Noe & MUSUÑA LEON, Daniel Efraín.** Diseño y construcción de un módulo para el montaje y desmontaje del rodamiento de rodillos a rótula 22208 E para el laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica [en línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Mantenimiento. Riobamba-Ecuador. 2023. [Consulta 2023-05-24]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16951>

6. **BERBEGAL, S.** *Diseño de métodos de detección y diagnóstico de fallas en rodamientos de aerogeneradores mediante el análisis de vibraciones por medio de algoritmos de machine learning*. España: Universitat Politècnica de València, 2021.
7. **BERNABE RODRIGUEZ, S., & SERRANO, H.** *Producción de un video para capacitación en la empresa de rodamientos Niwa Tomoe Nishizono*. 2022.
8. **BONILLA BRAVO, Orlando Denis.** DISEÑO DE UN BANCO DE ENSAYOS DE ROTORES CON RODAMIENTOS MAGNÉTICOS PARA INVESTIGACIÓN EN EL PREGRADO [Blog]. Universidad señor de Sipán, 2019. [Consulta: 14 abril 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/6181>
9. **BOUILLE DE VICENTE, Luis.** Los “espacios cualesquiera” de Gordon Matta-Clark: building cuts bajo una óptica deleuziana [Blog]. Universidad de Valencia, 2019. [Consulta: 20 abril 2023]. Disponible en: Recuperado el 20 de 04 de 2023, de <https://riunet.upv.es/handle/10251/118675>
10. **CASTILLO GUANGAXI, Pilar del Consuelo.** Obtención de una base de datos de vibración, temperatura, energía y ultrasonido de la evolución de los modos de fallos en rodamientos [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Mantenimiento. Riobamba - Ecuador, 2022. [Consulta 2023-04-14] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16958>
11. **CENTELLAS MOLLISACA, Juan Carlos.** MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS SÍNCRONOS [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad Politécnica de Valencia. España, 2020. [Consulta 2023-04-16]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/153318>
12. **COELLO PLUA, Cristhian Hernán.** Análisis y propuesta de mejora del proceso de producción del área de rolado de la Empresa Geoforce SA En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Guayaquil- Ecuador, 2023. [Consulta: 2023-04-19]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/67597>

13. **CUSHICONDOR PACHACAMA, Jaime Rene.** Mantenimiento correctivo de un compresor tipo tornillo INGERSOLL-RAND de 650CFM [En línea]. (Trabajo de titulación) (Tecnología). Tecnológico Universitario Vida Nueva. 2019. [Consulta: 2023-04-19]. Disponible en: <http://dspace.istvidanueva.edu.ec/handle/123456789/78>
14. **DELLACORTE, C. & HOWARD, S.A.** Superelastic Ball Bearings: Materials and Design to Avoid Mounting and Dismounting Brinell Damage in an Inaccessible Press-Fit Application-. 2019 American Society for Testing and Materials (ASTM) Rolling Element Bearing Symposium.
15. **DEMIRCIOĞLU, et al.** Development of Hydraulic Drive Railway Bearings Installation System. In Digital Conversion on the Way to Industry 4.0: Selected Papers from ISPR2020, Online-Turkey, 2021, pp. 866-875.
16. **DINH, et al. 2020.** “Maintenance optimisation for multi-component system with structural dependence: application to machine tool sub-system”. CIRP Annals, vol. 69, n°11, 2020.
17. **DOMÍNGUEZ ORDOÑEZ, Jairo Sebastián, & PILLCO QUICHIMBO, Jeferson Leonardo.** Reconstrucción del comprobador de inyectores marca Hartridge Nozzle Testmaster HH601 para el laboratorio diésel de Ingeniería Automotriz. laboratorio diésel de Ingeniería Automotriz [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Cuenca, 2020. [Consulta: 2023-04-20]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22668>
18. **DUARTE GUILLEN, Jacobo.** Supervisión y gestión del alcance de los trabajos realizados durante la revisión mayor de un motor Man 48/60 [Blog]. 2021. [Consulta: 21 abril 2023]. Disponible en: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/25370/Supervision%20y%20gestion%20del%20alcance%20de%20los%20trabajos%20realizados%20durante%20la%20revisi on%20mayor%20de%20un%20motor%20Man%204860..pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
19. **DURÁN, A. S.** ESTUDIO TÉCNICO DEL CONTROL DE EMISIONES DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO, EN UNA TURBINA DE GAS, MEDIANTE INYECCIÓN DE AGUA [en línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior de Náutica.

2019. [Consulta: 2023-02-21]. Disponible en:
<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/17216/Soria+Dur%C3%A1n,+Alejandro.pdf?sequence=1>
20. **ELY, M.** “Prácticas SKF para Celulosa y Papel”. *Segmento Global Celulosa y Papel SKF*. [en línea], 2011, vol. 1, págs. 71-89. [Consulta 15 abril 2023]. PUB 72/59 11147 ES. Disponible en
https://cdn.skfmediahub.skf.com/api/public/0901d196806536a1/pdf_preview_medium/0901d196806536a1_pdf_preview_medium.pdf
21. **ELY, M. 2022.** *Productos de mantenimiento y lubricación SKF*. [en línea]. 2° ed. Colombia. Grupo SKF, 2022. [Consulta: 20 mayo 2023] Disponible en:
<https://epidor.com/descargas/catalogo-herramientas-y-lubricacion-skf-mapro.pdf>
22. **ESPEJO, Juan.** “Reinventando el engrase de rodamientos”. Fundación Dialnet [en línea], 2019, (Colombia), vol 1, págs. 28-30. [Consulta: 9 junio 2023]. ISSN 2340-2113. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7937979>
23. **ESPINOSA SANCHEZ, J.** Diagnóstico de fallos de rodamientos basado en el análisis de vibraciones. España. 2022.
24. **FAG.** Montaje de rodamientos [en línea]. FAG Rodamientos, 2003 [Consulta: 16 abril 2023]. Disponible en:
https://www.rodaunion.es/media/imagenes/Catalogos/Rodamientos%20y%20accesorios/FAG/Montaje_rodamientos_WL801003_SB_0603%20.pdf
25. **FERNÁNDEZ RAMÓN, S. R.** Corrosion. Valencia: Universitat Politecnica de Valencia..2018.
26. **FIALLOS, et al.** Análisis de productividad en rodamientos de alto desempeño hidrostático para máquinas rotativas y turbinas hidráulicas. 2021.
27. **FLORES ESCOBAR, Cristhian Fernando & PAGUAY GUACHILEMA, Víctor Hugo.** Determinación de la curva de densidad de probabilidades del intervalo P-F del desgaste del rodamiento 6202 y su variación en función de la carga [en línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de

Mecánica, Escuela de Mantenimiento. Riobamba-Ecuador. 2022. [Consulta 2023-04-24]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/16951>

28. **GIRALDO ARANGO, Jacobo.** Evaluación de parámetros estadísticos para la identificación de fallas en un rodamiento [Blog]. Universidad de los Andes, 2019. [Consulta: 14 abril 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/45269>
29. **GÓMEZ ALUISA, Ricardo David.** Diseño y simulación del mecanismo para el montaje y desmontaje del reactor tipo batch [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Politécnica Nacional. 2019. [Consulta 2023-04-14]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20080>
30. **GONZALES, R.** Aplicación de la aceleración envolvente para el diagnóstico de la condición de rodamientos [Blog]. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2021. [Consulta: 14 abril 2023]. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/16343>
31. **LIMA MAMANI, L.** Estudio de la eficiencia del calentamiento por inducción, en la ejecución del montaje de rodamientos de motores eléctricos de 5 hp hasta 2500 hp, Arequipa-Perú. Perú, 2020.
32. **LINERAS, Aldo.** Diseño curricular para formación profesional. [Blog]. SNIE, 2023. [Consulta: 17 abril 2023]. Disponible en: <https://repositorioccu.educacion.gob.ar/handle/123456789/2645>
33. **LÓPEZ CARO, A.** Modelado, simulación y control de un proceso de ensamblado de rodamientos Universitat Politècnica de València: 2022.
34. **MEDINA ALVARES, Alfredo.** Análisis de fallos y planificación del mantenimiento de bombas de alta presión en una planta de tratamiento de agua salobre. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universitat Politècnica de València. Valencia. 2022. [Consulta: 2023-04-176]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/183180>

35. **MONREAL CERVERA, A.** Optimización en el proceso de acumulación de rodamientos. [en línea] (Trabajo de titulación) (Mestría). Universidad Pública de Navarra. España. 2019. [Consulta: 2023-06-13]. Disponible en: <https://biblioteca.esPOCH.edu.ec/Tutoriales/Norma%20ISO%20690.pdf>
36. **MONTERO, L.** Desmontaje, montaje y verificación de un rotor de un motor eléctrico y accesorios [en línea]. (Trabajo de Titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, escuela de Mantenimiento Industrial. Ecuador, 2021. [Consulta: 2023-04-14]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15123>
37. **MORA, et al.** “Characteristics of injection systems. A bibliographic review Características dos sistemas de injeção”. Ciencias Técnicas y Aplicadas [en línea], 2022, vol. 7. [Consulta: 29 abril 2023]. Disponible en: <http://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es>.
38. **NAVARRO DEL TORO, J.** Aplicación de software matemático en carreras de ingeniería. RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 2021.
39. **NAVARRO MONTOYA, Ángel.** Desarrollo y montaje de una máquina de control numérico basado en la plataforma Arduino [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universitat Politècnica de València, Valencia, 2029. [Consulta: 2023-04-14]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/120316>
40. **PEÑARRUBIA ZAMORA, D.** Comparación de técnicas de diagnóstico de daños en rodamientos. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad Politécnica de Valencia. Valencia-España. 2021. [Consulta: 2023-05-20]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/166357>
41. **PÉREZ VARGAS, Sebastián.** Análisis de metodologías para calcular la vida útil de rodamientos [Blog]. Universidad Andrés Bello, 2021. [Consulta: 14 abril 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/48242>

42. **PÉREZ, et al.** Análisis de productividad en rodamientos de alto desempeño hidrostático para máquinas rotativas y turbinas hidráulicas. Polo del Conocimiento, vol. 6, no. 9, 2021.
43. **QUIROGA, et al.** “INGENIERE. REVISTA CHILENA DE INGENIERÍA”. Revista Chilena de Ingeniería [en línea], 2012, vol. 20. [Consulta: 30 abril 2023]. ISSN 0718-3291. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77225004009>.
44. **RELIABLEPLANT.** “Bearing mounting and dismounting guide now available”. Cables de noticias RP. 2023. s.l.:Noria Corporation [en línea], 2023. [Consulta: 25 abril 2023]. Disponible en: <https://www.reliableplant.com/Read/20998/bearing-mounting-dismounting-guide-now-available>
45. **ROLDÁN PASCUALLY, Sebastián.** Identificación de características para la clasificación del estado de salud de rodamientos de bolas con termografía [Blog]. Universidad de los Andes, 2021. [Consulta: 14 abril 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/48567>
46. **SÁNCHEZ, A. S.** Diseño de un asiento rotatorio para automóvil [Blog]. Universitat Politècnica de València, 2020. [Consulta: 16 abril 2023]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/129488>
47. **SANZ, S.** Motores. [en línea], Madrid: Editex, 2011. [Consulta: 18 abril 2023]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=_7HEAWAAQBAJ
48. **SEDISA.** IMPORTANCIA DEL CORRECTO AJUSTE EN LOS RODAMIENTOS [Blog]. 2020. [Consulta: 2 mayo 2023]. Disponible en: <https://sedisa.com.pe/blog/importancia-del-correcto-ajuste-en-los-rodamientos>.
49. **SENA.** Auxiliar del Mecánico de Mantenimiento. SENA, Serv. S.l.: s.n, 1967.
50. **SERNA, E., & SERNA, A.** Perspectiva y aplicación de los Métodos Formales. Métodos Formales, Ingeniería de Requisitos y Pruebas del Software. 24. 2021.
51. **SKF.** Catálogo de herramientas para prolongación el ciclo de vida de los rodamientos. S.l., 2023. Disponible en: <https://www.skf.com/co/products/maintenance-products>

