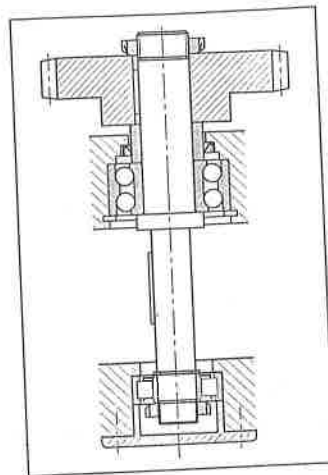


RODAMIENTOS



Un *rodamiento* es un elemento que se sitúa entre dos piezas con un eje común que pueden girar una respecto a la otra. El rodamiento sustituye el posible deslizamiento entre los dos elementos por una rodadura. En este caso la potencia absorbida por la rodadura es mucho menor de la que se absorbería por deslizamiento.

Un rodamiento está formado básicamente por cuatro elementos: un *aro interior*, un *aro exterior*, los *elementos rodantes* y la *jaula* (figura 17.1). El aro exterior y el interior son los elementos que se fijan solidariamente a los dos elementos que acopla el rodamiento (por ejemplo, a una carcasa y a un eje). En algunos casos se pueden sustituir los aros por un alojamiento sobre la pieza en cuestión convenientemente mecanizado. Los dos aros tienen unas gargantas, denominadas *caminos de rodadura*, por donde rodarán los elementos rodantes (bolas, rodillos o agujas). Estos elementos rodantes girarán sobre su propio eje produciéndose una rodadura sobre los caminos de rodadura de los rodamientos, permitiendo el giro relativo entre los dos aros y, en definitiva, de las dos piezas que unen. Por último, la jaula es un componente que agrupa a todos los elementos rodantes, manteniendo su posición relativa, evitando que los elementos rodantes se desmonten, pero permitiendo el giro y, por consiguiente, la rodadura de estos elementos.

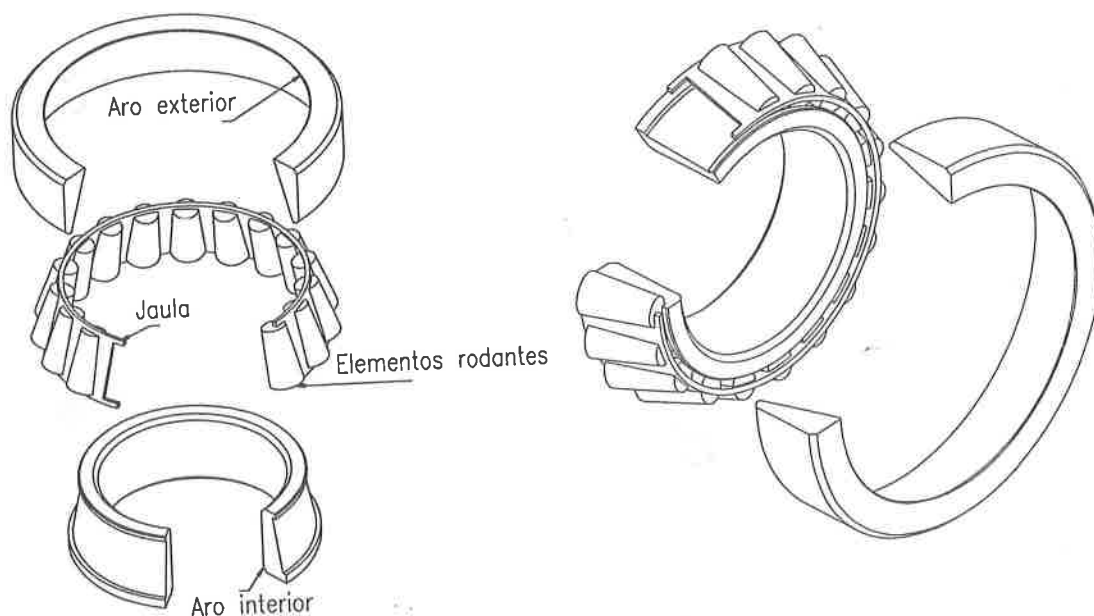


FIGURA 17.1. Partes de un rodamiento.

17.1. Tipos de rodamientos

Los rodamientos se diseñan para permitir el giro relativo entre dos piezas y para soportar cargas puramente radiales, puramente axiales o combinaciones de ambas. Cada tipo de rodamiento presenta unas propiedades que dependen de su diseño y que lo hacen más o menos adecuado para una aplicación determinada. Los principales tipos de rodamientos son:

17.1.1. Rodamientos rígidos de bolas

Los rodamientos rígidos de bolas (figura 17.2a) tienen un campo de aplicaciones muy amplio. Son de diseño sencillo, no desmontables, adecuados para altas velocidades de funcionamiento, y además requieren poco mantenimiento. Son el tipo de rodamiento más común y el más utilizado. Existen varios diseños de rodamientos rígidos de bolas, aunque los más significativos son los de una hilera de bolas (figura 17.2b) y los de dos hileras (figura 17.2c).

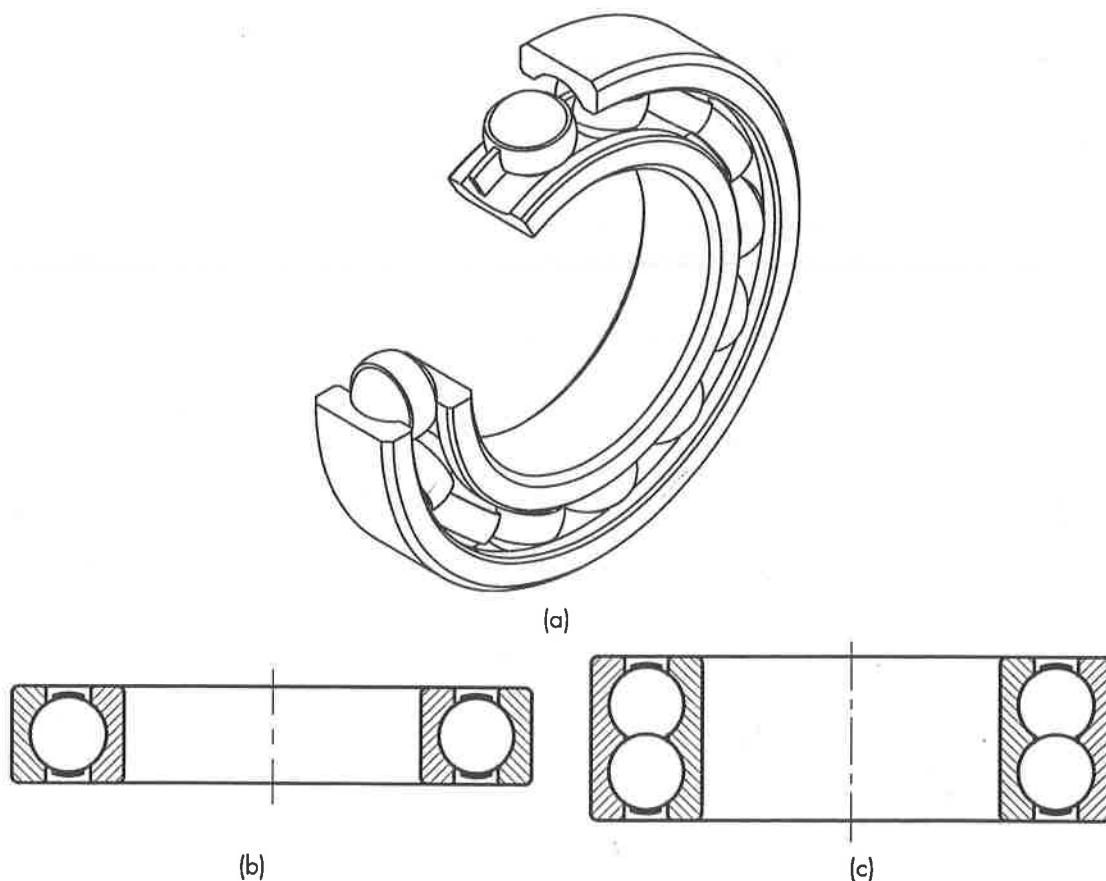


FIGURA 17.2. Rodamientos rígidos de bolas.

17.1.2. Rodamientos de bolas a rótula

Los rodamientos de bolas a rótula tienen dos hileras de bolas con un camino de rodadura esférico común en el aro exterior del rodamiento. Esta última característica hace que el rodamiento sea autoalineable, permitiéndose desviaciones angulares del eje respecto al soporte. Son especialmente adecuados para aplicaciones en las que se pueden producir desalineaciones o deformaciones del eje. En la figura 17.3 se muestra un modelo de estos rodamientos.

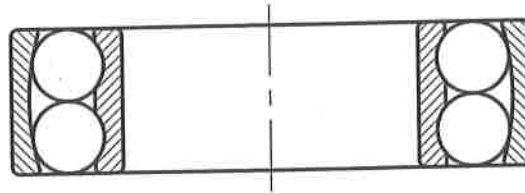


FIGURA 17.3. Rodamientos de bolas a rótula.

17.1.3. Rodamientos de bolas con contacto angular

Los rodamientos de bolas con contacto angular tienen los caminos de rodadura de sus aros interior y exterior desplazados entre sí respecto al eje del rodamiento. Son particularmente útiles para soportar cargas combinadas (cargas axiales y radiales que actúan simultáneamente). Existen varios tipos de diseño, entre los que cabe resaltar los rodamientos de una hilera de bolas con contacto angular (figura 17.4a), los de dos hileras de bolas con contacto angular (figura 17.4b) y los de bolas con cuatro puntos de contacto (figura 17.4c).

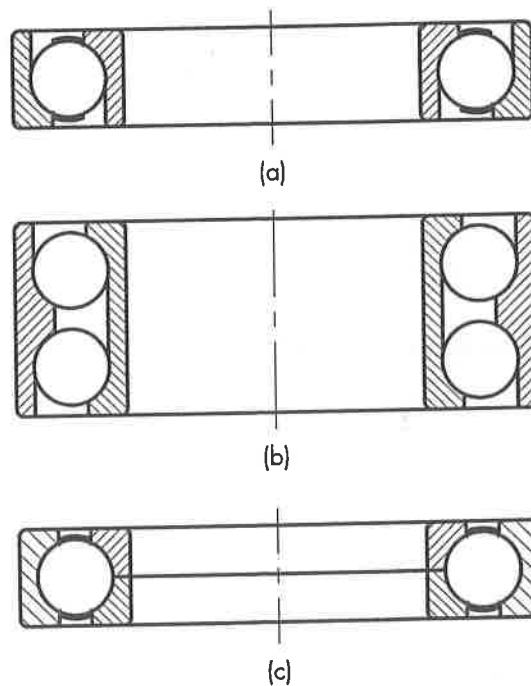


FIGURA 17.4. Rodamientos de bolas con contacto angular.

17.1.4. Rodamientos de rodillos cilíndricos

Tienen la misma función que los rodamientos rígidos de bolas, es decir, absorber cargas puramente radiales. No obstante, su capacidad de carga es mucho más elevada. Son desmontables y existe una gran variedad de tipos, siendo la mayoría de ellos de una sola hilera de rodillos con jaula (figura 17.5a). Existen rodamientos sin pestañas en el aro interior (figura 17.5b), sin pestañas en el exterior (figura 17.5c), con una pestaña en el interior (figura 17.5d) o con una pestaña en el exterior (figura 17.5e).

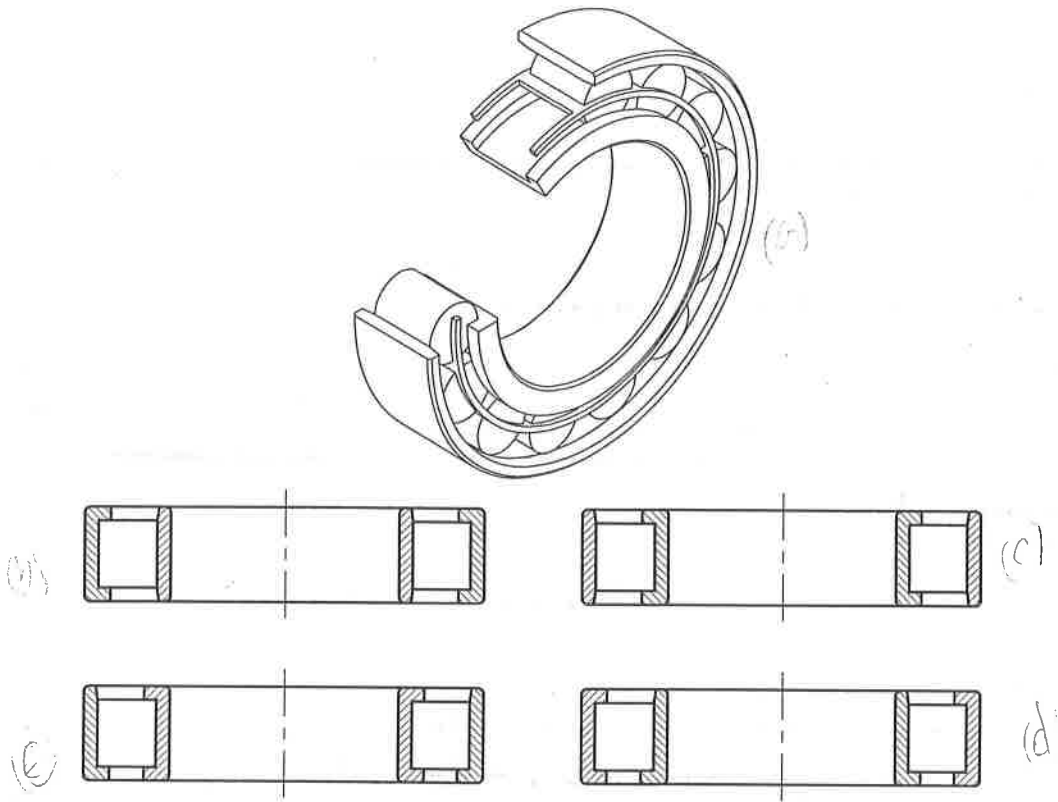


FIGURA 17.5. Rodamientos de rodillos cilíndricos.

