

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO PARA EL APRENDIZAJE EN LA  
SELECCIÓN Y REPRESENTACIÓN DE COJINETES PARA LA ESCUELA DE  
INGENIERÍA MECÁNICA**

**ALFONSO LUIS GOMEZ ACOSTA  
SERGIO YOVAN MORENO SUAREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2015**

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO PARA EL APRENDIZAJE EN LA  
SELECCIÓN Y REPRESENTACIÓN DE COJINETES PARA LA ESCUELA DE  
INGENIERÍA MECÁNICA**

**ALFONSO LUIS GÓMEZ ACOSTA**

**SERGIO YOVAN MORENO SUAREZ**

**Trabajo de grado para optar el título de  
Ingeniero mecánico**

**Director**

**RICARDO JAIMES ROLÓN  
Ingeniero Mecánico, M.Sc**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2015**

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION .....	16
1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	18
2. JUSTIFICACIÓN .....	19
3. OBJETIVOS.....	20
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	20
3.1.1 Objetivos específicos .....	20
4. MARCO TEÓRICO .....	23
4.1 ¿PORQUE ES NECESARIO EL ESTUDIO DE LOS COJINETES EN LA INGENIERÍA? .....	23
4.2 DEFINICION DE COJINETE.....	24
4.3 QUE METODOLOGÍA ES LA MÁS CONVENIENTE PARA EL ESTUDIO DE COJINETES.....	24
4.4 COMO EVALUAR EL ÉXITO O FRACASO DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA.....	26
4.5 CONCEPTOS BÁSICOS .....	26
4.5.1 Rodamientos.....	26
4.5.2 Clasificación de los rodamientos.....	27
4.5.3 disposición general de los rodamientos .....	39

4.5.4 Tolerancia de los rodamientos .....	43
4.5.5 Cojinetes de deslizamiento .....	49
5. METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS .....	61
5.1 INDUCCIÓN.....	65
5.2 PRUEBA DE CONOCIMIENTO REQUERIDO .....	66
5.3 RECONOCIMIENTO.....	67
5.3.1 Reconocimiento del banco.....	67
5.3.2 Reconocimiento de los instrumentos de medición .....	69
5.3.3 Reconocimiento de piezas .....	70
5.4 SELECCIÓN .....	72
5.5 REPRESENTACIÓN.....	73
5.6 ETAPA FINAL .....	73
5.6.1 Conclusiones .....	73
5.6.2 Entrega de plantilla .....	73
5.6.3 Entrega de esquemas.....	73
6. DISEÑO DEL MANUAL DEL LABORATORIO Y LA PLANTILLA DE INFORME .....	74
6.1 MANUAL DE LABORATORIO O COMPONENTE TEÓRICO DE LA PRÁCTICA.....	74
6.2 PLANTILLA DE INFORME.....	75

7. PRUEBA PILOTOY VERIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA IMPLEMENTADA EN LAS PRÁCTICAS.....	80
7.1 OBJETIVOS DE LAS PRUEBAS .....	80
7.2 ESTUDIANTES VOLUNTARIOS .....	80
7.3 REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS .....	81
7.4 TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LAS PRÁCTICAS .....	86
8. RECURSOS DIGITALES .....	88
9. CONCLUSIONES .....	92
10. RECOMENDACIONES.....	93
BIBLIOGRAFIA.....	94
ANEXOS.....	95

## LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Disposiciones representativas de montaje de los rodamientos y ejemplos de aplicación .....	41
Tabla 2. Tipos de rodamientos y clases de tolerancias .....	44
Tabla 3. Tolerancias para los rodamientos radiales .....	45
Tabla 4. Condiciones de carga y ajuste para rodamientos .....	46
Tabla 5. Registro de tiempo para cada práctica desarrollada .....	86

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 Tipos de rodamientos de una hilera.....	27
Figura 2 Tipos de rodamientos de contacto angular .....	28
Figura 3 Tipos de rodamientos de bolas a rótulas. ....	29
Figura 4 Tipos de rodamientos axiales de bolas .....	29
Figura 5 Tipos de diseños de rodamientos de rodillos cilíndricos. ....	30
Figura 6 Tipos de rodamientos de aguja.....	31
Figura 7 Ángulo de contacto de un rodamiento de rodillos cónicos. ....	32
Figura 8 Capacidad de carga axial de un rodamiento de rodillos cónicos .....	32
Figura 9 Tipos de rodamientos de rodillos cónicos.....	32
Figura 10 Tipos de rodamientos de rodillos a rótula. ....	33
Figura 11 Tipos de rodamientos axiales de rodillos cilíndricos. ....	34
Figura 12 Rodamiento de agujas de coronas axiales. ....	34
Figura 13 Tipos de rodamientos axiales de rodillos cónicos.....	35
Figura 14 Rodamiento axiales de rodillos a rótula. ....	36
Figura 15 Ángulo formado entre los caminos de rodadura y el eje. ....	36
Figura 16 Rodamiento radial .....	37
Figura 17 Montaje de un rodamiento de contacto radial. ....	37
Figura 18 Rodamiento axial. ....	38
Figura 19 Montaje de un rodamiento de contacto axial. ....	38
Figura 20 Rodamiento de carga combinada. ....	39
Figura 21 Disposición general de los rodamientos .....	39
Figura 22 Disposiciones de montajes y tipos de rodamientos. ....	40
Figura 23 Especificaciones de tolerancias en rodamientos. ....	43
Figura 24 Ajuste rodamiento/alojamiento.....	47
Figura 25 Ajuste eje/rodamiento. ....	47

Figura 26 Tolerancia y estado de superficie del eje.....	48
Figura 27 Tolerancia y estado de superficie del alojamiento. ....	48
Figura 28 Cojinete cilíndrico fijo. ....	50
Figura 29 Cojinete cilíndrico partido.....	51
Figura 30 Cojinete cilíndrico ajustable. ....	51
Figura 31 Tipos de cojinetes autolubricados.....	52
Figura 32 Cojinete de fricción seca con fibras multiláminas. ....	52
Figura 33 Cojinetes de fricción líquida. ....	53
Figura 34 Cojinete de fricción mixta ....	54
Figura 35 Cojinete hidrostático. ....	55
Figura 36 Aplicación de los cojinetes hidrostáticos.....	55
Figura 37 Cojinete hidrodinámico. ....	56
Figura 38 Dibujo en sección de un cojinete hidrodinámico .....	56
Figura 39 Funcionamiento de un cojinete hidrodinámico.....	57
Figura 40 Cojinete de deslizamiento radial .....	58
Figura 41 Cojinete de deslizamiento axial. ....	58
Figura 42 Cojinete de doble efecto. ....	59
Figura 43 Cojinete con valona. ....	59
Figura 44 Cojinete sin valona.....	60
Figura 45 Tabla de los rodamientos tipo A. ....	61
Figura 46 Tabla de los rodamientos tipo B. ....	62
Figura 47 Tabla de rodamientos disponibles para la práctica. ....	63
Figura 48 Tabla de cojinetes de deslizamiento disponibles para la práctica.....	64
Figura 49 Marco conceptual Cojinetes de deslizamiento.....	65
Figura 50 Marco conceptual rodamientos .....	66
Figura 51 Banco prototipo para realizar las prácticas.....	67
Figura 52 Algunos rodamientos para realizar la práctica. ....	68
Figura 53 Algunos cojinetes de deslizamiento para la práctica .....	68
Figura 54 Catálogos y fórmulas para el desarrollo de la práctica. ....	69
Figura 55. Instrumentos de medición para realizar la práctica .....	70

Figura 56. Elementos para realizar la práctica de cojinetes de deslizamiento .....	71
Figura 57. Elementos para realizar la práctica de cojinetes de rodadura . .....	71
Figura 58. Portada de un catálogo de selección de rodamientos. ....	72
Figura 59. Objetivos para alcanzar en la práctica de rodamientos. ....	75
Figura 60. Objetivos para alcanzar en la práctica de cojinetes de fricción o deslizamiento. ....	75
Figura 61. Prueba de conocimiento para la práctica de rodamientos .....	76
Figura 62. Prueba de conocimiento para la práctica de cojinetes de deslizamiento. ....	76
Figura 63. Actividades correspondientes a la práctica de rodamientos. ....	77
Figura 64. Actividades correspondientes a la práctica de cojinetes de deslizamiento. ....	77
Figura 65. Plano que debe realizarse en el CAD correspondiente a la práctica de rodamientos. ....	78
Figura 66. Plantilla de informe para las prácticas de cojinetes. ....	79
Figura 67. Procedimiento llevado a cabo durante las pruebas. ....	81
Figura 68. Inicio de las pruebas .....	82
Figura 69. Prueba de conocimiento requerido .....	83
Figura 70. Utilización de las piezas y las herramientas disponibles en el banco .....	84
Figura 71. Representación de los cojinetes .....	84
Figura 72. Selección de un rodamiento que se adapte a las condiciones requeridas .....	85
Figura 73. Selección de un cojinete de deslizamiento .....	86
Figura 74. Ensamble de una transmisión por engranajes .....	89
Figura 75. Ensamble de parte del diferencial de un automóvil .....	90
Figura 76. Ensamble explosionado del pistón del motor de un automóvil .....	91

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A Marco conceptual rodamientos. ....	97
ANEXO B Plantilla para la práctica de rodamientos. ....	142
ANEXO C Marco conceptual cojinetes de deslizamiento.....	152
ANEXO D Plantilla para la práctica de cojinetes de deslizamiento. ....	180

## RESUMEN

**TITULO:** DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO PARA EL APRENDIZAJE EN LA SELECCIÓN Y REPRESENTACIÓN DE COJINETES PARA LA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA\*

**AUTORES:** ALFONSO LUIS GOMEZ ACOSTA; SERGIO YOVAN MORENO SUAREZ\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Diseño gráfico, cojinetes, Selección, Representación.

### DESCRIPCION:

Este proyecto hace parte de uno de los módulos que conformaran el laboratorio de la asignatura de Diseño Gráfico de la Escuela de ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, con lo cual se pretende que los estudiantes de los primeros semestres, logren identificar los distintos elementos mecánicos que hacen parte de las máquinas en general.

Con este proyecto se busca afianzar la parte teórica con ayudas prácticas, de tal manera que se logre crear un ambiente ideal para el estudiante. Como caso particular para aplicar lo anteriormente dicho, se tienen los cojinetes, en los cuales se pretende además de brindar conceptos, realizar tanto selecciones como mediciones para la posterior representación de estos elementos mecánicos.

Los elementos que conforman la herramienta de aprendizaje están constituidos por: Dos marcos conceptuales que abordan las prácticas tanto de cojinetes de deslizamiento como la de rodamientos, dos plantillas de informe, links que sirven como ayudas didácticas para la realización de planos por parte de los estudiantes, instrumentos de medición tales como el calibrador pie de rey, los cuales serán utilizados para la extracción de medidas necesarias para el desarrollo de las prácticas y finalmente se cuenta con el banco de prácticas. Estos elementos conforman una gran fuente de información pedagógica que facilitan y fortalecen el conocimiento de los estudiantes a quienes van dirigidos, de tal manera que se contribuye a la formación de ingenieros de alta calidad.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Ricardo Jaimes Rolón.

## ABSTRACT

**TITLE:** DESIGN AND CONSTRUCTION OF A BANK FOR LEARNING IN THE SELECTION AND REPRESENTATION OF BEARING FOR SCHOOL OF MECHANICAL ENGINEERING \*

**AUTHORS:** ALFONSO LUIS GOMEZ ACOSTA; SERGIO YOVAN MORENO SUAREZ\*\*

**KEY WORDS:** Graphic design, bearing, selection, Representation.

### DESCRIPTION:

This project is part of one of the modules that will conform the laboratory of the course of Graphic Design at the School of Mechanical Engineering of the Industrial University of Santander, with which it is intended that the students of the first semester be able to identify the different elements mechanics who are part of the machines in general.

This project seeks to strengthen the theoretical part with practical help, so that will succeed in creating an ideal environment for the student. As a particular case to apply the previously said, bearings are taken, in which is also intended to provide concepts, perform both selections as measurements for subsequent representation of these mechanical elements.

The elements of the learning tool consist of: Two frameworks that include the practices of both slide bearings as bearing two report templates, links that serve as teaching aids for the realization of plans by students, measuring instruments such as vernier caliper gauge, which will be used for the extraction of necessary measures for the development of practices and finally it has bank practices. These elements form a major source of educational information to facilitate and strengthen the knowledge of students who are targeted, so that contributes to the formation of high-quality engineers.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of engineering physicomechanical. School of Mechanical Engineering. Director: Ricardo Jaimes Rolón.

## INTRODUCCIÓN

Las prácticas de laboratorio son un paso fundamental para el proceso de formación de ingenieros y otras profesiones, cuyo desempeño está encaminado a la investigación y aplicación del conocimiento. Por ende es necesario que los conocimientos teóricos y la experiencia se unan para dar paso a un aprendizaje amplio y preciso. Los elementos mecánicos constituyen las bases para el desarrollo de una máquina, cualquiera sea su aplicación, ya que estas al momento de funcionar muestran los objetivos fundamentales que desempeñan cada pieza que la conforma.

Este trabajo de grado titulado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO PARA EL APRENDIZAJE EN LA SELECCIÓN Y REPRESENTACIÓN DE COJINETES PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA”**, Está enfocado a que los estudiantes de la materia de Diseño Gráfico conozcan las normas utilizadas en estos elementos, así como su selección, clasificación, forma y representación en un plano de fabricación y el manejo de distintos catálogos. También se busca que los estudiantes puedan tener experiencias físicas, metodológicas y prácticas con elementos mecánicos, brindando de esta manera una herramienta fundamental para estos futuros ingenieros.

El primer capítulo contiene las generalidades que anteceden a este proyecto de grado como lo son, la identificación del problema, su justificación, objetivos generales y finalmente los objetivos específicos.

El segundo capítulo contiene el marco conceptual o teórico el cual empieza respondiendo algunas inquietudes que se tuvieron en cuenta para realizar el proyecto, seguidamente explica todo lo relacionado con los cojinetes; en cuanto a los cojinetes de rodadura se tienen en cuenta los principales, haciendo énfasis en sus características. Para los cojinetes de deslizamiento al igual que para los cojinetes de rodadura se nombran los principales, seguido de esto una clasificación general según sus aplicaciones, el tipo de carga que soporta, tipo de lubricación, etc.

El tercer capítulo trata de la metodología propuesta para el desarrollo de las prácticas de laboratorio y los recursos necesarios para la realización de este.

El cuarto capítulo comprende todo lo relacionado con el diseño del manual de laboratorio y la plantilla de informe.

El quinto capítulo describe las pruebas realizadas y sus respectivas observaciones, de tal manera que se realicen correcciones si es necesario.

El sexto capítulo trata de los recursos digitales utilizados como complementos de las prácticas, llamados para este caso tareas extra clases.

El séptimo capítulo abarca las conclusiones del proyecto.

El octavo capítulo presenta las recomendaciones para el cumplimiento de unas prácticas de laboratorio adecuadas.

Como anexos se incluyen los documentos elaborados para el laboratorio, como lo son los dos documentos teóricos necesarios para la comprensión del laboratorio y las dos plantillas de informe.

## 1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En el mundo actual, el cual está en continuo avance, se requieren ingenieros competitivos y versátiles que contribuyan al mejoramiento de la sociedad sin perjudicar el medio ambiente. La mejor manera de preparar a un ingeniero para dichas circunstancias es con ayudas prácticas que afiancen la parte teórica. En la Escuela de ingeniería mecánica de la Universidad Industrial de Santander se ha venido implementando algunas alternativas, como lo son proyectos de clase, talleres y laboratorios. Para el caso de la asignatura de Diseño gráfico se ha venido construyendo una serie de bancos con el propósito de diseñar y construir un laboratorio adecuado que cumpla con los propósitos requeridos; Para lograrlo se necesitan bancos de los elementos mecánicos más utilizados, con sus aplicaciones más relevantes, como lo son los cojinetes.

Como se puede ver es urgente suplir esta necesidad que no solo ayude a facilitar el aprendizaje en los estudiantes y fortalecer la calidad técnica de la escuela de ingeniería mecánica sino que además se deja abierta la posibilidad para que futuros estudiantes en niveles de proyecto de grado contribuyan al diseño y construcción de laboratorios de este tipo, enfocados a otras áreas, convirtiéndose esta propuesta en alternativa pedagógica y constructivamente viable.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Colaborándole a la escuela de ingeniería mecánica en la formación de estudiantes integrales, críticos y versátiles, se pretende construir un banco para realizar dos prácticas correspondientes a un tema muy importante para la asignatura de diseño gráfico, teniendo como principales propósitos la normatividad, representación, selección y funcionamiento de estos elementos en distintos montajes. Con este proyecto lo que se quiere es que los estudiantes de primeros semestres logren identificar cualidades importantes de los principales elementos mecánicos formando bases sólidas, de tal forma que no se les dificulte al momento de estudiarlos con mayor profundidad en las asignaturas correspondientes a semestres posteriores, como por ejemplo en Diseño de máquinas.

En la actualidad, los avances tecnológicos y la industria exigen que los futuros ingenieros tengan conocimientos y competencias en algunos campos que generalmente no alcanzan a ser abordados o no hacen parte del ciclo de pregrado, obligando a los estudiantes a adaptarse a los continuos cambios. Sin embargo las bases o estructuras funcionales de los diferentes mecanismos y máquinas seguirán siendo iguales; Es por esto que el estudiante debe tener dichos conceptos, que son y serán el núcleo de futuras tecnologías.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL

- Ofrecerle a la escuela de ingeniería mecánica de la universidad industrial de Santander un banco para los estudiantes de la asignatura de diseño gráfico con el fin de mejorar los conocimientos previos de estos en los primeros semestres de su formación académica.

#### 3.1.1 Objetivos específicos

- Diseñar y construir un banco con propósitos académicos para que los estudiantes de la asignatura de diseño gráfico identifiquen las principales características de los cojinetes. Para una mejor comprensión, se dividirá el banco en dos partes:
  - Los rodamientos, que son un caso especial de cojinetes, en los cuales se requiere que identifiquen cualidades importantes como son:
    - ✓ Su clasificación, haciendo énfasis en los más utilizados.
    - ✓ La norma utilizada para su representación gráfica.
    - ✓ La forma de seleccionarlos.
  - Los cojinetes de deslizamiento, en los cuales se tendrán en cuenta sus principales características, como:
    - ✓ Tipos.
    - ✓ Normas utilizadas para su representación.
    - ✓ Forma de seleccionarlos.

- Construir un material académico para el desarrollo de las prácticas, el cual conste de dos partes:
  - Un documento de carácter teórico, el cual debe ser leído por el estudiante antes del desarrollo de la práctica. En este se encontrarán los conceptos necesarios para el desarrollo de dicha experiencia, de tal forma que le saquen el mayor provecho. Se harán dos documentos, uno para la práctica de rodamientos y otro para la práctica de cojinetes de deslizamiento.
  - Un manual de procedimiento, el cual será una plantilla que contenga los elementos necesarios para que el estudiante ponga a prueba lo aprendido en la parte teórica. Para la ejecución de las prácticas este material básicamente constará de cálculos para la selección de rodamientos y cojinetes de deslizamiento; También se contará con planos los cuales se deberán completar con cotas o representaciones según sea el caso. Además se contarán con ensambles y planos con norma ISO en Solidworks como complemento de las prácticas enunciadas. Al igual que la parte teórica, se hará una plantilla para cada práctica.
  - Los archivos van a ser subidos a la plataforma del Moodle o a una página la cual se proporcionará a los estudiantes, para que puedan acceder sin inconvenientes.
- Adquirir los recursos físicos necesarios para el desarrollo de las prácticas, como lo son:
  - Dos paneles, donde serán ubicados los planos que servirán de material de apoyo.
  - El banco, el cual presenta un diseño mostrado en el anexo C del plan de proyecto, que será dividido en dos compartimientos los cuales tendrán:
    - ✓ Por un lado un muestrario de rodamientos, los cuales serán utilizados para realizar la práctica. También se tendrán algunos montajes donde

se utilicen rodamientos, para que los estudiantes vean sus aplicaciones.

- ✓ Por el otro lado tendremos distintos conjuntos de cojinetes de deslizamiento que al igual que los rodamientos estarán algunos instalados en sistemas mecánicos dependiendo del uso.

## **4. MARCO TEÓRICO**

Como primera etapa del proceso de aprendizaje en los cojinetes se presenta a continuación un marco conceptual que describe a grandes rasgos la importancia, definición y principales características de este tipo de elementos. Antes de entrar a hablar de estos elementos mecánicos se tendrán en cuenta algunos aspectos como lo son “por qué son necesarios, la metodología que se adapte mejor para estudiarlos y éxito o fracaso de dicha metodología”.

### **4.1 ¿PORQUE ES NECESARIO EL ESTUDIO DE LOS COJINETES EN LA INGENIERÍA?**

En busca de mejorar el rendimiento mecánico de las máquinas se emplean diferentes instrumentos que ayudan a mejorar la movilidad interna de esta. Los elementos comúnmente empleados para estas aplicaciones son los cojinetes; los cuales alargan la vida útil de las piezas rotacionales, dando una mayor durabilidad y control de la temperatura en los puntos de constante fricción.

Existen varios tipos de cojinetes y día tras día las necesidades del mercado buscan avanzar en la calidad de estos. Es así como hoy en día las industrias sacan al mercado gran variedad de alternativas como los cojinetes de deslizamiento partidos o los cojinetes de rodadura autolineables para mejorar la eficiencia en las aplicaciones que previamente han sido asignadas.

Una de las ventajas de estos elementos mecánicos, es que a la hora de que fallen y deban cambiarse, se disponen de catálogos para seleccionarlos, no importa el sector industrial en el que sea utilizado, de tal manera que no es necesario realizar un plano de diseño para su respectiva construcción. Esto hace que los cojinetes (en especial los de

rodaduras) sean en la actualidad de los elementos mecánicos más accesibles en el mercado y por tanto merecen suma atención por parte de los ingenieros.

#### **4.2 DEFINICION DE COJINETE**

El objetivo de un cojinete es el de proporcionar una posición relativa y dar libertad bien sea de rotación o deslizamiento, dependiendo de la aplicación, además de transmitir una carga entre dos estructuras, usualmente un eje y una carcasa. La forma básica y el concepto de un cojinete son simples; Si se van a transmitir cargas entre superficies en movimiento relativo en una máquina, la acción se facilita más efectivamente si se interponen elementos rodantes entre los miembros en deslizamiento. De esta forma la resistencia de fricción que se opone al deslizamiento se reemplaza en gran medida por la resistencia mucho más pequeña que se asocia con el cojinete.

Los cojinetes van algunas veces colocados directamente en el bastidor de la pieza o máquina, pero con frecuencia van montados en soportes convenientemente dispuestos para facilitar su montaje. Dependiendo del tipo de contacto que exista entre las piezas estos pueden ser cojinetes de deslizamiento o de rodadura.

#### **4.3 QUE METODOLOGÍA ES LA MÁS CONVENIENTE PARA EL ESTUDIO DE COJINETES**

Para el estudio de cojinetes es necesario utilizar una metodología que favorezca a los estudiantes en todo lo relacionado con el aprendizaje, ya que de esta manera se garantiza una buena pedagogía y por tanto se cumplen las metas propuestas.

A la hora de elegir la metodología a utilizar es importante tener en cuenta que pueden existir varias que se acomoden a los requerimientos necesarios, pero los procedimientos no están familiarizados con el nivel educativo que se va a manejar. De lo anteriormente dicho se deduce que es importante plantear condiciones, de tal manera que se cumplan

en su gran mayoría con la metodología pertinente. Las condiciones a cumplir deben ser las siguientes:

- Las prácticas deben ser las más sencillas posibles, de tal manera que los estudiantes no se confundan durante la realización de estas; pero a la vez deben tener todas las actividades necesarias para un buen aprendizaje.
- El componente teórico debe ser fundamental para la realización de las prácticas. Por tanto este debe además de conceptos tener ejemplos de todos los temas abordados en el documento. Con esto lo que se garantiza es que el estudiante se motive a leer detenidamente dicho documento antes del desarrollo de la práctica.
- Para el planteamiento de las prácticas se debe tener en cuenta que estas hacen parte del curso de diseño gráfico, por tanto es indispensable la representación y normatividad de los elementos mecánicos a tratar.
- La práctica debe ser elaborada en grupos de dos estudiantes, por lo tanto es importante el diálogo y el trabajo en equipo de estos para que el resultado sea productivo.

Con lo anteriormente mencionado tenemos que escoger una metodología, y lo más pertinente es ir de lo general a lo particular, es decir, en primer lugar debe hacerse una actividad que muestre que los estudiantes si consultaron el componente teórico; el cual puede ser evaluado mediante preguntas abiertas, falsos o verdaderos o completar enunciados. Seguido de esto ya se puede entrar a situaciones más específicas; como lo son la representación tanto de cojinetes de deslizamiento como de rodamientos, designación, selección e identificación en un plano del o los cojinetes. Seguido de esto deben ir las conclusiones que los estudiantes obtuvieron de la práctica. Por último debe complementarse lo realizado en la práctica con algún cad como solidworks, de tal manera que el estudiante ponga en práctica lo aprendido durante el curso aplicado a los cojinetes. El capítulo 3 muestra la metodología escogida para la realización de las prácticas en base a las condiciones previamente establecidas.

#### **4.4 CÓMO EVALUAR EL ÉXITO O FRACASO DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA**

Para evaluar que tan acertada fue la metodología implementada es necesario valorar en qué grado se cumplieron las condiciones propuestas, ya que estas son los indicativos que nos darán a conocer si el resultado es favorable o desfavorable.

Se puede decir que una de las formas de evaluar dicha metodología es mediante la realización de pruebas cuando ya se tenga todas las prácticas diseñadas. Esta prueba debe ser realizada por estudiantes que estén cursando la materia de diseño gráfico con la supervisión de los diseñadores de las prácticas y del profesor, de tal manera que se haga lo más real posible.

La realización de las pruebas y su respectivo análisis se muestran en el capítulo 5.

#### **4.5 CONCEPTOS BÁSICOS**

**4.5.1 Rodamientos.** Los rodamientos son un tipo de cojinete que reducen la fricción entre un eje y las piezas conectadas a éste por medio de rodadura, por tanto facilita su desplazamiento. En un cojinete de rodadura o rodamiento, la fricción inicial duplica la fricción de operación, pero es despreciable en comparación con los cojinetes de deslizamiento

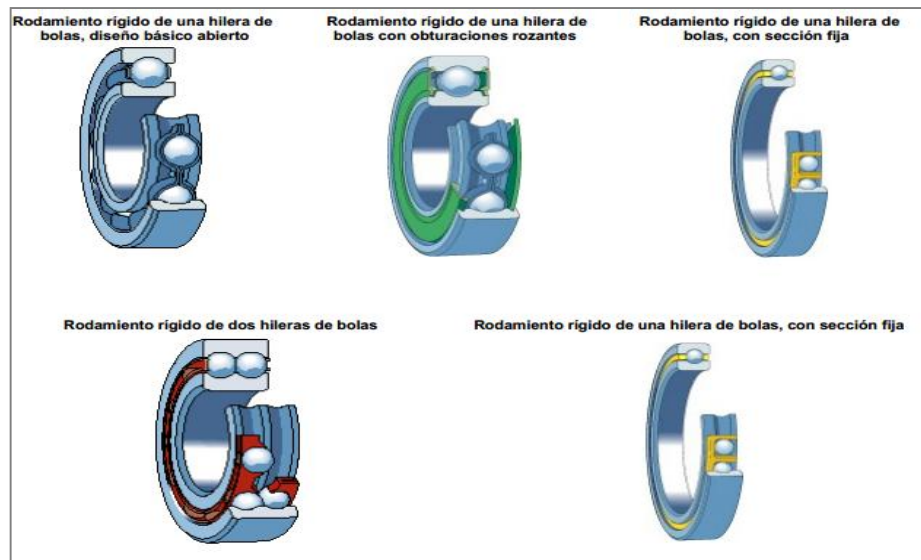
La fabricación de los cojinetes de bolas o rodamientos ocupa en tecnología un lugar muy especial, dados los procedimientos para conseguir la esfericidad perfecta de la bola. Los mayores fabricantes de ese tipo de rodamientos emplean el vacío para tal fin.

**4.5.2 Clasificación de los rodamientos.** Los rodamientos se pueden clasificar según el tipo de elemento rodante y según el tipo de carga que soportan.

**4.5.2.1 Clasificación Según el tipo de elemento rodante.**

- **Rodamiento rígido de bolas.** Son usados en una gran variedad de aplicaciones. Son fáciles de diseñar, no separables, capaces de operar incluso a muy altas velocidades y requieren poca atención o mantenimiento en servicio. Existen varios diseños de estos tipos de rodamientos como se pueden ver en la figura 1.

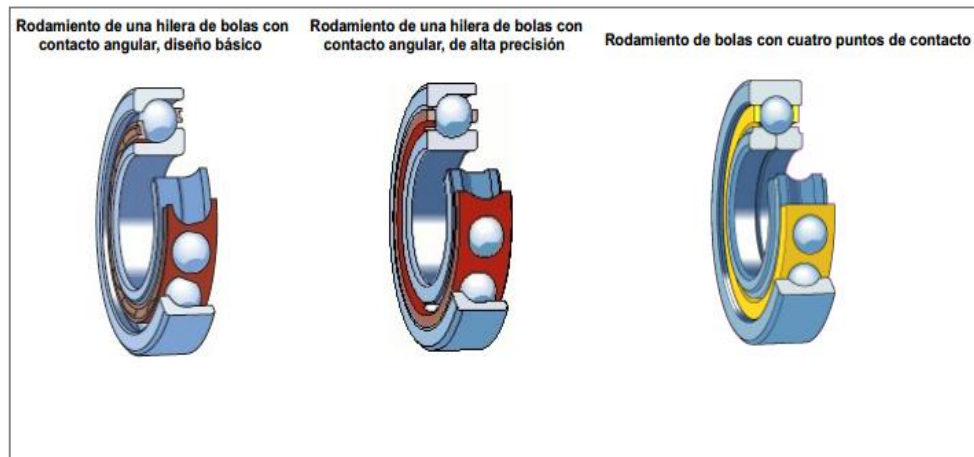
**Figura 1. Tipos de rodamientos de una hilera**



*Fuente:* SKF. Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera. Disponible en Internet: <http://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/single-row-deep-groove-ball-bearings/single-row/index.html>

- **Rodamientos de una hilera de bolas con contacto angular.** El rodamiento de una hilera de bolas con contacto angular tiene dispuestos sus caminos de rodadura de forma que la presión ejercida por las bolas es aplicada oblicuamente con respecto al eje. Como consecuencia de esta disposición, el rodamiento es especialmente apropiado para soportar no solamente cargas radiales, sino también grandes cargas axiales, debiendo montarse el mismo en contraposición con otro rodamiento que pueda recibir carga axial en sentido contrario. Los más utilizados de este tipo de se encuentran en la figura 2.

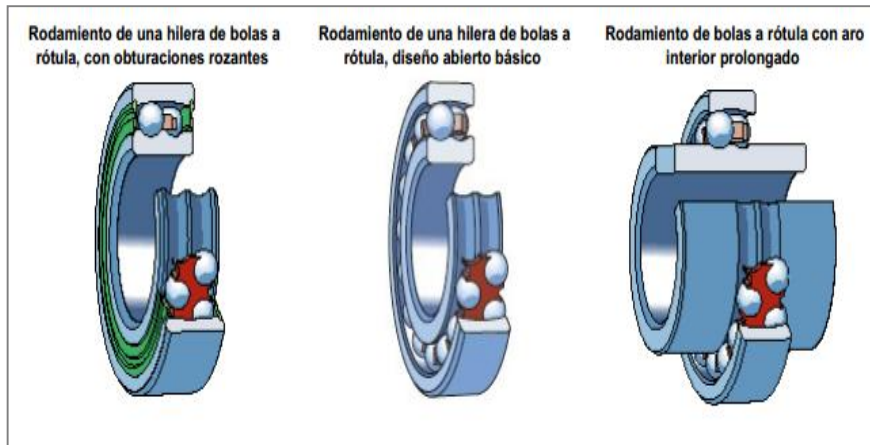
**Figura 2. Tipos de rodamientos de contacto angular**



*Fuente: SKF. Rodamientos rígidos de bolas, de contacto angular. Disponible en internet: <http://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/ball-bearings/angular-contact-ball-bearings/single-row-angular-contact-ball-bearings/basic-design-bearings/index.html>*

- **Rodamientos de bolas a rótula.** Los rodamientos de bolas a rótula tienen dos hileras de bolas que se apoyan sobre un camino de rodadura esférico en el aro exterior, permitiendo desalineaciones angulares del eje respecto al soporte. Son utilizados en aplicaciones donde pueden producirse desalineaciones considerables, por ejemplo, por efecto de las dilataciones, de flexiones en el eje o por el modo de construcción. Sus principales diseños se observan en la figura 3

**Figura 3. Tipos de rodamientos de bolas a rótula.**



Fuente: SKF. Rodamiento de bolas a rótula. Disponible en internet: <http://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/ball-bearings/self-aligning-ball-bearings/basic-design-bearings/index.html>

- **Rodamientos axiales de bolas.** Los rodamientos axiales de bolas pueden ser de simple o de doble efecto. Están diseñados para soportar únicamente cargas axiales y no deben someterse a cargas radiales.

Los rodamientos axiales de bolas de simple efecto (fig 4.izq) Como su nombre indica, pueden soportar cargas axiales y fijar un eje axialmente en una sola dirección. Los rodamientos axiales de bolas de doble efecto (fig 4.derecha) pueden soportar cargas axiales y fijar un eje axialmente en ambos sentidos.

**Figura 4. Tipos de rodamientos axiales de bolas.**



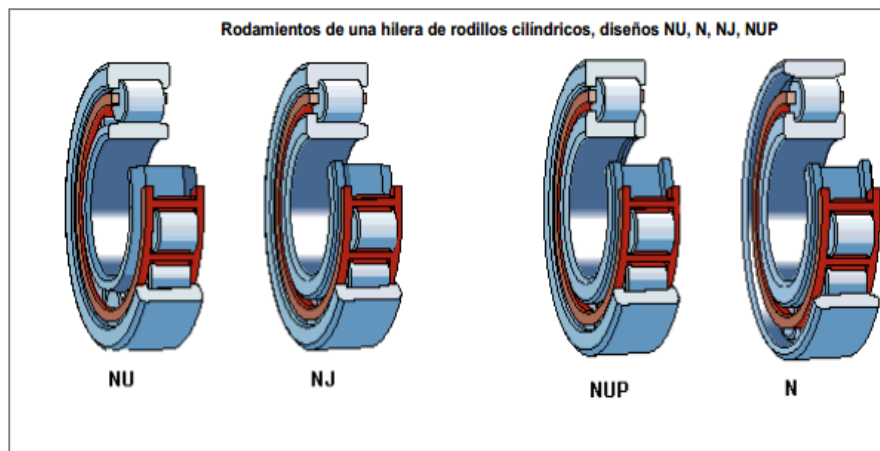
Fuente: SKF. Rodamientos axiales de bolas. Disponible en internet: <http://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/ball-bearings/thrust-ball-bearings/index.html>

- **Rodamientos axiales de bolas de contacto angular.** Los rodamientos axiales de bolas con contacto angular se diseñaron originalmente para soportar las mesas rotatorias de las máquinas perforadoras pero también son apropiados para otras aplicaciones que requieren una gran capacidad de carga, una elevada rigidez axial y un par de rozamiento bajo.

Al contrario que los rodamientos axiales de bolas convencionales, los rodamientos axiales de bolas con contacto angular pueden absorber cargas radiales además de cargas axiales y son capaces de funcionar a altas velocidades.

- **Rodamientos de rodillos cilíndricos.** En los rodamientos de rodillos cilíndricos los rodillos son un componente clave. Su geometría, el denominado perfil logarítmico, ofrece una distribución de tensiones óptima en los contactos del rodamiento. Este rodamiento se puede apreciar en la figura 5.

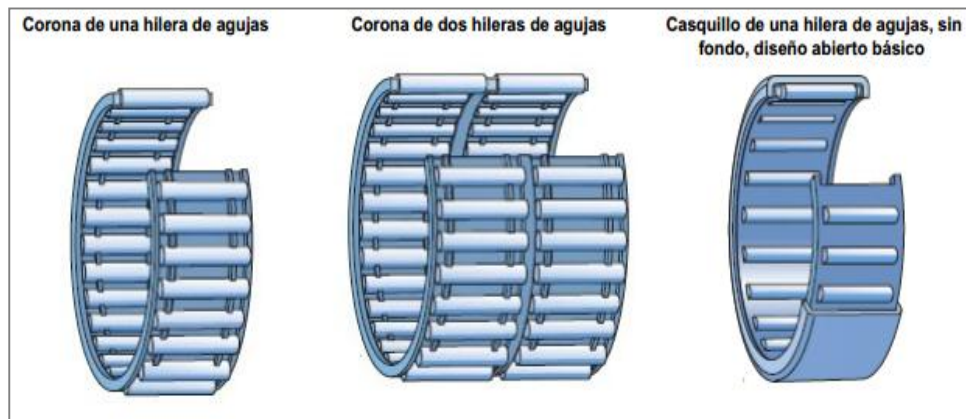
**Figura 5. Tipos de diseño de rodamientos de rodillos cilíndricos**



Fuente: SKF. Rodamientos de rodillos cilíndricos. Disponible en internet: <http://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/roller-bearings/cylindrical-roller-bearings/index.html>

- **Rodamientos de aguja.** Son rodamientos con rodillos cilíndricos muy delgados y largos en relación con su menor diámetro. A pesar de su pequeña sección, estos rodamientos tienen una gran capacidad de carga y son eminentemente apropiados para las aplicaciones donde el espacio radial es limitado. La figura 6 muestra los diferentes tipos de rodamientos de agujas.

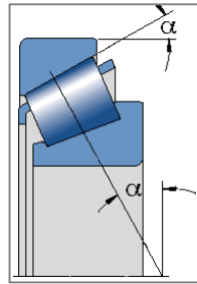
**Figura 6. Tipos de rodamientos de aguja**



Fuente: SKF. Rodamientos de agujas. Disponible en internet: <http://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/roller-bearings/needle-roller-bearings/index.html>

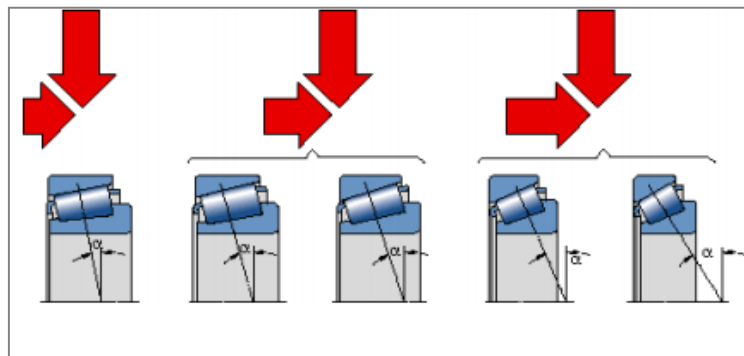
- **Rodamientos de rodillos cónicos.** El rodamiento de rodillos cónicos, debido a la posición oblicua de los rodillos y caminos de rodadura, es especialmente adecuado para resistir cargas radiales y axiales simultáneas. Su capacidad de carga axial viene determinada en gran medida por el ángulo de contacto (figura 7); cuanto mayor sea este ángulo, mayor será la capacidad de carga axial (figura 8). En la figura 9 podemos apreciar estos tipos de rodamientos.

