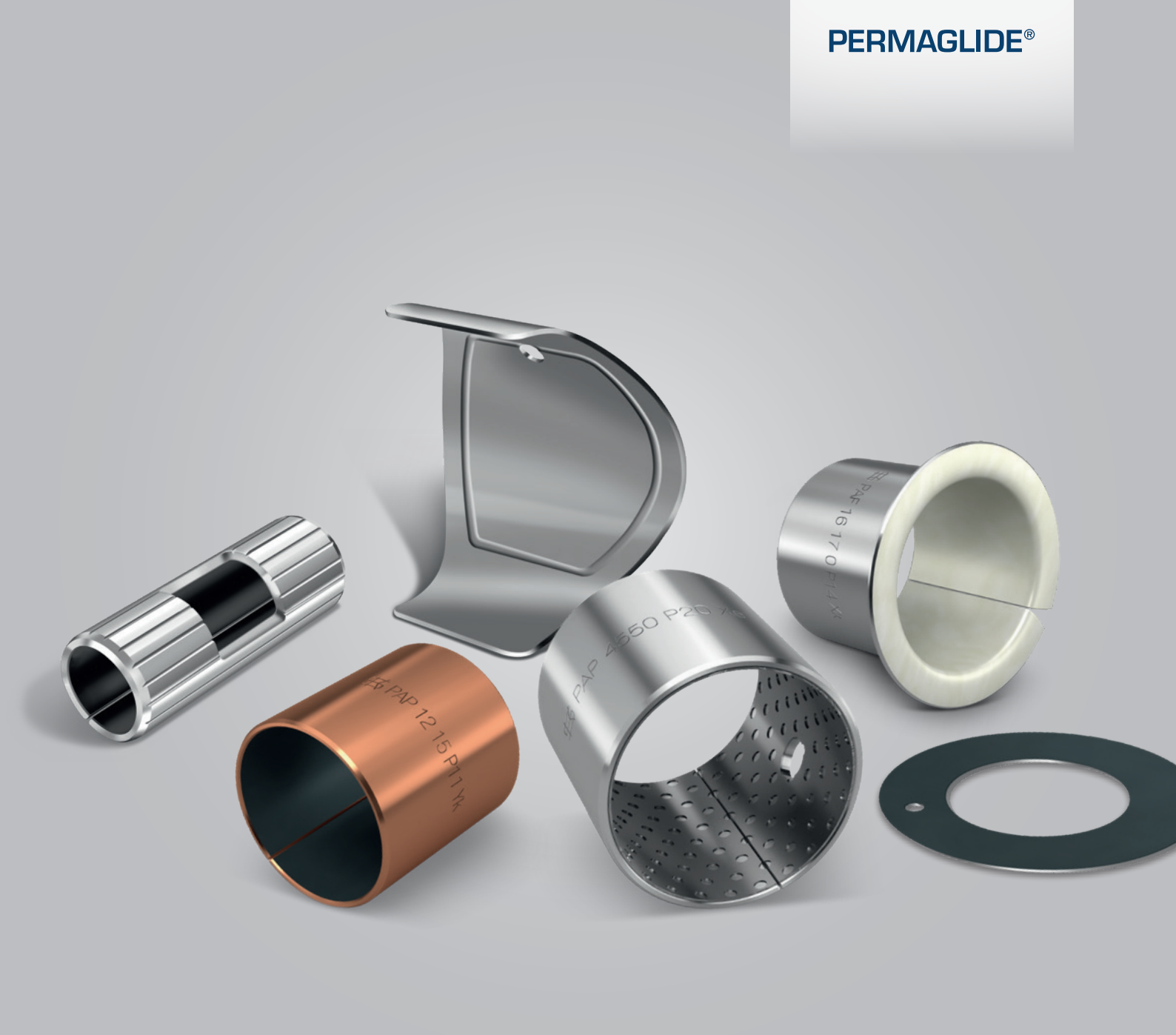
PERMAGLIDE®



PERFECT**RUNNING**

COJINETES KS PERMAGLIDE®

CATÁLOGO: MATERIALES, TIPOS DE CONSTRUCCIÓN, TABLAS DE DIMENSIONES

OUR **HEART** BEATS FOR YOUR ENGINE.

MOTORSERVICE
RHEINMETALL AUTOMOTIVE

MOTORSERVICE

GRUPO MOTORSERVICE

CALIDAD Y SERVICIO EN UN SOLO PROVEEDOR

El Grupo Motorservice es la organización de ventas y distribución para las actividades del servicio posventa de Rheinmetall Automotive en todo el mundo. Se trata de uno de los principales proveedores de componentes para motores en el mercado de piezas de repuesto. Gracias a sus marcas de primera calidad, Kolbenschmidt, Pierburg y TRW Engine Components, así como gracias a la marca BF, Motorservice ofrece a sus clientes un amplio y completo surtido de máxima calidad todo en un solo proveedor. Además, Motorservice es distribuidor de cojinetes KS PERMAGLIDE® sin y de bajo mantenimiento, así como de otros componentes para la industria y el comercio técnico.

KOLBENSCHMIDT

KS GLEITLAGER

KS Gleitlager GmbH es el especialista del Grupo Rheinmetall Automotive para elementos deslizantes de alta precisión. La introducción de nuevas tecnologías en la producción y el tratamiento de superficies, los desarrollos innovadores y una clara orientación al cliente, han convertido a KS Gleitlager en un proveedor líder de cojinetes para motores y cojinetes de marcha en seco (KS PERMAGLIDE®).

RHEINMETALL AUTOMOTIVE

RHEINMETALL AUTOMOTIVE

PROVEEDOR DE RENOMBRE PARA LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ INTERNACIONAL

Rheinmetall Automotive es la parte que se ocupa de la movilidad dentro del grupo tecnológico Rheinmetall Group. Gracias a sus marcas de primera calidad, Kolbenschmidt, Pierburg y Motorservice, Rheinmetall Automotive se encuentra a la cabeza en los mercados de los sectores de alimentación de aire, reducción de contaminantes y bombas, así en el desarrollo, producción y suministro de repuestos de pistones, bloques de motor y cojinetes. La reducción de la emisión de sustancias contaminantes y el consumo económico de combustible, junto con la fiabilidad, calidad y seguridad: estos son los factores decisivos que impulsan las innovaciones de Rheinmetall Automotive.

Permaglide® es una marca registrada de KS Gleitlager GmbH

Redacción:
Motorservice, técnica de aplicaciones y marketing

Diseño y producción:
Motorservice, Marketing
DIE NECKARPRINZEN GmbH, Heilbronn

La copia, reproducción, traducción, íntegras o parciales, requieren nuestro previo consentimiento por escrito con indicación de las fuentes.

Reservado el derecho de introducir modificacines y divergencias en las figuras. Queda excluida toda responsabilidad.

Editor:
© MS Motorservice Deutschland GmbH

Responsabilidad
Todos los datos contenidos en este folleto han sido recopilados e investigados cuidadosamente. No obstante, puede haber errores, datos traducidos incorrectamente, faltar información o bien la información ya suministrada puede haber cambiado entretanto. Por ello, no podemos ofrecer ninguna garantía ni aceptar responsabilidad jurídica sobre la exactitud, integridad o calidad de la información ofrecida. Cualquier responsabilidad por nuestra parte por daños, en particular daños directos o indirectos así como materiales o no materiales derivados del uso o del uso incorrecto de las informaciones, o informaciones incompletas o incorrectas de este folleto queda excluida, siempre que no sean debidas a dolo o negligencia por nuestra parte. Las piezas ofrecidas en el folleto no están destinadas para el uso en aviones o helicópteros. Los nombres, las designaciones y los números de productos, de fabricantes, etc., se indican sólo a modo de comparación.

CONTENIDO		PÁGINA
1	**MOTORSERVICE – SU PROVEEDOR PREMIUM**	**5**
2	**VISTA EN CONJUNTO DE LOS MATERIALES**	**6**
3	**DESIGNACIONES Y UNIDADES**	**10**
4	**COJINETES KS PERMAGLIDE®**	**12**
4.1	Introducción al material P1	12
4.2	Introducción al material P2	17
5	**SELECCIÓN DE MATERIALES, INFORMACIÓN SOBRE EL MATERIAL**	**20**
5.1	Cojinetes P1	22
5.2	Cojinetes P2	29
6	**CÁLCULO DE LA VIDA ÚTIL NOMINAL**	**33**
6.1	Fórmulas para el cálculo de la vida útil	33
7	**DAÑOS TÍPICOS DE COJINETES**	**41**
8	**DISEÑO CONSTRUCTIVO DE LA POSICIÓN DEL COJINETE**	**44**
8.1	Carcasa	44
8.2	Diseño de la parte deslizante	46
8.3	Holgura de cojinetes, ajuste perfecto	46
9	**MONTAJE DE COJINETES**	**53**
10	**TIPOS DE CONSTRUCCIÓN Y TABLAS DE DIMENSIONES**	**57**
10.1	Camisas KS Permaglide®, sin mantenimiento	59
10.2	Collarines de la camisa KS Permaglide®, sin mantenimiento	65
10.3	Arandelas de tope KS Permaglide®, sin mantenimiento	67
10.4	Tiras KS Permaglide®, sin mantenimiento	68
10.5	Camisas KS Permaglide®, de bajo mantenimiento	69
10.6	Arandelas de tope KS Permaglide®, de bajo mantenimiento	71
10.7	Tiras KS Permaglide®, de bajo mantenimiento	72
10.8	Fabricaciones especiales KS Permaglide®	73
11	**MÉTODOS DE COMPROBACIÓN**	**74**
11.1	Comprobación de camisas laminadas	74
11.2	Mecanizar la capa de deslizamiento	75

1 MOTORSERVICE – SU PROVEEDOR PREMIUM

ASISTENCIA DE VENTAS Y SERVICIO TÉCNICO AL CLIENTE

- Asesoría competente durante la tramitación de pedidos y de suministros
- Catálogo online con herramienta de cálculo, dibujos CAD y vistas en 3D
- Catálogos de productos e información sobre productos; si lo desea como versión única con su dirección y su logotipo
- Promoción de ventas: presentaciones en ferias, muestras de productos, artículos de publicidad y pequeños artículos de promoción
- Con las newsletter y la página web estará siempre al día: www.permaglide.com
- Asesoría individual, cálculos y diseño de los cojinetes
- Tipos de construcción especiales según sus requisitos

APROVECHE NUESTRA EXPERIENCIA

- Más de 30 años de experiencia en la fabricación de cojinetes KS Permaglide®
- Los más altos estándares de calidad de la industria automotriz alemana
- Bancos de pruebas adaptados a la práctica según sus requisitos
- Desarrollo de materiales y de procesos

EFICIENCIA LOGÍSTICA

- Gran disponibilidad y almacenamiento de existencias
- Tramitación y preparación rápida del pedido

COJINETES KS PERMAGLIDE® – PARA QUE TODO RUEDE SIN PROBLEMAS.

2 VISTA EN CONJUNTO DE LOS MATERIALES

COJINETES P1 KS PERMAGLIDE®

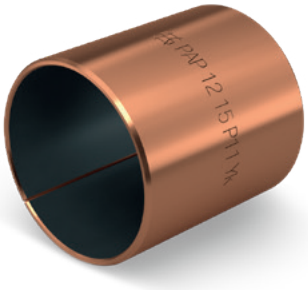
- sin mantenimiento
- apropiados para marcha en seco

Curvas características Propiedades	Unidad	P10, P11	P14	P147*
sin plomo	–	no	sí	sí
$pv_{máx.}$	**MPa · m/s**	1,8	1,6	1,4
$p_{máx.estat.}$	**MPa**	250	250	250
$p_{máx.din.}$	**MPa**	56 con v ≤ 0,032 m/s	56 con v ≤ 0,029 m/s	56 con v = 0,025 m/s
$v_{máx.}$	**m/s**	2 con p ≤ 0,90 MPa	1 con p ≤ 1,60 MPa	0,8 con p ≤ 1,75 MPa
T	**°C**	–200 hasta +280	–200 hasta +280	–200 hasta +280

MATERIALES KS PERMAGLIDE® P1

Material estándar P10

- con plomo
- efecto stick-slip muy reducido
- desgaste reducido
- buena resistencia química
- bajo coeficiente de fricción
- ninguna tendencia a la soldadura con metales
- alta resistencia al hinchamiento
- no absorbe agua



Material estándar P11

- con plomo
- resistencia a la corrosión mejorada
- muy buena conductividad térmica y, por tanto, una mayor seguridad del funcionamiento
- es antimagnético
- todas las demás propiedades de P10

Material estándar P14

- sin plomo
- cumple la directiva 2011/65/EU (RoHS II)
- efecto stick-slip muy reducido
- desgaste reducido
- bajo coeficiente de fricción
- ninguna tendencia a la soldadura con metales
- alta resistencia al hinchamiento

Material especial P147*

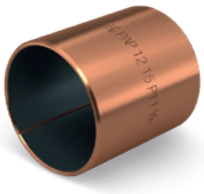
- sin plomo
- cumple la directiva 2011/65/EU (RoHS II)
- buena resistencia a la corrosión
- todas las demás propiedades parecidas a P14

* Previa consulta

TIPOS DE CONSTRUCCIÓN KS PERMAGLIDE® P1

Camisas PAP

PAP P10

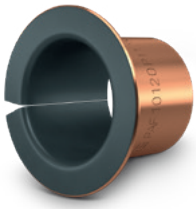


PAP P11

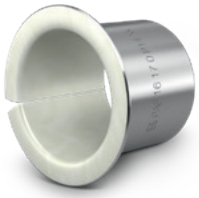
PAP P14, PAP P147*

Camisas con collarín PAF

PAF P10



PAF P11



PAF P14, PAF P147*

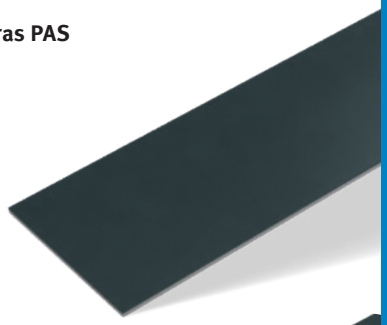
Arandelas de tope PAW

PAW P10

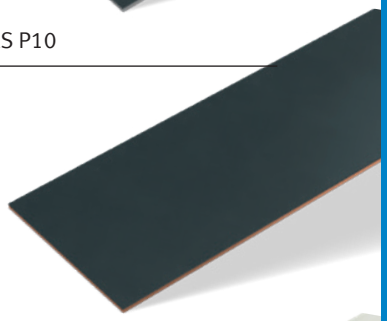
PAW P11

PAW P14, PAW P147*

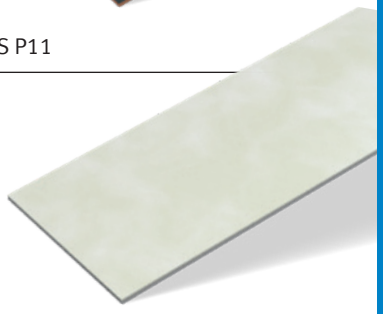
Tiras PAS



PAS P10



PAS P11



PAS P14, PAS P147*

COJINETES P2 KS PERMAGLIDE®

- de bajo mantenimiento
- para aplicaciones lubricadas con grasa o líquido

Curvas características Propiedades	Unidad	P20, P22*, P23*	P200, P202*, P203*
sin plomo	**–**	no	sí
$pv_{máx.}$	**MPa · m/s**	3	3,3
$p_{máx.estat.}$	**MPa**	250	250
$p_{máx.din.}$	**MPa**	70 con v ≤ 0,042 m/s	70 con v ≤ 0,047 m/s
$v_{máx.}$	**m/s**	3 con p ≤ 1,00 MPa	3,3 con p ≤ 1,00 MPa
T	**°C**	–40 hasta +110	–40 hasta +110

MATERIALES KS PERMAGLIDE® P2

Material estándar P20

- con plomo
- con bolsas de lubricante, listo para el montaje
- lubricación de por vida posible
- desgaste reducido
- menos sensible a la carga en los bordes
- buena capacidad de amortiguación
- insensible a la carga de impacto
- buena resistencia química

Material especial P22*

- con plomo
- superficie de deslizamiento lisa, con sobreespesor de mecanización
- todas las demás propiedades de P20

Material especial P23*

- con plomo
- superficie de deslizamiento lisa, listo para el montaje
- todas las demás propiedades de P20

Material estándar P200

- sin plomo
- cumple la directiva 2011/65/EU (RoHS II)
- con bolsas de lubricante, listo para el montaje
- lubricación de por vida
- desgaste reducido
- muy buenas propiedades de rodaje de emergencia
- insensible contra la carga de impacto y en los bordes
- buena capacidad de amortiguación
- buena resistencia química

Material especial P202*

- sin plomo
- cumple la directiva 2011/65/EU (RoHS II)
- superficie de deslizamiento lisa, con sobreespesor de mecanización
- todas las demás propiedades parecidas a P20

Material especial P203*

- sin plomo
- cumple la directiva 2011/65/EU (RoHS II)
- superficie de deslizamiento lisa, listo para el montaje
- todas las demás propiedades parecidas a P20

* Previa consulta

TIPOS DE CONSTRUCCIÓN KS PERMAGLIDE® P2

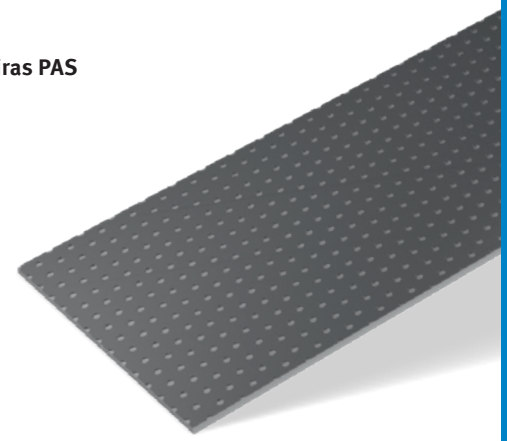
Camisas PAP

PAP P20, PAP P22*, PAP P23*, PAP P200, PAP P202*, PAP P203*

Arandelas de tope PAW

PAW P20, PAW P22*, PAW P23*, PAW P200, PAW P202*, PAW P203*

Tiras PAS



PAS P20, PAS P22*, PAS P23*, PAS P200, PAS P202*, PAS P203*

3 DESIGNACIONES Y UNIDADES

Mientras en el texto no se diga expresamente otra cosa, las dimensiones utilizadas en este catálogo tienen las siguientes designaciones, unidades y significados.

Símbolo	Unidad	Designación
B	mm	Anchura de buje, anchura total de la tira
B_1	mm	Anchura útil de la tira
C_i	mm	Bisel interior de la camisa (arista achaflanada)
C_o	mm	Bisel exterior de la camisa
D_{FL}	mm	Diámetro del collarín
D_i	mm	Diámetro interior de la camisa Diámetro interior de la arandela de tope
D_{iE}	mm	Diámetro interior de la camisa en estado insertado a presión
D_o	mm	Diámetro exterior de la camisa Diámetro exterior de la arandela de tope
d_{ch}	mm	Diámetro de la carcasa de comprobación (mandril de ajuste)
d_G	mm	Diámetro del orificio del cuerpo
d_H	mm	Anillo auxiliar – Diámetro interior
d_K	mm	Diámetro del mandril de calibrado
d_L	mm	Diámetro del agujero de engrase
d_W	mm	Diámetro de eje
d_1	mm	Diámetro del orificio de fijación en la arandela de tope
d_{Ga}	mm	Diámetro de la escotadura de la carcasa para la arandela de tope
F	N	Carga del cojinete, fuerza de inserción a presión
F_{ch}	N	Fuerza de comprobación
F_E	N	Fuerza de inserción a presión por mm de anchura de buje
F_{Tot}	N	Fuerza total de presión
f_G	mm	Ancho de bisel en la carcasa
f_A	–	Factor de corrección de tipo de carga
f_L	–	Factor de corrección de movimiento lineal
f_p	–	Factor de corrección de la carga
f_R	–	Factor de corrección de la profundidad de la rugosidad
f_T	–	Factor de corrección de la temperatura
f_v	–	Factor de corrección de la velocidad de deslizamiento
f_W	–	Factor de corrección del material

Símbolo	Unidad	Designación
H	mm	Carrera del movimiento lineal
J	mm	Diámetro parcial de la arandela de tope
L	mm	Longitud de tira
L_N	h	Vida útil nominal
m	g	Masa
n	min^{-1}	Número de revoluciones por minuto
n_{OSC}	min^{-1}	Frecuencia de oscilación del movimiento oscilante
p	MPa	Carga específica de cojinete
pv	MPa · m/s	Valor pv, producto de la carga específica de cojinete y la velocidad de deslizamiento
R, r	mm	Radio
R_z, R_a	µm	Profundidad de la rugosidad
s_1	mm	Espesor del acero o del dorsal de bronce
s_3	mm	Espesor de pared de la camisa
s_{FL}	mm	Espesor del collarín
T	°C	Temperatura
t_{Ga}	mm	Profundidad de la escotadura de la carcasa
v	m/s	Velocidad de deslizamiento
x	mm	Distancia de las líneas de medición
z	mm	Distancia de las mitades de la carcasa de comprobación
α_{Bc}	K^{-1}	Coeficiente de dilatación térmica del bronce
α_{Ac}	K^{-1}	Coeficiente de dilatación térmica del acero
Δs	mm	Holgura teórica de cojinetes
Δz	mm	Valor de medición en la carcasa de comprobación
λ_{Bc}	$W(mK)^{-1}$	Coeficiente de conductividad térmica del bronce
λ_{Ac}	$W(mK)^{-1}$	Coeficiente de conductividad térmica del acero
µ	–	Coeficiente de fricción
τ_S	N/mm^2	Resistencia al cizallamiento
φ	°	Ángulo de giro

Los cojinetes sirven para la absorción y transmisión de fuerzas entre componentes que se mueven relativamente entre sí. Se determina la posición de los componentes móviles entre sí y se garantiza la precisión de guía en el movimiento. Los cojinetes deben cumplir numerosos requisitos. Deben absorber cargas mecánicas lo más altas posible y, al mismo tiempo, presentar solo un desgaste mínimo dentro de su vida útil. Así como también deben resistir velocidades de deslizamiento elevadas y, simultáneamente, ser insensibles a las fallas del entorno del cojinete. La Fig. 1 muestra lo complejo que puede llegar a ser un sistema tribológico, en cuyo centro funciona un cojinete.

Con respecto al tipo de servicio se distinguen tres sistemas funcionales:

- cojinetes sin mantenimiento para marcha en seco
- cojinetes de bajo mantenimiento lubricados con grasa
- cojinetes de accionamiento hidrodinámico

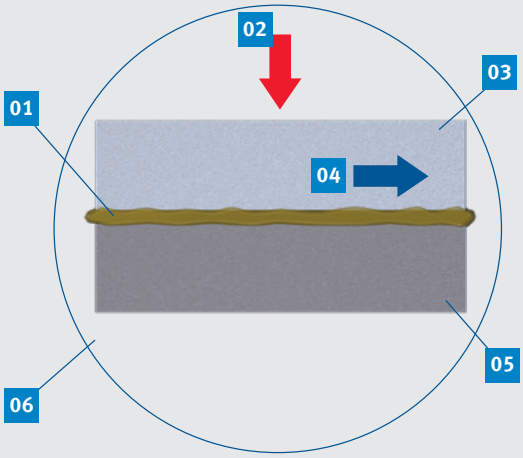
Los cojinetes de funcionamiento hidrodinámico pueden cumplir relativamente bien los distintos requisitos. Esto permite, con ayuda de modernos procedimientos de cálculo, diseñar cojinetes lubricados con aceite de modo óptimo y seguro para el funcionamiento.

Los cojinetes de bajo mantenimiento en general están engrasados. Normalmente la cantidad de grasa introducida durante el montaje es suficiente para toda la vida útil del cojinete.
Si un cojinete engrasado se utiliza en condiciones más difíciles, es conveniente una relubricación. Los intervalos de relubricación establecidos correctamente pueden prolongar considerablemente la vida útil.

No obstante, el cálculo de la vida útil esperada en cojinetes engrasados debido a los numerosos factores de influencia es incierto y solo debe considerarse como un valor de orientación. A menudo, sin embargo, la lubricación con aceite o grasa no es posible o no está permitida. En tales casos se utilizan cojinetes sin mantenimiento para marcha en seco. El cálculo de la vida útil tampoco es suficientemente exacto en este caso. La práctica, muy extendida, de calcular la vida útil con ayuda de métodos sencillos teniendo en cuenta los factores de influencia (p. ej., carga específica, velocidad de deslizamiento, temperatura, etc.) solo puede proporcionar valores de orientación aproximados. Por este motivo, se recomienda realizar pruebas en condiciones similares a las de la aplicación, tanto para el diseño de cojinetes sin mantenimiento para marcha en seco como para el diseño de cojinetes de bajo mantenimiento.

Los siguientes apartados tratan los modelos funcionales especiales de cojinetes sin mantenimiento y de bajo mantenimiento.

Influencias en un sistema tribológico



01 Material intermedio
02 Carga
03 Cuerpo opuesto
04 Movimiento relativo
05 Cuerpo principal
06 Condiciones ambientales

Condiciones ambientales

- Temperatura, medio, suciedad

Carga

- Cantidad de carga, tipo de carga (estática, dinámica)
- Tiempo de carga (continua, con intervalos), carga circunferencial, carga puntual

Cuerpo opuesto

- Material, dureza, rugosidad superficial, conductividad térmica

Movimiento relativo

- Rotando, oscilando, lineal
- Velocidad de deslizamiento, duración del movimiento

Material intermedio

- Lubricante sólido, grasa, líquido, viscosidad
- Resistencia al envejecimiento

Cuerpo principal

- Material, dureza, rugosidad superficial, resistencia al desgaste, capacidad de funcionamiento de emergencia
- resistencia química

Fig. 1: Sistema tribológico

4 COJINETES KS PERMAGLIDE®

4.1 INTRODUCCIÓN AL MATERIAL P1

4.1.1 GENERALIDADES

El grupo de materiales P1 comprende los materiales P10, P11, P14 y P147. P10 y P11 contienen plomo tanto en la capa de deslizamiento de bronce como en la masa de lubricante. P14 y P147 no contienen plomo.

4.1.2 ESTRUCTURA DEL MATERIAL

Los materiales del grupo P1 se componen de un dorsal de acero o un dorsal de bronce, una capa de deslizamiento sinterizada de bronce especial, con un espesor de la capa de 0,2 mm hasta 0,35 mm, y de una masa de lubricante sólido. La capa de bronce está sinterizada de forma que se genera un volumen de porosidad de aprox. un 30 %. En los espacios intermedios de la capa de deslizamiento porosa de bronce se lamina una mezcla de lubricante sólido, generalmente PTFE con materiales de relleno, y se sinteriza. La mezcla de lubricante sólido rellena completamente las cavidades y forma una capa de rodamiento de hasta 0,03 mm de espesor por encima de la capa de deslizamiento de bronce (Fig. 2).

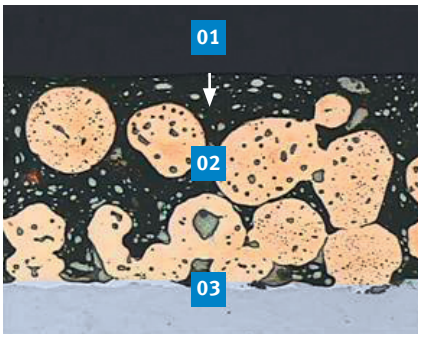


Fig. 2: Sistema de capas P1
01 Lubricante sólido
02 Capa de deslizamiento de bronce
03 Dorso del cojinete

4.1.3 DESCRIPCIÓN FUNCIONAL

Los cojinetes P1 libres de mantenimiento y de marcha en seco atraviesan cuatro fases a lo largo de su tiempo total de servicio (Fig. 3).

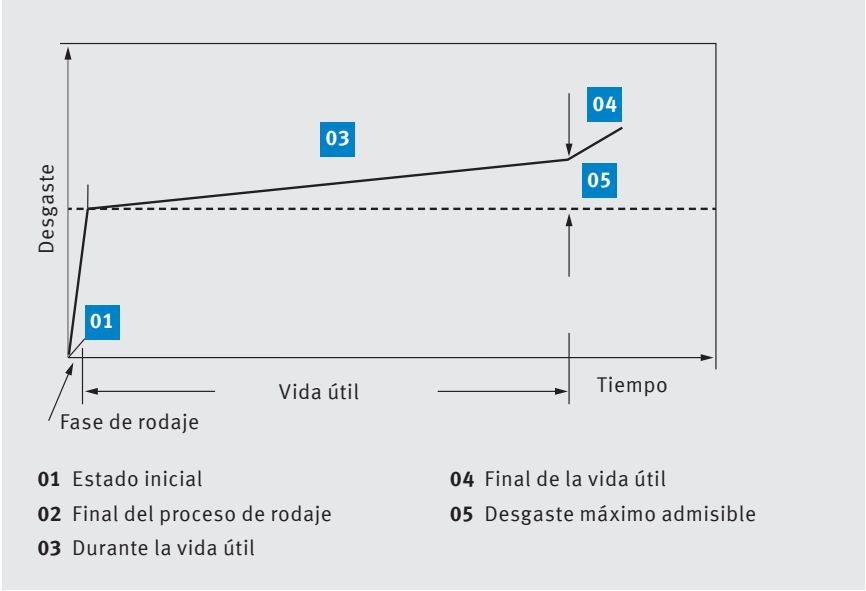


Fig. 3: Curva de desgaste de cojinetes P1 (esquemática) /1/

Estado inicial
Las cavidades de la capa de deslizamiento de bronce están completamente llenas de lubricante sólido y la capa de rodamiento por encima de la capa de deslizamiento de bronce aún está completa (Fig. 4).