17.1.5. Rodamientos de agujas

Son un tipo especial de rodamientos de rodillos cilíndricos donde éstos se caracterizan por ser finos y largos en relación con su diámetro, por lo que se les denomina *agujas*. Estos rodamientos tienen gran capacidad de carga y son especialmente útiles en montajes donde se dispone de un espacio radial limitado. Los más utilizados son: casquillos de agujas sin fondo (figura 17.6d), casquillos de agujas con fondo (figura 17.6c), rodamientos de agujas con aro interior (figura 17.6a) y rodamientos de agujas sin aro interior (figura 17.6b). Cuando el espacio radial es muy reducido, se pueden utilizar coronas de agujas sin aro interior ni exterior (figura 17.6e).

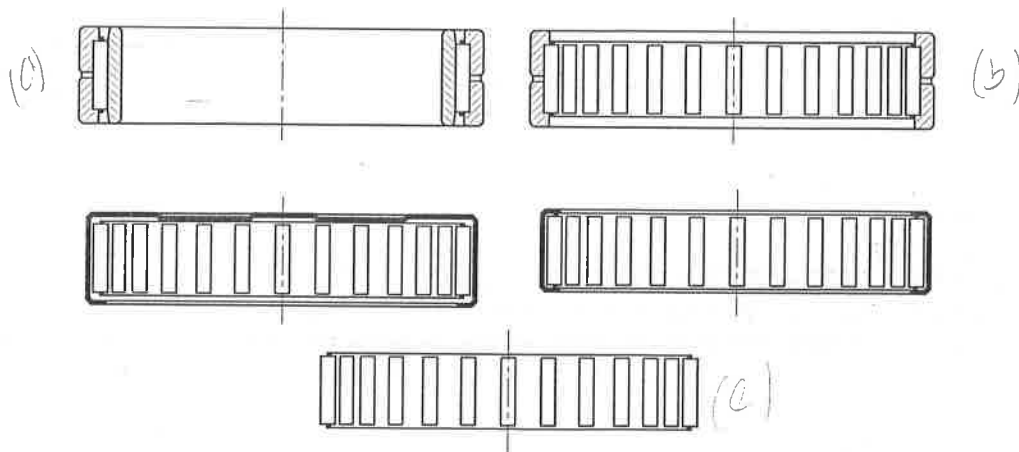


FIGURA 17.6. Rodamientos de agujas.

17.1.6. Rodamientos de rodillos a rótula

Los rodamientos de rodillos a rótula están compuestos por dos hileras de rodillos con un camino de rodadura esférico común sobre el aro exterior. Cada uno de los dos caminos de rodadura del aro interior está inclinado formando un ángulo con el eje del rodamiento. Estos rodamientos son autoalineables, pueden soportar cargas radiales y cargas axiales, y tienen una gran capacidad de carga.

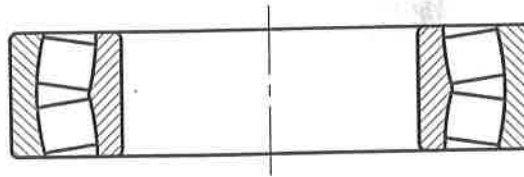


FIGURA 17.7. Rodamientos de rodillos a rótula.

17.1.7. Rodamientos de rodillos cónicos

Los rodamientos de rodillos cónicos tienen los rodillos dispuestos entre los caminos de rodadura cónicos de los aros interior y exterior (figura 17.8a). El diseño de estos rodamientos los hace especialmente adecuados para soportar cargas combinadas. Su capacidad de carga axial depende del ángulo de contacto (semiángulo cónico del camino de rodadura exterior), cuanto mayor es este ángulo, mayor es la capacidad de carga axial del rodamiento.

Los rodamientos de rodillos cónicos normalmente son desarmables, es decir, el aro interior y la corona de rodillos forman una unidad que puede montarse aparte del aro exterior.

Existen rodamientos de rodillos cónicos de varios tipos. Los más normales son los de una hilera de rodillos (figura 17.8b) y los de dos hileras (figura 17.8c).

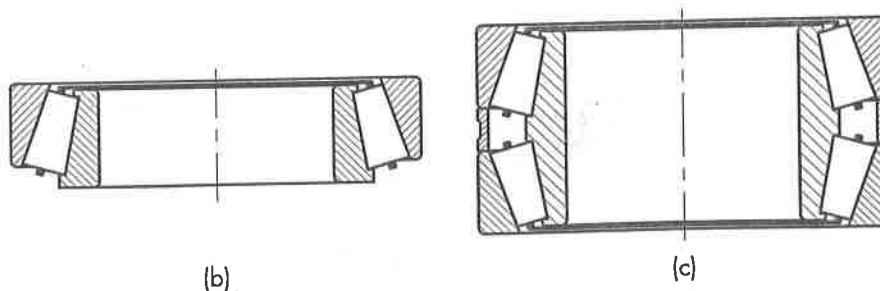
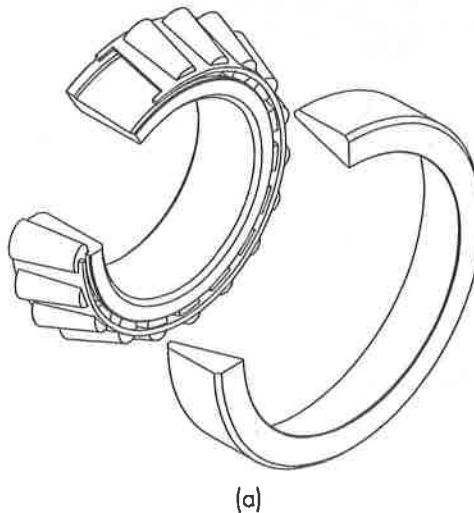


FIGURA 17.8. Rodamientos de rodillos cónicos.

17.1.8. Rodamientos axiales de bolas

Los rodamientos axiales de bolas (figura 17.9a) pueden ser de dos tipos: de simple efecto y de doble efecto.

En cuanto a los rodamientos axiales de bolas de simple efecto (figura 17.9b) son adecuados para absorber cargas axiales y fijar el eje en un solo sentido, y pueden absorber cargas radiales pequeñas. Están formados por una arandela de eje, sujeta al eje, con un camino de rodadura, un conjunto axial de bolas con su jaula y una arandela de alojamiento, sujeta al alojamiento, con su correspondiente camino de rodadura. Son desarmables y su montaje es muy simple, ya que los componentes se pueden montar por separado.

Los rodamientos axiales de bolas de doble efecto (figura 17.9c) son adecuados para absorber cargas axiales y fijar el eje en ambos sentidos. Sin embargo no soportan cargas radiales. Están formados por una arandela de eje, que va montada sujeta al eje, con su camino de rodadura en cada cara, dos conjuntos de bolas y sus jaulas y dos arandelas de alojamiento también con sus caminos de rodadura, montadas sujetas al alojamiento. Son desarmables y los conjuntos de bolas y jaulas son los mismos que los correspondientes a simple efecto.

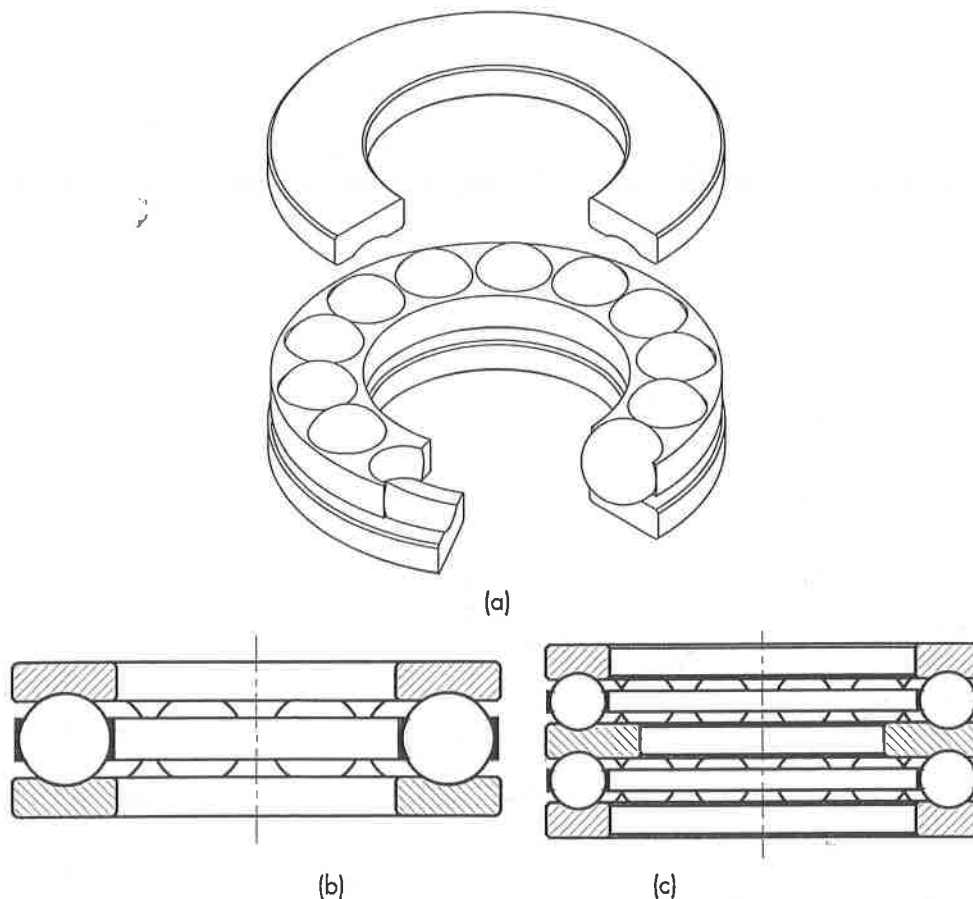


FIGURA 17.9. Rodamientos axiales de bolas.

17.1.9. Rodamientos axiales de rodillos

Los rodamientos axiales de rodillos cilíndricos (figura 17.10a) y de rodillos cónicos (figura 17.10b) son adecuados para disposiciones que tengan que soportar grandes cargas axiales. Se suelen emplear cuando la capacidad de carga de los rodamientos axiales de bolas es

inadecuada. Los rodamientos axiales de rodillos a rótula (figura 17.10c) son también capaces de soportar cargas radiales y de absorber desalineaciones de los ejes.

Estos rodamientos son de diseño simple, se componen de una arandela de eje, una arandela de alojamiento y un conjunto de jaula y rodillos.

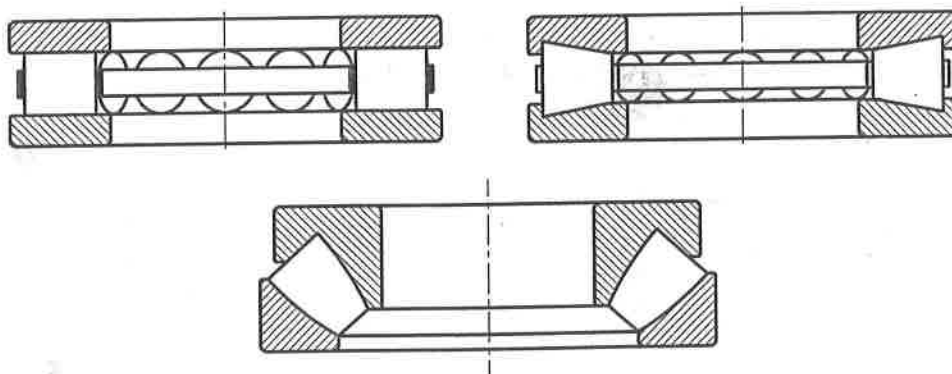


FIGURA 17.10. Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos y cónicos.

17.1.10. Rodamientos axiales de agujas

Los rodamientos axiales de agujas (figura 17.11) pueden soportar grandes cargas axiales y requieren un espacio axial mínimo. Son rodamientos de simple efecto y sólo pueden absorber cargas axiales en un sentido.

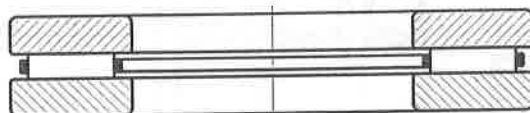


FIGURA 17.11. Rodamientos axiales de agujas.

17.2. Criterios para la selección del tipo de rodamiento

Cada tipo de rodamiento presenta unas propiedades características que dependen de su diseño y que lo hacen más o menos adecuado para una aplicación determinada. Por ejemplo, los rodamientos rígidos de bolas pueden soportar cargas radiales medias y cargas axiales, tienen además un bajo rozamiento y pueden fabricarse con alta precisión y en variantes de funcionamiento silencioso. Este tipo de rodamientos se usan, por ejemplo, en motores eléctricos de tamaño pequeño y medio.

Los rodamientos de rodillos a rótula pueden soportar cargas muy pesadas y son autoalineables. Estas propiedades hacen que sean especialmente adecuados, por ejemplo, para aplicaciones de ingeniería pesada, donde las cargas son muy elevadas y producen deformaciones y desalineaciones. No obstante, cuando se vaya a seleccionar el tipo de rodamiento, se deben considerar diversos factores y contrastarlos entre sí. Por esta razón conviene dar unas reglas generales de selección.

17.2.1 Espacio disponible

En muchas ocasiones al menos una de las dimensiones principales del rodamiento (generalmente el diámetro del agujero o el del eje) viene determinada por las características del diseño de la máquina a la que va destinado.

Para una dimensión determinada fija (figura 17.12) existen distintos tipos de rodamientos posibles (por ejemplo, rodamientos rígidos de bolas, o rodamientos de rodillos cilíndricos). La elección de un tipo de rodamiento u otro para unas dimensiones dadas depende entonces de otros factores, como la capacidad de carga, velocidad de funcionamiento, etc.