**Figura 7. Ángulo de contacto de un rodamiento de rodillos cónicos**



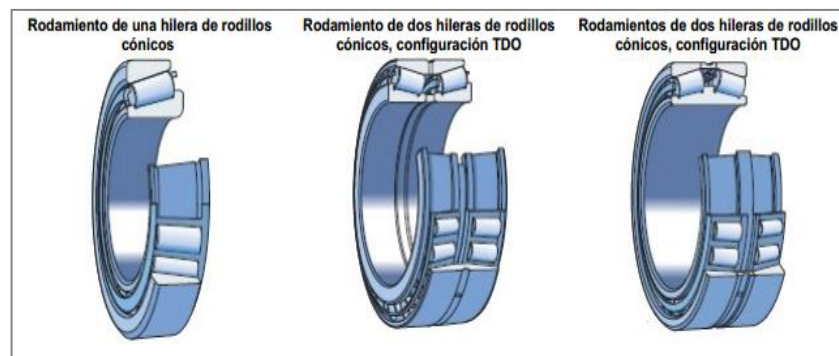
Fuente: SKF. Rodamientos de rodillos cónicos. Disponible en internet: <http://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/roller-bearings/combined-cylindrical-roller-taper-roller-bearings/design/index.html>

**Figura 8. Capacidad de carga axial de un rodamiento de rodillos cónicos**



Fuente: SKF. Rodamientos de rodillos cónicos. Disponible en internet: <http://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/roller-bearings/combined-cylindrical-roller-taper-roller-bearings/design/index.html>

**Figura 9. Tipos de rodamientos de rodillos cónicos**

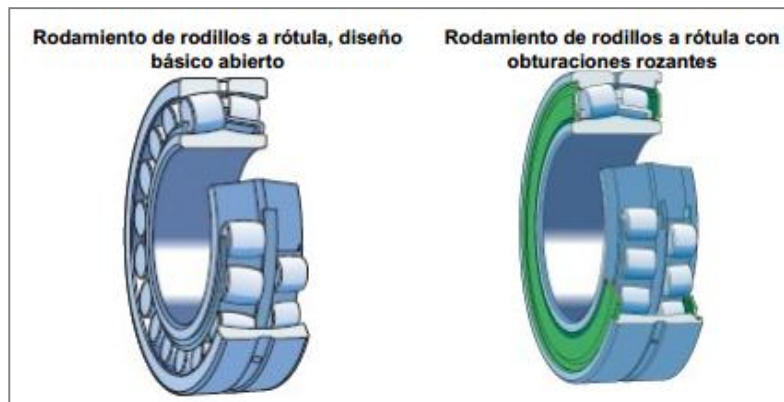


Fuente: SKF. Rodamientos de rodillos cónicos. Disponible en internet: <http://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/roller-bearings/combined-cylindrical-roller-taper-roller-bearings/design/index.html>

- **Rodamientos de rodillos a rótula.** Los rodamientos de rodillos a rótula tienen dos hileras de rodillos con un camino de rodadura esférico común en el aro exterior. Cada uno de los caminos de rodadura del aro interior está inclinado formando un ángulo con el eje del rodamiento. Son autoalineables y consecuentemente insensibles a la desalineación del eje con respecto al alojamiento y a la flexión o curvatura del eje.

La gama estándar de rodamientos de rodillos a rótula incluye rodamientos abiertos (figura 10.izquierda) y rodamientos obturados (fig 10.derecha).

**Figura 10. Tipos de rodamientos de rodillos a rótula**

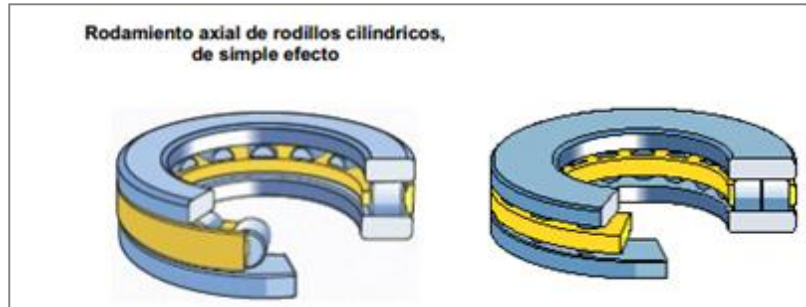


Fuente: SKF. Rodamientos de rodillos a rótula. Disponible en internet: <http://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/roller-bearings/spherical-roller-bearings/index.html>

- **Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos.** Son apropiados para aplicaciones que deben soportar pesadas cargas axiales. Además, son insensibles a los choques, son fuertes y requieren poco espacio axial. Son rodamientos de una sola dirección y solamente pueden aceptar cargas axiales en una dirección.

Los rodamientos axiales de rodillos cilíndricos tienen una forma y un diseño sencillo y se fabrican con una hilera (figura 11. izquierda) y con dos hileras de rodillos cilíndricos (figura 11. derecha).

**Figura 11. Tipos de rodamientos axiales de rodillos cilíndricos**

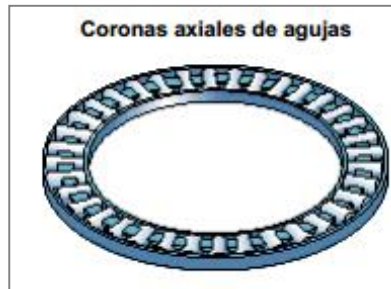


*Fuente: SKF. Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos. Disponible en internet:*

*<http://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/roller-bearings/cylindrical-roller-thrust-bearings/design-and-variants/index.html>*

- **Rodamientos axiales de agujas.** Estos rodamientos pueden soportar cargas axiales, son insensibles a las cargas puntuales y permiten disposiciones de rodamientos rígidas, que requieren un espacio axial mínimo. Son rodamientos de simple efecto y sólo pueden soportar cargas axiales que actúen en una dirección. Permiten disposiciones de rodamientos particularmente compactas, sin ocupar más espacio que una arandela de eje convencional. En la figura 12 podemos observar este rodamiento.

**Figura 12. Rodamiento de aguja de coronas axiales**

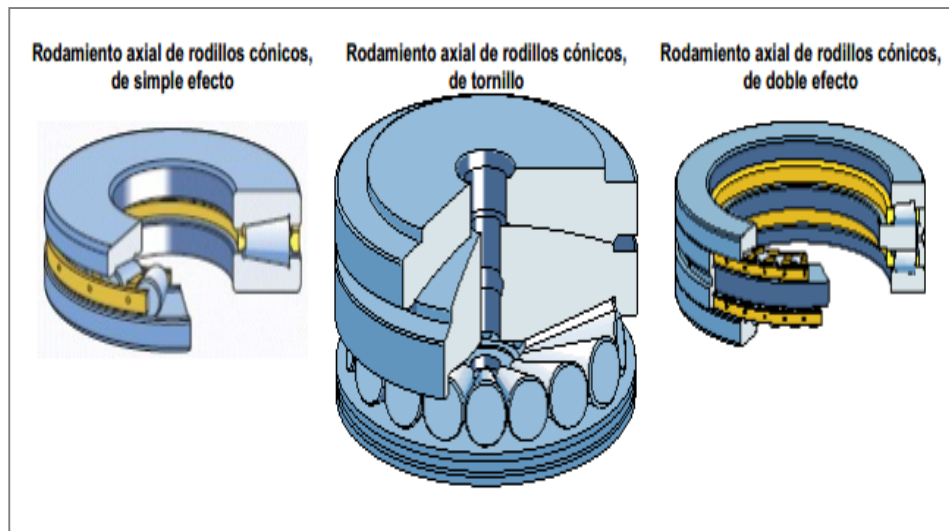


*Fuente. SKF. Rodamientos de agujas axiales. Disponible en internet: <http://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/roller-bearings/needle-roller-thrust-bearings/design-and-variants/index.html>*

- **Rodamientos axiales de rodillos cónicos.** Los rodamientos axiales de rodillos cónicos permiten disposiciones axiales de rodamientos rígidas, muy compactas, capaces de absorber cargas axiales muy elevadas y que son insensibles a las cargas de choque.

Existen rodamientos axiales de rodillos cónicos de simple efecto (figura 13. izquierda) y rodamientos axiales de rodillos cónicos de doble efecto (figura 13. derecha). Los rodamientos de tornillos (fig 13.centro) comprenden rodamientos llenos de rodillos cónicos, sin jaula, de simple efecto con un diseño especial. Se usan en las fábricas de laminación.

**Figura 13. Tipos de rodamientos axiales de rodillos cónicos**

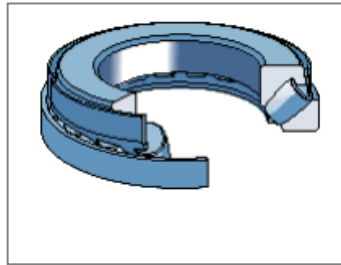


*Fuente.* SKF. Rodamientos axiales de rodillos cónicos. Disponible en internet:

<http://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/roller-bearings/tapered-roller-bearings/index.html>

- **Rodamientos axiales de rodillos a rótula.** El rodamiento axial de rodillos a rótula (figura 14) tiene una hilera de rodillos situados oblicuamente, Cada uno de los caminos de rodadura del aro interior está inclinado formando un ángulo con el eje del rodamiento (figura 15). Contrariamente a los otros rodamientos axiales, éste puede resistir también cargas radiales.

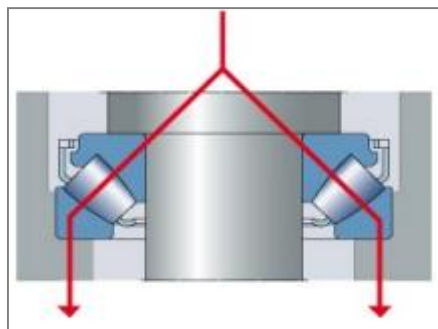
**Figura 14. Rodamientos axiales de rodillos a rótula**



Fuente. SKF. Rodamientos axiales de rodillos a rótula. Disponible en internet:

<http://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/roller-bearings/spherical-roller-thrust-bearings/basic-design/index.html>

**Figura 15. Ángulo formado entre los caminos de rodadura y el eje**



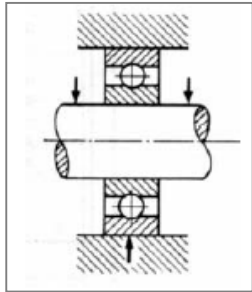
Fuente. SKF. Rodamientos axiales de rodillos a rótula. Disponible de internet:

<http://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/roller-bearings/spherical-roller-thrust-bearings/index.html>

#### 4.5.2.2 Clasificación Según la carga que soportan.

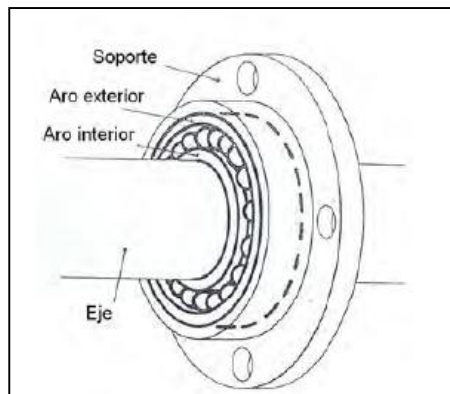
- **Rodamiento de carga radial.** Pueden soportar preferentemente cargas dirigidas en la dirección perpendicular al eje de rotación. En las figuras 16 y 17 se puede ver el montaje de este tipo de rodamientos.

**Figura 16. Rodamiento radial**



Fuente. *Rodamientos1.Archivo PDF.*

**Figura 17. Montaje de un rodamiento de contacto radial**

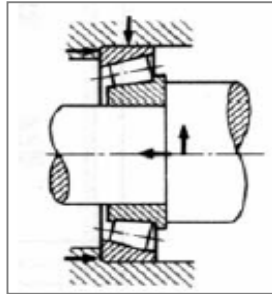


Fuente. *Tecnologías de fabricación y tecnologías de máquinas. Archivo PDF.*



- **Rodamiento de cargas mixtas.** Pueden soportar esfuerzos radiales, axiales o ambos. La figura 20 muestra un ejemplo claro de un rodamiento de carga combinada.

**Figura 20. Rodamiento de carga combinada**



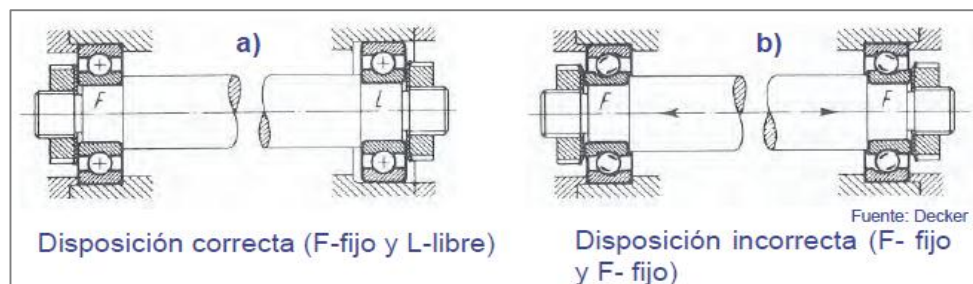
Fuente. *Rodamientos1.Archivo PDF.*

**4.5.3 Disposición general de los rodamientos.** En general los ejes se montan sólo con dos rodamientos, uno fijo y otro libre:

- El **rodamiento fijo** proporciona soporte radial y fijación axial en ambos sentidos.
- El **rodamiento libre** sólo soporta carga radial y debe desplazarse axialmente.

En la figura 21 se puede ver claramente una disposición correcta e incorrecta para el montaje de rodamientos.





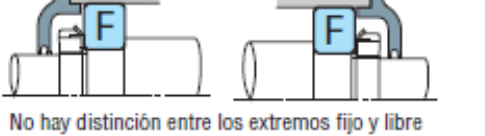
**Figura 21. Disposición general de los rodamientos**



Fuente. *TM lección 6. Archivo PDF.*

**4.5.3.1 Rodamientos de extremos fijo y de extremo libre.** De entre los rodamientos montados sobre un eje, sólo uno de ellos puede ser de extremo fijo. Para este rodamiento de extremo fijo, debe seleccionarse un tipo que pueda soportar tanto cargas radiales como axiales. El resto de los rodamientos deben ser de extremo libre y sólo deben soportar cargas radiales para mitigar la contracción y dilatación térmica del eje. En la figura 22 se puede ver las disposiciones posibles que pueden presentar el par de rodamientos.

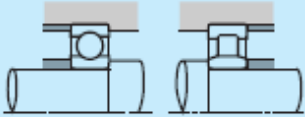
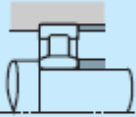
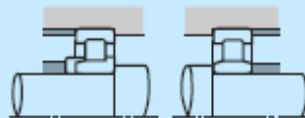
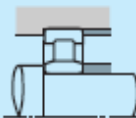
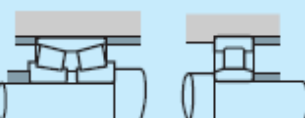
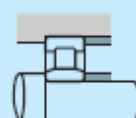

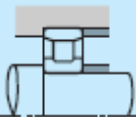
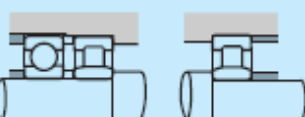
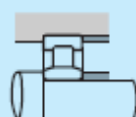
**Figura 22. Disposiciones de montajes y tipos de rodamientos**

 <p>Extremo fijo    Extremo libre (rodillo separable)</p>	<p><b>RODAMIENTO A</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rodamiento rígido de bolas de una hilera</li> <li>- Rodamiento de bolas de contacto angular emparejado</li> <li>- Rodamiento de bolas de contacto angular de hilera doble</li> <li>- Rodamiento de bolas autoalineantes</li> <li>- Rodamiento de rodillos cilíndricos con rebordes (tipos NH, NUP)</li> <li>- Rodamiento de rodillos cónicos de hilera doble</li> <li>- Rodamiento de rodillos esféricos</li> </ul>	<p><b>RODAMIENTO B</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rodamiento de rodillos cilíndricos (tipos NU, N)</li> <li>- Rodamiento de agujas (tipo NA, etc.)</li> </ul>
 <p>Extremo fijo    Extremo libre (rodillo no separable)</p>		<p><b>RODAMIENTO C(1)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rodamiento rígido de bolas de una hilera</li> <li>- Rodamiento de bolas de contacto angular emparejado (espalda contra espalda)</li> <li>- Rodamiento de bolas de contacto angular de hilera doble</li> <li>- Rodamiento de bolas autoalineantes</li> <li>- Rodamiento de rodillos cónicos de hilera doble (tipo KBE)</li> <li>- Rodamiento de rodillos esféricos</li> </ul>
 <p>No hay distinción entre los extremos fijo y libre</p>	<p><b>RODAMIENTO D,E(2)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rodamiento de bolas de contacto angular</li> <li>- Rodamiento de rodillos cónicos</li> <li>- Rodamiento para magnetos</li> <li>- Rodamiento de rodillos cilíndricos (tipos NJ, NF)</li> </ul>	<p><b>RODAMIENTO F</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rodamiento rígido de bolas de una hilera</li> <li>- Rodamiento de bolas autoalineantes</li> <li>- Rodamiento de rodillos esféricos</li> </ul>
 <p>No hay distinción entre los extremos fijo y libre</p>		<p><b>Notas:</b></p> <p>(1) En la figura, la contracción y dilatación del eje se mitigan en la superficie exterior del anillo exterior, pero algunas veces se hace en el diámetro interior.</p> <p>(2) Para cada tipo, se utilizan dos rodamientos contrapuestos.</p>
 <p>No hay distinción entre los extremos fijo y libre</p>		

Fuente. Catálogo NSK. Selección de la disposición de rodamientos. Capítulo 4. Archivo PDF.

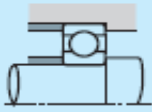
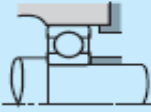
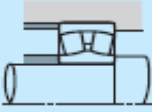
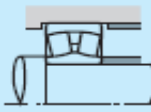
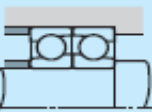
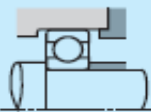
En La tabla 1 se muestra las disposiciones más utilizadas en los montajes de rodamientos, las características que presentan dicha disposición y las aplicaciones más comunes.

**Tabla 1. Disposiciones representativas de montaje de los rodamientos y ejemplos de aplicación**

Disposiciones del rodamiento		Observaciones	Ejemplos de aplicación
Extremo fijo	Extremo libre		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Esta es una disposición típica, en la que no se aplican cargas anormales a los rodamientos aunque el eje se dilate o contraiga.</li> <li>○ Si el error de montaje es pequeño, resulta aconsejable para velocidades altas.</li> </ul>	Motores eléctricos de tamaño mediano, ventiladores
		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Esta disposición permite soportar cargas elevadas y de choque, así como también alguna carga axial.</li> <li>○ Cada tipo de rodamiento de rodillos cilíndricos es separable. Resulta útil cuando es necesaria una interferencia para los anillos interior y exterior.</li> </ul>	Motores de tracción para material rodante
		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Esta disposición se utiliza cuando las cargas son relativamente elevadas.</li> <li>○ Para obtener la máxima rigidez del rodamiento de extremo fijo se utiliza una disposición del tipo espalda contra espalda.</li> <li>○ Tanto el eje como el alojamiento deben tener una alta precisión, y el error de montaje debe ser pequeño.</li> </ul>	Rodillos de mesa para acerías, husillos principales de los tornos
		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Resulta adecuado cuando es necesaria una interferencia para los anillos interior y exterior. No pueden aplicarse cargas axiales elevadas.</li> </ul>	Rodillos para fabricación de papel satinado, ejes de locomotoras diesel
		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Recomendable para velocidades altas y cargas radiales elevadas. También pueden aplicarse cargas axiales moderadas.</li> <li>○ Es necesario dejar algo de juego entre el anillo exterior del rodamiento rígido de bolas de una hilera y el diámetro interior del alojamiento, para evitar someterlo a cargas radiales.</li> </ul>	Engranajes reductores de las locomotoras diesel

Fuente. Catálogo NSK. Selección de la disposición de rodamientos. Capítulo 4. Archivo PDF.

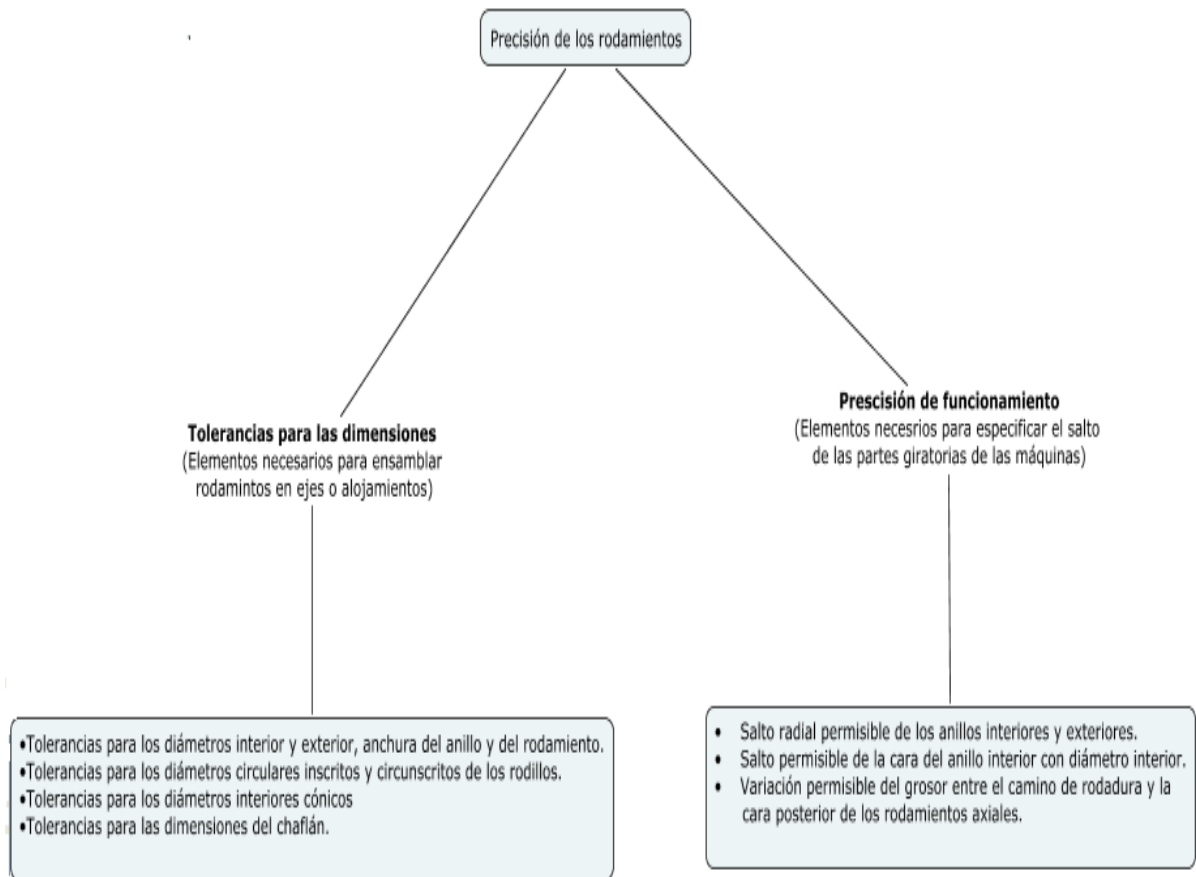
**Tabla 1. (Continuación)....**

Disposiciones del rodamiento		Observaciones	Ejemplos de aplicación
Extremo fijo	Extremo libre		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Esta es la distribución más habitual.</li> <li>○ Puede soportar no sólo cargas radiales, sino también cargas axiales moderadas.</li> </ul>	Bombas de voluta de doble succión, transmisiones de automóviles
		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Esta distribución es la más adecuada cuando existe un error de montaje o desviaciones del eje.</li> <li>○ Se utiliza a menudo para aplicaciones generales e industriales donde se aplican cargas elevadas.</li> </ul>	Reductores de velocidad, rodillos de mesa para acerías, ruedas para puentes grúa aéreos
		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Recomendable cuando existen cargas axiales bastante elevadas en ambas direcciones.</li> <li>○ Pueden utilizarse rodamientos de contacto angular de hilera doble en vez de una disposición de dos rodamientos de bolas de contacto angular.</li> </ul>	Reductores de transmisiones por tornillo sin fin

Fuente. Catálogo NSK. Selección de la disposición de rodamientos .Capítulo 4. Archivo PDF.

**4.5.4 Tolerancia en los rodamientos.** Las tolerancias para las dimensiones geométricas y la precisión de funcionamiento de los rodamientos vienen especificadas por la norma ISO 492/199/582. Se especifican tolerancias para los siguientes elementos:

**Figura 23. Especificaciones de tolerancias en rodamientos**



**4.5.4.1 Clases de tolerancias iso/abma/jis.** Las limitaciones de errores permisibles para las tres áreas de precisión de los rodamientos han sido estandarizadas internacionalmente durante muchos años como clases de tolerancias. Cada clase de tolerancia especifica un grupo de límites para todas las medidas de precisión (que varían en proporción al tamaño del rodamiento). En la siguiente tabla, se comparan los

estándares más reconocidos (tenga en cuenta que cada columna representa un conjunto de clases equivalentes). En el caso de las normas ISO, JIS y DIN, los rodamientos con precisión estándar se clasifican como de clase 0. A esto luego le sigue la clase 6. A partir de allí, los números de clases decrecientes denotan una precisión que mejora progresivamente. Los rodamientos de rodillos cónicos ABMA o de series en pulgadas cumplen un sistema de clases de tolerancias único, pero similar. La tabla 2 muestra varios tipos de rodamientos y su respectiva tolerancia.

**Tabla 2. Tipos de rodamientos y clases de tolerancias**

Tipos de Rodamientos		Clases de Tolerancia Aplicables					Tablas Aplicables	Páginas de Referencia	
Rodamientos de Bolas de Ranura Profunda		Normal	Clase 6	Clase 5	Clase 4	Clase 2	Tabla 8.2	A60 ~A63	
Rodamientos de Bolas de Contacto Angular		Normal	Clase 6	Clase 5	Clase 4	Clase 2			
Rodamientos de Bolas Autoalineantes		Normal	Clase 6 equivalente	Clase 5 equivalente	—	—			
Rodamientos Cilíndricos		Normal	Clase 6	Clase 5	Clase 4	Clase 2			
Rodamientos de Agujas (tipo sólido)		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	—	Tabla 8.3	A64 ~A67	
	Diseño en Pulgadas	ANSI/ABMA CLASE 4	ANSI/ABMA CLASE 2	ANSI/ABMA CLASE 3	ANSI/ABMA CLASE 0	ANSI/ABMA CLASE 00	Tabla 8.4	A68 ~A69	
Rodamientos para Magnetos		Normal	Clase 6	Clase 5	—	—	Tabla 8.5	A70 ~A71	
Rodamientos de Bolas de Empuje Axial		Normal	Clase 6	Clase 5	Clase 4	—	Tabla 8.4	A72 ~A74	
Rodamientos Esféricos de Empuje		Normal	—	—	—	—	Tabla 8.7	A75	
Estándares equivalentes (Referencia)	JIS <sup>(1)</sup>		Clase 0	Clase 6	Clase 5	Clase 4	Clase 2	—	—
	DIN <sup>(2)</sup>		P0	P6	P5	P4	P2	—	—
	ANSI/ABMA <sup>(3)</sup>	Rodamientos de Bolas	ABEC 1	ABEC 3	ABEC 5 (CLASE 5P)	ABEC 7 (CLASE 7P)	ABEC 9 (CLASE 9P)	Tabla 8.2 Tabla [ 8.8 ]	
		Rodamientos de Rodillos	RBEC 3	RBEC 3	RBEC 5	—	—		
	Rodamientos de Rodillos cónicos	CLASE 4	CLASE 2	CLASE 3	CLASE 0	CLASE 00	Tabla [ 8.4 ]		
<b>Notas</b>		<sup>(1)</sup> JIS : "Japanese Industrial Standards" (Estándares Industriales Japoneses), <sup>(2)</sup> DIN : Deutsch Industrie Norm (Normativa Industrial Alemana), <sup>(3)</sup> ANSI/ABMA : "The American Bearing Manufacturers Association" (Asociación Americana de Fabricantes de Rodamientos)							
<b>Observaciones</b>		El límite permisible de las dimensiones del chaflán están en la Tabla 8.9 (Página A78), y las tolerancias y diámetros permisibles del anillo interior cónico están en la Tabla 8.10 (Página A80).							

Fuente. Catálogo NSK. Tolerancia de los rodamientos. Capítulo 8. Archivo PDF.

Las tablas aplicables se encuentran disponibles en el capítulo 8 del catálogo NSK. Un ejemplo claro de las tablas que se pueden encontrar es la tabla 3.

**Tabla 3. Tolerancias para los rodamientos radiales**

Diámetro Interior Nominal $d$ (mm)		$\Delta_{dmp}^{(2)}$										$\Delta_{ds}^{(2)}$			
		Normal		Clase 6		Clase 5		Clase 4		Clase 2		Clase 4		Clase 2	
		alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja	alta	baja
0.6 <sup>(1)</sup>	2.5	0	-8	0	-7	0	-5	0	-4	0	-2.5	0	-4	0	-2.5
2.5	10	0	-8	0	-7	0	-5	0	-4	0	-2.5	0	-4	0	-2.5
10	18	0	-8	0	-7	0	-5	0	-4	0	-2.5	0	-4	0	-2.5
18	30	0	-10	0	-8	0	-6	0	-5	0	-2.5	0	-5	0	-2.5
30	50	0	-12	0	-10	0	-8	0	-6	0	-2.5	0	-6	0	-2.5
50	80	0	-15	0	-12	0	-9	0	-7	0	-4	0	-7	0	-4
80	120	0	-20	0	-15	0	-10	0	-8	0	-5	0	-8	0	-5
120	150	0	-25	0	-18	0	-13	0	-10	0	-7	0	-10	0	-7
150	180	0	-25	0	-18	0	-13	0	-10	0	-7	0	-10	0	-7
180	250	0	-30	0	-22	0	-15	0	-12	0	-8	0	-12	0	-8
250	315	0	-35	0	-25	0	-18	-	-	-	-	-	-	-	-
315	400	0	-40	0	-30	0	-23	-	-	-	-	-	-	-	-
400	500	0	-45	0	-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
500	630	0	-50	0	-40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
630	800	0	-75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
800	1 000	0	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 000	1 250	0	-125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 250	1 600	0	-160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 600	2 000	0	-200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-


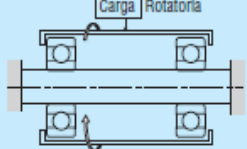
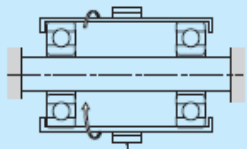
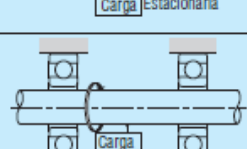
Fuente. Catálogo NSK. Tolerancia de los rodamientos. Capítulo 8. Archivo PDF.

**4.5.4.2 Ajustes de los rodamientos.** En caso de que un rodamiento esté ensamblado en el eje solo con interferencia ligera, se podrían producir deslizamientos circunferenciales muy agresivos entre las superficies del anillo interno y del eje. Este deslizamiento del anillo interior, denominado “creep” da como resultado un desplazamiento circunferencial del anillo en relación con eje si el ajuste de la interferencia no es lo suficientemente adecuado.

Es importante evitar el creep, por lo tanto a veces los ajustes se realizan sin ninguna interferencia para los anillos interior o exterior, para acomodarse a ciertas condiciones de

funcionamiento o para facilitar el montaje o desmontaje. El ajuste correcto puede seleccionarse a partir de la tabla 4.

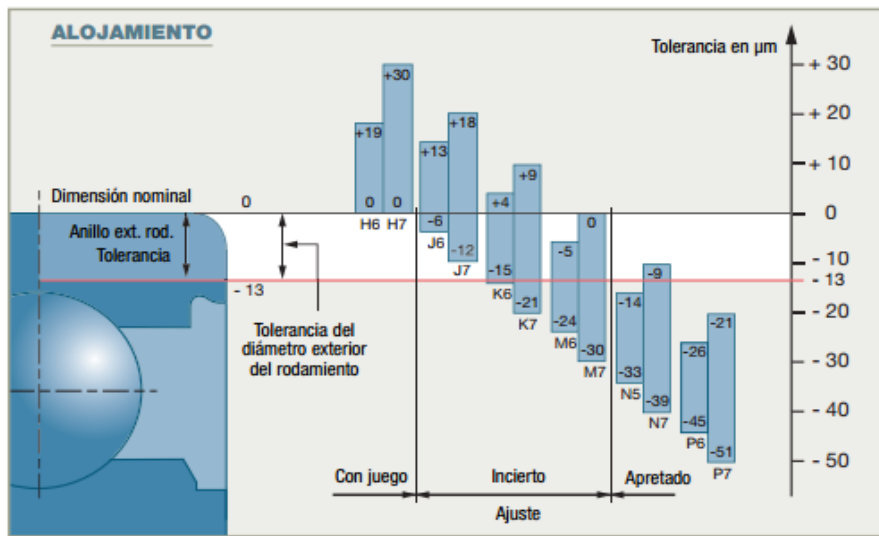
**Tabla 4. Condiciones de carga y ajuste para rodamientos**

Aplicación de carga	Funcionamiento del Rodamiento		Condiciones de carga	Ajuste	
	Anillo Interior	Anillo Exterior		Anillo Interior	Anillo Exterior
 Carga Estacionaria	Giratorio	Estacionario	Carga del Anillo Interior Giratorio	Ajuste Apretado	Ajuste Holgado
 Carga Rotatoria	Estacionario	Giratorio	Carga del Anillo Exterior Estacionario		
 Carga Estacionaria	Estacionario	Giratorio	Carga del Anillo Exterior Giratorio	Ajuste Holgado	Ajuste Apretado
 Carga Rotatoria	Giratorio	Estacionario	Carga del Anillo Interior Estacionario		
Dirección de carga indeterminada debido a la variación de la dirección o a una carga desequilibrada	Giratorio o Estacionario	Giratorio o Estacionario	Dirección de Carga Indeterminada	Ajuste Apretado	Ajuste Apretado

Fuente. Catálogo NSK. Ajustes de los rodamientos. Capítulo 8. Archivo PDF.

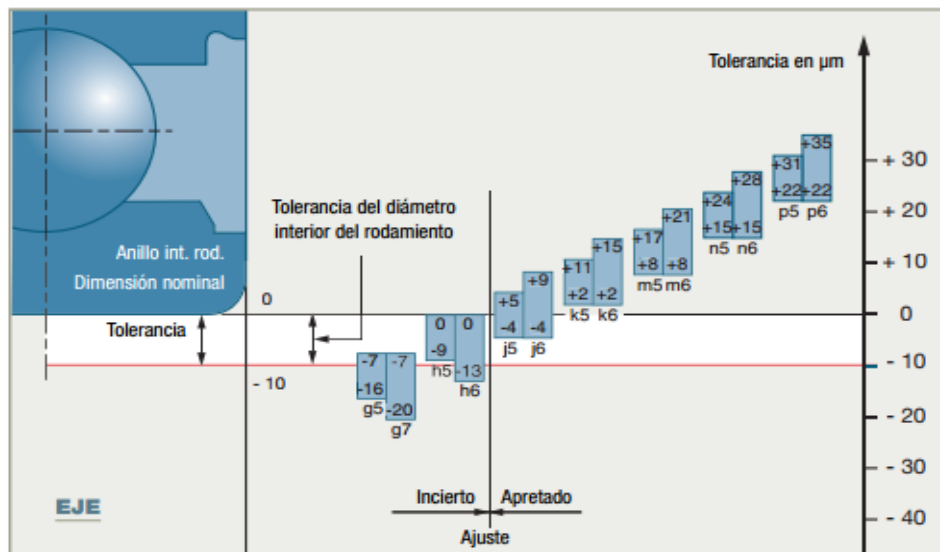
Las figuras 24 y 25 muestran de manera gráfica los ajustes más comunes empleados en el montaje de rodamientos.

Figura 24. Ajuste rodamiento/alojamiento



Fuente. Fijación y juegos de los rodamientos. Disponible en internet: <http://www.transmisionesgranada.com>

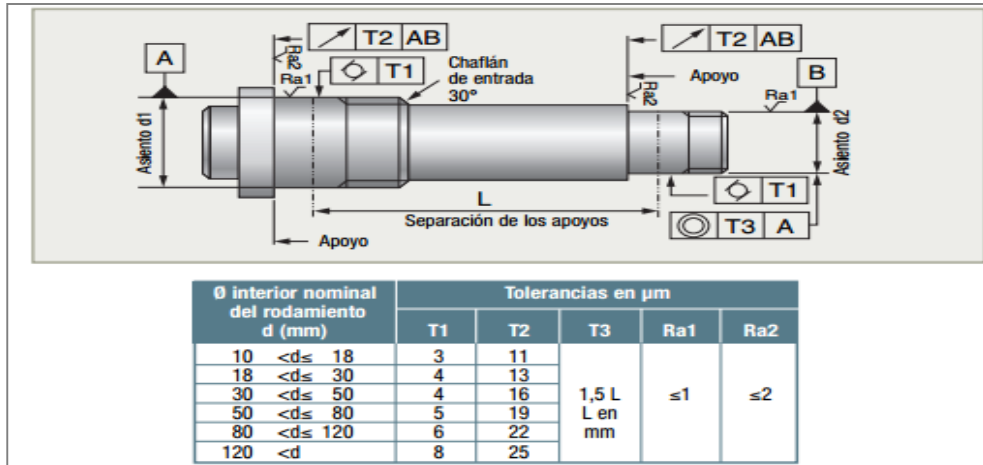
Figura 25. Ajuste eje/rodamiento



Fuente. Fijación y juegos de los rodamientos. Disponible en internet: <http://www.transmisionesgranada.com>

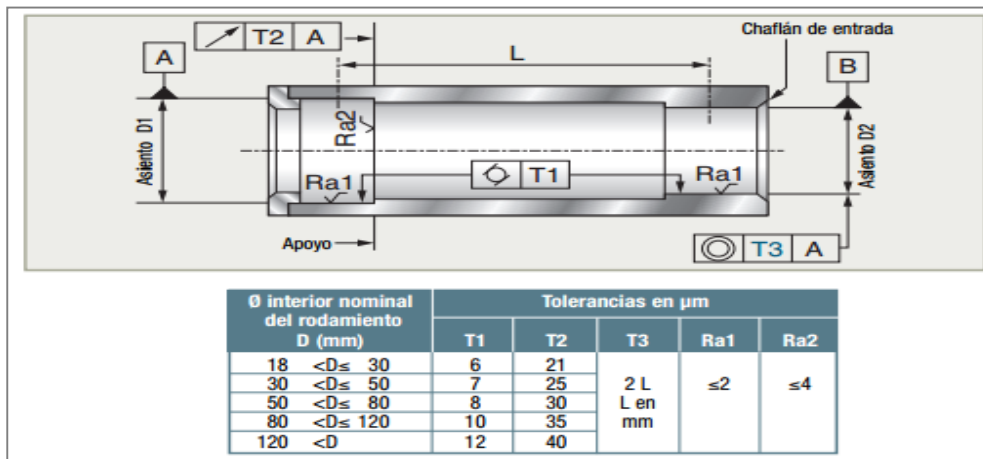
**4.5.4.3 Asientos de los rodamientos.** En las siguientes figuras se podrán ver las Tolerancias y estados de superficie de los asientos de los ejes y alojamientos, necesarios para el buen montaje del rodamiento.

**Figura 26. Tolerancia y estado de superficie del eje**



Fuente. Fijación y juegos de los rodamientos. Disponible en internet. <http://www.transmisionesgranada.com>.

**Figura 27. Tolerancia y estado de superficie del alojamiento**



Fuente. Fijación y juegos de los rodamientos. Disponible en internet. <http://www.transmisionesgranada.com>.

**4.5.5 cojinetes de deslizamiento.** El cojinete de deslizamiento es uno de los dos tipos de cojinete usado en ingeniería. En un cojinete de deslizamiento dos casquillos tienen un movimiento en contacto directo, realizándose un deslizamiento por fricción, con el fin de que esta sea la menor posible. La reducción del rozamiento se realiza según la selección de materiales y lubricantes. Los lubricantes tienen la función de crear una película deslizante que separe los dos materiales o evite el contacto directo. Como material de los casquillos se suele emplear el metal Babbitt.

Al tocarse las dos partes, que es uno de los casos de uso más solicitados de los cojinetes de deslizamiento, el desgaste en las superficies de contacto limita la vida útil. La resistencia al deslizamiento provoca la conversión de parte de la energía cinética en calor, que desemboca en las partes que sostienen los casquillos del cojinete.

Tienen la ventaja de su marcha tranquila y silenciosa y que pueden construirse partidos en dos, haciendo posible un montaje y desmontaje radial. Tienen el inconveniente de que no son indicados en los casos en que se deseen elevado número de revoluciones, a no ser que la carga que gravita sobre ellos sea mínima.

