



**RODAVIGO, S.A.**  
RODAMIENTOS VIGO, S.A.

[www.rodavigo.net](http://www.rodavigo.net)

**+34 986 288118**  
Servicio de Att. al Cliente



**added  
competence**

## **Rodamientos de superprecisión Super Precision Bearings**

**SCHAEFFLER GROUP**  
INDUSTRIAL



**RODAVIGO, S.A.**  
RODAMIENTOS VIGO, S.A.

[www.rodavigo.net](http://www.rodavigo.net)

**+34 986 288118**  
Servicio de Att. al Cliente

## **Rodamientos de superprecisión**

### **Super Precision Bearings**

**AC 41 130/7 SB · Edición Febrero 2009**



**RODAVIGO, S.A.**  
RODAMIENTOS VIGO, S.A.

[www.rodavigo.net](http://www.rodavigo.net)

**+34 986 288118**  
Servicio de Att. al Cliente

Todos los datos se han confeccionado y analizado cuidadosamente.

Sin embargo, no nos hacemos responsables de posibles datos erróneos o incompletos.

Nos reservamos el derecho a efectuar modificaciones técnicas.

© Schaeffler KG · 2009, Abril

La reproducción, total o parcial, está prohibida sin la autorización del propietario.

AC 41 130/7 SB



**added  
competence**



### “added competence” para su éxito

El Grupo Schaeffler Industrial, con sus marcas INA y FAG, ha estado situado durante décadas en primera línea del mercado mundial, en soluciones de rodamientos para husillos roscados de avance, husillos principales de trabajo, mesas giratorias y sistemas de guiado lineal, para máquinas-herramienta.

Los rodamientos FAG de superprecisión para husillos principales representan tanto la mayor precisión como la absoluta seguridad de funcionamiento y fiabilidad. Las soluciones innovadoras de rodamientos FAG para husillos incrementan continuamente los estándares en cuanto a la velocidad de rotación, la precisión y la duración de vida. Sin embargo, los componentes de rodamiento, de forma aislada, no garantizan el éxito de un sistema de husillo principal ni de un sistema global de máquina-herramienta. Incrementos notables en el rendimiento y características únicas de diferenciación se dan hoy en día, cuando el fabricante de rodamientos es capaz de asesorar y desarrollar basándose en sus conocimientos profundos de sistemas y cuando está a disposición del cliente ofreciéndole sus servicios.

En la estrecha colaboración con los fabricantes de husillos y de máquinas-herramienta así como en el conocimiento conjunto alrededor de los requisitos de los usuarios finales y de sus clientes, está el potencial que nos lleva a ser líderes en el mercado.

La competencia del Grupo Schaeffler creada a través de más de 100 años en las áreas de técnica de aplicación, asesoramiento y técnica de fabricación, nos ha llevado a disponer de una de las mayores gamas de producto a nivel mundial, que facilitamos siempre a nuestros clientes. A la inversa, el Grupo Schaeffler se aprovecha de las aplicaciones conjuntas y de la estrecha colaboración con sus partners. La división de Maquinaria de Producción del Grupo Schaeffler Industrial ha denominado “added competence” esta forma de trabajo conjunto, que tiene como objetivo que el sistema y sus subsistemas funcionen de una forma más rápida, fiable, duradera y económica.

La integración de funciones esenciales, como la obturación, la lubricación, las fijaciones, la amortiguación, la protección contra la corrosión, etc. conduce a una reducción de interfases, a un incremento en la seguridad de funcionamiento, a una ausencia de mantenimiento, a ventajas en cuanto a tiempo y a un ahorro de costes. Pero también nuestra investigación de principios básicos, nuestros programas de cálculo, las ayudas para el montaje y los cursos de formación, disponibles a través de nuestra red de empresas y fábricas, contribuyen a incrementar el valor añadido para el cliente.

¡La presencia fiable y próxima de los empleados de Schaeffler garantiza nuestro mayor capital, el contacto directo con Vd., nuestro partner!