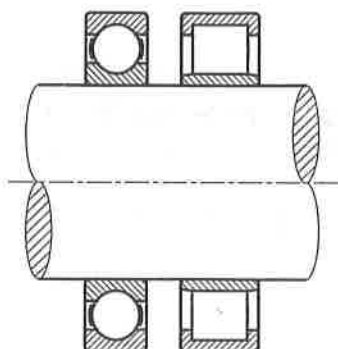


FIGURA 17.12. Rodamientos con igual diámetro exterior e interior.

Para los ejes de pequeño diámetro (figura 17.13a) se puede utilizar cualquier tipo de rodamiento de bolas, aunque los más comunes son los rodamientos rígidos de bolas. Los rodamientos de agujas también son apropiados. Para ejes de grandes diámetros (figura 17.13b) es conveniente utilizar rodamientos rígidos de bolas, rodamientos de rodillos cilíndricos, de rodillos a rótula o de rodillos cónicos.

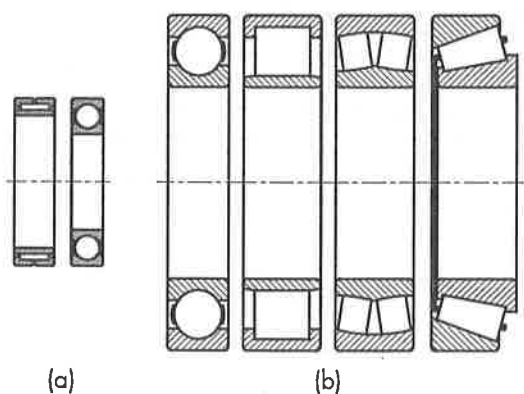


FIGURA 17.13. Tipos de rodamientos según el tamaño del eje.

Cuando el espacio radial disponible es limitado, deberán elegirse rodamientos de pequeña sección, como por ejemplo los casquillos de agujas y los rodamientos de agujas sin o con aro interior o las coronas de agujas (figura 17.14).

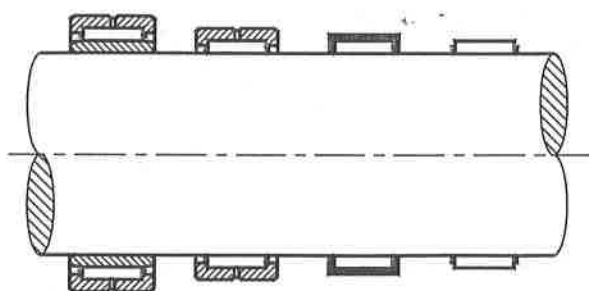


FIGURA 17.14. Rodamientos para espacio radial disponible reducido.

tuando los de rodillos cónicos, ISO 355 para rodamientos de rodillos cónicos radiales de series métricas, e ISO 104 para rodamientos axiales). Estos planes de dimensiones han sido adoptados también por la Norma UNE en las normas UNE 18-037-84, UNE 18-088-84 y UNE 18-047-82. En los anexos aparecen tablas con las dimensiones de distintos tipos de rodamientos y su designación comercial. Para estos elementos se ha optado por la designación comercial en lugar por la que indica la marca, porque es la utilizada en la práctica habitual.

Las tolerancias dimensionales y geométricas con que se fabrican el aro exterior y el interior están también normalizadas. La norma UNE 18-031-91 y la norma UNE 18-064-81 especifican las tolerancias para las dimensiones principales de los rodamientos. Normalmente, todos los fabricantes de rodamientos incluyen en sus catálogos las tablas de tolerancias correspondientes. De esta forma, únicamente es necesario determinar las tolerancias del alojamiento del aro exterior y del eje que monta en el aro interior en función de las recomendaciones que da el fabricante de los rodamientos (ver tablas 17.4 y 17.5).

17.5. Montaje de los rodamientos

17.5.1. Disposición de los rodamientos

El montaje de un componente giratorio de una máquina, por ejemplo un eje, precisa generalmente de dos rodamientos para soportarlo y situarlo radial y axialmente con relación a la parte estacionaria de la máquina, como es el alojamiento o soporte. Uno de los rodamientos debe estar fijo y el otro libre.

El rodamiento fijo en uno de los extremos del eje proporciona soporte radial y al mismo tiempo fija el eje axialmente en ambos sentidos, por lo que el rodamiento debe quedar sujeto lateralmente en el eje y en el alojamiento.

Los rodamientos radiales que soportan cargas combinadas son adecuados para emplearlos como rodamientos fijos; por ejemplo, se pueden utilizar los rodamientos rígidos de bolas, los rodamientos de bolas con contacto angular (figura 17.30), los rodamientos de bolas a rótula (figura 17.31) y los rodamientos de rodillos cónicos.

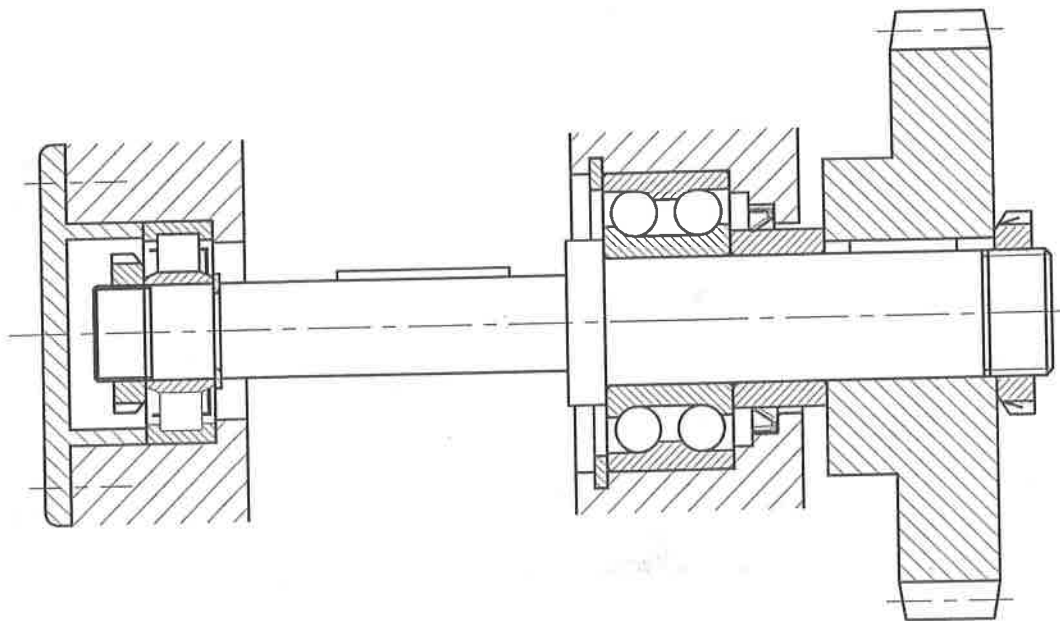


FIGURA 17.30. Disposición de rodamientos. Rodamiento de rodillos cilíndricos sin pestaña en aro interior, libre a la izquierda y rodamiento fijo a la derecha.

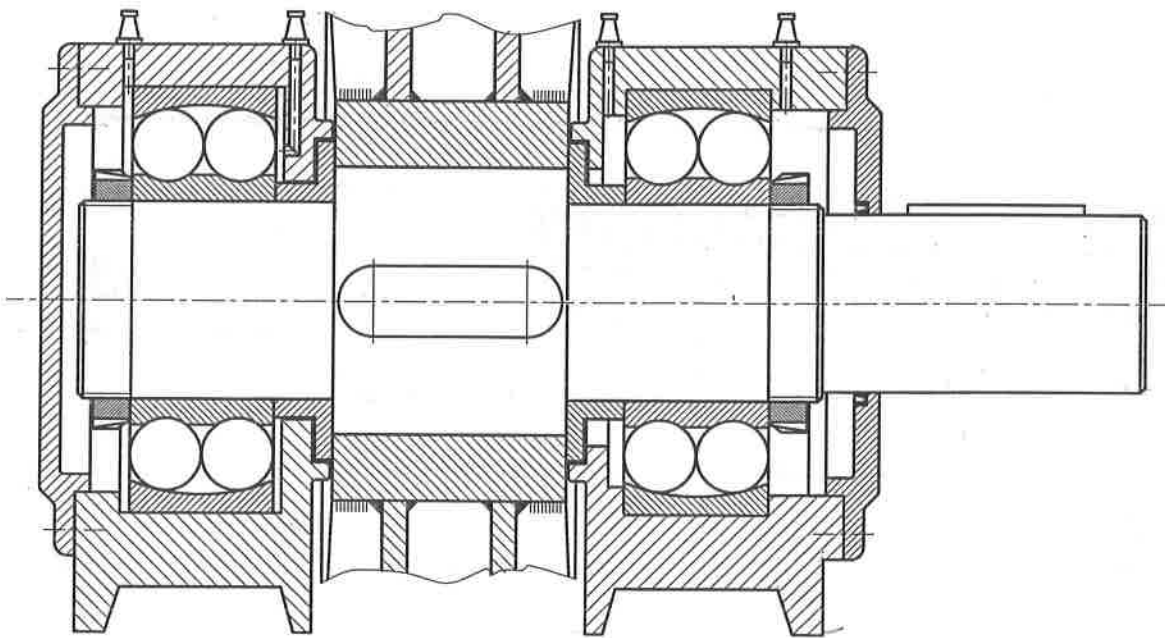


FIGURA 17.31. Disposición de rodamientos. Rodamientos de bolas a rótula. Rodamiento libre a la izquierda y rodamiento fijo a la derecha.

El término *fijación cruzada* se emplea para describir aquellas disposiciones en las que cada uno de los dos rodamientos fija el eje axialmente en un solo sentido, siendo los dos sentidos opuestos. Esta disposición se usa principalmente para ejes cortos. Son adecuados todos los tipos de rodamientos radiales capaces de soportar cargas axiales al menos en un sentido, como por ejemplo los rodamientos rígidos de bolas, los de bolas con contacto angular, los de rodillos a rótula y los de rodillos cónicos (figura 17.32).

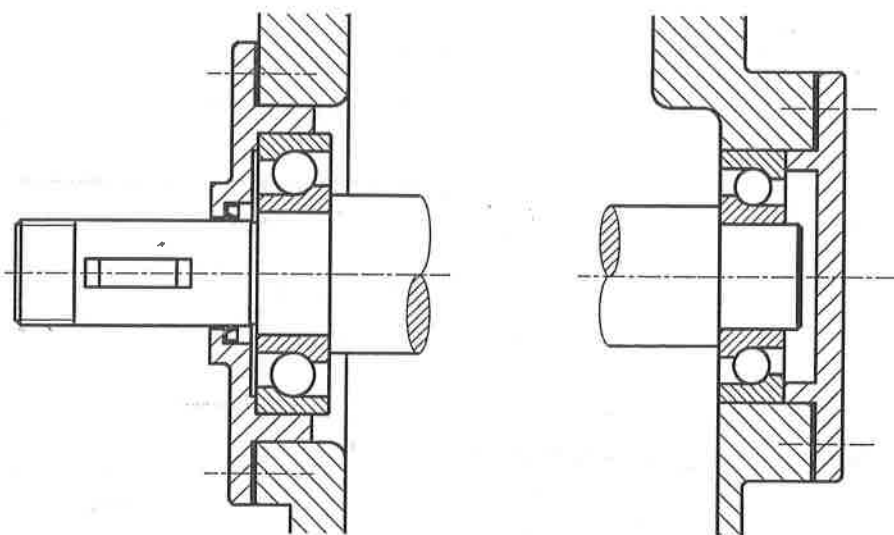


FIGURA 17.32. Fijación cruzada.

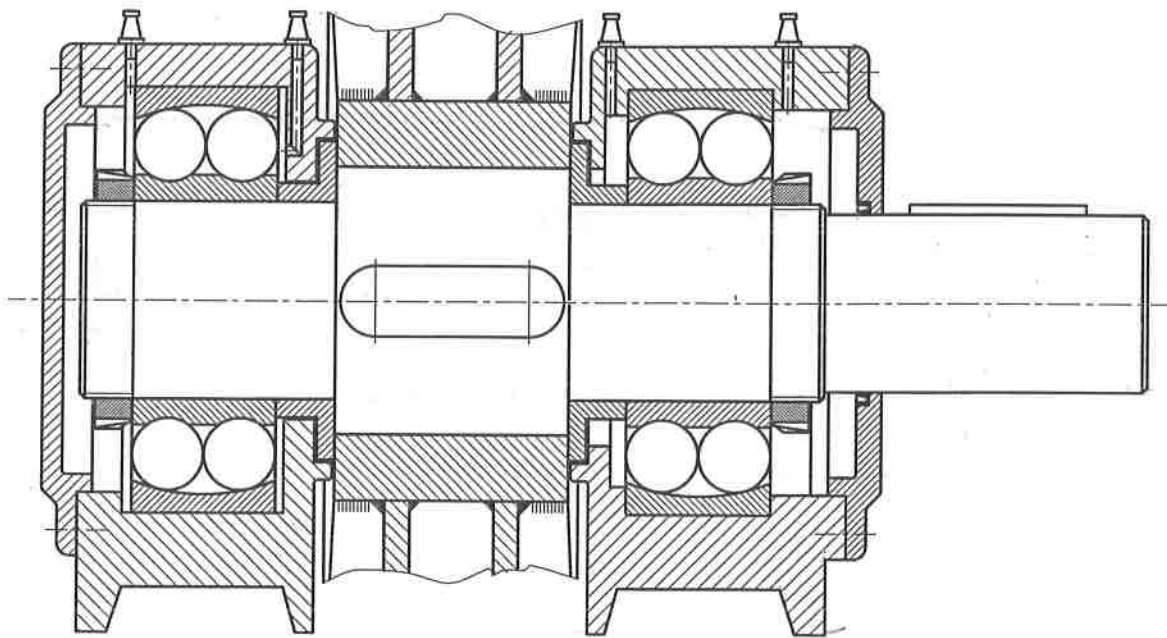


FIGURA 17.31. Disposición de rodamientos. Rodamientos de bolas a rótula. Rodamiento libre a la izquierda y rodamiento fijo a la derecha.