En resumen los cojinetes de fricción Principalmente se utilizan:

- Cuando es primordial un funcionamiento silencioso.
- Cuando en el funcionamiento de la máquina se producen grandes sacudidas y vibraciones (Ejemplo: prensas mecánicas).
- Cuando se requieren cojinetes partidos (Ejemplo: en los árboles acodados de un motor de combustión interna y de un compresor alternativo).
- En árboles que rotan a altas revoluciones, en los cuales se puede conseguir la lubricación hidrodinámica (Ejemplo: motor de combustión interna, árboles de turbinas de vapor).

**4.5.5.1 Clasificación.** Los cojinetes de fricción se pueden clasificar según la carga que soporta, según la forma, según su estructura, según el tipo de lubricación y según el tipo de fricción que presente.

❖ **Clasificación según su forma.**

- **Cojinetes cilíndricos fijos.** Se compone de una sola pieza de revolución, denominada casquillo. Se emplea cuando el cojinete no está sometido a grandes desgastes. El problema viene a raíz de que no admite corrección en el diámetro interior una vez sufre los efectos del desgaste y no se puede emplear para gorriones intermedios por la imposibilidad de montaje. Estos cojinetes se montan a presión en su correspondiente montaje. En la figura 28 se puede ver un ejemplo de estos cojinetes.

**Figura 28. Cojinete cilíndrico fijo**



Fuente. Cojinetes y rodamientos. Disponible en internet:<http://rodamientos.wordpress.com/cojinetes/cojinetesdefriccion/>

- **Cojinetes cilíndricos partidos.** Este cojinete está constituido por dos mitades cuya superficie común de contacto coincide con un plano diametral para facilitar el montaje aún en el caso de gorriones intermedios. Permite el montaje de ejes y árboles con el resto de órganos montados sobre ellos debido a su aplicación de las dos mitades. Se utilizan principalmente en las bielas de los motores. La figura 29 corresponde a este tipo de cojinete.

**Figura 29. Cojinete cilíndrico partido**



Fuente. *Cojinetes y rodamientos*. Disponible en internet: <http://rodamientos.wordpress.com/cojinetes/cojinetesdefriccion/>

- **Cojinetes cilíndricos ajustables.** Se emplea en aquellos montajes que tengan que garantizar un juego entre el árbol y el cojinete. El cojinete exteriormente es cónico como se puede ver en la figura 30, y a medida que se introduce en el agujero cónico de su soporte irá reduciendo el diámetro interior gracias al ranurado longitudinal que lleva. Tiene la ventaja de que se pueden corregir holguras producidas por el desgaste.

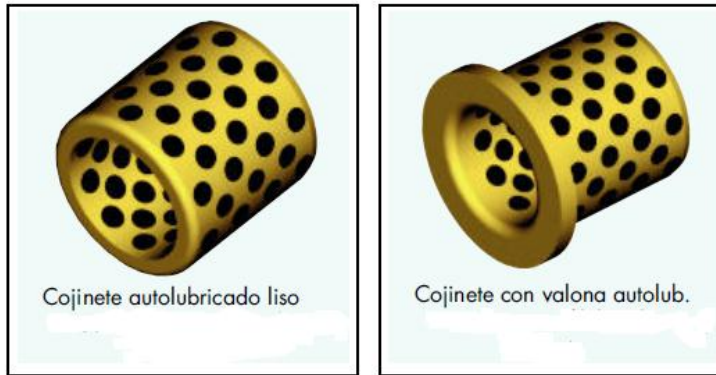
**Figura 30. Cojinete cilíndrico ajustable**



Fuente. *Cojinetes y rodamientos*. Disponible en internet: <http://rodamientos.wordpress.com/cojinetes/cojinetesdefriccion/>

- **Cojinetes autolubricados.** Los casquillos autolubricados presentan superficies con grafito sólido insertado en bronce al aluminio. Constituyen un gran ahorro de energía y disminuye el desgaste de las piezas en contacto. La autolubricación permite que este tipo de cojinete de deslizamiento funcione en régimen hidrodinámico, dando como resultado un coeficiente de fricción muy bajo. La figura 31 muestra dos ejemplares de estos rodamientos.

**Figura 31. Tipos de cojinetes autolubricados**



Fuente. Casquillos autolubricados. Archivo PDF.

❖ **Clasificación según el tipo de fricción.**

- **Cojinetes de fricción seca.** En los rodamientos con fricción seca se utilizan materiales de baja fricción y combinaciones. Son cojinetes que no requieren lubricación por estar fabricados con materiales muy blandos que reducen mucho el coeficiente de fricción. Estos cojinetes se utilizan en equipos oil free en los que no puede utilizarse lubricante. El material más utilizado para la fabricación de estos cojinetes es el Teflón. En la figura 32 se observa este cojinete.

**Figura 32. Cojinete de fricción seca con fibras multiláminas**



Fuente: SKF. Cojinetes de deslizamiento en seco. Disponible en internet:

<http://www.skf.com/es/products/bearings-units-housings/spherical-plain-bearings-bushings-rod-ends/composite-dry-sliding-bearings-fw-bushings/index.html>

- **Cojinetes de fricción líquida.** En estos cojinetes las dos superficies se separan por la interposición permanente de una película de lubricante de forma que no se toquen los dos cuerpos con movimiento relativo en ningún punto. La película lubricante debe estar a presión para separar las superficies de contacto. En los cojinetes hidrostáticos se dispone de alguna bomba de aceite (por ejemplo en motores de combustión interna), en los cojinetes hidrodinámicos la presión de la película del aceite de lubricación entre las dos superficies en contacto entre sí, se autogenera por su movimiento.

Estos cojinetes se utilizan cuando se requiere baja de pérdida de energía y durabilidad.

**Figura 33. Cojinetes de fricción líquida**



Fuente. Cojinetes de fricción líquida. Disponible en internet: <http://poltava.all.biz/es/cojinetes-de-friccin-liquida-g560578>

- **Cojinetes de fricción mixta.** En los cojinetes lubricados se produce fricción mixta. En estos cojinetes la película del lubricante no impide totalmente el contacto entre rugosidades, produciéndose este en algunas zonas. La carga es soportada en parte por el contacto sólido-sólido y en otras por el lubricante, siendo esta imperfecta.

**Figura 34. Cojinete de fricción mixta**



Fuente. Wikipedia. Cojinete de deslizamiento. Disponible en internet:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Cojinete\\_de\\_deslizamiento](http://es.wikipedia.org/wiki/Cojinete_de_deslizamiento)

❖ **Clasificación según el tipo de lubricación.**

- **Cojinetes hidrostáticos de película fluida.** La lubricación hidrostática se obtiene introduciendo el lubricante con una bomba externa en el área de soporte de la carga a presión suficientemente grande como para separar las superficies deslizantes entre sí con una capa de lubricante suficientemente gruesa como para impedir el contacto de metal contra metal. Es el caso de los cojinetes del cigüeñal de los motores (ver figura 36). Este tipo de lubricación se utiliza para diseños en los que las velocidades relativas son pequeñas o nulas.

Estos cojinetes aseguran que la película de lubricante esté formada permanentemente, incluso en los periodos de arranque. Sus desventajas principales son que el fallo en el suministro de lubricante pone en peligro a la instalación y que son de costo elevado.

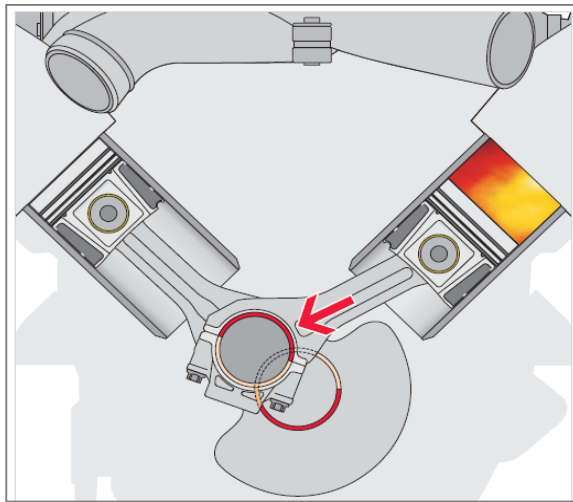
Se han hecho flotar con éxito grandes estructuras sobre cojinetes de tipo hidrostático. Por ejemplo, el telescopio Hale de 200 [pulgadas] de Monte Palomar pesa unas 450[ton], no obstante, el coeficiente de fricción de sistema completo de soporte, debido al cojinete de tipo hidrostático, es inferior a 0,000004. En la figura 35 se puede ver este tipo de cojinete de fricción.

**Figura 35. Cojinete hidrostático**



Fuente. Direct insduty. Disponible en internet: [www.directindustry.es](http://www.directindustry.es)

**Figura 36. Aplicación de los cojinetes hidrostáticos**



Fuente. Fundamentos cojinetes. Archivo PDF.

- **Cojinetes hidrodinámicos de película fluida.** En los cojinetes hidrodinámicos de película completa la carga sobre el cojinete se apoya sobre una película continua de lubricante, casi siempre aceite, por tanto no existe contacto entre el cojinete y el muñón que gira. Es necesario señalar que la lubricación en el límite y la lubricación de película mixta anteceden al establecimiento de lubricación hidrodinámica.

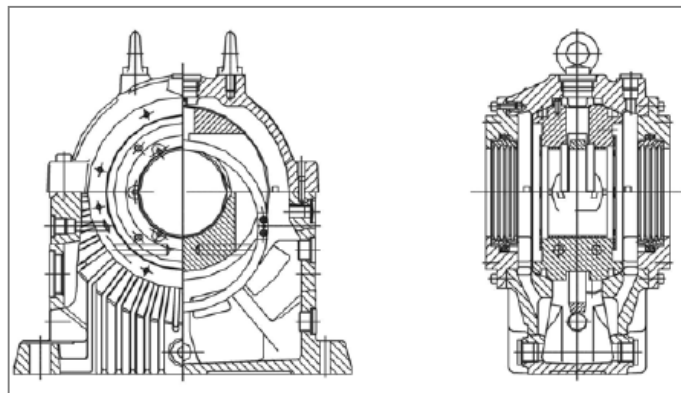
Los cojinetes de deslizamiento hidrodinámicos son apropiados para un funcionamiento permanente sin desgaste, diámetros grandes, regímenes de revoluciones elevados así como cargas elevadas y bruscas. Normalmente se construyen en dos piezas. El calor que se origina por fricción durante el funcionamiento tiene que ser evacuado por el lubricante. Un ejemplo de este tipo de cojinetes son los autolubricados. En la figura 37 se puede ver un ejemplo de estos cojinetes.

**Figura 37. Cojinete hidrodinámico**



*Fuente. Pulse dynamics. Disponible en internet: [www.pulsedynamics.com](http://www.pulsedynamics.com)*

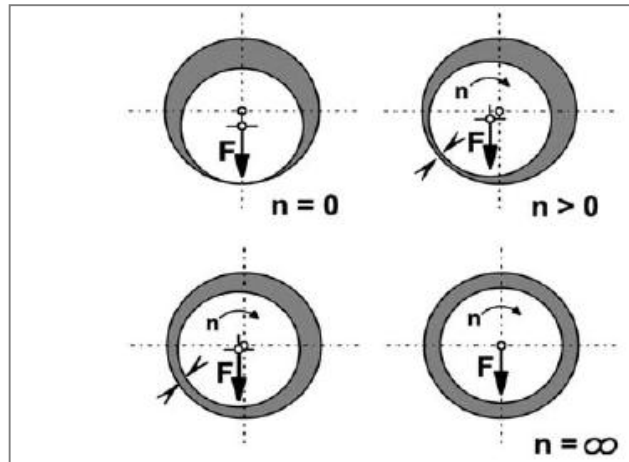
**Figura 38. Dibujo en sección de un cojinete hidrodinámico**



*Fuente. Kit de montaje cojinetes. Archivo PDF.*

A continuación se muestra en la figura 39 la formación de la película de aceite con el aumento de la velocidad para un cojinete hidrodinámico.

**Figura 39. Funcionamiento de un cojinete hidrodinámico**

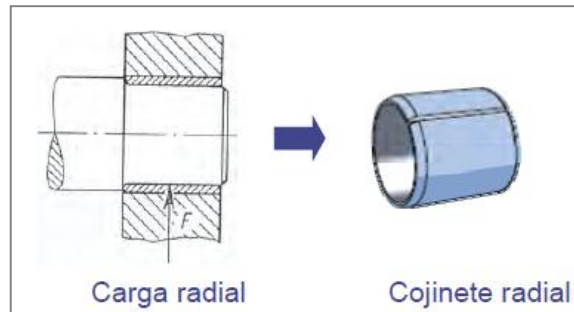


Fuente. Kit de montaje de cojinetes. Archivo PDF.

❖ **Clasificación según la carga que soportan.**

- **Cojinete radial.** Adecuados para movimientos giratorios y oscilantes bajo una carga radial y un funcionamiento libre de mantenimiento en un espacio limitado. No necesitan lubricación. Por lo general estos cojinetes son de fricción seca. La figura 40 muestra una representación de estos.

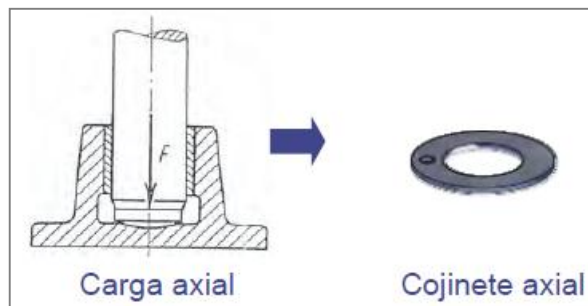
**Figura 40. Cojinete de deslizamiento radial**



Fuente. TM lección 6. Archivo PDF.

- **Cojinete axial.** Son Arandelas axiales de material compuesto de PTFE ó Politetrafluoroetileno (figura 41). Adecuadas para el ahorro de espacio, fijación axial y un funcionamiento libre de mantenimiento. No necesitan lubricación.

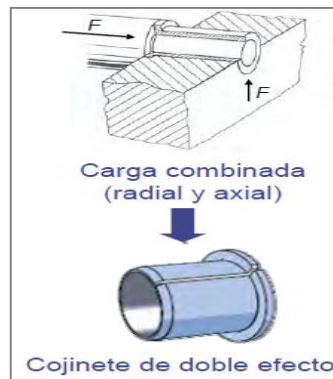
**Figura 41. Cojinete de deslizamiento axial.**



Fuente. TM lección 6. Archivo PDF.

- **Cojinete mixto.** Estos cojinetes se caracterizan por soportar tanto cargas axiales como radiales. En la figura 42 se puede ver cómo actúan las cargas sobre un cojinete de doble efecto.

**Figura 42. Cojinete de doble efecto.**



Fuente. TM lección 6. Archivo PDF.

❖ **Clasificación según su estructura.**

- **Cojinetes con valona.** Se caracterizan por tener un aumento de diámetro en uno de sus extremos. Esto es con el fin de que pueda soportar cargas combinadas (axiales y radiales).

**Figura 43. Cojinete con valona.**



Fuente. TM lección 6. Archivo PDF.

- **Cojinete sin valona.** Como su nombre lo indica, son aquellos con no presentan un aumento de diámetro en uno de sus bordes. Debido a esto solo pueden soportar cargas radiales. La figura 44 muestra un ejemplo de este rodamiento.

**Figura 44. Cojinete sin valona.**



*Fuente. TM lección 6. Archivo PDF.*

## 5. METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS

En la realización de estas prácticas de laboratorio se busca además de brindar una herramienta pedagógica necesaria en la escuela, diseñar la experiencia para que sea constructiva, de fácil y rápido entendimiento, se transmita la mayor cantidad de información posible, y se brinden las herramientas tanto físicas, como teóricas necesarias para el desarrollo de la misma.

Para elaborar la metodología se tuvo en cuenta, con algunas modificaciones, las recomendaciones hechas por los compañeros Mora Jaimes Hernán y Durán Martínez Álvaro<sup>1</sup> en su proyecto de grado para diseñar el laboratorio de Diseño gráfico. Básicamente lo que busca esta metodología es que en la práctica haya un muestrario variado, de fácil manipulación y una amplia gama y variedades de cojinetes. La figura 45 y 46 muestra los rodamientos inicialmente propuestos por los compañeros en su tesis de grado.

**Figura 45. Tabla de los rodamientos tipo A**

**PRACTICA # 7 RODAMIENTOS**  
Tabla 10. Kit de rodamientos

KIT DE RODAMIENTOS A	
CANTIDAD	DESCRIPCION DEL ELEMENTO
1	RODAMIENTOS DE BOLAS RADIAL Ref. 61808
1	RODAMIENTOS DE CILINDROS RADIAL Ref. N304 ECP
1	RODAMIENTOS CONICOS RADIAL Ref. 30205 J2/Q
1	RODAMIENTOS DE BOLAS AXIAL Ref. 51405
1	RODAMIENTOS DE CILINDROS AXIAL Ref. 81108
1	RODAMIENTOS DE AGUJAS AXIAL Ref. AXK 4060

*Fuente. DURÁN MRTÍNEZ, Álvaro Javier y MORA JAIMES, Hernán Darío. Diseño para el montaje y desarrollo de diseño gráfico, 2011.*

---

<sup>1</sup> Diseño para el montaje y desarrollo del laboratorio de diseño gráfico en la escuela de ingeniería mecánica de la Universidad Industrial de Santander. Trabajo de grado para ingeniero mecánico. Bucaramanga, Santander. UIS. Escuela de ingeniería mecánica, 2011.

**Figura 46. Tabla de los rodamientos tipo B**

<b>KIT DE RODAMIENTOS B</b>	
<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCION DEL ELEMENTO</b>
1	RODAMIENTOS DE BOLAS RADIAL Ref. 6407
1	RODAMIENTOS CONICOS RADIAL Ref. 32307 J2/Q
1	RODAMIENTOS DE AGUJAS RADIAL Ref. HK 3512
1	RODAMIENTOS DE BOLAS AXIAL Ref. 51106
1	RODAMIENTOS DE CILINDROS AXIAL Ref. 81106
1	RODAMIENTOS DE RODILLOS CONICOS AXIAL Ref. 29412
1	RODAMIENTOS DE AGUJAS AXIAL Ref. 51108

*Fuente. DURÁN MRTÍNEZ, Álvaro Javier y MORA JAIMES, Hernán Darío. Diseño para el montaje y desarrollo de diseño gráfico, 2011.*

En la metodología propuesta por los compañeros la práctica de rodamientos la dividieron en dos partes, como se puede observar en las imágenes, donde la parte A corresponde a rodamientos del mismo diámetro exterior y distinto elemento rodante y la parte B corresponde al mismo diámetro interior con distinto elemento rodante. Dicha propuesta aunque es acertada se utilizará solo para dos tipos de rodamientos ya que si se hace para toda la práctica esta se volvería muy dispendiosa y lo importante es abarcar la mayor cantidad de rodamientos en el menor tiempo posible.

Basado en las figuras anteriores correspondientes y considerando algunos aspectos, se escogieron los siguientes cojinetes para las prácticas de laboratorio:

Figura 47. Tabla de rodamientos disponibles para la práctica

tipos de rodamientos	imagen
radial de bolas 6301 radial de bolas 6304	
radial de rodillos N209	
radial de agujas NAO 20x35x17 radial de agujas NK 40/30 (RLM 4030)	
axial de bolas 51111	
axial de rodillos	
axial de agujas FNTA- 2035	
rodillos cónicos HR 30204 J rodillos cónicos 30210 JR	

**Figura 48. Tabla de cojinetes de deslizamiento disponibles para la práctica**

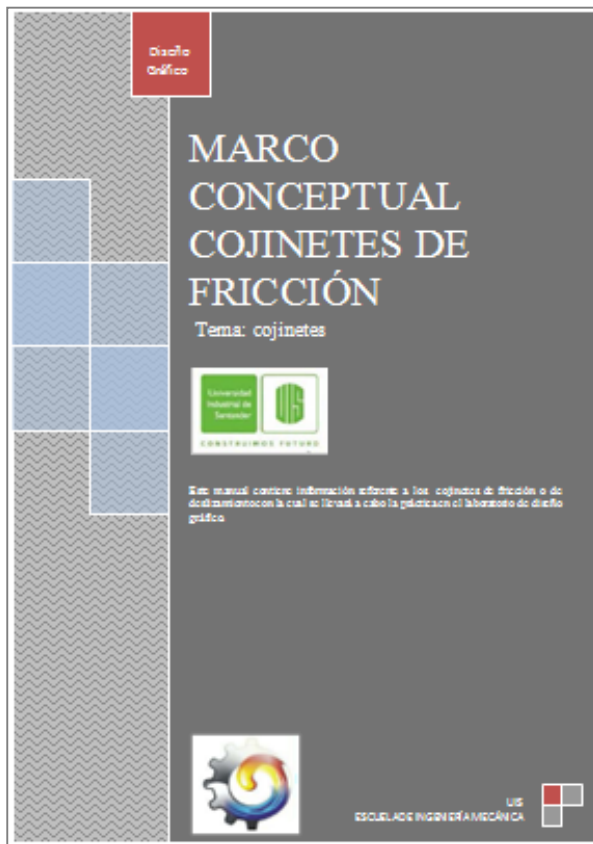
tipo de cojinete de deslizamiento	imagen
cilindrico fijo	
cilindrico partido	
autolubricado	
radial	
axial	
mixto	
fricción seca	

De acuerdo con lo anterior se diseñó y desarrolló un proceso que el estudiante deberá seguir al momento de ejecutar las prácticas. Este proceso está constituido de varios pasos los cuales se enumeraran como sigue:

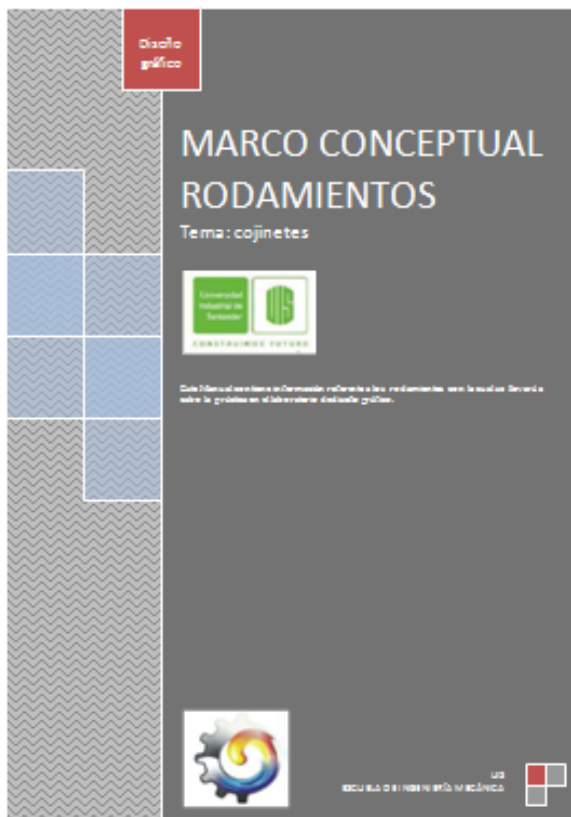
## 5.1 INDUCCIÓN

Aquí el estudiante encontrará una información representada en textos, videos, tablas, diagramas, la cual deberá leer con anterioridad al desarrollo de la práctica para sentar unas bases las cuales garanticen el buen desarrollo de la misma. Esta información estará constituida por un pequeño marco teórico acerca de los elementos a tratar, es decir tipos de rodamientos y cojinetes de deslizamiento; normatividad; ejemplos; procedimiento para seleccionarlos e instrumentos a utilizar en la práctica. La base del documento serán los marcos teóricos mostrado en los anexos (ver anexo A y anexo C).

**Figura 49. Marco conceptual Cojinetes de deslizamiento**



**Figura 50. Marco conceptual rodamientos**



## **5.2 PRUEBA DE CONOCIMIENTO REQUERIDO**

En esta parte se procederá a realizar un pequeño quiz el cual conste de preguntas sobre la información dada en la etapa de inducción. Esta fase solo se utilizaría con la práctica de rodamientos, ya que para la práctica de cojinetes se cuenta con una serie de preguntas en la plantilla de informe que hacen las veces de quiz. Por tanto se recomienda que la primera práctica a desarrollar sea la de rodamientos.

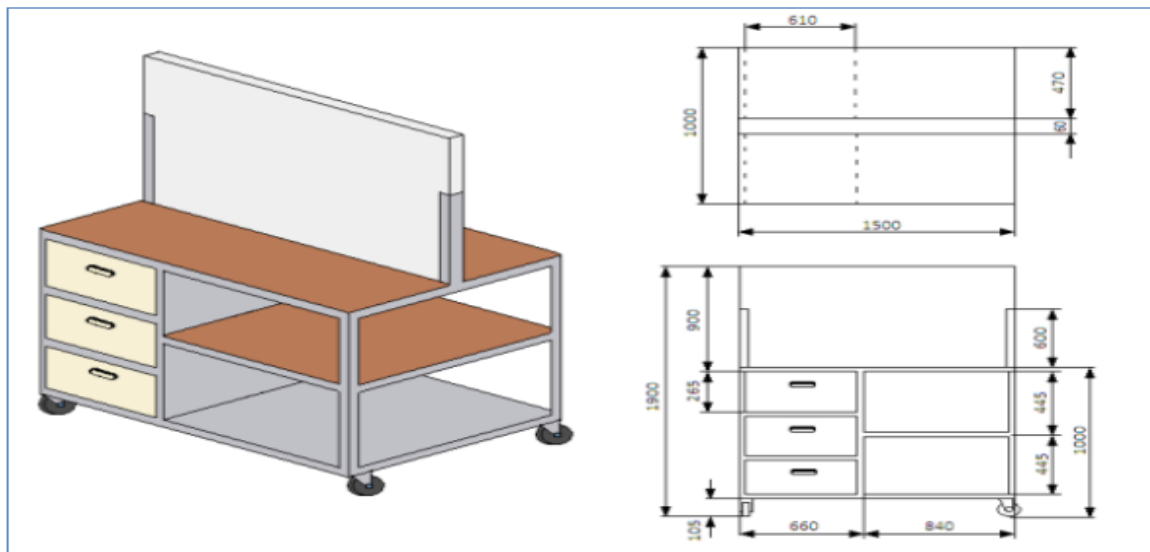
### 5.3 RECONOCIMIENTO

Es la etapa en la cual el estudiante tiene el primer contacto real con la práctica, está constituida por:

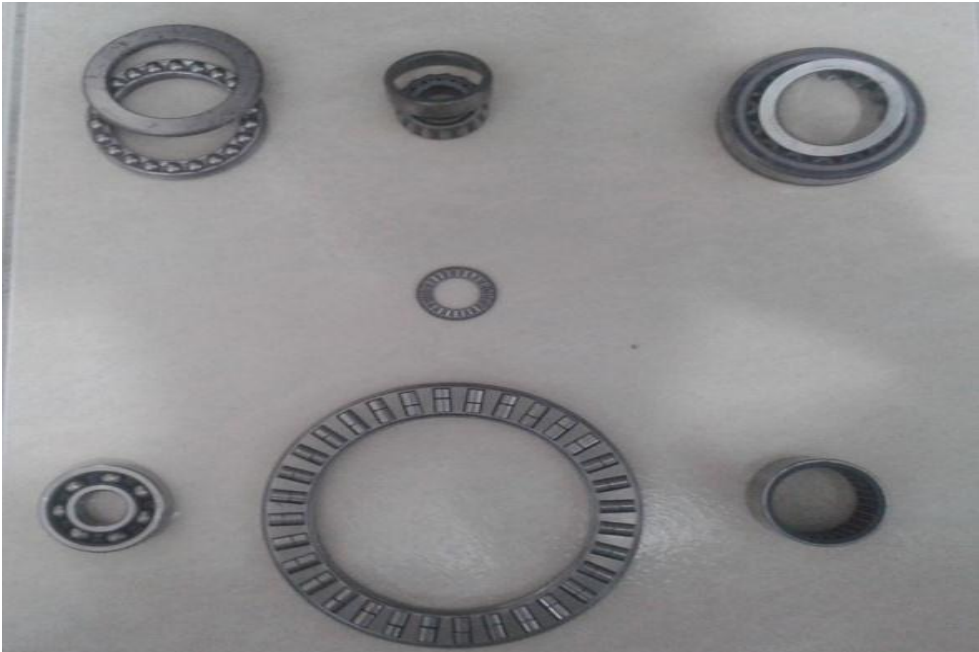
**5.3.1 Reconocimiento del banco.** En la mesa de trabajo o banco el estudiante además de los elementos a utilizar encontrará diversas imágenes ilustrativas de ejemplos como tipos de representación, principales tipos y fórmulas para calcular la vida útil de un rodamiento, esto servirá como apoyo para los estudiantes en la realización de las diferentes actividades.

Cabe aclarar que el diseño de este panel estará basado en el prototipo ya construido por los compañeros ALVARO JAVIER DURAN MARTINEZ y HERNAN DARIO MORA JAIMES en donde se ha tenido en cuenta la ergonomía y materiales óptimos para su desempeño, buscando así la homogenización del laboratorio. La figura 51 muestra el diseño del banco donde se realizaran las prácticas.

**Figura 51. Banco prototipo para realizar las prácticas**



**Figura 52. Algunos rodamientos para realizar la práctica**



**Figura 53. Algunos cojinetes de deslizamiento para realizar la práctica**



**Figura 54. Catálogos y fórmulas para el desarrollo de la práctica**



**5.3.2 Reconocimiento de instrumentos de medición.** Es claro que uno de los objetivos es que el estudiante sea capaz de representar los distintos tipos de cojinetes, así que en esta parte el estudiante tendrá contacto con las herramientas que utilizará para extraer las medidas de los elementos para posteriormente representarlos.

En esta etapa se parte de que el estudiante conoce dichos elementos ya que en la fase de inducción ha podido documentarse y también porque los ha utilizado en el desarrollo de otras prácticas.

**Figura 55. Instrumentos de medición para realizar la práctica**



**5.3.3 Reconocimiento de piezas.** En esta etapa el estudiante tendrá el primer contacto con los elementos de cada práctica los cuales están constituidos por cojinetes de deslizamiento y rodamientos.

**Figura 56. Elementos para realizar la práctica de cojinetes de deslizamiento**



**Figura 57. Elementos para realizar la práctica de cojinetes de rodadura**



## 5.4 SELECCIÓN

En esta parte el estudiante deberá seguir un proceso previamente establecido para seleccionar tanto cojinetes de rodadura como de deslizamiento. Este proceso tendrá que ser conocido ya que este debió haberlo leído en la fase de inducción. Con esto se busca un ahorro de tiempo y un trabajo más eficiente. Si se presenta cualquier duda en esta etapa, se debe recurrir al auxiliar. La figura 58 muestra un ejemplo de un catálogo para seleccionar rodamientos.

**Figura 58. Portada de un catálogo de selección de rodamientos**



*Fuente. Catálogo NSK.*

## 5.5 REPRESENTACIÓN

En esta etapa se busca que el estudiante conozca los diferentes tipos de representación de cojinetes. También se busca que adquiera la destreza suficiente para que pueda diferenciar cada elemento en un plano de diseño.

## 5.6 ETAPA FINAL

Una vez finalizadas las etapas anteriores se procederá con la finalización de la práctica la cual consta de:

**5.6.1 Conclusiones.** Luego de terminado las etapas anteriores se procede a realizar las conclusiones de cada práctica, de tal manera que se demuestre que estas les han servido de algo.

**5.6.2 Entrega de plantilla.** Corresponde a la entrega por parte de los estudiantes de las plantillas donde se desarrollaron las prácticas para su posterior calificación.

**5.6.3 Entrega de esquemas.** Corresponde a la entrega de planos en CAD de montajes que tengan instalados cojinetes. Esta actividad debe quedar como tarea.

## 6. DISEÑO DEL MANUAL DE LABORATORIO Y DE LA PLANTILLA DE INFORME

Para este manual se desarrollaron formatos basados en el proyecto de los estudiantes Mora Jaimes Hernán y Durán Martínez Álvaro pero se le realizaron algunas modificaciones. Los Documentos para mayor facilidad se realizaron en formatos pdf de tal forma que son bastante accesibles.

### 6.1 MANUAL DE LABORATORIO O COMPONENTE TEÓRICO DE LA PRÁCTICA

El manual de laboratorio fue diseñado de tal manera que fuera posible de leer y entender para los estudiantes. No se tuvo en cuenta el orden llevado para el marco teórico por los estudiantes Álvaro Javier Durán Martínez y Hernán Darío Mora Jaime, ya que no lo consideramos necesario. Los componentes teóricos se elaboraron de la siguiente manera:

- **Conceptos de normatividad, Selección y representación.** En esta parte lo que se hace es incluir la documentación necesaria para que el estudiante sea capaz de afrontar el laboratorio con madurez y sin interrupciones. Cabe decir que esta fase es la más importante del documento, por tanto debe llevar la mayor atención del estudiante.
- **Bibliografía.** Aunque se sabe a qué se refiere cuando se habla de bibliografía, ya que se utiliza en todos o casi todos los documentos, no cabe de más mencionar que puede ser utilizada por el estudiante para profundizar en el tema correspondiente a la práctica a ejecutar.
- **Anexos.** Para nuestro caso, los anexos corresponden a videos(los cuales pueden ser tutoriales o ejemplos de funcionamiento) de cojinetes, de tal manera que se complementen las bases necesarias para la elaboración de las prácticas.

## 6.2 PLANTILLA DE INFORME

En lo referente a la plantilla de informe estas fueron un poco diferentes a las desarrolladas en los proyectos anteriores, incluso las dos plantillas realizadas en este proyecto que corresponden a la práctica de cojinetes de deslizamiento y la práctica de rodamientos son un poco distinta. El procedimiento elegido para las plantillas de informe fue el siguiente:

- **Introducción.** Se presenta un panorama general acerca del elemento de máquina que se va a tratar en la práctica.
- **Objetivos.** Define el alcance que tendrán las prácticas.

**Figura 59. Objetivos para alcanzar en la práctica de rodamientos**

<p><b>OBJETIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Identificar los principales tipos de rodamientos y sus componentes.</li><li>✓ Aprender a representar los rodamientos más utilizados.</li><li>✓ Iniciar al estudiante con los procesos de cálculos para seleccionar rodamientos según sea la aplicación, de tal forma que aprendan a utilizar los catálogos.</li><li>✓ Aprender a realizar un plano que contenga en sus piezas un par de rodamientos.</li><li>✓ Mostrar que los rodamientos no se diseñan, por el contrario se seleccionan.</li></ul>
---

**Figura 60. Objetivos para alcanzar en la práctica de cojinetes de deslizamiento**

<p><b>OBJETIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Identificar los principales tipos de cojinetes de fricción.</li><li>✓ Aprender a representar este tipo de cojinetes en un plano.</li><li>✓ Iniciar al estudiante con los procesos de cálculos para seleccionar cojinetes según sea la aplicación, de tal forma que aprendan a utilizar los catálogos disponibles.</li><li>✓ Aprender a realizar un plano que contenga en sus piezas un cojinete de fricción.</li></ul>
---

- **Prueba de conocimiento.** Hace referencia a un test para saber que tanto leyó el estudiante. Para el caso de los rodamientos se cuenta con un quiz el cual va a ser escogido de un banco de preguntas por el auxiliar. Mientras que para los cojinetes de deslizamiento se cuenta con algunas preguntas de falso y verdadero y completar enunciados. Las figuras 61 y 62 muestran las diferencias presentes en la prueba de conocimiento de cada práctica.

**Figura 61. Prueba de conocimiento para la práctica de rodamientos**

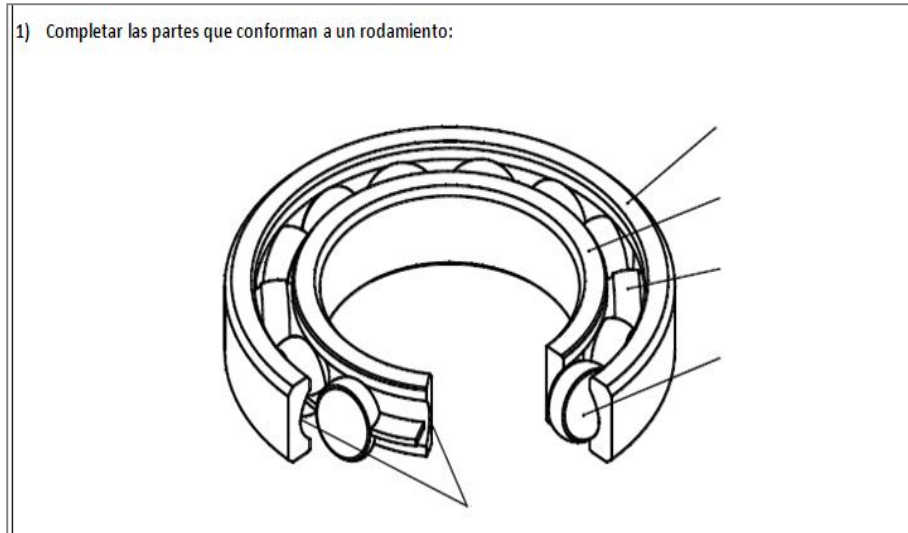
DESARROLLO DE LA PRÁCTICA
<p>QUIZ:</p> <p>LAS 2 PREGUNTAS SERÁN DADAS POR EL AUXILIAR</p>

**Figura 62. Prueba de conocimiento para la práctica de cojinetes de deslizamiento**

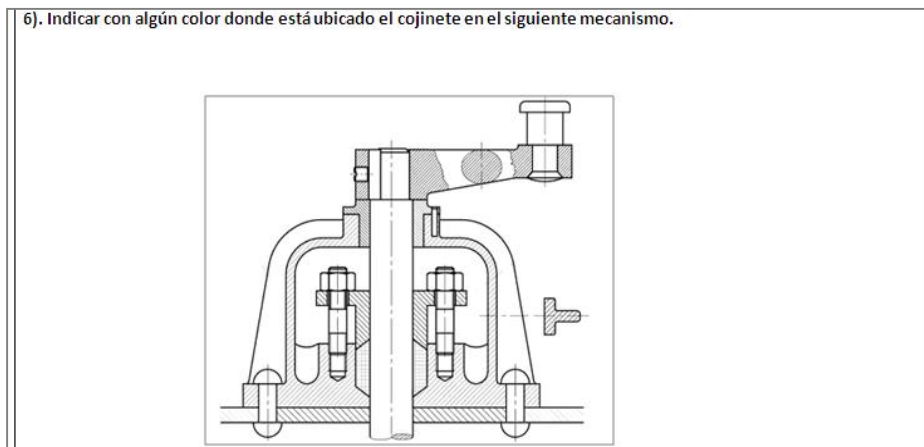
DESARROLLO DE LA PRÁCTICA
<p>1). De acuerdo a lo leído en el documento teórico completar las siguientes afirmaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En un cojinete de deslizamiento dos casquillos tienen un movimiento en contacto directo, realizándose un deslizamiento por _____.</li> <li>• Tienen la ventaja de su marcha _____ y _____. Pueden construirse partidos en dos, haciendo posible un montaje y desmontaje radial.</li> <li>• Los cojinetes de deslizamiento se pueden clasificar según la carga que soporta, según la forma, según su estructura, según el tipo de lubricación y según el tipo de _____ que presente.</li> </ul>

- **Cuerpo de la plantilla.** Hace referencia a las distintas actividades que deberán realizar los estudiantes con la ayuda de las herramientas disponibles en el banco. Este define en gran medida el éxito o fracaso de la práctica.