52. **SORIANO, D.** Propuesta de elaboración de un manual de procedimiento para el montaje y desmontaje de rodillos en una máquina elaboradora de pellets de balanceados [Blog]. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, sf. [Consulta: 15 abril 2023]. Disponible en:<http://www.aero.ing.unlp.edu.ar/catedras/archivos/Apunte%20de%20clase%20Rodamientos%202015%20Ind.pdf>
53. **SUÁREZ GONZÁLEZ, I. & REQUEJO PUERTO, I.** Análisis Integral de NBI Bearings Europe, S.A. S.l.: Universidad De Salamanca, 2021.
54. **TELENCHANA, Laura.** Implementación de un módulo de simulación para el diagnóstico vibracional de fallas en rodamientos para el rotor kit del laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la facultad de mecánica. Riobamba: Espoch, 2022.
55. **TIMKEN.** Análisis de daños en los rodamientos Timken y Guía de referencia sobre lubricación. [Blog]. S.l., 2015. [Consulta 05 mayo 2023]. Disponible en: www.timken.com/warnings.
56. **TORRES, et al.** “Revisión de la caracterización de fallas en maquinaria rotativa mediante gráficos de recurrencia”. *Perspectivas de la Ciencia y la Tecnología*, 3(6), 42-63. 2020.
57. **VELEZ, A.** Propuesta de elaboración de un manual de procedimiento para el montaje y desmontaje de rodillos en una máquina elaboradora de pellets de balanceados [Blog]. Universidad de Guayaquil, 2020. [Consulta: 18 abril 2023]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/53976>
58. **VISALUQUE, Oliver.** Diseño y construcción de una máquina conformadora y torsionadora de pletinas y tubos para el taller de producción de la carrera de Mecánica Industrial [en línea]. (Trabajo de Titulación) (Ingeniería). Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Tecnología. 2021. [Consulta: 2023-04-18]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/30222>
59. **WEI, et al.** “A Review of Early Fault Diagnosis Approaches and Their Applications in Rotating Machinery”. MDPI - Publisher of Open Access Journals. China, 2019.

ANEXOS

ANEXO A: VALORES ORIENTATIVOS PARA C/P

Valores orientativos para C/P	
Rótulos esféricos/cabezas de articulación con una combinación de superficie de contacto deslizante	Relación de la carga C/P
Acero/acero y acero/acero SKF Explorer	2
Acero/bronce	2
Acero/bronce sintetizado	1.6
Acero/tejido de PTFE	2
Acero/plástico reforzado con fibra de vidrio de PTFE	2
GAC .. F	1.25
GX.. F	1.25
GEP .. FS	1.6
GEC .. FBAS	1.6
Cabezas de articulación (con sufijo de designación F)	1.25

ANEXO B: JUEGO RADIAL INTERNO PARA RODAMIENDO DE BOLAS A RÓTULA CON AGUJERO CÓNICO

Juego radial interno de los rodamientos de bolas a rótula									
Diámetro del agujero d		Juego radial interno							
		C2		Normal (CN)		C3		C4	
		min	máx.	min	máx.	Min	máx.	min	máx.
Mm									
Rodamientos con agujeros cilíndrico									
2,5	6	0,001	0,008	0,005	0,015	0,010	0,020	0,015	0,025
6	10	0,002	0,009	0,006	0,017	0,012	0,025	0,019	0,033
10	14	0,002	0,010	0,006	0,019	0,013	0,026	0,021	0,035
14	18	0,003	0,012	0,008	0,021	0,015	0,028	0,023	0,037
18	24	0,004	0,014	0,010	0,023	0,017	0,030	0,025	0,039
24	30	0,005	0,016	0,011	0,024	0,019	0,035	0,029	0,046
30	40	0,006	0,018	0,013	0,029	0,023	0,040	0,034	0,053
40	50	0,006	0,019	0,014	0,031	0,025	0,044	0,037	0,057
50	65	0,007	0,021	0,016	0,036	0,030	0,050	0,045	0,069
65	80	0,008	0,024	0,018	0,040	0,035	0,060	0,054	0,083
80	100	0,009	0,027	0,022	0,048	0,042	0,070	0,064	0,096
100	120	0,010	0,031	0,025	0,056	0,050	0,083	0,075	0,114
120	140	0,010	0,038	0,030	0,068	0,060	0,100	0,090	0,135
140	150	-	-	-	-	0,070	0,120	-	-
150	180	-	-	-	-	0,080	0,130	-	-
180	200	-	-	-	-	0,090	0,150	-	-
200	220	-	-	-	-	0,100	0,165	-	-
220	240	-	-	-	-	0,110	0,180	-	-
Rodamientos con agujero cónico									
18	24	0,007	0,017	0,013	0,026	0,020	0,033	0,028	0,042
24	30	0,009	0,020	0,015	0,028	0,023	0,039	0,033	0,050
30	40	0,012	0,024	0,019	0,035	0,029	0,046	0,040	0,059
40	50	0,014	0,027	0,022	0,039	0,033	0,052	0,045	0,065
50	65	0,018	0,032	0,027	0,047	0,041	0,061	0,056	0,080
65	80	0,023	0,039	0,035	0,057	0,050	0,075	0,069	0,098
80	100	0,029	0,047	0,042	0,068	0,062	0,090	0,084	0,116
100	120	0,035	0,056	0,050	0,081	0,075	0,108	0,100	0,139

Fuente: (SKF 2023)

ANEXO C: JUEGO RADIAL INTERNO PARA RODAMIENDO DE RODILLOS A RÓTULA

Juego radial interno de los rodamientos de rodillos a rótula											
Diámetro del agujero d Más hasta de incl.		Juego radial interno									
		C2		Normal		C3		C4		C5	
		min	Máx.	min	Máx.	min	Máx.	min	Máx.	min	Máx.
Mm											
24	30	0,020	0,030	0,030	0,040	0,040	0,055	0,055	0,075	-	-
30	40	0,025	0,035	0,035	0,050	0,050	0,065	0,065	0,085	0,085	0,105
40	50	0,030	0,045	0,045	0,060	0,060	0,080	0,080	0,100	0,100	0,130
50	65	0,040	0,055	0,055	0,075	0,075	0,095	0,095	0,120	0,120	0,160
65	80	0,050	0,070	0,070	0,095	0,095	0,120	0,120	0,150	0,150	0,200
80	100	0,055	0,080	0,080	0,110	0,110	0,140	0,140	0,180	0,180	0,230
100	120	0,065	0,100	0,100	0,135	0,135	0,170	0,170	0,220	0,220	0,280
120	140	0,080	0,120	0,120	0,160	0,160	0,200	0,200	0,260	0,260	0,330
140	160	0,090	0,130	0,130	0,180	0,180	0,230	0,230	0,300	0,300	0,380
160	180	0,100	0,140	0,140	0,200	0,200	0,260	0,260	0,340	0,340	0,430
180	200	0,110	0,160	0,160	0,220	0,220	0,290	0,290	0,370	0,370	0,470
200	225	0,120	0,180	0,180	0,250	0,250	0,320	0,320	0,410	0,410	0,520
225	250	0,140	0,200	0,200	0,270	0,270	0,350	0,350	0,450	0,450	0,570
250	280	0,150	0,220	0,220	0,300	0,300	0,390	0,390	0,490	0,490	0,620
280	315	0,170	0,240	0,240	0,330	0,330	0,430	0,430	0,540	0,540	0,680

Fuente: (SKF 2023)

ANEXO D: JUEGO RADIAL INTERNO PARA RODAMIENDO DE RODILLOS A RÓTULA Y RODAMIENTOS TOROIDALES CON AGUJERO CÓNICO

Valores para determinar el juego radial según el diámetro interno del rodamiento									
Diámetro de agujero		Reducción del juego radial interno.		Distancia de calado axial				Angulo de apriete de la tuerca de fijación	
d más de	hasta incl.	mín.	máx.	s. Conocidad 1:12		Conocidad 1:30		Conocidad 1:12	
				mín.	máx.	mín.	máx.	α	
Mm		Mm		Mm				°	
24	30	0,010	0,015	0,25	0,29	-	-	100	
30	40	0,015	0,020	0,30	0,35	-	-	115	
40	60	0,020	0,025	0,37	0,44	-	-	130	
50	65	0,025	0,035	0,45	0,54	1,15	1,35	115	
65	80	0,035	0,040	0,55	0,65	1,40	1,65	130	
80	100	0,040	0,050	0,66	0,79	1,65	2,00	150	
100	120	0,050	0,060	0,79	0,95	2,00	2,35		
120	140	0,060	0,075	0,93	1,10	2,30	2,80		
140	160	0,070	0,085	1,05	1,30	2,65	3,20		
160	180	0,080	0,095	1,20	1,45	3,00	3,60		
180	200	0,090	0,105	1,30	1,60	3,30	4,00		
200	225	0,100	0,120	1,45	1,80	3,70	4,45		
225	250	0,110	0,130	1,60	1,95	4,00	4,85		
250	280	0,120	0,150	1,80	2,15	4,50	5,40		
280	315	0,135	0,165	2,00	2,40	4,95	6,00		
315	355	0,150	0,180	2,15	2,65	5,40	6,60		
355	400	0,170	0,210	2,50	3,00	6,20	7,60		
400	450	0,195	0,235	2,80	3,40	7,00	8,50		
450	500	0,215	0,265	3,10	3,80	7,80	9,50		
500	560	0,245	0,300	3,40	4,10	8,40	10,30		
560	630	0,275	0,340	3,80	4,65	9,50	11,60		
630	710	0,310	0,380	4,25	5,20	10,60	13,00		
710	800	0,350	0,425	4,75	5,80	11,90	14,50		
800	900	0,395	0,480	5,40	6,60	13,50	16,40		
900	1000	0,440	0,535	6,00	7,30	15,00	18,30		
1000	1120	0,490	0,600	6,40	7,80	16,00	19,50		
1120	1250	0,550	0,670	7,10	8,70	17,80	21,70		
1250	1400	0,610	0,750	8,00	9,70	19,90	24,30		
1400	1600	0,700	0,850	9,10	11,10	22,70	27,70		
1600	1800	0,790	0,960	10,20	12,50	25,60	31,20		

Valido únicamente para ejes de acero macizo y aplicaciones generales
Fuente: (SKF 2023)