El término *fijación cruzada* se emplea para describir aquellas disposiciones en las que cada uno de los dos rodamientos fija el eje axialmente en un solo sentido, siendo los dos sentidos opuestos. Esta disposición se usa principalmente para ejes cortos. Son adecuados todos los tipos de rodamientos radiales capaces de soportar cargas axiales al menos en un sentido, como por ejemplo los rodamientos rígidos de bolas, los de bolas con contacto angular, los de rodillos a rótula y los de rodillos cónicos (figura 17.32).

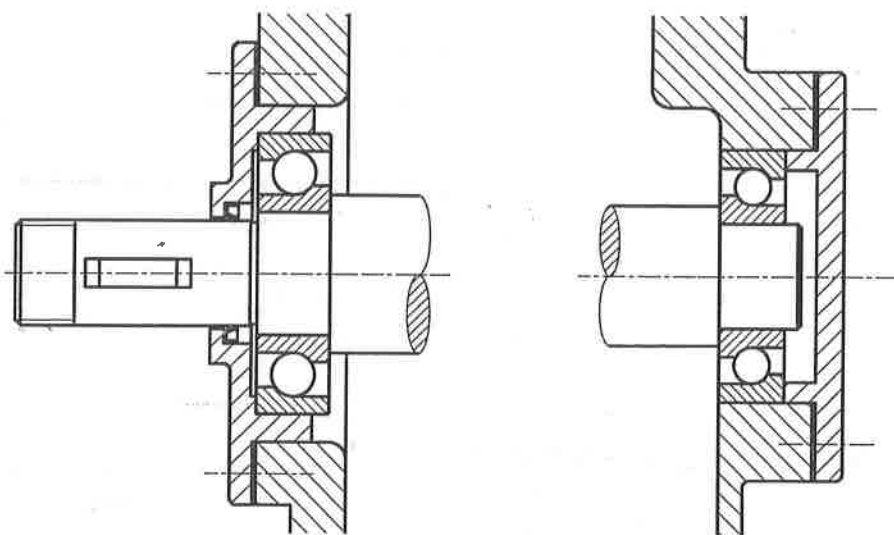


FIGURA 17.32. Fijación cruzada.

También se puede utilizar una combinación de rodamientos para conseguir los efectos buscados. Por ejemplo, dos rodamientos rígidos de una hilera de bolas para absorber las cargas puramente radiales y un rodamiento axial de bolas para absorber las cargas axiales (figura 17.33).

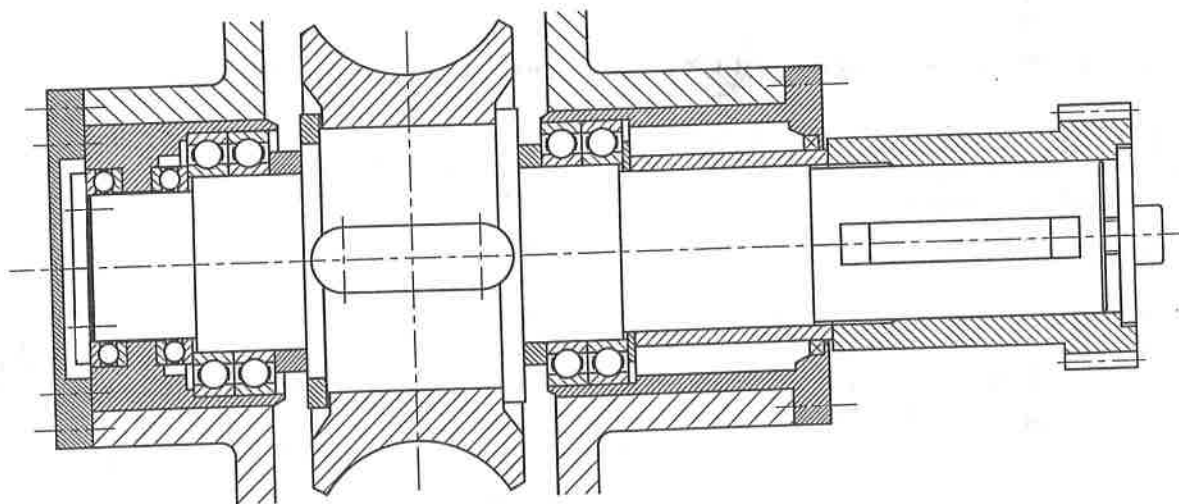


FIGURA 17.33. Combinación de rodamientos.

17.5.2. Fijación radial de los rodamientos

Para poder aprovechar al máximo la capacidad de carga de un rodamiento, sus aros o sus arandelas deben quedar apoyados en toda su circunferencia y en toda la anchura del camino de rodadura. El apoyo ha de ser firme y uniforme, y se puede conseguir por medio de un asiento cilíndrico o cónico, o en el caso de las arandelas, por medio de una superficie de apoyo plana.

Normalmente, el único modo de conseguir una fijación radial satisfactoria y un apoyo adecuado consiste en montar los aros con las tolerancias correctas. No obstante, cuando se requiere que el rodamiento sea de fácil montaje y desmontaje, o cuando un rodamiento haya de tener libertad para moverse axialmente, los ajustes con aprieto no se pueden utilizar.

A) Selección del ajuste

A la hora de seleccionar un ajuste, se deberán tener en cuenta los factores y las directrices generales que se detallan a continuación:

- Condiciones de giro

Cuando actúa una fuerza radial, un aro de un rodamiento en rotación está sometido a un fenómeno de *laminación* entre los cuerpos rodantes y su asiento (bien el eje, bien el alojamiento del rodamiento). Este fenómeno de laminación ocasiona desgastes que deterioran el mecanismo. Para evitar este fenómeno, es necesario evitar el movimiento de giro relativo entre el aro y el asiento mediante un ajuste con apriete.

El otro aro del rodamiento, denominado aro fijo, no sufre ninguna laminación, y está sometido únicamente a una compresión estática producida por la carga radial. De esta forma, en este aro no es necesario el ajuste con aprieto, dejándolo libre (ajuste con juego, o incluso indeterminado).

Así pues, un *aro fijo* con respecto a la dirección de aplicación de la carga *puede ser montado libre* en su asiento (ajuste sin aprieto). Por el contrario, un *aro giratorio* con respecto a la dirección de aplicación de la carga, *debe ser montado con apriete* en su alojamiento.

De una forma más general, pueden presentarse tres tipos de condiciones de giro diferentes, referidas al movimiento de los aros del rodamiento con respecto a la dirección de carga: carga rotativa, carga fija y carga de dirección indeterminada.

La *carga rotativa* se produce cuando gira el aro del rodamiento y la carga permanece fija, o cuando el aro permanece fijo y la carga es rotativa. En cualquiera de los dos casos, todos los puntos del camino de rodadura están sometidos a la carga al cabo de una revolución. En este caso debe usarse un ajuste con apriete entre el aro y su alojamiento para evitar desgastes del aro debido al fenómeno de laminación anteriormente descrito.

La condición de *carga fija* se da cuando no giran ni el aro ni la carga o cuando giran los dos a la vez con la misma velocidad. En este caso no se requiere un ajuste con apriete a no ser que sea por otras razones.

Entre las *cargas de dirección indeterminada* se encuentran las cargas externas variables, cargas de choques, vibraciones y desequilibrios en máquinas, etc. Por motivos de seguridad se recomienda usar ajustes con apriete para los dos aros del rodamiento.

- Magnitud de la carga

La carga sobre el aro interior hace que el mismo se expanda, con lo que se afloja su ajuste con apriete. En este caso, bajo la influencia de una carga rotativa, puede producirse el giro del aro en el asiento. El grado de interferencia entre el aro y su asiento debe, por lo tanto, estar en relación con la magnitud de la carga: cuanto mayor sea la carga, especialmente si tiene carácter de choque, tanto mayor será el apriete requerido.

- Condiciones de temperatura

Los aros de un rodamiento, en servicio, alcanzan normalmente temperaturas superiores a las de los ejes y alojamientos correspondientes, lo cual puede ser la causa de que se afloje el ajuste del aro interior sobre su asiento, o bien de que el aro exterior se dilate y anule su holgura en el alojamiento, quedando con ello limitada la libertad del movimiento axial.

- Facilidad de montaje y desmontaje

Para las aplicaciones en que se desea facilitar el montaje y el desmontaje, se prefieren ajustes flojos para los rodamientos. Cuando las condiciones de funcionamiento imponen el uso de ajustes de apriete, y además sea esencial que el montaje y desmontaje sean fáciles de realizar, los rodamientos desarmables o los de agujero cónico con manguito de fijación o de desmontaje pueden ser en muchos casos los más adecuados.

- Desplazamiento de un rodamiento libre

Cuando se usa un rodamiento no desmontable como rodamiento libre, es necesario que uno de los aros tenga libertad para moverse axialmente en todo momento durante el funcionamiento del rodamiento. Ello se consigue usando un ajuste con juego para el aro que soporta la carga fija.

de aquellos. Sin embargo, cuanto más lisas sean las superficies de ajuste, mayor precisión se obtendrá en el ajuste de apriete deseado.

Las disposiciones de rodamientos menos exigentes admiten grados de rugosidad superficial relativamente altas. La tabla 17.7 ofrece valores orientativos de la rugosidad superficial media Ra para asientos de rodamientos de diferentes precisiones que exigen un alto grado de precisión.

Estos valores son válidos para asientos rectificadas. Sin embargo, para asientos torneados, la rugosidad puede ser una o dos clases más basta.

Diámetro del asiento d(D) (mm)		Valor de Ra recomendado para asientos rectificadas (μm)		
más de	hasta inclusive	IT7	IT6	IT5
—	80	1,6 (N7)	0,8 (N6)	0,4 (N5)
80	500	1,6 (N7)	1,6 (N7)	0,8 (N6)
500	1250	3,2 (N8)	1,6 (N7)	1,6 (N7)

TABLA 17.7. Valores recomendados para la rugosidad superficial de los asientos de rodamientos.

17.5.3. Fijación axial de los rodamientos

Generalmente un ajuste de apriete no es suficiente por sí solo para realizar la fijación axial del aro de un rodamiento, de forma que normalmente se necesita un medio adecuado de fijación axial segura del aro.

Los dos aros de los rodamientos fijos se deben sujetar axialmente por ambas caras (figura 17.35a). Por otra parte, cuando se usan como rodamientos libres tipos no desmontables, basta con fijar axialmente el aro que tiene el ajuste más fuerte (generalmente el aro interior), debiendo quedar el otro aro libre para moverse en sentido axial con relación a su asiento (figura 17.35c). Cuando se usan como rodamientos libres rodamientos desmontables (por ejemplo de rodillos cilíndricos sin pestañas en uno de los aros), se deben sujetar las dos caras de los dos aros (figura 17.35b).

Para rodamientos con *fijación cruzada*, sólo se requiere fijar axialmente los aros del rodamiento por un lado (figura 17.35d).

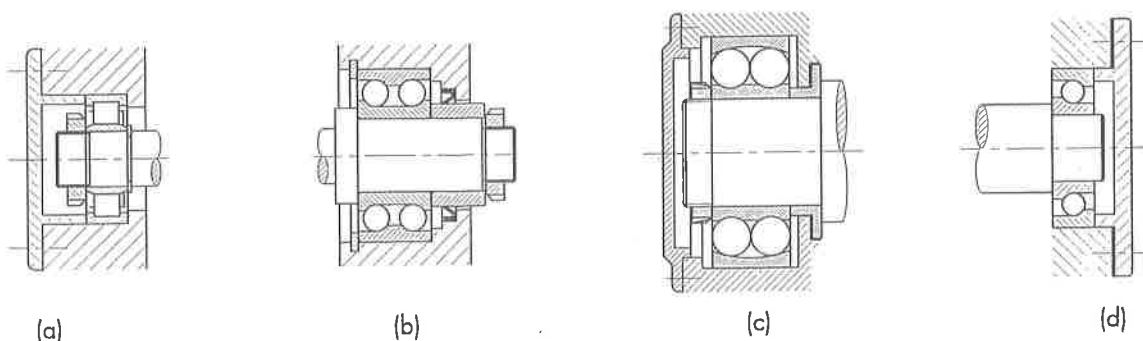


FIGURA 17.35. Sujeción axial de los rodamientos.

A) Métodos de fijación

Los rodamientos montados con ajuste de apriete se apoyan en general en uno de los lados contra un resalte en el eje (figura 17.36a) o en el alojamiento (figura 17.37a).

En el lado opuesto, los aros interiores normalmente se sujetan mediante una tuerca de fijación y una arandela de retención (figura 17.36a), o por medio de una placa situada en el extremo del eje (figura 17.36).

En las figuras 17.36c y 17.36d puede verse detalladamente el montaje de fijación axial del aro interior del rodamiento que apoya una cara contra un resalte del eje y sujeta la otra cara con una tuerca de fijación y la arandela de retención, cuya función es servir de seguro de inmovilización de giro para evitar que se afloje la tuerca.