**Figura 63. Actividades correspondientes a la práctica de rodamientos**

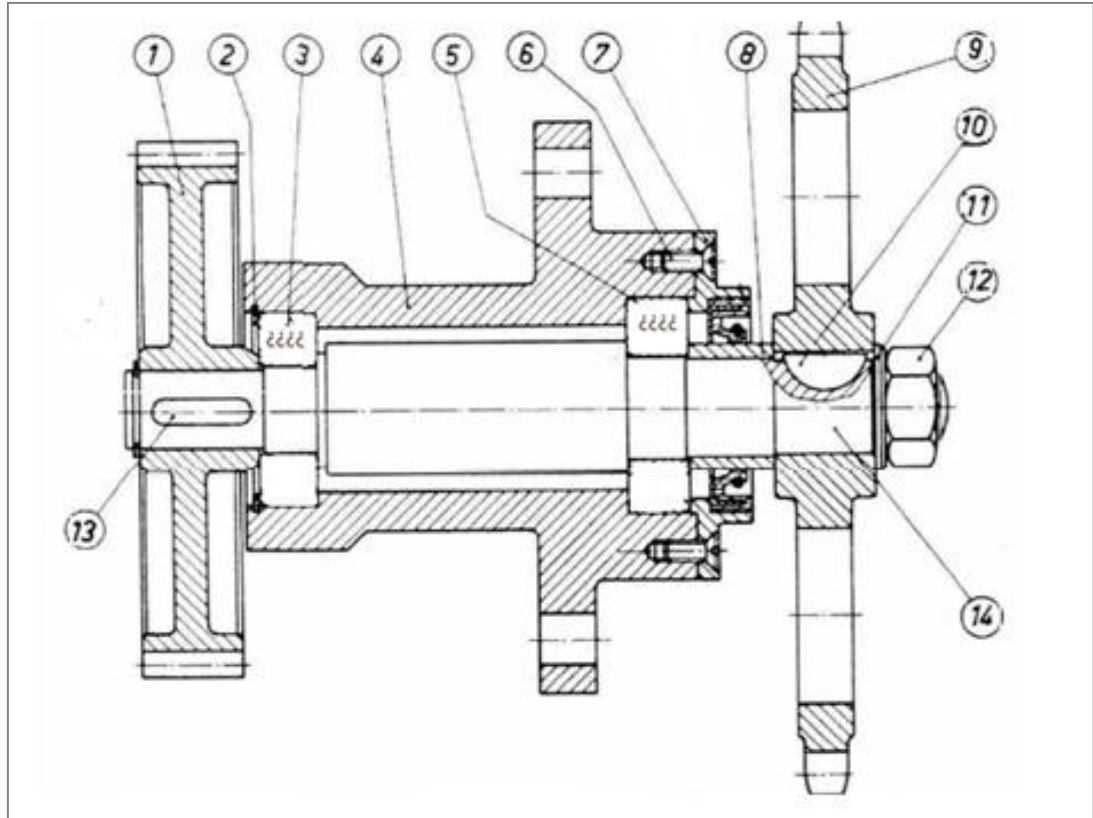


**Figura 64. Actividades correspondientes a la práctica de cojinetes de deslizamiento**



- **Planos y conclusiones.** Corresponde al plano que se debe realizar en casa con ayuda del CAD y las conclusiones de las prácticas realizadas.

**Figura 65. Plano que debe realizarse en el CAD correspondiente a la práctica de rodamientos.**



La plantilla de informe presenta el rotulo de la figura 66. Cabe aclarar que estas características fueron utilizadas para las dos plantillas en las cuales se realizarán las prácticas.

**Figura 66. Plantilla de informe para las prácticas de cojinetes**

PRÁCTICA DE RODAMIENTOS			
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA DISEÑO GRÁFICO			
NOMBRE	CÓDIGO	FIRMA	Fecha:
			Revisó:

## **7. PRUEBA PILOTO Y VERIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA IMPLEMENTADA EN LAS PRÁCTICAS**

Debido a las características del proyecto, un recurso necesario luego del diseño y elaboración de las prácticas es realizarle pruebas a cada una de las experiencias para comprobar que tanto lo planificado se acerca a la realidad. Para realizar unas buenas pruebas se tendrán en cuenta algunas variables claves como lo son La comprensión del estudiante en la etapa de inducción y la forma cómo utiliza dicho conocimiento para la ejecución de las prácticas.

### **7.1 OBJETIVOS DE LAS PRUEBAS**

- Verificar si las piezas y los instrumentos disponibles se prestan para la ejecución de una buena práctica.
- Asesorarse de que en la realización de las prácticas el tiempo no sobrepase las dos (2) horas disponibles.
- Observar si la metodología empleada es la adecuada para estos casos.

### **7.2 ESTUDIANTES VOLUNTARIOS**

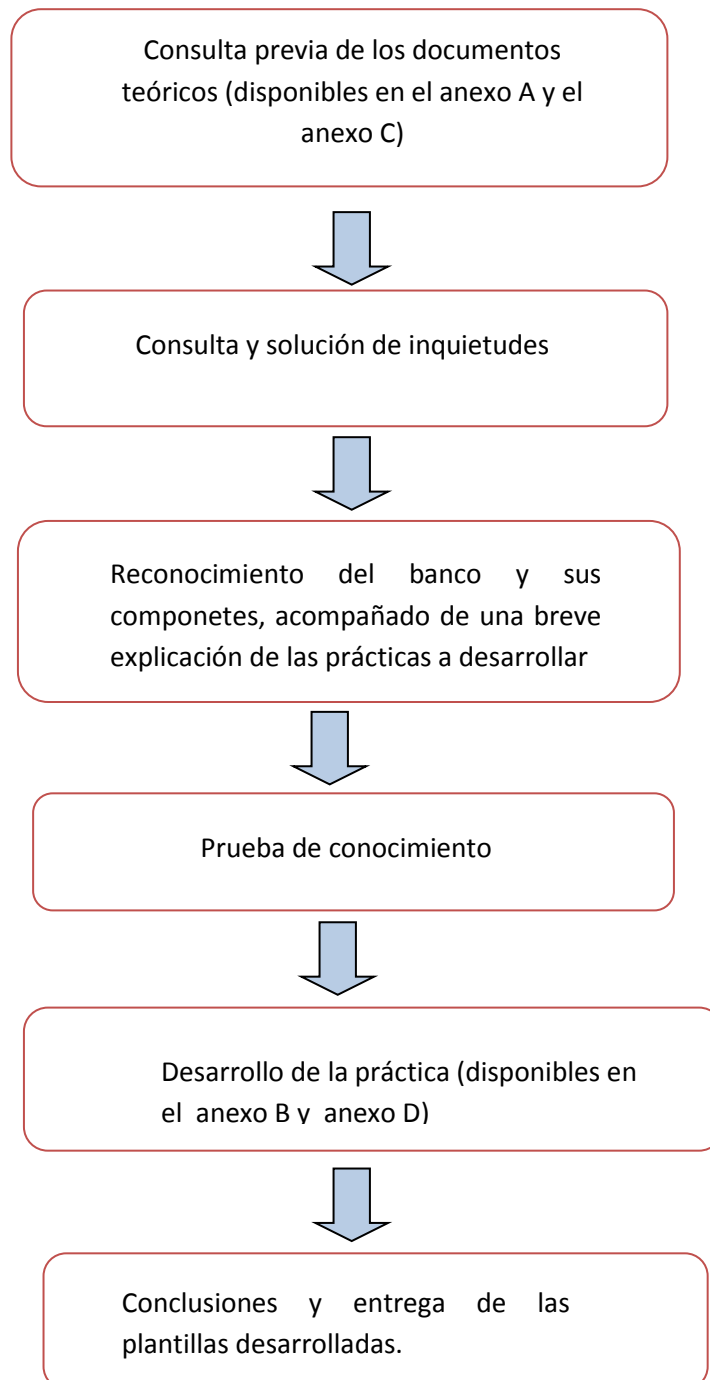
Para la realización de las pruebas fue necesario colaboración de los estudiantes:

- Ingrid Dayana Niño identificada con el código 2111837 que actualmente está cursando la materia de Diseño gráfico en la Universidad Industrial de Santander.
- Nixson Morales identificado con el código 2132185 que actualmente está cursando la materia de Diseño gráfico en la Universidad Industrial de Santander.

### 7.3 REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS

La figura 67 nos muestra el procedimiento llevado a cabo por los estudiantes voluntarios.

**Figura 67. Procedimiento llevado a cabo durante las pruebas**



A continuación se adjuntan las fotos de registro de las 2 (dos) prácticas que realizaron los estudiantes voluntarios y de los elementos disponibles para ejecutarlas.

**Figura 68. Inicio de las pruebas**



La figura 69 muestra la prueba de conocimiento, en este caso un quiz, realizado por los estudiantes voluntarios.

**Figura 69. Prueba de conocimiento requerido**



La figura 70 muestra como los estudiantes utilizan las herramientas disponibles en el banco para realizar mediciones y consignarlas en la plantilla.

**Figura 70. Utilización de las piezas y las herramientas disponibles en el banco**



La figura 71 muestra a los estudiantes representando los cojinetes asignados por el auxiliar.

**Figura 71. Representación de los cojinetes**



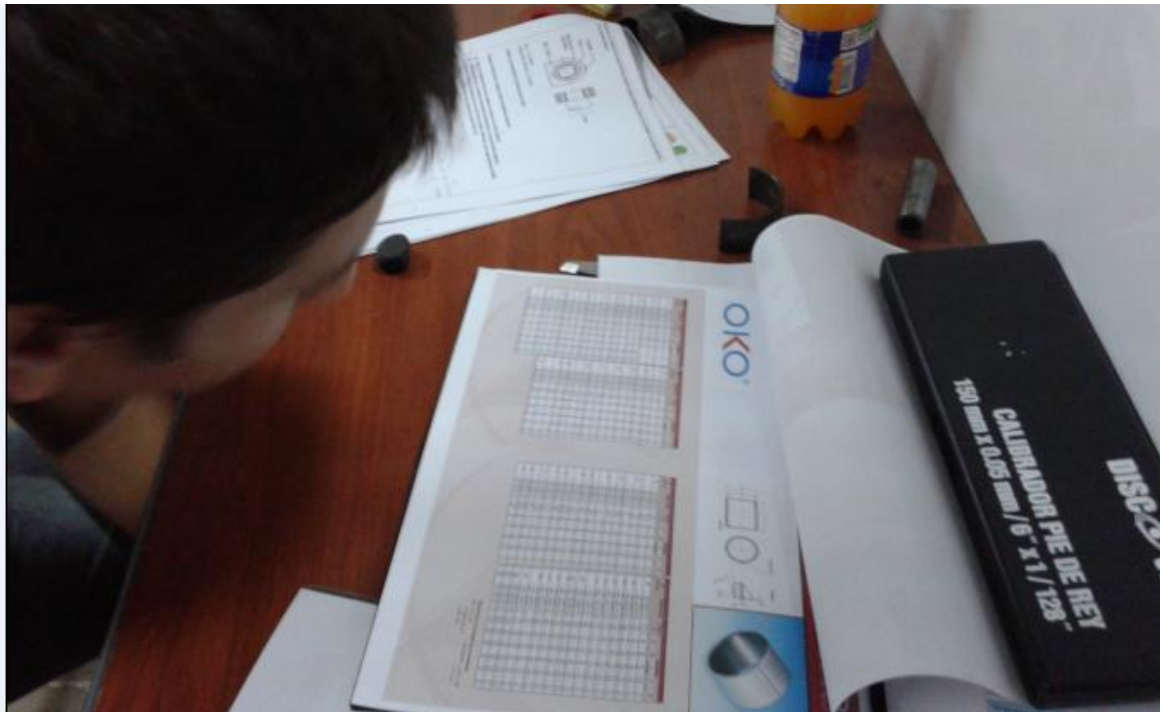
La figura 72 muestra a los estudiantes seleccionando el rodamiento que mejor se adapta a unas condiciones previamente establecidas.

**Figura 72. Selección de un rodamiento que se adapte a las condiciones requeridas**



La figura 73 muestra la selección de un cojinete de deslizamiento el cual debe cumplir algunas condiciones para un buen funcionamiento.

**Figura 73. Selección de un cojinete de deslizamiento**



#### **7.4 TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LAS PRÁCTICAS**

Una vez finalizada las prácticas, se registraron los siguientes tiempos:

**Tabla 5. Registro de tiempo para cada práctica desarrollada**

practica desarrollada	tiempo de ejecución [min]
rodamientos	95
cojinete de deslizamiento	60

En la tabla anterior se observa que la duración de cada práctica no supera las 2 (dos) horas permitidas para el desarrollo de las mismas, sin embargo hay que tener en cuenta que las dos prácticas no deben ser aisladas, ya que hacen parte del mismo tema (cojinetes). Por lo tanto si realizamos las dos prácticas una tras otra se excede 35 minutos el tiempo permitido.

Lo más razonable en estos casos sería suprimir algunas actividades de la práctica, sin embargo estaríamos quitándole la versatilidad presentes en estas. Con el análisis anterior se llegó a la conclusión de que el auxiliar con la ayuda del profesor seleccione los puntos a desarrollar durante la práctica de tal manera que los estudiantes profundicen en un tema específico en el desarrollo de la misma, es decir, que así como van a tener conceptos generales en algunos temas, tendrán un manejo mucho más completo en otros. De esta manera no es necesario eliminar actividades de la plantilla de práctica, en cambio sí rotarlas.

En general, las pruebas realizadas nos demuestran que la metodología utilizada es adecuada para la realización de las prácticas correspondientes.

## 8. RECURSOS DIGITALES

Ya después de realizada las pruebas nos damos cuenta de que surge la necesidad de que los estudiantes complementen lo aprendido durante la etapa de inducción y realización de las prácticas. Dicho complemento puede obtenerse con la ayuda del CAD solidworks y sus respectivas aplicaciones.

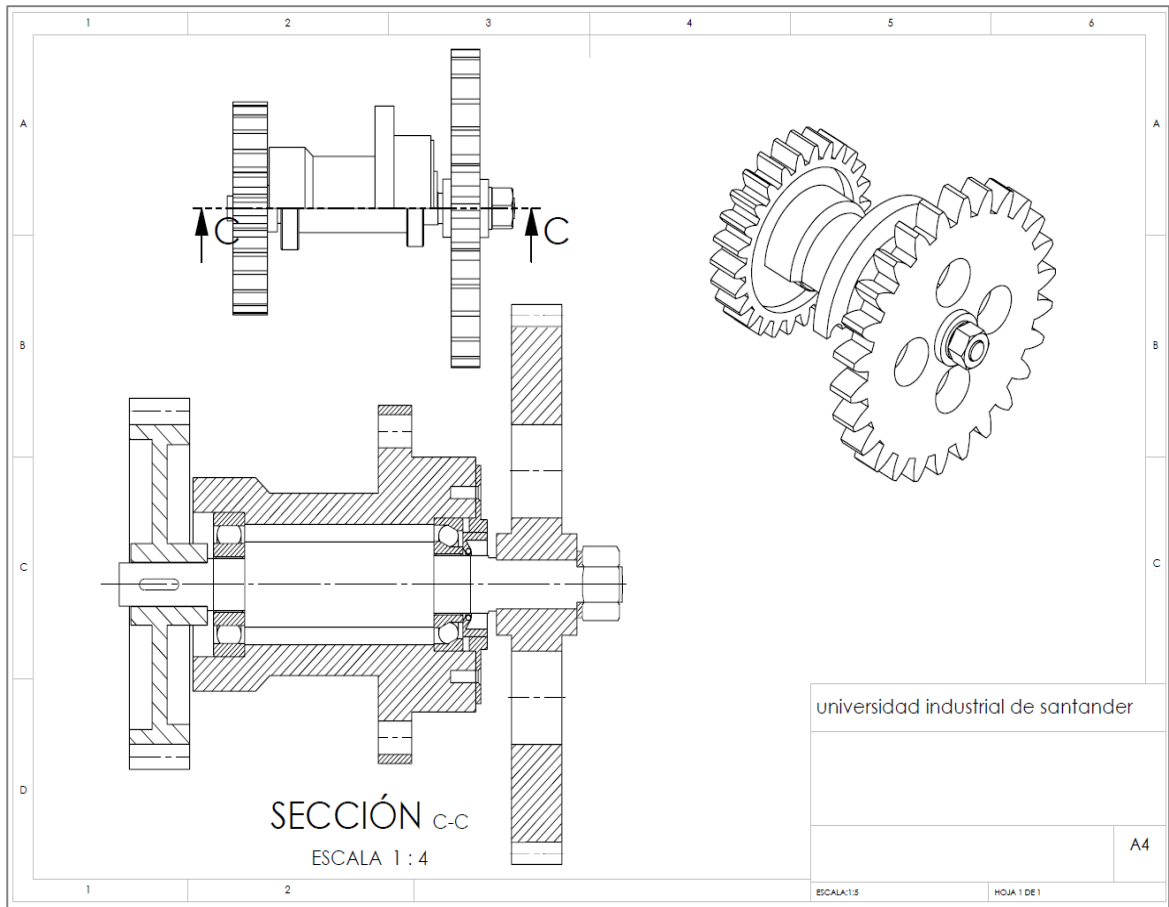
Los propósitos que se pretenden lograr con esto se pueden mencionar como sigue:

- Realizar ensambles tridimensionales de montajes que utilicen para su funcionamiento rodamientos.
- Seleccionar (con la ayuda de toolbox) o construir el o los cojinetes necesarios para completar el ensamble.
- Realizar bajo norma ISO las piezas más importantes que componen a dicho montaje.

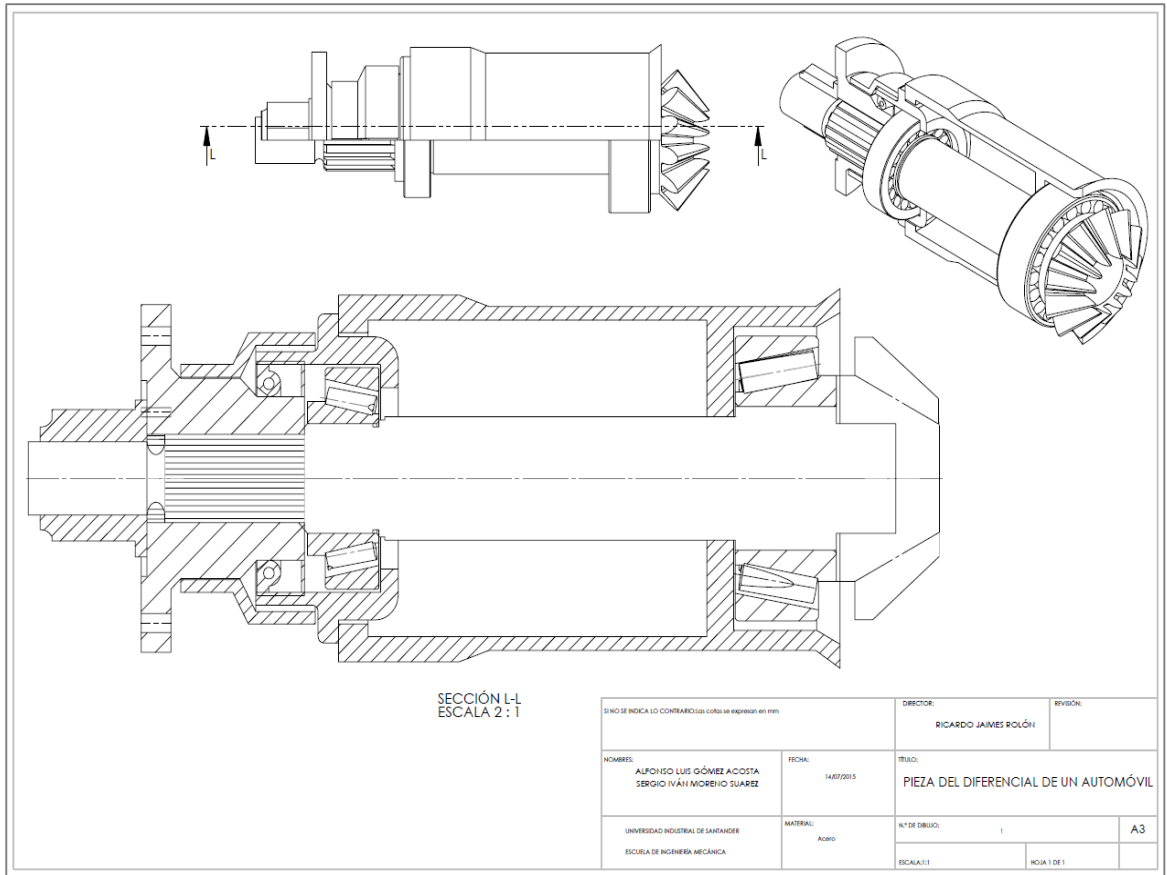
En caso de necesitar ayuda los estudiantes deben hacer uso de los links de tutoriales propuestos en los anexos de los documentos teóricos, o bien sea de la documentación montada en la plataforma tic de la universidad Industrial de Santander correspondiente a la materia de Diseño gráfico el cual presenta el siguiente links, <http://tic.uis.edu.co/ava/>, en cual estará todo lo correspondiente a las prácticas a realizar y las ayudas necesarias.

Para que el estudiante no sea sometido a tanta carga académica lo recomendable es que este disponga de una semana para poder entregar el ensamble y los planos correspondientes. Alguno de los ensambles que deben desarrollar los estudiantes se muestra a continuación:

Figura 74. Ensamble de una transmisión por engranajes



**Figura 75. Ensamble de parte del diferencial de un automóvil**





## 9. CONCLUSIONES

A manera de conclusión podemos decir que se cumplió con los objetivos propuestos para el proyecto de grado mediante el diseño y construcción de las prácticas anteriormente propuestas.

A partir de dicha experiencia se pudo participar en el diseño y elaboración de un material pedagógico, buscando el aprendizaje del conocimiento ingenieril en los primeros semestres de nuestra carrera.

Se desarrolló un procedimiento para la ejecución de las prácticas correspondientes a seis (6) etapas, a partir del rediseño en la práctica de conjuntos mecánicos propuesta el proyecto de grado de los compañeros Álvaro duran Martínez y Hernán Darío mora Jaimes con el suministro de recurso físicos y material pedagógico, lo cual permitió que la experiencia fuera de rápido y fácil entendimiento y se implementara un proceso ideal para el estudiante.

En la realización de este proyecto se implementó un conjunto de documentos correspondientes al marco conceptual y la plantilla de la práctica, donde se pretendía brindar toda la información pertinente. Después de realizada las pruebas vemos que todo esto se cumplió en su totalidad, ya que se contó con herramientas pedagógicas bastante eficaces.

Se realizaron dos prácticas que fueron abordadas en las pruebas de la siguiente manera: práctica de rodamiento seguido de la práctica de cojinetes de deslizamiento. Al terminar las prácticas y haber tomado el tiempo de cada una, nos damos cuenta de que los estudiantes al momento de realizar las prácticas correspondientes al tema de cojinetes van a tardarse un poco más en la práctica de rodamientos.

## 10. RECOMENDACIONES

Como recomendaciones se tendrán en cuenta tanto las hechas por los estudiantes voluntarios después de realizar las prácticas como las percibidas por nosotros durante las mismas.

El auxiliar, antes de que el estudiante comience a realizar las prácticas, debe asesorarse de que los rodamientos y cojinetes de deslizamiento dispuestos en el banco estén completos. Con esto lo que se busca es que los estudiantes no tengan problemas cuando estén desarrollando la práctica.

El auxiliar cuando escoja los rodamientos correspondientes a la práctica debe tener en cuenta que no puede haber dos rodamientos del mismo tipo, ya que se estaría desperdiciando la oportunidad de que los estudiantes manejen otros tipos de rodamientos durante la práctica.

La prueba de conocimiento de la práctica de rodamientos debe hacerse lo más rápido posible, ya que esta práctica es la que lleva mayor tiempo en desarrollarla y disponemos de un tiempo limitado.

Para que el estudiante no tenga tanta carga lo recomendable es que este disponga de una semana, después de realizada la práctica, para poder entregar el ensamble y los planos correspondientes.

Para continuar con el proceso de creación del aula del laboratorio de diseño gráfico se hace necesario formular las prácticas faltantes como proyectos de grado, para que los estudiantes en los próximos semestres puedan ejecutarlas y con esto continuar con el mejoramiento de la calidad de la escuela de ingeniería mecánica.

## BIBLIOGRAFIA

BUDYNAS Richard G. y NISBETT J. Keith. Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. Cojinete de contacto rodante. Ed 8. Bogotá: Mc Graw-Hill, 2008. p. 549-591.

CHEVALIER A. Dibujo industrial. México: Limusa, 2005. 320p.

DISEÑO DE MÁQUINAS II. Introducción a los rodamientos [Diapositivas]. Bucaramanga: Ricardo Alfonso Jaimes Rolón, 2008.

DUFF, Jhon M; LUZZADER, Warren J. Fundamentos de dibujo en ingeniería. 2 ed. Mexico: prentice Hall Hispanoamericana S.A 1994.

DURÁN MRTÍNEZ, Álvaro Javier y MORA JAIMES, Hernán Darío. Diseño para el montaje y desarrollo de diseño gráfico. 3aparte: Manual de diseño y prácticas. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingeniería físico-mecánicas, 2011. 257 p.

HAMROCK, Bernard J. Elementos de máquinas. México: McGraw-HILL, 2000. 851 p.

NSK. Catálogo de rodamientos [Online]. [Citado el 2 de setiembre del 2014. [S.I]. Disponible en internet: [http://www.nskamericas.com/cps/rde/xbcr/mx\\_es/Rodamientos.LR.pdf](http://www.nskamericas.com/cps/rde/xbcr/mx_es/Rodamientos.LR.pdf)

OKO. Casquillos y discos de fricción [online]. [Citado el 2 de setiembre del 2014 [S.I]. Disponible en internet: [http://www.rodalsa.net/wpcontent/uploads/2011/06/PAP\\_GAES.pdf](http://www.rodalsa.net/wpcontent/uploads/2011/06/PAP_GAES.pdf)

RAMIREZ BARTOLOME Ricardo. Normalización industrial. Rodamientos [online]. [S.l.]. [citado el 30 de noviembre del 2014]. Disponible en internet:  
< <http://dibujotec-dibujotec.blogspot.com/.pdf> >.

SKF. Manual de mantenimiento de rodamientos [PDF]. [Citado el 7 de setiembre del 2014]  
México: 2005. Disponible en internet:  
<<http://www.laggerypandolfi.com/pdfs/Manual%20Skf%20De%20Mantenimiento%20De%20Rodamientos.pdf>>.

SKF. Rodamientos y unidades, soluciones de lubricación mecatrónica y servicio de monitorización de estado de movimiento lineal. Rodamientos, unidades y soportes. [Online] Catálogo. [Citado el 10 de noviembre del 2014]. Disponible en internet:  
<<http://www.skf.com/co/products/index.html>>.

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID. Diseño mecánico rodamientos [Diapositivas]. Madrid: Higinio Rubio Alonso, 2005.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA. Tecnología de fabricación y tecnología de máquinas. Rodamientos [Diapositivas]. Barcelona: Enrique Sayas Figueras, 2008.

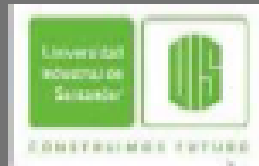
# **ANEXOS**

**ANEXO A. MARCO CONCEPTUAL RODAMIENTOS.**

Diseño  
gráfico

# MARCO CONCEPTUAL RODAMIENTOS

Tema: cojinetes



Este Manual contiene información referente a los rodamientos con la cual se llevará a cabo la práctica en el laboratorio de diseño gráfico.



UIS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



## CONTENIDO

1. RODAMIENTOS .....	3
1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS RODAMIENTOS .....	4
1.1.1 Clasificación según el tipo de elemento rodante .....	4
1.1.2 Clasificación según el tipo de carga que soportan .....	11
1.2 RODAMIENTOS AUTOALINEABLES .....	13
1.1.2 Aplicaciones de los rodamientos autoalineables .....	13
2. DESIGNACIÓN DE LOS RODAMIENTOS .....	16
3. REPRESENTACIÓN DE RODAMIENTOS .....	22
4. DISPOSICIÓN GENERAL DE LOS RODAMIENTOS .....	26
5. SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL RODAMIENTO EN FUNCIÓN DEL ÍNDICE BÁSICO DE CARGA .....	27
5.1 CALCULO DE LAS CARGAS EQUIVALENTES .....	30
6. AJUSTES RECOMENDADOS EN RODAMIENTOS .....	35
6.1 CONSIDERACIONES GENERALES .....	35
6.1.1 Aro exterior Fijo .....	35
6.1.2 Aro exterior Móvil .....	36
BIBLIOGRAFIA .....	39
ANEXOS .....	40

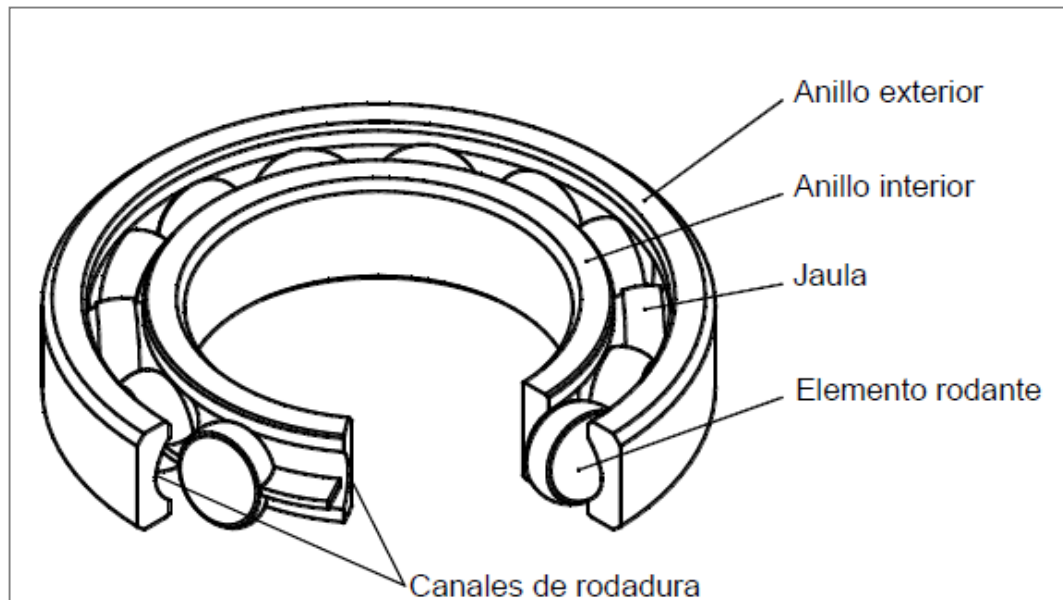
## 1. RODAMIENTOS

Los rodamientos son un tipo de cojinete que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a éste por medio de rodadura, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento. El elemento rotativo que puede emplearse en la fabricación del rodamiento, pueden ser: de bolas, de rodillos o de agujas.

En los rodamientos el movimiento rotativo, según el sentido del esfuerzo que soporta, pueden ser axiales, radiales y axiales-radiales. Un rodamiento radial es el que soporta esfuerzos radiales, que son esfuerzos de dirección normal a la dirección que pasa por el centro de su eje, como por ejemplo una rueda; es axial si soporta esfuerzos en la dirección de su eje, y axial-radial si los puede soportar en los dos, de forma alternativa o combinada.

La fabricación de los cojinetes de bolas o rodamientos es la que ocupa en tecnología un lugar muy especial, dados los procedimientos para conseguir la esfericidad perfecta de la bola. Los mayores fabricantes de ese tipo de rodamientos emplean el vacío para tal fin. El material es sometido a un tratamiento abrasivo en cámaras de vacío absoluto. El producto final es casi perfecto, también es atribuida la gravedad como efecto adverso.

**Figura 1. Partes de un rodamiento.**



*Fuente. Constitución de los rodamientos. Archivo PDF.*

Entre sus principales **ventajas** con respecto a los cojinetes de fricción tenemos:

- ✓ Menores fuerzas de rozamiento y menor generación de calor.
- ✓ Versiones con sellos que retienen el lubricante de por vida.
- ✓ Menos sensibles a interrupciones en la lubricación.
- ✓ Gran capacidad de carga portante por unidad de anchura del rodamiento.

Entre sus **desventajas** tenemos:

- ✓ Mayor nivel de ruido.
- ✓ Requieren mayor espacio para el montaje.
- ✓ Elevada sensibilidad a las cargas de impacto.

## 1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS RODAMIENTOS

Los rodamientos se pueden clasificar según la carga que soportan y según el tipo de elementos rodantes:

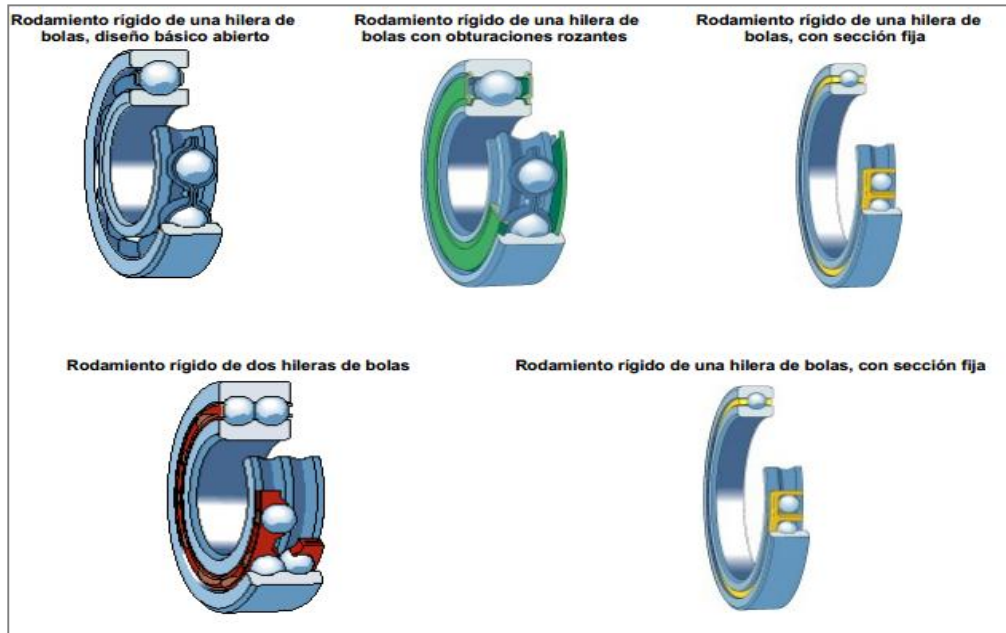
### 1.1.1 Clasificación según el tipo de elemento rodante:

Estos básicamente se dividen en rodamientos de bolas, rodamientos de rodillos y rodamientos de agujas. En esta clasificación se va a tener en cuenta los rodamientos más importantes.

- Rodamientos de bolas:

Son usados en una gran variedad de aplicaciones. Son fáciles de diseñar, no separables, capaces de operar en altas e incluso muy altas velocidades y requieren poca atención o mantenimiento en servicio. Estas características, unidas a su ventaja de precio, hacen a estos rodamientos los más populares de todos los rodamientos. Existen varios diseños de estos tipos de rodamientos.

**Figura 2. Tipos de rodamientos de bolas.**



Fuente. <http://www.latinrodamientos.com/files/rodamientos.pdf>

Los rodamientos rígidos de dos hileras de bolas son muy adecuados para disposiciones donde la capacidad de carga de los rodamientos de una hilera es insuficiente. Para los mismos diámetros exteriores y de agujero, los rodamientos de dos hileras son ligeramente más anchos que los de una hilera, pero tienen una capacidad de carga considerablemente más alta.

- **Rodamiento axial de bolas:**

Los rodamientos axiales de bolas pueden ser de simple o de doble efecto. Están diseñados para soportar únicamente cargas axiales y no deben someterse a cargas radiales.

Los rodamientos axiales de bolas son desmontables, es decir, la arandela de eje, la(s) arandela(s) del soporte y el conjunto de bolas y jaula pueden montarse por separado. Los rodamientos axiales de bolas de simple efecto (fig 3.izquierda) Como su nombre indica, pueden soportar cargas axiales y fijar un eje axialmente en una sola dirección. Los rodamientos axiales de bolas de doble efecto (fig 3.derecha) pueden soportar cargas axiales y fijar un eje axialmente en ambos sentidos.

**Figura 3. Tipos de rodamientos axiales de bolas.**

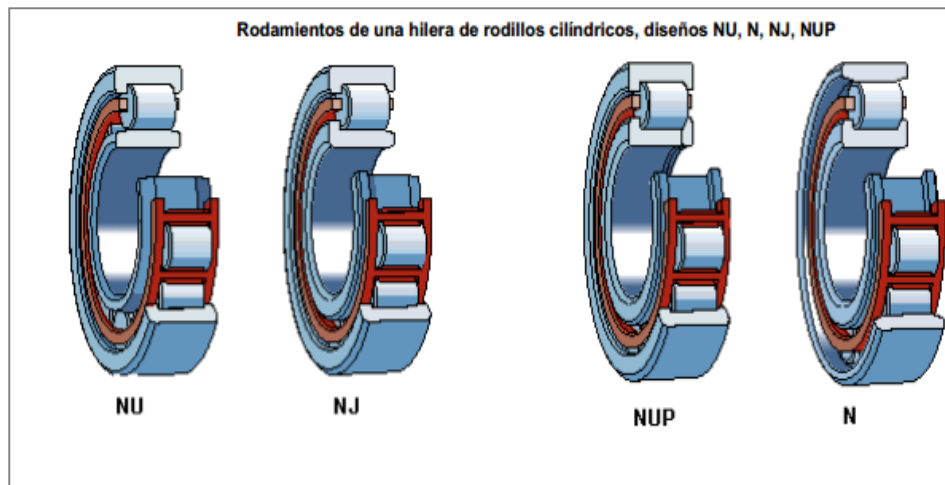


Fuente. <http://www.skf.com/es/products/bearings-units-housings/ball-bearings/thrust-ball-bearings/index.html>.

- Rodamientos de rodillos cilíndricos:

En los rodamientos de rodillos cilíndricos los rodillos son un componente clave. Su geometría, el denominado perfil logarítmico, ofrece una distribución de tensiones óptima en los contactos del rodamiento. Su acabado superficial maximiza la formación de la película de lubricante y optimiza la rodadura. Las ventajas de éste diseño, comparados con los diseños tradicionales incluyen mayor fiabilidad y menor sensibilidad a la desalineación.

**Figura 4. Tipos de diseño de rodamientos de rodillos cilíndricos**

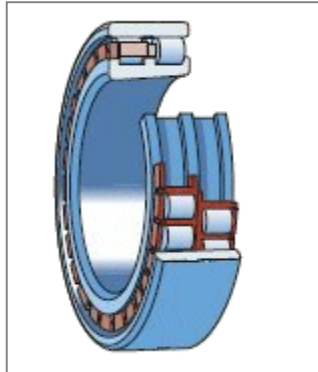


Fuente. <http://www.latinrodamientos.com/files/rodamientos.pdf>

Los rodamientos de dos hileras de rodillos cilíndricos presentan una sección transversal pequeña, alta capacidad de carga y gran rigidez. Por lo tanto, se

utilizan principalmente en máquinas herramienta, soportes para trenes de laminación, calandras de plástico, molinos trituradores y también grandes cajas de engranajes.

**Figura 5. Rodamiento de rodillos cilíndricos de dos hileras.**



*Fuente. <http://www.skf.com/cl/products/bearings-units-housings/roller-bearings/cylindrical-roller-bearings/double-row-cylindrical-roller-bearings/index.html>.*

- Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos:

Son apropiados para aplicaciones que deben soportar pesadas cargas axiales. Además, son insensibles a los choques, son fuertes y requieren poco espacio axial. Son rodamientos de una sola dirección y solamente pueden aceptar cargas axiales en una dirección. Su uso principal es en aplicaciones donde la capacidad de carga de los rodamientos de bolas de empuje es inadecuada. Tienen diversos usos industriales, y su extracción es segura. y así de manera rápida y sencilla se pueden usar cualquier tipo y donde sea requerido rodamientos.

La superficie cilíndrica de los rodillos está ligeramente bombeada hacia sus extremos. Por tanto, el perfil del contacto prácticamente elimina las tensiones dañinas en los bordes. Los rodamientos son desarmables, por lo que los componentes individuales pueden montarse por separado.

Los rodamientos axiales de rodillos cilíndricos tienen una forma y un diseño sencillo y se fabrican con una hilera (fig 6. izquierda) y con dos hileras de rodillos cilíndricos (fig 6. derecha).