ANEXO E: REDUCCIÓN DEL JUEGO RADIAL INTERNO, CALADO AXIAL PARA RODAMIENTOS DE RODILLOS A RÓTULA CON TUERCA DE FIJACIÓN

Valores recomendados de reducción de juego radial y calado axial										
Diámetro de agujero		Reducción del juego radial interno.		Distancia de calado axial				Juego radial residual permisible tras montar los rodamientos con el juego inicial		Angulo de apriete de la tuerca de fijación
d más de	hasta incl.	mín. máx.		s. Conocidad 1:12		Conocidad 1:30				Conocidad 1:12
				mín.	máx.	mín.	máx.	Normal	C3	α
Mm		Mm		mm				mm		°
24	30	0,015	0,020	0,3	0,35	-	-	0,015	0,020	110
30	40	0,020	0,025	0,35	0,40	-	-	0,015	0,025	120
40	50	0,025	0,030	0,40	0,45	-	-	0,020	0,030	130
50	65	0,030	0,040	0,45	0,60	-	-	0,025	0,035	110
65	80	0,040	0,050	0,60	0,70	-	-	0,025	0,40	130
80	100	0,045	0,060	0,70	0,90	-	-	0,035	0,50	150
100	120	0,050	0,070	0,75	1,10	1,90	2,70	0,050	0,65	
120	140	0,065	0,090	1,10	1,40	2,70	2,50	0,055	0,80	
140	160	0,075	0,100	1,20	1,60	3,00	4,00	0,055	0,90	
160	180	0,080	0,110	1,30	1,70	3,20	4,20	0,060	0,100	
180	200	0,090	0,120	1,40	2,00	3,50	5,00	0,070	0,100	
200	225	0,100	0,140	1,60	2,20	4,00	5,50	0,080	0,120	
225	250	0,110	0,150	1,70	2,40	4,20	6,00	0,090	0,130	
250	280	0,120	0,170	1,90	2,70	4,7	6,70	0,100	0,140	
280	315	0,130	0,190	2,00	3,00	5,00	6,50	0,110	0,150	
315	355	0,150	0,210	2,40	3,30	6,00	8,20	0,120	0,170	
355	400	0,170	0,230	2,60	3,60	6,50	9,00	0,130	0,190	
400	450	0,200	0,260	3,10	4,00	7,70	10,00	0,130	2,000	

Valido únicamente para ejes de acero macizo y aplicaciones generales

Fuente: (SKF 2023)

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

ANEXO F: VALORES DE RELACIÓN DE CARGA C/P SEGÚN EL MATERIAL DE LAS SUPERFICIES EN CONTACTO

Valores para la relación de carga (C/P)	
Material de las superficies en contacto (eje/rodamiento)	Relación de la carga C/P
Acero/Acero	2
Acero/Bronce	2
Acero/Bronce sinterizado	1,6
Acero/Tejido de PTFE	2

Fuente: (SKF 2023)

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

ANEXO G: FACTORES DE CARGA (X e Y) PARA RODAMIENTOS MONTADOS EN DISPOSICIÓN ESPALDA CON ESPALDA

Capacidad de carga, carga límite de fatiga y factores de cálculo para la vida nominal de un rodamiento									
Número de rodamientos	Disposición	Sufijo de designación	Representación gráfica	Dirección de carga	Capacidad de carga del conjunto de rodamientos		Carga límite de fatiga del conjunto de rodamientos	Factores de cálculo	
					Dinámica	Estática		X	Y
2	Espalda con espalda	DB	◊	→	C	C _o	P _u	2,0 4	0,5 4
	Cara a cara	DF	×	→	C	C _o	P _u	2,0 4	0,5 4
	En tándem	DT	<<	→	1,63C	2C _o	2P _u	-	-
3	Espalda con espalda y en Tándem	TBT	◊◊	→	C	C _o	P _u	1,5 4	0,7 5
	Cara a cara y en Tándem	TFT	◊◊	←	1,63C	2C _o	2P _u	2,5	0,3 3
			>>>	←	C	C _o	P _u	1,5 4	0,7 5
	En tándem	TFT	>>>	→	1,63C	2C _o	2P _u	2,5	0,3 3
<<<			→	2,16C	3C _o	3P _u	-	-	
4	Espalda con espalda	QBT	<<<>	←	C	C _o	P _u	1,2 6	0,8 7

Fuente: (SKF 2023)

ANEXO H: VALORES PARA EL DESMONTAJE DEL RODAMIENTO 1208 EKTN9

CALCULATION OF COMPONENTS WITH INTERFERENCE FIT		29/7/2023
Results		
"Equivalent" yield stress of outer sleeve, MPa	524,1	
- Surface pressure, MPa		
Outer sleeve	16	
- Stresses, MPa		
Shaft	16	
Outer sleeve	210	
- Measures, mm		
Axial drive-up of outer sleeve	0,638	
Internal compression of shaft	0	
- Forces, N and Torque, Nm		
Mounting force	5015	
Torque capacity	237	
The pressure and stresses refer to the midpoint of the joint. The values will be somewhat higher and lower at the sides, depending on the taper.		

ANEXO I: PROFORMA DE BOMBA HIDRÁULICA MANUAL



MHI-TENA S.A.S. - 1891801730001 -
Avenida 15 de Noviembre s/n y Zamora - TENA

PROFORMA

CLIENTE: FELIX ANTONIO GARCIA MORA
CONTACTO:
DIRECCIÓN: RIOBAMBA

HOJA	1
FECHA:	24/07/2023
N° PROFORMA:	41/2023
R.U.C.	1204280000

CANT	UNI.	N° PARTE	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO	P.TOTAL
1	UNI		BOMBA HIDRAULICA MANUAL 10T.	175.44	175.44

SUBTOTAL 175.44

IVA 12% 21.05

TOTAL 196.49

MANGUERAS HIDRAULICAS
"PIALES"
RUC: 1803354511001
 Av. 15 de Nov. s/n y Zamora / TENA - ECUADOR

FIRMA RESPONSABLE

RECIBI CONFORME

GUÍA DE LABORATORIO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Práctica No....

TEMA: “MONTAJE Y DESMONTAJE DE UN RODAMIENTO DE RODILLOS A RÓTULA 22308 EK SOBRE UN EJE CÓNICO MEDIANTE TÉCNICAS HIDRÁULICAS AJUSTANDO EL JUEGO RADIAL”

1. DATOS GENERALES

NOMBRE	CÓDIGO	% DE PARTICIPACIÓN

GRUPO No.....

FECHA DE REALIZACIÓN: FECHA DE ENTREGA:

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Montar y desmontar un rodamiento de rodillos a rótula 22308 EK sobre un eje cónico mediante técnicas hidráulicas ajustando el juego radial.

2.2. Objetivo específico

- Determinar una presión óptima de montaje a partir de los parámetros del rodamiento y el eje mediante el software SKF.
- Determinar el juego interno residual comparándola con el juego interno establecida por fabricantes (SKF) para establecer un montaje preciso del rodamiento.

- Verificar el desplazamiento axial comparándola con catálogos del fabricante como SKF para un correcto montaje del rodamiento 22308 EK.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Rodamiento de rodillos a rótula

Los rodamientos de rodillos a rótula que se indica en la Ilustración 1-3, fueron fabricadas para resistir grandes cargas radiales y axiales en ambos sentidos a velocidades módicas, su aplicación ha ido aumentando considerablemente en el campo industrial como por ejemplo: cribas vibratorias, turbinas eólicas que soportan amplias variaciones de temperatura con fuerte cargas radiales y gran resistencia a la fatiga.(Zacipa Pinilla 2019, p. 31).



Ilustración 1-3: Rodamiento de rodillos a rótula.

Fuente: (Catalogo de rodamientos, FAG, NKN, SKF)

3.2. Juego axial en rodamientos

Es la holgura o espacio libre que existe entre las pistas de rodadura y los elementos rodantes (bolas, rodillos, etc.) en la dirección axial, también se lo entiende como el movimiento máximo en dirección lateral al eje. Este juego es importante para permitir una correcta alineación del rodamiento y para evitar tensiones excesivas en los elementos rodantes.(Álvarez Sanz y Rubio Alonso 2013)

Añadir marco teórico de todos los juegos de los rodamientos

3.3. Software Calculation of components with interference fit

Este software se lo puede adquirir de forma gratuita en el siguiente enlace <https://www.skf.com/il/support/engineering-tools/oil-injection-method-program> cuya interfaz gráfica es la mostrada en la Ilustración 2-3. Para su manejo, ver video instructivo de la Práctica número tres.



Ilustración 2-3: Software SKF

Fuente: (SKF, 2023)

Añadir por lo menos dos hojas de marco teórico

4. OBSERVACIÓN Y RECOMENDACIÓN DE INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

4.1. Equipos de protección personal

- Casco y gafas de seguridad
- Guantes de protección
- Botas industriales o zapato cerrado
- Mandil u overol

4.2. Equipos y herramientas

- Módulo de montaje y desmontaje
- Martillo y punzón
- Llave de gancho
- Rodamiento de rodillos a rótulo 22308 EK
- Arandela de fijación H 2308
- Tuerca de fijación KM 8
- Galgas de espesores
- Tablas físicas de valores de juego radial, calado axial y juego radial residual
- Tuerca hidráulica H MV 10
- Bomba hidráulica ENERPAC P-391
- Manguera hidráulica de ¼" hasta 10000 psi
- Aceite hidráulico con una viscosidad entre (45 - 68) mm²/s
- Coche de herramientas EMTOP

Imágenes de los equipos y herramientas

5. INSTRUCCIONES

La presente práctica de laboratorio para montaje y desmontaje de rodamientos mediante técnicas hidráulicas, debe seguir la siguiente secuencia de pasos:

5.1. Preparación del módulo de montaje y desmontaje

- Nos colocamos todo el equipo de protección personal (EPP) y se realiza una inspección visual para comprobar que el módulo de montaje y desmontaje este operativo y funcional.

En este cuadro coloque una imagen o fotografía de la actividad

- Se verifica que las garruchas de las llantas delanteras estén colocadas correctamente. Luego se debe alzar los abatibles del módulo y verificar que los seguros estén activados.
- Posicionar el hexágono en la postura número 3 de la práctica en dirección al operador tal cual en la Ilustración 7-5 se muestra, además de limpiar el módulo.



Ilustración 3-5: Práctica número seis

Realizado por: (Miranda S; Pullopaxi, C, 2023)

5.2. Selección de herramientas, materiales y equipos

- Procedemos a la selección de las herramientas y equipos adecuados para el proceso de instalación (bomba hidráulica, llave de gancho, galgas, tuerca hidráulica, manómetro) necesarios para la práctica número tres.

Añadir una imagen o fotografía de las herramientas de montaje y desmontaje de la práctica

5.3. Instalación de la bomba hidráulica

- Enrollar 1 ½ vuelta de teflón en los extremos de las roscas de la manguera, que funcionará como sellador y se evita fugas de aceite.
- Enrollar 1 ½ vuelta de teflón en el manómetro de glicerina y lo enroscamos en la línea de la manguera hidráulica.

Añadir una imagen o fotografía de la instalación de la bomba

Nota: todos los elementos deben ser ajustados con la llave hexagonal 15 del coche de herramientas.

5.4. Proceso de desmontaje

- Mediante un punzón y un martillo, se debe retirar el seguro del de la arandela de retención.
- Aflojar la tuerca y arandela de fijación, de tal manera que quede separada aproximadamente 5mm del aro interior del rodamiento.