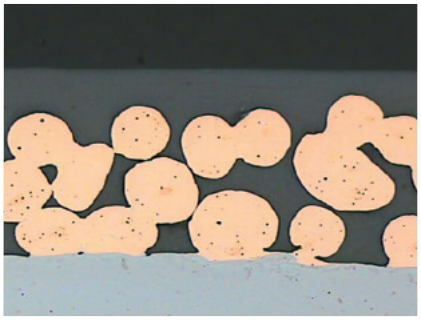


Fig. 4: Estado de la superficie de deslizamiento en el estado inicial

Proceso de rodaje

Al iniciarse el movimiento de deslizamiento, hay partes de la capa de rodamiento que se transfieren a la contraparte de deslizamiento (Fig. 6). Aquí se forma una película de lubricante sólido sobre la contraparte de deslizamiento, que reduce considerablemente la fricción. Debido al proceso de rodaje se produce un rebajamiento de material en la capa de deslizamiento del cojinete, que generalmente es de entre 0,005 mm y 0,030 mm. El estado de la superficie de deslizamiento al final del tiempo de rodaje se representa en la Fig. 5.

Funcionamiento continuo

ando ha finalizado el proceso de rodaje, comienza la vida útil real del cojinete. Se determina por medio del espectro de cargas, las condiciones ambientales, pero también por las proporciones del volumen de la capa de deslizamiento de bronce/volumen del lubricante sólido. Durante el tiempo de funcionamiento entra continuamente lubricante sólido nuevo en la zona de contacto y sustituye las partes de lubricante sólido usado. Este proceso se inicia, sobre todo, por las diferentes coeficientes de dilatación de la capa de deslizamiento de bronce y del lubricante sólido (proporción aprox. 1:5,5). Si la zona de contacto de la capa de deslizamiento se calienta por la fricción, la parte de lubricante sólido se dilata más y lubrica la contraparte de deslizamiento. De esta forma se reducen el coeficiente de fricción y la temperatura del cojinete. Cuando el lubricante se ha gastado, comienza el nuevo ciclo. La Fig. 7 muestra una curva típica de recorrido. La Fig. 8 muestra las características de la superficie de deslizamiento durante la vida útil.

Final de la vida útil

El lubricante sólido del sistema de cojinetes solamente está disponible de forma limitada (se determina mediante el volumen de los poros de la capa de deslizamiento de bronce sinterizada de forma porosa). Si debido a un tiempo de funcionamiento prolongado se ha agotado el volumen de lubricante, aumenta el coeficiente de fricción y aumenta la intensidad de desgaste. La mayoría de las veces también se sobrepasa el límite de desgaste permitido. En casos normales, en los cojinetes P1, el total es › 0,05 mm. Especialmente a grandes velocidades de deslizamiento, el cojinete puede sobrecalentarse y se puede gripar el eje. La Fig. 9 muestra el estado de la superficie de deslizamiento al final de la vida útil.

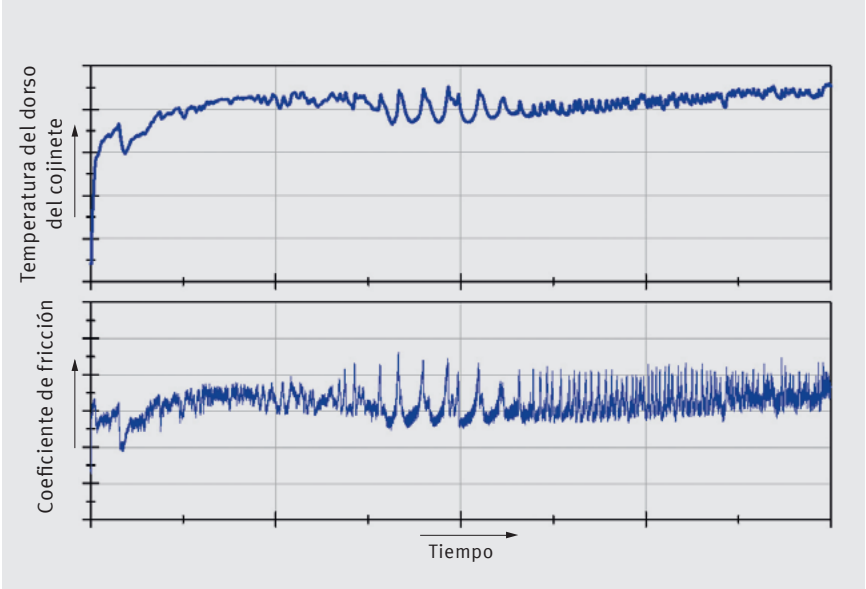


Fig. 7: Comportamiento de oscilación del coeficiente de fricción y la temperatura

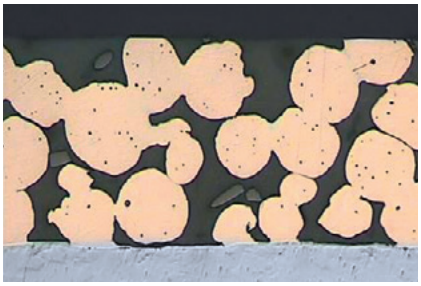


Fig. 5: Características de la superficie de deslizamiento al final del proceso de rodaje

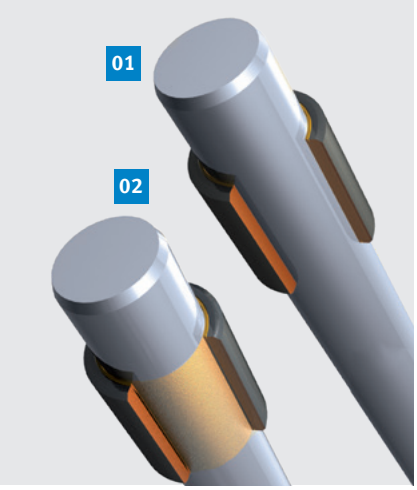


Fig. 6: Transferencia de material
01 Estado inicial
02 Final del proceso de rodaje

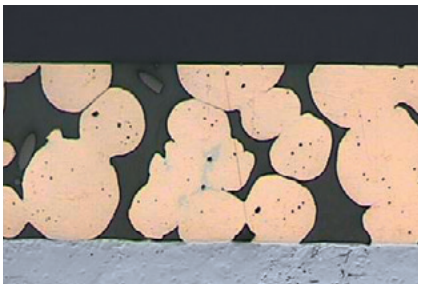


Fig. 8: Características de la superficie de deslizamiento durante la vida útil

Fig. 9: Características de la superficie de deslizamiento al final de la vida útil

4.1.4 VALORES LÍMITE Y FACTORES DE INFLUENCIA

La vida útil y la seguridad de funcionamiento se determinan por una gran cantidad de influencias, que además interaccionan entre sí. A continuación se comentan los factores de influencia y los valores límite más importantes.

Valor máximo pv admisible

El valor pv es el producto de una carga específica de cojinete p [MPa] y de una velocidad de deslizamiento v [m/s].
Ambos factores de influencia interaccionan entre sí. En la Fig. 10 se representa, en forma de curva límite, el valor pv máximo admisible para cojinetes P1. Si la carga específica de cojinete y la velocidad de deslizamiento se encuentran dentro de esta curva, hay que partir de la base de que se pueden utilizar cojinetes P1.

Hay que entender la curva límite de forma que, durante el funcionamiento, la correspondiente carga específica de cojinete $p_{máx.}$ [MPa] y la correspondiente velocidad de deslizamiento v [m/s] se ajustan a un estado de equilibrio térmico, es decir, el sistema de cojinetes funciona de forma segura para el funcionamiento. Si la carga o la velocidad de deslizamiento aumentan por encima de la curva límite, no se ajusta ningún equilibrio térmico. La intensidad de desgaste y la temperatura aumentan. El cojinete puede fallar en poco tiempo.

Límites funcionales comunes:

P10, P11			
	0,03 m/s	‹ v ≤	2 m/s
	0,1 MPa	‹ p ≤	56 MPa
P14			
	0,03 m/s	‹ v ≤	1 m/s
	0,1 MPa	‹ p ≤	56 MPa
P147			
	0,03 m/s	‹ v ≤	0,8 m/s
	0,1 MPa	‹ p ≤	56 MPa

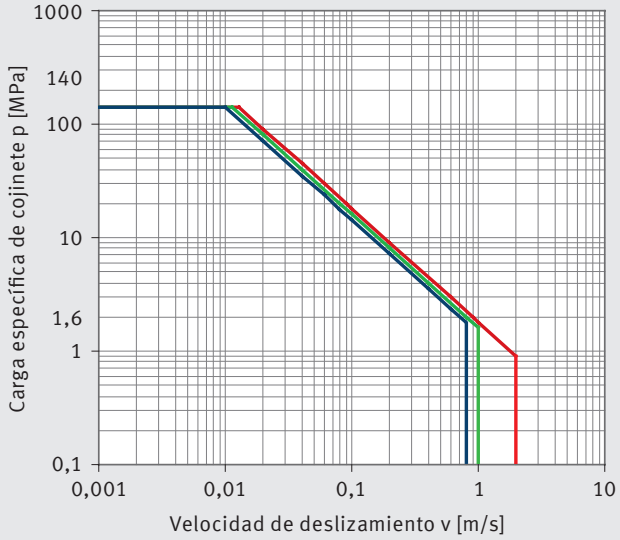


Fig. 10: Valor pv [MPa · m/s], curva límite (valores válidos a temperatura ambiente)

Carga específica de cojinete

Para la carga máxima específica de cojinete permitida y la respectiva velocidad máxima de deslizamiento permitida rigen los siguientes valores de referencia para un cojinete P1 sin mantenimiento y de marcha en seco:

Carga máxima específica de cojinete p[MPa]		Velocidad de deslizamiento v [m/s]		
		P10, P11	P14	P147
Estática	250 MPa	–	–	
Carga puntual estática, movimiento homogéneo	140 MPa	≤ 0,013 m/s	≤ 0,011 m/s	≤ 0,010 m/s
Carga puntual estática, rotatoria, oscilante	56 MPa	≤ 0,032 m/s	≤ 0,029 m/s	≤ 0,025 m/s
Carga puntual, carga circunferencial, pulsátil, rotatoria, oscilante	28 MPa	≤ 0,064 m/s	≤ 0,057 m/s	≤ 0,050 m/s

Tab. 1: Valores de referencia de la carga específica de cojinete

Velocidad de deslizamiento

Para cojinetes P1 sin mantenimiento y con plomo la velocidad de deslizamiento v en marcha en seco está limitada a un máx. de 2 m/s. Para los cojinetes P1 sin plomo, la velocidad máxima de deslizamiento $v_{máx.}$ es de 1 m/s para los P14 y de 0,8 m/s para los P147. Cuando se utiliza un cojinete, la velocidad de deslizamiento se entiende como velocidad relativa expresada en m/s entre el cojinete y el eje. En un sistema tribológico se le da una importancia extraordinaria y, junto con la carga específica de cojinete, es determinante para el campo de aplicación de un cojinete. Véase también la Fig. 10: curva límite del valor pv. La elevada velocidad de deslizamiento influye, sobre todo, en el desgaste del cojinete. Debido al gran camino de deslizamiento dentro del tiempo de funcionamiento, se genera de forma correspondiente un elevado desgaste. Pero la temperatura del cojinete también es una magnitud dependiente de la velocidad de deslizamiento. Si el sistema tribológico no tiene un equilibrio térmico debido a una velocidad de deslizamiento demasiado elevada, se ha sobrepasado el límite de la carga permitida.

Fricción, carga de cojinete, velocidad de deslizamiento

Estos tres factores de influencia interaccionan entre sí. Tiende a existir la siguiente relación:

Carga específica de cojinete p [MPa]			Velocidad de deslizamiento v [m/s]			Coeficiente de fricción μ [1]		
140	hasta 250	alto		hasta 0,001	bajo	0,03		bajo
140	hasta 60	↑	0,001	hasta 0,005	↓	0,04	hasta 0,07	↓
60	hasta 10		0,005	hasta 0,05		0,07	hasta 0,1	
10	hasta 1		0,050	hasta 0,5		0,10	hasta 0,15	
	hasta 1	bajo	0,500	hasta 2	alto	0,15	hasta 0,25	alto

Tab. 2: Coeficiente de fricción (todos los valores rigen para 20 °C, superficie de contracara de acero, profundidad de la rugosidad R_z 0,8 hasta R_z 1,5)

Fricción y partes deslizantes (material y superficie)

La seguridad del funcionamiento y la vida útil de una posición del cojinete sin mantenimiento, no dependen únicamente del espectro de esfuerzos, sino que también dependen del material de las partes deslizantes y de su superficie. Los materiales de las partes deslizantes influyen en parte en el desgaste y en la vida útil de un cojinete P1 sin mantenimiento y de marcha en seco. Básicamente, es una ventaja para la vida útil utilizar una superficie de deslizamiento endurecida o con revestimiento especial en las partes deslizantes. Esto es especialmente importante cuando existen cargas elevadas o mayores velocidades de deslizamiento.

La rugosidad superficial de las partes deslizantes es de mayor importancia en cuanto a la seguridad del funcionamiento y la vida útil de un emparejamiento de partes deslizantes. Las condiciones óptimas de fricción de los cojinetes se consiguen con una rugosidad superficial de R_z 0,8 a R_z 1,5. En el caso de una superficie demasiado lisa, el lubricante sólido no puede adherirse suficientemente a la parte deslizante. Durante el movimiento de deslizamiento se producen de vez en cuando procesos de adhesión y, como consecuencia, efectos stick-slip, ruidos de chillidos y perturbaciones del funcionamiento.

Si la superficie de la parte deslizante es demasiado rugosa, el lubricante sólido disponible en el cojinete ya no es suficiente para generar una película lubricante en la parte deslizante. Se produce abrasión con una elevada fricción, un aumento de la temperatura y un gran desgaste.

Fricción y temperatura (temperatura medioambiental)
Para la seguridad del funcionamiento y la vida útil es importante saber en qué margen de temperatura de servicio debe funcionar un sistema de cojinetes sin mantenimiento. Esto es especialmente necesario, porque las propiedades mecánicas del lubricante sólido, importante para el rendimiento de un cojinete, se modifican con la temperatura. En el caso de una temperatura de servicio de hasta aprox. 100 °C, el coeficiente de fricción es ligeramente menor que la temperatura ambiente. Si la temperatura de servicio aumenta considerablemente por encima de los 100 °C, este efecto se invierte. El coeficiente de fricción aumenta entonces y puede encontrarse un 50 % por encima del valor con temperatura ambiente. De esta forma se modifica, además, la temperatura del cojinete y, como consecuencia, se modifica también la propiedad mecánica del lubricante sólido. La parte del lubricante sólido determinante para la fricción es el polímero PTFE. La resistencia al cizallamiento del PTFE es responsable, sobre todo, de la formación y el mantenimiento de la película lubricante sobre la parte deslizante. Pero ahora, el nivel de resistencia al cizallamiento del PTFE depende la de temperatura (Fig. 11). Si aumenta la temperatura de servicio, se reduce la correspondientemente la resistencia al cizallamiento. /2/

Si la tensión de cizallamiento en la zona de contacto, generada por el proceso de fricción, es mayor que la resistencia al cizallamiento del PTFE, se corta la película lubricante en la zona de contacto y puede producirse un fallo en breve.

Movimiento de deslizamiento y tipo de carga
En combinación con un movimiento giratorio u oscilante, son importantes el tipo de carga, la carga puntual o la carga circunferencial. Carga puntual significa eje en movimiento y la carcasa estática con casquillo de cojinete. En el caso de carga circunferencial, se mueve la carcasa con el casquillo de cojinete alrededor del eje. Los movimientos giratorios u oscilantes con carga homogénea generan un desgaste, aunque la tasa de desgaste para posiciones de cojinete con carga circunferencial puede ser bastante menor que para las posiciones de cojinetes con carga puntual. Si la posición del cojinete recibe cambios de carga de alta frecuencia o vibraciones, también se puede producir una fatiga del material.

En el caso de movimientos lineales, el cojinete cubre generalmente una área mayor de la parte deslizante. Así se conduce más calor de fricción sobre la parte deslizante. Por eso son posibles mayores velocidades de deslizamiento frente a movimientos giratorios u oscilantes.

Funcionamiento hidrodinámico
Básicamente, los cojinetes P1 también se pueden utilizar bajo condiciones hidrodinámicas. Motorservice ofrece el cálculo como prestación de servicio.

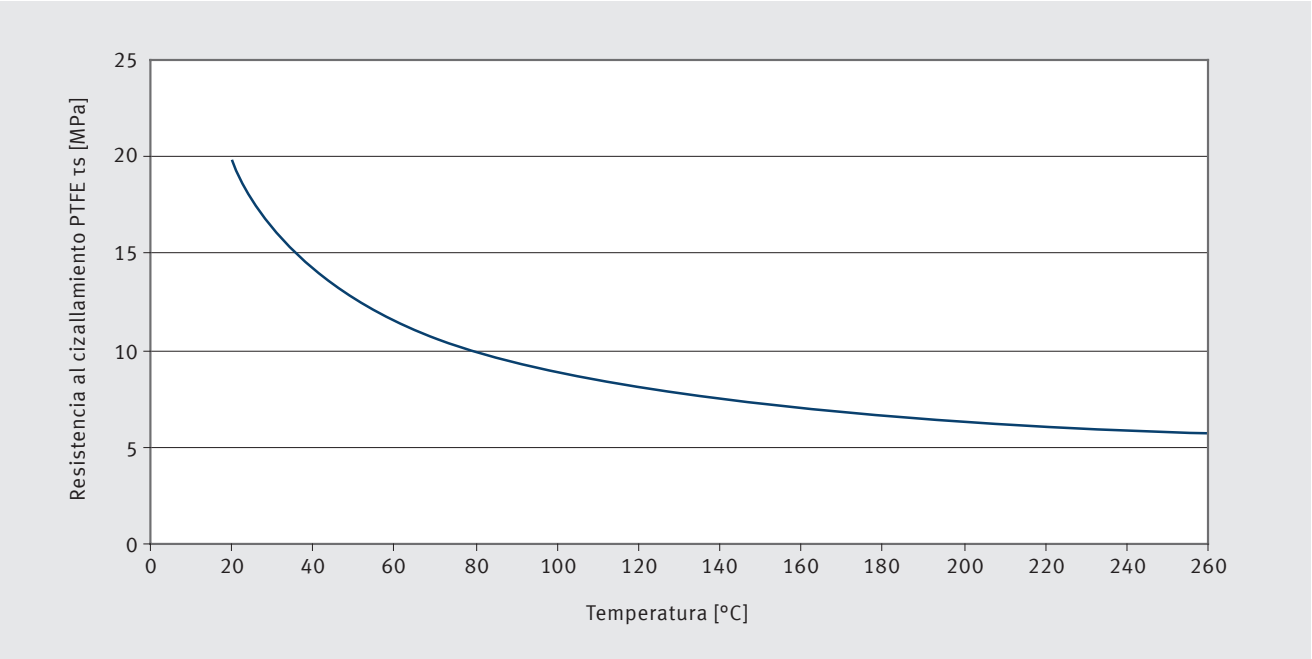


Fig. 11: Resistencia al cizallamiento PTFE τs superior a la temperatura

4.2 INTRODUCCIÓN AL MATERIAL P2

4.2.1 ESTRUCTURA DEL MATERIAL

El material para cojinetes P2 se compone de un dorsal de acero, una capa de unión de bronce con un espesor de 0,2 mm hasta 0,35 mm y un plástico termoplástico con materiales de relleno como capa de deslizamiento. La capa de deslizamiento de plástico está fijada en las cavidades (volumen de los poros ~ 50 %) de la capa de unión de bronce y,en función del uso previsto, forma una superficie de deslizamiento por encima de la capa de unión de 0,08 mm a 0,2 mm de espesor. Dentro del grupo de materiales P2 existen dos composiciones diferentes de la capa de deslizamiento:

- P20, P22, P23 con plomo
- P200, P202, P203 sin plomo

También varían el espesor y la perfilación de la capa de deslizamiento. En el catálogo podrá encontrar particularidades sobre esto en las fichas técnicas de los materiales.

4.2.2 DESCRIPCIÓN FUNCIONAL

Los cojinetes P2 de bajo mantenimiento se usan generalmente con lubricación de por vida. Para ello, las bolsas de lubricante disponibles en la superficie de deslizamiento se rellenan completamente con lubricante (grasa) durante el montaje.

Proceso de rodaje

Al iniciarse el movimiento de deslizamiento, la grasa presente en la superficie de deslizamiento se reparte sobre la contraparte de deslizamiento (eje). De esta forma, ambas superficies de deslizamiento están separadas por una delgada capa de lubricante. En el movimiento de deslizamiento se reduce el coeficiente de fricción y es capaz de admitir valores de 0,02 a 0,15. Al mismo tiempo, las superficies de deslizamiento del cojinete y de la parte deslizante se adaptan, es decir, los desniveles del material se desgastan. La carbonilla se aloja mayormente en las bolsas de lubricante y, en principio, ya no es relevante para el desgaste.

Funcionamiento continuo

Determinado por el diseño de la bolsa de lubricante (según DIN ISO 3547), hay disponible suficiente lubricante para el tiempo de funcionamiento esperado. El coeficiente de fricción y la temperatura permanecen casi constantes durante un tiempo prolongado. La tasa de desgaste es baja. Esto rige para esfuerzos reducidos hasta medios. En caso de cargas mayores o de condiciones de aplicación difíciles, es recomendable relubricar las posiciones de los cojinetes regularmente. Los intervalos correctos de relubricación reducen la tasa de desgaste. De forma correspondiente, aumentan la seguridad del funcionamiento y la vida útil.

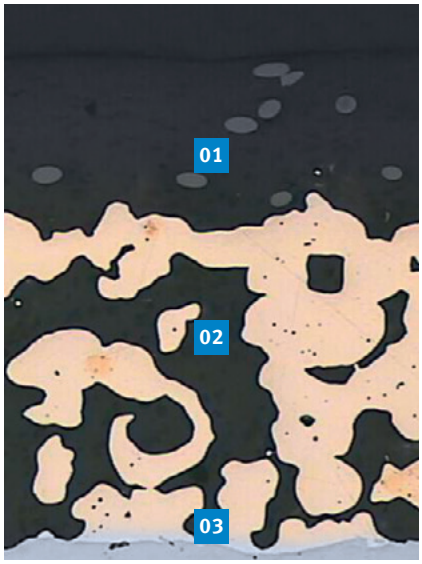


Fig. 12: Sistema de capas P2
01 Capa de deslizamiento
02 Capa de unión
03 Dorso del cojinete

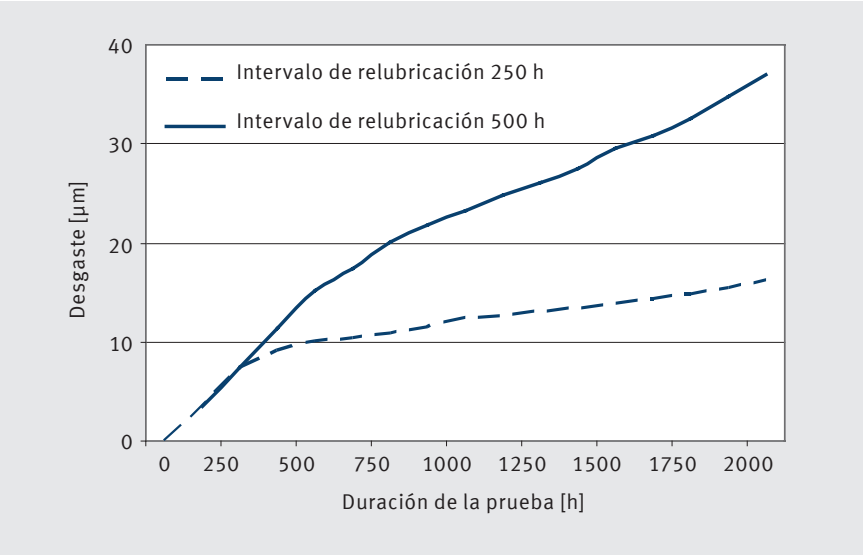


Fig. 13: Curva de desgaste de cojinetes P2 (esquemática)

Final de la vida útil

Después de un mayor tiempo de funcionamiento y la correspondiente profundidad de desgaste, en las aplicaciones de cojinetes con lubricación de por vida (lubricación única), el lubricante se ha gastado. En función del tipo de lubricante y de las condiciones ambientales, se ha reducido el rendimiento del lubricante (envejecimiento). Esto significa que el coeficiente de fricción, la temperatura del cojinete y el desgaste aumentan de forma desproporcionada. El cojinete se calienta y falla. En las posiciones de cojinete con relubricación básicamente cabe esperar un comportamiento parecido. Aunque la relubricación de la posición del cojinete aumenta considerablemente la vida útil, debido a la profundidad de desgaste, el volumen de las bolsas de lubricante se reduce bastante. Ya no se deposita suficiente lubricante. Además, hay que añadir el material desgastado que se aloja en las bolsas de lubricante y que limita considerablemente el volumen. Aparecerán fallos parecidos a los de los cojinetes con lubricación de por vida.

4.2.3 VALORES LÍMITE Y FACTORES DE INFLUENCIA

La vida útil y la seguridad del funcionamiento de los cojinetes de bajo mantenimiento no solamente se ven influenciadas por las condiciones de funcionamiento y las condiciones ambientales, sino también por las condiciones de lubricación (grasa, aceite). Por regla general, aparecen varios factores de influencia al mismo tiempo, que además mantienen una relación de reciprocidad. A continuación se comentan los factores de influencia y los valores límite más importantes.

Valor máximo pv admisible

El valor pv es el producto de una carga específica de cojinete p[MPa] y de la velocidad de deslizamiento v [m/s]. Ambos factores de influencia interaccionan entre sí. En la Fig. 14 se representa, en forma de curva límite, el valor pv máximo admisible para cojinetes P2 engrasados. Si la carga específica de cojinete y la velocidad asociada de deslizamiento se encuentran dentro de esta curva, hay que partir de la base de que se pueden utilizar cojinetes P2 engrasados.

Hay que entender la curva límite de forma que, durante el funcionamiento, la correspondiente carga específica de cojinete p [MPa] y la correspondiente velocidad de deslizamiento v [m/s] se ajustan a un estado de equilibrio térmico, es decir, el sistema de cojinetes funciona de forma segura para el funcionamiento. Si la carga o la velocidad de deslizamiento aumentan por encima de la curva límite, no se puede ajustar ningún equilibrio térmico. La intensidad de desgaste y la temperatura aumentan. El cojinete falla en poco tiempo. Los cojinetes P2 se tienen que lubricar. En función del lubricante se puede aumentar la vida útil. La curva límite representada es válida para grasa saponizada de litio basada en aceite mineral y a una temperatura de 20 °C.

Rango de validez para cálculo de la vida útil:

P20			
	0,04 m/s	< v ≤	3 m/s
	0,1 MPa	< p ≤	70 MPa
P200			
	0,04 m/s	< v ≤	3,3 m/s
	0,1 MPa	< p ≤	70 MPa

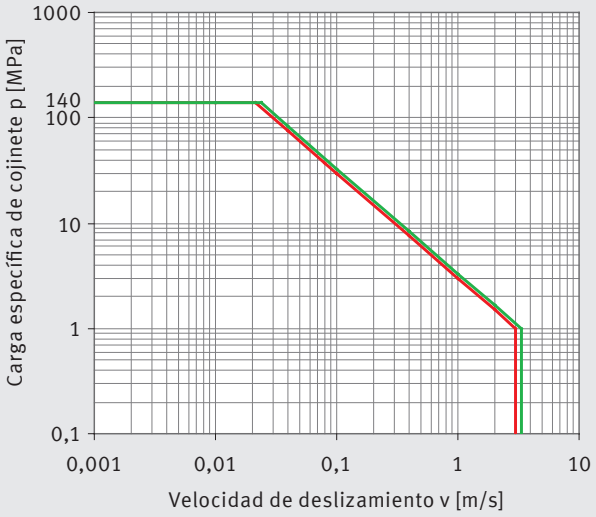


Fig. 14: Valores pv, curvas límite P20, P200 engrasadas a 20 °C

Carga específica de cojinete
Para la carga máxima específica de cojinete permitida y la respectiva velocidad máxima de deslizamiento permitida rigen los siguientes valores de referencia para un cojinete P2 de poco mantenimiento:

Carga máxima específica de cojinete p[MPa]		Velocidad de deslizamiento v [m/s]	
		P20, P22*, P23*	P200, P202*, P203*
Estática	250 MPa	–	–
Carga puntual estática, movimiento homogéneo	140 MPa	≤ 0,021 m/s	≤ 0,024 m/s
Carga puntual estática, rotatoria, oscilante	70 MPa	≤ 0,043 m/s	≤ 0,047 m/s
Carga puntual, carga circunferencial, pulsátil, rotatoria, oscilante	35 MPa	≤ 0,086 m/s	≤ 0,094 m/s
Carga crítica (Fig. 14)	1,0 MPa	máx. 3,0 m/s	máx. 3,3 m/s

Tab. 3: Valores de referencia de la carga específica de cojinete

Velocidad de deslizamiento
Para cojinetes P2 de bajo mantenimiento con plomo la velocidad máxima de deslizamiento permitida v con engrasado está limitada a un máx. de 3,0 m/s. Para los cojinetes P2 de bajo mantenimiento y sin plomo la velocidad máxima de deslizamiento permitida es de 3,3 m/s. La velocidad de deslizamiento se entiende aquí como velocidad relativa entre el cojinete y la parte deslizante. En un sistema tribológico se le da una importancia extraordinaria y, junto con la carga específica de cojinete, es determinante para el campo de aplicación de un cojinete. La elevada velocidad de deslizamiento influye, sobre todo, en el desgaste del cojinete. Debido al gran camino de deslizamiento dentro del tiempo de funcionamiento, se genera de forma correspondiente un elevado desgaste. Si la velocidad de deslizamiento aumenta por encima del valor permitido, el sistema de cojinetes ya no se encuentra en equilibrio térmico. Pueden aparecer desde perturbaciones de funcionamiento hasta un fallo.