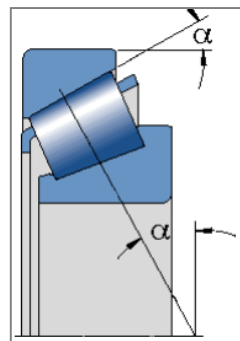
**Figura 6. Tipos de rodamientos axiales de rodillos cilíndricos.**



- Rodamiento de rodillos cónicos:

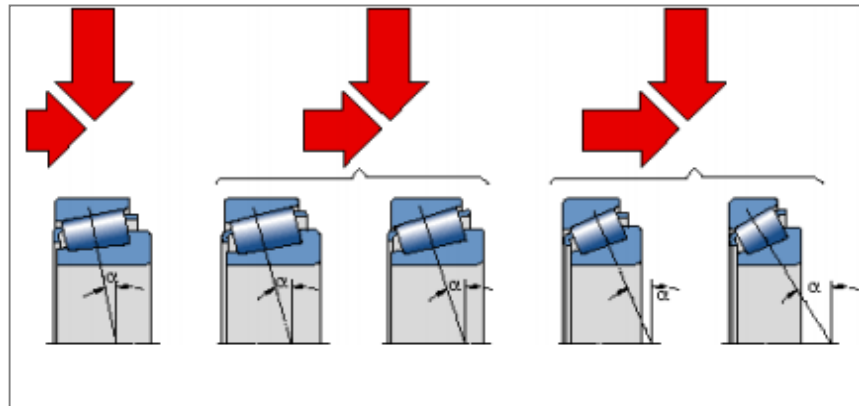
El rodamiento de rodillos cónicos, debido a la posición oblicua de los rodillos y caminos de rodadura, es especialmente adecuado para resistir cargas radiales y axiales simultáneas. Para casos en que la carga axial es muy importante hay una serie de rodamientos cuyo ángulo es muy abierto. Este rodamiento debe montarse en oposición con otro rodamiento capaz de soportar los esfuerzos axiales en sentido contrario. El rodamiento es desmontable; el aro interior con sus rodillos y el aro exterior se montan cada uno separadamente. Son los de mayor aplicación. Su capacidad de carga axial viene determinada en gran medida por el ángulo de contacto (fig 7); cuanto mayor sea este ángulo, mayor será la capacidad de carga axial (fig 8). El factor de cálculo  $e$  sirve como indicación del tamaño del ángulo; cuanto mayor sea el valor de  $e$ , mayor será el ángulo de contacto y más apropiado será el rodamiento para soportar cargas axiales.

**Figura 7. Ángulo de contacto de un rodamiento cónico.**



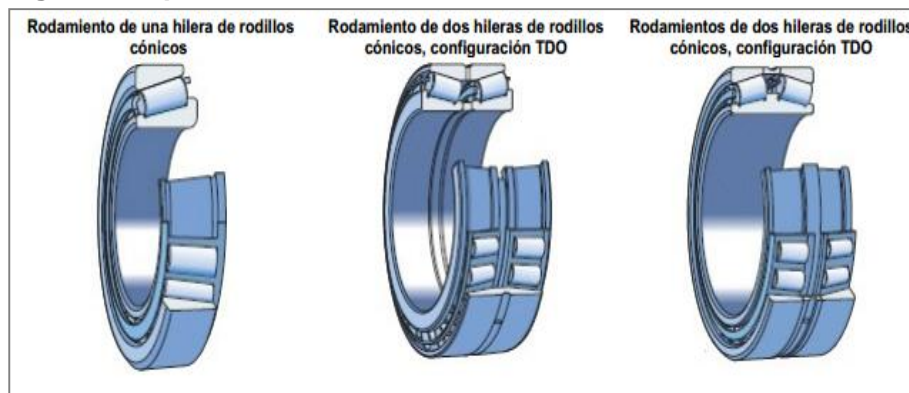
Fuente: <http://www.latinrodamientos.com/files/rodamientos.pdf>.

**Figura 8. Capacidad de carga axial de un rodamiento cónico.**



Fuente. <http://www.latinrodamientos.com/files/rodamientos.pdf>.

**Figura 9. Tipos de rodamientos de rodillos cónicos.**

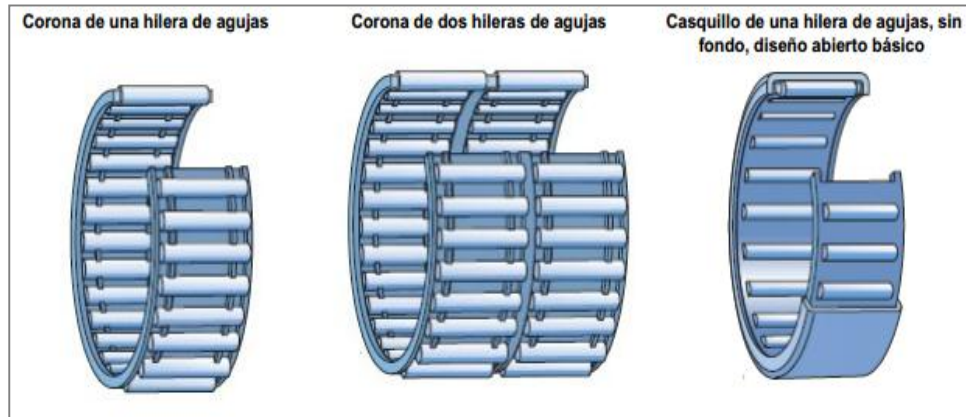


Fuente. <http://www.skf.com/es/products/bearings-units-housings/roller-bearings/tapered-roller-bearings/single-row-tapered-roller-bearings/index.htm>.

- Rodamientos de agujas:

Son rodamientos con rodillos cilíndricos muy delgados y largos en relación con su menor diámetro. A pesar de su pequeña sección, estos rodamientos tienen una gran capacidad de carga y son eminentemente apropiados para las aplicaciones donde el espacio radial es limitado. Este tipo de rodamientos es comúnmente muy utilizado en los pedales para bicicletas.

**Figura 10. Tipos de rodamientos de aguja.**



Fuente. <http://www.latinrodamientos.com/files/rodamientos.pdf>.

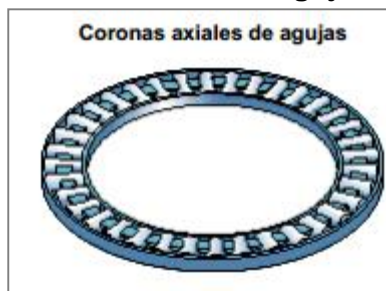
Al igual que en los demás rodamientos entre más hileras mayor capacidad de carga, pero menor velocidad permitida.

- Rodamientos axiales de aguja:

Estos rodamientos pueden soportar cargas axiales, son insensibles a las cargas puntuales y permiten disposiciones de rodamientos rígidas, que requieren un espacio axial mínimo. Son rodamientos de simple efecto y sólo pueden soportar cargas axiales que actúen en una dirección.

Permiten disposiciones de rodamientos particularmente compactas, sin ocupar más espacio que una arandela de eje convencional. Este tipo de rodamiento son **no normalizados**, por lo que no se dispone de un catálogo tan amplio para seleccionarlo como los demás rodamientos mencionados.

**Figura 11. Rodamiento de aguja de coronas axiales.**



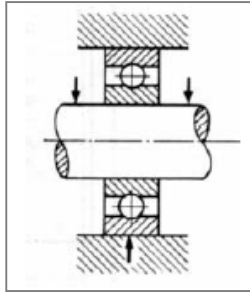
Fuente. <http://www.latinrodamientos.com/files/rodamientos.pdf>

### 1.1.2 Clasificación según la carga que soportan:

- Rodamiento de carga radial:

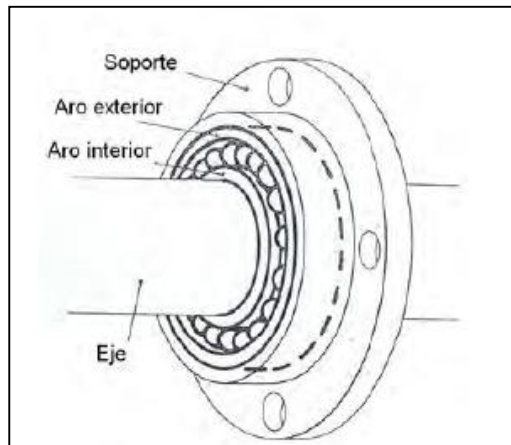
Pueden soportar preferentemente cargas dirigidas en la dirección perpendicular al eje de rotación.

**Figura 12. Rodamiento radial.**



Fuente. *Rodamientos1.documento de internet.*

**Figura 13. Montaje de un rodamiento de contacto radial**

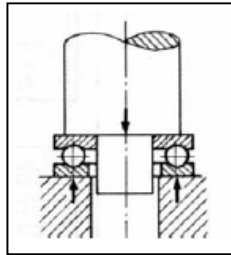


Fuente. *Tecnologías de fabricación y tecnologías de máquinas. Archivo PDF.*

- Rodamiento de carga axial:

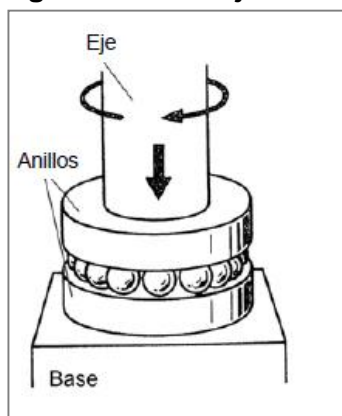
Pueden soportar cargas que actúen únicamente en la dirección del eje de rotación. A su vez pueden ser: rodamientos de simple efecto, que pueden recibir cargas axiales en un sentido, y rodamientos de doble efecto, que pueden recibir cargas axiales en ambos sentidos.

**Figura 14. Rodamiento axial.**



Fuente. *Rodamientos1. Documento de internet.*

**Figura 15. Montaje de un rodamiento de contacto axial.**

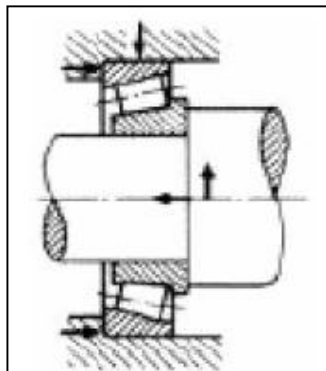


Fuente. *Tecnologías de fabricación y tecnologías de máquinas. Archivo PDF.*

- Rodamiento de cargas mixtas:

Pueden soportar esfuerzos radiales, axiales o ambos.

**Figura 16. Rodamiento de carga combinada.**



Fuente. *Rodamientos1.documento de internet.*

## 1.2 RODAMIENTOS AUTOLINEABLES.

Los rodamientos autoalineables son unidades constructivas de una hilera de bolas, listas para el montaje, que se componen de un anillo exterior macizo, un anillo interior prolongado por uno o por ambos lados, jaulas de plástico o de chapa de acero y obturaciones. La superficie externa del anillo exterior puede ser esférica o cilíndrica.

Con algunas excepciones, los rodamientos autoalineables pueden reengrasarse. Para ello, tienen dos agujeros de engrase desfasados 180° en un plano, en el anillo exterior.

Los rodamientos autoalineables son especialmente fáciles de montar y son adecuados para ejes estirados de calidad h6 hasta h9. La fijación en el eje se realiza mediante un anillo tensor excéntrico, tornillos prisioneros en el anillo interior, un manguito de fijación, una ranura de arrastre o con ajuste. La siguiente figura muestra un ejemplo típico de estos rodamientos:

**Figura 17. Rodamiento de bolas autoalineables.**



Fuente. <http://www.skf.com/es/industry-solutions/electric-motors/industrial-electric-motors-and-generators/applications/very-large-motors/skf-self-aligning-bearing-system.html>. Modificada por el autor

### 1.2.1 Aplicaciones.

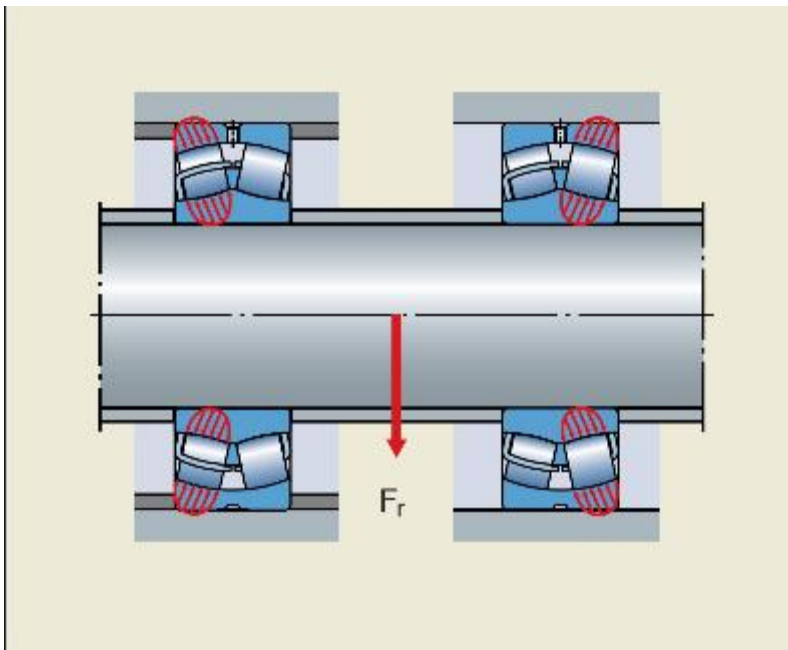
Los ejes de los motores industriales suelen contar con dos rodamientos en posiciones diferentes: uno en la posición fija y otro en la posición libre. Con rodamientos de rodillos a rótula a ambos lados, los cambios de longitud del eje suelen ser soportados por el rodamiento en la posición libre con un ajuste flojo en el aro exterior.

Estos problemas se pueden superar eligiendo el sistema de rodamientos autoalineables, que incorpora un rodamiento de rodillos a rótula en la posición fija y un rodamiento de rodillos toroidales en la posición libre. El sistema admite la desalineación y la elongación del eje prácticamente sin fricción. Estas son algunas de las ventajas:

- Posibilidad de mayores velocidades gracias a una menor generación de calor.
- Reducción del consumo energético gracias a una reducción de la fricción.
- Ausencia de fuerzas axiales internas inducidas para una reducción de las temperaturas de funcionamiento.
- Menor riesgo de desequilibrio gracias a unos niveles de vibración más bajos.
- Menores costes de mantenimiento gracias a unos intervalos de relubricación más amplios.
- Mayor vida útil del rodamiento.
- Reducción de los niveles de ruido y vibración.

La siguiente figura muestra un montaje típico de los rodamientos autoalineables, en el cual el eje está sometido a flexión:

**Figura 18. Ejemplo de montajes de rodamientos autoalineables.**



Fuente: [http://www.skflam.com/LAM/enews/enlace\\_211/es/autoalineables.html](http://www.skflam.com/LAM/enews/enlace_211/es/autoalineables.html)

**Figura 19. Resumen de las aplicaciones de distintos tipos de rodamientos.**

Aplicación de los diversos tipos de rodamientos										
Tipo de rodamiento	Cargas radiales	Cargas con empuje axial	Posibilidad de mutuo corrimiento longitudinal		Montajes que necesitan cojinetes desmontables	Compensación de defectos de alineación	Ejecución de mucha precisión	Número de revoluciones muy superior al límite normal	Movimiento muy silencioso	Fijación con manguitos
			De las partes internas del cojinete con los dos aros prensados	Entre el agujero y su asiento o entre la superficie externa y su asiento						
	sí	sí	no	sí	no	poco	sí	sí	sí	poco
	sí	sí	poco	poco	sí	poco	sí	sí	sí	no
	sí	sí	no	poco	poco	no	sí	sí	sí	no
	sí	sí	no	sí	no	no	no	poco	sí	sí
	sí	poco	no	sí	no	sí	no	no	no	sí
	sí	no	sí	no	sí	poco	sí	sí	sí	poco
	sí	poco	poco	no	sí	poco	sí	no	no	no
	sí	poco	no	no	sí	poco	sí	no	no	no
	sí	no	sí	no	sí	no	no	no	no	no
	sí	sí	no	poco	sí	poco	sí	poco	no	no
	sí	poco	no	sí	no	sí	no	no	no	sí
	sí	sí	no	sí	no	sí	no	no	no	sí
	no	sí	no	no	sí	no	sí	no	no	no
	no	sí	no	no	sí	no	no	no	no	no

Fuente. DIBUJO TECNICO RODAMIENTO. Archivo PDF.

## 2. DESIGNACIÓN DE RODAMIENTOS.

Todo rodamiento se identifica por una designación básica que normalmente consta de tres, cuatro o cinco cifras, o bien de una combinación de letras y cifras.

La figura 18 muestra el sistema básico de designación para los tipos de rodamientos más comunes. Las cifras(o las letras y las cifras) identifican las siguientes características en el mismo orden aquí consignado:

- La primera cifra denota el **tipo de rodamiento** (de ranura profunda, de rodillos cilíndricos, etc.).
- La segunda y la tercera cifra denotan la **serie de dimensiones** (según ISO). La primera cifra de estas dos identifica la **relación de anchura o de altura** (B o T para la anchura y H para la altura) y la otra indica la **serie de diámetros** (D).
- Las dos últimas cifras de la designación básica indican después de multiplicadas por 5, el **diámetro del agujero d en milímetros**. Para un diámetro superior a 480 [mm] se indica directamente la cifra separado por una barra inclinada.

Designaciones de tipos de rodamientos:

**0** Rodamientos de dos hileras de bolas con contacto angular.

**1** Rodamientos de bolas a rótula.

**2** Rodamientos de rodillos a rótula y rodamientos axiales de rodillos a rótula.

**3** Rodamientos de rodillos cónicos.

**4** Rodamientos rígidos de dos hileras de bolas.

**5** Rodamientos axiales de bolas.

**6** Rodamiento rígido de una hilera de bolas.

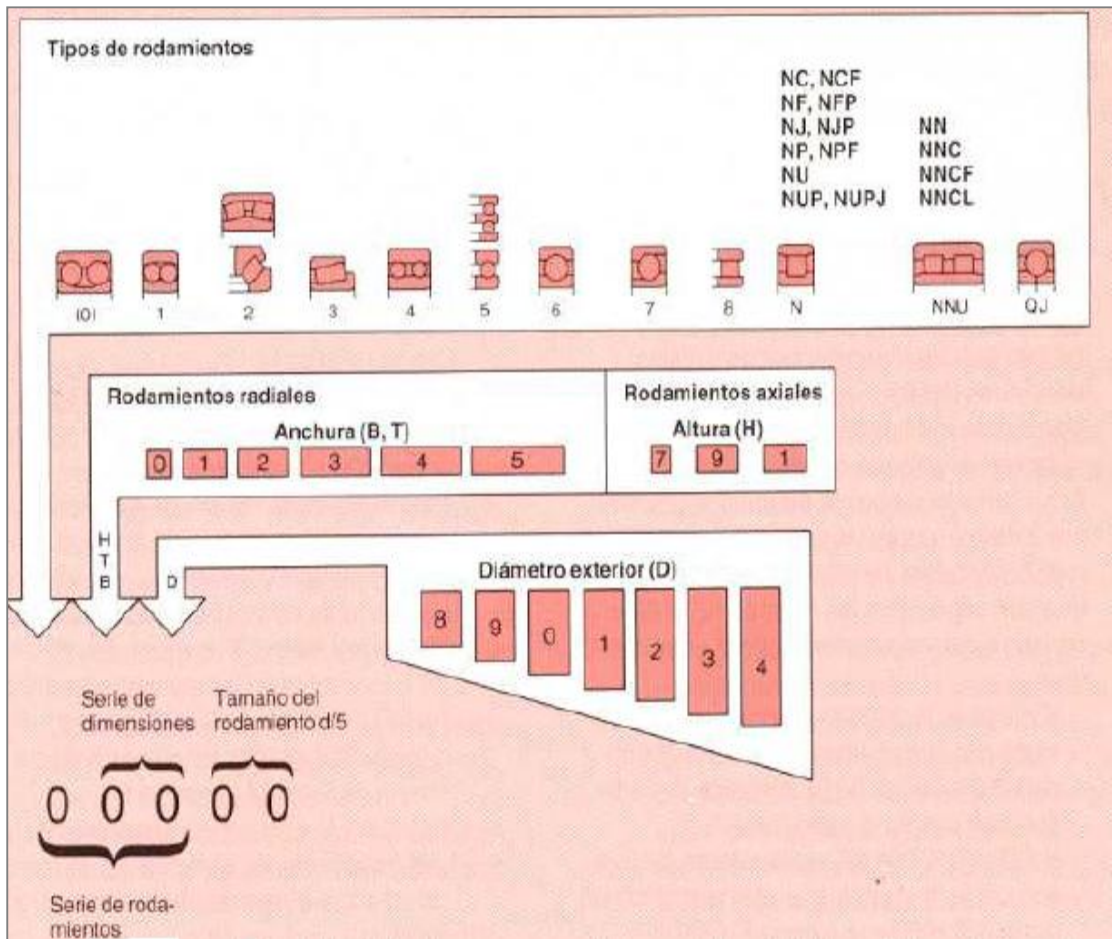
**7** Rodamiento de una hilera de bolas con contacto angular.

**8** Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos.

**N** Rodamientos de rodillos cilíndricos. A continuación de la letra N se puede añadir una o dos letras que denotan la configuración de la pestaña, por ejemplo NJ, UN, NUP, etc. Las designaciones para rodamientos con dos o más hileras de rodillos comienzan con las letras NN.

**NA** ó **NS** son las designaciones con la cual normalmente comienzan los rodamientos de agujas.

Figura 20. Diagrama básico de designación de rodamientos.



Fuente. SKF. Manual de rodamientos. Archivo PDF.

En ciertos casos se omite la cifra que indica el tipo de rodamiento y/o la primera cifra de la serie de dimensiones. Estas cifras omitidas se muestran entre corchetes en la siguiente figura y cada columna corresponde a un tipo de rodamiento, están con el mismo orden que la figura anterior.

**Figura 21. Cifras omitidas para algunos tipos de rodamientos.**

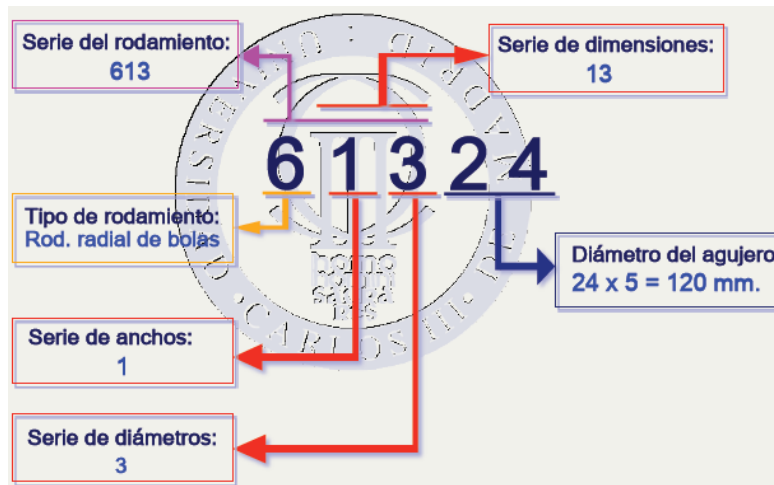
Series de rodamientos									
		223			544				(0)4
		213			524				33
		232			543	6(0)4			23
		222			523	623			(0)3
		241			542	6(0)3			22
		231			522	(60)3			12
		240				622			(0)2
		230	323		534	6(0)2			31
		249	313		514	(60)2			30
		239	303		533	16(0)1			20
	122	248	332		513	630	7(0)4	814	10
	104	238	322		532	6(1)0	7(0)3	894	39
(0)54	(1)23		302		512	16(0)0	7(0)2	874	29
(0)53	1(0)3		331		511	619	7(1)0	813	19
(0)52	(1)22	294	330		510	609	719	893	38
(0)33	1(0)2	293	320	4(2)3	590	618	718	812	28
(0)32	1(1)0	292	329	4(2)3	391	608	708	811	18
									41
									31
									50
									40
									30
									49
									39
									48
									23
									(0)3
									12
									(0)2
									10
									19

Para diámetros menores a 20[mm] el tamaño del agujero se indica así:

- 00 al final= agujero de 10 [mm]
- 01 al final=agujero de 12 [mm]
- 02 al final=agujero de 15 [mm]
- 03 al final=agujero de 17 [mm]

En rodamientos de diámetro menores a 10 [mm] simplemente se escribe el valor de diámetro (no se divide sobre 5), por tanto estos rodamientos solo contarán con tres cifras para su designación.

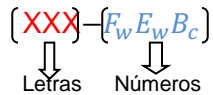
**Figura 22. Ejemplo de Normalización de rodamientos.**



*Fuente. Diseño mecánico de rodamientos. Archivo PDF.*

La designación para los rodamientos de agujas es un poco distinta, ya que estos tienen para su designación letras y números que se colocan de manera distinta a los demás

rodamientos. La forma de designarlos se muestra a continuación: El rodamiento de agujas con la designación **FWF- 252910** es aquel que posee un diámetro interior  $F_w = 25mm$ , un Diámetro exterior  $E_w = 29mm$  y un ancho  $B_c = 10mm$  ; por lo que podemos decir que la enumeración de estos rodamientos van de la siguiente manera:



Algunos rodamientos para su designación se omiten la numeración correspondiente con el ancho como por ejemplo el rodamiento **FJ-1210**.

#### EJEMPLO:

Seleccionar el tipo de rodamiento de bolas con los siguientes datos:

$$d = 17 [mm]$$

$$D = 47 [mm]$$

$$B = 14 [mm]$$

Solución:

Utilizaremos dos formas de hallar la designación, el primer método consiste en utilizar los datos anteriores y simplemente buscar en el catálogo el que cumpla con los requisitos, y el segundo método consiste en buscar la designación haciendo uso del significado de la letra o número correspondiente a dicho rodamiento.

- Primer método:

Con los datos anteriores simplemente nos vamos a cualquier catálogo de rodamiento (En este ejercicio se utiliza el NSK) y buscamos la designación que cumpla con dichos requisitos.

Buscando en el catálogo y ya sabiendo que es un rodamiento de bolas, nos encontramos que en la página B48 del catálogo NSK hay un rodamiento que cumple con las características:

	Dimensiones (mm)				Índices de Carga Básica (N) (kgf)				Factor $f_0$	Velocidad Límite (rpm)			Números de Rodamiento			
	$d$	$D$	$B$	$r_{min.}$	$C_r$	$C_{0r}$	$C_r$	$C_{0r}$		Grasa		Aceite	Abierto	Blindado	Sellado	
										Abierto Z	Abierto V	DU				DDU
<b>10</b>	19	5	0.3		1 720	840	175	86	14.8	34 000	24 000	40 000	<b>6800</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DD</b>
	22	6	0.3		2 700	1 270	275	129	14.0	32 000	22 000	38 000	<b>6900</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DD</b>
	26	8	0.3		4 550	1 970	465	201	12.4	30 000	22 000	36 000	<b>6000</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	30	9	0.6		5 100	2 390	520	244	13.2	24 000	18 000	30 000	<b>6200</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	35	11	0.6		8 100	3 450	825	350	11.2	22 000	17 000	26 000	<b>6300</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	<b>12</b>	21	5	0.3		1 920	1 040	195	106	15.3	32 000	20 000	38 000	<b>6801</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>
24		6	0.3		2 890	1 460	295	149	14.5	30 000	20 000	36 000	<b>6901</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DD</b>
28		7	0.3		5 100	2 370	520	241	13.0	28 000	—	32 000	<b>16001</b>	—	—	—
	28	8	0.3		5 100	2 370	520	241	13.0	28 000	18 000	32 000	<b>6001</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	32	10	0.6		6 800	3 050	695	310	12.3	22 000	17 000	28 000	<b>6201</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	37	12	1		9 700	4 200	990	425	11.1	20 000	16 000	24 000	<b>6301</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	<b>15</b>	24	5	0.3		2 070	1 260	212	128	15.8	28 000	17 000	34 000	<b>6802</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>
28		7	0.3		4 350	2 260	440	230	14.3	26 000	17 000	30 000	<b>6902</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DD</b>
32		8	0.3		5 600	2 830	570	289	13.9	24 000	—	28 000	<b>16002</b>	—	—	—
	32	9	0.3		5 600	2 830	570	289	13.9	24 000	15 000	28 000	<b>6002</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	35	11	0.6		7 650	3 750	780	380	13.2	20 000	14 000	24 000	<b>6202</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	42	13	1		11 400	5 450	1 170	555	12.3	17 000	13 000	20 000	<b>6302</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
<b>17</b>	26	5	0.3		2 630	1 570	268	160	15.7	26 000	15 000	30 000	<b>6803</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DD</b>
	30	7	0.3		4 600	2 550	470	260	14.7	24 000	15 000	28 000	<b>6903</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	35	8	0.3		6 000	3 250	610	330	14.4	22 000	—	26 000	<b>16003</b>	—	—	—
	35	10	0.3		6 000	3 250	610	330	14.4	22 000	13 000	26 000	<b>6003</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	40	12	0.6		9 550	4 800	975	490	13.2	17 000	12 000	20 000	<b>6203</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	47	14	1		13 600	6 650	1 390	675	12.4	15 000	11 000	18 000	<b>6303</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>

Por tanto la designación del rodamiento sería **6303**

- Segundo método:

En este método se realiza un procedimiento más elaborado haciendo un buen uso del catálogo y de los conceptos básicos para su designación. Para este método se utiliza el capítulo 7 del catálogo de rodamientos NSK en el cual están tabulados los rodamientos de acuerdo a su serie de diámetro, series de anchos y a su diámetro de agujero.

Por lo general son cinco números que conforman la designación del rodamiento, el primero se consigue sabiendo el tipo y según la figura 18 a un rodamiento de bolas le corresponde el **número 6**.

El último número simplemente se consigue dividiendo el diámetro interior (d) sobre 5:

$$\frac{17}{5} = 3,4$$

*pero esto estaría mal porque el diámetro de agujero es menor a 20mm, por tanto acudimos a la regla que nos dice que cuando el diámetro es de 17mm los últimos dos números serán **03***

Ya teniendo el primer y el último número procedemos a encontrar los números correspondientes a la serie de dimensiones. El procedimiento es el siguiente:

1. Entramos al catálogo con el diámetro de agujero (d).
2. Cuando se tenga identificado el diámetro interno de agujero procedemos al buscar el diámetro externo que corresponde al de los datos del ejemplo. Este se encuentra avanzando horizontalmente.
3. Inmediatamente se tenga localizado los diámetros interno y externo buscamos el ancho que nos da el ejercicio y subimos de manera vertical hasta encontrar la serie dimensional que le corresponde a dicho rodamiento.
4. Cuando se encuentre el valor de la serie dimensional inmediatamente se corrobora con la figura 19 si se ignorará la primera de sus dos cifras.

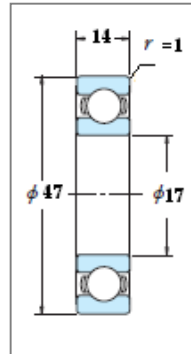
Poniendo en práctica lo anterior procedemos a encontrar el valor de la serie dimensional que le corresponde a dicho rodamiento. Buscando en el catálogo vemos que en la página A42 encontramos la serie dimensional que corresponde al rodamiento que queremos designar:

d	Serie diámetro 1								Serie diámetro 2								Serie diámetro 3						
	D	Serie dimensional					Serie dimensional		D	Serie dimensional					Serie dimensional		D	Serie dimensional					
		01	11	21	31	41	01	11 ~ 41		82	02	12	22	32	42	82		02 ~ 42	83	03	13	23	33
		B					r (mín)	B					r (mín)	B									
0.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
2.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
6	—	—	—	8	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
7	—	—	—	9	11	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
8	—	—	—	10	12	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
9	—	—	—	10	12	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
10	—	—	—	12	14	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
12	—	—	—	12	14	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
15	—	—	—	12	14	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
17	—	—	—	13	15	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
20	—	—	—	15	18	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
22	—	—	—	16	19	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
25	—	—	—	16	19	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		

Ahora comprobamos si el primer número va ó no en lo que corresponde a la serie dimensional. Esto lo comprobamos con la columna correspondiente a los rodamientos de

bolas de la figura 15. De ahí vemos que efectivamente el primer número, para este caso el cero, no se tiene en cuenta en la designación.

Finalmente la designación del rodamiento sería: **6303**



*Cotas en mm*

### 3. REPRESENTACIÓN DE RODAMIENTOS.

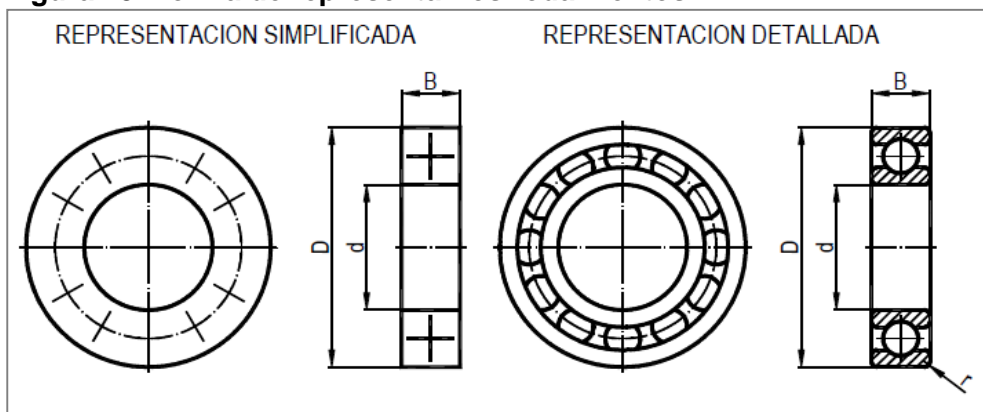
En los dibujos de conjunto, los rodamientos se representan en corte; esto es debido a que van alojados en el interior de soportes, de ahí que para su visualización y consiguiente representación sea necesario realizar una vista en corte del conjunto.

Existen dos tipos de representación: representación simplificada y representación detallada. Al tratarse de elementos normalizados, se puede recurrir a una representación simplificada según UNEEN ISO 8826-1, representando únicamente las características esenciales del rodamiento, para ahorrar tiempo y esfuerzo. Esta **representación simplificada** se puede utilizar cuando no sea necesario mostrar la forma exacta y los detalles constructivos del rodamiento.

**La representación detallada** según UNE-EN ISO 8826-2 da más pormenores sobre la constitución del rodamiento: tipo y número de hileras de elementos rodantes, características de carga, posibilidad de alineación, etc. Este tipo de representación es la más comúnmente utilizada en dibujos de conjunto.

Según la finalidad del dibujo, se utilizará uno u otro tipo de representación. Para evitar malentendidos, en un mismo dibujo solamente deberá utilizarse un tipo de representación.

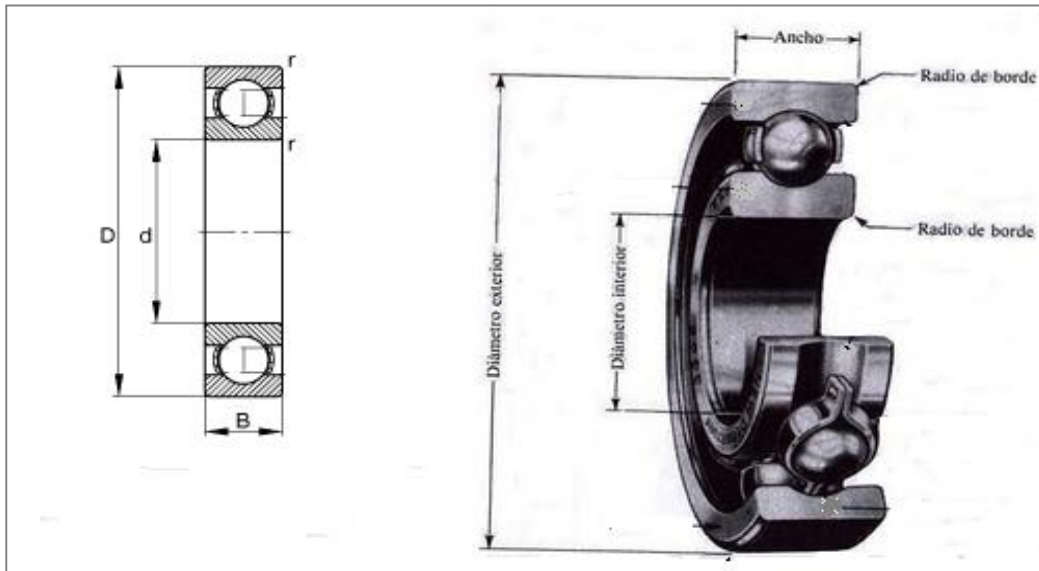
**Figura 23. Forma de representar los rodamientos.**



Fuente. <http://es.slideshare.net/miguelespitiacastano/representacion-grfica-de-rodamientos>

Con independencia del tipo de representación utilizada, en los dibujos de conjunto se han de respetar las medidas principales del rodamiento, como son: **diámetro nominal del aro interior, diámetro nominal del aro exterior, anchura nominal y medida del chaflán de los aros interior y exterior; las restantes medidas se deducen aproximadamente.**

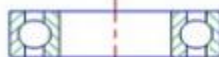





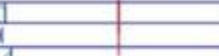
Figura 24. Cotas que debe llevar un rodamiento.



Fuente. TM lección 6. Archivo PDF.

Hay que aclarar que **B** es el ancho total del rodamiento, no solo el ancho del anillo; ya que algunas veces el armazón de rodamiento sobrepasa el ancho del anillo exterior. Un ejemplo de este caso es el rodamiento de rodillos cónicos, en donde B es el ancho total y C es el ancho del anillo exterior.

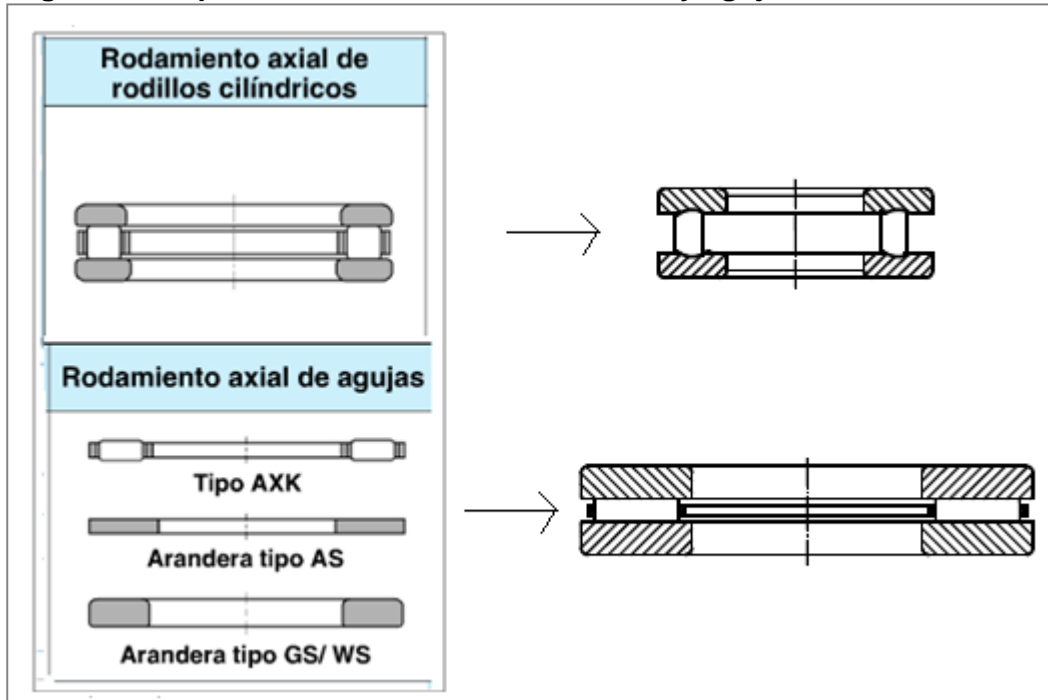
**Figura 25. Representación detallada de rodamientos.**

Tipo de rodamiento	Ilustración en corte
Rodamiento rígido de bolas	
Rodamiento de bolas de contacto angular	
Rodamiento de bolas de contacto angular de doble hilera	
Rodamiento de rodillos cilíndrico de una hilera	
Rodamiento de rodillos cónicos	
Rodamiento de agujas	
Rodamiento axial de bolas de simple efecto.	

Fuente. <http://es.slideshare.net/miguelspitiacastano/representacin-grfica-de-rodamiento>.

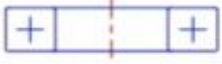
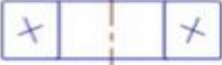

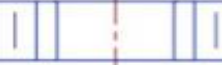



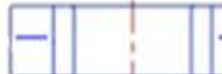

La representación detallada de los rodamientos axiales de rodillos cilíndricos y de agujas se muestra a continuación:

**Figura 26. Representación detallada de rodillos y agujas axiales.**



Fuente. Catálogo NTN.