Añadir una imagen o fotografía separando la tuerca de fijación con la llave de gancho

- Enrollar 1 ½ vuelta de teflón en los dos extremos del acople G ¼ macho-macho y lo instalamos en el conducto hidráulico del eje.
- Conectar el otro extremo de la manguera hidráulica al conducto del sistema hidráulico del módulo.
- Cerramos la válvula de la bomba hidráulica en sentido horario como se puede ver en la Ilustración 4-5.



Ilustración 4-5: Cerrar la válvula de alivio

Realizado por: (Miranda S; Pullopaxi, C, 2023)

- Bombear hasta que el rodamiento se expulse derramando aceite entre las superficies de contacto, o se escuche un leve “click”. Tener precaución de que la presión no supere los 2320,6 psi aproximadamente.

Añadir una imagen o fotografía del bombeo y el derrame de aceite entre las superficies de contacto

- Desajustar y desmontar el extremo de la manguera hidráulica para retirar el rodamiento de su asiento. Se logra crear una fina capa de aceite entre las superficies de contacto.

**Añadir una imagen o fotografía del desmontaje del
rodamiento**

5.5. Limpieza del rodamiento antes del montaje

- Con una brocha, limpiamos todo el exterior del rodamiento hasta que no quede suciedad como, por ejemplo, partículas de polvo o residuos atrapados en el rodamiento.
- Aplicar desengrasante Multiuso WD-40 o cualquier disolvente neutro directamente sobre el rodamiento y el eje.
- Dejar reposar unos 3 min aproximadamente y con una toalla, franela o papel absorbente y secamos bien los elementos (rodamiento y eje).

**Añadir una imagen o fotografía de la limpieza del rodamiento
y el eje**

5.6. Comprobación dimensional y acabado de los componentes auxiliares

- Con un calibrador pie de rey, realizar la medición de las dimensiones del eje y el rodamiento en las direcciones ilustradas para poder completar los datos en el informe que se muestra en la Tabla 1-5.

Tabla 1-5: Informe

Informe Previo al Montaje						
Tipo de Rodamiento:						
Posición del rodamiento:						
Aplicación:						
Ilustración del rodamiento:			Puntos de medición del rodamiento:			
Puntos de medición del diámetro del eje:						
Sentidos para la medición.	Eje Valores de medición (mm) en el lugar:			Rodamiento: Valores de medición (mm) en el lugar		
	Distancia (mm):			Distancia (mm):		
	La:	Lb:	Lc:	d:	D:	B:
	Diámetros (mm):			Distancia interna (mm):		
	a	B	c	d1	d2	d3
1						
2						
3						
4						
	Medida calculada: (1+2+3+4) /4			Medida calculada: (1+2+3+4) /4		
Resultados:						
Aptitud De Carga.	Rango de juego axial inicial:			Juego axial controlado:		
	Juego radial medido:			Juego radial calculado:		
Montaje.	Área de trabajo:					
	Componentes asociados:					
	Tipo de agente protector:					
	Herramientas y equipos:					
Observaciones:						

Realizado por: (Miranda S; Pullopaxi, C, 2023)

5.7. Determinación de parámetros para el montaje

En la base de datos de SKF no disponemos valores de presión aplicables a rodamientos con diámetros de 40mm, sino existen a partir de 50 mm. Por esta razón, se debe realizar una extrapolación lineal y encontrar la presión requerida para el rodamiento 22308 EK, con la siguiente información: El rodamiento con el que se cuenta en el software SKF es 22310 EK, un

rodamiento de rodillos a rotula cuyo diámetro interno es de 50mm, con una presión requerida de montaje 1,86 MPa (269,77 PSI); así mismo, para un rodamiento (22311 EK) de 55mm nos arroja una presión de 1,98 MPa (287, 18 PSI). En ambos casos se recomienda usar una tuerca hidráulica HMV 10E.

Nota. - Descargar el software de SKF para el proceso de montaje y desmontaje de rodamientos mediante inyección de aceite y calado en: <https://www.skf.com/il/support/engineering-tools/oil-injection-method-program>

5.7.1. Proceso de extrapolación

Tabla 2-5: Datos de extrapolación.

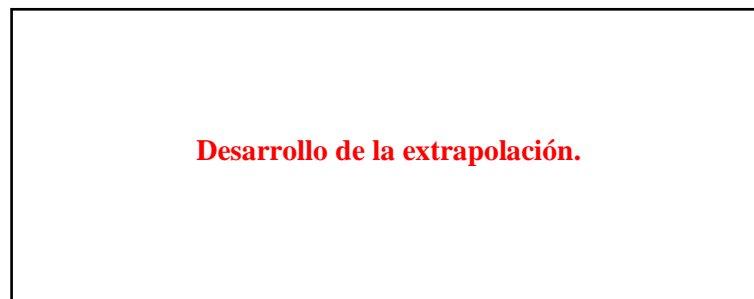
Presiones requeridas según el diámetro interno del rodamiento		
Rodamiento	Diámetro interno (mm)	Presión requerida (MPa)
22308 EK	40	----
22310 EK	50	1,86
22311 EK	55	1,98

Realizado por: (Miranda S; Pullopaxi, C, 2023)

Dados dos puntos conocidos, $P_1(x_1, y_1)$ y $P_2(x_2, y_2)$, la fórmula para realizar la extrapolación lineal es:

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1) + y_1$$

Donde x e y son las coordenadas del punto extrapolado:



- Con las galgas, medir el juego radial interno del rodamiento entre los elementos rodantes y el aro externo del rodamiento y lo anotamos de la Tabla 1-5.
- Con el dato del juego radial medido, se verifica en la tabla de reducción del juego radial recomendadas por el fabricante SKF como se indica en la Ilustración 5-5.



Ilustración 5-5: Juego radial interno medido

Realizado por: (Miranda S; Pullopaxi, C., 2023)

- En base al fabricante, el juego radial interno medido para un rodamiento de 40mm.
- Señalar en la Tabla 3-5 los valores normales del juego radial interno en los que debe estar el diámetro de 40mm:

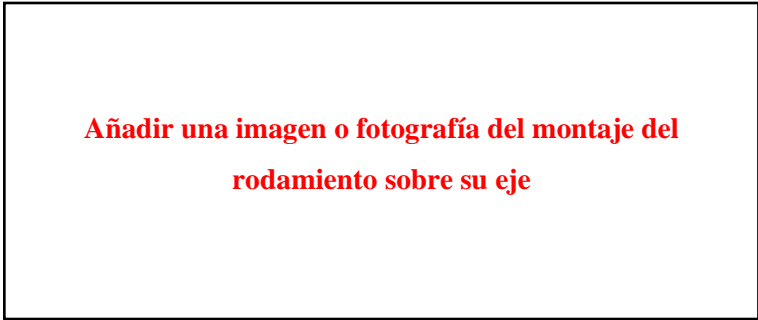
Tabla 3-5: Juego radial interno para rodamientos de rodillos a rótula

Juego radial interno de los rodamientos de rodillos a rótula											
Diámetro del agujero d Más de	hasta incl.	Juego radial interno									
		C2		Normal		C3		C4		C5	
		min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.
mm											
24	30	0,020	0,030	0,030	0,040	0,040	0,055	0,055	0,075	-	-
30	40	0,025	0,035	0,035	0,050	0,050	0,065	0,065	0,085	0,085	0,105
40	50	0,030	0,045	0,045	0,060	0,060	0,080	0,080	0,100	0,100	0,130
50	65	0,040	0,055	0,055	0,075	0,075	0,095	0,095	0,120	0,120	0,160
65	80	0,050	0,070	0,070	0,095	0,095	0,120	0,120	0,150	0,150	0,200
80	100	0,055	0,080	0,080	0,110	0,110	0,140	0,140	0,180	0,180	0,230
100	120	0,065	0,100	0,100	0,135	0,135	0,170	0,170	0,220	0,220	0,280
120	140	0,080	0,120	0,120	0,160	0,160	0,200	0,200	0,260	0,260	0,330
140	160	0,090	0,130	0,130	0,180	0,180	0,230	0,230	0,300	0,300	0,380

Fuente: (SKF 2023)

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

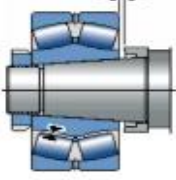
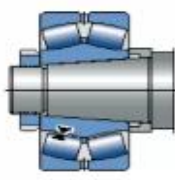

- Colocamos el rodamiento sobre su eje, tomando en cuenta la posición de la parte cónica de la interna del rodamiento.



- Marque el valor de calado axial y juego radial residual del rodamiento antes de proceder a instalar la bomba hidráulica.

Nota: Estos valores de calado axial y juego radial residual para el rodamiento 22308 EK de 40mm de diámetro interno se lo identifica en la Tabla 4-5.

Tabla 4-5: Valores de reducción de juego radial, calado axial y juego residual

Valores recomendados de reducción de juego radial y calado axial										
										
Diámetro de agujero		Reducción del juego radial interno.		Distancia de calado axial				Juego radial residual permisible tras montar los rodamientos con el juego inicial		Angulo de apriete de la tuerca de fijación
d más de	hasta incl.	mín. máx.		s. Conocidad 1:12		Conocidad 1:30				Conocidad 1:12
				mín.	máx.	mín.	máx.	Normal	C3	α
mm		mm		Mm				mm		°
24	30	0,015	0,020	0,3	0,35	-	-	0,015	0,020	110
30	40	0,020	0,025	0,35	0,40	-	-	0,015	0,025	120
40	50	0,025	0,030	0,40	0,45	-	-	0,020	0,030	130
50	65	0,030	0,040	0,45	0,60	-	-	0,025	0,035	110
65	80	0,040	0,050	0,60	0,70	-	-	0,025	0,40	130
80	100	0,045	0,060	0,70	0,90	-	-	0,035	0,50	150
100	120	0,050	0,070	0,75	1,10	1,90	2,70	0,050	0,65	
120	140	0,065	0,090	1,10	1,40	2,70	2,50	0,055	0,80	
140	160	0,075	0,100	1,20	1,60	3,00	4,00	0,055	0,90	

Valido únicamente para ejes de acero macizo y aplicaciones generales

Fuente: (SKF 2023)

Realizado por: Miranda, S. y Pullopaxi, C., 2023.

- Montar la tuerca hidráulica en el eje, enroscándola de forma manual hasta dejarla a tope con el rodamiento, como se indica en la Ilustración 6-5.

Añadir una imagen o fotografía del montaje de la tuerca hidráulica

- Montar el reloj comparador en la cara externa de la tuerca, equipo que nos ofrece medir el desplazamiento de calado axial.
- Enceramos el reloj comparador a cero y montamos la manguera hidráulica en el conducto de aceite de la tuerca y bombear hasta generar la presión calculada 234,96psi. Esto hará mover el émbolo de la tuerca y ajustará el rodamiento en su rango de calado axial.

Añadir una imagen o fotografía del control de los parámetros de montaje (conexión de la bomba, control de la presión y desplazamiento axial)

- Desmontamos el reloj comparador.
- Abrimos la válvula de la bomba y dejar reposar aprox. 2min. De esta forma despresurizamos la bomba.
- Desconectamos la bomba hidráulica y retira la tuerca hidráulica.
- Medir el juego radial con la galga de espesores. El mismo debe menor al juego radial residual de 0,015mm.