## Contenido

<b>¡Added competence para los husillos principales: óptimos beneficios para los clientes!</b>	<b>Página 6</b>
<b>Rodamientos FAG para husillos</b>	<b>Página 10</b>
<b>Rodamientos FAG de desplazamiento flotante</b>	<b>Página 88</b>
<b>Rodamientos FAG de rodillos cilíndricos de superprecisión</b>	<b>Página 96</b>
<b>Rodamientos FAG axiales de bolas de contacto angular de doble efecto</b>	<b>Página 124</b>
<b>Tolerancias</b>	<b>Página 138</b>
Tolerancias de los rodamientos de superprecisión	Página 138
Distancias a los cantos y chaflanes	Página 162
Tolerancias de mecanizado de las partes adyacentes	Página 164
<b>Ingeniería</b>	<b>Página 176</b>
Lubricación	Página 176
Duración de vida de los rodamientos de superprecisión	Página 184
Velocidad de giro en función de los ajustes	Página 187
Velocidad de giro	Página 189
Elasticidad y rigidez	Página 190
Monitorización de los rodamientos	Página 192
<b>Diseño de la disposición de rodamientos y ejemplos de aplicación</b>	<b>Página 194</b>
Diseño de la disposición de rodamientos	Página 194
Ejemplos de aplicación	Página 199
Solicitud de datos para el cálculo de los rodamientos	Página 203
<b>Instrucciones de montaje</b>	<b>Página 204</b>
Manipulación de los rodamientos de superprecisión	Página 204
Checklist para el montaje de los husillos	Página 208
Plantilla para el Checklist de los husillos	Página 209
Ajuste del juego de los rodamientos de rodillos cilíndricos	Página 210
Servicio de montaje F'IS	Página 212
<b>Soluciones especiales personalizadas</b>	<b>Página 218</b>
<b>Apéndice</b>	<b>Página 226</b>
BEARINX®	Página 226
Solicitud de datos para el cálculo de los rodamientos	Página 227
Checklist para el montaje de los rodamientos de los husillos	Página 228
Plantilla para el Checklist de los husillos	Página 229
Cuadro sinóptico para las cantidades de grasa y distribución de la misma	Página 230
Otros productos	Página 231
Direcciones	Página 233
Índice	Página 238
Notas	Página 240



**¡Added competence para los husillos principales:  
óptimos beneficios para los clientes!** **Página 6**

**Rodamientos FAG para husillos** **Página 10**

B719..C, B70..C, B72..C, HS70..C, HS719..C, B718..C

B719..E, B70..E, B72..E, HS70..E, HS719..E, B718..E **Página 20**

**Rodamientos FAG de desplazamiento flotante** **Página 88**

FD10 **Página 92**

**Rodamientos FAG de rodillos cilíndricos de superprecisión** **Página 96**

N10, N19, HCN10 **Página 102**

NN30, NNU49 **Página 116**

**Rodam. FAG axiales de bolas de cont. angular de doble efecto** **Página 124**

2344, 2347 **Página 130**

**Tolerancias** **Página 138**

**Ingeniería** **Página 176**

**Disposición de rodamientos y ejemplos de aplicación** **Página 194**

**Instrucciones de montaje** **Página 204**

**Soluciones especiales para cada cliente** **Página 218**

**Apéndice** **Página 226**

## ¡Added competence para los husillos principales: óptimos beneficios para los clientes!

Óptimos beneficios para los clientes son el objetivo de la dirección del sector Maquinaria de Producción en el Grupo Schaeffler Industrial. En los rodamientos para los husillos principales, este objetivo va más allá de la fabricación de un buen producto, ya que se tiene en cuenta el punto de montaje y todos los requisitos del cliente final.

Esto nos lleva al siguiente requisito para todas las divisiones que se encargan de la fabricación de rodamientos de superprecisión:

- Calidad máxima y liderazgo en tecnología
- Máxima proximidad al cliente
- Máxima rentabilidad para cada aplicación específica.



Máxima precisión y limpieza en la fabricación...



... para el montaje del rodamiento



... para el montaje del husillo

## Soluciones FAG y sus clientes

El principio y el fin de todas las actividades de una empresa son iguales: proximidad y beneficio para los clientes. El conocimiento exacto de los requisitos concretos de la aplicación y de los procesos es decisivo para la selección del producto técnicamente óptimo y que, al mismo tiempo, influya escasamente en el sistema de costes. Esto puede provenir del sofisticado programa estándar de FAG de rodamientos para husillos, que es tanto en amplitud como en profundidad, inigualable a nivel mundial. El Grupo Schaeffler también puede poner a su disposición, de forma rápida y fiable, una solución personalizada y especialmente diseñada para una aplicación concreta.