Engrasado
La vida útil de un cojinete P2 también está influida por la grasa lubricante utilizada. En especial, el coeficiente de fricción, la capacidad de carga y la temperatura de servicio permitida dependen de la grasa lubricante. La resistencia al envejecimiento también es de suma importancia para una función perfecta.
Las grasas adecuadas son básicamente:

- Grasas saponificadas de litio (resistente al envejecimiento)
- Grasas saponificadas de bario (buena adhesión)
- Grasas saponificadas de aluminio (buena humectabilidad)

Los intervalos de relubricación establecidos correctamente prolongan considerablemente la vida útil y la seguridad del funcionamiento (Fig. 13).

Fricción y partes deslizantes (material y superficie)
La seguridad del funcionamiento y la vida útil de una posición del cojinete con bajo mantenimiento, no dependen únicamente del espectro de esfuerzos y del lubricante, sino que también dependen del material de las partes deslizantes y de su superficie. Los materiales de las partes deslizantes tienen en parte una influencia considerable en la vida útil (véase la Tab. 24). La rugosidad superficial de las partes deslizantes es de mayor importancia en cuanto a la seguridad del funcionamiento y la vida útil de un emparejamiento de partes deslizantes. Las mejores condiciones las forman las profundidades de la rugosidad de R_z 0,8 a R_z 1,5. En el caso de grandes profundidades de la rugosidad, a pesar de la presencia de la grasa como lubricante, se producen procesos de abrasión con un elevado desgaste.

Temperatura
Los cojinetes P2 son bastante insensibles hasta una temperatura de servicio de aprox. 70 °C. Si aumentan las temperaturas considerablemente sobre este valor, caen rápidamente las capacidades de esfuerzo del cojinete. El límite práctico de uso se ha alcanzado con una temperatura de 110 °C. Aunque es posible una temperatura de funcionamiento de 140 °C durante un breve período de tiempo, sin embargo, con una carga del cojinete muy reducida. También hay que tener en cuenta la resistencia térmica del lubricante utilizado (p. ej., el tipo de grasa).

* Previa consulta

Movimiento de deslizamiento y carga
En combinación con un movimiento giratorio u oscilante, son importantes el tipo de carga, la carga puntual o la carga circunferencial. Carga puntual significa eje en movimiento y la carcasa estática con casquillo de cojinete. En el caso de carga circunferencial, se mueve la carcasa con el casquillo de cojinete alrededor del eje. Los movimientos giratorios u oscilantes con carga homogénea generan un desgaste. Si la posición del cojinete recibe cambios de carga de alta frecuencia o vibraciones, también se puede producir una fatiga del material.

En el caso de movimientos lineales, el cojinete cubre generalmente una área mayor de la parte deslizante. Así se conduce más calor de fricción sobre la parte deslizante. Por eso son posibles mayores velocidades de deslizamiento frente a movimientos giratorios u oscilantes.

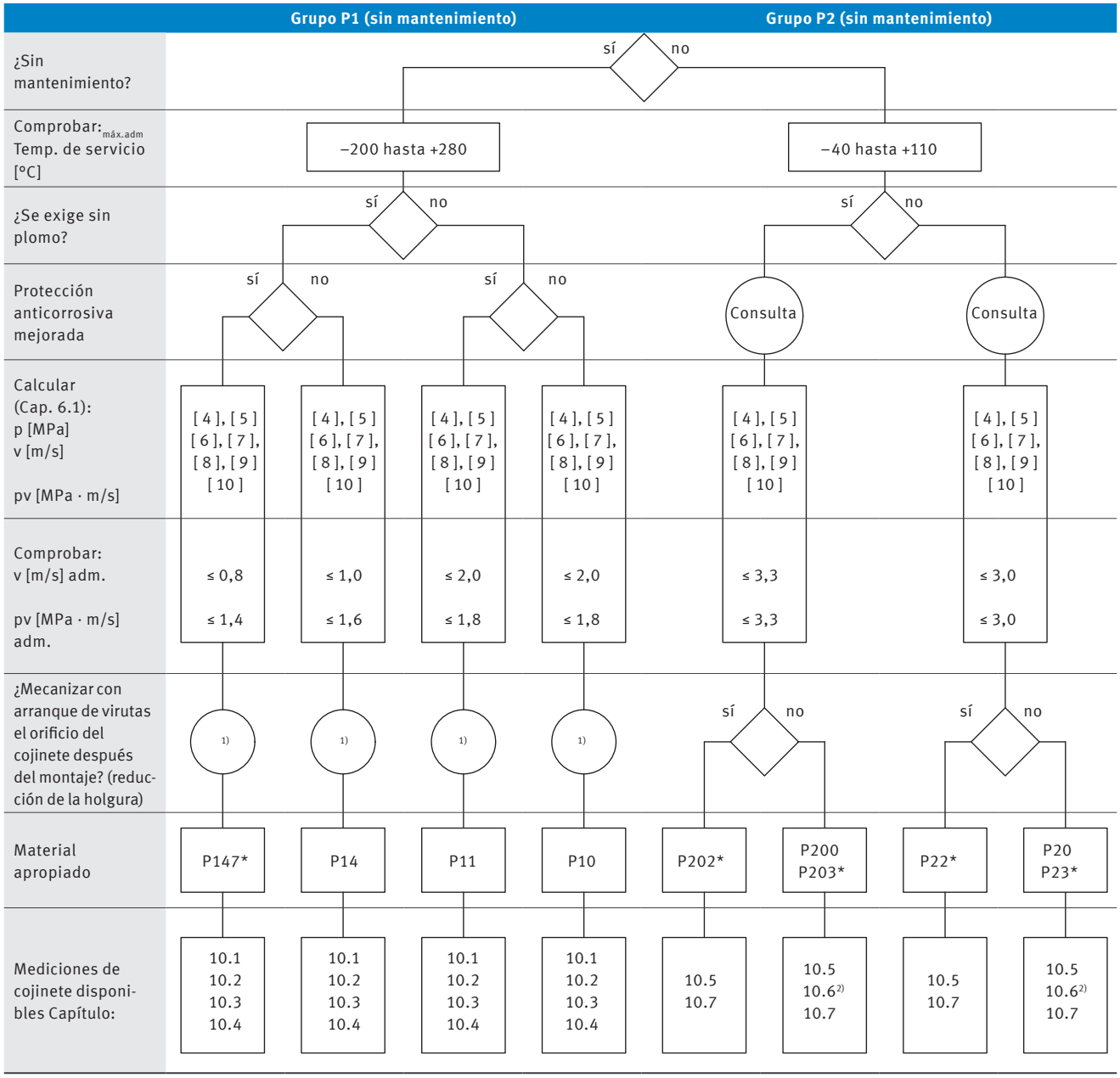
Funcionamiento hidrodinámico
Los cojinetes P2 también se pueden utilizar bajo condiciones hidrodinámicas. Para ello es necesaria una capa de deslizamiento sin bolsas de lubricante. Los cojinetes sin bolsas de lubricante se pueden fabricar listos para el montaje o previa consulta remecanizables en el diámetro interior del cojinete. Debido a la compleja tarea, Motorservice ofrece como prestación de servicio el cálculo de cojinetes de funcionamiento hidrodinámico.

5 SELECCIÓN DE MATERIALES, INFORMACIÓN SOBRE EL MATERIAL

Esquema para la selección del material

Válido para cojinetes de fricción de marcha en seco o engrasados. Para el funcionamiento hidrodinámico, Motorservice ofrece como prestación de servicio el cálculo y la selección de materiales.

Magnitudes de entrada		
Estas magnitudes de entrada, por lo general, están especificadas en el pliego de condiciones o se calculan (eje). En un primer acercamiento, en este esquema se tiene que determinar de forma provisional la anchura del cojinete en función del eje.	• Carga de cojinete • Diámetro de eje • Número de revoluciones por minuto • Ángulo de giro • Frecuencia de oscilación • Anchura del cojinete	[MPa] [mm] [min^{-1}] [°] [min^{-1}] [mm]



[1] Las camisas del grupo P1 no se pueden mecanizar con arranque de virutas. Es posible calibrar sin arranque de virutas, sin embargo, reduce la durabilidad (Tab. 37)
[2] Sólo válido para material P20/P200
* Previa consulta

5.1 COJINETES P1

5.1.1 P10, P11 ... SIN MANTENIMIENTO Y ROBUSTOS

Descripción breve
P10 y P11 son robustos materiales deslizantes con un alto rendimiento tribológico. Están concebidos para aplicaciones sin mantenimiento y de marcha en seco, pero también se pueden emplear en sistemas lubricados por líquido. El uso de grasa como lubricante en contacto con P10, P11 solo es posible de forma limitada y no se recomienda.

Producción del material
La masa de lubricante sólido se produce en un proceso de mezcla especialmente adaptado. Paralelo a ello, en un proceso de sinterización continuo se sinteriza polvo de bronce como capa de deslizamiento en el dorsal de acero o de bronce. Esto resulta en una capa de deslizamiento de 0,2 mm a 0,35 mm de espesor con un volumen de los poros de aprox. 30 %. Seguidamente se efectúa el llenado de las cavidades con el lubricante sólido mediante rodillos de impregnación. Este paso del proceso es controlado de tal modo que se produce una capa de rodamiento de lubricante sólido sobre la capa de deslizamiento con un espesor de hasta 0,03 mm como máximo. En otros pasos del proceso térmico se ajustan las propiedades características del sistema de materiales y posteriormente se genera la precisión de grosor necesaria del material compuesto mediante parejas de rodillos controlados.

Fabricación de cojinetes
De los materiales P10 y P11 se fabrican elementos deslizantes de las formas más diversas a través de operaciones de corte, estampado y conformado. Los tipos de construcción estándar son:
- Casquillos cilíndricos
- Camisas con collarín
- Arandelas de tope
- Tiras

Los cojinetes fabricados de P10 reciben al final un tratamiento de protección anticorrosiva para el dorso del cojinete, las caras frontales y las superficies de tope.
Versión estándar: estaño
Espesor de la capa: aprox. 0,002 mm

Adicionalmente, se pueden suministrar previa consulta cojinetes P10 con revestimiento mejorado de protección anticorrosiva “cinc, pasivado transparente”. P11 no necesita de una protección anticorrosiva adicional.

NOTA
El estaño sirve como protección anticorrosiva de corta duración y como asistencia de montaje.

Propiedades de P10
- efecto stick-slip muy reducido
- desgaste reducido
- buena resistencia química
- bajo coeficiente de fricción
- ninguna tendencia a la soldadura con metales
- alta resistencia al hinchamiento
- no absorbe agua

Campos de aplicación preferentes
- servicio sin mantenimiento en condiciones de marcha en seco
- movimientos rotatorios u oscilatorios hasta una velocidad de 2 m/s
- movimientos lineales
- margen de temperatura de –200 °C a 280 °C

Propiedades de P11
Para requerimientos más estrictos relativos a la resistencia a la corrosión o para aplicaciones en medios agresivos se recomienda el material P11. En comparación con P10, posee aún más ventajas:
- muy buena conductividad térmica y, por tanto, una mayor seguridad del funcionamiento
- es antimagnético

Funcionamiento hidrodinámico
El empleo en condiciones hidrodinámicas con una velocidad de deslizamiento de hasta 3 m/s no constituye ningún problema. En servicio continuo y con una velocidad mayor de 3 m/s existe el peligro de erosión por flujo o cavitación. Motorservice ofrece el cálculo de los estados de funcionamiento hidrodinámicos como prestación de servicio.

Los materiales P10 y P11 contienen plomo y, por tanto, no deben emplearse para el ámbito de productos alimenticios.

Estructura del material P10

01	**Capa de rodamiento**	
	Matriz de PTFE con material de relleno [1]	máx. 0,03
	Espesor de la capa [mm]:	
02	**Capa de deslizamiento**	
	Estaño-plomo-bronce	
	Espesor de la capa [mm]:	0,20–0,35
	Volumen de los poros [%]:	aprox. 30
03	**Dorso del cojinete**	
	Acero	
	Espesor del acero [mm]:	variable
	Dureza del acero [HB]:	100–180

Tab. 4: Estructura del sistema P10

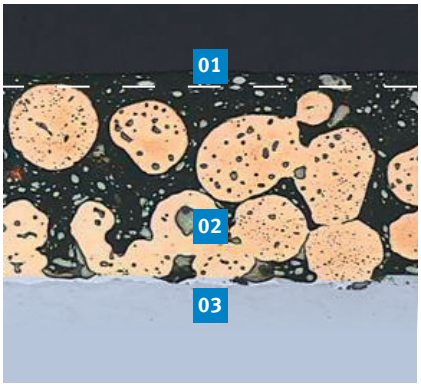


Fig. 15: Sistema de capas P10

Capa de rodamiento	
Componentes	% de peso
PTFE	44
Pb	56
Capa de deslizamiento	
Componentes	% de peso
Sn	9 hasta 11
Pb	9 hasta 11
Cu	resto
Dorso del cojinete	
Material	información del material
Acero	DC04
	DIN EN 10130
	DIN EN 10139

Tab. 5: Composición química P10

Valores característicos, carga crítica	Símbolo	Unidad	Valor
Valor pv admisible	$pv_{adm.}$	MPa · m/s	1,8
Carga admisible específica de cojinete			
• estática	$p_{adm.}$	MPa	250
• carga puntual, carga circunferencial con velocidad de deslizamiento ≤ 0,013 m/s	$p_{adm.}$	MPa	140
• carga puntual, carga circunferencial con velocidad de deslizamiento ≤ 0,032 m/s	$p_{adm.}$	MPa	56
• carga puntual, carga circunferencial, pulsátil con velocidad de deslizamiento ≤ 0,064 m/s	$p_{adm.}$	MPa	28
Velocidad de deslizamiento admisible			
• marcha en seco con p ≤ 0,90 MPa	$v_{adm.}$	m/s	2
• funcionamiento hidrodinámico	$v_{adm.}$	m/s	3
Temperatura admisible	$T_{adm.}$	°C	–200 hasta +280
Coeficiente de dilatación térmica			
• dorsal de acero	α_{Ac}	K^{-1}	$11 \cdot 10^{-6}$
Coeficiente de conductividad térmica			
• dorsal de acero	λ_{Ac}	$W(mK)^{-1}$	40

Tab. 6: Valor característico del material P10

[1] Con esta masa de lubricante se rellenan los poros de la capa de deslizamiento.

Estructura del material P11

01 Capa de rodamiento	
Matriz de PTFE con material de relleno [1]	
Espesor de la capa [mm]:	máx. 0,03
02 Capa de deslizamiento	
Estaño-bronce	
Espesor de la capa [mm]:	0,20–0,35
Volumen de los poros [%]:	aprox. 30
03 Dorso del cojinete	
Bronce	
Espesor del bronce [mm]:	variable
Dureza del bronce [HB]:	80–160

Tab. 7: Estructura del sistema P11

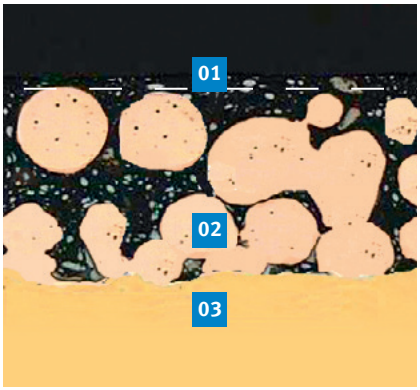


Fig. 16: Sistema de capas P11

Capa de rodamiento	
Componentes	% de peso
PTFE	44
Pb	56
Capa de deslizamiento	
Componentes	% de peso
Sn	9 hasta 11
Cu	resto
Dorso del cojinete	
Material	información del material
Bronce	CuSn 6
	DIN 17662

Tab. 8: Composición química P11

Valores característicos, carga crítica	Símbolo	Unidad	Valor
Valor pv admisible	$pv_{adm.}$	MPa · m/s	1,8
Carga admisible específica de cojinete			
• estática	$p_{adm.}$	MPa	250
• dinámica	$p_{adm.}$	MPa	140
• carga puntual, carga circunferencial con velocidad de deslizamiento ≤ 0,013 m/s	$p_{adm.}$	MPa	140
• carga puntual, carga circunferencial con velocidad de deslizamiento ≤ 0,032 m/s	$p_{adm.}$	MPa	56
• carga puntual, carga circunferencial, pulsátil con velocidad de deslizamiento ≤ 0,064 m/s	$p_{adm.}$	MPa	28
Velocidad admisible			
• marcha en seco con p ≤ 0,90 MPa	$v_{adm.}$	m/s	2
• funcionamiento hidrodinámico	$v_{adm.}$	m/s	3
Temperatura admisible	$T_{adm.}$	°C	–200 hasta +280
Coeficiente de dilatación térmica			
• dorsal de bronce	α_{Bc}	K^{-1}	$17 \cdot 10^{-6}$
Coeficiente de conductividad térmica			
• dorsal de bronce	λ_{Bc}	$W(mK)^{-1}$	≤ 70

Tab. 9: Valor característico del material P11

[1] Con esta masa de lubricante se rellenan los poros de la capa de deslizamiento.

5.1.2 P14 ... SIN MANTENIMIENTO Y ECOLÓGICO

Descripción breve
P14 es un material deslizante estándar sin plomo con un alto rendimiento tribológico. Está concebido para aplicaciones sin mantenimiento y de marcha en seco. Sin embargo, también se puede emplear en sistemas lubricados por líquido. El uso de grasa como lubricante en contacto con P14 solo es posible de forma limitada y no se recomienda.

Producción del material
La masa de lubricante sólido se produce en un proceso de mezcla especialmente adaptado. Paralelo a ello, en un proceso de sinterización continuo se sinteriza polvo de bronce como capa de deslizamiento en el dorsal de acero. Esto resulta en una capa de deslizamiento de 0,2 mm a 0,35 mm de espesor con un volumen de los poros de aprox. 30 %. Seguidamente se efectúa el llenado de las cavidades con el lubricante sólido mediante rodillos de impregnación. Este paso del proceso es controlado de tal modo que se produce una capa de rodamiento de lubricante sólido sobre la capa de deslizamiento con un espesor de hasta 0,03 mm como máximo. En otros pasos del proceso térmico se ajustan las propiedades características del sistema de materiales y posteriormente se genera la precisión de grosor necesaria del material compuesto mediante parejas de rodillos controlados.

Fabricación de cojinetes
Los cojinetes fabricados de P14 reciben al final un tratamiento de protección anticorrosiva para el dorso del cojinete, las caras frontales y las superficies de tope.

- Casquillos cilíndricos
- Camisas con collarín
- Arandelas de tope
- Tiras

Los cojinetes fabricados de P14 reciben al final un tratamiento de protección anticorrosiva para el dorso del cojinete, las caras frontales y las superficies de tope.
Versión estándar: estaño
Espesor de la capa: aprox. 0,002 mm

Propiedades de P14

- sin plomo
- cumple la directiva 2011/65/EU (RoHS II)
- efecto stick-slip muy reducido
- desgaste reducido
- bajo coeficiente de fricción
- ninguna tendencia a la soldadura con metales
- muy baja tendencia al hinchamiento

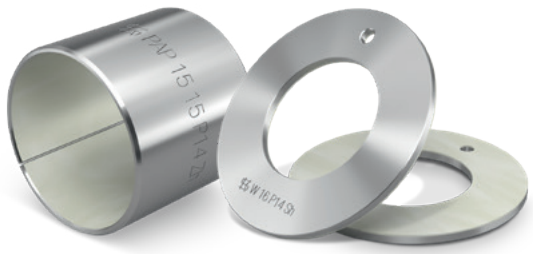
Campos de aplicación preferentes

- servicio sin mantenimiento en condiciones de marcha en seco, allí donde se exige un material sin plomo
- movimientos rotatorios u oscilatorios hasta una velocidad de 1 m/s
- movimientos lineales
- margen de temperatura de –200 °C a 280 °C

Funcionamiento hidrodinámico
El empleo en condiciones hidrodinámicas con una velocidad de deslizamiento de hasta 3 m/s no constituye ningún problema. En servicio continuo y con una velocidad mayor de 3 m/s existe el peligro de erosión por flujo o cavitación. Motorservice ofrece el cálculo de los estados de funcionamiento hidrodinámicos como prestación de servicio.

NOTA
El estaño sirve como protección anticorrosiva de corta duración y como asistencia de montaje.

P14 no puede utilizarse en agua
(alternativa: P10, P11, P147)



Estructura del material P14

01	Capa de rodamiento	
	Matriz de PTFE con material de relleno[1]	
	Espesor de la capa [mm]:	máx. 0,03
02	**Capa de deslizamiento**	
	Estaño-bronce	
	Espesor de la capa [mm]:	0,20–0,35
	Volumen de los poros [%]:	aprox. 30
03	**Dorso del cojinete**	
	Acero	
	Stahldicke [mm]:	variable
	Stahlhärte [HB]:	100–180

Tab. 10: Estructura del sistema

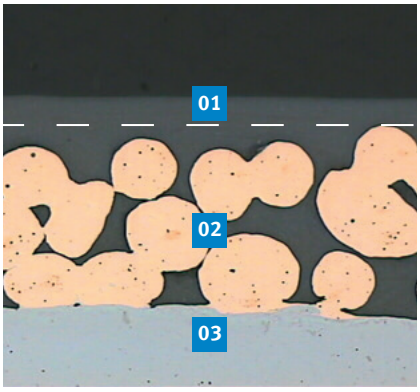


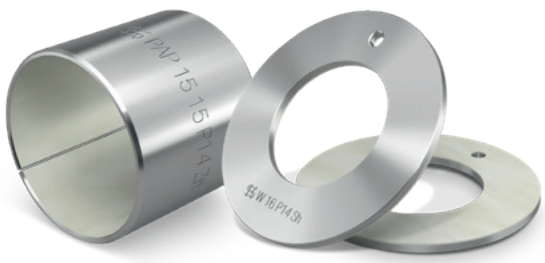
Fig. 17: Sistema de capas

Capa de rodamiento	
Componentes	% de peso
PTFE	62
ZnS	38
Capa de deslizamiento	
Componentes	% de peso
Sn	9 hasta 11
Cu	resto
Dorso del cojinete	
Material	información del material
Acero	DC04
	DIN EN 10130
	DIN EN 10139

Tab. 11: Composición química

Valores característicos, carga crítica	Símbolo	Unidad	Valor
Valor pv admisible	$pv_{adm.}$	MPa · m/s	1,6
Carga admisible específica de cojinete			
• estática	$p_{adm.}$	MPa	250
• carga puntual, carga circunferencial con velocidad de deslizamiento ≤ 0,011 m/s	$p_{adm.}$	MPa	140
• carga puntual, carga circunferencial con velocidad de deslizamiento ≤ 0,029 m/s	$p_{adm.}$	MPa	56
• carga puntual, carga circunferencial, pulsátil con velocidad de deslizamiento ≤ 0,057 m/s	$p_{adm.}$	MPa	28
Velocidad de deslizamiento admisible			
• marcha en seco con p ≤ 1,60 MPa	$v_{adm.}$	m/s	1
• funcionamiento hidrodinámico	$v_{adm.}$	m/s	3
Temperatura admisible	$T_{adm.}$	°C	–200 hasta +280
Coeficiente de dilatación térmica			
• dorsal de acero	α_{Ac}	K^{-1}	$11 \cdot 10^{-6}$
Coeficiente de conductividad térmica			
• dorsal de acero	λ_{Ac}	$W(mK)^{-1}$	40

Tab. 12: Valor característico del material P14



[1] Con esta masa de lubricante se rellenan los poros de la capa de deslizamiento.

5.1.2 P147 ... SIN MANTENIMIENTO Y RESISTENTE A LA CORROSIÓN

Descripción breve
P147 es un material deslizante especial sin plomo con alto rendimiento tribológico. Está concebido para aplicaciones sin mantenimiento y de marcha en seco, especialmente en áreas con una gran carga de corrosión. También es posible su uso en sistemas lubricados por líquido. El uso de grasa como lubricante en contacto con P147 solo es posible de forma limitada y no se recomienda.

Producción del material
La masa de lubricante sólido se produce en un proceso de mezcla especialmente adaptado. Paralelo a ello, en un proceso de sinterización continuo se sinteriza polvo de bronce como capa de deslizamiento en el dorsal de acero. Esto resulta en una capa de deslizamiento de 0,2 mm a 0,35 mm de espesor con un volumen de los poros de aprox. 30 %. Seguidamente se efectúa el llenado de las cavidades con el lubricante sólido mediante rodillos de impregnación. Este paso del proceso es controlado de tal modo que se produce una capa de rodamiento de lubricante sólido sobre la capa de deslizamiento con un espesor de hasta 0,03 mm como máximo. En otros pasos del proceso térmico se ajustan las propiedades características del sistema de materiales y posteriormente se genera la precisión de grosor necesaria del material compuesto mediante parejas de rodillos controlados.

Fabricación de cojinetes
Del material P147 se fabrican los elementos deslizantes de las formas más diversas a través de operaciones de corte, estampado y conformado. Los tipos de construcción estándar son:
- Casquillos cilíndricos
- Camisas con collarín
- Arandelas de tope
- Tiras

Los cojinetes fabricados de P147 reciben al final un tratamiento de protección especial anticorrosiva para el dorso del cojinete, las caras frontales y las superficies de tope.
Versión estándar: estaño
Espesor de la capa: aprox. 0,002 mm
- Mayores requisitos de protección anticorrosiva (previa consulta)
- Versión: cinc, transparente pasivado
- Espesor de la capa: 0,008 mm a 0,012 mm
- Mayor espesor de la capa previa consulta

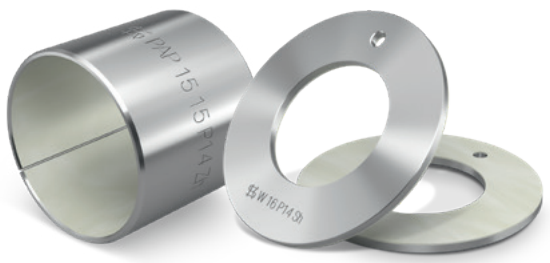
Propiedades de P147
- sin plomo
- cumple la directiva 2011/65/EU (RoHS II)
- efecto stick-slip muy reducido
- desgaste reducido
- buena resistencia química
- bajo coeficiente de fricción
- ninguna tendencia a la soldadura con metales
- muy baja tendencia al hinchamiento
- no absorbe agua
- buena resistencia a la corrosión

Campos de aplicación preferentes
- en medio agresivos[1)]
- en el área exterior de máquinas e instalaciones[1)]
- servicio sin mantenimiento en condiciones de marcha en seco, allí donde se exige un material sin plomo
- movimientos rotatorios u oscilatorios hasta una velocidad de 0,8 m/s
- movimientos lineales
- margen de temperatura de –200 °C a 280 °C

Funcionamiento hidrodinámico
El empleo en condiciones hidrodinámicas con una velocidad de deslizamiento de hasta 3 m/s no constituye ningún problema. En servicio continuo y con una velocidad mayor de 3 m/s existe el peligro de erosión por flujo o cavitación. Motorservice ofrece el cálculo de los estados de funcionamiento hidrodinámicos como prestación de servicio.

NOTA
Cinc, transparente pasivado es una protección anticorrosiva especialmente efectiva. Durante el montaje de los casquillos de cojinete (proceso de inserción a presión) se tiene que lubricar la diagonal de la camisa. De lo contrario existe el peligro de daños en la capa de zinc.

NOTA
El material P147 se puede suministrar previa consulta.