Añadir una imagen o fotografía de la medición del juego radial después del montaje

- Montamos la tuerca y la arandela de fijación y la ajustamos con una llave de gancho

- Con un martillo y un desarmador colocamos la arandela de fijación para asegurar el rodamiento.

Añadir una imagen o fotografía de la colocación de la arandela de fijación

- Con ayuda de la llave hexagonal, desmontar la manguera hidráulica de la bomba y el acople G ¼ macho-macho.
- Retirar los residuos de teflón de las roscas de la manguera y el acople G ¼.
- Limpiar los excedentes de aceite de todos los componentes.
- Guardar todos los materiales, herramientas y equipos dentro del módulo de montaje y desmontaje como se identifica en la Ilustración 6-5.



Ilustración 6-5: Mantener las 5s del Laboratorio

Realizado por: (Miranda S; Pullopaxi, C, 2023)

6. TOMA Y RECOLECCIÓN DE DATOS

6.1. Presión requerida de montaje

- Completar la tabla de acuerdo a la extrapolación realizada anteriormente:

Tabla 5-6: Datos de extrapolación.

Presiones requeridas según el diámetro interno del rodamiento		
Rodamiento	Diámetro interno (mm)	Presión requerida (MPa)
22308 EK	40	
22310 EK	50	1,86
22311 EK	55	1,98

Realizado por: (Miranda S; Pullopaxi, C, 2023)

6.2. Juego radial interno

En esta parte debe colocar una imagen o fotografía del juego radial interno antes del montaje y después del montaje. Se debe mostrar los cálculos respectivos para el juego residual luego del montaje

$$J_{r\text{mxnmontado}} = J_{r\text{antes del montaje}} - J_{r\text{min}}$$

$$J_{r\text{mxnmontado}} = J_{r\text{antes del montaje}} - J_{r\text{max}}$$

6.3. Desplazamiento axial

En esta parte debe indicar el desplazamiento axial controlado por el reloj comparador

7. OBSERVACIONES

1. ¿Qué es el juego radial residual permisible?
.....
2. ¿Se puede utilizar para esta práctica un rodamiento de rodillos a rótula cilíndrico sí o no? Justifique su respuesta.
.....
3. ¿Cuáles son las aplicaciones del rodamiento 22308 EK?
.....
4. ¿Qué indican las letras EK que acompañan la numeración del rodamiento?

.....
5. ¿Se puede trabajar con un manómetro convencional en técnicas de montaje y desmontaje hidráulicas? justifique su respuesta.
.....

8. CONCLUSIONES

(Describir de forma lógica las conclusiones a las que llego UD., con la realización de esta práctica de laboratorio)

.....
.....
.....

9. RECOMENDACIONES

(Describir de forma lógica las recomendaciones que sean pertinentes para la realización de la práctica de laboratorio)

.....
.....
.....

10. BIBLIOGRAFÍA

(De acuerdo a la norma ISO 690 o APA 6ta ed; Citar la fuente bibliográfica general, específica que sustentan la práctica con bibliografía existente en una base debidamente actualizada; Libros, folletos, manuales, impresos o digitales)

ÁLVAREZ SANZ, E. y RUBIO ALONSO, H., 2013. Aplicación Informática Sobre Androide: Blafa. Aprendizaje y Cálculo de rodamientos. S.l.: Universidad Carlos III de Madrid.

CUSHICONDOR, J. P. (2019). Mantenimiento correctivo de un compresor tipo tornillo INGERSOLL-RAND de 650CFM. Recuperado el 19 de 04 de 2023, de <http://dspace.istvidanueva.edu.ec/handle/123456789/78>

.....
AYUDANTE DE CÁTEDRA

.....
ING. FÉLIX GARCÍA
DOCENTE

ANEXOS

(Colocar fotografías con su respectiva descripción de la elaboración del laboratorio)

GUÍA DE LABORATORIO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Práctica No....

TEMA: “MONTAJE Y DESMONTAJE DE UN RODAMIENTO DE BOLAS A RÓTULA 1208 EKTN9 SOBRE UN EJE CÓNICO MEDIANTE TÉCNICAS HIDRÁULICAS AJUSTANDO EL JUEGO AXIAL”

1. DATOS GENERALES:

NOMBRE	CÓDIGO	% DE PARTICIPACIÓN

GRUPO No.....

FECHA DE REALIZACIÓN: FECHA DE ENTREGA:

2. OBJETIVOS

2.2. Objetivo general

Montar y desmontar un rodamiento de bolas a rótula 1208 EKTN9 sobre un eje cónico mediante técnicas hidráulicas ajustando el juego axial para evitar daños prematuros en el elemento.

2.3. Objetivo específico

- Determinar una presión óptima de desmontaje y montaje a partir de los parámetros del rodamiento y el eje mediante el software SKF.
- Crear una fina capa de aceite entre las superficies de contacto aplicando una determinada presión para mantener la presión y exactitud en el montaje y desmontaje del rodamiento
- Separar las superficies para minimizar el riesgo de contacto aplicando fuerzas de extracción con esfuerzos mínimos y obtener menor riesgo de daños en el rodamiento.

3. MARCO TEÓRICO

3.2. Rodamiento de bolas a rótula

Los rodamientos de bolas a rótula se adquieren compuestos por dos hileras de bolas y un camino de rodadura en el aro exterior. Estos rodamientos tienen la ventaja de ser autoalineables y se los puede obtener en el mercado abiertos o sellados. Entre sus características más importantes están que soportan desalineación estática y dinámica. Además, generan poco calor y su temperatura de funcionamiento es baja por cuanto su vida útil es larga y necesita de una frecuencia de funcionamiento mínimo. (SKF, 2023)



Ilustración 1-3: Rodamiento de bolas a rótula.

Fuente: (Catalogo de rodamientos, FAG, NKN, SKF)

3.3. Juego axial en rodamientos

Es la holgura o espacio libre que existe entre las pistas de rodadura y los elementos rodantes (bolas, rodillos, etc.) en la dirección axial. Este juego es importante para permitir una correcta alineación del rodamiento y para evitar tensiones excesivas en los elementos rodantes. (Álvarez Sanz y Rubio Alonso 2013)

Añadir por lo menos dos hojas de marco teórico.

4. OBSERVACIÓN Y RECOMENDACIÓN DE INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

4.2. Equipos de protección personal

- Casco y gafas de seguridad
- Guantes de protección
- Botas industriales o zapato cerrado
- Mandil u overol

4.3. Equipos y herramientas

- Módulo de montaje y desmontaje
- Martillo y punzón y llave de gancho
- Coche de herramientas EMTOP
- Rodamiento de rodillos a rótulo 1208 EKTN9
- Arandela de fijación H 2308
- Tuerca de fijación KM 8
- Galgas de espesores
- Tablas físicas de valores de juego radial, calado axial
- Tuerca hidráulica H MV 10
- Bomba hidráulica ENERPAC P-391 y manguera hidráulica de ¼" hasta 10000 psi
- Aceite hidráulico con una viscosidad entre (45 - 68) mm²/s

Añadir una imagen o fotografía de los materiales y equipos utilizados en la práctica.

5. INSTRUCCIONES

La presente práctica de laboratorio para realizar el montaje y desmontaje de rodamientos mediante técnicas hidráulicas, debe seguir la siguiente secuencia de pasos:

5.2. Preparación del módulo de montaje y desmontaje

- Nos colocamos todo el equipo de protección personal (EPP).



- Se comprueba que el módulo de montaje y desmontaje este operativo y se verifica que las garruchas de las llantas delanteras estén puestas correctamente dejando al módulo funcional.
- Alzar los abatibles del módulo verificando que sus seguros estén activados, como se muestra en la Ilustración 2-5.



Ilustración 2-5. Seguro de los abatibles

Realizado por: (Miranda S; Pullopaxi, C, 2023)

- Posicionar el hexágono en la posición número cuatro
- Realizar una limpieza del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos con los elementos de limpieza correspondientes.

En este cuadro coloque una imagen o fotografía de los ítems anteriores

5.3. Selección de herramientas, materiales y equipos

- Seleccionar las herramientas y equipos (bomba hidráulica, tuerca hidráulica) necesarios para la práctica número cuatro.

Añadir una imagen o fotografía de las herramientas de montaje y desmontaje de la práctica

- Descargar el software de SKF (ver Ilustración 3-5) para el proceso de montaje y desmontaje de rodamientos mediante inyección de aceite y calado en: <https://www.skf.com/il/support/engineering-tools/oil-injection-method-program>

SKF Oil Injection Method

Calculations Drive-Up Method Go Search search ... Print

SKF Oil Injection Method

- SKF Oil Injection Method
 - How does it work?
 - Some examples
 - Different ways of use
 - Design of components
 - Calculation of components with interference
 - Mounting and dismounting tools
 - Mounting and dismounting instructions
 - Mounting and dismounting bearings
 - Pumps, injectors and accessories
 - Hydraulic nuts
 - Adapter, withdrawal and stepped sleeve
 - SKF Drive-up Method
 - OK coupling
 - SKF Supergrip Bolt product programme
 - Practical experience and application examples

Introduction

The straightforward pressure joint or shrink fit, which depends solely on the interference friction between mounted components for its power-transmitting capacity, has long been recognised for its reliability, particularly in the transmission of considerable torque. It often offers the only solution to the problem of connecting shafts which have to transmit large intermittent and fluctuating forces. In the past the use of this type of joint was seriously restricted due to the difficulty of mounting components as well as to the greater problem of dismounting them. The injection of oil enables surfaces to be united or separated both quickly and easily.

Since its introduction by SKF in the early 1940s the oil injection method has been widely used in many branches of engineering and its success has generated considerable interest in this technique of uniting machine components. The experience gained has increased the fund of knowledge available for producing suitable designs.

Why the oil injection method?

The SKF Oil Injection Method greatly simplifies mounting and dismounting. It makes it possible to minimise manual effort and helps eliminate damage to components during the procedures.

Designs can be simplified and downsized with no loss of safety as regards rupture strength or fatigue. Keyways, which weaken shafts, are not required. In addition, the method can save valuable time in mounting and dismounting components such as, ships propellers, railway wheels, gear wheels and, of course, bearings

The SKF Oil Injection Method

The SKF Oil Injection Method is a time saving way of mounting and dismounting bearings and other components that have interference fits. The concept involves forcing oil, of a certain viscosity, under pressure between the mating surfaces until they are separated by a thin oil film. The method is not only used to aid bearing mounting and dismounting but also in other applications where tight fits are difficult to handle in conventional ways.

Oil under pressure between the mating surfaces

Exit program Contact SKF

SKF

Ilustración 3-5: Software de parámetros de montaje y desmontaje

Realizado por: (SKF, 2023)

5.4. Parámetros de desmontaje

- Determinar los parámetros de desmontaje con el software SKF, fueron realizados bajo la condición de montaje sobre un eje cónico. Sin embargo, para más detalles y manual de uso se debe revisar el video de la práctica cuatro adjuntada.
- Para el rodamiento 1208 EKTN9, se tiene un ajuste de interferencia o de apriete de 0,04mm y sin carga axial. con un límite elástico de 670 Mpa. El coeficiente de Poissons para aceros es $n = 0,3$, mientras que el módulo de elasticidad es $E = 210000 \text{ N/mm}^2$; éstos mismos valores se usan para el caso del manguito exterior del rodamiento.