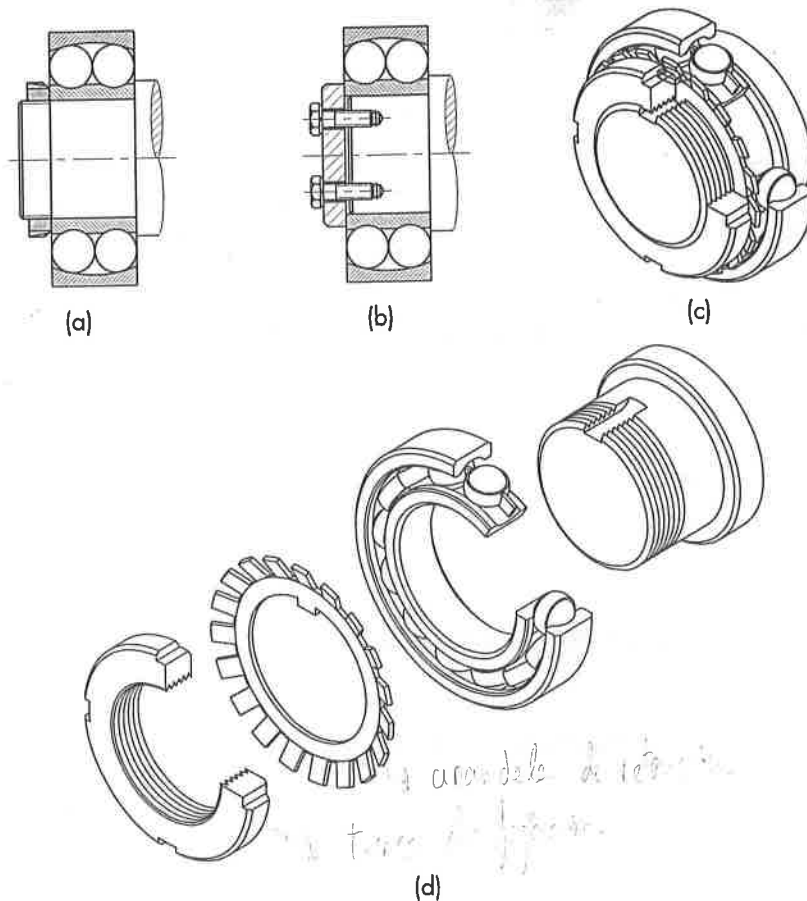


FIGURA 17.36. Sujeción de los aros interiores.

Los aros exteriores quedan retenidos generalmente por la tapa del alojamiento (figura 17.37a) o, en casos especiales, por un aro roscado (figura 17.37b).

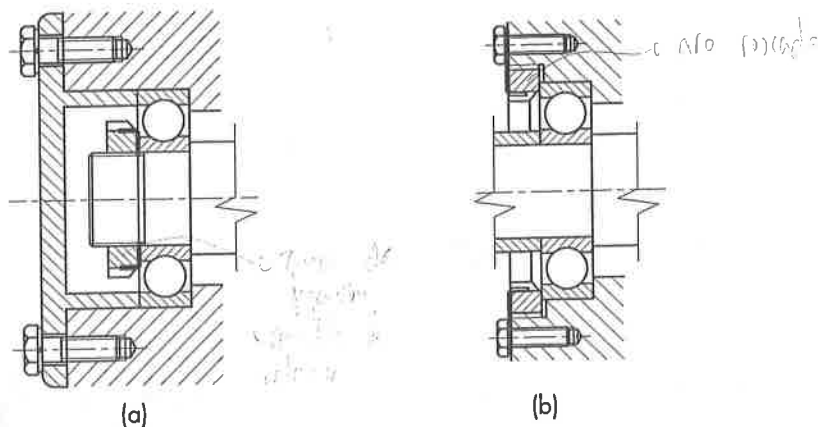


FIGURA 17.37. Sujeción de los aros exteriores.

En lugar de resaltes integrados al eje o alojamiento, frecuentemente se usan casquillos o distanciadores (figura 17.38a) entre los aros del rodamiento o entre un aro y la pieza adyacente, por ejemplo una rueda dentada.

La fijación en los ejes se puede conseguir también usando un anillo partido alojado en una ranura del eje y retenido por un collarín de una pieza o por el aro interior del propio rodamiento. El uso de anillos elásticos o arandelas de seguridad para la fijación axial de los rodamientos (figura 17.38b) ahorra espacio, permite un rápido montaje y desmontaje de los rodamientos y simplifica la mecanización de los ejes y alojamientos. Si se quieren soportar cargas moderadas o grandes, se debe insertar un separador entre el anillo elástico y el rodamiento para que el anillo elástico no esté sometido a grandes momentos flectores (figura 17.38b).

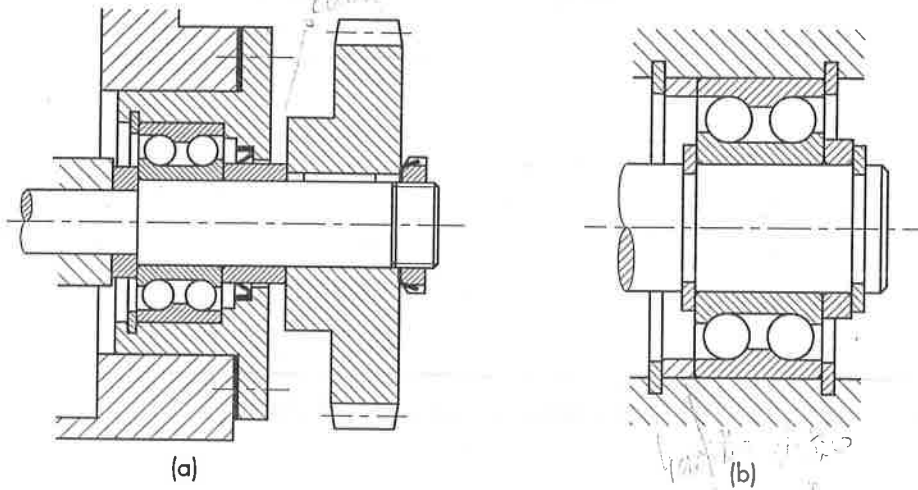


FIGURA 17.38. Montaje con anillos elásticos.

Los rodamientos con agujero cónico montados directamente sobre ejes con asientos cónicos se retienen por lo general mediante una tuerca de fijación roscada en el eje o en un aro partido con rosca en el exterior e introducido el eje en una ranura circular (figura 17.39).

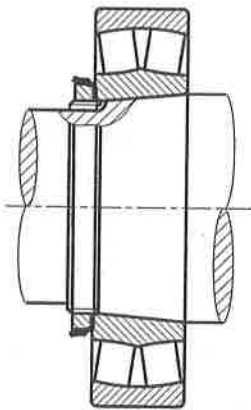


FIGURA 17.39. Fijación axial de rodamientos con agujero cónico.

Cuando se utiliza un manguito de fijación (figura 17.40a), la tuerca inmoviliza el rodamiento con relación al manguito, insertándose un separador entre el resalte del eje y el aro interior en el otro lado (figura 17.40b). Cuando se usan ejes sin resaltes, la carga axial que puede aplicarse depende del rozamiento entre el eje y el manguito (figura 17.40c).

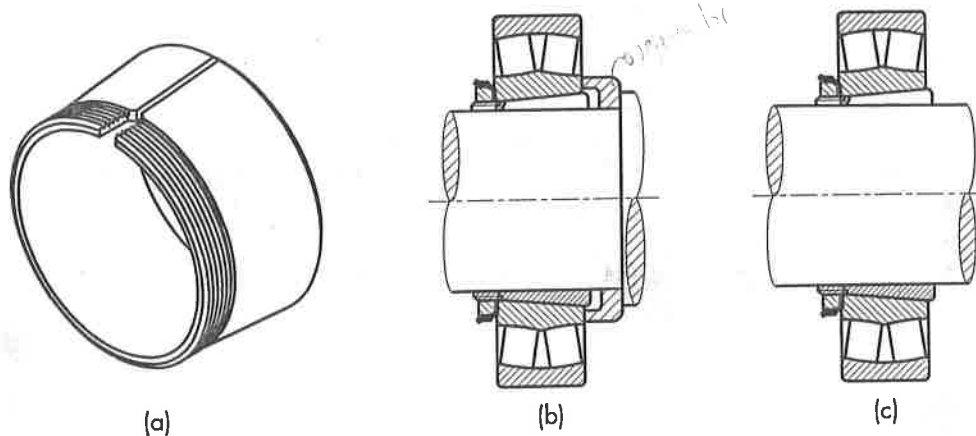


FIGURA 17.40. Fijación mediante manguito de fijación.

Al montar los rodamientos sobre manguitos de desmontaje (figura 17.41a), el aro interior del rodamiento debe montarse contra un tope, por ejemplo un separador, el cual puede ser, en muchos casos, parte de un laberinto. El manguito de desmontaje se fija axialmente mediante una tuerca o mediante una placa en el extremo del eje (figura 17.41b).

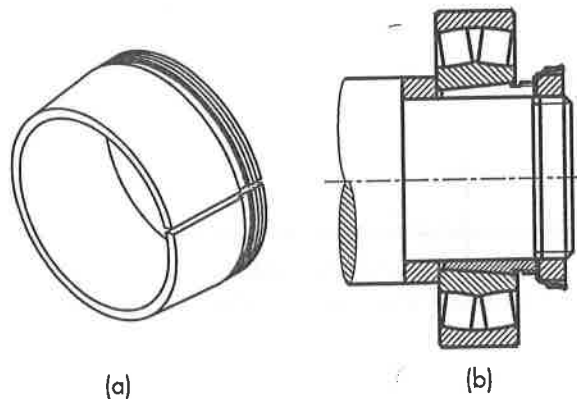
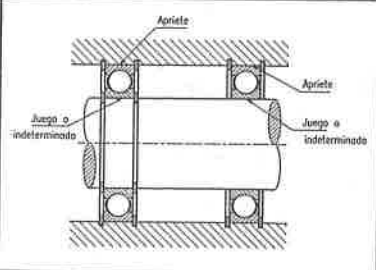
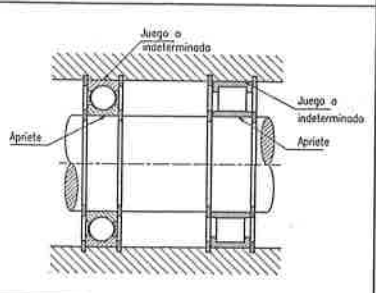
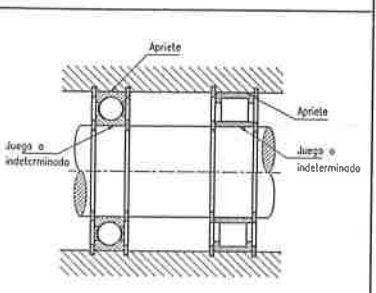
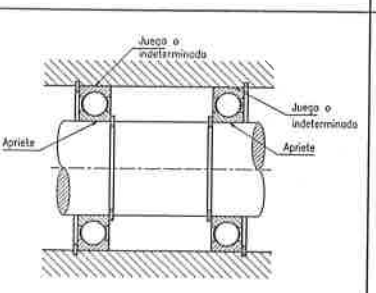
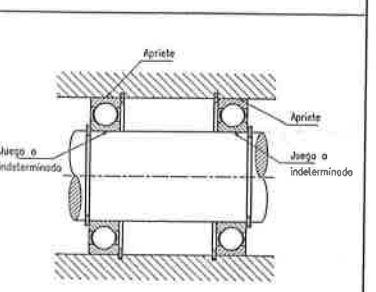
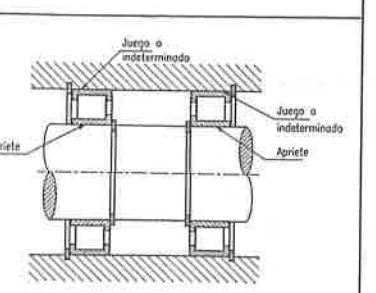


FIGURA 17.41. Fijación con manguitos de desmontaje.

17.5.4. Resumen sinóptico de la fijación de los rodamientos radiales

En la figura 17.42 aparecen resumidos esquemáticamente las fijaciones, tanto radial como axial, de los distintos tipos de rodamientos radiales. Como fijación axial se ha representado únicamente una por el sistema de anillos de seguridad, aunque lógicamente puede usarse cualquiera de los sistemas de fijación axial descritos.

Esquema	Descripción		Tipos de rodamientos
	Caso general	<ul style="list-style-type: none"> Eje giratorio (árbol) Alojamiento estático 	Rodamientos rígidos: <ul style="list-style-type: none"> Rodamientos rígidos de bolas Rodamientos a rótula (bolas o rodillos)

Esquema	Descripción	Tipos de rodamientos
	<p>Caso general</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eje estático • Alojamiento giratorio 	<p>Rodamientos rígidos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rodamientos rígidos de bolas • Rodamientos a rótula (bolas o rodillos)
	<p>Cargas elevadas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eje giratorio (árbol) • Alojamiento estático 	<p>Apoyo móvil (con juego) con rodamientos de rodillos cilíndricos del tipo N o NU o rodamientos de agujas equivalentes</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Eje estático • Alojamiento giratorio 	<p>Apoyo móvil (con juego) con rodamientos de rodillos cilíndricos del tipo N o NU o rodamientos de agujas equivalentes</p>
	<p>Fijación cruzada</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eje giratorio (árbol) • Alojamiento estático 	<p>Rodamientos rígidos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rodamientos rígidos de bolas • Rodamientos a rótula (bolas o rodillos)
	<ul style="list-style-type: none"> • Eje estático • Alojamiento giratorio 	<p>Rodamientos rígidos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rodamientos rígidos de bolas • Rodamientos a rótula (bolas o rodillos)
	<ul style="list-style-type: none"> • Eje giratorio (árbol) • Alojamiento estático 	<p>Rodamientos de rodillos cilíndricos tipo NU</p>

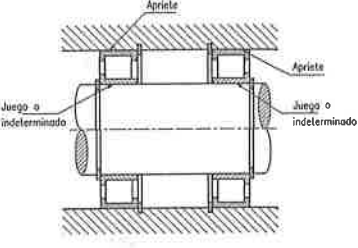
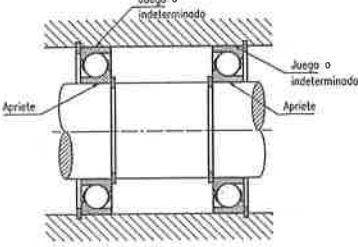
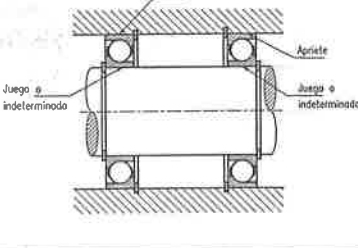
Esquema	Descripción		Tipos de rodamientos
	Fijación cruzada	<ul style="list-style-type: none"> Eje estático Alojamiento giratorio 	Rodamientos de rodillos cilíndricos tipo NJ
		<ul style="list-style-type: none"> Eje giratorio (árbol) Alojamiento estático 	Rodamientos de contacto angular: <ul style="list-style-type: none"> Rodamientos de bolas Rodamientos de rodillos cónicos
		<ul style="list-style-type: none"> Eje estático Alojamiento giratorio 	Rodamientos de contacto angular: <ul style="list-style-type: none"> Rodamientos de bolas Rodamientos de rodillos cónicos

FIGURA 17.42. Cuadro sinóptico de la fijación de los rodamientos.