[1)] P147 cumple los requisitos del ensayo de niebla salina conforme a la norma DIN 50021

Estructura del material P147

01 Capa de rodamiento	
Matriz de PTFE con material de relleno[1]	
Espesor de la capa [mm]:	máx. 0,03
02 Capa de deslizamiento	
Estaño-bronce	
Espesor de la capa [mm]:	0,20–0,35
Volumen de los poros [%]:	aprox. 30
03 Dorso del cojinete	
Acero	
Espesor del acero [mm]:	variable
Dureza del acero [HB]:	100–180

Tab. 13: Estructura del sistema

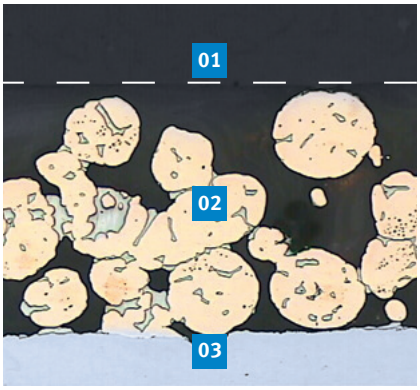


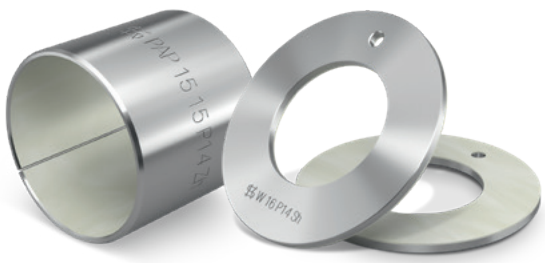
Fig. 18: Sistema de capas

Capa de rodamiento	
Componentes	% de peso
PTFE	82
$BaSO_4$	18
Capa de deslizamiento	
Componentes	% de peso
Sn	9 hasta 11
Cu	resto
Dorso del cojinete	
Material	información del material
Acero	DC04
	DIN EN 10130
	DIN EN 10139

Tab. 14: Composición química

Valores característicos, carga crítica	Símbolo	Unidad	Valor
Valor pv admisible	$pv_{adm.}$	MPa · m/s	1,4
Carga admisible específica de cojinete			
• estática	$p_{adm.}$	MPa	250
• carga puntual, carga circunferencial con velocidad de deslizamiento ≤ 0,010 m/s	$p_{adm.}$	MPa	140
• carga puntual, carga circunferencial con velocidad de deslizamiento ≤ 0,025 m/s	$p_{adm.}$	MPa	56
• carga puntual, carga circunferencial, pulsátil con velocidad de deslizamiento ≤ 0,050 m/s	$p_{adm.}$	MPa	28
Velocidad de deslizamiento admisible			
• marcha en seco con p ≤ 1,75 MPa	$v_{adm.}$	m/s	0,8
Temperatura admisible	$T_{adm.}$	°C	–200 hasta +280
Coeficiente de dilatación térmica			
• dorsal de acero	α_{Ac}	K^{-1}	$11*10^{-6}$
Coeficiente de conductividad térmica			
• dorsal de acero	λ_{Ac}	$W(mK)^{-1}$	40

Tab. 15: Valores característicos del material P147



[1] Con esta masa de lubricante se rellenan los poros de la capa de deslizamiento.

5.2 COJINETES P2

5.2.1 P20, P22, P23 … SOLUCIONES ESTÁNDAR DE BAJO MANTENIMIENTO

Descripción breve
P20, P22 y P23 son materiales deslizantes estándar de alto rendimiento y contienen plomo. Son de bajo mantenimiento y están concebidos para aplicaciones lubricadas con grasa o líquido. La versión estándar P20 posee bolsas de lubricante según DIN ISO 3547 en la superficie de deslizamiento y un espesor de pared listo para el montaje. Previa consulta se pueden suministrar las versiones P22 (superficie de deslizamiento lisa, remecanizable) y P23 (superficie de deslizamiento lisa, lista para el montaje).

Producción del material
En un proceso de sinterización continuo se sinteriza la capa de unión de bronce sobre una superficie de acero preparada (fleje), de modo que resulta un volumen de los poros de aprox. el 50 % con un espesor de la capa de aprox. 0,3 mm. Seguidamente, la capa de deslizamiento se aplica en forma de polvo y, bajo efecto de la temperatura, se compacta con rodillos en las cavidades de la capa de unión. Según el uso previsto, sobre la capa de unión se forma un espesor de la capa de deslizamiento de aprox. 0,08 mm o de aprox. 0,2 mm. Al mismo tiempo se incorporan las bolsas de lubricante si es necesario. En un proceso de calibrado posterior del laminado se efectúa el ajuste de la precisión de grosor necesaria del material compuesto.

Material	Versiones		
	Listo para el montaje	Bolsas de lubricante	Sobreespesor de mecanización
P20	•	•	
P22			•
P23	•		

Tab. 16: Los materiales P22 y P23 se suministran previa consulta

Fabricación de cojinetes
Del material compuesto se fabrican elementos deslizantes mediante operaciones de corte, estampado y conformado.
Los tipos de construcción estándar son:
- Casquillos cilíndricos
- Arandelas de tope
- Tiras

Los cojinetes fabricados de P20, P22 o P23 reciben un tratamiento de protección anticorrosiva para el dorso del cojinete, las caras frontales y las superficies de tope.
Versión estándar: estaño
Espesor de la capa [mm]: aprox. 0,002

NOTA
El estaño sirve como protección anticorrosiva de corta duración y como asistencia de montaje.

Propiedades
- lubricación de por vida posible
- desgaste reducido
- menos sensible a la carga en los bordes
- buena capacidad de amortiguación
- insensible a la carga de impacto
- buena resistencia química

Campos de aplicación preferentes
- funcionamiento de bajo mantenimiento en condiciones de lubricación
- movimientos rotatorios u oscilatorios hasta una velocidad de 3 m/s
- movimientos lineales de hasta 6 m/s
- margen de temperatura de –40 °C hasta 110 °C

Los materiales P20 y P22 y P23 contienen plomo y, por tanto, no deben emplearse para el ámbito de productos alimenticios.

Fig. 19: Cojinetes P20 con bolsas de lubricante y agujero de engrase

P22 y P23 poseen superficies de deslizamiento lisas y se pueden emplear en condiciones hidrodinámicas. P22 se puede repasar en el orificio del cojinete. Motorservice ofrece el cálculo de los estados de funcionamiento hidrodinámicos como prestación de servicio.

NOTA
Los materiales P22 y P23 se suministran previa consulta.

Estructura del material P20, P22, P23

01 Capa de deslizamiento	
Matriz de PVDF con materiales de relleno[1]	
Espesor de la capa [mm]:	0,08–0,20
02 Capa intermedia	
Estaño-bronce	
Espesor de la capa [mm]:	0,20–0,35
Volumen de los poros [%]:	aprox. 50
03 Dorso del cojinete	
Acero	
Espesor del acero [mm]:	variable
Dureza del acero [HB]:	100–180

Tab. 17: Estructura del sistema

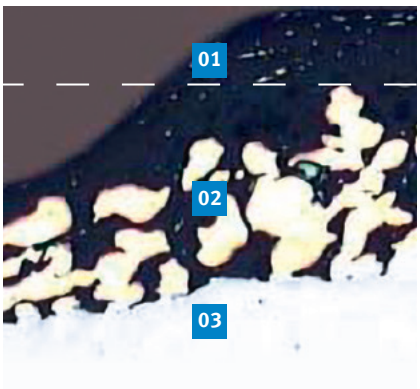


Fig. 20: Sistema de capas

Capa de deslizamiento	
Componentes	% de peso
PVDF	51
PTFE	8
Pb	41
Capa intermedia	
Componentes	% de peso
Sn	9 hasta 11
Cu	resto
Dorso del cojinete	
Material	información del material
Acero	DC04
	DIN EN 10130
	DIN EN 10139

Tab. 18: Composición química

Valores característicos, carga crítica	Símbolo	Unidad	Valor
Valor pv admisible	$pv_{adm.}$	MPa · m/s	3
Carga admisible específica de cojinete			
estática	$p_{adm.}$	MPa	250
• carga puntual, carga circunferencial con velocidad de deslizamiento ≤ 0,021 m/s	$p_{adm.}$	MPa	140
• carga puntual, carga circunferencial con velocidad de deslizamiento ≤ 0,043 m/s	$p_{adm.}$	MPa	70
• carga puntual, carga circunferencial, pulsátil con velocidad de deslizamiento ≤ 0,086 m/s	$p_{adm.}$	MPa	35
Velocidad de deslizamiento admisible			
• engrasado, rotatorio, oscilante	$v_{adm.}$	m/s	3
• engrasado, lineal	$v_{adm.}$	m/s	6
• funcionamiento hidrodinámico	$v_{adm.}$	m/s	6
Temperatura admisible	$T_{adm.}$	°C	–40 hasta +110
Coeficiente de dilatación térmica			
• dorsal de acero	α_{Ac}	K^{-1}	$11*10^{-6}$
Coeficiente de conductividad térmica			
• dorsal de acero	λ_{Ac}	$W(mK)^{-1}$	40

Tab. 19: Estructura del sistema P20, P22, P23

[1] Con esta masa se rellenan las cavidades de la capa intermedia.

5.2.2 P200, P202, P203 ... DE POCO MANTENIMIENTO, UNIVERSAL

Descripción breve

P200, P202 y P203 son materiales deslizantes, ecológicos, de alto rendimiento y sin plomo. Gracias a la combinación especial de materiales de relleno se alcanza una elevada resistencia al desgaste y simultáneamente muy buenas propiedades de rodaje de emergencia. Por tanto estos materiales son idóneos para aplicaciones de bajo mantenimiento, lubricadas con grasa o líquido y con altos grados de exigencia. La versión estándar P200 posee bolsas de lubricante según DIN ISO 3547 en la superficie de deslizamiento y un espesor de pared listo para el montaje. Previa consulta se pueden suministrar las versiones P202 (superficie de deslizamiento lisa, remecanizable) y P203 (superficie de deslizamiento lisa, lista para el montaje).

Producción del material

En un proceso de sinterización continuo se sinteriza la capa de unión de bronce sobre una superficie de acero preparada (fleje) de modo que resulta un volumen de los poros de aprox. el 50 % con un espesor de la capa de aprox. 0,3 mm. Seguidamente, la capa de deslizamiento se aplica en forma de polvo y, bajo efecto de la temperatura, se compacta con rodillos en las cavidades de la capa de unión. Según el uso previsto, sobre la capa de unión se forma un espesor de la capa de deslizamiento de aprox. 0,08 mm o de aprox. 0,2 mm. Al mismo tiempo se incorporan las bolsas de lubricante si es necesario. En un proceso de calibrado posterior del laminado se efectúa el ajuste de la precisión de grosor necesaria del material compuesto.

Material	Versiones		
	Listo para el montaje	Bolsas de lubricante	Sobreespesor de mecanización
P200	•	•	
P202			•
P203	•		

Tab. 20: Los materiales P202 y P203 se suministran previa consulta

Fabricación de cojinetes

Del material compuesto se fabrican elementos deslizantes mediante operaciones de corte, estampado y conformado.
Los tipos de construcción estándar son:

- Casquillos cilíndricos
- Arandelas de tope
- Tiras

Los cojinetes fabricados de P200, P202 o P203 reciben un tratamiento de protección anticorrosiva para el dorso del cojinete, las caras frontales y las superficies de tope.
Versión estándar: estaño
Espesor de la capa [mm]: aprox. 0,002

Adicionalmente se pueden suministrar previa consulta cojinetes con la protección anticorrosiva mejorada “cinc, pasivado transparente”.

NOTA

El estaño sirve como protección anticorrosiva de corta duración y como asistencia de montaje.

Propiedades

- lubricación de por vida
- desgaste reducido
- muy buenas propiedades de rodaje de emergencia
- insensible contra la carga de impacto y en los bordes
- buena capacidad de amortiguación
- buena resistencia química
- sin plomo
- cumple la directiva 2011/65/EU (RoHS II)

Campos de aplicación preferentes

- ámbito de productos alimenticios
- requerimientos especiales relativos al medio ambiente
- servicio de bajo mantenimiento en condiciones de lubricación con altos grados de exigencia
- movimientos rotatorios y oscilatorios hasta una velocidad de deslizamiento de 3,3 m/s
- movimientos lineales de hasta 6 m/s
- margen de temperatura de –40 °C hasta 110 °C

Fig. 21: Cojinetes P200 con bolsas de lubricante y agujero de engrase

P202 y P203 poseen superficies de deslizamiento lisas y se pueden emplear en condiciones hidrodinámicas. P202 se puede repasar. Motorservice ofrece el cálculo de los estados de funcionamiento hidrodinámicos como prestación de servicio.

NOTA

Los materiales P202 y P203 se suministran previa consulta.

Estructura del material P200, P202, P203

01 Capa de deslizamiento	
Matriz de PVDF con materiales de relleno[1]	
Espesor de la capa [mm]:	0,08–0,20
02 Capa intermedia	
Estaño-bronce	
Espesor de la capa [mm]:	0,20–0,35
Volumen de los poros [%]:	aprox. 50
03 Dorso del cojinete	
Acero	
Espesor del acero [mm]:	variable
Dureza del acero [HB]:	100–180

Tab. 21: Estructura del sistema

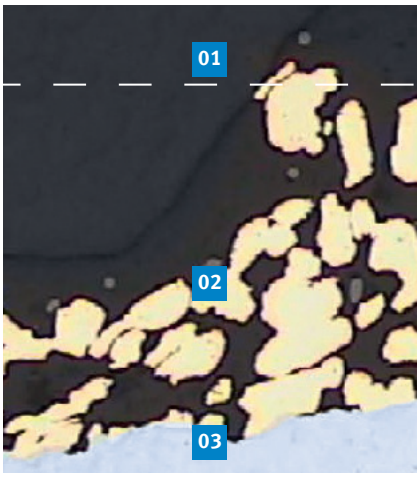


Fig. 22: Sistema de capas

Capa de deslizamiento	
Componentes	% de peso
PTFE	9 hasta 12
Materiales de relleno reductores de fricción y desgaste	22 hasta 26
PVDF	resto
Capa intermedia	
Componentes	% de peso
Sn	9 hasta 11
P	máx. 0,05
otros	máx. 0,05
Cu	resto
Dorso del cojinete	
Material	información del material
Acero	DC04
	DIN EN 10130
	DIN EN 10139

Tab. 22: Composición química

Valores característicos, carga crítica	Símbolo	Unidad	Valor
Valor pv admisible	$pv_{adm.}$	MPa · m/s	3,3
Carga admisible específica de cojinete			
• estática	$p_{adm.}$	MPa	250
• carga puntual, carga circunferencial con velocidad de deslizamiento ≤ 0,024 m/s	$p_{adm.}$	MPa	140
• carga puntual, carga circunferencial con velocidad de deslizamiento ≤ 0,047 m/s	$p_{adm.}$	MPa	70
• carga puntual, carga circunferencial, pulsátil con velocidad de deslizamiento ≤ 0,094 m/s	$p_{adm.}$	MPa	35
Velocidad de deslizamiento admisible			
• engrasado, rotatorio, oscilante	$v_{adm.}$	m/s	3,3
• engrasado, lineal	$v_{adm.}$	m/s	6
• funcionamiento hidrodinámico	$v_{adm.}$	m/s	6
Temperatura admisible	$T_{adm.}$	°C	–40 hasta +110
Coeficiente de dilatación térmica			
• dorsal de acero	α_{Ac}	K^{-1}	$11*10^{-6}$
Coeficiente de conductividad térmica			
• dorsal de acero	λ_{Ac}	$W(mK)^{-1}$	40

Tab. 23: Estructura de los materiales P200, P202, P203

[1] Con esta masa se rellenan las cavidades de la capa intermedia.

6 CÁLCULO DE LA VIDA ÚTIL NOMINAL

6.1 FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE LA VIDA ÚTIL

A partir de las especificaciones que hay hasta ahora sobre las influencias en la vida útil y la seguridad del funcionamiento de los cojinetes KS Permaglide®, se ha realizado una estimación aproximada de la vida útil esperada.

Vida útil nominal L_N para cojinetes P1 sin mantenimiento

[1] Movimiento: rotatorio, oscilante

$$L_N = \frac{400}{(pv)^{1,2}} \quad f_A \cdot f_p \cdot f_v \cdot f_T \cdot f_W \cdot f_R \qquad [\,h\,]$$

[2] Movimiento: lineal

$$L_N = \frac{400}{(pv)^{1,2}} \quad f_A \cdot f_p \cdot f_v \cdot f_T \cdot f_W \cdot f_R \cdot f_L \qquad [\,h\,]$$

Vida útil nominal L_N para cojinetes P2 de bajo mantenimiento, engrasados

[3] Movimiento: rotatorio, oscilante

$$L_N = \frac{2000}{(pv)^{1,5}} \quad f_A \cdot f_p \cdot f_v \cdot f_T \cdot f_w \cdot f_R \qquad [\,h\,]$$

Movimiento: lineal

El cálculo de la vida útil nominal con movimiento lineal y engrasado es poco conveniente debido a influencias que no se pueden registrar con precisión (p. ej., suciedad, envejecimiento del lubricante, etc.). Motorservice ofrece asesoría basada en su experiencia práctica como prestación de servicio.

[4] Carga específica de cojinete, camisa

$$p = \frac{F}{D_i \cdot B} \qquad [MPa]$$

[5] Carga específica de cojinete, arandela de tope

$$p = \frac{4 \cdot F}{(D_o^2 - D_i^2) \cdot \pi} \qquad [MPa]$$

[6] Velocidad de deslizamiento, camisa rotatoria

$$v = \frac{D_i \cdot \Pi \cdot n}{60 \cdot 10^3} \qquad [m/s]$$

[7] Velocidad de deslizamiento, arandela de tope, rotatoria

$$v = \frac{D_o \cdot \Pi \cdot n}{60 \cdot 10^3} \qquad [m/s]$$

[8] Velocidad de deslizamiento, camisa, oscilante

$$v = \frac{D_i \cdot \Pi}{60 \cdot 10^3} \cdot \frac{2\varphi \cdot n_{OSC}}{360°} \quad [m/s]$$

[9] Velocidad de deslizamiento, arandela de tope, oscilante

$$v = \frac{D_o \cdot \Pi}{60 \cdot 10^3} \cdot \frac{2\varphi \cdot n_{OSC}}{360°} \quad [m/s]$$

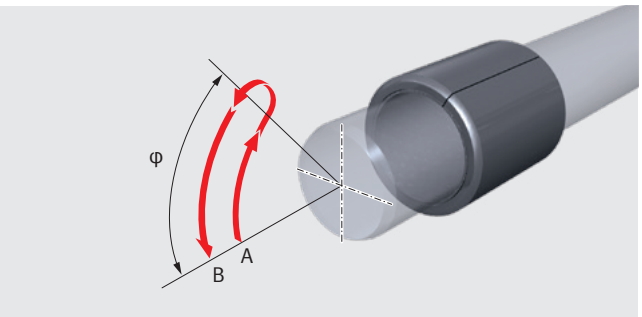


Fig. 23: ángulo de giro φ
La frecuencia de oscilación n_{OSC} es la cantidad de movimientos de A a B por minuto.

[10] Cálculo del valor pv

$$pv = p\,[MPa] \cdot v\,[m/s] \quad [MPa \cdot m/s]$$

$pv_{adm.}$ para	P10, P11	..... ≤ 1,8 MPa · m/s
	P14	..... ≤ 1,6 MPa · m/s
	P147	..... ≤ 1,4 MPa · m/s
	P20	..... ≤ 3,0 MPa · m/s
	P200	..... ≤ 3,3 MPa · m/s

Medidas correctoras	P1	P2
f_p = Carga específica de cojinete	Fig. 24	Fig. 28
f_t = Temperatura	Fig. 25	Fig. 29
f_v = Velocidad de deslizamiento	Fig. 26	Fig. 30
f_R = Profundidad de la rugosidad	Fig. 27	Fig. 31
f_A = Tipo de carga	Fig. 32	Fig. 32
f_w = Material	Tab. 24	Tab. 24
f_L = Movimiento lineal, [11]	Fig. 33	–