**Figura 27. Representación simplificada de rodamientos.**

Tipo de rodamiento	Ilustración en corte
Rodamiento rígido de bolas	
Rodamiento de bolas de contacto angular	
Rodamiento de bolas de contacto angular de doble hilera	
Rodamiento de rodillos cilíndrico de una hilera	
Rodamiento de rodillos cónicos	
Rodamiento de agujas	
Rodamiento axial de bolas de simple efecto.	
Rodamiento axial de rodillos cilíndrico	
Rodamiento axial de agujas	

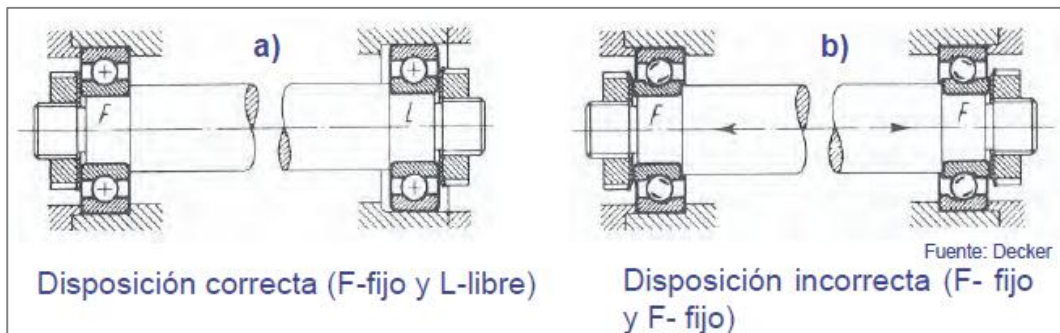
Fuente. <http://es.slideshare.net/miguelespitiacastano/representacin-grfica-de-rodamiento>.

#### 4. DISPOSICIÓN GENERAL DE LOS RODAMIENTOS

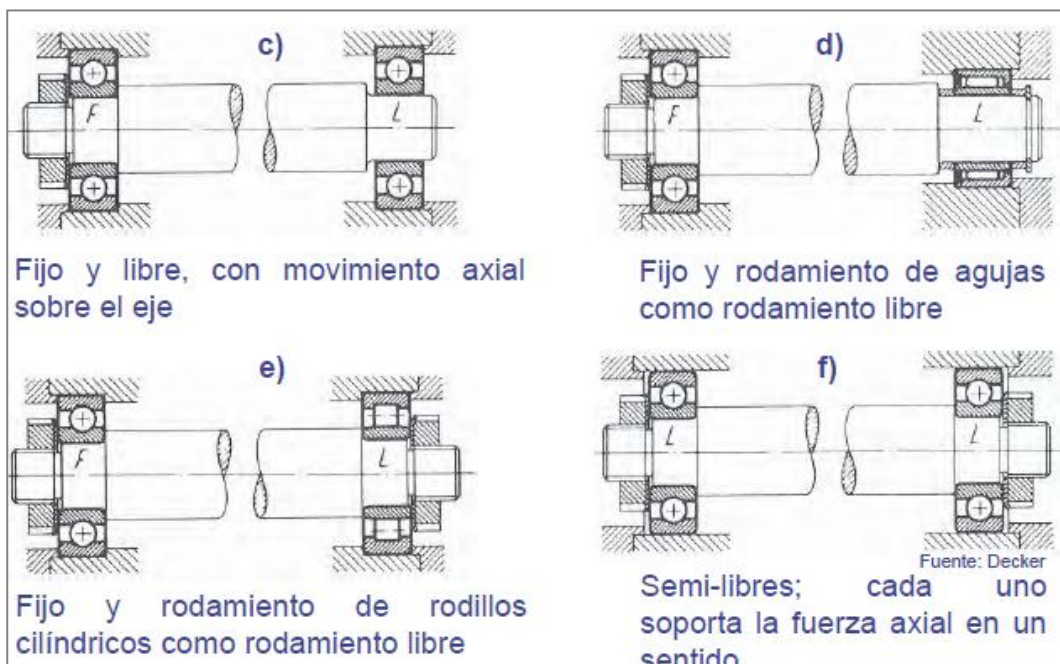
La disposición habitual consta de dos rodamientos: uno **fijo (F)** y otro **libre (L)**:

- El **rodamiento fijo** proporciona soporte radial y fijación axial en ambos sentidos.
- El **rodamiento libre** sólo soporta carga radial y debe desplazarse axialmente.

**Figura 28. Disposición general de los rodamientos.**



Estas son las disposiciones alternativas:



Fuente. TM lección 6. Archivo PDF.

Si desea una mayor profundización ver capítulo 4 del catálogo NSK.

## 5. SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL RODAMIENTO EN FUNCIÓN DEL ÍNDICE BÁSICO DE CARGA

Las distintas funciones requeridas a los rodamientos varían según la aplicación requerida. Estas funciones se deben ejecutar durante un período de tiempo prolongado. Aunque los rodamientos estén montados adecuadamente y funcionen correctamente, finalmente dejarán de funcionar satisfactoriamente debido al aumento de ruido y vibración, a la pérdida de precisión en el funcionamiento, al deterioro de la grasa o a la descamación por fatiga de las superficies rodantes.

Entre la carga de los rodamientos y el índice básico de vida existe la siguiente relación:

- Para rodamientos de bolas:

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^3 [rev] \quad (1)$$

- Para rodamientos de rodillos:

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^{\frac{10}{3}} [rev] \quad (2)$$

Donde **L**: Índice básico de vida

**P**: Carga del rodamiento (carga equivalente) (N), {kgf}

**C**: Índice básico de carga (N), {kg}

Para los rodamientos radiales, C se cambia por  $C_r$ ; mientras que para los de apoyo (axial), C se cambia por  $C_a$ .

La vida del rodamiento, en el sentido amplio de la palabra, es el período durante el cual los rodamientos siguen en funcionamiento y cumplen las funciones para las que están diseñados. Esta vida del rodamiento se puede definir como la vida frente al ruido, la vida frente a la abrasión, la vida de la grasa o la vida frente a la fatiga de los elementos rodantes, dependiendo de cuál de ellas provoca la pérdida de servicio del rodamiento.

En el caso de los rodamientos que operan a una velocidad constante, es conveniente expresar la vida frente a la fatiga en horas. En general, la vida frente a la fatiga de los rodamientos utilizados en automóviles y en otros vehículos se expresa en kilómetros. **Si designamos el índice básico de vida como  $L_h$  (horas), la velocidad del rodamiento como  $n$  (rpm), el factor de vida frente a la fatiga como  $f_h$ , y el factor de velocidad como  $f_n$ , obtenemos las relaciones mostradas:**

$$L_h = \frac{10^6}{60*n} \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad [horas] \quad (3)$$

$p = 3$  Para rodamientos de bolas.

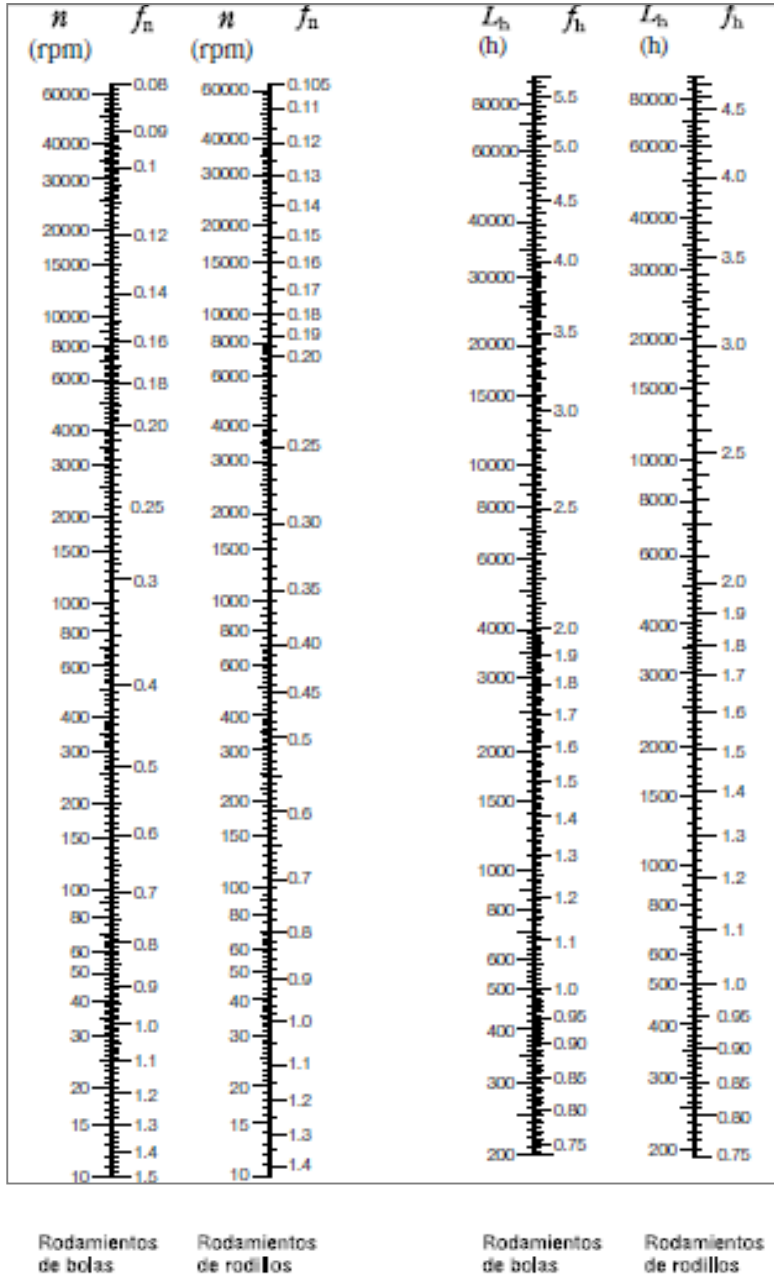
$p = \frac{10}{3}$  Para rodamientos de rodillos.

Si conoce la carga del rodamiento  $P$  y la velocidad  $n$ , se puede determinar un factor de vida de fatiga  $f_h$  adecuado para la proyección de vida de la máquina y a continuación calcule el **índice básico de carga  $C_r$**  mediante la siguiente ecuación:

$$C_r = \left(\frac{f_h}{f_n}\right) * P \quad [N] \quad (4)$$

$f_h$  Y  $f_n$  se calculan a partir de ecuaciones ó a partir de la siguiente figura:

**Figura 29. Método para seleccionar  $f_h$  y  $f_n$  a partir del conocimiento de  $n$  y  $L_h$ .**



Fuente. Catálogo de rodamientos NSK.

Esta figura se les proporcionará en el laboratorio para que sea utilizada si es necesario.

### 5.1 CALCULO DE LAS CARGAS EQUIVALENTES:

La carga equivalente sobre los rodamientos puede calcularse utilizando la siguiente ecuación:

$$P = X * F_r + Y * F_a \quad (5)$$

Donde **P**: Carga equivalente (N), {kgf}

**Fr**: Carga radial (N), {kgf}

**Fa**: Carga axial (N), {kgf}

**X**: Factor de carga radial

**Y**: Factor de carga axial

Los valores de X e Y se muestran en las tablas de rodamientos. La carga radial equivalente para **rodamientos radiales** será:

$$P = F_r \quad (6)$$

En general la ecuación (5) sirve para todos los tipos de rodamientos, lo único que debe hacer es adecuarla según sea el caso, como lo hicimos en la ecuación (6) para los rodamientos radiales. Para los **rodamientos de rodillos esféricos** esta ecuación tiene dos formas:

$$P = X * F_r + Y_3 * F_a \quad (7) \longrightarrow \text{cuando } \frac{F_a}{F_r} \leq e$$

$$P = X * F_r + Y_2 * F_a \quad (8) \longrightarrow \text{cuando } \frac{F_a}{F_r} > e$$

Los valores de X, Y<sub>3</sub>, Y<sub>2</sub> y e se encuentran en los catálogos. Donde e representa una constante.

- EJEMPLO 1:

Seleccione un rodamiento de rodillos esféricos de la serie 231 que cumpla con las siguientes condiciones:

$$\begin{aligned} F_r &= 45000[N] \\ F_a &= 8000[N] \\ n &= 500[rpm] \\ L_h &\geq 30000[h] \end{aligned}$$

Solución:

- ✓ Con un  $L_h \geq 30000$  nos vamos a la figura 19 y obtenemos un  $f_h \geq 3,45$
- ✓ Con  $n = 500$  [rpm] nos vamos a la figura 19 y obtenemos un  $f_n = 0,44$

Como es un rodamiento de rodillos esféricos, existen dos posibilidades, las ecuaciones (7) y (8):

$$P = X * F_r + Y_3 * F_a \quad (\text{A})$$

$$P = X * F_r + Y_2 * F_a \quad (\text{B})$$

Ahora necesitamos saber el producto  $\frac{F_a}{F_r}$  para saber cuál de las dos utilizamos:

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{8000}{45000} \cong 0,177$$

Ahora necesitamos comparar si este valor es mayor o menor que  $e$ . Como no sabemos cuál es el valor de  $e$  hacemos uso del catálogo y escogemos un valor que pertenezca a la serie 231 (puede ser el primer valor de la serie 231 del catálogo).

Del catálogo NSK (pág. B185):

Rodamiento	Dimensiones de Tope y Chaflán (mm)					Constante	Factores de Carga Axial			Masa (kg)	
	Diámetro Interior Cónico <sup>(1)</sup>	min. $d_a$	máx.	máx. $D_a$	min.		$r_a$ máx.	$e$	$Y_2$		$Y_3$
<b>22218EAKE4</b>		100	108	150	142	2	0.24	4.3	2.9	2.8	3.3
<b>23218CKE4</b>		100	105	150	138	2	0.32	3.2	2.1	2.1	4.51
<b>21318EAKE4</b>		104	115	176	152	2.5	0.24	4.3	2.9	2.8	6.1
<b>22318EAKE4</b>		104	115	176	163	2.5	0.33	3.1	2.1	2.0	8.56
<b>22219EAKE4</b>		107	115	158	152	2	0.24	4.3	2.9	2.8	4.04
<b>23219CAKE4</b>		107	—	158	146	2	0.32	3.1	2.1	2.0	5.33
<b>21319CKE4</b>		109	127	186	172	2.5	0.22	4.6	3.1	3.0	6.92
<b>22319EAKE4</b>		109	121	186	172	2.5	0.33	3.1	2.1	2.0	9.91
<b>23020CDKE4</b>		109	112	141	136	1.5	0.22	4.6	3.1	3.0	2.31
<b>24020CK30E4</b>		109	110	141	132	1.5	0.30	3.4	2.3	2.2	3.08
<b>23120CKE4</b>		110	113	155	144	2	0.30	3.4	2.3	2.2	4.38

Para este caso obtenemos los siguientes valores:

$$e = 0,3; Y_2 = 3,4; Y_3 = 2,3$$

De los valores encontrados y sabiendo el valor de  $e$  podemos decir que  $\frac{F_a}{F_r} \leq e$  ( $0,177 < 0,3$ ). Por tanto vamos a utilizar la ecuación (A):

$$P = X * F_r + Y_3 * F_a$$

$$P = 45000 * X + 2,3 * 8000$$

El valor de  $x$  lo encontramos de la siguiente tabla, la cual está disponible en el catálogo:

Carga Dinámica Equivalente			
$P = XF_r + YF_a$			
$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$	
$X$	$Y$	$X$	$Y$
1	$Y_3$	0.67	$Y_2$

Cabe aclarar que esta tabla solo sirve con rodamientos de rodillos esféricos.

$$P = 45000 * 1 + 2,3 * 8000$$

$$P = 63400[N]$$

El valor que nos va a indicar el tipo de rodamiento es el de capacidad dinámica, y este se puede encontrar con la ecuación (4):

$$C_r = \left(\frac{f_h}{f_n}\right) * P = \frac{3,45}{0,44} * 63400$$

$$C_r \approx 497000 [N]$$

Con el valor de  $C_r$  nos vamos al catálogo y buscamos el primer rodamiento de la serie 231 que cumpla con dicho requerimiento.

<i>d</i>	Dimensiones (mm)			Índices Básicos de Carga				Velocidades Límite (rpm)		Números de Diámetro Interior Cilíndrico
	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>r</i> <sub>min.</sub>	<i>C<sub>r</sub></i> (N)	<i>C<sub>0r</sub></i> (N)	<i>C<sub>r</sub></i> (kgf)	<i>C<sub>0r</sub></i> (kgf)	Grasa	Aceite	
<b>120</b>	180	46	2	315 000	525 000	32 000	53 500	1 800	2 200	<b>23024CE4</b>
	180	60	2	395 000	705 000	40 500	72 000	1 500	2 000	<b>24024CE4</b>
	200	62	2	465 000	720 000	47 500	73 500	1 400	1 800	<b>23124CE4</b>
	200	80	2	575 000	950 000	58 500	96 500	1 400	1 800	<b>24124CE4</b>
	215	58	2.1	550 000	765 000	56 000	78 000	2 000	2 600	<b>22224EAE4</b>
	215	76	2.1	630 000	970 000	64 500	99 000	1 300	1 700	<b>23224CE4</b>
	260	86	3	955 000	1 320 000	97 000	134 000	1 600	2 000	<b>22324EAE4</b>
<b>130</b>	200	52	2	400 000	655 000	40 500	67 000	1 700	2 000	<b>23026CE4</b>
	200	69	2	495 000	865 000	50 500	88 000	1 400	1 800	<b>24026CE4</b>
	210	64	2	505 000	825 000	51 500	84 500	1 300	1 700	<b>23126CE4</b>

El rodamiento que cumple con dichos requerimientos es el **23126CE4**

- EJEMPLO 2:

Encontrar el valor verdadero del índice básico de vida  $L_h$  del rodamiento seleccionado en el punto anterior.

Solución:

Del rodamiento **23126CE4** sabemos los siguientes datos:

$$C_r = 505000[N]$$

$$Y_3 = 2,4$$

$$Y_2 = 3,6$$

$$e = 0,28$$

Utilizando la ecuación (3) podemos encontrar el índice básico de vida:

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left( \frac{C_r}{P} \right)^{\beta}$$

Para encontrar  $P$  necesitamos verificar si  $e$  es mayor, menor o igual al producto entre la fuerza axial y la fuerza radial:

$$\frac{F_a}{F_r} \leq e \quad (0,177 < 0,28)$$

$F_a, F_r,$  y  $n$  Son los mismos valores del ejemplo anterior.

Procedemos a encontrar el valor de la carga equivalente  $P$  :

Carga Dinámica Equivalente			
$P = XF_r + YF_a$			
$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$	
$X$	$Y$	$X$	$Y$
1	$Y_3$	0.67	$Y_2$

$$P = X * F_r + Y_3 * F_a$$

$$P = 45000 * 1 + 2,4 * 8000$$

$$P = 64200[N]$$

Con todos los datos disponibles procedemos a encontrar  $L_h$ :

$$L_h = \frac{10^6}{60*n} \left(\frac{C_r}{P}\right)^p = \frac{10^6}{60*500} \left(\frac{505000}{64200}\right)^{(10/3)}$$

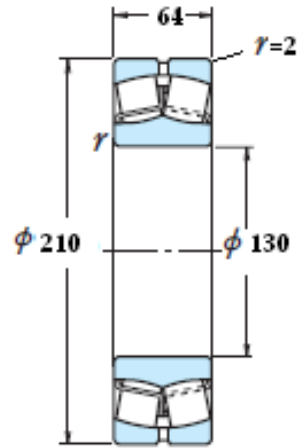
$$L_h = 32000 \text{ [horas]}$$

Donde  $p = 10/3$  Para rodamientos de rodillos

Como vemos este rodamiento con las condiciones de carga a la que está sometido, puede tener 32000 horas de servicio.

*Dimensiones del rodamiento final:*

✓ Cotas en mm.



## 6. AJUSTES RECOMENDADOS EN RODAMIENTOS

### 6.1 CONSIDERACIONES GENERALES:

- La pista del rodamiento que se encuentra en contacto con el **elemento móvil** deberá tener un *ajuste con aprieto prensado* que deberá aumentar proporcionalmente a la carga actuante.
- La pista del rodamiento en contacto con el **elemento fijo** deberá ser *ajustada sin aprieto*.
- Al ajustar los rodamientos de bolas y de rodillos, **se considerará al aro exterior como eje-base y al aro interior como agujero-base**.
- La posición de la tolerancia y su calidad se debe determinar en función de los siguientes criterios:
  - ✓ Respecto a la carga que actúa sobre el aro exterior, es importante analizar su naturaleza, magnitud y dirección.
  - ✓ El régimen de trabajo, las condiciones de giro y temperatura, método de montaje y desmontaje, son circunstancias que se deberán tener presentes.

Con todo lo anterior como criterios fundamentales, las tolerancias recomendadas son las siguientes:

#### 6.1.1 Aro exterior fijo (Árbol giratorio).

Las tolerancias del eje donde va alojado el aro interior son:

- h5 o j5 - Para cargas débiles o variables. (Motores eléctricos ...).
- k5 o k6 - Para cargas normales. (Reductores de velocidad ...).
- m5 o m6 - Para cargas pesadas. (Vagonetas de minas ...).
- n6 o p6 - Para cargas muy grandes y cargas de choque. (Locomotoras ..).

Las tolerancias del agujero donde va alojado el aro exterior son:

- H6 o H7 - Para cargas medias (transmisiones ...).
- J6 o J7 - Para cargas normales (herramientas, maquinaria ...).
- K6 - Para cargas importantes (poleas, compresores, elevadores ...).
- N6 o M6 - Para cargas elevadas (reductores grandes ...).

### 6.1.2 Aro exterior móvil (Árbol fijo)

Las tolerancias del eje donde se ajusta el aro interior son:

- g5, g6 o h6 - Para cargas constantes (poleas, ruedas para cables ...).
- j5 o h6 - Para cargas ligeras o variables (maquinarias, bombas ...).

Las tolerancias del agujero donde se aloja el aro exterior:

- M6 o M7 - Para cargas moderadas y variables (poleas, rodillos ...).
- N6 o N7 - Para cargas pesadas (cubos de ruedas, cigüeñales ...).
- P6 o P7 - Para cargas grandes (aparatos de elevación ...).

En condiciones normales, la precisión de las dimensiones de los asientos sobre el eje debe ser de calidad no menor a IT6 y en el alojamiento por lo menos IT7. Si se emplean manguitos tanto de fijación como de desmontaje sobre ejes cilíndricos, se recomiendan calidades IT9 o IT10 para las tolerancias en los diámetros de asiento de los manguitos en el eje. En las Tablas 1 y 2.e se indican las tolerancias de árboles y alojamientos para el montaje de rodamientos según las medidas nominales y la zona de tolerancia.

Figura 30. Primera tabla de tolerancias de rodamientos.

Tolerancias de árboles para el montaje de rodamientos														
Tipo de carga	Ejemplos de aplicación	Tolerancias del árbol (μ)												
		Zona de tolerancia	Medidas nominales (mm.)											
			de 3 a 6	de 6 a 10	de 10 a 15	de 15 a 30	de 30 a 50	de 50 a 80	de 80 a 120	de 120 a 180	de 180 a 250	de 250 a 315	de 315 a 400	de 400 a 500
Carga fija sobre el aro interior	Ruedas delanteras de automóviles: exteriormente rodamiento de bolas para empujes oblicuos.	g 6	-4	-5	-6	-7	-9	-10	-12	-14	-15	-17	-18	-20
	Ruedas de desplazamiento de grúas: rodamientos de rodillos de barrilete de una o dos hileras de rodillos.		-12	-14	-17	-20	-25	-29	-34	-39	-44	-49	-54	-60
	Pequeños motores eléctricos: rodamientos radiales rígidos, de bolas.	h 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carga fija sobre el aro interior	Ruedas delanteras de automóviles: interiormente rodamientos de bolas para empujes oblicuos; exteriormente rodamientos de rodillos cónicos.	h 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Volantes polipastos de grúa, poleas para cables, rodamientos a rótula de una o dos hileras de rodillos de barrilete.		-8	-9	-11	-13	-16	-19	-22	-25	-29	-32	-36	-40
Carga giratoria, o carga alternativa o carga de dirección indeterminada	Árbol del piñón en los automóviles: rodamientos de dos hileras de bolas para empujes oblicuos.	j 5	+4	+4	+5	+5	+6	+6	+6	+7	+7	+7	+7	+7
	Pequeños motores: rodamientos radiales rígidos, de bolas.		-1	-2	-3	-4	-5	-7	-9	-11	-13	-16	-18	-20
Carga giratoria, o carga alternativa o carga de dirección indeterminada	Dinamo: rodamientos idem, de bolas desmontables.	j 5	+4	+4	+5	+5	+6	+6	+6	+7	+7	+7	+7	+7
	Husillos de máquinas herramientas: rodamientos radiales de bolas, rígidos y rodamientos de bolas de empujes oblicuos.		-1	-2	-3	-4	-5	-7	-9	-11	-13	-16	-18	-20
Carga giratoria, o carga alternativa o carga de dirección indeterminada	Husillos de máquinas de labrar madera: rodamientos de bolas, rígidos.	j 5	+4	+4	+5	+5	+6	+6	+6	+7	+7	+7	+7	+7
	Árbol del piñón en los automóviles: rodamientos de dos hileras de bolas para empujes oblicuos.		-1	-2	-3	-4	-5	-7	-9	-11	-13	-16	-18	-20
Carga giratoria, o carga alternativa o carga de dirección indeterminada	Ruedas de automóviles: rodamientos de rodillos cónicos, rodamientos para empujes oblicuos y rodamientos radiales de bolas, rígidos.	j 6	+7	+7	+8	+9	+11	+12	+13	+14	+16	+16	+18	+20
	Árbol del piñón en los automóviles: rodamientos de rodillos cónicos y rodamientos de bolas para empujes oblicuos.		-1	-2	-3	-4	-5	-7	-9	-11	-13	-16	-18	-20
Carga giratoria, o carga alternativa o carga de dirección indeterminada	Motores eléctricos: rodamientos de bolas radiales, rígidos y rodamientos de rodillos cilíndricos (para agujeros hasta 60 mm).	k 5	-	+7	+9	+11	+13	+15	+18	+21	+24	+27	+29	+32
	Husillos de máquinas herramientas: rodamientos de rodillos cónicos y de rodillos cilíndricos.		-	+1	+1	+2	+2	+2	+3	+3	+4	+4	+4	+5
Carga giratoria, o carga alternativa o carga de dirección indeterminada	Ventiladores rápidos: rodamientos de bolas radiales, rígidos.	k 6	-	+7	+9	+11	+13	+15	+18	+21	+24	+27	+29	+32
	Cigüeñales de motores de explosión ligeros: rodamientos de bolas radiales, rígidos.		-	+1	+1	+1	+2	+2	+3	+3	+4	+4	+4	+5
Carga giratoria, o carga alternativa o carga de dirección indeterminada	Árboles del piñón de automóviles: rodamientos de rodillos cónicos.	k 6	-	+10	+12	+15	+18	+21	+25	+28	+33	+36	+40	+45
	Ruedas delanteras de automóviles: interiormente, rodamientos de rodillos cónicos.		-	+1	+1	+1	+2	+2	+3	+3	+4	+4	+4	+5
Carga giratoria, o carga alternativa o carga de dirección indeterminada	Poleas para cables: rodamientos de rodillos cilíndricos (aro interior fijo).	m 5	+9	+12	+15	+17	+20	+24	+28	+33	+37	+43	+46	+50
	Laminadores: rodamientos de rodillos cilíndricos.		+4	+6	+7	+8	+9	+11	+13	+15	+17	+20	+21	+23
Carga giratoria, o carga alternativa o carga de dirección indeterminada	Motores eléctricos rodamientos de rodillos cilíndricos y rodamientos de rodillos de barrilete, a rótula (para agujeros de más de 60 mm).	m 6	+12	+15	+18	+21	+25	+30	+35	+40	+46	+52	+52	+63
	Husillo pesado de máquinas herramientas: rodamientos de rodillos cónicos y de rodillos cilíndricos.		+4	+6	+7	+8	+9	+11	+13	+15	+17	+20	+21	+23
Carga giratoria, o carga alternativa o carga de dirección indeterminada	Ventiladores rápidos: rodamientos de rodillos cilíndricos.	n 6	+16	+19	+23	+28	+33	+39	+45	+52	+60	+66	+73	+80
	Cigüeñales de motores Diesel medianos y pesados: rodamientos de rodillos cilíndricos y rodamientos de rodillos de barrilete, a rótula.		+8	+10	+12	+15	+17	+20	+23	+27	+31	+34	+37	+40
Carga giratoria, o carga alternativa o carga de dirección indeterminada	Cribas sacudidoras: rodamientos de rodillos de barrilete, a rótula, rodamientos de rodillos cilíndricos.	p 6	+20	+24	+29	+35	+42	+51	+59	+68	+79	+88	+98	+108
	Motores eléctricos para vehículos: rodamientos de rodillos cilíndricos y rodamientos de rodillos de barrilete, a rótula (d > 90 mm).		+12	+15	+18	+22	+26	+32	+37	+43	+50	+56	+62	+68
Carga giratoria, o carga alternativa o carga de dirección indeterminada	Rodillos transportadores de homos giratorios: rodamientos de rodillos cilíndricos.	p 6	+20	+24	+29	+35	+42	+51	+59	+68	+79	+88	+98	+108
	Sierras de hojas múltiples, gorriones de manivelas: rodamientos de rodillos de barrilete, a rótula.		+12	+15	+18	+22	+26	+32	+37	+43	+50	+56	+62	+68
Carga giratoria, o carga alternativa o carga de dirección indeterminada	Bielas de acoplamiento de locomotoras: rodamientos de rodillos cilíndricos y rodamientos de rodillos de barrilete, a rótula.	p 6	+20	+24	+29	+35	+42	+51	+59	+68	+79	+88	+98	+108
	Tolerancia del diámetro del agujero del rodamiento.		-10	-10	-10	-10	-12	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 31. Segunda tabla de tolerancias de rodamientos.

Tolerancias de árboles para el montaje de rodamientos		Tolerancias de alojamiento												
Tipo de carga	Ejemplos de aplicación	Medidas nominales (mm.)												
		de 6 a 10	de 10 a 18	de 18 a 30	de 30 a 50	de 50 a 80	de 80 a 120	de 120 a 180	de 180 a 250	de 250 a 315	de 315 a 400	de 400 a 500		
		Carga localizada en un punto del aro exterior	Dinamo: rodamientos de bolas radiales, desmontables, rígidos	G 6	+14 +5	+17 +6	+20 +7	+25 +9	+29 +10	+34 +12	+39 +14	+44 +15	+49 +17	+54 +18
Árbol del piñón en automóviles: asiento mecanizado para el aro exterior regulable de rodamientos de rodillos cónicos. Laminadores: rodamientos radiales de rodillos de barriete, a rótula y rodamientos radiales de rodillos, con diámetro exterior > 250 mm.	H 6		+9 0	+11 0	+13 0	+16 0	+19 0	+22 0	+25 0	+29 0	+32 0	+36 0	+40 0	
Cilindros dentados de laminadores: rodamientos radiales de rodillos de barriete, o rótula, montados en soportes de una sola pieza. Poleas para cables de máquinas para minería: rodamientos radiales de rodillos de barriete, a rótula. Árbol principal de máquinas navales, rodamientos portatomillos y pivotes: rodamientos radiales de rodillos de barriete, a rótula. Vehículos sobre carriles: rodamientos radiales de rodillos cilíndricos, rígidos y rodamientos a rótula, montados en cajas de grasa.	H 7		+15 0	+16 0	+21 0	+25 0	+30 0	+35 0	+40 0	+46 0	+52 0	+57 0	+63 0	
Alojamientos de rodillos en máquinas agrícolas. Transmisiones: rodamientos de bolas radiales, a rótula, y radiales de rodillos de barriete, a rótula.	H 8		+22 0	+27 0	+33 0	+39 0	+46 0	+54 0	+63 0	+72 0	+81 0	+89 0	+97 0	
Ruedas de automóviles: rodamientos de rodillos cónicos y rodamientos radiales de bolas, rígidos. Piñones de automóviles: rodamientos de dos hileras de bolas para empujes oblicuos y rodamientos de rodillos cónicos regulables. Motores eléctricos: rodamientos de bolas radiales, rígidos y rodamientos radiales de rodillos de barriete, a rótula, en función de rodamientos de asiento deslizante axialmente. Husillo de máquinas herramientas: rodamientos de bolas radiales rígidos y rodamientos de bolas para empujes oblicuos. Laminadores: rodamientos radiales de rodillos cilíndricos, hasta 250 mm. de diámetro exterior.	J 6		+5 -4	+6 -5	+8 -5	+10 -6	+13 -6	+16 -6	+18 -7	+22 -7	+25 -7	+29 -7	+33 -7	
Molinos de marteles: rodamientos radiales de rodillos de barriete, a rótula, en función de rodamientos de ajuste libre axialmente. Vehículos sobre carriles: rodamientos radiales de rodillos cilíndricos y rodamientos radiales de rodillos de barriete, a rótula, en cajas de dos piezas.	J 7		+8 -7	+10 -8	+12 -9	+14 -11	+18 -12	+22 -13	+26 -14	+30 -16	+36 -16	+39 -18	+43 -20	
Carga giratoria, carga oscilante y carga de dirección indeterminada sobre el aro exterior	Árbol de piñón en automóviles: rodamientos radiales de rodillos cilíndricos, rodamientos de rodillos cónicos no regulables en el aro exterior. Motores de combustión ligeros, árbol de maniobra: rodamientos de bolas radiales, rígidos. Motores eléctricos: rodamientos radiales de rodillos, rígidos y rodamientos radiales de rodillos de barriete, a rótula, en función de rodamientos de asiento prensado (fijo). Husillos de máquinas herramientas: rodamientos de rodillos cónicos y rodamientos de rodillos cilíndricos rígidos. Volantes: rodamientos de rodillos cilíndricos, cuando hay una carga giratoria sobre el aro interior.		K 6	+2 -7	+2 -9	+2 -11	+3 -13	+4 -15	+4 -18	+4 -21	+5 -24	+5 -27	+7 -29	+8 -32
	Laminadores, cilindros dentados: rodamientos radiales de rodillos, rígidos. Motores de combustión medianos y motores diesel ligeros, cigüeñales: rodamientos de bolas radiales, rígidos. Motores eléctricos para autoacción: rodamientos radiales de rodillos cilíndricos. Motores eléctricos: rodamientos radiales de rodillos de barriete, a rótula, empleados como rodamientos fijos. Husillos de máquina herramientas: rodamientos radiales de rodillos cilíndricos.		K 7	+5 -10	+6 -12	+6 -15	+7 -18	+9 -21	+10 -25	+12 -28	+13 -33	+16 -36	+17 -40	+18 -45
	Polipastos de grúa: rodamientos radiales de rodillos de barriete, a rótula, cuando haya una carga giratoria sobre el aro exterior.		M 6	-3 -12	-4 -15	-4 -17	-4 -20	-5 -24	-6 -28	-8 -33	-8 -37	-9 -41	-10 -46	-10 -50
	Polipastos de grúa: rodamientos radiales de rodillos de barriete, a rótula, cuando haya una carga giratoria sobre el aro exterior.		M 7	0 -15	0 -18	0 -21	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -46	0 -52	0 -57	0 -63
	Cubos de ruedas delanteras de automóviles: rodamientos de rodillos cónicos, rodamientos de bolas para empujes oblicuos, cojinetes radiales de rodillos, rígidos. Motores eléctricos de tracción: rodamientos radiales de rodillos cilíndricos, fuertemente cargados. Bielas de enlace de locomotoras: rodamientos radiales de rodillos de barriete, a rótula y rodamientos radiales de rodillos cilíndricos, rígidos.	N 6	-7 -16	-9 -20	-11 -24	-12 -28	-14 -33	-16 -38	-20 -45	-22 -51	-25 -57	-26 -62	-27 -67	
	Cubos como el caso anterior. Polipastos de grúa: rodamientos radiales de rodillos, rígidos, si hay una carga giratoria en el aro exterior.	N 7	-4 -19	-5 -23	-7 -28	-8 -33	-9 -39	-10 -45	-12 -52	-14 -60	-14 -66	-15 -73	-17 -80	
	Cubos como en el caso anterior, para cargas débiles. Sierras de hojas múltiples: rodamientos radiales de rodillos de barriete, a rótula y rodamientos radiales de rodillos cilíndricos, rígidos. Polipastos de grúa: rodamientos radiales de rodillos de barriete, a rótula, cuando la carga origina fuerzas de choque sobre el aro exterior.	P 6	-12 -21	-15 -26	-18 -31	-21 -37	-26 -45	-30 -52	-36 -61	-41 -70	-47 -79	-51 -87	-55 -95	
	Carga exclusivamente axial	E 8	+47 +25	+59 +32	+73 +40	+89 +50	+106 +60	+126 +72	+148 +85	+172 +100	+191 +110	+214 +125	+332 +136	
	Tolerancias del diámetro exterior del rodamiento			0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -15	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	

Fuente. DIBUJO TÉCNICO RODAMIENTOS. Archivo PDF.

## **BIBLIOGRAFIA**

CHEVALIER. Dibujo industrial. México: Limusa 2005.

NSK. Catálogo rodamientos. Motion y Control.

BARTOLOME Ricardo. Normalización Industrial. Rodamientos, elementos de protección y seguridad.

Manual SKF. Catálogo de rodamientos.

## **ANEXOS**

## AYUDAS DIDÁCTICAS

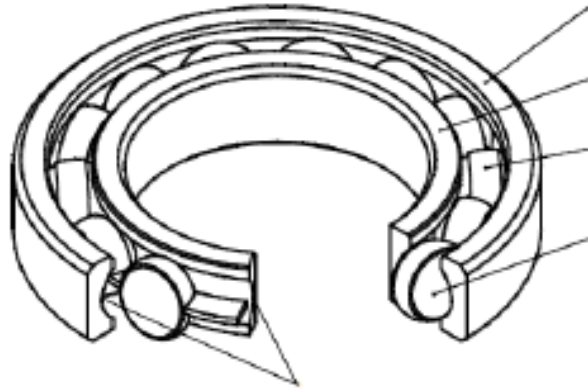
Esta parte contiene los videos y tutoriales necesarios para que afiancen lo leído anteriormente. El último link corresponde a un calculador de rodamientos. Se recomienda verlos ya que pueden ayudar a la hora de realizar la práctica:

- <https://www.youtube.com/watch?v=c3-FvhlKqTc>
- <https://www.youtube.com/watch?v=hEujMPn7Orw>
- <https://www.youtube.com/watch?v=JJzoqP3ZuV8>
- <https://www.youtube.com/watch?v=i-HGPiHPi1Q>
- [https://www.youtube.com/watch?v=QXhh0VEU8\\_0](https://www.youtube.com/watch?v=QXhh0VEU8_0)
- <http://www.skf.com/es/knowledge-centre/engineering-tools/skfbearingcalculator.html>

**ANEXO B. PLANTILLA PARA LA PRÁCTICA DE RODAMIENTOS.**



1) Completar las partes que conforman a un rodamiento:



2) Completar la siguiente tabla:

En el banco se encuentra disponible los rodamientos necesarios para la elaboración de la práctica. A continuación el auxiliar les proporcionará estos cinco rodamientos para que los clasifiquen según su carga y el elemento rodante que utilice. Por último tienen que escribir el nombre de cada rodamiento, de tal forma que el rodamiento 1 de la tabla coincida con el que sea escrito como rodamiento 1 en la parte de abajo.

Clasificación	Rodamiento 1	Rodamiento 2	Rodamiento 3	Rodamiento 4	Rodamiento 5
Carga					
Elemento rodantes					

Nota: el auxiliar les proporcionará los cinco (5) rodamientos.

Rodamiento 1:

Rodamiento 2:

Rodamiento 3:

Rodamiento 4:

Rodamiento 5:

3) Completar la tabla de representación:

Tipo de rodamiento	Representación	
	detaillada	simplificada
Rodamiento 1		
Rodamiento 2		
Rodamiento 3		
Rodamiento 4		
Rodamiento 5		

4) Con las indicaciones dadas por el auxiliar, ilustrar los rodamientos con las cotas correspondientes y Colocar la designación. Seguir en lo posible el orden utilizado en el punto anterior.

- ❖ Con un pie de rey tomar las medidas requeridas para cada rodamiento e indicarlas en la tabla.
- ❖ De acuerdo a las medidas del rodamiento escoger la designación indicada con ayuda del catálogo, ilustrar el proceso de designación para el rodamiento que el auxiliar les indique. Seguir el procedimiento empleado en el marco teórico.