17.6. Lubricación de los rodamientos

Para que un rodamiento funcione de un modo fiable, es necesario que esté lubricado convenientemente para evitar el contacto metálico directo de los elementos rodantes, los caminos de rodadura y las jaulas, evitando al mismo tiempo el desgaste y protegiendo las superficies del rodamiento contra la corrosión.

Existe una amplia gama de grasas y de aceites para la lubricación de los rodamientos. La selección final del lubricante depende fundamentalmente de las condiciones de funcionamiento, en especial de la gama de velocidades y de temperaturas.

17.7. Obturaciones

Las obturaciones de las disposiciones de rodamientos se emplean para evitar la entrada de humedad y contaminantes sólidos en el rodamiento, a la vez que para retener el lubricante en el rodamiento o en la disposición de rodamientos. Las obturaciones deben producir un rozamiento y un desgaste mínimo sin pérdida de eficacia, aún en las condiciones de funcionamiento más desfavorables, para que el rendimiento y la duración de los rodamientos no sea afectado.

A la hora de seleccionar la forma de obturación más adecuada para la disposición de rodamientos en particular, se debe considerar un gran número de factores, como el tipo de lubricación (aceite o grasa), la velocidad periférica en la superficie de obturación, la disposi-

ción del eje (horizontal y vertical) y su posible desalineación, el espacio disponible, el rozamiento en la obturación y el aumento de temperatura que éste implica, así como influencias ambientales, razones económicas, etc.

En lo que a obturaciones de rodamientos se refiere, hay que distinguir entre obturaciones integradas en el rodamiento y obturaciones que se colocan en su exterior sin formar parte del mismo. Estudiaremos a continuación fundamentalmente estas obturaciones externas.

17.7.1. Tipos de obturaciones

Normalmente se usan dos tipos básicos de obturación con los rodamientos: *las obturaciones no rozantes* (sin contacto) y *las rozantes* (con contacto).

A) Obturaciones no rozantes

Las obturaciones no rozantes dependen de la eficacia de obturación de los intersticios entre los componentes que giran y los estacionarios. Estos intersticios pueden ser radiales, axiales o combinados. Este tipo de obturación no tiene prácticamente ningún rozamiento ni desgaste.

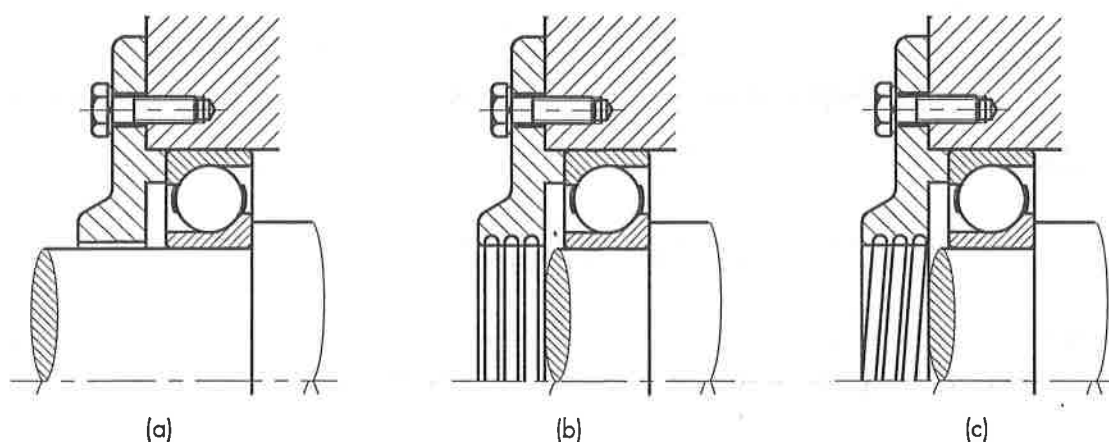


FIGURA 17.43. Obturaciones no rozantes.

El tipo más sencillo de protección independiente del rodamiento, suficiente para máquinas en una atmósfera seca y exenta de polvo, consiste en un intersticio radial entre el eje y el alojamiento (figura 17.43a). Cuando se utiliza lubricación con grasa, la eficacia de esta obturación puede mejorarse disponiendo una o más ranuras en el agujero de la tapa a la salida del eje. La grasa que sale por el espacio llena las ranuras y contribuye a evitar la entrada de contaminantes (figura 17.43b).

Con lubricación por aceite y eje horizontal, pueden disponerse, en el eje o en su agujero de paso, ranuras helicoidales a derechas o a izquierdas, según su sentido de rotación. Estas ranuras sirven para hacer retornar el aceite que tiende a escaparse. Con esta disposición es esencial que no cambie el sentido de rotación del eje (figura 17.43c).

Los laberintos simples o múltiples proporcionan una obturación considerablemente más eficaz que el sencillo intersticio antes citado; sin embargo, son de fabricación más costosa. Se utilizan principalmente cuando la lubricación se hace con grasa.

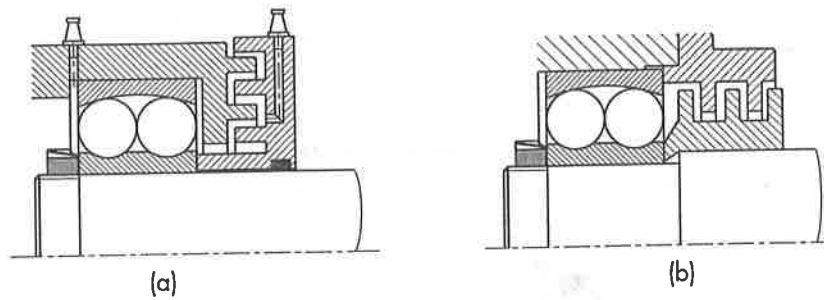


FIGURA 17.44. Obturaciones no rozantes. Laberintos.

Se puede mejorar su eficacia todavía más, disponiendo un conducto de grasa que comuniquen con el laberinto, e introduciendo periódicamente por el mismo grasa. En los soportes enterizos se usan laberintos con tabiques axiales (figura 17.44a), y en los partidos, laberintos con tabiques radiales (figura 17.44b).

La holgura radial en los laberintos no está afectada por el desplazamiento axial del eje durante el funcionamiento, por lo que puede ser muy pequeña.

Otra forma de conseguir un obturador no rozante es usando arandelas obturadoras (figura 17.44c), cuyo uso hace mucho más económica la fabricación de los soportes de la máquina.

B) Obturaciones rozantes. Retenes

La eficacia de estas obturaciones depende de la presión entre el labio de la obturación con una superficie de contacto que es relativamente estrecha. Esto impide el acceso a los contaminantes sólidos y a la humedad, y evita las pérdidas de lubricante.

Esta presión puede ser el resultado de la deformación elástica del material del retén y el consiguiente apriete entre éste y la superficie de obturación previsto en el diseño, o bien de la fuerza ejercida por un muelle toroidal incorporado a la obturación.

Las obturaciones rozantes proporcionan en general una obturación muy fiable, particularmente si su desgaste se reduce al mínimo por medio de una superficie de obturación adecuada y mediante la lubricación del labio de obturación.

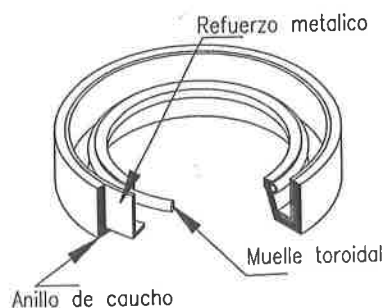


FIGURA 17.45. Retén.

Los *retenes de labio* son obturadores rozantes que se usan sobre todo para rodamientos lubricados con aceite. Generalmente son de caucho sintético y quedan ajustados a presión contra la superficie de obturación por un muelle toroidal.

Si el propósito principal de la obturación es evitar la pérdida de lubricante, el retén debe montarse con el labio hacia el interior del alojamiento (figura 17.46a). Por el contrario, si

se trata de evitar la entrada de suciedad, el labio deberá ir montado hacia el exterior del alojamiento (figura 17.46b).

La obturación del anillo en V (figura 17.46c) se puede emplear para lubricación con aceite o con grasa. Esta obturación se fija al eje por la elasticidad de su anillo de caucho y gira junto con el, mientras que el labio de obturación ejerce una ligera presión axial contra la superficie de obturación del componente fijo de la máquina.

Para la lubricación con grasa se usan básicamente las tiras de fieltro (figura 17.46d). Este tipo de obturación es barato y adecuado para velocidades y temperaturas bajas.

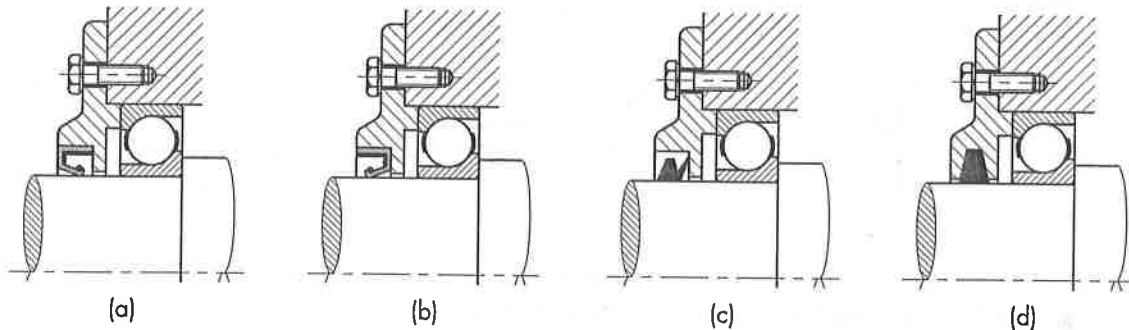


FIGURA 17.46. Obturaciones rozantes.

C) Obturaciones integrales

Los fabricantes de rodamientos suministran rodamientos obturados que pueden ofrecer una solución económica y compacta para los problemas de obturación. Estos rodamientos tienen placas de protección o de obturación en uno o en ambos lados. Son rodamientos que, en general, no precisan mantenimiento.

Los rodamientos obturados se usan generalmente para disposiciones en las que no se puede conseguir una obturación externa suficientemente eficaz por falta de espacio o por razones de costo.

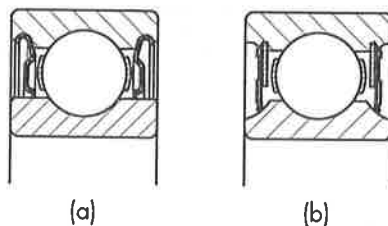


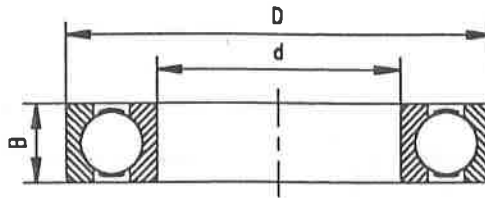
FIGURA 17.47. Obturaciones integrales.

17.8. Normativa

Para el siguiente tema, son de aplicación las siguientes normas UNE.

Norma	Título
UNE 18 010 79 1R	Rodillos cilíndricos de acero para rodamientos. Dimensiones. Serie métrica.
UNE 18 014 79 1R	Rodamientos. Bolas para rodamientos.
UNE 18 023 79 1R	Agujas de acero para rodamientos. Dimensiones. Serie métrica.
UNE 18 026 83 1R	Rodamientos. Rodillos cilíndricos de acero. Tolerancias.

RODAMIENTOS RIGIDOS DE BOLAS.
d 3-160 mm

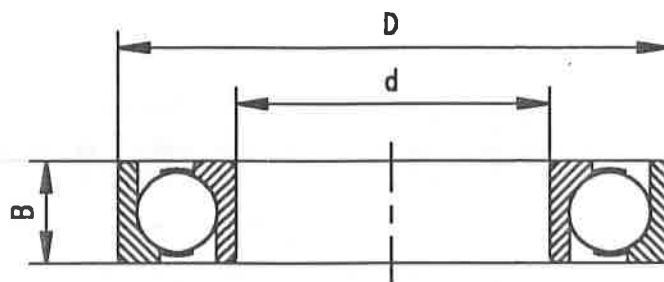


d	D	B	MODELO
3	10	4	623
4	13	5	624
	16	5	634
5	16	5	625
	19	6	635
6	19	6	626
7	19	6	607
	22	7	627
8	22	7	608
9	24	7	609
	26	8	629
10	26	8	6000
	30	9	6200
	35	11	6300
12	28	8	6001
	32	10	6201
	37	12	6301
15	32	9	6002
	35	11	6202
	42	13	6302
17	35	10	6003
	40	12	6203
	47	14	6303
	62	17	6403
20	42	12	6004
	47	14	6204
	52	15	6304
	72	19	6404
25	47	12	6005
	52	15	6205
	62	17	6305
	80	21	6405
30	55	13	6006
	62	16	6206
	72	19	6306
	90	23	6406
35	62	14	6007
	72	17	6207
	80	21	6307
	100	25	6407

d	D	B	MODELO
40	68	15	6008
	80	18	6208
	90	23	6308
	110	27	6408
50	80	16	6010
	60	20	6210
	110	27	6310
	130	31	6410
55	90	18	6011
	100	21	6211
	120	29	6311
	140	33	6411
60	95	18	6012
	110	22	6212
	130	31	6312
	150	35	6412
65	100	18	6013
	120	23	6213
	140	33	6313
	160	37	6413
70	110	20	6014
	125	24	6214
	150	35	6314
	180	42	6414
75	115	20	6015
	130	25	6215
	160	37	6315
	190	45	6415
80	125	22	6016
	140	26	6216
	170	39	6316
	200	48	6416
85	130	22	6017
	150	28	6217
	180	41	6317
	210	52	6417
90	140	24	6018
	160	30	6218
	190	43	6318
	225	54	6418

d	D	B	MODELO
95	145	24	6019
	170	32	6219
	200	45	6319
100	150	24	6020
	180	34	6220
	215	47	6320
105	160	26	6021
	190	36	6221
	225	49	6321
110	170	28	6022
	200	38	6222
	240	50	6322
120	180	28	6024
	215	40	6224
	260	55	6324
130	230	40	6226
	280	58	6326
140	250	42	6228
	300	62	6328
150	270	45	6230
	320	62	6330
160	290	48	6232

RODAMIENTOS DE BOLAS DE CONTACTO ANGULAR DE UNA HILERA DE BOLAS.
d 10 - 120 mm.