Factores de corrección para P10, P11, P14 y P147*

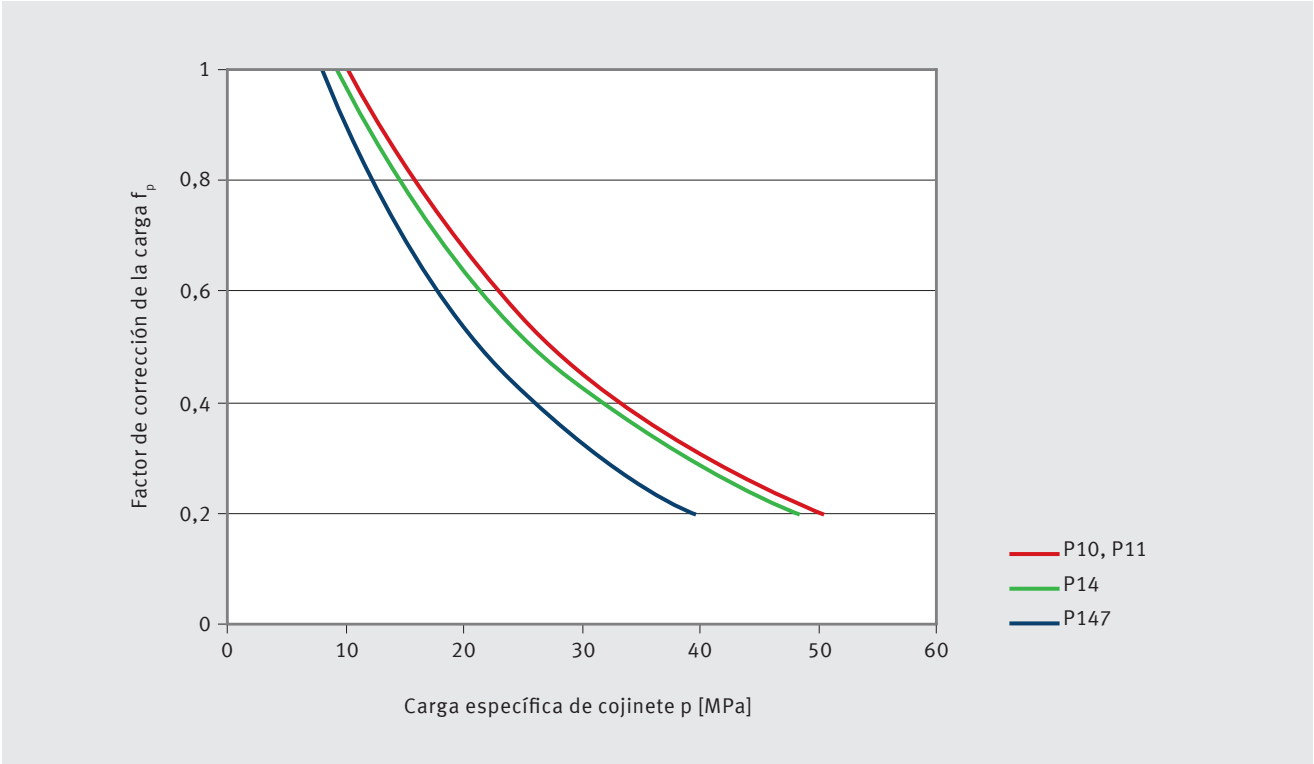


Fig. 24: Factor de corrección de la carga f_p

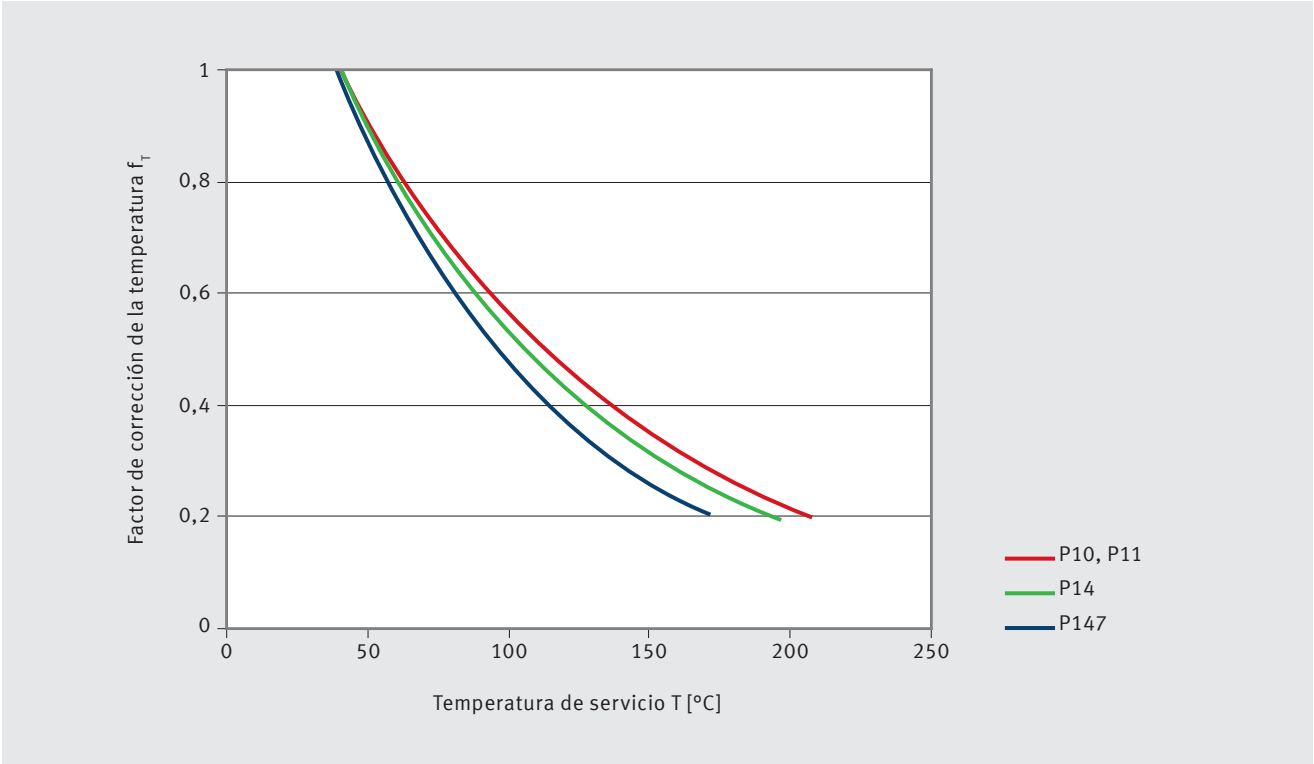


Fig. 25: Factor de corrección de la temperatura f_T

* Previa consulta

Factores de corrección para P10, P11, P14 y P147*

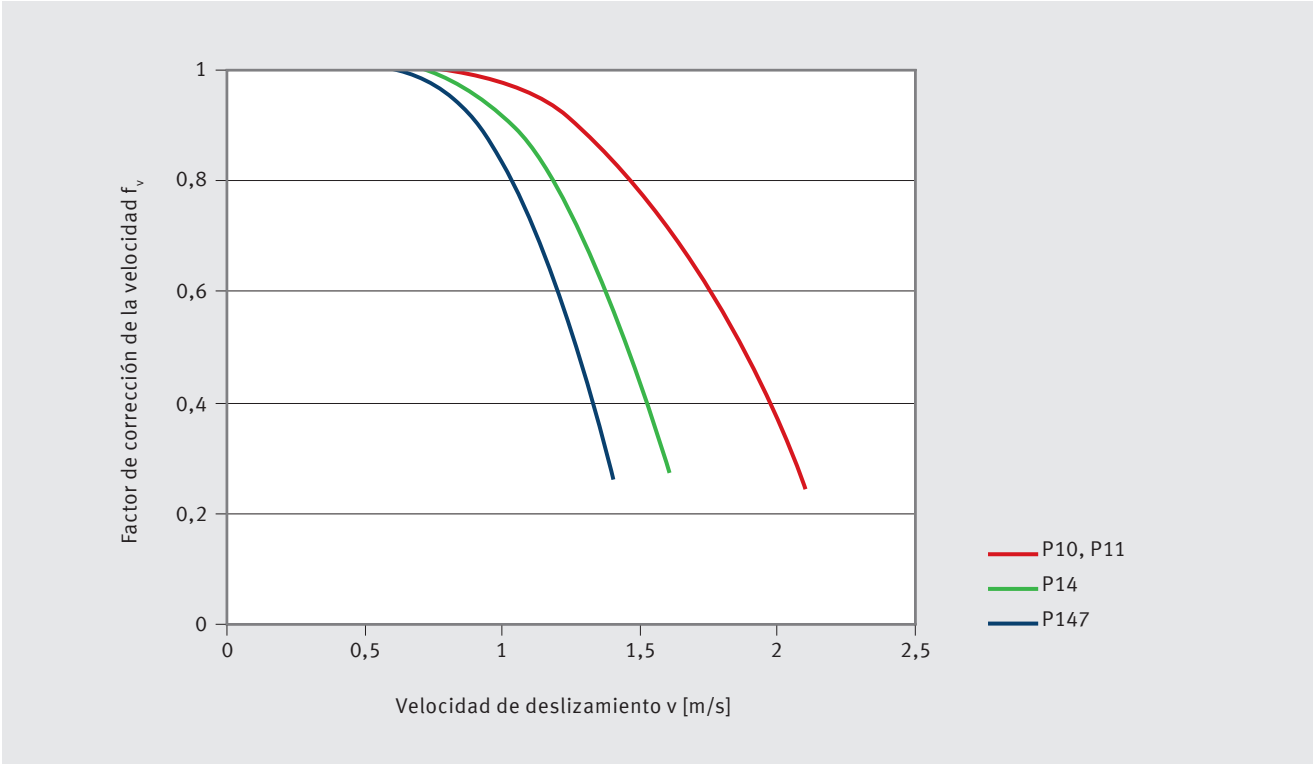


Fig. 26: Factor de corrección de la velocidad de deslizamiento f_v

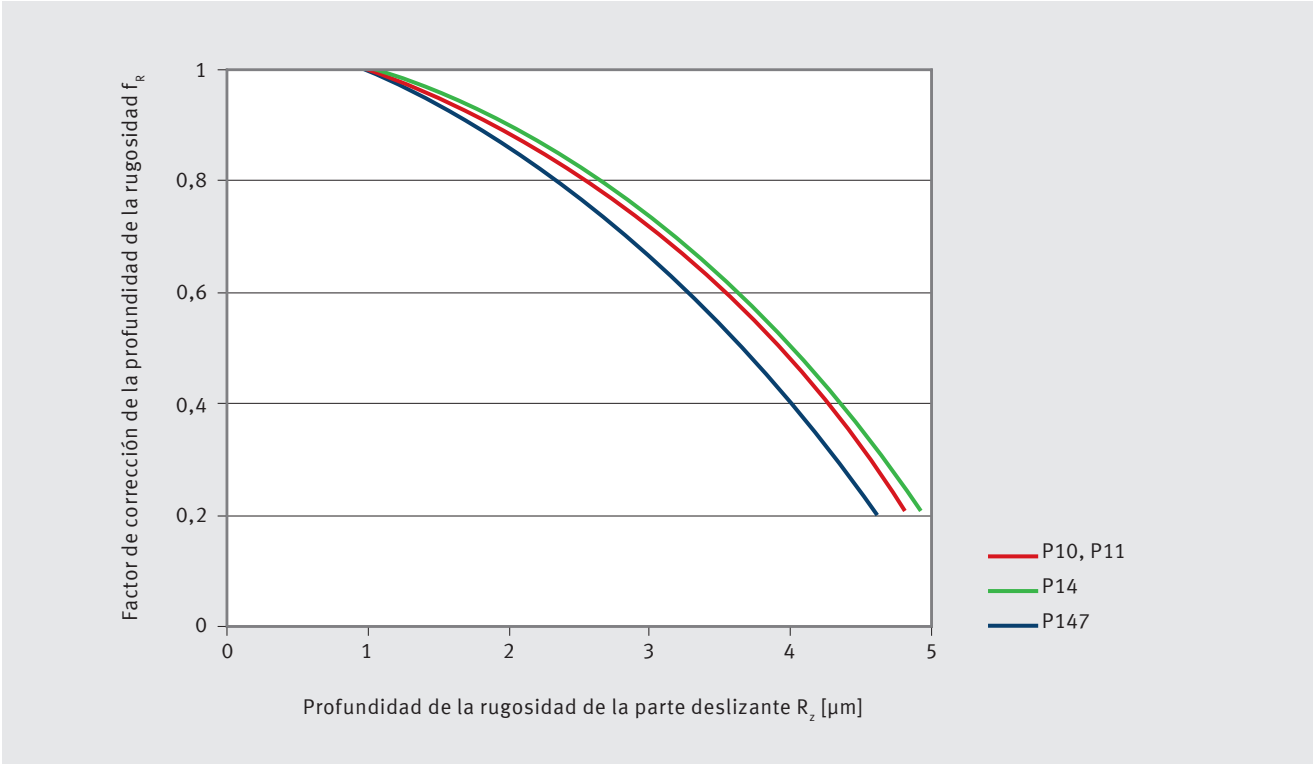


Fig. 27: Factor de corrección de la profundidad de la rugosidad f_R

* Previa consulta

Factores de corrección para P20, P22*, P23* y P200, P202*, P203*

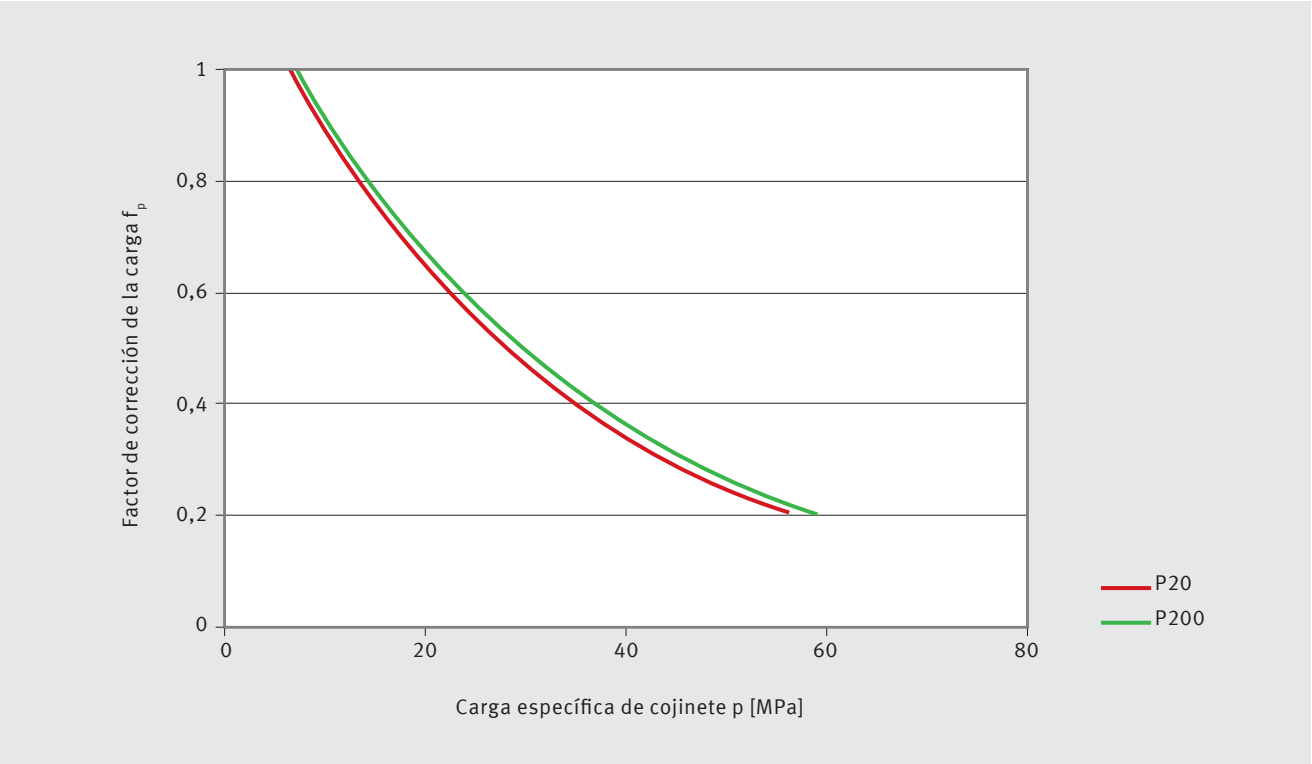


Fig. 28: Factor de corrección de la carga f_p

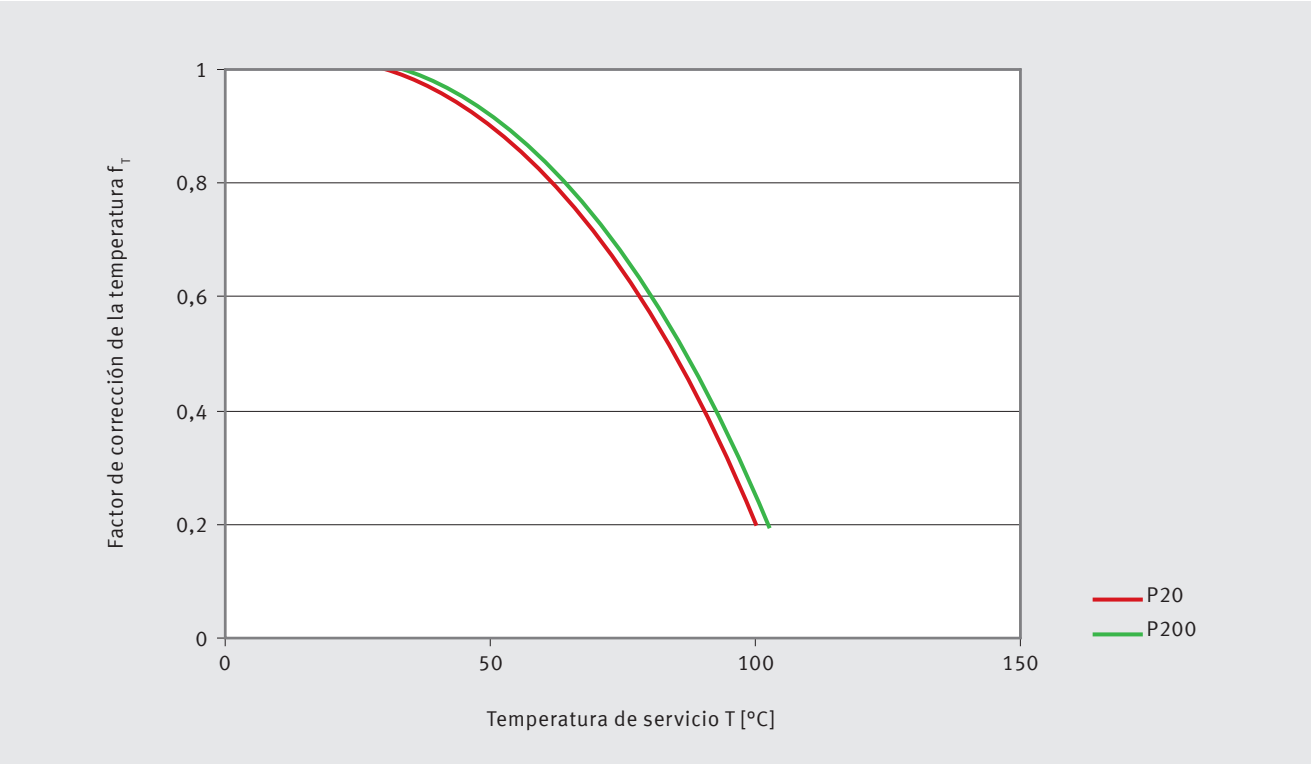


Fig. 29: Factor de corrección de la temperatura f_T

* Previa consulta

Factores de corrección para P20, P22*, P23* y P200, P202*, P203*

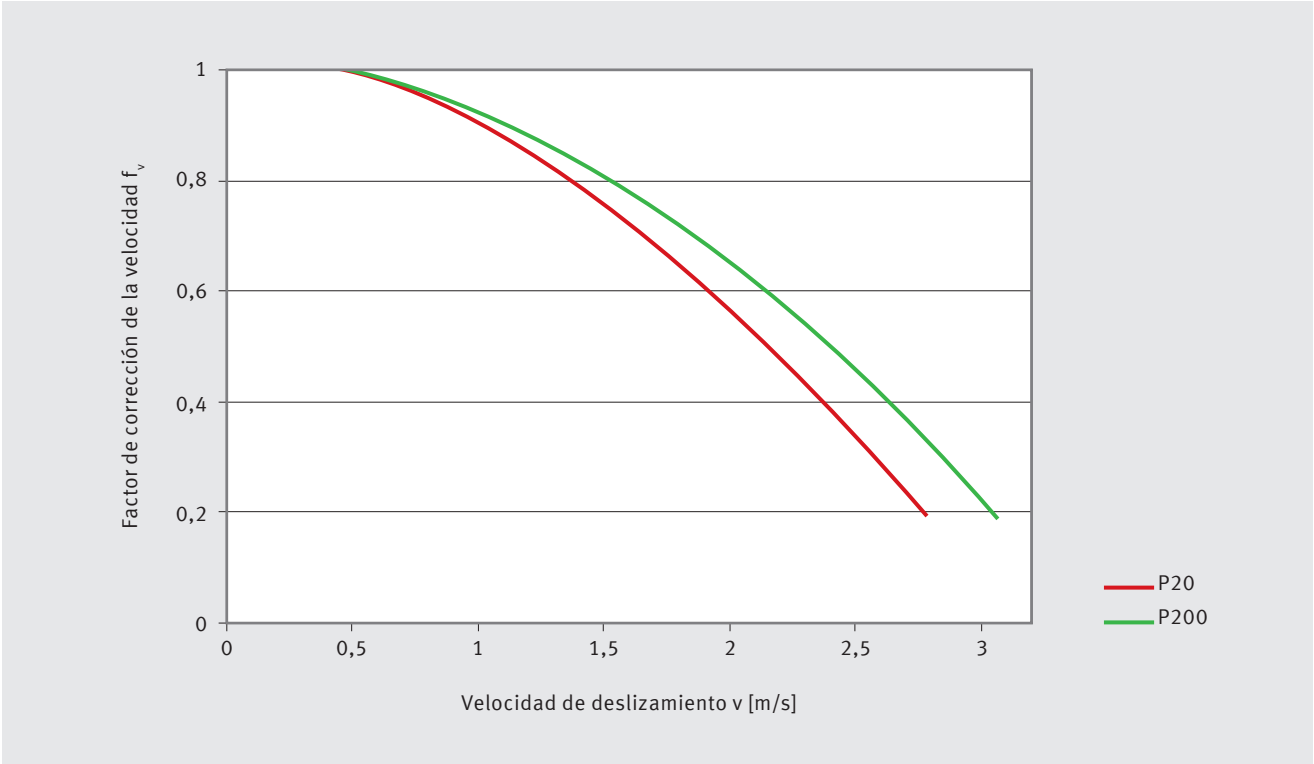


Fig. 30: Factor de corrección de la velocidad de deslizamiento f_v

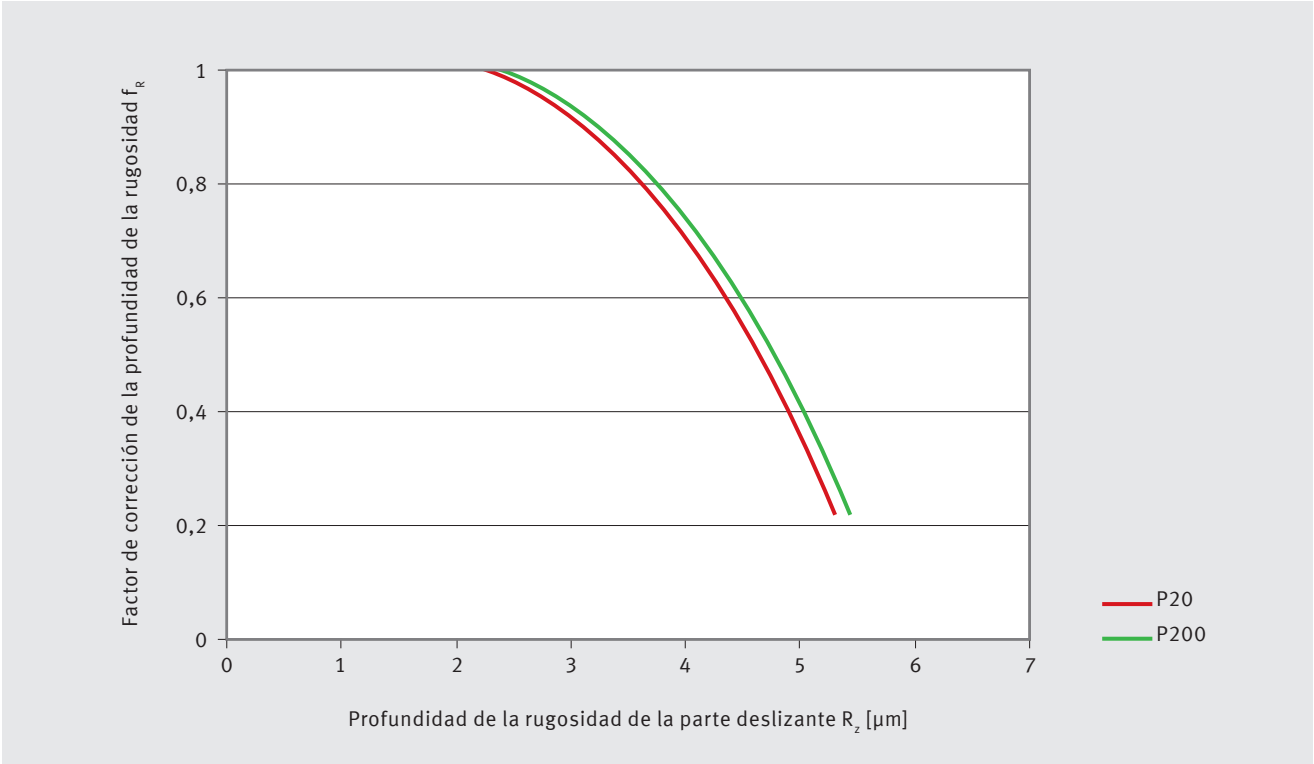


Fig. 31: Factor de corrección de la profundidad de la rugosidad f_R

* Previa consulta

Factor de corrección de tipo de carga

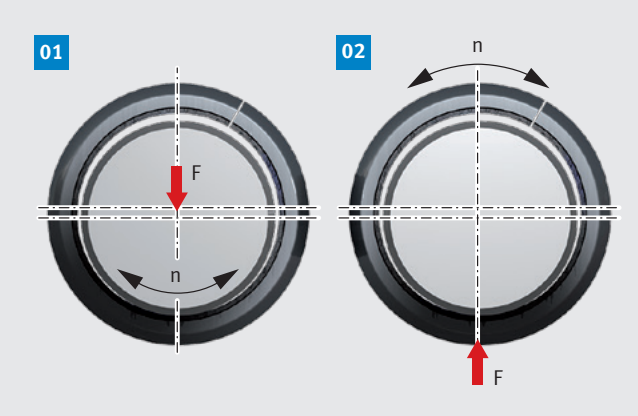


Fig. 32: Factor de corrección de la carga f_A

N.ª (véase la Fig. 32)	Tipo de carga	f_A
01	Carga puntual	1
02	Carga circunferencial	2
–	Carga axial	1
–	Movimiento lineal	1

Factor de corrección del material de las partes deslizantes

Material de la superficie de contracara	f_W
Acero	1
Acero nitrado	1
Acero de baja corrosión	2
Acero con cromado duro (espesor de la capa mín. 0,013 mm)	2
Acero galvanizado (espesor de la capa mín. 0,013 mm)	0,2
Acero fosfatado (espesor de la capa mín. 0,013 mm)	0,2
Fundición gris R_z 2	1
Aluminio anodizado	0,4
aluminio con anodizado duro (dureza 450 +50 HV; 0,025 mm de espesor)	2
Aleaciones a base de cobre	0,1 hasta 0,4
Níquel	0,2

Tab. 24: Factor de corrección del material f_w (con profundidad de la rugosidad R_z 0,8 a R_z 1,5)

Factor de corrección de movimiento lineal

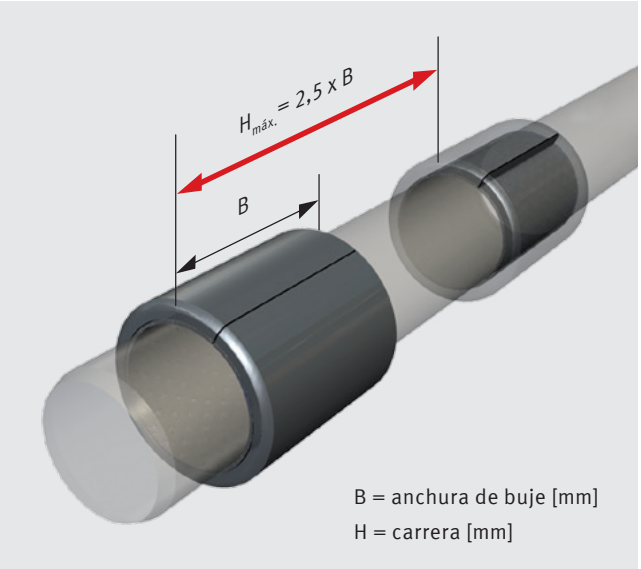


Fig. 33: Movimiento lineal, carrera $H_{máx.}$

[11] Cálculo del factor de corrección del movimiento lineal f_L:

$$f_L = 0,65 \frac{B}{H + B} \qquad [1]$$

Condiciones de funcionamiento especiales
Las condiciones de funcionamiento especiales pueden alargar o acortar la vida útil calculada. A menudo, estas influencias no se pueden calcular de forma exacta. La Tab. tabla 25 muestra algunos valores típicos basados en la experiencia.

Evaluación de la vida útil calculada
Como ya se expuso en el capítulo Fundamentos, el cálculo de la vida útil de los cojinetes P1/P2 aún es incierto. Por una parte, esto depende de muchos factores de influencia y sus interacciones, por la otra, la influencia de la corrosión, el envejecimiento del lubricante, la influencia química y a suciedad sobre la vida útil esperada no pueden determinarse matemáticamente con exactitud.

NOTA
La vida útil calculada solo representa, por lo tanto, un valor de orientación. Se recomienda asegurar el uso de cojinetes KS Permaglide® por medio de pruebas similares a las de la aplicación.

Condiciones de servicio	Influencia sobre la vida útil	Motivo
Marcha en seco; temporalmente intermitente	Actúa prolongando la vida útil	La posición del cojinete siempre puede volver a enfriarse. Esto tiene un efecto favorable sobre la vida útil.
Alternativamente con marcha en seco o funcionamiento en agua	Actúa acortando la vida útil	Las condiciones hidrodinámicas en el agua solamente se consiguen de forma limitada. Esto y el cambio a la marcha en seco aumentan el desgaste.
Funcionamiento continuo en lubricantes líquidos	Gran efecto prolongando la vida útil	Aquí existen estados de fricción mixta o hidrodinámicos. El calor de fricción se disipa de la zona de contacto mediante el lubricante. En estado hidrodinámico, el cojinete funciona prácticamente sin desgaste.
Funcionamiento continuo con grasas lubricantes (materiales KS Permaglide® P1)	Actúa reduciendo o prolongando la vida útil	Los aditivos sólidos como MoS_2 o ZnS aceleran la formación de una pasta y pueden reducir la vida útil. Por medio de medidas constructivas (taladro/ranuras en la zona de descarga) y gracias a la relubricación regular, se puede prolongar la vida útil nominal (capítulo 7, “Lubricación”).

Tab. 25: Condiciones de funcionamiento especiales

7 DAÑOS TÍPICOS DE COJINETES

Además de los factores de desgaste de la carga de cojinete, la velocidad de deslizamiento, la temperatura, el material del eje y la superficie del eje, los cojinetes estás sometidos a esfuerzos adicionales debido a las condiciones de funcionamiento, lo que tiene unas consecuencias considerables sobre la seguridad del funcionamiento y la vida útil.

Reacción triboquímica, corrosión
Los cojinetes KS Permaglide® son básicamente resistentes al agua (excepto P14), a los alcoholes, a los glicoles y a muchos aceites minerales. Sin embargo, algunos medios actúan de forma considerable sobre los componentes del material, en especial sobre las piezas de bronce. La mayoría de las veces, el peligro aparece con una temperatura de servicio superior a los 100 °C. Esto puede producir una limitación del funcionamiento.

El grupo de materiales P1 no es resistente a medios ácidos (pH ‹ 3) ni a medios alcalinos (pH › 12). Los ácidos oxidados y los gases como los halogenuros libres, el amoniaco o el sulfuro de hidrógeno dañan el dorsal de bronce de P11.

Si existe el peligro de corrosión de la superficie de deslizamiento de la parte deslizante (eje), es conveniente utilizar los siguientes materiales:
- aceros de baja corrosión
- aceros con cromado duro
- aluminio con anodizado duro

Estos materiales resistentes a la corrosión también reducen la tasa de desgaste.

Tendencia al hinchamiento
En el caso de presencia de determinados medios y con temperaturas de servicio ›100 C, en el grupo de materiales P1, la capa de rodamiento (lubricante sólido) puede hincharse. El espesor de pared del cojinete puede aumentar, en función del medio, hasta 0,03 mm.

Ayuda:
- aumentar la holgura del cojinete
- usar cojinetes de P14/P147
  En este caso, la tendencia al hinchamiento, con ‹ 0,01 mm, es considerablemente menor.

Por favor, tenga en cuenta que P14 solamente se debería utilizar para una velocidad de deslizamiento de 1 m/s y P147, hasta una velocidad de deslizamiento de 0,8 m/s.

Corrosión electroquímica de contacto
Bajo condiciones desfavorables se pueden formar elementos locales y disminuir la seguridad del funcionamiento.

Ayuda:
Elegir el emparejamiento de materiales en consecuencia.

Micromovimientos de deslizamiento
Si durante los movimientos oscilantes o los movimientos lineales aparecen por cada ciclo pequeños caminos de deslizamiento, en los cojinetes P1 no se puede formar una película lubricante. Esto significa que después del proceso de rodaje entre la capa de deslizamiento de bronce y la superficie del eje se generan zonas metálicas de contacto. De esta forma aparece un mayor desgaste. Existe el peligro de gripado del eje.

Ayuda:
lubricar la posición del cojinete. Por favor, tenga en cuenta el apartado “Lubricación”.

Lubricación
En determinados casos de aplicación puede ser necesario revestir la superficie de contacto entre el cojinete P1 y la parte deslizante con grasa o lubricación de aceite. Esto puede producir divergencias considerables de la vida útil esperada. La aplicación de grasa o aceite puede tener un efecto tanto reductor como prolongador (Tab. 25: condiciones de funcionamiento especiales). El acortamiento de la vida útil, por un lado, puede ser efecto de la disminución de la transmisión de lubricante sólido durante el proceso de rodaje. Por otro, la presencia de grasa o de aceite promueve la formación de una pasta. La formación de pasta se entiende como la mezcla de grasa o pequeñas cantidades de aceite con el material desgastado de la zona de contacto. La pasta se asienta en la zona de descarga, en el sentido de giro, e impide la disipación térmiaprox. Algunas partes de la pasta se vuelven a arrastrar a la zona de contacto y pueden acelerar el desgaste. Los lubricantes sólidos con aditivos y sulfuro de cinc o disulfuro de molibdeno refuerzan la tendencia a formarse la pasta. Si no se puede evitar el engrasado de los cojinetes P1, puede contrarrestarse la formación de pasta con las siguientes medidas:
- relubricar regularmente (p. ej., grasa saponificada de litio)
- realizar taladros o ranuras la zona de descarga, para que la pasta no pueda asentarse.

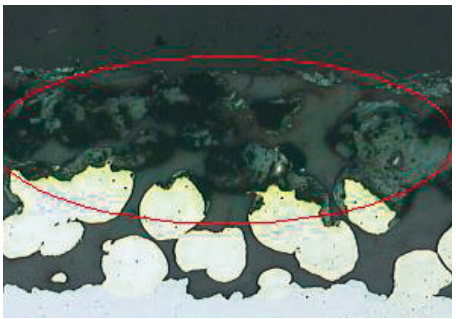


Fig. 34: Daños por influencia química

ATENCIÓN

Los taladros o las ranuras reducen la superficie transversal de la pared de la camisa. Si la cantidad es ›10 %, se tiene que tener en cuenta esto a la hora de realizar el cálculo (asiento fijo, solape).

Los cojinetes P2 necesitan lubricación. Véanse los tipos de grasa apropiados en el capítulo 4.2 “Cojinetes P2 KS Permaglide® de bajo mantenimiento®”, “Engrasado”.

Cavitación, erosión

Los cojinetes KS Permaglide® se pueden usar en condiciones hidrodinámicas.

Ventaja:

- son posibles mayores velocidades de deslizamiento que con la marcha en seco o el engrasado.
- funcionamiento casi libre de desgaste, ya que, por encima de las revoluciones de transición, ambas superficies deslizantes están separadas por el líquido lubricante. Solamente existe fricción de líquido.
- efecto autolubricante de los cojinetes con fricción mixta (por debajo de las revoluciones de transición).

Sin embargo, en condiciones hidrodinámicas pueden aparecer averías especiales en la superficie de deslizamiento del cojinete, especialmente daños por cavitación y daños por erosión.

La cavitación y la erosión aparecen mayormente juntas. Especialmente a grandes velocidades de deslizamiento es cuando hay que tener en cuenta la manifestación de la avería.

Ayuda:

- reducir la velocidad de deslizamiento (cuando sea posible).
- utilizar otro lubricante (viscosidad, capacidad de carga por encima de la temperatura).
- evitar perturbaciones de flujo en la ranura de lubricación originadas, por ejemplo, por ranuras de aceite, taladros de aceite, bolsas de aceite, etc.).

Motorservice ofrece el cálculo de cojinetes KS Permaglide® de funcionamiento hidrodinámico como prestación de servicio.

Daños por cavitación

Bajo daños por cavitación se entiende la destrucción local de la superficie de deslizamiento por el efecto de la presión. En los cojinetes hidrodinámicos pueden generarse burbujas de vapor en la película lubricante que se mueve rápidamente como consecuencia de la caída de presión. Cuando aumenta la presión del líquido, se rompen las burbujas de vapor. La energía liberada actúa mecánicamente sobre la superficie de deslizamiento y aumenta localmente el material de cojinete de deslizamiento.

Fig. 35: Averías locales por cavitación

Daños por erosión

La erosión es un daño mecánico de la superficie de deslizamiento debido al efecto de lavado de un líquido que también puede contener partículas sólidas. La distribución de la presión en la película lubricante de un cojinete hidrodinámico se ve perturbada por el estrangulamiento transversal y la turbulencia y se producen daños mecánicos en la superficie de deslizamiento.

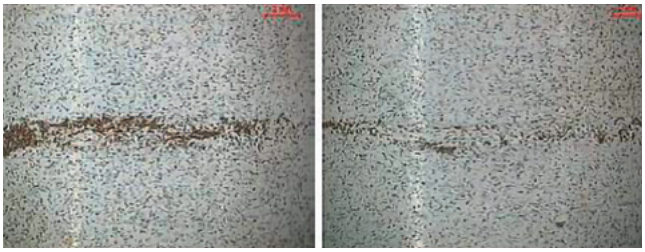


Fig. 36: Avería por erosión en la capa de rodamiento de los cojinetes P1

Averías por suciedad
Si las partículas de suciedad entra en contacto entre el cojinete y el eje, la superficie de deslizamiento del cojinete se daña por abrasión con formación de estrías. Esto tiene efectos negativos sobre la vida útil y la seguridad del funcionamiento.