Añadir ilustración de los datos colocados en el software

- El factor H basado en el acabado superficial es el mínimo $H = 0,0025$. El coeficiente de fricción operativa y de montaje para aplicaciones normales de inyección de aceite tenemos 0,14 y 0,02 respectivamente. Finalmente, se obtiene una presión de trabajo para rodamientos de bolas a rótula.

Añadir ilustración de los resultados de la presión del software

5.5. Instalación de la bomba hidráulica

- Enrollar 1 ½ vuelta de teflón en los extremos de las roscas de la manguera, que funcionará como sellador y se evita fugas de aceite.
- Enrollar 1 ½ vuelta de teflón en el manómetro de glicerina y lo enroscamos en la línea de la manguera hidráulica.

Añadir una imagen o fotografía de la instalación de la bomba

6. PROCEDIMIENTO PARA EL DESMONTAJE

- Con un punzón y un martillo, procedemos a retirar el seguro de la arandela de retención y procedemos a aflojar la tuerca y arandela de fijación utilizando la llave de gancho, luego separamos estos elementos aproximadamente 5mm del aro interior del rodamiento.

Añadir una imagen o fotografía separando la tuerca de fijación con la llave de gancho

- Enrollar 1 ½ vuelta de teflón en los dos extremos del acople G ¼ macho-macho y lo instalamos en el conducto hidráulico del eje.
- Conectar el otro extremo de la manguera hidráulica al conducto del sistema hidráulico del módulo.

Añadir una imagen o fotografía del montaje completo de la bomba hidráulica

- Cerramos la válvula de la bomba hidráulica en sentido horario

- Bombear hasta que el rodamiento se expulse derramando aceite entre las superficies de contacto, o se escuche un leve “click”. Tener precaución de que la presión no supere los 2320,6 psi aproximadamente.

Añadir una imagen o fotografía del bombeo y el derrame de aceite entre las superficies de contacto

- Desajustar y desmontar el extremo de la manguera hidráulica.
- Retirar el rodamiento de su asiento. Observamos que se ha creado una fina capa de aceite entre las superficies de contacto.

Añadir una imagen o fotografía del desmontaje del rodamiento y la capa de aceite entre las superficies de contacto

7. LIMPIEZA DEL RODAMIENTO ANTES DEL MONTAJE

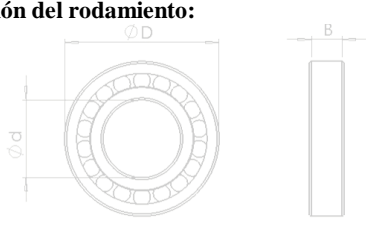
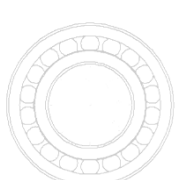
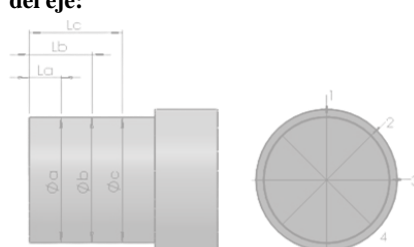
- Con una brocha, limpiamos todo el exterior del rodamiento hasta que no quede suciedad como, por ejemplo, partículas de polvo o residuos atrapados en el rodamiento.
- Aplicar desengrasante Multiuso WD-40 o cualquier disolvente neutro directamente sobre el rodamiento y el eje.
- Dejar reposar alrededor de tres min aproximadamente.
- Con una toalla, franela o papel absorbente y secamos bien los elementos (rodamiento y eje).

**Añadir una imagen o fotografía de la limpieza del
rodamiento y el eje**

7.2. Comprobación dimensional y acabado de los componentes auxiliares

- Con un calibrador pie de rey, realizar la medición de las dimensiones del eje y el rodamiento en las direcciones ilustradas y anotarlas en el informe de la Tabla 1-7.
- Completar el informe (Tabla 1-7) conforme al proceso de la practica la práctica.

Tabla 1-7: Informe

Informe Previo al Montaje						
Tipo de Rodamiento:						
Posición del rodamiento:						
Aplicación:						
Ilustración del rodamiento:				Puntos de medición del rodamiento:		
						
Puntos de medición del diametro del eje:						
						
Sentidos para la medición.	Eje Valores de medición (mm) en el lugar:			Rodamiento: Valores de medición (mm) en el lugar		
	Distancia (mm):			Distancia (mm):		
	L _a :	L _b :	L _c :	d:	D:	B:
	Diámetros (mm):			Distancia interna (mm):		
	a	b	c	d1	d2	d3
1						
2						
3						
4						
	Medida calculada: (1+2+3+4) /4			Medida calculada: (1+2+3+4) /4		

Resultados:						
Aptitud De Carga.	Rango de juego axial inicial:			Juego axial controlado:		
	Juego radial medido:			Juego radial calculado:		
Montaje.	Área de trabajo:					
	Componentes asociados:					
	Tipo de agente protector:					
	Herramientas y equipos:					
Observaciones:						

Realizado por: (Miranda S; Pullopaxi, C, 2023)

8. PROCEDIMIENTO PARA EL MONTAJE

8.2. Determinación de parámetros para el montaje

En la base de datos de SKF no disponemos valores de presión aplicables a rodamientos con diámetros de 40mm, sino existen a partir de 50 mm. Por esta razón, se debe realizar una extrapolación lineal y encontrar la presión requerida para el rodamiento 22308 EK, con la siguiente información:

El rodamiento con el que se cuenta en el software SKF es 1210 EKTN9, un rodamiento de bolas a rotula cuyo diámetro interno es de 50mm, con una presión requerida de montaje 0,57 MPa (82,67 PSI); así mismo, para un rodamiento (1211 EKTN9) de 55mm nos arroja una presión de 0,76 MPa (110,23 PSI). En ambos casos se recomienda usar una tuerca hidráulica HMV 10E.

Nota: Ver video instructivo de la Práctica 4 adjuntada.

8.2.1. *Proceso de extrapolación*

- Verificar el valor de calado axial del rodamiento antes de proceder a bombear. Este movimiento axial es calculado mediante un proceso de extrapolación lineal en base a los resultados obtenidos para rodamientos de 50 y 55 mm de diámetro interno, reflejados en la Tabla 2-8.

Tabla 2-8: Datos para la presión de montaje

Presiones requeridas según el diámetro interno del rodamiento		
Rodamiento	Diámetro interno (mm)	Presión requerida (MPa)
1208 EKTN9	40	-
1210 EKTN9	50	0,57
1211 EKTN9	55	0,76

Realizado por: (Miranda S; Pullopaxi, C, 2023)

Tabla 3-8: Datos para encontrar el movimiento axial

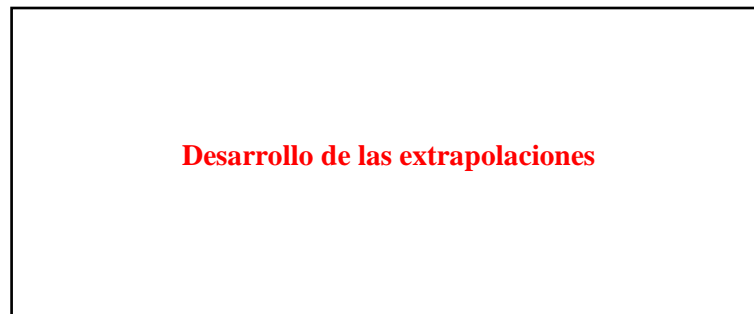
Movimiento axial según el diámetro interno del rodamiento		
Rodamiento	Diámetro interno (mm)	Movimiento axial (mm)
1208 EKTN9	40	-
1210 EKTN9	50	0,32
1211 EKTN9	55	0,25

Realizado por: (Miranda S; Pullopaxi, C, 2023)

Dados dos puntos conocidos, $P_1(x_1, y_1)$ y $P_2(x_2, y_2)$, la fórmula para realizar la extrapolación lineal es:

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) + y_1$$

Donde x e y son las coordenadas del punto extrapolado.



- Con las galgas, medir el juego radial interno del rodamiento antes del montaje entre los elementos rodantes y el aro externo del rodamiento y lo anotamos la Tabla 1-7.
- Con el dato del juego radial medido, marcamos el juego radial recomendadas por el fabricante SKF para rodamientos de bolas a rótula, que se indica (Tabla 4-8).

Tabla 4-8: Juego radial para rodamientos de bolas a rótula

Juego radial interno de los rodamientos de bolas a rótula									
Diámetro del agujero d		Juego radial interno							
		C2		Normal (CN)		C3		C4	
Más de	hasta incl.	min	máx.	min	máx.	Min	máx.	min	máx.
mm									
Rodamientos con agujeros cilíndrico									
2,5	6	0,001	0,008	0,005	0,015	0,010	0,020	0,015	0,025
6	10	0,002	0,009	0,006	0,017	0,012	0,025	0,019	0,033
10	14	0,002	0,010	0,006	0,019	0,013	0,026	0,021	0,035
14	18	0,003	0,012	0,008	0,021	0,015	0,028	0,023	0,037
18	24	0,004	0,014	0,010	0,023	0,017	0,030	0,025	0,039
24	30	0,005	0,016	0,011	0,024	0,019	0,035	0,029	0,046
30	40	0,006	0,018	0,013	0,029	0,023	0,040	0,034	0,053
40	50	0,006	0,019	0,014	0,031	0,025	0,044	0,037	0,057
50	65	0,007	0,021	0,016	0,036	0,030	0,050	0,045	0,069
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rodamientos con agujero cónico									

18	24	0,007	0,017	0,013	0,026	0,020	0,033	0,028	0,042
24	30	0,009	0,020	0,015	0,028	0,023	0,039	0,033	0,050
30	40	0,012	0,024	0,019	0,035	0,029	0,046	0,040	0,059
40	50	0,014	0,027	0,022	0,039	0,033	0,052	0,045	0,065
50	65	0,018	0,032	0,027	0,047	0,041	0,061	0,056	0,080
65	80	0,023	0,039	0,035	0,057	0,050	0,075	0,069	0,098
80	100	0,029	0,047	0,042	0,068	0,062	0,090	0,084	0,116
100	120	0,035	0,056	0,050	0,081	0,075	0,108	0,100	0,139

Fuente: (SKF 2023)

Realizado por: (Miranda S; Pullopaxi, C, 2023)

- Colocamos el rodamiento sobre su eje, tomando en cuenta la posición de la parte cónica de la interna del rodamiento y montar la tuerca hidráulica en el eje, enroscándola de forma manual hasta dejarla a tope con el rodamiento.

Añadir una imagen o fotografía del montaje de la tuerca hidráulica

- Montar el reloj comparador en la cara externa de la tuerca, con éste se medirá el desplazamiento de calado axial.
- Enceramos el reloj comparador a cero y montar la manguera hidráulica en el conducto de aceite de la tuerca y bombear hasta generar la presión calculada de montaje en la Tabla 4-8. Esto hará mover el émbolo de la tuerca y ajustará el rodamiento en su rango de calado axial.