Nombre del rodamiento	Designación	Representación con cotas

5) Completar la siguiente tabla dependiendo de la aplicación que se le va a dar a cada rodamiento y dependiendo de la medida nominal del eje (tomar la medida del diámetro interior del rodamiento como la medida nominal del eje).

**Rodamiento de bolas radiales:**

Aplicación	Zona de tolerancia	Tolerancia
Pequeños motores eléctricos		
Máquina de labrar madera		

**Rodamiento de rodillos radiales:**

Aplicación	Zona de tolerancia	Tolerancia
laminadores		
Polipastos de grúa		

**Rodamiento de rodillos cónicos:**

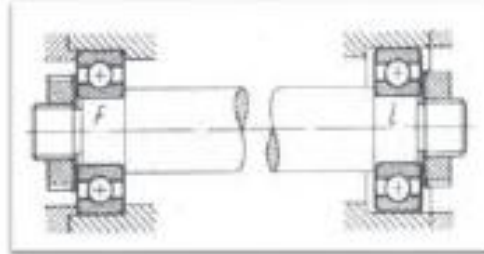
Aplicación	Zona de tolerancia	Tolerancia
Ruedas de automóviles		
Husillos pesados de máquinas de herramientas		

**Rodamiento axial de bolas:**

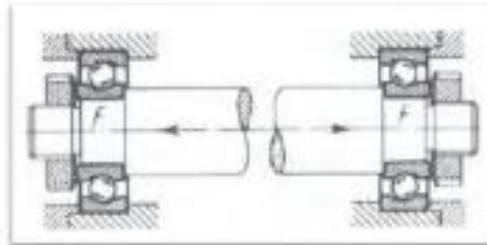
Aplicación	Zona de tolerancia	Tolerancia
Quicioneras fijas de rodamientos axiales de bolas		

6) Escoger la Disposición general de rodamientos radiales adecuados, de acuerdo a lo leído en el componente teórico.

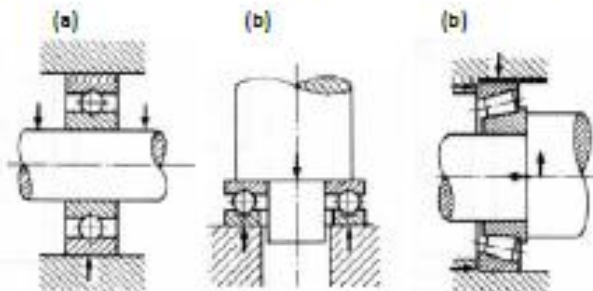
(a)



(b)



7) Los siguientes esquemas muestran los tipos de rodamientos según la carga que soportan, colocarle debajo de la Figura el tipo de rodamiento y explicar brevemente el porqué su respuesta.



- 8) Seleccione un rodamiento rígido de bolas de una hilera de ranura profunda con un diámetro interior de 50[mm] y un diámetro exterior inferior a 100[mm] que cumpla con las siguientes condiciones:

nota: Este tipo de rodamiento solo soporta carga radial. Tomar el factor de carga radial  $X=1$

$$F_r = 3000[N]$$

$$n = 1900[rpm]$$

$$L_h \geq 10000[h]$$

- 9) Sabiendo el tipo de rodamiento del ejercicio anterior, encontrar el valor real del Índice básico de vida  $L_h$  de dicho rodamiento. Realizar un bosquejo final con las medidas del rodamiento.

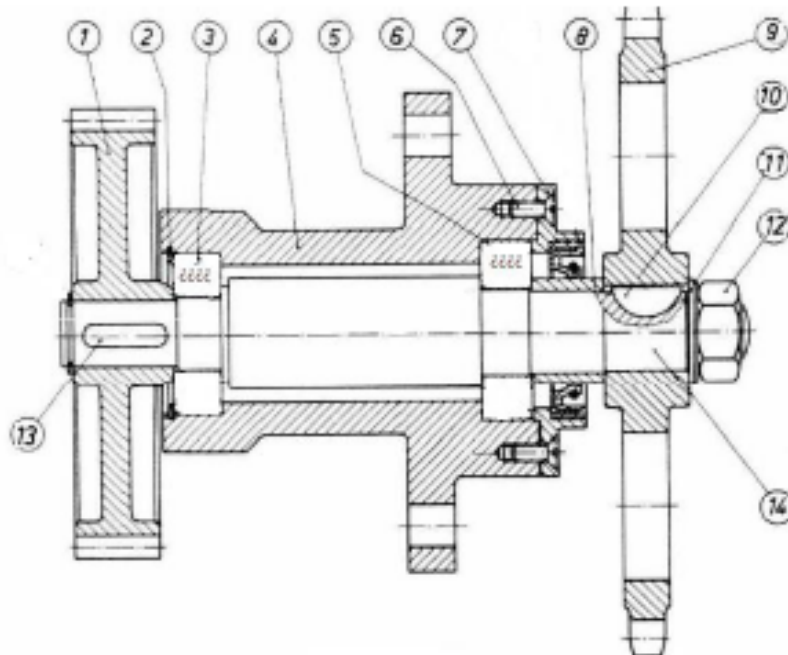
- 10) Completar el plano (A) o (B) escogiendo el ó los rodamientos faltantes de acuerdo a las indicaciones del auxiliar.  
Traer el plano completo para la próxima clase.

NOTA: Se les dará las piezas correspondientes para que sean ensambladas en solidWorks y puedan realizar el plano del ensamble.

(A)

Datos:

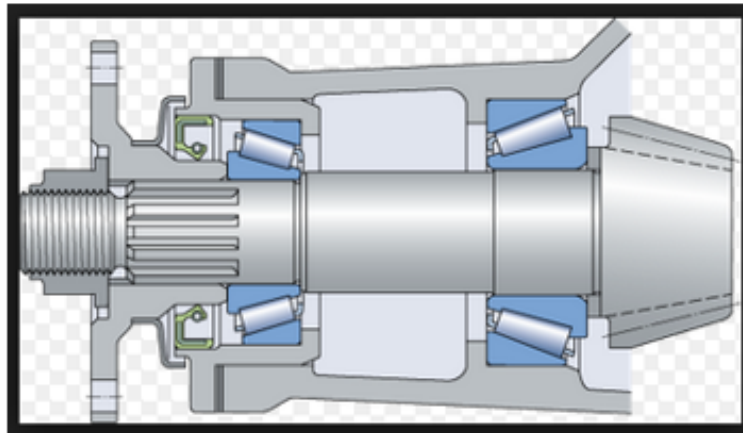
- ✓ El espacio disponible para los rodamientos es de 130 [mm] por el lado izquierdo y de 120[mm] por el lado derecho.
- ✓ El diámetro del eje por el lado derecho es de aproximadamente 50[mm] por el lado izquierdo y 55 [mm] por el lado derecho.
- ✓ Ignorar la lengüeta redonda para el ensamble y el plano.
- ✓ El sistema de transmisión solo contará con cargas radiales, por tanto la carga axial es mínima y puede ser ignorada.
- ✓ Se sabe que la disposición de los rodamientos es fijo-libre.
- ✓ Uno de los rodamientos es no separable.
- ✓ consultar el marco teórico o el capítulo 4 del catálogo NSK.



	Pieza	Cantidad
1	Engranaje	1
2	Anillo para agujero	1
3	-----	1
4	Soporte	1
5	-----	1
6	Tornillo	2
7	Tapa	1
8	Anillo Separador	1
9	Rueda dentada	1
10	Lengüeta redonda (se ignora)	1
11	Arandela	1
12	Tuerca	1
13	Chaveta	1
14	Arbol	1

(B)

El siguiente sistema corresponde al juego de engranajes y rodamientos del diferencial de un automóvil. Ensamblar dicho sistema y traerlo en un plano para la próxima clase. Justificar por qué se usan rodamientos de rodillos cónicos.



CONCLUSIONES

**ANEXO C. MARCO CONCEPTUAL COJINETES DE DESLIZAMIENTO.**

Diseño  
Gráfico

# MARCO CONCEPTUAL COJINETES DE FRICCIÓN

Tema: cojinetes



Este manual contiene información referente a los cojinetes de fricción o de deslizamiento con la cual se llevará a cabo la práctica en el laboratorio de diseño gráfico.



UIS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



## CONTENIDO

1. COJINETES DE FRICCIÓN O DESLIZAMIENTO .....	3
1.1 CLASIFICACIÓN .....	3
1.1.1 Clasificación según su forma .....	4
1.1.2 Clasificación según el tipo de fricción .....	6
1.1.3 Clasificación según el tipo de lubricación.....	7
1.1.4 Clasificación según la carga que soportan.....	10
1.1.5 Clasificación según su estructura .....	11
2. REPRESENTACIÓN EN PLANO DE UN COJINETE DE FRICCIÓN.....	12
3. SELECCIÓN DE UN COJINETE DE FRICCIÓN .....	16
4. APLICACIONES DE LOS COJINETES .....	23
BIBLIOGRAFIA.....	26

## 1. COJINETES DE FRICCIÓN O DESLIZAMIENTO

El cojinete de deslizamiento es junto al rodamiento un tipo de cojinete usado en ingeniería. En un cojinete de deslizamiento dos casquillos tienen un movimiento en contacto directo, realizándose un deslizamiento por fricción, con el fin de que esta sea la menor posible. La reducción del rozamiento se realiza según la selección de materiales y lubricantes. Los lubricantes tienen la función de crear una película deslizante que separe los dos materiales o evite el contacto directo. Como material de los casquillos se suele emplear el metal Babbitt.

Al tocarse las dos partes, que es uno de los casos de uso más solicitados de los cojinetes de deslizamiento, el desgaste en las superficies de contacto limita la vida útil. La resistencia al deslizamiento provoca la conversión de parte de la energía cinética en calor, que desemboca en las partes que sostienen los casquillos del cojinete.

Tienen la ventaja de su marcha tranquila y silenciosa y que pueden construirse partidos en dos, haciendo posible un montaje y desmontaje radial. Tienen el inconveniente de que no son indicados en los casos en que se deseen elevado número de revoluciones, a no ser que la carga que gravita sobre ellos sea mínima. Principalmente se utiliza:

- Cuando es primordial un funcionamiento silencioso.
- Cuando en el funcionamiento de la máquina se producen grandes sacudidas y vibraciones (Ejemplo: prensas mecánicas).
- Cuando se requieren cojinetes partidos (Ejemplo: en los árboles acodados de un motor de combustión interna y de un compresor alternativo).
- En árboles que rotan a altas revoluciones, en los cuales se puede conseguir la lubricación hidrodinámica (Ejemplo: motor de combustión interna, árboles de turbinas de vapor).

### 1.1 CLASIFICACIÓN:

Los cojinetes de fricción se pueden clasificar según la carga que soporta, según la forma, según su estructura, según el tipo de lubricación y según el tipo de fricción que presente.

### 1.1.1 Clasificación según su forma:

- Cojinetes cilíndricos fijos:

Se compone de una sola pieza de revolución, denominada casquillo. Se emplea cuando el cojinete no está sometido a grandes desgastes. El problema viene a raíz de que no admite corrección en el diámetro interior una vez sufre los efectos del desgaste y no se puede emplear para gorriones intermedios por la imposibilidad de montaje. Estos cojinetes se montan a presión en su correspondiente montaje.

**Figura 1. Cojinete cilíndrico fijo.**



Fuente. <http://rodamientos.wordpress.com/cojinetes/cojinetesdefriccion/>

- Cojinetes cilíndricos partidos:

El cojinete está constituido por dos mitades cuya superficie común de contacto coincide con un plano diametral para facilitar el montaje aún en el caso de gorriones intermedios. Permite el montaje de ejes y árboles con el resto de órganos montados sobre ellos debido a su aplicación de las dos mitades. Se utilizan principalmente en las bielas de los motores.

**Figura 2. Cojinete cilíndrico partido.**



Fuente. <http://rodamientos.wordpress.com/cojinetes/cojinetesdefriccion/>

- Cojinetes cilíndricos ajustables:

Se emplea en aquellos montajes que tengan que garantizar un juego entre el árbol y el cojinete. El cojinete exteriormente es cónico y a medida que se introduce en el agujero cónico de su soporte irá reduciendo el diámetro interior gracias al ranurado longitudinal que lleva. Tiene la ventaja de que se pueden corregir holguras producidas por el desgaste.

**Figura 3. Cojinete cilíndrico ajustable.**



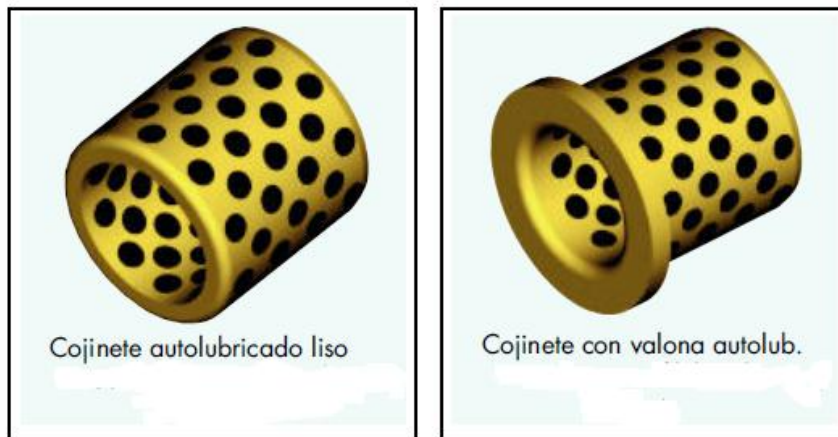
Fuente. <http://rodamientos.wordpress.com/cojinetes/cojinetesdefriccion/>

- Cojinetes autolubricados:

Los casquillos autolubricados presentan superficies con grafito sólido insertado en bronce al aluminio. Constituyen un gran ahorro de energía y disminuye el desgaste de las piezas en contacto. Se mejora el rendimiento si además se lubrican las piezas con aceite.

El aceite contenido dentro de la porosidad del cojinete aporta constantemente lubricación entre el cojinete y el eje, con lo cual el sistema por lo general no necesita aportación adicional de lubricante exterior. **La autolubricación permite que este tipo de cojinete de deslizamiento funcione en régimen hidrodinámico**, dando como resultado un coeficiente de fricción muy bajo.

**Figura 4. Tipos de cojinetes autolubricados.**



Fuente. Casquillos autolubricados. Archivo PDF.

### 1.1.2 Clasificación según el tipo de fricción:

- Cojinetes de fricción seca:

En los rodamientos con fricción seca se utilizan materiales de baja fricción y combinaciones. Son cojinetes que no requieren lubricación por estar fabricados con materiales muy blandos que reducen mucho el coeficiente de fricción. Estos cojinetes se utilizan en equipos oil free en los que no puede utilizarse lubricante. El material más utilizado para la fabricación de estos cojinetes es el Teflón.

**Figura 5. Cojinete de fricción seca con fibras multiláminas.**



Fuente: <http://www.skf.com/es/products/bearings-units-housings/spherical-plain-bearings-bushings-rod-ends/composite-dry-sliding-bearings-fw-bushings/index.html>

- Cojinetes de fricción líquida:

En estos cojinetes las dos superficies se separan por la interposición permanente de una película de lubricante de forma que no se toquen los dos cuerpos con movimiento relativo en ningún punto. La película lubricante debe estar a presión para separar las superficies de contacto, para lograr la resistencia al apoyo de uno sobre el otro. En los cojinetes hidrostáticos se dispone de alguna bomba de aceite (p.ej. en motores de combustión interna), en los cojinetes hidrodinámicos la presión de la película del aceite de lubricación entre las dos superficies en contacto entre sí, se autogenera por su movimiento. Estos cojinetes se utilizan cuando se requiere baja de pérdida de energía y durabilidad.

**Figura 6. Cojinetes de fricción líquida.**



Fuente. <http://poltava.all.biz/es/cojinetes-de-friccin-liquida-g560578>

- Cojinetes de fricción mixta:

En los rodamientos lubricados se produce fricción mixta. El lubricante, grasas o aceites (de petróleo), al menos en algún punto de las superficies de contacto, y tocando sólo las puntas, que establece una reducida resistencia al deslizamiento.

### **1.1.3 Clasificación según el tipo de lubricación:**

- Cojinetes hidrostáticos de película fluida:

La lubricación hidrostática se obtiene introduciendo el lubricante con una bomba externa en el área de soporte de la carga a presión suficientemente grande como para separar las superficies deslizantes entre sí con una capa de lubricante suficientemente gruesa como para impedir el contacto de metal contra metal. **Es el caso de los cojinetes del cigüeñal de los motores.** Este tipo de lubricación se utiliza para diseños en los que las velocidades relativas son pequeñas o nulas.

Estos cojinetes aseguran que la película de lubricante esté formada permanentemente, incluso en los periodos de arranque. Sus desventajas principales son que el fallo en el suministro de lubricante pone en peligro a la instalación y que son de costo elevado.

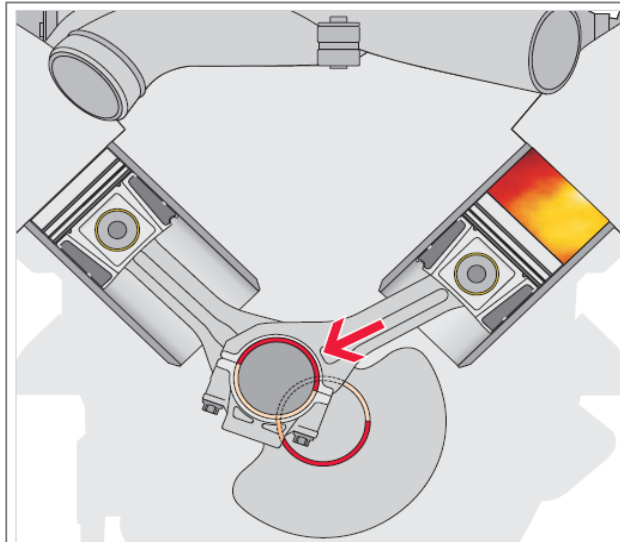
Se han hecho flotar con éxito grandes estructuras sobre cojinetes de tipo hidrostático. Por ejemplo, el telescopio Hale de 200 pulgadas de Monte Palomar pesa unas 450 t, no obstante, el coeficiente de fricción de sistema completo de soporte, debido al cojinete de tipo hidrostático, es inferior a 0,000004.

**Figura 7. Cojinete hidrostático.**



*Fuente. [www.directindustry.es](http://www.directindustry.es)*

**Figura 8. Aplicación de los cojinetes hidrostáticos.**



*Fuente. Fundamentos cojinetes. Archivo PDF*

- Cojinetes hidrodinámicos de película fluida:

En los cojinetes hidrodinámicos de película completa la carga sobre el cojinete se apoya sobre una película continua de lubricante, casi siempre aceite, por tanto no existe contacto entre el cojinete y el muñón que gira. Es necesario señalar que la lubricación en el límite y la lubricación de película mixta anteceden al establecimiento de lubricación hidrodinámica.

Los cojinetes de deslizamiento hidrodinámicos son apropiados para un funcionamiento permanente sin desgaste, diámetros grandes, regímenes de

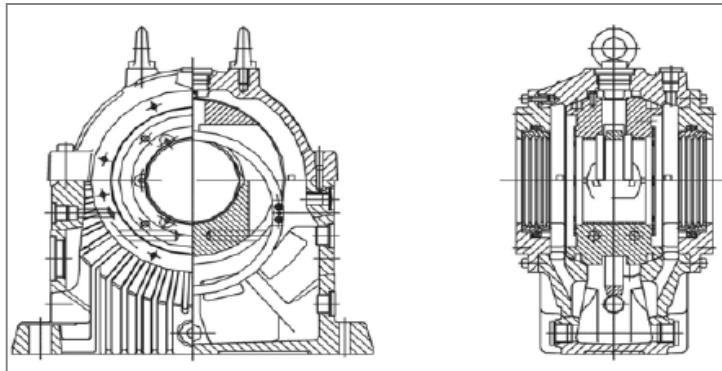
revoluciones elevadas así como cargas elevadas y bruscas. **Normalmente se construyen en dos piezas.** El calor que se origina por fricción durante el funcionamiento tiene que ser evacuado por el lubricante. **Un ejemplo de este tipo de cojinetes son los autolubricados.**

**Figura 9. Cojinete hidrodinámico.**



Fuente. [www.pulsedynamics.com](http://www.pulsedynamics.com)

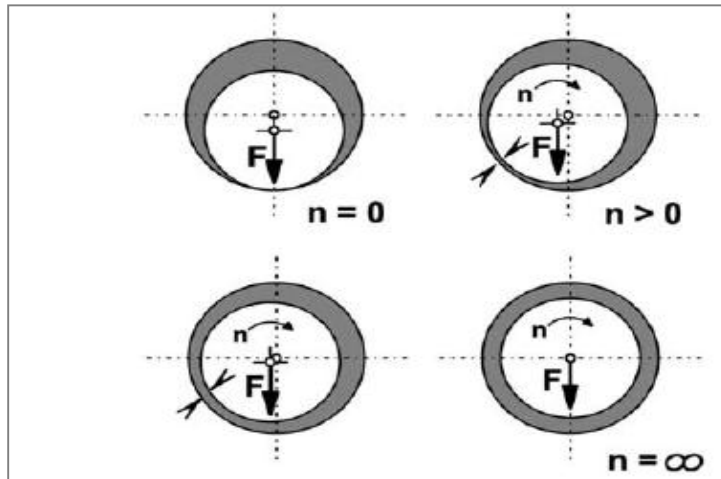
**Figura 10. Dibujo en sección de un cojinete hidrodinámico.**



Fuente. *Kit de montaje cojinetes. Archivo PDF.*

A continuación se muestra en la *figura 10* la formación de la película de aceite con el aumento de la velocidad para un cojinete hidrodinámico.

Figura 11. Funcionamiento de un cojinete hidrodinámico.



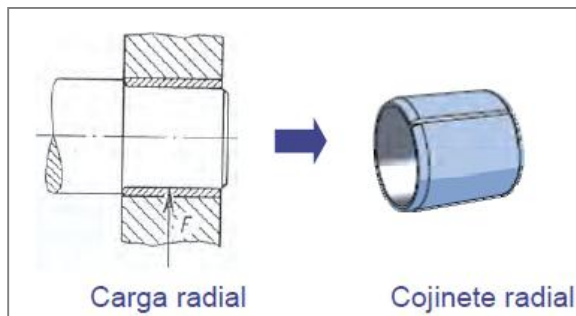
Fuente. Kit de montaje cojinetes. Archivo PDF.

#### 1.1.4 Clasificación según la carga que soportan:

- Cojinete radial:

Adecuados para movimientos giratorios y oscilantes bajo una carga radial y un funcionamiento libre de mantenimiento en un espacio limitado. No necesitan lubricación. **Por lo general estos cojinetes son de fricción seca.**

Figura 12. Cojinete radial.

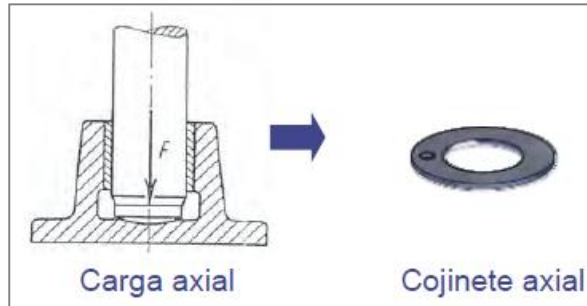


Fuente. TM lección 6. Archivo PDF.

- Cojinete axial:

Arandelas axiales de material compuesto de PTFE ó Politetrafluoroetileno (fig. 5). Adecuadas para el ahorro de espacio, fijación axial y un funcionamiento libre de mantenimiento. **No necesitan lubricación.**

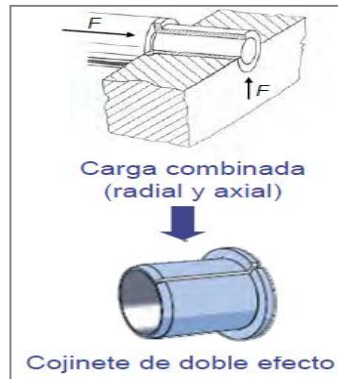
**Figura 13. Cojinete axial.**



Fuente. TM lección 6. Archivo PDF.

- Cojinete mixto:

**Figura 14. Cojinete de doble efecto.**



Fuente. TM lección 6. Archivo PDF.

### 1.1.5 Clasificación según su estructura:

- Cojinetes con valona:

**Figura 15. Cojinete con valona.**



*Fuente. TM lección 6. Archivo PDF.*

- Cojinete sin valona:

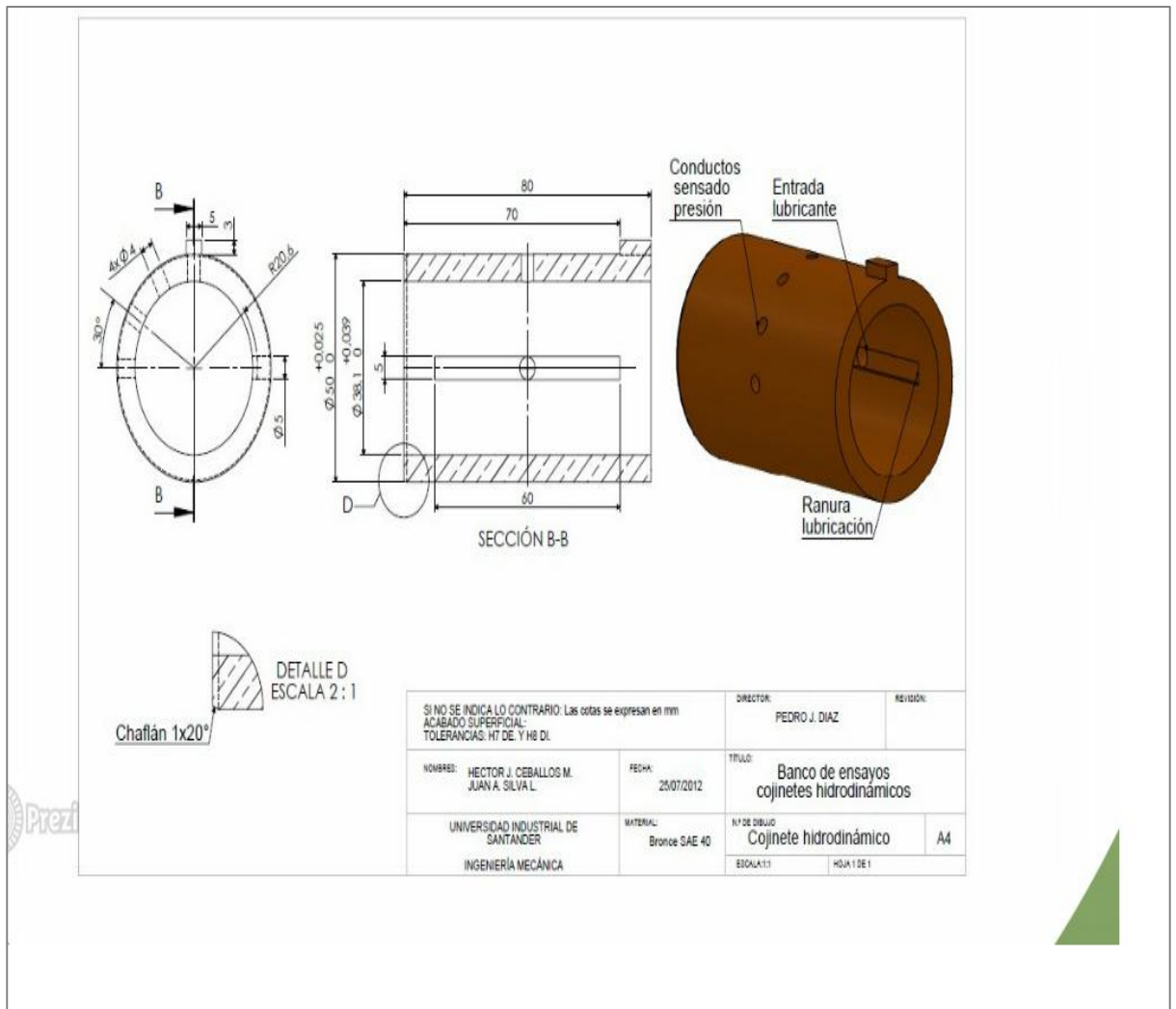
**Figura 16. Cojinete sin valona.**

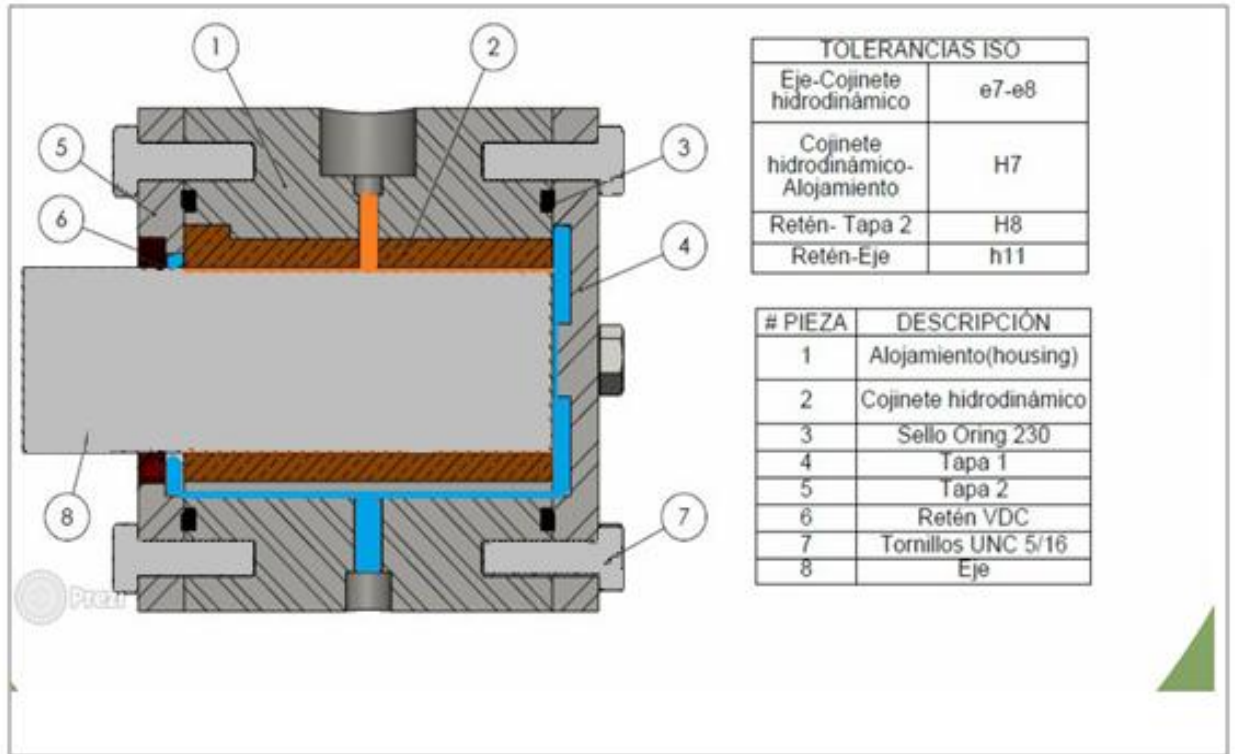


*Fuente. TM lección 6. Archivo PDF.*

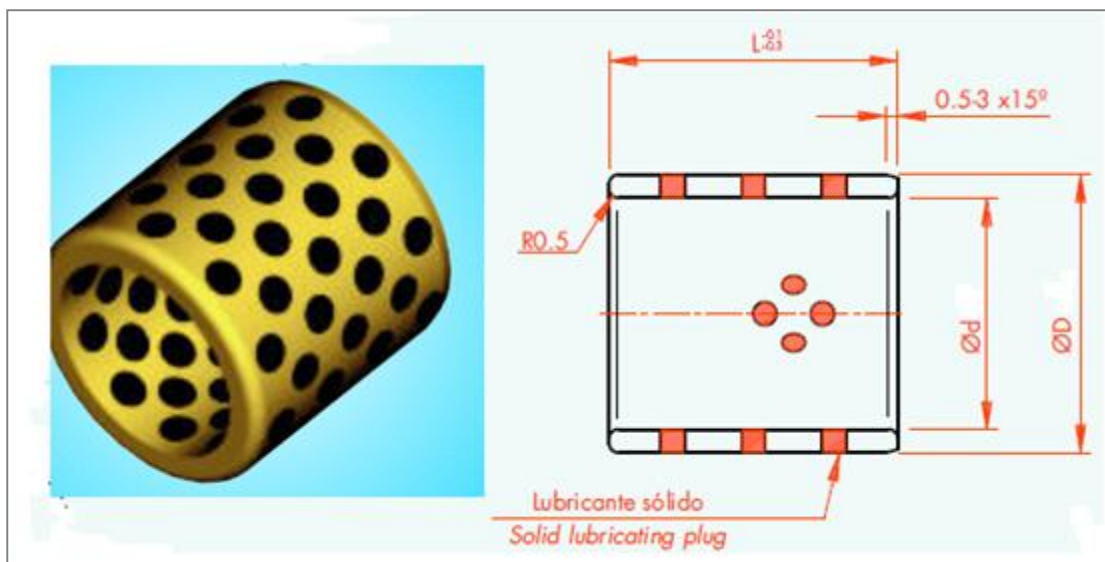
## 2. REPRESENTACIÓN EN PLANO DE UN COJINETE DE FRICCIÓN

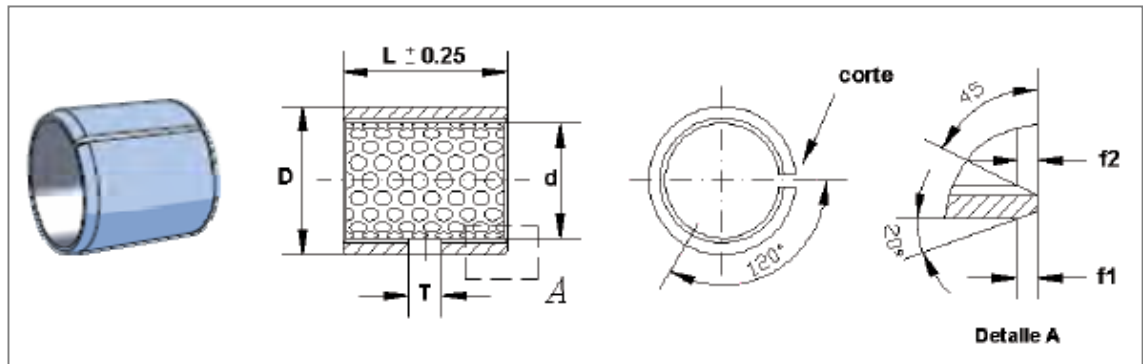
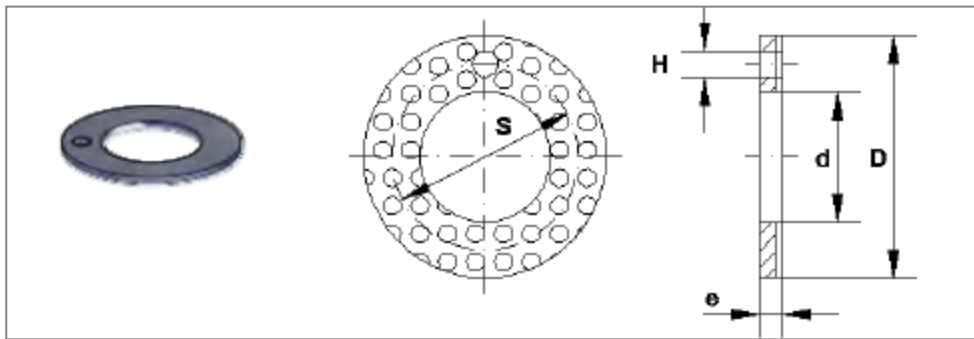
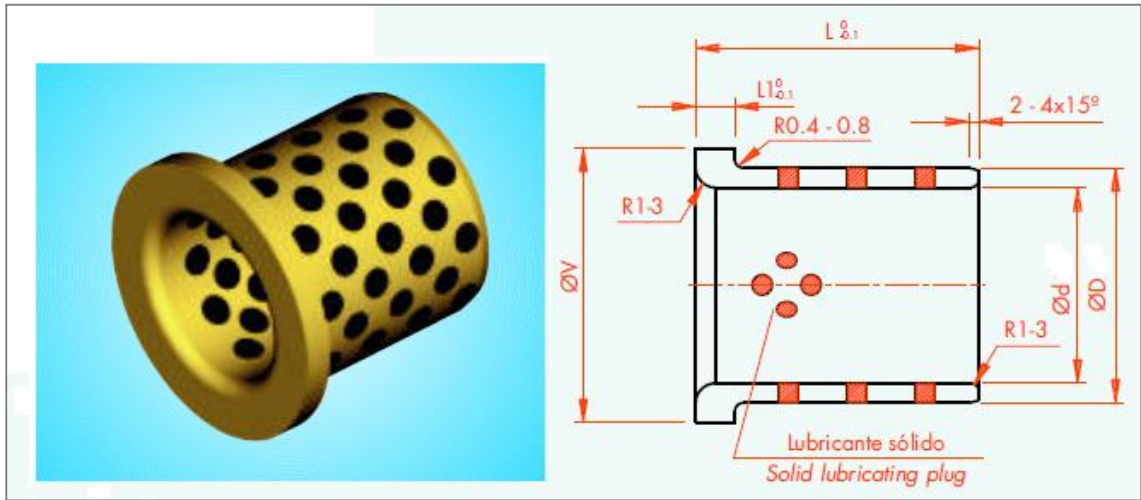
Este tipo de cojinete es menos estandarizado ya que son utilizados en aplicaciones muy peculiares, por tanto si no está normalizado en los catálogos disponibles se debe realizar un plano con las condiciones requeridas. El siguiente plano muestra cómo deben ir representados en un plano.





A continuación mostraremos algunas representaciones de estos cojinetes. Por el lado izquierdo se tiene la imagen del cojinete y por el lado derecho su representación:





En la siguiente tabla se dispone las series de diámetros y longitudes de las series recomendadas en la norma UNE 26135, referidos a **cojinetes cilíndricos lisos** y cilíndricos **con valona**, que son los de uso más frecuente.

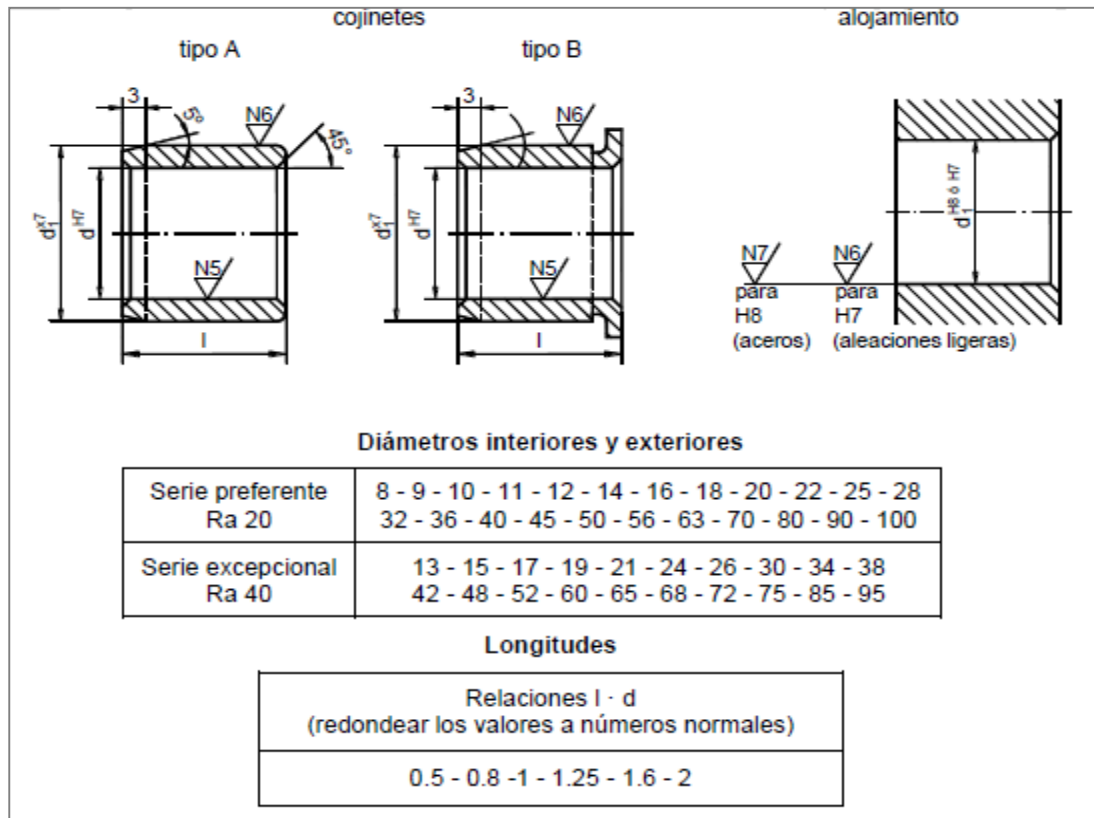


Tabla 1. Normalización de los diámetros y longitudes para los rodamientos de fricción.