Ayuda:
- sellar el cojinete
- en caso de lubricación con líquido, anteponer un filtro

Averías por montaje incorrecto
Al insertar a presión un casquillo de cojinete pueden producirse daños en la superficie de deslizamiento. A menudo aparecen gripados entre la superficie lateral del cojinete y el orificio del cuerpo. Esto provoca la formación local de bultos en la superficie de deslizamiento del cojinete. Ambas averías pueden reducir considerablemente la vida útil.

Ayuda:
- dispositivo de inserción a presión con precentrado (anillo auxiliar)
- solape optimizado entre el orificio del cuerpo y el diámetro exterior del cojinete
- evitar la suciedad
- evitar la posición oblicua de la camisa al inserta a presión
- usar un lubricante apropiado

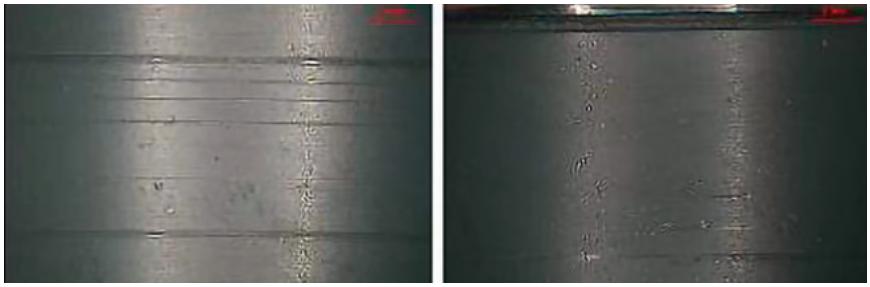


Fig. 37: Cojinete P2, estrías en la superficie de deslizamiento

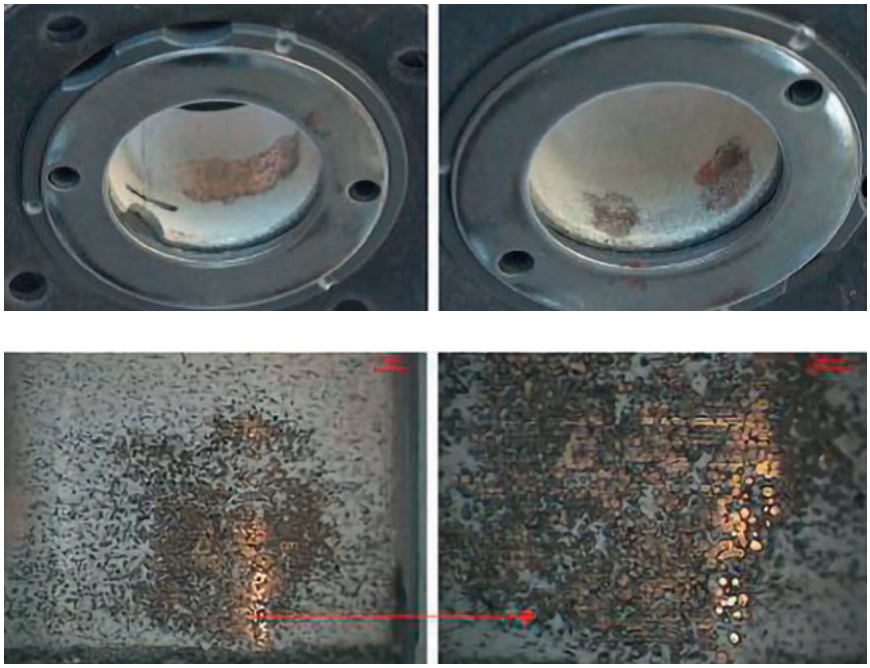


Fig. 38: Fuerte desgaste local por montaje incorrecto

8 DISEÑO CONSTRUCTIVO DE LA POSICIÓN DEL COJINETE

8.1 CARCASA

Camisas

Las camisas KS Permaglide® se insertan a presión en la carcasa, y de esta forma quedan fijadas de forma radial y axial. No son necesarias otras medidas. Para el orificio del cuerpo se recomienda:

- Profundidad de la rugosidad R_z 10
- Bisel f_G 20° ±5°
  Este bisel facilita la inserción a presión.

Diámetro del taladro d_G	Ancho de bisel f_G
$d_G \leq 30$	0,8 ± 0,3
$30 < d_G \leq 80$	1,2 ± 0,4
$80 < d_G \leq 180$	1,8 ± 0,8
$180 < d_G$	2,5 ± 1,0

Tab. 26: Ancho de bisel f_G en el orificio del cuerpo para camisas (Fig. 38)

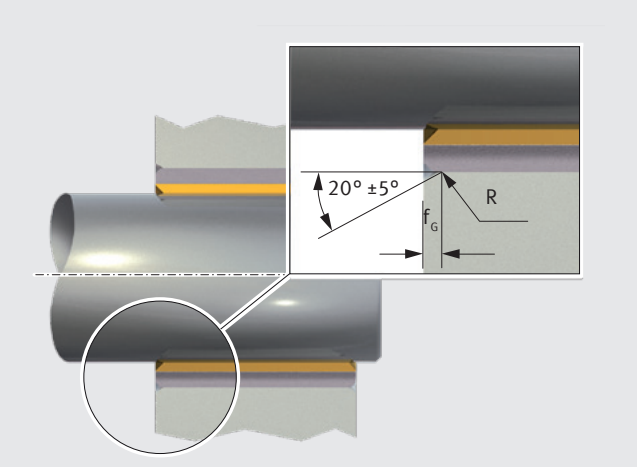


Fig. 39: Bisel en la carcasa para camisa PAP

Camisas con collarín

En el caso de camisas con collarín, se tiene que tener en cuenta el radio en el paso de la parte radial a la parte axial.

- Las camisas con collarín no deben hacer contacto con la zona del radio.
- El collarín debe tener suficiente apoyo para las cargas axiales.

Diámetro del taladro d_G	Ancho de bisel f_G
$d_G \leq 10$	1,2 ± 0,2
$10 < d_G$	1,7 ± 0,2

Tab. 27: Ancho de bisel f_G en el orificio del cuerpo para camisas con collarín (Fig. 40)

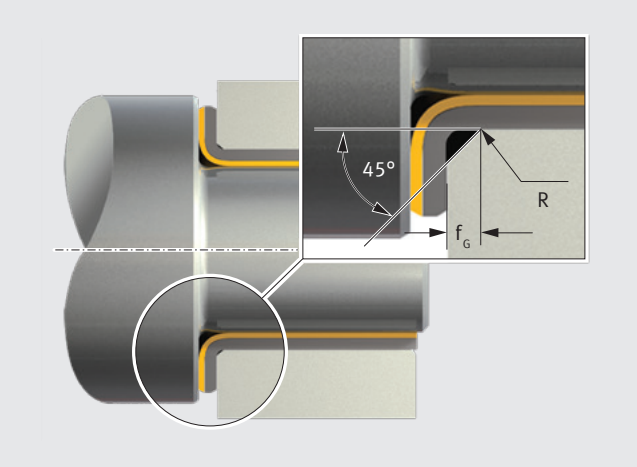


Fig. 40: Bisel en la carcasa para camisa PAF

Fijar las arandelas tope

Recomendación:

- El asiento concéntrico se fija con la escotadura en la carcasa (Fig. 41)
  - diámetro y profundidades de los cortes no guiados, ver la tabla de medidas (capítulo 10)
- El giro no deseado se evita gracias a pasadores de ajuste o tornillos de cabeza avellanada (Fig. 41 y 42)
  - la cabeza del tornillo o el pasador de ajuste se tiene que haber reajustado frente a la superficie de deslizamiento como mínimo 0,25 mm (Fig. 41 y 42)
  - tamaño y disposición de los orificios, ver la tabla de medidas (capítulo 10)

- Si no es posible la escotadura en la carcasa,
  - fijar con varios pasadores de ajuste o tornillos (Fig. 42)
  - utilizar otras técnicas para la unión.

No siempre es necesario un bloqueo contra el giro. En diferentes casos, el rozamiento en reposo entre la parte posterior de la arandela y la carcasa es suficiente.

Otras técnicas de unión

Si el ajuste perfecto de la camisa no fuera suficiente o si la colocación de pasadores o tornillos no fuera rentable, de forma alternativa se pueden usar técnicas de unión más económicas:

- soldadura láser
- soldadura con estaño
- pegado, por favor, observar la siguiente indicación

ATENCIÓN

La temperatura de la capa de rodamiento o de la capa de deslizamiento no debe ser superior a +280 °C, en los KS Permaglide® P1 y de +140 °C en los KS Permaglide® P2. El pegamento no puede penetrar en la capa de rodamiento ni en la capa de deslizamiento. Recomendación: consultar a los fabricantes de pegamentos, especialmente sobre la elección del pegamento, la preparación de la superficie, el endurecimiento, la resistencia, el margen de temperaturas y el comportamiento de dilatación.

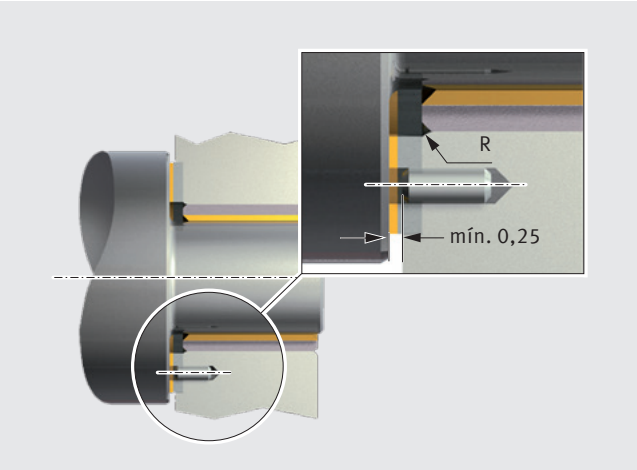


Fig. 41: Fijación de una arandela de tope PAW en una escotadura de la carcasa

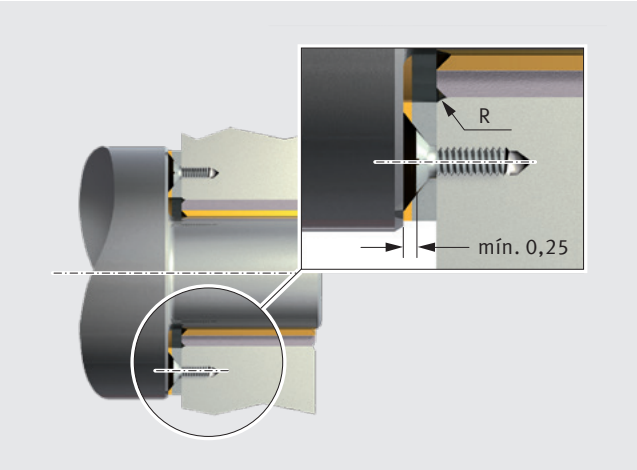


Fig. 42: Fijación de una arandela de tope PAW sin escotadura de la carcasa

8.2 DISEÑO DE LA PARTE DESLIZANTE

En general,
en un sistema tribológico, en el caso de un cojinete radial, el eje, en el caso de un cojinete axial, el reborde de presión, deberían sobresalir de la superficie de deslizamiento, para conseguir el máximo porcentaje de área de contacto y evitar el rodaje con cantos en la capa de deslizamiento.

Eje
Los ejes deberían estar achaflanados y todos los bordes afilados redondeados, de esta forma:
- se facilita el montaje
- no se daña la capa de deslizamiento de la camisa

Los ejes no pueden tener ranuras ni escotaduras en el área de deslizamiento.

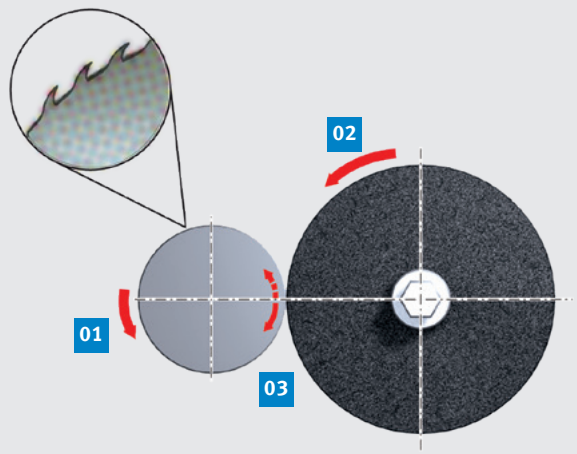
Superficie de contracara
Duración óptima de uso de los cojinetes gracias a la profundidad correcta de la rugosidad
- La duración óptima de uso de los cojinetes se consigue con una profundidad de la rugosidad de la superficie de contracara R_z 0,8 a R_z 1,5:
  - en caso de marcha en seco de KS Permaglide® P1
  - en caso de lubricación de KS Permaglide® P2.

ATENCIÓN
Las profundidades menores de la rugosidad no aumentan la duración de uso de los cojinetes e incluso pueden producir desgaste de la adherencia. Las profundidad mayores de la rugosidad se reducen considerablemente.

- la corrosión de la superficie de contracara de KS Permaglide® P1 y P2 se evita por medio de:
  - selladura,
  - utilización de acero resistente a la corrosión,
  - tratamiento adecuado de la superficie.

En el caso de KS Permaglide® P2, el lubricante actúa de forma adicional contra la corrosión.

Acabado superficial
- Es preferible el uso de superficies esmeriladas o rayadas.
- Las superficies torneadas con precisión o torneadas con rodillos también con R_z 0,8 a R_z 1,5, pueden producir un mayor desgaste (durante el torneado con precisión se producen estrías helicoidales).
- La fundición nodular (GGG) tiene un acabado superficial abierto y por eso se tiene que rectificar R_z 2 o mejor.
  La Fig. 43 muestra el sentido de giro de los ejes de fundición durante la aplicación. Este debería corresponder con el sentido de giro de la rueda de rectificar, ya que en el sentido de giro contrario se produce un mayor desgaste.



01 Sentido de giro del eje en la aplicación
02 Sentido de giro de la rueda de rectificar
03 Sentido deseado de giro del eje al rectificar

Fig. 43: Rectificado de un eje de fundición

Funcionamiento hidrodinámico
Para el funcionamiento hidrodinámico, la profundidad de la rugosidad R_z de la superficie de contracara debería ser menor que el espesor mínimo de película lubricante. Motorservice ofrece el cálculo hidrodinámico como prestación de servicio.

Juntas

En caso de mucha suciedad o de un entorno agresivo, se recomienda proteger la posición del cojinete. La Fig. 44 muestra tipos recomendados de juntas:

- **01** la construcción del entorno
- **02** una obturación por intersticio
- **03** un retén de eje
- una corona de grasa

Disipación térmica

Hay que tener en cuenta una buena disipación térmiaprox.

- Durante el funcionamiento hidrodinámico, el líquido lubricante transporta la mayor parte del calor.
- En el caso de cojinetes secos y lubricados con grasa, el calor también se disipa a través de la carcasa y del eje.

Mecanización de los elementos del cojinete

- Los cojinetes KS Permaglide® se pueden mecanizar tanto con arranque de virutas como sin virutas (p. ej., acortar, doblar o perforar).
- Los cojinetes KS Permaglide® se tienen que separar preferentemente del lado del PTFE. La rebaba que se produce durante la separación estorba en la superficie de deslizamiento.
- Después deben limpiarse los elementos del cojinete.
- Las superficies brillantes de acero (bordes del corte) se tienen que proteger contra la corrosión con:
  - aceite o
  - capas galvanizadas de protección
    En el caso de densidades de corriente mayores o de tiempos de revestimiento más prolongados, hay que cubrir las capas de deslizamiento, para evitar sedimentos.

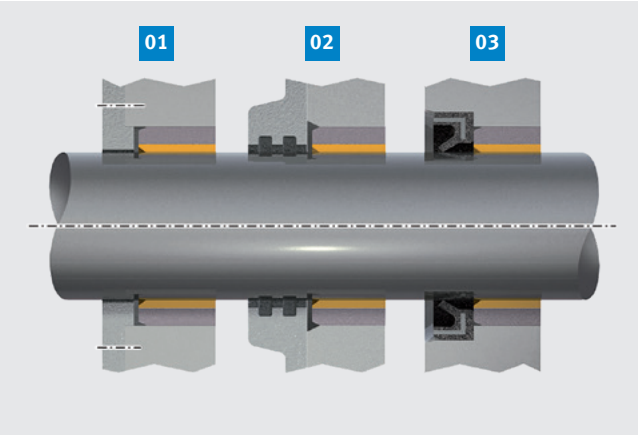


Fig. 44: Juntas

ATENCIÓN

Las temperaturas de mecanizado que sobrepasen los siguientes valores límite, ponen en peligro la salud:
+280 °C en el caso de KS Permaglide® P1
+140 °C en el caso de KS Permaglide® P2
Las virutas pueden contener plomo.

Orientación axial (alineación exacta)

La alineación exacta es importante para los cojinetes radiales y axiales. Esto rige especialmente para cojinetes de marcha en seco en los que la carga no se puede distribuir mediante la película lubricante. El error de alineación a lo largo de toda la anchura de buje no puede ser superior a 0,02 mm (Fig. 45). Este valor también es válido a lo largo de todo el ancho de camisas alineadas en pares y para las arandelas de tope. En el caso de camisas alineadas en fila, puede ser conveniente que tengan el mismo ancho. Durante el montaje, las juntas de tope deben estar alineadas.

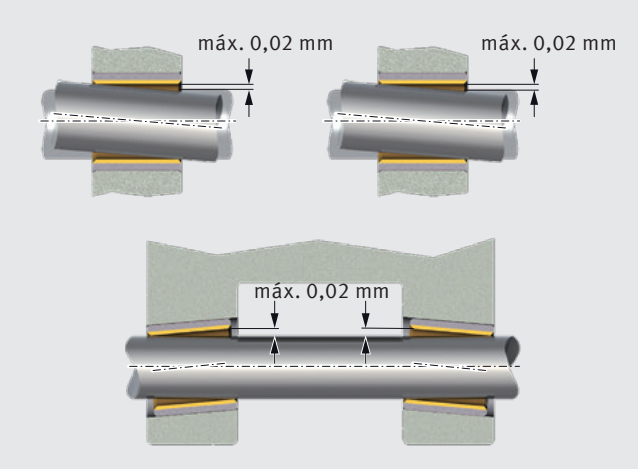


Fig. 45: Error de alineación admisible

Carga en los bordes del cojinete montado

Debido a imprecisiones geométricas o en el caso de condiciones de funcionamiento especiales, pueden producirse elevadas cargas inadmisibles en el área del borde de un cojinete. Este tipo de «presión en los bordes» puede producir un atascamiento del alojamiento. Estas cargas se pueden reducir por medio de medidas constructivas (Fig. 46).

- Biseles mayores en la carcasa.
- Mayor diámetro del taladro en la zona del borde del orificio del cuerpo.
- Dejar que la anchura de buje sobresalga de la anchura de la carcasa.

De forma adicional, también es posible la descarga de los bordes por el diseño elástico de la carcasa.

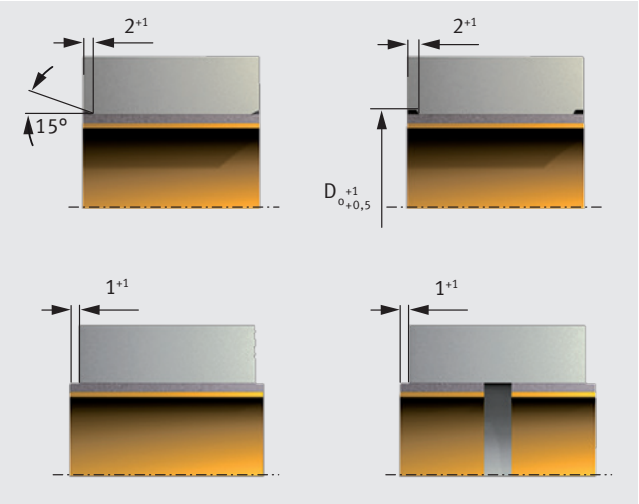


Fig. 46: Reducción de picos de voltaje en los bordes

8.3 HOLGURA DE COJINETES, AJUSTE PERFECTO

Holgura teórica de cojinetes

Las camisas de KS Permaglide® P1 y P2 se insertan a presión en la carcasa y de esta forma se fijan de forma radial y axial. No son necesarias otras medidas. Con las tolerancias de montaje de la Tab. 28 se deducen, para las carcasas y ejes rígidos:

- el ajuste perfecto
- la holgura de cojinetes según la Tab. 33

La holgura teórica del cojinete se calcula de la siguiente forma:

[12] $\Delta s_{máx.} = d_{Gmáx.} - 2 \cdot s_{3mín.} - d_{Wmín.}$

[13] $\Delta s_{mín.} = d_{Gmín.} - 2 \cdot s_{3máx.} - d_{Wmáx.}$

$\Delta s_{máx.}$	[mm]	Holgura máxima del cojinete
$\Delta s_{mín.}$	[mm]	Holgura mínima del cojinete
$d_{Gmáx.}$	[mm]	Diámetro máximo del orificio del cuerpo
$d_{Gmín.}$	[mm]	Diámetro mínimo del orificio del cuerpo
$d_{Wmáx.}$	[mm]	Diámetro máximo del eje
$d_{Wmín.}$	[mm]	Diámetro mínimo del eje
$s_{3máx.}$	[mm]	Espesor máximo de la pared
$s_{3mín.}$	[mm]	Espesor mínimo de la pared (Tab. 32)

Ajuste perfecto y holgura del cojinete

La holgura del cojinete y el ajuste perfecto pueden verse influidos por las medidas de la Tab. 35:

- en caso de elevadas temperaturas medioambientales
- en función del material de la carcasa
- en función del espesor de la pared de la carcasa

Las tolerancias de juego menores presuponen tolerancias más pequeñas para el eje y los taladros.

ATENCIÓN

En caso de utilizar ejes con posición de tolerancia h, hay que comprobar la holgura del cojinete para $5 \leq d_W < 80$ (P10, P14, P147) y $d_W < 80$ (P11) según las ecuaciones [12] para $\Delta s_{máx.}$ y [13] para $\Delta s_{mín.}$.

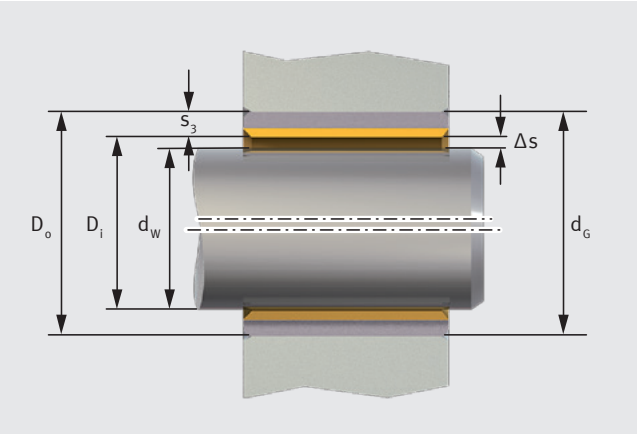


Fig. 47: Holgura teórica del cojinete Δs

Margen de diámetro			KS Permaglide® P10, P14, P147*	P11	P20, P200
Eje					
	d_W	< 5	h6	f7	h8
5 ≤	d_W	< 80	f7	f7	h8
80 ≤	d_W		h8	h8	h8
Orificio del cuerpo					
	d_G	≤ 5,5	H6	–	–
5,5 <	d_G		H7	H7	H7

Tab. 28: Tolerancias de montaje recomendadas

ATENCIÓN

El ensanchamiento del orificio del cuerpo no se ha tenido en cuenta a la hora de calcular la holgura del cojinete.

Para calcular el solape U, las tolerancias del orificio del cuerpo se indican en la Tab. 28 y las medidas del diámetro exterior de la camisa D_o, en la Tab. 29.

* Previa consulta

Diámetro exterior de la camisa D_o			Medidas (comprobación A según DIN ISO 3547-2) P10, P14, P147*, P20, P200		P11	
			superior	inferior	superior	inferior
	$D_o \leq$	10	+0,055	+0,025	+0,075	+0,045
10	$< D_o \leq$	18	+0,065	+0,030	+0,080	+0,050
18	$< D_o \leq$	30	+0,075	+0,035	+0,095	+0,055
30	$< D_o \leq$	50	+0,085	+0,045	+0,110	+0,065
50	$< D_o \leq$	80	+0,100	+0,055	+0,125	+0,075
80	$< D_o \leq$	120	+0,120	+0,070	+0,140	+0,090
120	$< D_o \leq$	180	+0,170	+0,100	+0,190	+0,120
180	$< D_o \leq$	250	+0,210	+0,130	+0,230	+0,150
250	$< D_o \leq$	305	+0,260	+0,170	+0,280	+0,190

Tab. 29: Medidas para el diámetro exterior D_o

Diámetro interior de la camisa D_i			Espe-sor de pared s_3	Medidas según DIN ISO 3547-1, tabla 3, fila B P10, P14, P147*		P11	
				superior	inferior	superior	inferior
	$D_i <$	5	0,75	0	−0,020	–	–
			1	–	–	+0,005	−0,020
5	$\leq D_i <$	20	1	+0,005	−0,020	+0,005	−0,020
20	$\leq D_i <$	28	1,5	+0,005	−0,025	+0,005	−0,025
28	$\leq D_i <$	45	2	+0,005	−0,030	+0,005	−0,030
45	$\leq D_i <$	80	2,5	+0,005	−0,040	+0,005	−0,040
80	$\leq D_i <$	120	2,5	−0,010	−0,060	−0,010	−0,060
120	$\leq D_i$		2,5	−0,035	−0,085	−0,035	−0,085

Tab. 30: Espesor de pared s_3 para camisas y camisas con collarín P1

Rugosidad superficial	R_a (µm)	R_z (µm)
Orificio del cojinete D_i	6,3	25,0
Dorso del cojinete D_o	1,6	6,3
Otras superficies	25,0	100,0

Tab. 31: Rugosidad superficial, profundidad de la rugosidad R_a y R_z

Diámetro interior D_i			Espesor de pared s_3	Medidas según DIN ISO 3547-1, tabla 3, fila D, P20, P200 superior	inferior
8	$\leq D_i <$	20	1	−0,020	−0,045
20	$\leq D_i <$	28	1,5	−0,025	−0,055
28	$\leq D_i <$	45	2	−0,030	−0,065
45	$\leq D_i <$	80	2,5	−0,040	−0,085
80	$\leq D_i$		2,5	−0,050	−0,115

Tab. 32: Espesor de pared s_3 para camisas de KS Permaglide® P20/P200

Espesor de pared s_3	Bisel exterior, sin virutas C_o	Arista achaflanada interior C_i mín.	máx.
0,75	0,5 ± 0,3	0,1	0,4
1	0,6 ± 0,4	0,1	0,6
1,5	0,6 ± 0,4	0,1	0,7
2	1,0 ± 0,4	0,1	0,7
2,5	1,2 ± 0,4	0,2	1,0

Tab. 33: Bisel exterior C_o y arista achaflanada interior C_i (Fig. 48) para camisas con dimensiones métricas, según DIN ISO 3547-1, tabla 2

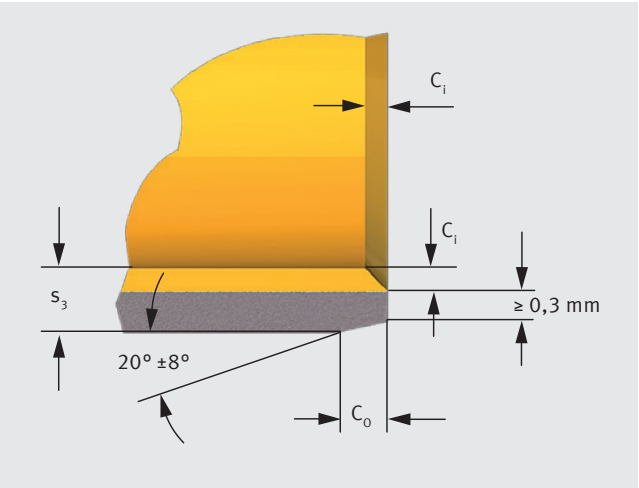


Fig. 48: Bisel exterior C_o y arista achaflanada interior C_i en caso de dimensiones métricas

* Previa consulta

Holgura teórica de cojinetes

Diámetro de la camisa		Holgura del cojinete Δs			
		P10, P11, P14, P147*		P20, P200	
D_i (mm)	D_o (mm)	$\Delta s_{mín.}$ (mm)	$\Delta s_{máx.}$ (mm)	$\Delta s_{mín.}$ (mm)	$\Delta s_{máx.}$ (mm)
2	3,5	0	0,054	–	–
3	4,5	0	0,054	–	–
4	5,5	0	0,056	–	–
5	7	0	0,077	–	–
6	8	0	0,077	–	–
7	9	0,003	0,083	–	–
8	10	0,003	0,083	0,040	0,127
10	12	0,003	0,086	0,040	0,130
12	14	0,006	0,092	0,040	0,135
13	15	0,006	0,092	–	–
14	16	0,006	0,092	0,040	0,135
15	17	0,006	0,092	0,040	0,135
16	18	0,006	0,092	0,040	0,135
18	20	0,006	0,095	0,040	0,138
20	23	0,010	0,112	0,050	0,164
22	25	0,010	0,112	0,050	0,164
24	27	0,010	0,112	0,050	0,164
25	28	0,010	0,112	0,050	0,164
28	32	0,010	0,126	0,060	0,188
30	34	0,010	0,126	0,060	0,188
32	36	0,015	0,135	0,060	0,194
35	39	0,015	0,135	0,060	0,194
40	44	0,015	0,135	0,060	0,194
45	50	0,015	0,155	0,080	0,234
50	55	0,015	0,160	0,080	0,239
55	60	0,020	0,170	0,080	0,246
60	65	0,020	0,170	0,080	0,246
65	70	0,020	0,170	–	–
70	75	0,020	0,170	0,080	0,246
75	80	0,020	0,170	0,080	0,246
80	85	0,020	0,201	0,100	0,311
85	90	0,020	0,209	–	–
90	95	0,020	0,209	0,100	0,319
95	100	0,020	0,209	–	–
100	105	0,020	0,209	0,100	0,319
105	110	0,020	0,209	–	–
110	115	0,020	0,209	–	–
115	120	0,020	0,209	–	–
120	125	0,070	0,264	–	–
125	130	0,070	0,273	–	–
130	135	0,070	0,273	–	–
135	140	0,070	0,273	–	–
140	145	0,070	0,273	–	–
150	155	0,070	0,273	–	–
160	165	0,070	0,273	–	–
180	185	0,070	0,279	–	–
200	205	0,070	0,288	–	–
220	225	0,070	0,288	–	–
250	255	0,070	0,294	–	–
300	305	0,070	0,303	–	–

Tab. 34: Holgura teórica del cojinete después de insertar a presión las camisas o las camisas con collarín con dimensiones métricas, sin tener en cuenta el posible ensanchamiento del taladro

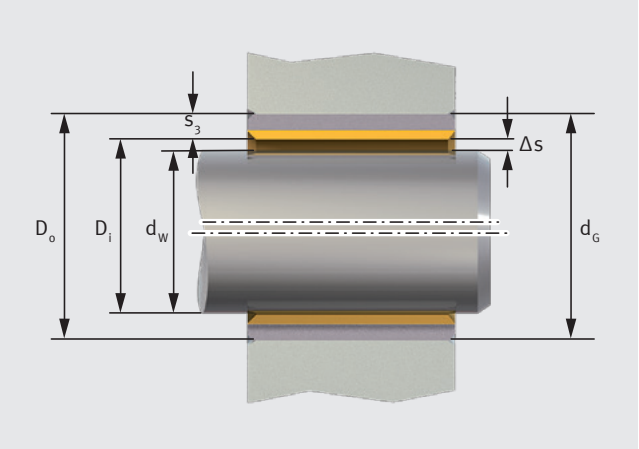


Fig. 49: Holgura teórica del cojinete Δs

* Previa consulta

Ajuste perfecto y holgura del cojinete

Construcción e influencias ambientales	Consecuencia	Medida	Tener en cuenta
Carcasa de metal ligero o de pared delgada	ensanchamiento elevado demasiada holgura	reducir el orificio del cuerpo d_G	La carcasa está sometida a grandes cargas; la tensión admisible de la carcasa no se puede sobrepasar.
Las carcasas de acero o de hierro fundido en caso de elevadas temperaturas ambientales	poca holgura	diámetro de eje d_W cada 100 °C por encima de la temperatura ambiente para reducir 0,008 mm	
Carcasa de bronce o aleaciones de cobre en caso de temperaturas medioambientales elevadas	mal ajuste perfecto	reducir el orifico del cuerpo d_G, modificación recomendada del diámetro cada 100 °C por encima de la temperatura ambiente: d_G −0,05 %	Reducir el diámetro del eje d_W en el mismo valor, para mantener la holgura del cojinete.
Carcasa de aleación de aluminio en caso de temperaturas medioambientales elevadas	mal ajuste perfecto	reducir el orifico del cuerpo d_G, modificación recomendada del diámetro cada 100 °C por encima de la temperatura ambiente: d_G −0,1 %	Reducir el diámetro de eje d_W en el mismo valor, para mantener la holgura del cojinete. A temperaturas por debajo de los 0 °C, la carcasa está sometida a grandes cargas; la tensión admisible de la carcasa no se puede sobrepasar.
Camisas con una mayor capa de protección anticorrosiva	diámetro exterior D_o demasiado grande holgura demasiado pequeña	aumentar el orificio del cuerpo d_G, ejemplo: espesor de la capa 0,015 ± 0,003 mm de ahí resulta d_G +0,03 mm	Si las medidas correspondientes, la camisa y la carcasa están sometidas a grandes cargas.