Añadir una imagen o fotografía del control de los parámetros de montaje (conexión de la bomba, control de la presión y desplazamiento axial)

- Desmontamos el reloj comparador.

- Abrimos la válvula de la bomba y dejar reposar aprox. 2min. De esta forma despresurizamos la bomba.
- Desconectamos la bomba hidráulica luego retiramos la tuerca hidráulica y finalmente montamos la tuerca y la arandela de fijación y la ajustamos con una llave de gancho.
- Con un martillo y un desarmador colocamos la arandela de fijación para asegurar el rodamiento.
- Volver a medir el juego radial interno luego del montaje con las galgas de espesores como se muestra en la Ilustración 4-8.



Ilustración 4-8: Movimiento axial resultante

Realizado por: (Miranda S; Pullopaxi, C, 2023)

- Verificar que este valor, se reduce en comparación al valor medido antes del montaje.
- Con ayuda de la llave hexagonal, desmontar la manguera hidráulica de la bomba y el acople G ¼ macho-macho.

Añadir una imagen o fotografía de los pasos anteriores

- Retirar los residuos de teflón de las roscas de la manguera y el acople G ¼.
- Limpiar los excedentes de aceite de todos los componentes (Ilustración 5-8).



Ilustración 5-8: Limpieza de los elementos

Realizado por: (Miranda S; Pullopaxi, C, 2023)

- Guardar todos los materiales, herramientas y equipos dentro del módulo de montaje/desmontaje y coche de herramientas.

9. RESULTADOS OBTENIDOS

(Detallar secuencialmente los resultados obtenidos tras la realización de cada procedimiento)

9.2. Presión de montaje requerida

- Completar la Tabla según corresponda:

Tabla 5-9: Datos para la presión de montaje

Presiones requeridas según el diámetro interno del rodamiento		
Rodamiento	Diámetro interno (mm)	Presión requerida (MPa)
1208 EKTN9	40	
1210 EKTN9	50	0,57
1211 EKTN9	55	0,76

Realizado por: (Miranda S; Pullopaxi, C, 2023)

9.3. Movimiento axial de montaje

- Completar la Tabla según corresponda:

Tabla 6-9: Datos para la presión de montaje

Movimiento axial según el diámetro interno del rodamiento		
Rodamiento	Diámetro interno (mm)	Movimiento axial (mm)
1208 EKTN9	40	
1210 EKTN9	50	0,32
1211 EKTN9	55	0,25

Realizado por: (Miranda S; Pullopaxi, C, 2023)

9.4. Juego radial interno

En el apartado se debe colocar una imagen o fotografía del juego radial interno antes del montaje y después del montaje. Se debe mostrar los cálculos respectivos para el juego residual luego del montaje

$$J_{r\text{mxnmontado}} = J_{r\text{antes del montaje}} - J_{r\text{min}}$$

$$J_{r\text{mxnmontado}} = J_{r\text{antes del montaje}} - J_{r\text{max}}$$

10. OBSERVACIONES

1. ¿Cuáles son los tipos de juego interno existentes en un rodamiento de bolas a rótula?
.....
2. ¿Se puede utilizar una tuerca de fijación KM 10? Justifique su respuesta.
.....
3. ¿Cuáles son las aplicaciones del rodamiento 1208 EKTN9?
.....
4. ¿Cuáles son los métodos de medición para montar rodamientos de bolas a rótula?
.....
5. ¿Por qué es importante no cambiar de juego Normal (CN) a juego C3?
.....

11. CONCLUSIONES

(Describir de forma lógica las conclusiones a las que llego UD., con la realización de esta práctica de laboratorio)

.....
.....
.....
.....

12. RECOMENDACIONES

(Describir de forma lógica las recomendaciones que sean pertinentes para la realización de la práctica de laboratorio)

.....
.....
.....
.....

13. BIBLIOGRAFÍA

(De acuerdo a la norma ISO 690 o APA 6ta ed; Citar la fuente bibliográfica general, específica que sustentan la práctica con bibliografía existente en una base debidamente actualizada; Libros, folletos, manuales, impresos o digitales)

ÁLVAREZ SANZ, E. y RUBIO ALONSO, H., 2013. Aplicación Informática Sobre Androide: Blafa. Aprendizaje y Cálculo de rodamientos. S.l.: Universidad Carlos III de Madrid.

CUSHICONDOR, J. P. (2019). Mantenimiento correctivo de un compresor tipo tornillo INGERSOLL-RAND de 650CFM. Recuperado el 19 de 04 de 2023, de <http://dspace.istvidanueva.edu.ec/handle/123456789/78>

SANZ, S., 2011. Motores. Madrid: Editex.

.....
AYUDANTE DE CÁTEDRA

.....
**ING. FÉLIX GARCÍA
DOCENTE**

ANEXOS

(Colocar fotografías con su respectiva descripción de la elaboración del laboratorio)

GUÍA DE LABORATORIO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Práctica No....

TEMA: “MONTAJE Y DESMONTAJE DE DOS RODAMIENTOS 30208 EK DE RODILLOS CÓNICOS DISPUESTOS ESPALDA CON ESPALDA AJUSTANDO EL JUEGO RADIAL”

1. DATOS GENERALES

NOMBRE	CÓDIGO	% DE PARTICIPACIÓN

GRUPO No.....

FECHA DE REALIZACIÓN: FECHA DE ENTREGA:

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Montar y desmontar un rodamiento de rodillos cónicos 30208 EK dispuesto espalda con espalda ajustando el juego radial.

2.2. Objetivo específico

- Describir el procedimiento de montaje y desmontaje de rodamientos de rodillos cónicos dispuestos espalda con espalda.

- Controlar el juego radial con las herramientas correctas luego de realizar el montaje en rodamientos de rodillos cónicos dispuestos espalda con espalda para verificar un montaje efectivo.
- Reconocer las partes de un rodamiento de rodillos cónicos y su configuración espalda con espalda para aplicaciones industriales.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Rodamiento de rodillos cónicos

Este tipo de rodamientos está compuesto por un aro interior, un aro exterior y los elementos rodantes que son cónicos, pero también pueden ser cilíndricos. Tienen gran capacidad de soportar cargas axiales y radiales, su mayor ventaja ante otros rodamientos es su destreza de rodadura al no realizar deslizamiento de los rodillos sobre sus pistas al momento de girar. Estos rodamientos se los puede encontrar fácilmente en sistemas de transmisiones, husillos de máquinas herramientas, vehículos livianos y pesados.



Ilustración 1-3. Rodamiento de rodillos cónicos

Fuente: (Catalogo de rodamientos, FAG, NKN, SKF)

3.2. Juego radial en rodamientos

El juego radial es aceptable para rodamientos con un aro interior y se obtiene con el rodamiento sin montar. Es la medida que puede desplazarse en dirección radial, el anillo interior conforme al exterior, a partir de una posición límite hasta una posición adversaria. De la medida de un juego radial depende la velocidad del rodamiento si esta es extremadamente lenta o supera los límites en más de un 50% situaciones en las que el juego radial no debe ser mayor a lo necesario sin embargo cada caso debe ser estudiado en referencia a la lubricación, refrigeración y otros parámetros (Sanz 2011)

3.3. Extractores de garras articuladas

Existen diferentes tipos de extractores, cada uno con diferentes cualidades, por ejemplo, los de extracción externa donde los brazos del mismo llegan por detrás del aro en el exterior del rodamiento y al girar el husillo logra la extracción del elemento, están los de extracción interna que logran el desmontaje a través del agujero del rodamiento con un agarre en su parte interior es utilizado para componentes ligeros y también están los de soporte ciegos que son extractores que se fijan al rodamiento entre los dos aros del rodamiento. (SKF 2023)

Añadir por lo menos dos hojas de marco teórico

4. OBSERVACIÓN Y RECOMENDACIÓN DE INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

4.1. Equipos de protección personal

- Casco y gafas de seguridad
- Guantes de protección
- Botas industriales o zapato cerrado
- Mandil u overol

4.2. Equipos y herramientas

- Módulo de montaje y desmontaje
- Martillo y punzón
- Llave de gancho
- Esfera sólida
- Rodamiento de rodillos cónicos 30208 EK
- Tuerca de fijación KM 8
- Tablas físicas de valores de desviación radial (TIMKEN)
- Coche de herramientas EMTOP

Añadir una imagen o fotografía de los materiales y equipos utilizados en la práctica

5. INSTRUCCIONES

La presente práctica de laboratorio está enfocada para el montaje y desmontaje de rodamientos 30208 EK dispuestos espalda con espalda verificando su desviación radial por medio de un reloj comparador, cuyos pasos a seguir, son los siguientes:

5.1. Preparación del módulo de montaje y desmontaje

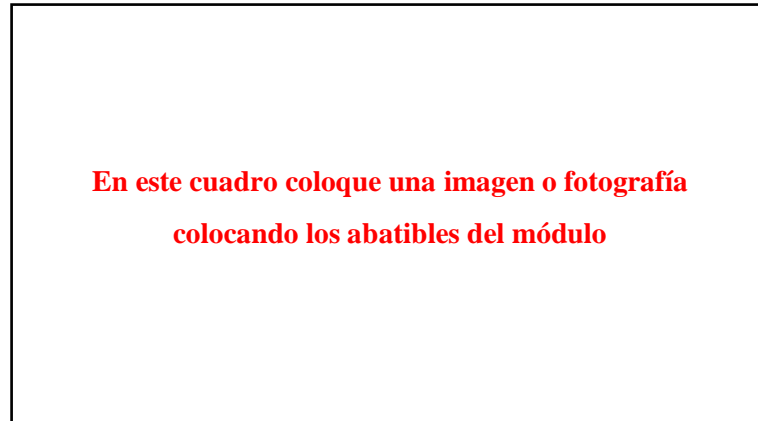
- Nos colocamos todo el equipo de protección personal (EPP) y se realiza una inspección visual para comprobar que el módulo de montaje y desmontaje este operativo y funcional, ver Ilustración 2-5.



Ilustración 2-5. Inspección visual del módulo

Realizado por: (Miranda S; Pullopaxi, C, 2023)

- Se verifica que las garruchas de las llantas delanteras estén puestas correctamente y alzar los abatibles del módulo y verificar que los seguros estén activados como se muestra en la ilustración 7-5.



- Posicionar el hexágono en la posición número 6 de la práctica en dirección al operador.
- Realizar una limpieza del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos con los materiales respectivos.



Ilustración 3-5. Inspección visual del módulo

Realizado por: (Miranda S; Pullopaxi, C, 2023)

5.2. Selección de herramientas, materiales y equipos

- Seleccionar las herramientas y equipos (llave de gancho, reloj comparador, extractor de garras articuladas) necesarios para la práctica número 6, la ilustración 10-5 se muestran las herramientas de la práctica.

Añadir una imagen o fotografía de las herramientas de montaje y desmontaje de la práctica

5.3. Proceso de desmontaje

- Mediante la llave de gancho, se retira el seguro del de la tuerca de fijación
- Colocamos el extractor de tres garras articuladas de tal forma que las garras queden fijas sobre el borde de la jaula y, la punta del husillo quede en el centro del eje.

Añadir una imagen o fotografía colocando el extractor de garras articuladas

- Con una llave hexagonal número 17, girar con una fuerza constante el tornillo de forzamiento lentamente del husillo y con cuidado, hasta que la disposición de los rodamientos se encuentre al límite del eje.