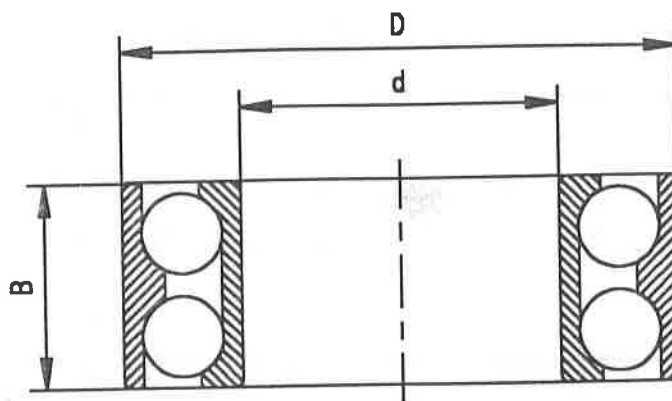


d	D	B	MODELO
10	30	9	7200 B
12	32	10	7201 B
15	35	11	7202 B
	42	13	7302 B
17	40	12	7203 B
	47	14	7303 B
20	47	14	7204 B
	52	15	7304 B
25	52	15	7205 B
	62	17	7305 B
30	62	16	7206 B
	72	19	7306 B
35	72	17	7207 B
	80	21	7307 B
40	80	18	7208 B
	90	23	7308 B
45	85	10	7209 B
	100	25	7309 B
50	90	20	7210 B
	110	27	7310 B
55	100	21	7211 B
	120	29	7311 B

d	D	B	MODELO
60	110	22	7212 B
	130	31	7312 B
65	120	23	7213 B
	140	33	7313 B
70	125	24	7214 B
	150	35	7314 B
75	130	25	7215 B
	160	37	7315 B
80	140	26	7216 B
	170	39	7316 B
85	150	28	7217 B
	180	41	7317 B
90	160	30	7218 B
	190	43	7318 B
95	170	32	7219 B
	200	45	7319 B
100	180	34	7220 B
	215	47	7320 B
105	225	49	7321 B
110	200	38	7222 B
	240	50	7322 B
120	215	40	7224 B
	260	55	7324 B

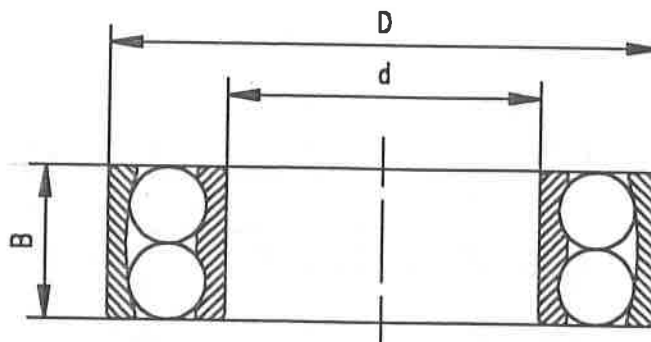
RODAMIENTOS DE DOS HILERAS DE BOLAS CON CONTACTO ANGULAR.

d 10 - 100 mm



d	D	B	MODELO
10	30	14	3200
12	32	15.9	3201
15	35	15.9	3202
	42	19	3302
17	40	17.5	3203
	47	22.2	3303
20	47	20.6	3204
	52	22.2	3304
25	52	20.6	3205
	62	25.4	3305
30	62	23.8	3206
	72	30.5	3306
35	72	27	3207
	80	34.9	3307
40	80	30.2	3208
	90	36.5	3308
45	85	30.2	3209
	100	39.7	3309
50	90	30.2	3210
	110	44.4	3310

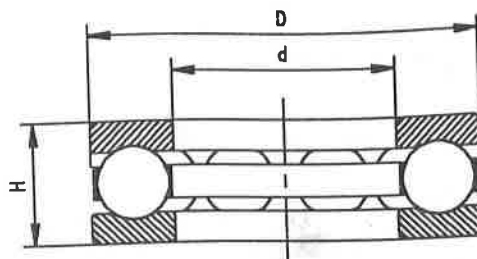
d	D	B	MODELO
55	100	33.3	3211
	120	49.2	3311
60	110	36.5	3212
	130	54	3312
65	120	38.1	3213
	140	58.7	3313
70	125	39.7	3214
	150	63.5	3314
75	130	41.3	3215
	160	68.3	3315
80	140	44.4	3216
	170	68.3	3316
85	150	49.2	3217
	180	73	3317
90	160	52.4	3218
	190	73	3318
95	170	55.6	3219
	200	7.8	3219
100	180	60.3	3220
	215	82.6	3320



d	D	B	MODELO	
			Agujero cilíndrico	Agujero cónico
10	30	9	1200	-
	30	14	2200	-
12	32	10	1201	-
	32	14	2201	-
	37	17	2301	-
15	35	11	1202	-
	35	14	2202	-
	42	13	1302	-
	42	17	2302	-
17	40	12	1203	-
	40	16	2303	-
	47	14	1303	-
	47	19	2303	-
20	47	14	1204	-
	47	18	2204	-
	52	15	1304	-
	52	21	2304	-
25	52	15	1205	1205 k
	52	18	2205	2205 k
	62	17	1305	1305 k
	62	24	2305	-
30	62	16	1206	1206 k
	62	20	2206	2206 k
	72	19	1306	1306 k
	72	27	2306	2306 k
35	72	17	1207	1207 k
	72	23	2207	2207 k
	80	21	1307	1307 k
	80	31	2307	2307 k
40	80	16	1208	1208 k
	80	23	2208	2208 k
	90	23	1308	1308 k
	90	33	2308	2308 k
45	85	19	1209	1209 k
	85	23	2209	2209 k
	100	25	1309	1309 k
	100	36	2309	2309 k

d	D	B	MODELO	
			Agujero cilíndrico	Agujero cónico
50	90	20	1210	1210 k
	90	23	2210	2210 k
	110	27	1310	1310 k
55	100	21	1211	1211 k
	100	25	2211	2211 k
	120	29	1311	1311 k
	120	43	2311	2311 k
60	110	22	1212	1212 k
	110	28	2212	2212 k
	130	31	1312	1312 k
	130	46	2312	2312 k
65	120	23	1213	1213 k
	120	31	2213	2213 k
	140	33	1313	1313 k
	140	48	2313	2313 k
70	125	24	1214	-
	125	31	2214	-
	150	35	1314	-
	150	51	2314	-
75	130	25	1215	1215 k
	130	31	2215	2215 k
	160	37	1315	1315 k
	160	55	2315	2315 k
80	140	26	1216	1216 k
	140	33	2216	2216 k
	170	39	1316	1316 k
	170	58	2316	2316 k
85	150	28	1217	1217 k
	150	36	2217	2217 k
	180	41	1317	1317 k
	180	60	2317	2317 k
90	160	30	1218	1218 k
	160	40	2218	2218 k
	190	43	1318	1318 k
	190	64	2318	2318 k

RODAMIENTOS AXIALES DE BOLAS DE SIMPLE EFECTO.
d 10 - 320 mm



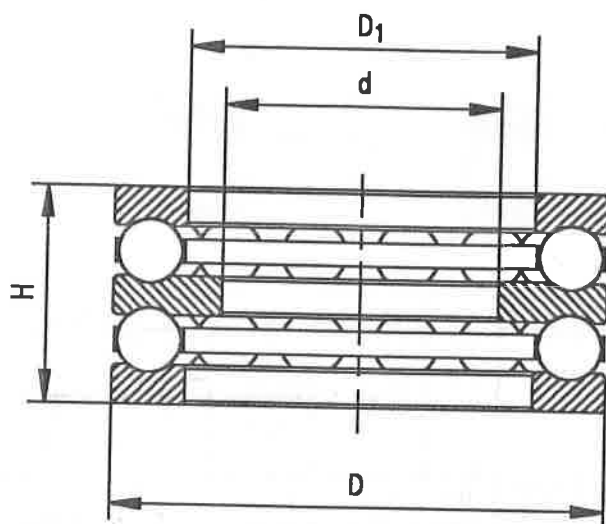
d	D	H	MODELO
10	24	9	51100
	26	11	51200
12	26	9	51101
	28	11	51201
15	28	9	51102
	32	12	51202
17	30	9	51103
	35	12	51203
20	35	10	51104
	40	11	51204
25	42	11	51105
	47	15	51205
	52	18	51305
	60	24	51405
30	47	11	51106
	52	16	51206 X
	60	21	51306
	70	28	51406
35	52	12	51107 X
	62	18	51207
	68	24	51307
	80	32	51407
40	60	13	51108
	68	19	51208
	78	26	51308
	90	36	51408
45	65	14	51109
	73	20	51209
	85	28	51309
	100	39	51409
50	70	14	51110
	78	22	51210
	95	31	51310
	110	43	51410
55	78	16	51111
	90	25	51211
	105	35	51311
	120	48	51411

d	D	H	MODELO
60	85	17	51112
	95	26	51212
	110	35	51312
	130	51	51412
65	90	18	51113
	100	27	51213
	115	36	51313
	140	56	51413
70	95	18	51114
	105	27	51214
	125	40	51314
	150	60	51414
75	100	19	51115
	110	27	51215
	135	44	51315
	160	65	51415
80	105	19	51116
	115	28	51216
	140	44	51316
	170	68	51416
85	110	19	51117
	125	31	51217
	150	49	51317
	180	72	51417
90	120	22	51118
	135	35	51218
	155	50	51318
	190	77	51418
100	135	25	51120
	150	38	51220
	170	55	51320
	210	85	51420
110	145	25	51122
	160	38	51222
	190	63	51322
120	155	25	51124
	170	39	51224
	210	70	51324

d	D	H	MODELO
130	170	30	51126
	190	45	51226
	225	75	51326
140	180	31	51128
	200	46	51228
	240	80	51328
150	190	31	51130
	215	50	51230
	250	80	51330
160	200	31	51132
	225	51	51232
	270	87	51332
170	215	34	51134
	240	55	51234
	280	87	51334
180	225	34	51136
	250	56	51236
	300	95	51336
190	240	37	51138
	270	62	51238
200	250	37	51140
	280	62	51240
220	270	37	51144
	300	63	51244
240	300	45	51148
	340	48	51248
260	320	45	51152
	360	79	51252
280	350	53	51156
	380	80	51256
300	380	62	51160
	420	95	51260
320	400	63	51164
	440	95	51264

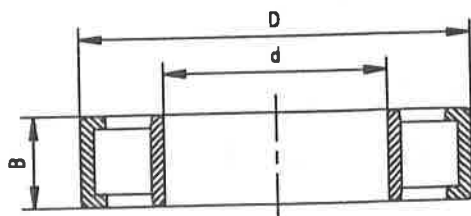
RODAMIENTOS AXIALES DE BOLAS DE DOBLE EFECTO.

d 20 - 85 mm

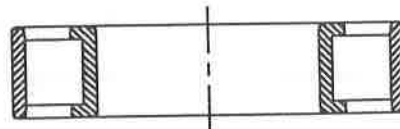


d	D	D1	H	MODELO
20	47	27	28	52205
	52	27	34	52305
	70	32	52	52406
25	52	32	29	52206 x
	60	32	38	52306
	80	37	59	52407
30	62	37	34	52207
	68	42	36	52208
	68	37	44	52307
	78	42	49	52308
	90	42	65	52408
35	73	47	37	52209
	85	47	52	52309
	100	47	72	52409
40	78	52	39	52210
	95	52	58	52310
	110	82	78	52410

d	D	D1	H	MODELO
45	90	57	45	52211
	105	57	64	52311
	120	57	87	52411
50	95	62	46	52412
	110	62	64	52314
	130	62	93	52412
55	100	67	47	52213
	115	67	65	52313
	125	72	72	52314
60	110	77	47	52215
	135	77	79	52315
65	115	82	48	52216
	140	82	79	52316
70	125	88	55	52317
	150	88	87	52317
75	135	93	62	52218
85	150	103	67	52220
	170	103	97	52320



TIPO NU

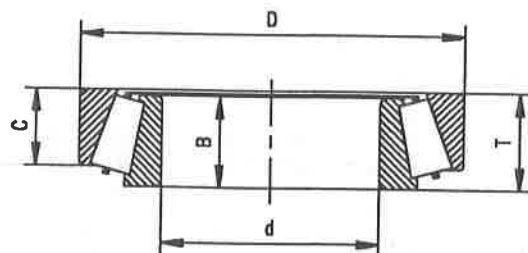


TIPO N

d	D	B	MODELO	
			TIPO NU	TIPO N
15	35	11	NU 202	-
17	40	12	NU 203	-
	40	16	NU 2203	-
	47	14	NU 303	N 303
20	47	14	NU 204	N 204
	47	18	NU 2204	-
	52	15	NU 304	-
25	52	15	NU 205	N 205
	52	18	NU 2205	-
	62	17	NU 305	N 305
	62	24	N2305	-
30	62	16	NU 206	N 206
	62	20	NU 2206	-
	72	19	NU 306	N 306
	72	27	NU 2306	-
35	72	17	NU 207	N 207
	72	23	NU 2207	-
	80	21	NU 307	N 307
	80	31	NU 2307	-
40	80	18	NU 208	N 208
	80	23	NU 2208	-
	90	23	NU 308	N 308
	90	33	NU 2308	-
45	85	19	NU 209	N 209
	85	23	NU 2209	-
	100	25	NU 309	N 309
	100	36	NU 2309	-
50	90	20	NU 210	N 210
	90	23	NU 2210	-
	110	27	NU 310	N 310
	110	40	NU 2310	-
55	100	21	NU 211	N 211
	100	25	NU 2311	-
	120	29	NU 311	N 311
	120	43	NU 2311	-
60	110	22	NU 212	N 212
	110	28	NU 2212	-
	130	31	NU312	N 312
	130	46	NU 2312	-

d	D	B	MODELO	
			TIPO NU	TIPO N
65	120	23	NU 213	N 213
	120	31	NU 2213	-
	140	33	NU 313	N 313
	140	48	NU 2313	-
70	125	24	NU 214	N 214
	125	31	NU 2214	-
	150	35	NU 314	N 314
	150	51	NU 2314	-
75	130	25	NU 215	N 215
	130	31	NU 2215	-
	160	37	NU 315	N 315
	160	55	NU 2315	-
80	140	26	NU 216	N 216
	140	33	NU 2216	-
	170	39	NU 316	N 316
	170	58	NU 2316	-
85	150	28	NU 217	N 217
	150	36	NU 2217	-
	180	41	NU 317	N 317
	180	60	N 2317	-
90	160	30	NU 218	N 218
	160	40	NU 2218	-
	190	43	NU 318	N 318
	190	64	NU 2318	-
95	170	32	NU 219	N 219
	170	43	NU 2219	-
	200	45	NU 319	N 319
	200	67	NU 2319	-
100	180	34	NU 220	N 220
	180	46	NU 2220	-
	215	47	NU 320	N 320
	215	73	NU 2320	-
110	200	38	NU 222	N 222
	200	53	NU 2222	-
	240	50	MU 322	N 322
120	215	40	NU 224	N 224
	215	58	NU 224	-
	260	55	NU 324	N 324

RODAMIENTOS DE RODILLOS CONICOS. d 15 - 240 mm.