Tab. 35: Averías, consecuencias y medidas para el ajuste perfecto y la holgura de cojinetes en caso de elevadas temperaturas medioambientales, materiales o espesores especiales de la carcasa

9 MONTAJE DE COJINETES

Las camisas KS Permaglide® son fáciles de insertar a presión en el orificio del cuerpo. La ligera lubricación del dorso de la camisa o del orificio del cuerpo, facilitan la inserción a presión.

Métodos de inserción a presión recomendados

Para un diámetro exterior D_o hasta unos 55 mm:

- inserción a ras con mandril y sin anillo auxiliar, según la Fig. 51
- inserción encastrada con mandril y sin anillo auxiliar, según la Fig. 52

Para un diámetro exterior D_o desde unos 55 mm:

- inserción a presión con mandril y anillo auxiliar según la Fig. 53.

ATENCIÓN

Durante el montaje hay que tener en cuenta que esté limpio. La suciedad acorta la duración de uso del alojamiento. No dañar la capa de deslizamiento. Observar la posición de montaje, siempre que esté prescrita. No colocar las juntas de tope en la zona de carga principal.

Evitar la posición oblicua y el desajuste axial

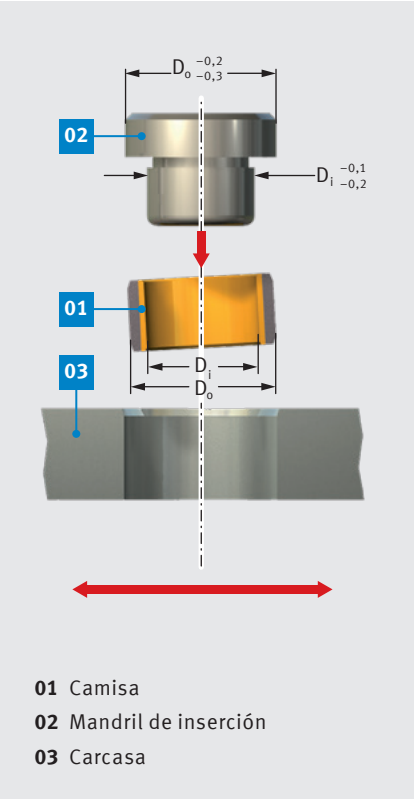


Fig. 50: Inserción a presión con carcasa móvil

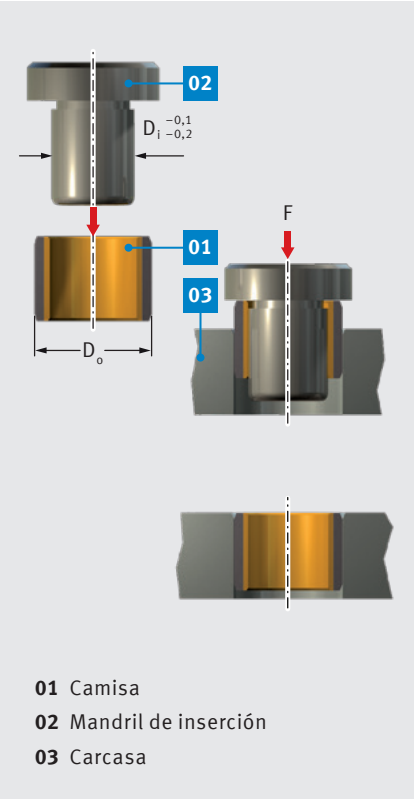


Fig. 51: Inserción a ras $D_o \leq 55$ mm

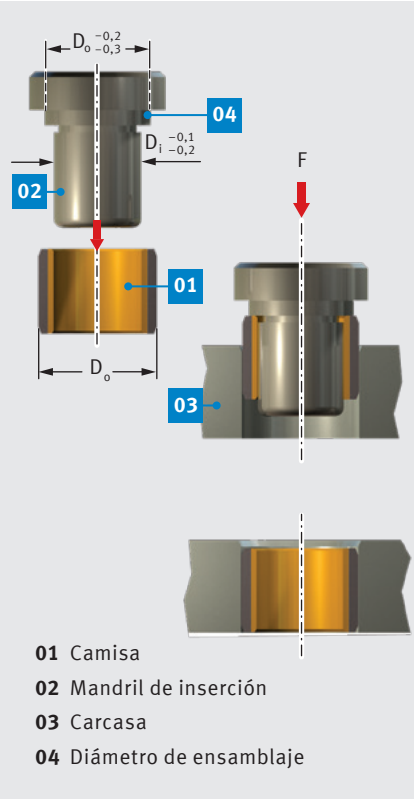


Fig. 52: Inserción encastrada $D_o \leq 55$ mm

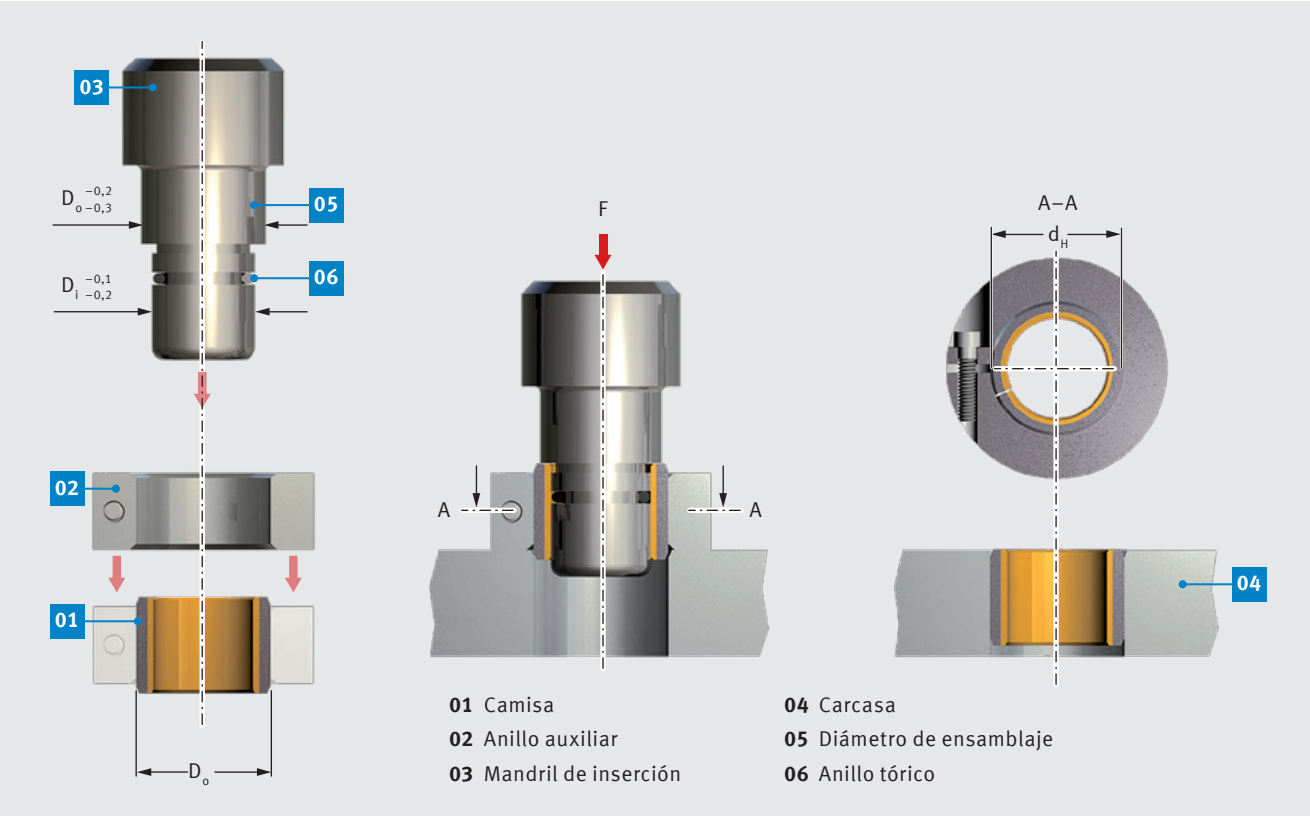


Fig. 53: Inserción a presión de camisas, $D_o \geq 55$ mm, con anillo auxiliar

La Tab. 35 sirve para determinar el diámetro interior necesario d_H del anillo auxiliar partiendo del diámetro exterior dado D_o de la camisa.

D_o (mm)	d_H (mm)	
$55 \leq D_o \leq 100$	D_o	+0,28
		+0,25
$100 < D_o \leq 200$	D_o	+0,40
		+0,36
$200 < D_o \leq 305$	D_o	+0,50
		+0,46

Tab. 36: Diámetro interior d_H del anillo auxiliar

Calibrado del orificio del cojinete después del montaje (solamente válido para cojinetes P1)

Calibrado

Los cojinetes KS Permaglide® están listos para el montaje después de su entrega y solamente deberían calibrarse si no hay otra forma de conseguir una pequeña tolerancia de la holgura del cojinete.

ATENCIÓN

El calibrado acorta considerablemente la vida útil de las camisas P1 KS Permaglide® (Tab. 37).

La Fig. 53 muestra el calibrado por medio de un mandril. La Tab. 36 contiene valores de orientación para el diámetro del mandril de calibrado d_K. Los valores exactos solamente se pueden determinar mediante ensayos.

Mejores posibilidades

La tolerancia de la holgura del cojinete se puede reducir por medio de las siguientes medidas, que no afectan a la vida útil:

- menores tolerancias del orificio del cuerpo
- menores tolerancias del eje.

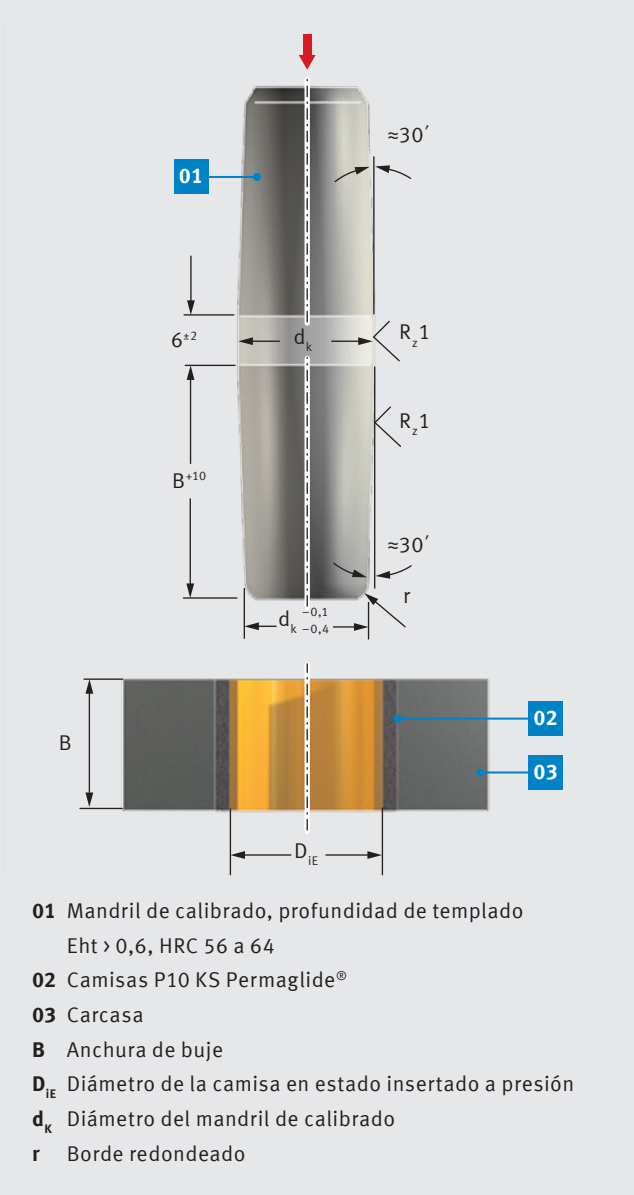


Fig. 54: calibrado

Diámetro interior deseado de la camisa	Diámetro del mandril de calibrado[1] d_K	Vida útil[2]
D_{iE}	–	100 % L_N
D_{iE} +0,02	D_{iE} +0,06	80 % L_N
D_{iE} +0,03	D_{iE} +0,08	60 % L_N
D_{iE} +0,04	D_{iE} +0,10	30 % L_N

Tab. 37: Valores de orientación para el diámetro del mandril de calibrado y la reducción de la vida útil

D_{iE} Diámetro interior de la camisa en estado insertado a presión.
1) Valor de orientación, respecto a la carcasa de acero.
2) Valor de orientación para la marcha en seco.

Fuerza de inserción a presión y presión de juntas
La fuerza de inserción a presión y la presión de juntas mantienen una relación de reciprocidad. La presión de juntas se genera entre el orificio del cuerpo y la superficie del revestimiento de la camisa. Se puede entender como la medida del asiento fijo de la camisa en la carcasa. La presión de juntas determina la cantidad de fuerza de inserción a presión, junto con otros factores de influencia.

Cálculo de la fuerza de inserción a presión
La fuerza de inserción a presión depende de muchos factores que son difíciles de registrar con exactitud, por ejemplo:

- solape exacto
- coeficiente de fricción
- formación de estrías
- velocidad de inserción a presión

Motorservice ofrece el cálculo de la fuerza de inserción a presión como prestación de servicio. En la mayoría de los casos basta con determinar la fuerza de inserción presión al tanteo según la Fig. 55.

Determinar la fuerza de inserción a presión de las camisas
La siguiente Fig. 55 muestra la fuerza máxima de inserción necesaria por cada mm de anchura de buje. El diámetro exterior de la camisa D_o y el espesor de la pared de la camisa s_3 se han asignado a cada una de las curvas, según DIN ISO 3547. La base del cálculo es una carcasa de acero, cuyo diámetro D_G se ha adaptado en relación al diámetro exterior de la camisa D_o. Se ha seleccionado la relación D_G: $D_o \approx 1{,}5...2$.

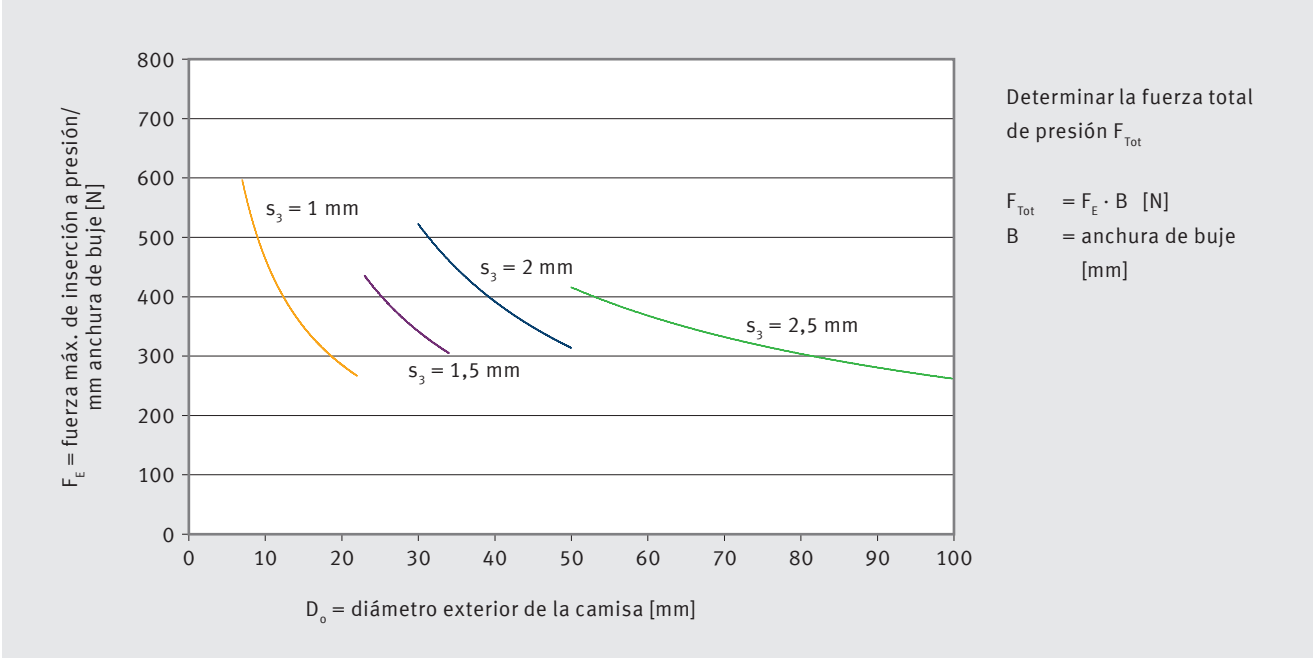


Fig. 55: Fuerza de inserción a presión F_E

Ejemplo para determinar de forma aproximada la fuerza de inserción a presión F_{Tot}

Dado:	Camisa	PAP 4030 P14	
	Diámetro exterior de la camisa	D_o =	44 mm
	Anchura de buje	B =	30 mm
	Espesor de la pared de la camisa	s_3 =	2 mm

[14] $F_{Tot} = F_E - B = 340\ N/mm - 30\ mm = 10200\ N$

F_E = 340 N/mm (de la Fig. 55, D_o = 44 mm, s3 = 2mm)

10 TIPOS DE CONSTRUCCIÓN Y TABLAS DE DIMENSIONES

Camisas

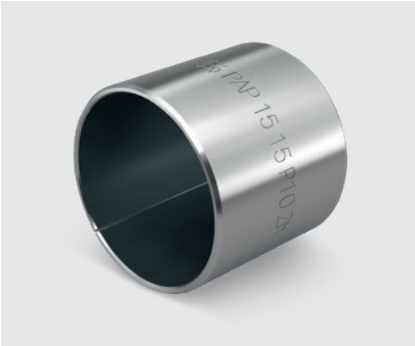


Fig. 56: Camisas

P10, P14, P147*

- para ejes de 2 mm hasta 300 mm

P11

- para ejes de 4 mm hasta 100 mm

P20, P22*, P23*, P200, P202*, P203*

- para ejes de 8 mm a 100 mm

Cojinetes KS Permaglide ® P10, P11, P14, P147* sin mantenimiento

Datos técnicos		P10, P11	P14	P147*
Símbolo	Unidad			
$pv_{máx.}$	[MPa · m/s]	1,8	1,6	1,4
$p_{estát.}$	[MPa]	250	250	250
$p_{din.}$	[MPa]	56	56	56
$v_{máx.}$	[m/s]	2	1	0,8
T	[°C]	–200 hasta +280	–200 hasta +280	–200 hasta +280

KS Permaglide® P10 con dorsal de acero, KS Permaglide® P11 con dorsal de bronce

Cojinetes KS Permaglide® P20, P22*, P23*, P200, P202*, P203*

Datos técnicos		P20, P22*, P23*	P200, P202*, P203*
Símbolo	Unidad		
$pv_{máx.}$	[MPa · m/s]	3	3,3
$p_{estát.}$	[MPa]	250	250
$p_{din.}$	[MPa]	70	70
$v_{máx.}$	[m/s]	3	3,3
T	[°C]	–40 hasta +110	–40 hasta +110

Camisas con collarín

Fig. 57: Camisas con collarín

P10, P11, P14, P147*

- para ejes de 6 mm a 40 mm

Arandelas de tope

Fig. 58: Arandelas de tope

P10, P11, P14, P147*

- con diámetro interior de 10 mm a 62 mm

P20, P22*, P23*, P200, P202*, P203*

- con diámetro interior de 12 mm a 52 mm

Tiras

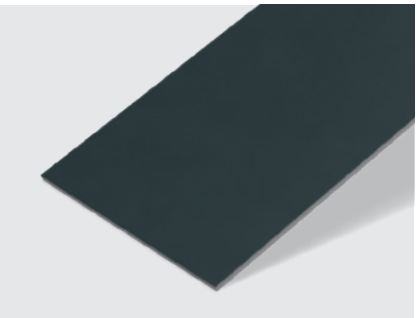


Fig. 59: Tiras

P10, P11, P14, P147*

- longitud de 500 mm
- anchos, ver tablas de dimensiones
- espesores de pared, ver tablas de dimensiones

P20, P22*, P23*, P200, P202*, P203*

- longitud de 500 mm
- ancho de 250 mm
- espesores de pared, ver tablas de dimensiones

* Previa consulta

Ejemplo de pedido y designación de pedido

Camisa de KS Permaglide® P10 con dorsal de acero:

Diámetro interior (D_i)	16 mm
Ancho (B)	25 mm
Designación de pedido:	PAP 1625 P10

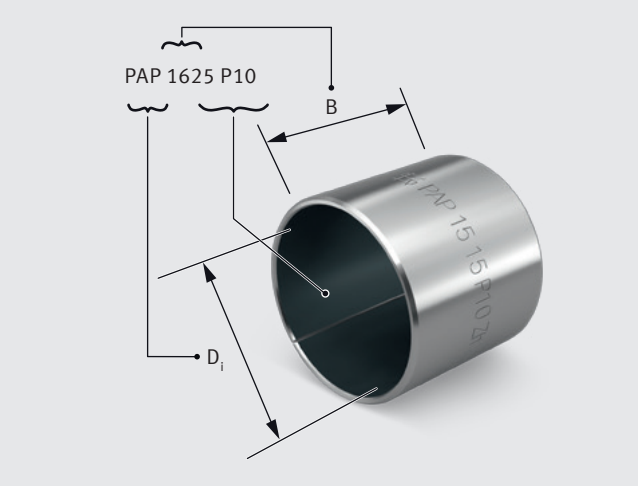


Fig. 60: Ejemplo de pedido, camisa P10

Tiras de KS Permaglide® P20:

Ancho (B)	180 mm
Espesor de pared (s_3)	1 mm
(Recepción de pedido: $s_3 \cdot 10$)	
Designación de pedido:	PAS 10180 P20

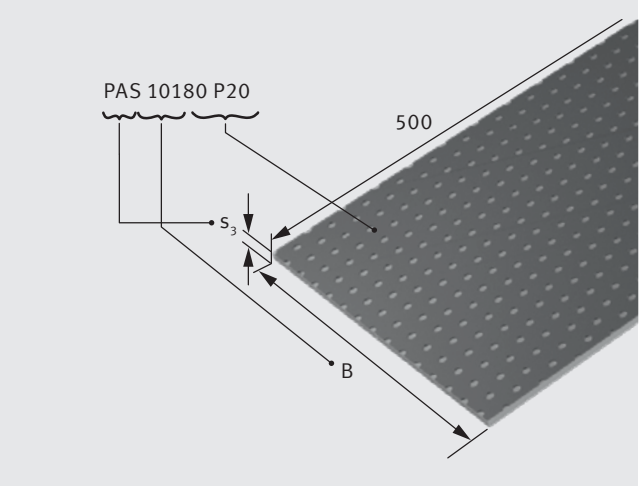


Fig. 61: Ejemplo de pedido, tiras P20

Camisas con collarín de KS Permaglide® P10:

Diámetro interior (D_i)	25 mm
Ancho (B)	21,5 mm
Designación de pedido:	PAF 25215 P10

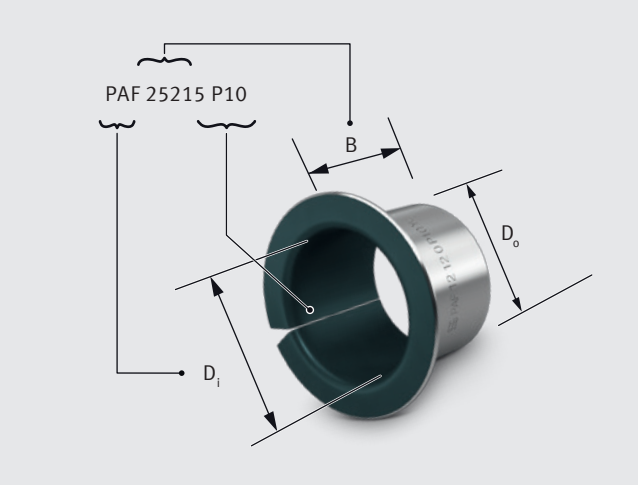


Fig. 62: Ejemplo de pedido, camisa con collarín P10

Arandelas de tope de KS Permaglide® P20:

Diámetro interior (D_i)	12 mm
Designación de pedido:	PAW 12 P20

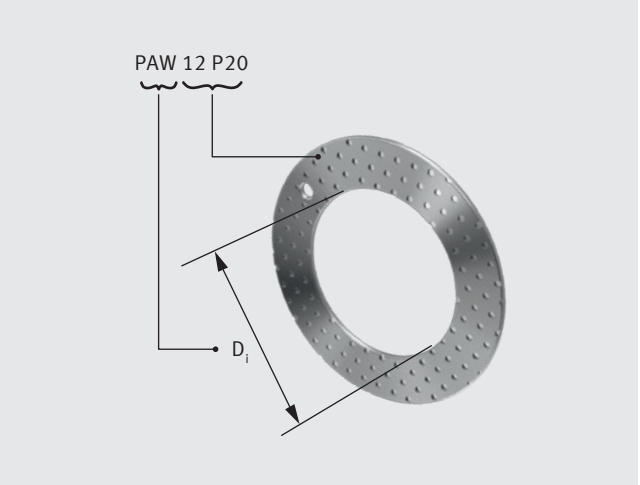


Fig. 63: Ejemplo de pedido, arandela de tope P20

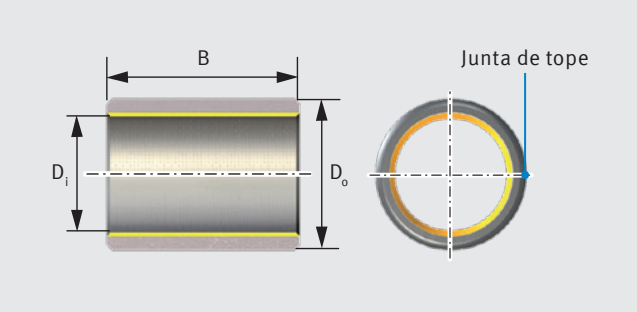
10.1 CAMISAS KS PERMAGLIDE®, SIN MANTENIMIENTO

10.1.1 SERIE P10, P14, P147* CON DORSAL DE ACERO

Tolerancia de montaje recomendada:

Eje		
$d_W <$	5	h6
$5 \leq d_W <$	80	f7
$80 \leq d_W$		h8

Orificio del cuerpo		
d_G	≤ 5,5	H6
$5,5 < d_G$		H7



Holguras de cojinetes, espesores de pared y tolerancias de bisel, véase el capítulo 8 “Diseño constructivo de la posición del cojinete”, apartado “Holgura teórica del cojinete”.
Camisas con medidas especiales previa consulta (capítulo 10.8).