... en los resultados del trabajo

## De componentes y competencias

Los rodamientos de superprecisión se aplican de forma estándar en máquinas-herramienta, en la industria textil, en máquinas para trabajar la madera y en todas aquellas aplicaciones con extremas exigencias en cuanto a la seguridad funcional, la precisión de rotación y las altas velocidades de giro, con rodamientos individuales o combinaciones de éstos. La amplia gama de productos permite abarcar de forma óptima todos los puntos de apoyo y todos los casos de aplicación.

La investigación del Grupo Schaeffler y su estrecho contacto con el cliente constituyen los fundamentos para un desarrollo continuo de los productos existentes y una ampliación del programa completo.

Los rodamientos FAG de superprecisión combinan siempre la solución técnica de una aplicación de rodamientos con la solución económica. Esto se ve claramente cuando se analiza el sistema del rodamiento en cuanto a cálculo, simulación y construcción, así como en cuanto a distribución, montaje y servicio. El análisis comienza con la inspección de los requisitos principales de un rodamiento, pero también incluye un estudio de las opciones más importantes basadas en la aplicación concreta, para una integración correcta de funciones, como la obturación, la lubricación, las fijaciones, la monitorización, etc. También las interacciones de los ajustes de la disposición de rodamientos en el sistema completo, pueden ser analizadas a este nivel.



Husillo de fresadora en servicio

Para ello, el Grupo Schaeffler Industrial facilita herramientas reconocidas de cálculo y de simulación, para uso propio o como servicio, y ofrece una amplia gama de eventos de formación y de asesoramiento.

El presente catálogo facilita una visión detallada de la gama de productos FAG en cuanto a rodamientos de superprecisión, las normas principales para la selección del rodamiento, el diseño de la disposición de los mismos y el montaje.

Nuestro competente personal de servicio se encuentra a su entera disposición, en cualquier momento, en caso de que desee obtener información más detallada.



## Sobre este catálogo

Este catálogo (FAG AC 41 130/7) presenta la gama de productos de los rodamientos FAG de superprecisión para husillos principales. Además, es muy adecuado como compendio técnico para la selección y el diseño de diversas disposiciones de rodamientos de superprecisión. En el mismo se encuentran resumidas y de forma estructurada, todas las informaciones esenciales para el diseñador. La estructura clara, las numerosas indicaciones y el índice al final, facilitan la entrada en el mundo de los rodamientos de superprecisión, tanto a estudiantes como a los “jóvenes compañeros” en fase de formación. A los usuarios experimentados les ofrece una presentación clara de todos los componentes, las competencias y los servicios del Grupo Schaeffler.

Este catálogo está editado en 8 idiomas (alemán, inglés, francés, italiano, español, checo, chino y japonés) y está disponible, en todos los idiomas, en el CD ROM del mismo nombre. También está disponible, para descargar de Internet, en [www.fag.com](http://www.fag.com) y en [www.schaeffler.es](http://www.schaeffler.es). El catálogo impreso puede ser solicitado gratuitamente (en cantidades limitadas) a través de su compañía nacional (ver Apéndice, página 233 y siguientes).

### Estructura del catálogo

El catálogo está dividido en seis partes:  
A continuación de la introducción, el capítulo “Tablas de rodamientos” muestra la totalidad de la gama de producto de los rodamientos de superprecisión. Los datos técnicos importantes y las características de funcionamiento se describen en forma de tablas. Esta sección se estructura en base a los diferentes tipos de rodamientos: para husillos, de rodillos cilíndricos, de desplazamiento flotante y axiales de bolas de contacto angular de doble efecto. Una breve introducción a los tipos de rodamientos, a sus ejecuciones y una descripción de la nomenclatura se indican al principio de las

tablas de rodamientos. El capítulo “Tolerancias” sigue a la sección de las tablas de rodamientos y contiene información sobre los rodamientos y las tolerancias de las partes adyacentes.

En el siguiente capítulo “Ingeniería”, se explican los pasos y los métodos de cálculo para la selección y el dimensionado de la disposición de rodamientos para un husillo. Se presta especial atención al cálculo de la duración de vida, a la lubricación, al cálculo de la velocidad límite de giro y a la rigidez.