Añadir una imagen o fotografía colocando el extractor de garras articuladas

- Retirar el primer rodamiento de rodillos cónicos de la jaula (manualmente) y colocarlo sobre una franela. Enseguida retirar el segundo rodamiento hasta que los tres elementos se encuentren individualmente.

**Añadir una imagen o fotografía retirando los
rodamientos**

5.4. Limpieza de los rodamientos y demás elementos antes del montaje

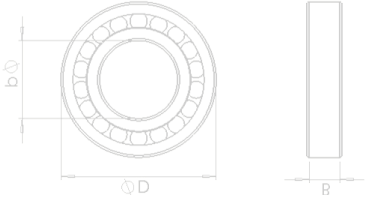
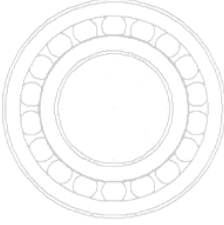
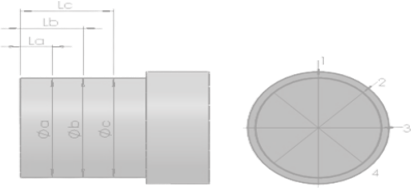
- Con una brocha, limpiamos todo el exterior del rodamiento hasta que no quede suciedad como, por ejemplo, partículas de polvo o residuos atrapados en el rodamiento.
- Aplicar desengrasante Multiuso WD-40 o cualquier disolvente neutro directamente sobre el rodamiento y el eje.
- Dejar reposar unos 3min aproximadamente y con una toalla, franela o papel absorbente y secamos bien los elementos (rodamiento y eje).

**Añadir una imagen o fotografía de la limpieza del
rodamiento y el eje**

5.5. Comprobación dimensional y acabado de los componentes auxiliares

- Con un calibrador pie de rey, realizar la medición de las dimensiones del eje y el rodamiento en las direcciones ilustradas y completar el informe de la Tabla 1-4.

Tabla 1-5: Informe

Informe Previo al Montaje						
Tipo de Rodamiento:						
Posición del rodamiento:						
Aplicación:						
Ilustración del rodamiento:			Puntos de medición del rodamiento:			
						
Puntos de medición del diametro del eje:						
						
Sentidos para la medición.	Eje Valores de medición (mm) en el lugar:			Rodamiento: Valores de medición (mm) en el lugar		
	Distancia (mm):			Distancia (mm):		
	L _a :	L _b :	L _c :	d:	D:	B:
	Diámetros (mm):			Distancia interna (mm):		
	a	b	c	d1	d2	d3
1						
2						
3						
4						
	Medida calculada: (1+2+3+4) /4			Medida calculada: (1+2+3+4) /4		
Resultados:						
Aptitud De Carga.	Rango de juego axial inicial:			Juego axial controlado:		
	Juego radial medido:			Juego radial calculado:		
Montaje.	Área de trabajo:					
	Componentes asociados:					
	Tipo de agente protector:					
	Herramientas y equipos:					
Observaciones:						

Realizado por: (Miranda S; Pullopaxi, C, 2023)

5.6. Procedimiento para el montaje

- Colocar el primer rodamiento de rodillos cónicos sobre su eje dispuesto en espalda como se indica en la Ilustración 4-5.



Ilustración 4-5. Montaje del primer rodamiento

Realizado por: (Miranda S; Pullopaxi, C, 2023)

- Ubicar la jaula sobre el rodamiento montado en el eje.

Añadir una imagen o fotografía del montaje de la jaula

- Cuando el conjunto de la jaula y el rodamiento se encuentren parcialmente apoyados sobre el eje, se coloca el segundo rodamiento dentro de la jaula dispuesto en espalda también.
- Colocar la tuerca de fijación sobre el eje.
- Ajustamos la tuerca con una llave de gancho para asentar ligeramente los rodillos sobre el eje.

Añadir una imagen o fotografía ajustando la tuerca de fijación

- Colocar la esfera sólida en el centro del eje como se aprecia en la Ilustración 5-5.



Ilustración 5-5. Ubicación de la esfera sólida

Realizado por: (Miranda S; Pullopaxi, C, 2023)

5.7. Montaje del reloj comparador

- Ubicar la base magnética del soporte en la parte superior de la jaula como se muestra en la Ilustración 6-5.

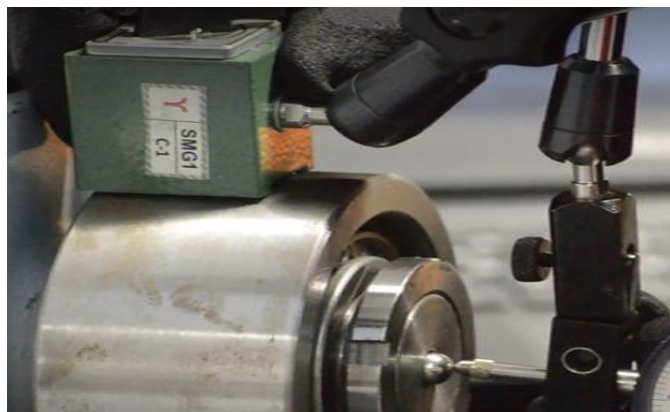


Ilustración 6-5. Ubicación de la esfera sólida

Realizado por: (Miranda S; Pullopaxi, C, 2023)

- Montamos el reloj comparador en su soporte magnético y paralelo al eje.

Añadir una imagen o fotografía montando la punta de contacto del reloj comparador paralelo al eje

- La punta de contacto del reloj comparador la asentamos sobre la esfera sólida y encerramos el reloj comparador a cero.



5.8. Control de la desviación radial

- Girar la jaula en sentido anti horario mientras empujamos levemente todo el conjunto de rodamientos.



Ilustración 7-5: Control de la desviación radial

Realizado por: (Miranda S; Pullopaxi, C, 2023)

- Verificamos la desviación radial en la tabla recomendada por el fabricante reflejadas.

TOLERANCIAS PARA RODAMIENTOS DE RODILLOS CÓNICOS, DESVIACIÓN RADIAL (Sistema métrico)

Tipos de rodamientos	Diámetro interior		Clase de rodamientos estándar		Clase de rodamientos de precisión			
	Más de	Hasta.	K	N	C	B	A	AA
	mm pulg.	mm pulg.	mm pulg.	mm pulg.	mm pulg.	mm pulg.	mm pulg.	mm pulg.
TS TSF SR ⁽¹⁾	10,000 0,3937	18,000 0,7087	—	—	—	—	0,002 0,00008	0,001 0,00004
	18,000 0,7087	30,000 1,1811	0,018 0,0007	0,018 0,0007	0,005 0,0002	0,003 0,0001	0,002 0,00008	0,001 0,00004
	30,000 1,1811	50,000 1,9685	0,020 0,0008	0,020 0,0008	0,006 0,0002	0,003 0,0001	0,002 0,00008	0,001 0,00004
	50,000 1,9685	80,000 3,1496	0,025 0,0010	0,025 0,0010	0,006 0,0002	0,004 0,0002	0,002 0,00008	0,001 0,00004
	80,000 3,1496	120,000 4,7244	0,035 0,0014	0,035 0,0014	0,006 0,0002	0,004 0,0002	0,002 0,00008	0,001 0,00004
	120,000 4,7244	150,000 5,9055	0,040 0,0016	0,040 0,0016	0,007 0,0003	0,004 0,0002	0,002 0,00008	0,001 0,00004
	150,000 5,9055	180,000 7,0866	0,045 0,0018	0,045 0,0018	0,008 0,0003	0,004 0,0002	0,002 0,00008	0,001 0,00004
	180,000 7,0866	250,000 9,8425	0,050 0,0020	0,050 0,0020	0,010 0,0004	0,005 0,0002	0,002 0,00008	0,001 0,00004
	250,000 9,8425	265,000 10,4331	0,060 0,0024	0,060 0,0024	0,011 0,0004	0,005 0,0002	0,002 0,00008	0,001 0,00004
	265,000 10,4331	315,000 12,4016	0,060 0,0024	0,060 0,0024	0,011 0,0004	0,005 0,0002	0,002 0,00008	0,001 0,00004
	315,000 12,4016	400,000 15,7480	0,070 0,0028	0,070 0,0028	0,013 0,0005	0,005 0,0002	—	—
	400,000 15,7480	500,000 19,6850	0,080 0,0031	0,080 0,0031	—	—	—	—
	500,000 19,6850	630,000 24,8031	0,100 0,0039	—	—	—	—	—
	630,000 24,8031	800,000 31,4961	0,120 0,0047	—	—	—	—	—
	800,000 31,4961	1000,000 39,3701	0,140 0,0055	—	—	—	—	—

Ilustración 8-5. Desviación radial para rodamientos de rodillos cónicos

Fuente: (TIMKEN, 2022)

- Ajustar levemente la tuerca de fijación con la llave de gancho
- En caso que no se obtenga el valor recomendado, volver a girar la jaula hasta obtener la desviación radial establecida de 0,020mm de la clase K (clase estándar).
- Cuando se obtiene la desviación radial, ajustamos la tuerca de fijación con una llave de gancho.
- Guardar todos los materiales, herramientas y equipos dentro del módulo de montaje y desmontaje como se indica en la Ilustración 9-5.



Ilustración 9-5. Guardar todas las herramientas y equipos

Realizado por: (Miranda S; Pullopaxi, C, 2023)

6. TOMA Y RECOLECCIÓN DE DATOS

(Detallar secuencialmente los resultados obtenidos tras la realización de cada procedimiento)

.....
.....
.....

7. OBSERVACIONES

1. ¿Qué es el juego radial?

.....

2. ¿Cuáles son las causas más comunes de avería de los rodamientos en motores eléctricos?

.....

3. ¿Qué se debe observar al desmontar un rodamiento?

.....

4. ¿Cuáles son los tipos de montaje en rodamientos de rodillos cónicos?

.....

5. ¿Indique las características de los rodamientos de rodillos cónicos pre-ajustados y de conjunto emparejado?

.....

6. CONCLUSIONES

(Describir de forma lógica las conclusiones a las que llego UD., con la realización de esta práctica de laboratorio)

.....
.....
.....

7. RECOMENDACIONES

Describir de forma lógica las recomendaciones que sean pertinentes para la realización de la práctica de laboratorio)

.....
.....
.....

8. BIBLIOGRAFÍA

(De acuerdo a la norma ISO 690 o APA 6ta ed; Citar la fuente bibliográfica general, específica que sustentan la práctica con bibliografía existente en una base debidamente actualizada; Libros, folletos, manuales, impresos o digitales)

SANZ, S., 2011. Motores. Madrid: Editex.

SKF, 2023. Catálogo de herramientas para prolongación el ciclo de vida de los rodamientos. S.l.:

ZACIPA PINILLA, F., 2019. Implementación del método de análisis de falla a rodamiento de doble rodillo a rotula. En: Accepted: 2019-07-16T17:48:46Z [en línea], [Consulta: 17 octubre 2022]. Disponible en: <https://repository.libertadores.edu.co/handle/11371/1855>

.....
AYUDANTE DE CÁTEDRA

.....
**ING. FÉLIX GARCÍA
DOCENTE**

ANEXOS

(Colocar fotografías con su respectiva descripción de la elaboración del laboratorio)