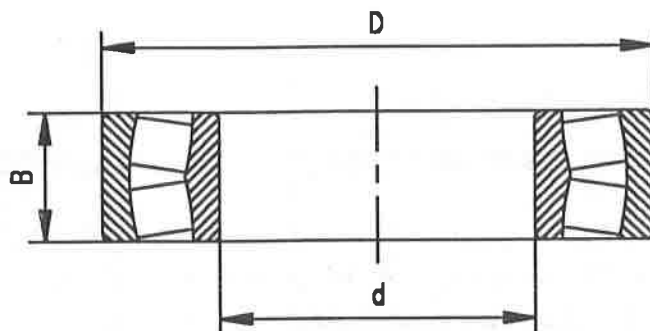


d	D	B	C	T	MODELO
15	42	13	11	14.25	30302
17	40	12	11	13.25	30203
	47	14	12	45.25	30303
	47	19	16	20.25	32303
20	42	15	12	15	32004 X
	47	14	12	15.25	30204
	52	15	13	16.25	30304
	52	21	18	22.25	32304
25	47	15	11.5	15	32005 X
	52	15	13	16.25	30205
	62	17	15	18.25	30305
	62	17	13	18.25	31305
	62	24	20	25.25	32305
30	55	17	13	17	32006 X
	62	16	14	17.25	30206
	62	20	17	21.25	32206
	72	19	16	20.75	30306
	72	19	14	20.75	31306
	72	27	23	28.75	32306
35	62	18	14	18	32007 X
	72	17	15	18.25	30207
	72	23	19	24.25	32207
	80	21	18	22.75	30307
	80	21	15	22.75	31307
	80	31	25	32.75	32307
40	68	19	14.5	19	32008 X
	80	18	16	19.75	30208
	80	23	19	24.75	32208
	90	23	20	25.25	30308
	90	23	17	25.25	31308
	90	33	27	35.25	32308
45	75	20	15.2	50	30009 X
	85	19	16	20.75	30209
	85	23	19	24.75	32209
	100	25	22	27.25	30309
	100	25	18	27.25	31309
	100	36	30	38.25	32309

d	D	B	C	T	MODELO
50	80	20	15.2	20	32010 X
	90	20	17	21.75	30210
	90	23	19	24.75	32210
	110	27	23	29.25	30310
	110	27	19	29.25	31310
	110	40	33	42.25	32310
55	90	23	17.5	23	32011 X
	100	21	18	22.75	30211
	100	25	21	26.75	32211
	120	29	25	31.5	30311
	120	29	21	31.5	31311
	120	43	35	45.5	32311
60	95	23	17.5	23	32012 X
	110	22	19	23.75	30212
	110	28	24	29.75	32212
	130	31	26	33.5	30312
	130	31	22	33.5	31312
	130	46	37	48.5	32312
65	100	23	17.5	23	32013 X
	120	23	20	24.75	30213
	120	31	27	32.75	32213
	140	33	28	36	30313
	140	33	23	36	31313
	140	48	39	51	32313
70	110	25	19	25	32014 X
	125	24	21	26.25	30214
	125	31	27	33.25	32214
	150	35	30	38	30314
	150	35	25	38	31314
	150	51	42	54	32314
75	115	25	19	25	32015 X
	130	25	22	27.25	30215
	130	31	27	33.25	32215
	160	37	31	40	30315
	160	37	26	40	31315
	160	55	45	58	32315

d	D	B	C	T	MODELO
80	125	29	22	29	32016 X
	140	26	22	28.25	30216
	140	33	28	35.25	32216
	170	39	33	42.5	30316
	170	39	27	42.5	31316
	170	58	48	61.5	32316
85	130	29	22	29	32017 X
	150	28	24	30.5	30217
	150	36	30	38.5	32217
	180	41	34	44.5	30317
	180	41	28	44.5	31317
	180	60	49	63.5	32317
90	140	32	24	32	32018 X
	160	30	26	32.5	30218
	160	40	34	42.5	32218
	190	43	36	46.5	30318
	190	3	30	46.5	31318
	190	64	53	67.5	32318
95	145	32	24	32	32019 X
	170	32	27	34.5	30219
	170	43	37	45.5	32219
	200	45	38	49.5	30319
	200	67	55	71.5	32319
100	150	32	24	32	32020 X
	180	34	29	37	30220
	180	46	39	49	32220
	215	47	39	51.5	30320
	215	73	60	77.5	32320
105	160	35	26	35	32021 X
	190	36	30	39	30221
	190	50	43	53	32221
	225	77	63	81.5	32321

d	D	B	C	T	MODELO
110	170	38	29	38	32022 X
	200	38	32	41	30222
	200	53	46	56	32222
	240	80	65	84.5	32322
120	180	38	29	38	32024 X
	215	40	34	43.5	30224
	215	58	50	61.5	32224
	260	86	69	90.5	32324
130	200	45	34	45	32026 X
	230	40	34	43.75	30226
	230	64	54	67.75	32226
140	210	45	34	45	32028 X
	250	45	36	45.75	30228
	250	68	58	71.75	32228
150	225	48	36	48	32030 X
	270	45	38	49	30230
	270	73	60	77	32230
160	240	51	38	51	32032 X
	290	48	40	52	30232
	290	80	67	84	32232
170	260	57	43	57	32034 X
	310	52	43	57	30234
180	280	64	48	64	32036 X
	320	52	43	57	30236
190	290	64	48	64	62038 X
200	310	70	53	70	32040 X
220	340	76	57	76	32044 X
240	360	76	57	76	32048 X



d	D	B	Agujero cilíndrico	Agujero cónico
20	52	15	21304 C	-
25	52	18	22205 C	-
	62	17	21305 C	-
30	62	20	22206 C	-
	72	19	21306 C	-
35	72	23	22207 C	22207 CK
	80	21	21307 C	-
40	80	23	22208 C	22208 CK
	90	23	21308 C	21308 CK
	90	33	22308 C	22308 CK
45	85	23	22209 C	22209 CK
	100	25	21309 C	21309 CK
	100	36	22309 C	22309 CK
50	90	23	22210 C	22210 CK
	110	27	21310 C	21310 CK
	110	40	22310 C	22310 CK
55	100	25	22111 C	22211 CK
	120	29	21311 C	21311 CK
	120	43	22311 C	22311 CK
60	110	28	22212 C	22212 CK
	130	31	21312 C	21312 CK
	130	46	22312 C	22312 CK
65	120	31	22213 C	22213 CK
	140	33	21313 C	21313 CK
	140	48	22313 C	22313 CK
70	125	31	22214 C	22214 CK
	150	35	21314 C	21314 CK
	150	51	22314 C	22314 CK
75	130	31	22215 C	22215 CK
	160	37	21315 C	21215 CK
	160	55	22315 C	22315 CK
80	140	33	22216 C	22216 CK
	170	39	21316 C	21316 CK
	170	58	22316 C	22316 CK

d	D	B	Agujero cilíndrico	Agujero cónico
85	150	36	22217 C	22217 CK
	180	41	21317 C	21317 CK
	180	60	22317 C	22317 CK
90	160	40	22218 C	22218 CK
	160	52.4	23218 C	23218 CK
	190	43	21318 C	21318 CK
	190	64	22318 C	23218 CK
100	165	52	23120 C	23120 CK
	180	46	22220 C	22220 CK
	180	60.3	12110 C	23220 CK
	215	47	21320 C	21320 CK
	215	73	22320 C/W33	22320CK/W33
110	170	45	23022 C	-
	180	56	23122 C	23122 CK
	180	69	24122 C	24122CK30
	200	53	22222 C	22222 CK
	200	69.8	23222 C	23222 CK
	240	80	22322C/W33	22322CK/W33
120	180	46	23024 C	23024 CK
	180	60	24024 C	24024 CK30
	200	62	23124 C	23124 CK
	200	80	24124 C	24124 CK30
	215	58	22224C/W33	22224CK/W33
	215	76	23224C/W33	23224CK/W33
	260	86	22324C/W33	22324CK/W33
130	200	52	23026 C	23026 CK
	200	69	24026 C	24026 CK30
	210	64	23126C/W33	23126CK/W33
	210	80	24126C/W33	24126CK/W33
	230	64	22226C/W33	22226CK/W33
	230	80	23226C/W33	22326CK/W33
	280	93	22326C/W33	22326XK/W33
140	210	53	23028C/W33	23028CK/W33
	210	69	24028C/W33	24028CK30/W33

d	D	B	Agujero cilíndrico	Agujero cónico
	225	68	23128C/W33	23128 CK/W33
	225	85	24128C/W33	24128CK30/W33
	250	68	22228C/W33	22228CK/W33
	250	88	23228C/W33	23228CK/W33
	300	102	22328C/W33	22328CK/W33
150	225	56	23030C/W33	23030CK/W33
	225	75	24030C/W33	24030CK30/W33
	250	80	23130C/W33	23130CK/W33
	250	100	24130C/W33	24130CK30/W33
	270	73	22230C/W33	22230CK/W33
	270	96	23230C/W33	23230CK/W33
	320	108	22330C/W33	2330CK/W33
160	240	60	23032C/W33	23032CK/W33
	240	80	24032C/W33	24032CK30/W33
	270	86	23132/W33	23132CK/W33
	270	109	24132/W33	24132CK30/W33
170	260	67	23034C/W33	23034CK/W33
	260	90	24034C/W33	24034CK30/W33
	280	88	23134C/W33	23134CK/W33
	280	109	24134C/W33	24134CK30/W33
	310	86	22234C/W33	22234XK/W33
	310	110	23234C/W33	23234CK/W33
	360	120	22334C/W33	22334CK/W33
180	280	74	23036C/W33	23036CK/W33
	280	100	24036C/W33	24036CK30/W33
	300	96	23136C/W33	23136CK/W33
	300	118	24136C/W33	24136XK30/W33
	320	86	22236C/W33	22236CK/W33
	320	112	23236C/W33	23236CK/W33
	380	126	22336C/W33	22336CK/W33
190	290	75	23038C/W33	23038CK/W33
	290	100	24038C/W33	24038CK30/W33
	320	104	23138C/W33	23138CK/W33
	320	128	24138C/W33	24138CK30/W33
	340	92	22238C/W33	22238CK/W33
	340	120	23238C/W33	23238CK/W33
	400	132	22338C/W33	22338CK/W33

d	D	B	Agujero cilíndrico	Agujero cónico
200	310	82	23040C/W33	23040CK/W33
	310	109	24040C/W33	24040CK30/W33
	340	112	23140C/W33	23140CK/W33
	360	98	22240C/W33	22240CK/W33
	360	128	23240C/W33	23240CK/W33
	420	138	22340C/W33	22340CK/W33
220	340	90	23044C/W33	23044CK/W33
	340	118	24044C/W33	24044CK30/W33
	370	120	23144C/W33	24044CK/W33
	370	150	24144C/W33	24144CK30/W33
	400	108	22244C/W33	22244CK/W33
	400	144	23244C/W33	23244CK/W33
	460	145	22344C/W33	22344CK/W33
240	360	92	23048C/W33	23048CK/W33
	360	118	24048C/W33	24048CK30/W33
	400	128	23148C/W33	23148CK/W33
	400	160	24148C/W33	24148CK30/W33
	440	120	22248C/W33	22248CK/W33
	440	160	23248C/W33	23248CK/W33
	500	155	22348C/W33	24152CK30/W33
260	400	104	23052C/W33	23052CK/W33
	400	140	24052C/W33	24052CK30/W33
	440	144	23152C/W33	23152CK/W33
	440	180	24152C/W33	24152CK/W33
280	420	106	23056C/W33	23056CK/W33
	420	140	24056C/W33	24056CK30/W33
	460	146	23156C/W33	23156CK/W33
	460	180	24156C/W33	24156CK30/W33
300	460	118	23060C/W33	23060CK/W33
	460	160	24060C/W33	24060CK30/W33
	500	160	23160CA/W33	23160CAK/W33
	500	200	24160C/W33	24160CK30/W33
320	480	121	23064C/W33	23064CK/W33
	480	160	24064C/W33	24064CK30/W33
	540	176	23164CA/W33	23164CAK/W33
	540	218	24164CAB/W33	24164CABK30/W33