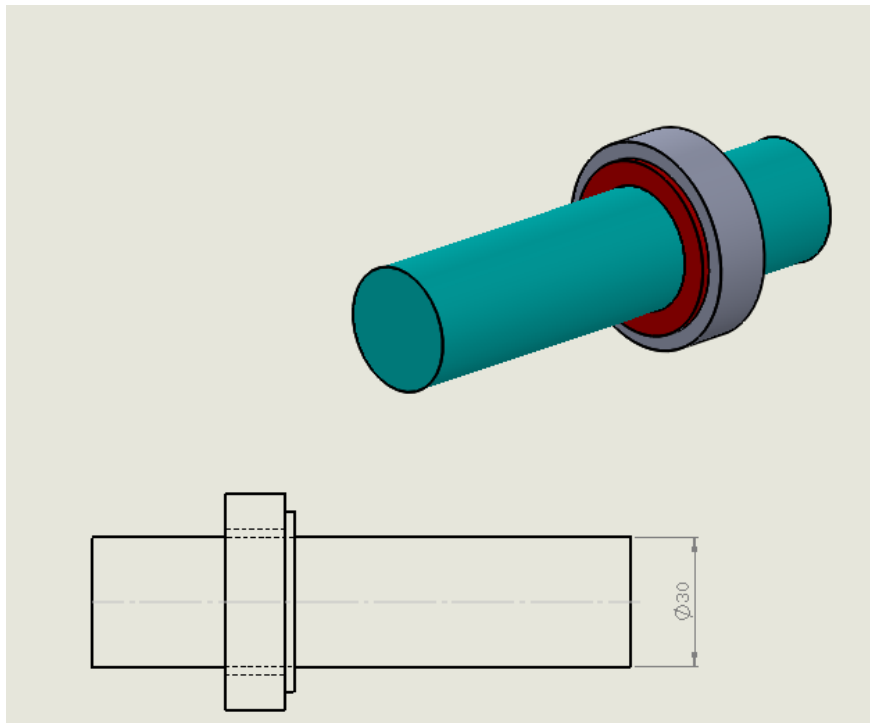
### 3. SELECCIÓN DE UN COJINETE DE FRICCIÓN

La selección de un cojinete de fricción no es tan fácil de hacer como para los rodamientos ya que estos deben ser diseñados previamente con las indicaciones requeridas para poder realizar una buena elección. La adecuación de los distintos tipos y diseños de cojinetes para una aplicación en particular viene determinada por varios factores:

- Tipo de movimiento: movimiento oscilante, giratorio, lineal.
- Magnitud de la carga.
- Tipo de carga: radial, axial, de choque, alternante.
- Velocidad de deslizamiento.
- Espacio disponible.
- Temperatura de funcionamiento prevista.
- Requisitos de lubricación y mantenimiento o condiciones de sequedad.
- Condiciones del entorno: polvo, humedad, pulverización de agua.
- Resistencia química a ciertos medios.

#### 3.1 EJEMPLO DE SELECCIÓN:

Seleccionar un cojinete de fricción de la serie PAP que soporte tanto cargas axiales como radiales, el cual es mostrado en la figura y cuenta con las siguientes especificaciones:



- ✓  $D_{eje} = 3[cm]$
- ✓ Longitud: menor a 20 [mm]

- a) Realizar un bosquejo con las medidas finales del cojinete.
- b) Indicar las tolerancias de montaje recomendadas.
- c) Calcular la vida útil del cojinete para una velocidad promedio de 600 rpm y una carga aplicada de 500N. Se sabe que el cojinete tiene una composición material OKO P10.

Solución:

- a) Como vemos en el enunciado necesitamos un cojinete de fricción que soporte tanto cargas axiales como radiales. El único cojinete disponible para este caso es un **cojinete de fricción con valona**. Haciendo uso del catálogo **casquillos y discos de fricción OKO** procedemos a encontrar el cojinete que se adapte a las condiciones requeridas de la siguiente manera:
  - Entramos al catálogo de cojinetes con valona directamente con el diámetro del eje (pág. 3) :

TABLA DE MEDIDAS Medidas en mm										
Ø del eje	Referencia	Peso g	Medidas							
			d1	d2	d3 ±0.5	b ±0.25	b1 -0.2	f1	f2	
6	PAF 06040 P10	0,9	6	8	12	4	1	0,5	0,4	
	PAF 06070 P10	1,6	6	8	12	7	1	0,5	0,4	
	PAF 06080 P10	1,7	6	8	12	8	1	0,5	0,4	
8	PAF 08055 P10	1,7	8	10	15	5,5	1	0,5	0,4	
	PAF 08075 P10	2,1	8	10	15	7,5	1	0,5	0,4	
	PAF 08095 P10	2,5	8	10	15	9,5	1	0,5	0,4	
10	PAF 10070 P10	2,5	10	12	18	7	1	0,5	0,4	
	PAF 10090 P10	2,9	10	12	18	9	1	0,5	0,4	
	PAF 10120 P10	3,8	10	12	18	12	1	0,5	0,4	
12	PAF 10170 P10	5,4	10	12	18	17	1	0,5	0,4	
	PAF 12070 P10	3	12	14	20	7	1	0,5	0,4	
	PAF 12090 P10	3,7	12	14	20	9	1	0,5	0,4	
14	PAF 12120 P10	4,7	12	14	20	12	1	0,5	0,4	
	PAF 12170 P10	6,1	12	14	20	17	1	0,5	0,4	
	PAF 14120 P10	5,4	14	16	22	12	1	0,5	0,4	
15	PAF 14170 P10	7,1	14	16	22	17	1	0,5	0,4	
	PAF 15090 P10	4,4	15	17	23	9	1	0,5	0,4	
	PAF 15120 P10	5,7	15	17	23	12	1	0,5	0,4	
16	PAF 15170 P10	7,7	15	17	23	17	1	0,5	0,4	
	PAF 16120 P10	6	16	18	24	12	1	0,5	0,4	
	PAF 16170 P10	8,3	16	18	24	17	1	0,5	0,4	
18	PAF 18120 P10	6,7	18	20	26	12	1	0,5	0,4	
	PAF 18170 P10	8,9	18	20	26	17	1	0,5	0,4	
	PAF 18220 P10	11,1	18	20	26	22	1	0,5	0,4	
20	PAF 20115 P10	11,6	20	23	30	11,5	1,5	0,5	0,4	
	PAF 20165 P10	15,1	20	23	30	16,5	1,5	0,5	0,4	
	PAF 20215 P10	19,1	20	23	30	21,5	1,5	0,5	0,4	
25	PAF 25115 P10	14,2	25	28	35	11,5	1,5	0,5	0,4	
	PAF 25165 P10	19	25	28	35	16,5	1,5	0,5	0,4	
	PAF 25215 P10	23,9	25	28	35	21,5	1,5	0,5	0,4	
30	PAF 30160 P10	30,9	30	34	42	16	2	0,5	0,4	
	PAF 30260 P10	46,1	30	34	42	26	2	0,5	0,4	
35	PAF 35160 P10	35,4	35	39	47	16	2	0,5	0,4	
	PAF 35260 P10	52,7	35	39	47	26	2	0,5	0,4	
40	PAF 40260 P10	60	40	44	53	26	2	0,5	0,4	

Inmediatamente nos damos cuenta que existen dos cojinetes que se adaptan a estas condiciones.

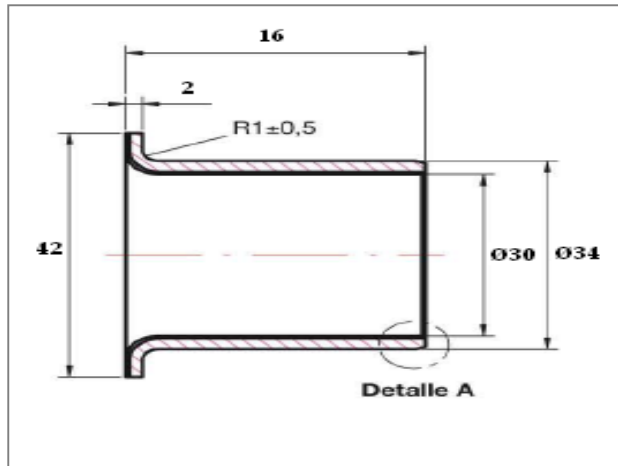
- Hacemos uso del otro dato suministrado por el ejercicio. El cual nos indica que el largo del cojinete no debe exceder los 20mm, ahora procedemos a verificar cuál de las dos opciones cumple con el requerimiento:

TABLA DE MEDIDAS Medidas en mm									
Ø del eje	Referencia	Peso g	Medidas						
			d1	d2	d3	b	b1	f1	f2
6	PAF 06040 P10	0,9	6	8	12	4	1	0,5	0,4
	PAF 06070 P10	1,6	6	8	12	7	1	0,5	0,4
	PAF 06080 P10	1,7	6	8	12	8	1	0,5	0,4
8	PAF 08055 P10	1,7	8	10	15	5,5	1	0,5	0,4
	PAF 08075 P10	2,1	8	10	15	7,5	1	0,5	0,4
	PAF 08095 P10	2,5	8	10	15	9,5	1	0,5	0,4
10	PAF 10070 P10	2,5	10	12	18	7	1	0,5	0,4
	PAF 10090 P10	2,9	10	12	18	9	1	0,5	0,4
	PAF 10120 P10	3,8	10	12	18	12	1	0,5	0,4
	PAF 10170 P10	5,4	10	12	18	17	1	0,5	0,4
12	PAF 12070 P10	3	12	14	20	7	1	0,5	0,4
	PAF 12090 P10	3,7	12	14	20	9	1	0,5	0,4
	PAF 12120 P10	4,7	12	14	20	12	1	0,5	0,4
	PAF 12170 P10	6,1	12	14	20	17	1	0,5	0,4
14	PAF 14120 P10	5,4	14	16	22	12	1	0,5	0,4
	PAF 14170 P10	7,1	14	16	22	17	1	0,5	0,4
15	PAF 15090 P10	4,4	15	17	23	9	1	0,5	0,4
	PAF 15120 P10	5,7	15	17	23	12	1	0,5	0,4
	PAF 15170 P10	7,7	15	17	23	17	1	0,5	0,4
16	PAF 16120 P10	6	16	18	24	12	1	0,5	0,4
	PAF 16170 P10	8,3	16	18	24	17	1	0,5	0,4
18	PAF 18120 P10	6,7	18	20	26	12	1	0,5	0,4
	PAF 18170 P10	8,9	18	20	26	17	1	0,5	0,4
	PAF 18220 P10	11,1	18	20	26	22	1	0,5	0,4
20	PAF 20115 P10	11,6	20	23	30	11,5	1,5	0,5	0,4
	PAF 20165 P10	15,1	20	23	30	16,5	1,5	0,5	0,4
	PAF 20215 P10	19,1	20	23	30	21,5	1,5	0,5	0,4
25	PAF 25115 P10	14,2	25	28	35	11,5	1,5	0,5	0,4
	PAF 25165 P10	19	25	28	35	16,5	1,5	0,5	0,4
	PAF 25215 P10	23,9	25	28	35	21,5	1,5	0,5	0,4
30	PAF 30160 P10	30,9	30	34	42	16	2	0,5	0,4
	PAF 30260 P10	46,1	30	34	42	26	2	0,5	0,4
35	PAF 35160 P10	35,4	35	39	47	16	2	0,5	0,4
	PAF 35260 P10	52,7	35	39	47	26	2	0,5	0,4
40	PAF 40260 P10	60	40	44	53	26	2	0,5	0,4

La longitud del cojinete es de 16[mm] y el requerimiento del ejercicio no dice que su longitud debe ser menor a 20[mm]. Por tanto el cojinete a seleccionar sería:

**PAP 30160P10**

- Es bosquejo final del cojinete con sus respectivas medidas sería:



- b) Para definir las tolerancias del montaje de estos rodamientos nos guiamos por las recomendaciones dadas en el catálogo OKO:

Eje: f7

Alojamiento: H7

- c) Para el cálculo de la vida útil utilizamos la formula dada en el catálogo:

$$P = \frac{F}{b * d}$$

Dónde:

P = Presión especifica en  $\frac{N}{mm^2}$

F = Carga aplicada en N

b = Ancho del casquillo en mm

d = Diámetro del cojinete en mm

Con los siguientes valores los cuales fueron establecidos en la selección del casquillo:

**$b = 16 \text{ mm}$     $F = 500 \text{ N}$**

**$d = 30 \text{ mm}$**

TABLA DE MEDIDAS    Medidas en mm									
Ø del eje	Referencia	Peso g	Medidas						
			d1	d2	d3 ±0.5	b ±0.25	b1 -0.2	f1	f2
6	PAF 06040 P10	0,9	6	8	12	4	1	0,5	0,4
	PAF 06070 P10	1,6	6	8	12	7	1	0,5	0,4
	PAF 06080 P10	1,7	6	8	12	8	1	0,5	0,4
8	PAF 08055 P10	1,7	8	10	15	5,5	1	0,5	0,4
	PAF 08075 P10	2,1	8	10	15	7,5	1	0,5	0,4
	PAF 08095 P10	2,5	8	10	15	9,5	1	0,5	0,4
10	PAF 10070 P10	2,5	10	12	18	7	1	0,5	0,4
	PAF 10090 P10	2,9	10	12	18	9	1	0,5	0,4
	PAF 10120 P10	3,8	10	12	18	12	1	0,5	0,4
	PAF 10170 P10	5,4	10	12	18	17	1	0,5	0,4
12	PAF 12070 P10	3	12	14	20	7	1	0,5	0,4
	PAF 12090 P10	3,7	12	14	20	9	1	0,5	0,4
	PAF 12120 P10	4,7	12	14	20	12	1	0,5	0,4
	PAF 12170 P10	6,1	12	14	20	17	1	0,5	0,4
14	PAF 14120 P10	5,4	14	16	22	12	1	0,5	0,4
	PAF 14170 P10	7,1	14	16	22	17	1	0,5	0,4
15	PAF 15090 P10	4,4	15	17	23	9	1	0,5	0,4
	PAF 15120 P10	5,7	15	17	23	12	1	0,5	0,4
	PAF 15170 P10	7,7	15	17	23	17	1	0,5	0,4
16	PAF 16120 P10	6	16	18	24	12	1	0,5	0,4
	PAF 16170 P10	8,3	16	18	24	17	1	0,5	0,4
18	PAF 18120 P10	6,7	18	20	26	12	1	0,5	0,4
	PAF 18170 P10	8,9	18	20	26	17	1	0,5	0,4
	PAF 18220 P10	11,1	18	20	26	22	1	0,5	0,4
20	PAF 20115 P10	11,6	20	23	30	11,5	1,5	0,5	0,4
	PAF 20165 P10	15,1	20	23	30	16,5	1,5	0,5	0,4
	PAF 20215 P10	19,1	20	23	30	21,5	1,5	0,5	0,4
25	PAF 25115 P10	14,2	25	28	35	11,5	1,5	0,5	0,4
	PAF 25165 P10	19	25	28	35	16,5	1,5	0,5	0,4
	PAF 25215 P10	23,9	25	28	35	21,5	1,5	0,5	0,4
	PAF 30160 P10	30,9	30	34	42	16	2	0,5	0,4
30	PAF 30260 P10	46,1	30	34	42	26	2	0,5	0,4
	PAF 35160 P10	35,4	35	39	47	16	2	0,5	0,4
35	PAF 35260 P10	52,7	35	39	47	26	2	0,5	0,4
	PAF 40260 P10	60	40	44	53	26	2	0,5	0,4

Con esto nos da un valor de Presión específica de **1.041**

Ahora necesitamos encontrar el valor de la velocidad en m/s; para esto debemos saber conceptos básicos de conversión y aplicar la ecuación de la velocidad angular el cual nos lleve las unidades de rpm a m/s:

$$600 \text{ rpm} = 700 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

$$600 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} = 62,831 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

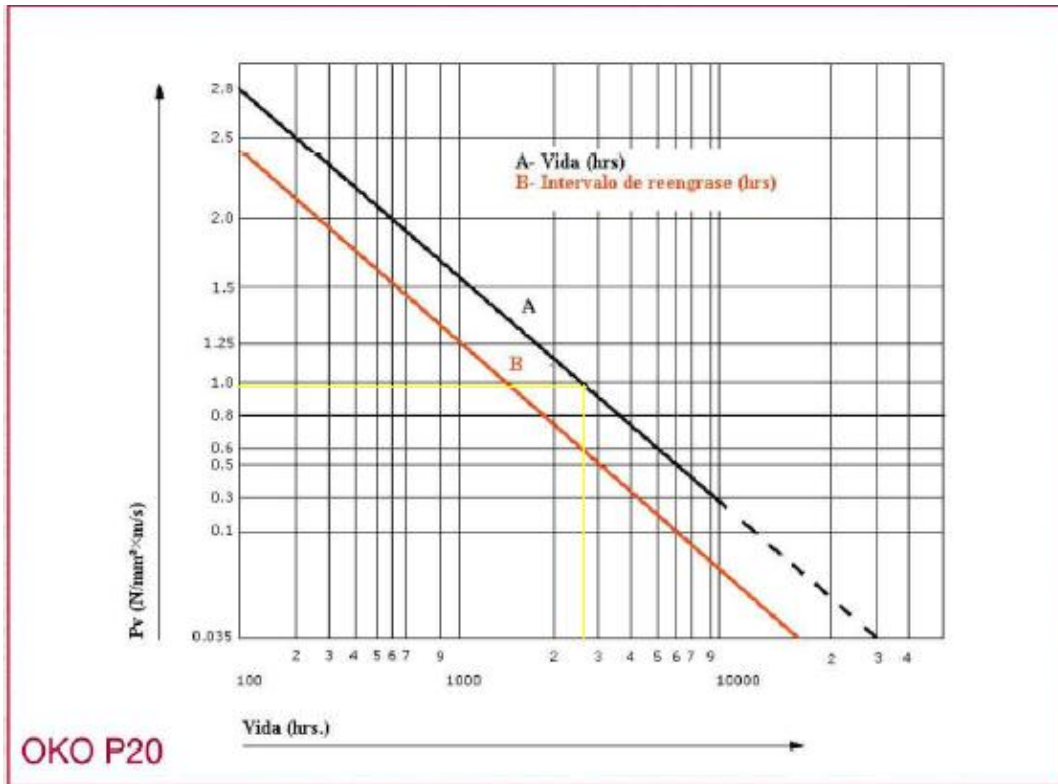
$$V = W \cdot r = 62,831 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} * \frac{15}{1000} [\text{m}]$$

**$V = 0,9424 [\text{m/s}]$**

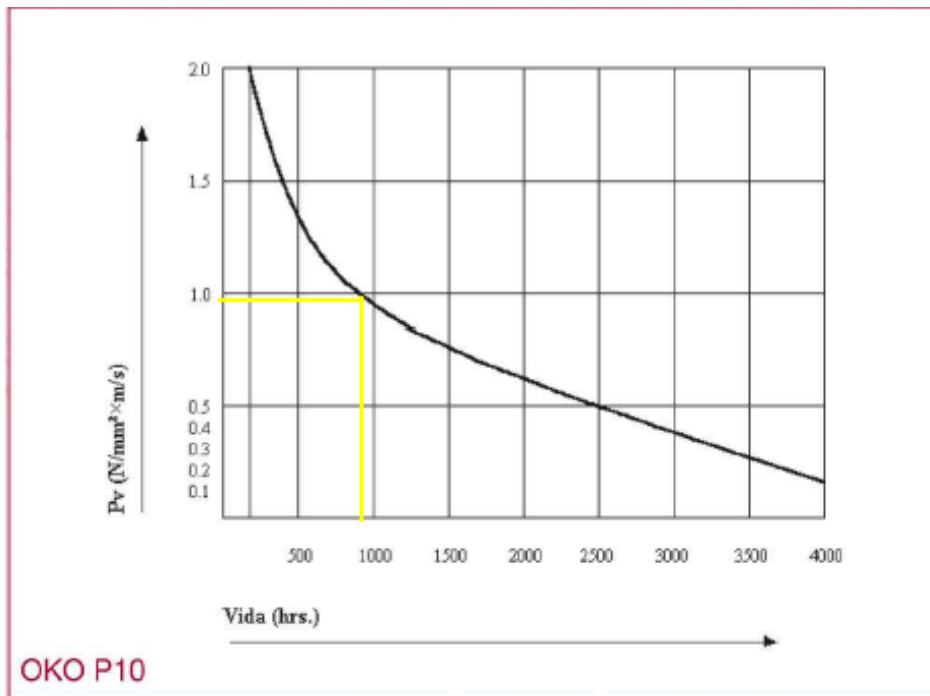
Ahora se procede a encontrar el factor PV:

$$PV = 1,041 * 0,9424 = 0,9811$$

Finalmente procedemos a encontrar la vida útil a través de la grafica PV vs vida en horas, para los cojinetes tipo P20. Esto se hace entrando a la gráfica con el valor PV hallado anteriormente:



De la gráfica obtenemos un valor aproximado de vida útil de rodamiento de **28000 horas**. Nótese que esta gráfica no era LA adecuada para este tipo de cojinetes, ya que este cojinete es un OKO P10, pero la utilizamos para mirar la diferencia con respecto a la gráfica que se debe utilizar, la cual es la siguiente:

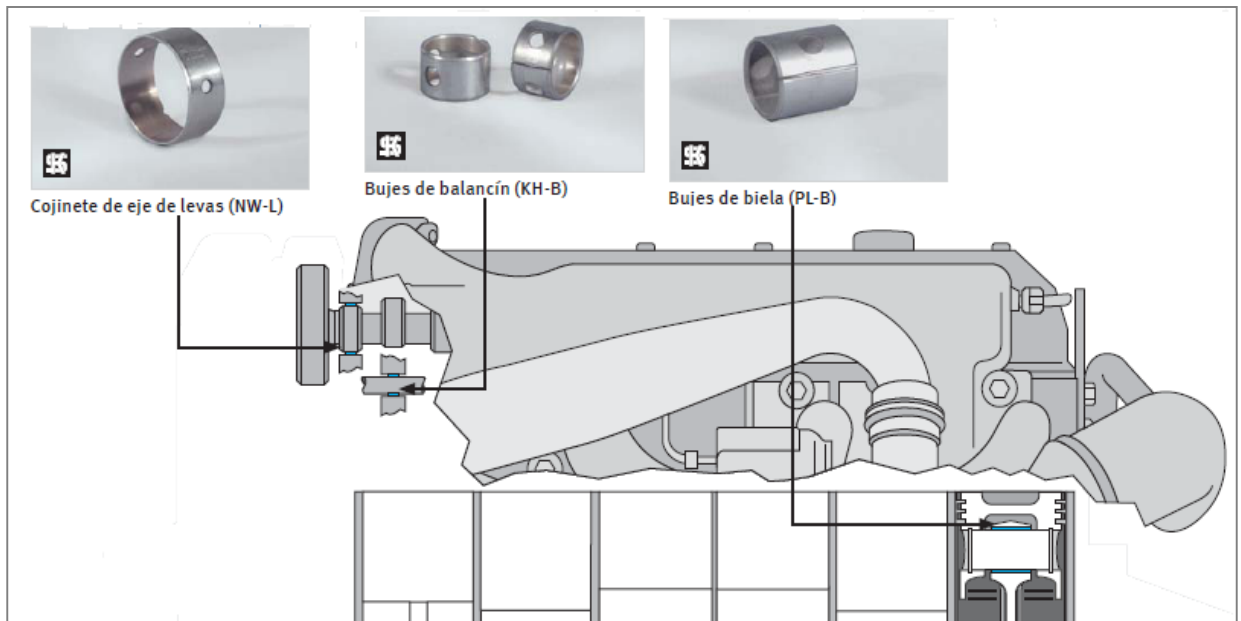


De esta gráfica vemos que la vida real del rodamiento es de aproximadamente **900[h]**, un valor muy distante del encontrado en la gráfica anterior. A la hora de calcular la vida útil del cojinete debemos tener en cuenta el tipo de cojinete (OKO P10 ó OKO P20) para no cometer estos errores.

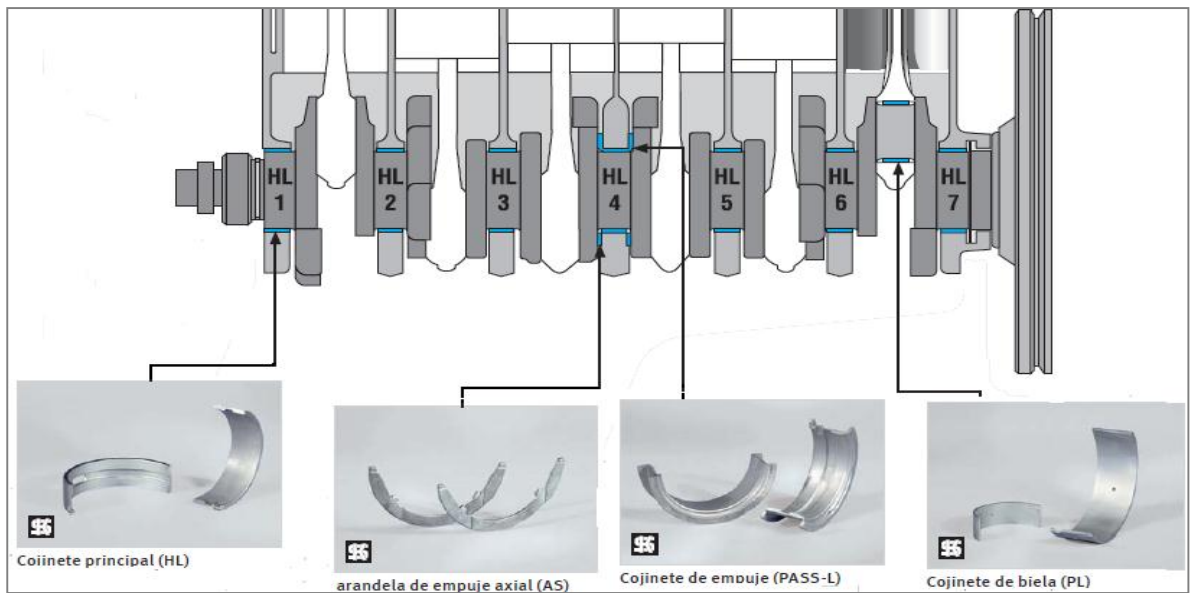
#### 4. APLICACIONES DE LOS COJINETES DE FRICCIÓN

Los cojinetes de fricción tienen muchas aplicaciones en la industria, especialmente en la industria automotriz. A continuación se muestra algunas imágenes de aplicaciones típicas de estos cojinetes en el motor de un automóvil.

**Figura 16. Ejemplos de cojinete de fricción en la parte superior del motor de un automóvil.**

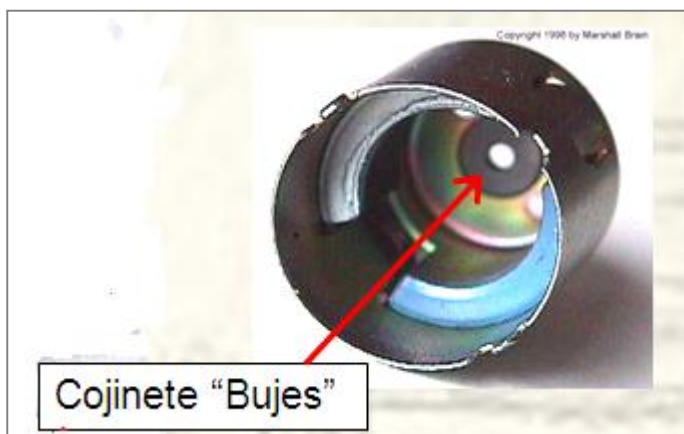


**Figura 17. Ejemplos de cojinete de fricción en la parte inferior del motor de un automóvil.**



Otras aplicaciones típicas de estos cojinetes son en los motores eléctricos de corriente continua (DC), debido a que se necesita el buen funcionamiento de eje del motor.

**Figura 18. Ejemplos de aplicaciones de cojinetes en los motores DC.**



Otra aplicación común es el empleo de los cojinetes con soporte colgante en los sistemas de transporte de tornillos sin fin.

**Figura 19. Ejemplo de un cojinete en un tornillo sin fin.**




## **BIBLIOGRAFIA**

ZAYAS FIGUERAS Enrique. Tecnología de fabricación y máquinas. Archivo pdf.

GASTEIZ vitoria. Casquillos autolubricados.

HALL-HOLLOWENCO-LAU. Diseño de Máquinas. Editorial McGraw-Hill.

**ANEXO D. PLANTILLA PARA LA PRÁCTICA DE COJINETES DE  
DESLIZAMIENTO.**

PRÁCTICA DE COJINETES- RODAMIENTOS			
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA DISEÑO GRÁFICO			
NOMBRE	CÓDIGO	FIRMA	Fecha:
			Revisó:
<p><b>INTRODUCCIÓN:</b> Cuando un elemento de máquina está soportado por un segundo elemento y hay un movimiento relativo entre ellos, de tal forma que las superficies en contacto deslizan una sobre la otra, el conjunto constituye un cojinete; Pero comúnmente se ha dado en llamar cojinete al elemento que soporta o sobre el cual se mueve el otro elemento. En esta práctica nos enfocaremos en dicho elemento, llamado cojinete de fricción o de deslizamiento, de tal manera que comprendan con la ayuda del componente teórico sus funcionamientos, representaciones en planos y principales diferencias con respecto a los rodamientos.</p> <p><b>OBJETIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Identificar los principales tipos de cojinetes de fricción.</li> <li>✓ Aprender a representar este tipo de cojinetes en un plano.</li> <li>✓ Iniciar al estudiante con los procesos de cálculos para seleccionar cojinetes según sea la aplicación, de tal forma que aprendan a utilizar los catálogos disponibles.</li> <li>✓ Aprender a realizar un plano que contenga en sus piezas un cojinete de fricción.</li> </ul>			
DESARROLLO DE LA PRÁCTICA			
<p><b>1). De acuerdo a lo leído en el documento teórico completar las siguientes afirmaciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En un cojinete de deslizamiento dos casquillos tienen un movimiento en contacto directo, realizándose un deslizamiento por _____.</li> <li>• Tienen la ventaja de su marcha _____ y _____. Pueden construirse partidos en dos,</li> <li>• Los cojinetes de deslizamiento se pueden clasificar según la carga que soporta, según la forma, según su estructura, según el tipo de lubricación y según el tipo de _____ que presente.</li> </ul>			

2). Contestar verdadero o falso a las siguientes afirmaciones:

Los cojinetes de fricción principalmente se utilizan:

- Cuando es primordial un funcionamiento silencioso. ( )
- Cuando en el funcionamiento de la máquina se producen pequeñas sacudidas y vibraciones (Ejemplo: prensas mecánicas). ( )
- Cuando se requieren cojinetes partidos (Ejemplo: en los árboles acodados de un motor de combustión interna y de un compresor alternativo). ( )
- En árboles que rotan a altas revoluciones, en los cuales se puede conseguir la lubricación hidrodinámica (Ejemplo: motor de combustión interna, árboles de turbinas de vapor). ( )

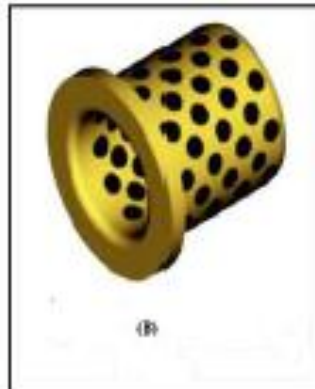
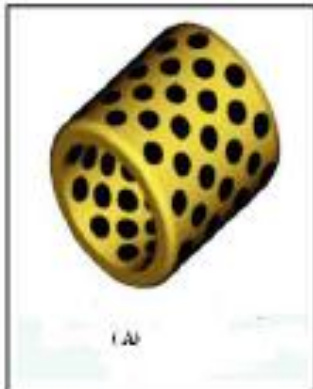
3). Identificar los tipos de cojinete de las siguientes figuras:



\_\_\_\_\_



\_\_\_\_\_



\_\_\_\_\_

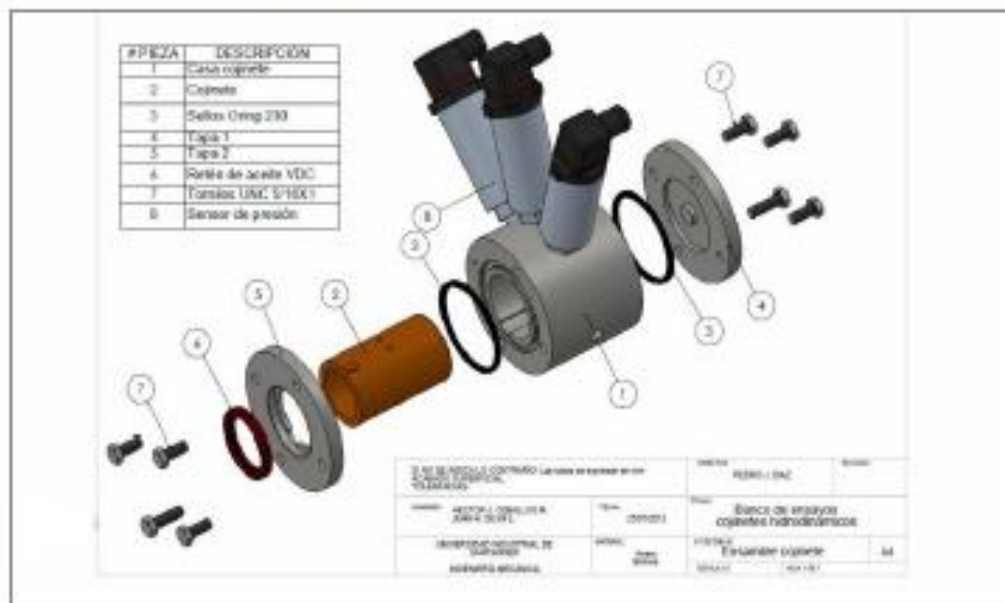
4). Completar la siguiente tabla en relación a los cojinetes dispuestos en el laboratorio:

Nombre del cojinete	bosquejo con cotas

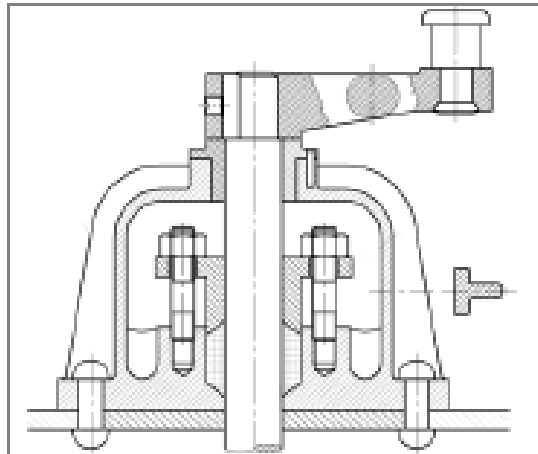


- ❖ El bosquejo debe ser parecido a la representación en un plano.
- ❖ El auxiliar les proporcionará los 5 cojinetes de fricción.

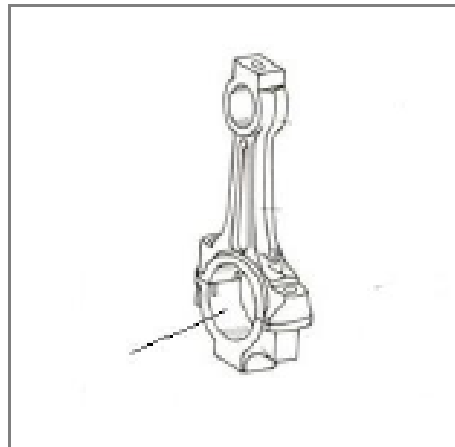
5). Decir que tipo de cojinete es el utilizado en el ensamble y el por qué de su respuesta.



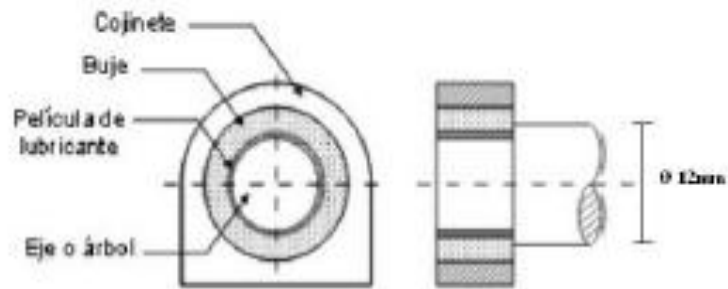
6). Indicar con algún color donde está ubicado el cojinete en el siguiente mecanismo.



7). Qué tipo de cojinete va ubicado en el montaje de la figura. Dicho montaje puede ser observado en el banco.



- 8) Seleccionar un cojinete de la serie PAP para soportar cargas radiales, el cual va a ser instalado en un eje mostrado en la siguiente figura:

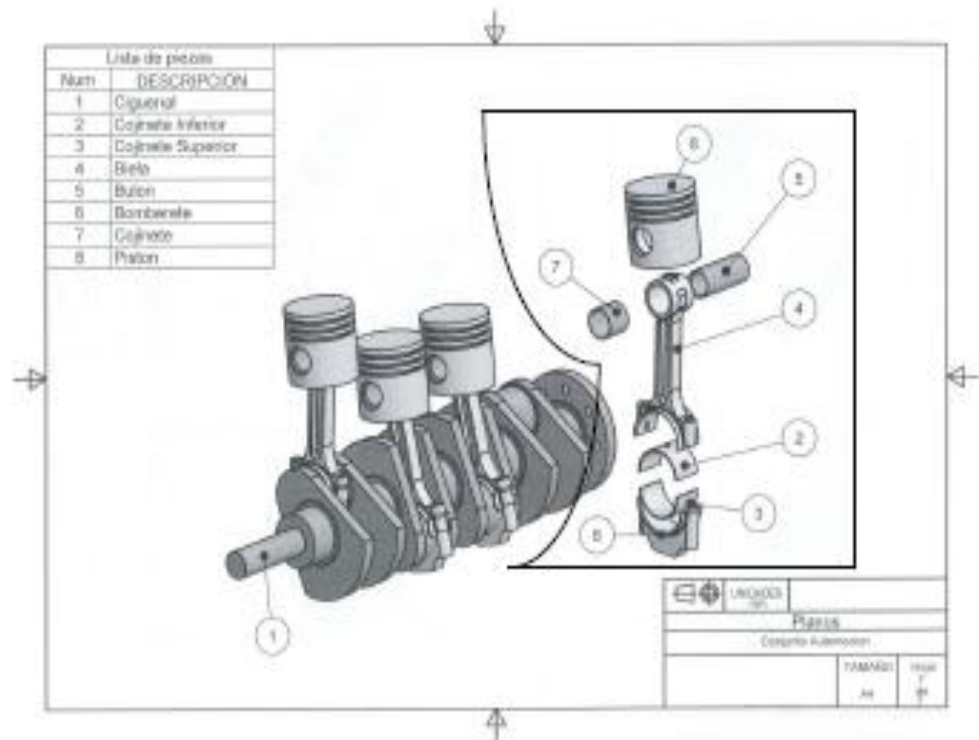


Realizar el procedimiento de selección paso a paso.

Después de seleccionar el cojinete realizar las siguientes preguntas:

- Hacer un bosquejo final con las medidas y la referencia de dicho cojinete.
- Indicar la tolerancia de montaje recomendada del alojamiento y el eje para estos cojinetes.
- Calcular la vida útil del cojinete para una velocidad promedio de 600 rpm y una carga aplicada de 500N. Se sabe que el cojinete tiene una composición material OKO P10.

9) Realizar el ensamble del conjunto biela-pistón mostrado en la figura. Traer para la próxima clase la vista Explosionada del ensamble y el plano del cojinete.



CONCLUSIONES