En el capítulo “Diseño de la disposición de rodamientos” se indican los necesarios y sistemáticos pasos para la aplicación concreta en un husillo. El montaje de rodamientos para husillos requiere una especial atención en cuanto al procedimiento, a los accesorios y a las condiciones ambientales, que se pueden encontrar de forma más detallada en el capítulo “Instrucciones de montaje”. El Grupo Schaeffler ofrece, además del “programa estándar”, soluciones de rodamientos específicas, adaptadas a cada cliente, en el área de la superprecisión. En el capítulo “Soluciones especiales para cada cliente” se describen diferentes opciones para ello.



## Propiedades de los rodamientos FAG de superprecisión

La precisión FAG P4S · El material correcto · Lubricación

### La precisión FAG P4S

A primera vista, parece que basta con clasificar la precisión de los rodamientos en las clases de precisión estipuladas en las normas DIN/ISO o ABEC. Sin embargo, en el caso de los rodamientos de superprecisión de FAG, no es suficiente. A las tolerancias P4 o superiores exigidas, se añaden características de funcionamiento que no han sido descritas en las directrices reguladoras pertinentes. Los rodamientos FAG de superprecisión cumplen, en las características más importantes, la clase de precisión estándar P2. Esto se refiere a las precisiones de giro y de paralelismo de los rodamientos FAG, fabricados conforme al estándar P4S de FAG. Por este motivo, los rodamientos estándar de superprecisión de FAG permiten realizar rodaduras de alta precisión. (ver Tolerancias de los rodamientos FAG para husillos, de una hilera, páginas 144 y siguientes).

### El material correcto

Los rodamientos FAG de superprecisión se fabrican con materiales de alta calidad. Mediante tratamientos térmicos específicos, se alcanza una elevada duración de vida a la fatiga del material y una alta resistencia al desgaste, de forma que, en muchos casos, los rodamientos alcanzan una vida en servicio muy duradera. El material Cronidur 30 es particularmente importante, ya que transforma un rodamiento para husillos en un rodamiento X-life ultra. Con sus propiedades únicas en cuanto a resistencia a la flexión alterna y a la corrosión, se alcanzan

una vida útil claramente superior, mayores presiones superficiales admisibles para la fiabilidad en servicio continuo, velocidades admisibles más elevadas y una duración de servicio del lubricante considerablemente más prolongada. En rodamientos para husillos, están los rodamientos híbridos, una combinación con: anillos de acero y bolas de cerámica, ahora una versión estándar. Los rodillos de cerámica se incorporan también en los rodamientos de rodillos cilíndricos. El nitruro de silicio es el material cerámico que alcanza el máximo rendimiento con respecto a una combinación de las propiedades típicas de los materiales cerámicos. Frente a los elementos rodantes de acero, se ofrecen muchas ventajas, como:

- un destacado comportamiento tribológico con la combinación del acero y de la cerámica. En los rodamientos híbridos, las sollicitaciones para el material y para el lubricante son significativamente menores.
- una menor densidad, que reduce las fuerzas centrífugas en los elementos rodantes, mejorando la cinemática del rodamiento.
- un menor coeficiente de dilatación térmica de los elementos rodantes de cerámica. Esto tiene un efecto muy positivo en la modificación de la precarga del rodamiento frente a las variaciones de la temperatura de funcionamiento. Todo ello se traduce en una clara prolongación de los tiempos de servicio. Por este motivo, los rodamientos híbridos se vienen empleando también para funcionar a velocidades reducidas.



Rodamientos FAG de superprecisión

### Lubricación

En los rodamientos de superprecisión resulta imprescindible destacar la importancia del lubricante. La decisión entre la lubricación con aceite o con grasa influye de forma considerable en los costes del sistema. El objetivo del Grupo Schaeffler es hacer posible una lubricación con grasa, efectiva incluso a las máximas velocidades de giro. Antes de que un lubricante sea autorizado para una aplicación en rodamientos, es sometido a estrictos controles de homologación. Los ensayos de idoneidad para los requisitos de la aplicación como, por ejemplo, la evolución de la rodadura en un husillo de alta velocidad, tienen una gran importancia. El resultado de dicho extenso proceso es una homologación para el lubricante, cuyo cumplimiento preciso se asegura mediante controles continuos.