Tabla de dimensiones (dimensiones en mm)

Diámetro de eje	Designación de pedido P10, P14, P147*	Masa g	Dimensiones D_i	D_o	B ±0,25
2	PAP 0203 ... P10/... P14/... P147*	0,15	2	3,5	3
	PAP 0205 ... P10/... P14*/... P147*	0,25	2	3,5	5
3	PAP 0303 ... P10/... P14/... P147*	0,2	3	4,5	3
	PAP 0304 ... P10/... P14/... P147*	0,26	3	4,5	4
	PAP 0305 ... P10/... P14/... P147*	0,33	3	4,5	5
	PAP 0306 ... P10/... P14/... P147*	0,4	3	4,5	6
4	PAP 0403 ... P10/... P14/... P147*	0,25	4	5,5	3
	PAP 0404 ... P10/... P14/... P147*	0,33	4	5,5	4
	PAP 0406 ... P10/... P14/... P147*	0,5	4	5,5	6
	PAP 0410 ... P10/... P14/... P147*	0,84	4	5,5	10
5	PAP 0505 ... P10/... P14/... P147*	0,72	5	7	5
	PAP 0508 ... P10/... P14/... P147*	1,1	5	7	8
	PAP 0510 ... P10/... P14/... P147*	1,4	5	7	10
6	PAP 0606 ... P10/... P14/... P147*	1	6	8	6
	PAP 0608 ... P10/... P14/... P147*	1,3	6	8	8
	PAP 0610 ... P10/... P14/... P147*	1,7	6	8	10
7	PAP 0710 ... P10/... P14/... P147*	1,9	7	9	10
8	PAP 0808 ... P10/... P14/... P147*	1,7	8	10	8
	PAP 0810 ... P10/... P14/... P147*	2,1	8	10	10
	PAP 0812 ... P10/... P14/... P147*	2,6	8	10	12
10	PAP 1008 ... P10/... P14/... P147*	2,1	10	12	8
	PAP 1010 ... P10/... P14/... P147*	2,6	10	12	10
	PAP 1012 ... P10/... P14/... P147*	3,1	10	12	12
	PAP 1015 ... P10/... P14/... P147*	3,9	10	12	15
	PAP 1020 ... P10/... P14/... P147*	5,3	10	12	20
12	PAP 1208 ... P10/... P14/... P147*	2,5	12	14	8
	PAP 1210 ... P10/... P14/... P147*	3,1	12	14	10
	PAP 1212 ... P10/... P14/... P147*	3,7	12	14	12
	PAP 1215 ... P10/... P14/... P147*	4,7	12	14	15
	PAP 1220 ... P10/... P14/... P147*	6,2	12	14	20
	PAP 1225 ... P10/... P14/... P147*	7,8	12	14	25
13	PAP 1310 ... P10/... P14/... P147*	3,3	13	15	10

* Previa consulta

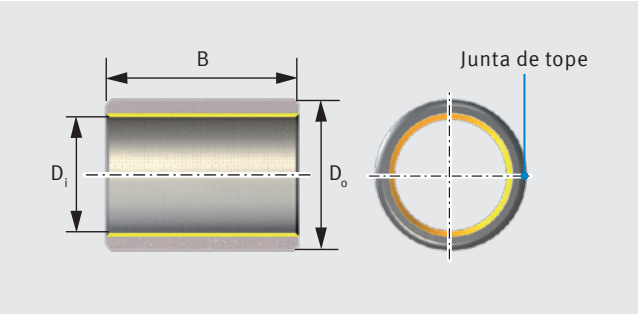


Tabla de dimensiones · continuación (dimensiones en mm)

Diámetro de eje	Designación de pedido P10, P14, P147*	Masa g	Dimensiones D_i	D_o	B ±0,25
14	PAP 1410 ... P10/... P14/... P147*	3,6	14	16	10
	PAP 1412 ... P10/... P14/... P147*	4,3	14	16	12
	PAP 1415 ... P10/... P14/... P147*	5,4	14	16	15
	PAP 1420 ... P10/... P14/... P147*	7,1	14	16	20
	PAP 1425 ... P10/... P14/... P147*	9	14	16	25
15	PAP 1510 ... P10/... P14/... P147*	3,8	15	17	10
	PAP 1512 ... P10/... P14/... P147*	4,6	15	17	12
	PAP 1515 ... P10/... P14/... P147*	5,7	15	17	15
	PAP 1520 ... P10/... P14/... P147*	7,6	15	17	20
	PAP 1525 ... P10/... P14/... P147*	9,5	15	17	25
16	PAP 1610 ... P10/... P14/... P147*	4	16	18	10
	PAP 1612 ... P10/... P14/... P147*	4,9	16	18	12
	PAP 1615 ... P10/... P14/... P147*	6,1	16	18	15
	PAP 1620 ... P10/... P14/... P147*	8,1	16	18	20
	PAP 1625 ... P10/... P14/... P147*	10,1	16	18	25
18	PAP 1810 ... P10/... P14*/... P147*	4,5	18	20	10
	PAP 1815 ... P10/... P14/... P147*	6,8	18	20	15
	PAP 1820 ... P10/... P14/... P147*	9,1	18	20	20
	PAP 1825 ... P10/... P14/... P147*	11,3	18	20	25
20	PAP 2010 ... P10/... P14/... P147*	7,8	20	23	10
	PAP 2015 ... P10/... P14/... P147*	11,7	20	23	15
	PAP 2020 ... P10/... P14/... P147*	15,6	20	23	20
	PAP 2025 ... P10/... P14/... P147*	19,5	20	23	25
	PAP 2030 ... P10/... P14/... P147*	23,4	20	23	30
22	PAP 2215 ... P10/... P14/... P147*	12,7	22	25	15
	PAP 2220 ... P10/... P14/... P147*	17	22	25	20
	PAP 2225 ... P10/... P14/... P147*	21,3	22	25	25
	PAP 2230 ... P10/... P14/... P147*	25,5	22	25	30
24	PAP 2415 ... P10/... P14/... P147*	13,8	24	27	15
	PAP 2420 ... P10/... P14/... P147*	18,5	24	27	20
	PAP 2425 ... P10/... P14/... P147*	23,1	24	27	25
	PAP 2430 ... P10/... P14*/... P147*	27,7	24	27	30
25	PAP 2510 ... P10/... P14/... P147*	9,6	25	28	10
	PAP 2515 ... P10/... P14/... P147*	14,4	25	28	15
	PAP 2520 ... P10/... P14/... P147*	19,2	25	28	20
	PAP 2525 ... P10/... P14/... P147*	24	25	28	25
	PAP 2530 ... P10/... P14/... P147*	28,8	25	28	30
	PAP 2540 ... P10/... P14*/... P147*	38,4	25	28	40
	PAP 2550 ... P10/... P14/... P147*	48	25	28	50
28	PAP 2820 ... P10/... P14/... P147*	29,1	28	32	20
	PAP 2830 ... P10/... P14/... P147*	43,7	28	32	30

* Previa consulta

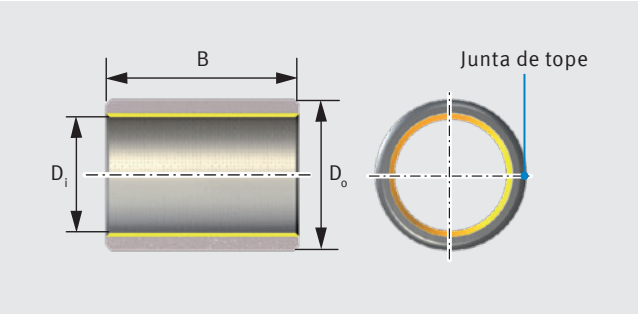


Tabla de dimensiones · continuación (dimensiones en mm)

Diámetro de eje	Designación de pedido P10, P14, P147*	Masa g	Dimensiones D_i	D_o	B ±0,25
30	PAP 3015 ... P10/... P14/... P147*	23,3	30	34	15
	PAP 3020 ... P10/... P14/... P147*	31,1	30	34	20
	PAP 3025 ... P10/... P14/... P147*	38,8	30	34	25
	PAP 3030 ... P10/... P14/... P147*	46,6	30	34	30
	PAP 3040 ... P10/... P14/... P147*	62,1	30	34	40
32	PAP 3230 ... P10/... P14/... P147*	49,5	32	36	30
	PAP 3240 ... P10/... P14/... P147*	66	32	36	40
35	PAP 3520 ... P10/... P14/... P147*	35,9	35	39	20
	PAP 3530 ... P10/... P14/... P147*	53,9	35	39	30
	PAP 3540 ... P10/... P14/... P147*	71,8	35	39	40
	PAP 3550 ... P10/... P14/... P147*	89,8	35	39	50
40	PAP 4020 ... P10/... P14/... P147*	40,8	40	44	20
	PAP 4030 ... P10/... P14/... P147*	61,2	40	44	30
	PAP 4040 ... P10/... P14/... P147*	81,5	40	44	40
	PAP 4050 ... P10/... P14/... P147*	102	40	44	50
45	PAP 4530 ... P10/... P14/... P147*	87	45	50	30
	PAP 4540 ... P10/... P14/... P147*	116	45	50	40
	PAP 4550 ... P10/... P14/... P147*	145	45	50	50
50	PAP 5020 ... P10/... P14/... P147*	64	50	55	20
	PAP 5030 ... P10/... P14/... P147*	96	50	55	30
	PAP 5040 ... P10/... P14/... P147*	128	50	55	40
	PAP 5060 ... P10/... P14/... P147*	192	50	55	60
55	PAP 5540 ... P10/... P14/... P147*	140	55	60	40
	PAP 5560 ... P10/... P14/... P147*	210	55	60	60
60	PAP 6030 ... P10/... P14/... P147*	114	60	65	30
	PAP 6040 ... P10/... P14/... P147*	152	60	65	40
	PAP 6060 ... P10/... P14/... P147*	228	60	65	60
	PAP 6070 ... P10/... P14/... P147*	266	60	65	70
65	PAP 6530 ... P10/... P14/... P147*	123	65	70	30
	PAP 6540 ... P10/... P14/... P147*	164	65	70	40
	PAP 6550 ... P10/... P14/... P147*	205	65	70	50
	PAP 6560 ... P10/... P14/... P147*	246	65	70	60
	PAP 6570 ... P10/... P14/... P147*	288	65	70	70
70	PAP 7040 ... P10/... P14/... P147*	176	70	75	40
	PAP 7050 ... P10/... P14/... P147*	221	70	75	50
	PAP 7070 ... P10/... P14/... P147*	309	70	75	70
75	PAP 7540 ... P10/... P14*/... P147*	189	75	80	40
	PAP 7550 ... P10/... P14/... P147*	236	75	80	50
	PAP 7560 ... P10/... P14/... P147*	283	75	80	60
	PAP 7580 ... P10/... P14*/... P147*	377	75	80	80

* Previa consulta

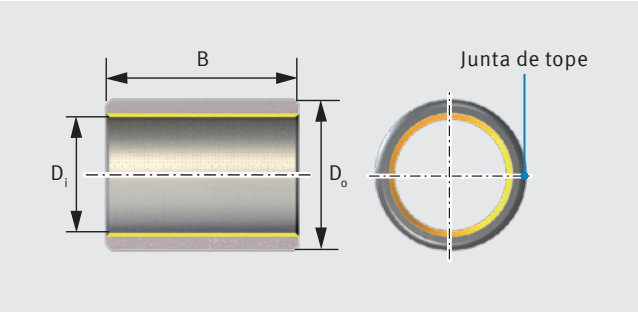


Tabla de dimensiones · continuación (dimensiones en mm)

Diámetro de eje	Designación de pedido P10, P14, P147*		Masa g	Dimensiones D_i	D_o	B ±0,25
80	PAP 8040	... P10/... P14/... P147*	201	80	85	40
	PAP 8060	... P10/... P14/... P147*	301	80	85	60
	PAP 8080	... P10/... P14/... P147*	402	80	85	80
	PAP 80100	... P10/... P14*/... P147*	502	80	85	100
85	PAP 8560	... P10/... P14/... P147*	319	85	90	60
	PAP 85100	... P10/... P14*/... P147*	532	85	90	100
90	PAP 9050	... P10/... P14*/... P147*	281	90	95	50
	PAP 9060	... P10/... P14/... P147*	338	90	95	60
	PAP 90100	... P10/... P14/... P147*	563	90	95	100
95	PAP 9560	... P10/... P14*/... P147*	356	95	100	60
	PAP 95100	... P10/... P14*/... P147*	593	95	100	100
100	PAP 10050	... P10/... P14/... P147*	312	100	105	50
	PAP 10060	... P10/... P14/... P147*	374	100	105	60
	PAP 100115	... P10/... P14/... P147*	717	100	105	115
105	PAP 10560	... P10/... P14*/... P147*	392	105	110	60
	PAP 105115	... P10/... P14*/... P147*	752	105	110	115
110	PAP 11060	... P10/... P14/... P147*	411	110	115	60
	PAP 110115	... P10/... P14/... P147*	787	110	115	115
115	PAP 11550	... P10/... P14*/... P147*	357	115	120	50
	PAP 11560	... P10/... P14*/... P147*	429	115	120	60
	PAP 11570	... P10/... P14*/... P147*	500	115	120	70
120	PAP 12060	... P10/... P14/... P147*	447	120	125	60
	PAP 120100	... P10/... P14*/... P147*	745	120	125	100
125	PAP 125100	... P10/... P14/... P147*	776	125	130	100
130	PAP 13060	... P10/... P14*/... P147*	484	130	135	60
	PAP 130100	... P10/... P14/... P147*	806	130	135	100
135	PAP 13560	... P10/... P14*/... P147*	502	135	140	60
	PAP 13580	... P10/... P14*/... P147*	669	135	140	80
140	PAP 14060	... P10/... P14/... P147*	520	140	145	60
	PAP 140100	... P10/... P14/... P147*	867	140	145	100
150	PAP 15060	... P10/... P14*/... P147*	557	150	155	60
	PAP 15080	... P10/... P14/... P147*	742	150	155	80
	PAP 150100	... P10/... P14/... P147*	928	150	155	100
160	PAP 16080	... P10/... P14/... P147*	791	160	165	80
	PAP 160100	... P10/... P14*/... P147*	989	160	165	100
180	PAP 180100	... P10/... P14/... P147*	1110	180	185	100
200	PAP 200100	... P10/... P14/... P147*	1232	200	205	100
220	PAP 220100	... P10/... P14*/... P147*	1354	220	225	100
250	PAP 250100	... P10/... P14*/... P147*	1536	250	255	100
300	PAP 300100	... P10/... P14/... P147*	1840	300	305	100

* Previa consulta

10.1.2 SERIE P11 CON DORSAL DE BRONCE

Tolerancia de montaje recomendada:

Eje		Orificio del cuerpo
$5 \leq d_w < 80$	f7	H7
$80 \leq d_w$	h8	

Holguras de cojinetes, espesores de pared y tolerancias de bisel, véase el capítulo 8 “Diseño constructivo de la posición del cojinete”, apartado “Holgura teórica del cojinete”.

Camisas con medidas especiales previa consulta (capítulo 10.8).

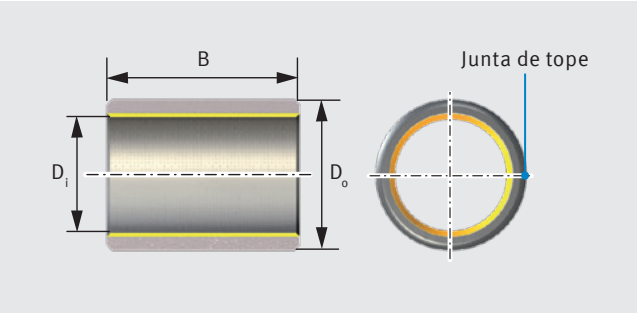


Tabla de dimensiones (dimensiones en mm)

Diámetro de eje	Designación de pedido P11	Masa g	Dimensiones D_i	D_o	B ±0,25
4	PAP 0406 P11	0,8	4	6	6
5	PAP 0505 P11	0,8	5	7	5
6	PAP 0606 P11	1,1	6	8	6
	PAP 0610 P11	1,8	6	8	10
8	PAP 0808 P11	1,9	8	10	8
	PAP 0810 P11	2,3	8	10	10
	PAP 0812 P11	2,8	8	10	12
10	PAP 1005 P11	1,4	10	12	5
	PAP 1010 P11	2,8	10	12	10
	PAP 1015 P11	4,2	10	12	15
	PAP 1020 P11	5,7	10	12	20
12	PAP 1210 P11	3,3	12	14	10
	PAP 1212 P11	4	12	14	12
	PAP 1215 P11	5,1	12	14	15
	PAP 1220 P11	6,7	12	14	20
	PAP 1225 P11	8,4	12	14	25
14	PAP 1415 P11	5,8	14	16	15
15	PAP 1515 P11	6,2	15	17	15
	PAP 1525 P11	10,3	15	17	25
16	PAP 1615 P11	6,6	16	18	15
	PAP 1625 P11	11	16	18	25
18	PAP 1815 P11	7,4	18	20	15
	PAP 1825 P11	12,3	18	20	25
20	PAP 2015 P11	12,8	20	23	15
	PAP 2020 P11	17	20	23	20
	PAP 2025 P11	21,3	20	23	25
	PAP 2030 P11	25,5	20	23	30
22	PAP 2215 P11	14	22	25	15
	PAP 2220 P11	18,6	22	25	20
	PAP 2225 P11	23,3	22	25	25
24	PAP2430 P11	30,3	24	27	30
25	PAP 2525 P11	26,2	25	28	25
	PAP 2530 P11	31,5	25	28	30
28	PAP 2830 P11	47,9	28	32	30

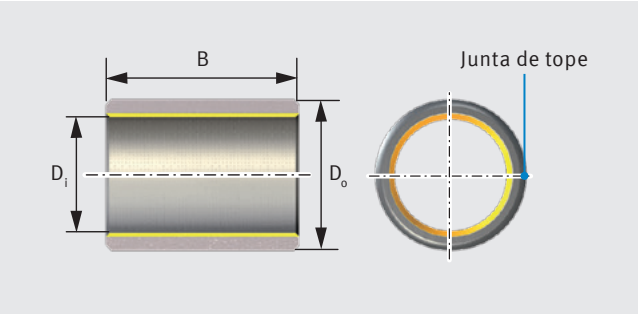
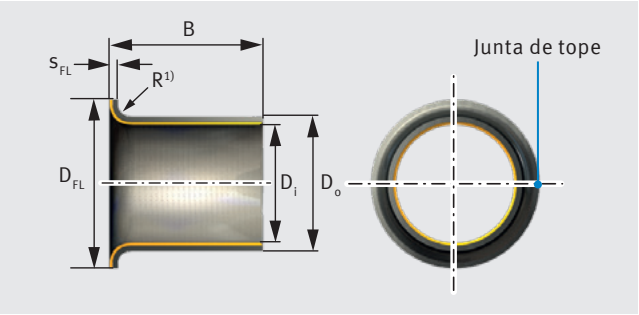


Tabla de dimensiones · continuación (dimensiones en mm)

Diámetro de eje	Designación de pedido P11	Masa g	Dimensiones D_i	D_o	B ±0,25
30	PAP 3020 P11	34,1	30	34	20
	PAP 3030 P11	51,1	30	34	30
	PAP 3040 P11	68,2	30	34	40
35	PAP 3520 P11	39,4	35	39	20
	PAP 3530 P11	59,1	35	39	30
40	PAP 4050 P11	112	40	44	50
45	PAP 4550 P11	159	45	50	50
50	PAP 5030 P11	105	50	55	30
	PAP 5040 P11	140	50	55	40
	PAP 5060 P11	211	50	55	60
55	PAP 5540 P11	154	55	60	40
60	PAP 6040 P11	167	60	65	40
	PAP 6050 P11	209	60	65	50
	PAP 6060 P11	251	60	65	60
	PAP 6070 P11	293	60	65	70
70	PAP 7050 P11	242	70	75	50
	PAP 7070 P11	339	70	75	70
80	PAP 8060 P11	331	80	85	60
	PAP 80100 P11	552	80	85	100
90	PAP 9060 P11	371	90	95	60
	PAP 90100 P11	619	90	95	100
100	PAP 10060 P11	411	100	105	60
	PAP 100115 P11	788	100	105	115

10.2 COLLARINES DE LA CAMISA KS PERMAGLIDE®, SIN MANTENIMIENTO

10.2.1 SERIE P10, P14, P147* CON DORSAL DE ACERO



[1)] Diámetro interior D_i — Radio R
- ≤ 8 mm — −0,5 mm
- › 8 mm — ± 0,5 mm
- R = s_3

Camisas con collarín con medidas especiales disponibles previa consulta (capítulo 10.8).

Tabla de dimensiones (dimensiones en mm)

Diámetro de eje	Designación de pedido P10, P14, P147*	Masa g	Dimensiones D_i	D_o	D_{FL} ±0,5	B ±0,25	s_{FL} −0,2
6	PAF 06040 ... P10/... P14/... P147*	0,9	6	8	12	4	1
	PAF 06070 ... P10/... P14/... P147*	1,4	6	8	12	7	1
	PAF 06080 ... P10/... P14/... P147*	1,6	6	8	12	8	1
8	PAF 08055 ... P10/... P14/... P147*	1,7	8	10	15	5,5	1
	PAF 08075 ... P10/... P14/... P147*	2,1	8	10	15	7,5	1
	PAF 08095 ... P10/... P14/... P147*	2,5	8	10	15	9,5	1
10	PAF 10070 ... P10/... P14/... P147*	2,5	10	12	18	7	1
	PAF 10090 ... P10/... P14/... P147*	3	10	12	18	9	1
	PAF 10120 ... P10/... P14/... P147*	3,8	10	12	18	12	1
	PAF 10170 ... P10/... P14/... P147*	5	10	12	18	17	1
12	PAF 12070 ... P10/... P14*/... P147*	3	12	14	20	7	1
	PAF 12090 ... P10/... P14*/... P147*	3,6	12	14	20	9	1
	PAF 12120 ... P10/... P14/... P147*	4,5	12	14	20	12	1
	PAF 12170 ... P10/... P14/... P147*	5,9	12	14	20	17	1
14	PAF 14120 ... P10/... P14/... P147*	5,1	14	16	22	12	1
	PAF 14170 ... P10/... P14/... P147*	6,9	14	16	22	17	1
15	PAF 15090 ... P10/... P14/... P147*	4,4	15	17	23	9	1
	PAF 15120 ... P10/... P14/... P147*	5,5	15	17	23	12	1
	PAF 15170 ... P10/... P14/... P147*	7,3	15	17	23	17	1
16	PAF 16120 ... P10/... P14/... P147*	5,8	16	18	24	12	1
	PAF 16170 ... P10/... P14/... P147*	7,8	16	18	24	17	1
18	PAF 18120 ... P10/... P14/... P147*	6,5	18	20	26	12	1
	PAF 18170 ... P10/... P14/... P147*	8,7	18	20	26	17	1
	PAF 18220 ... P10/... P14/... P147*	10,9	18	20	26	22	1
20	PAF 20115 ... P10/... P14/... P147*	11,4	20	23	30	11,5	1,5
	PAF 20165 ... P10/... P14/... P147*	15,1	20	23	30	16,5	1,5
	PAF 20215 ... P10/... P14/... P147*	18,9	20	23	30	21,5	1,5
25	PAF 25115 ... P10/... P14/... P147*	14	25	28	35	11,5	1,5
	PAF 25165 ... P10/... P14/... P147*	18,6	25	28	35	16,5	1,5
	PAF 25215 ... P10/... P14/... P147*	23,5	25	28	35	21,5	1,5
30	PAF 30160 ... P10/... P14/... P147*	30,5	30	34	42	16	2
	PAF 30260 ... P10/... P14/... P147*	45,5	30	34	42	26	2
35	PAF 35160 ... P10/... P14/... P147*	35	35	39	47	16	2
	PAF 35260 ... P10/... P14/... P147*	53	35	39	47	26	2
40	PAF 40260 ... P10/... P14/... P147*	61	40	44	53	26	2

* Previa consulta

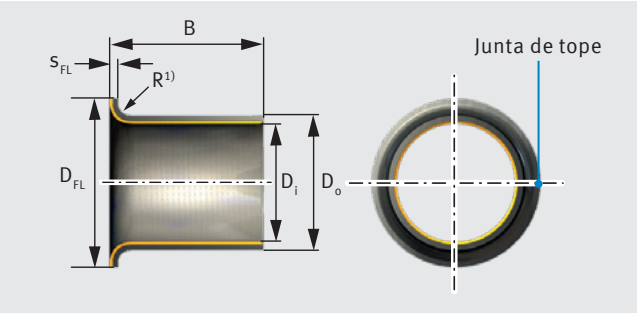
10.2.2 SERIE P11 CON DORSAL DE BRONCE

Tolerancia de montaje recomendada:

Eje	Orificio del cuerpo
f7	H7

Holguras de cojinetes, espesores de pared y tolerancias de bisel, véase el capítulo 8 “Diseño constructivo de la posición del cojinete”, apartado “Holgura teórica del cojinete”.

Camisas con collarín con medidas especiales disponibles previa consulta (cap. 10.8).



[1)] Diámetro interior D_i	Radio R
≤ 8 mm	–0,5 mm
› 8 mm	± 0,5 mm
	$R = s_3$

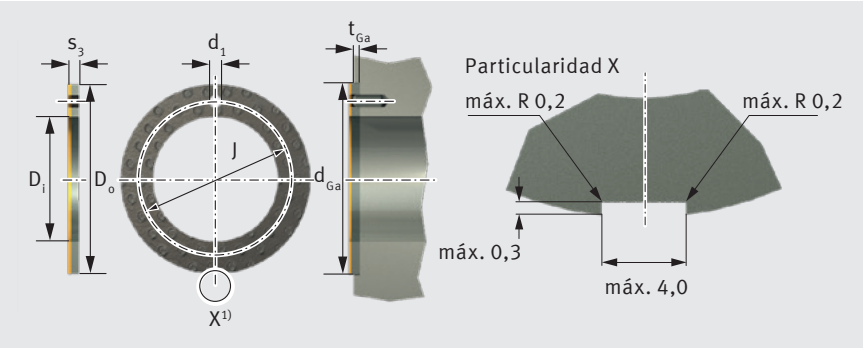
Tabla de dimensiones (dimensiones en mm)

Diámetro de eje	Designación de pedido P11	Masa g	Dimensiones D_i	D_o	D_{FL} ±0,5	B ±0,25	s_{FL} –0,2
6	PAF 06080 P11	1,8	6	8	12	8	1
8	PAF 08055 P11	1,8	8	10	15	5,5	1
	PAF 08095 P11	2,7	8	10	15	9,5	1
10	PAF 10070 P11	2,7	10	12	18	7	1
	PAF 10120 P11	4,1	10	12	18	12	1
	PAF 10170 P11	5,5	10	12	18	17	1
12	PAF 12070 P11	3,2	12	14	20	7	1
	PAF 12090 P11	3,9	12	14	20	9	1
	PAF 12120 P11	4,9	12	14	20	12	1
15	PAF 15120 P11	6	15	17	23	12	1
	PAF 15170 P11	8	15	17	23	17	1
16	PAF 16120 P11	6,3	16	18	24	12	1
18	PAF 18100 P11	6,1	18	20	26	10	1
	PAF 18220 P11	11,8	18	20	26	22	1
20	PAF 20115 P11	12,4	20	23	30	11,5	1,5
	PAF 20165 P11	16,6	20	23	30	16,5	1,5
25	PAF 25215 P11	25,5	25	28	35	21,5	1,5
30	PAF 30160 P11	33,5	30	34	42	16	2
	PAF 30260 P11	50	30	34	42	26	2
35	PAF 35260 P11	58	35	39	47	26	2
40	PAF 40260 P11	67	40	44	53	26	2

10.3 ARANDELAS DE TOPE KS PERMAGLIDE®, SIN MANTENIMIENTO

10.3.1 SERIE P10, P14, P147* CON DORSAL DE ACERO Y SERIE P11 CON DORSAL DE BRONCE

Arandelas de tope con medidas especiales previa consulta (capítulo 10.8).



1) Un máximo de 4 cortes sin guías en el diámetro exterior, posición indiferente

Tabla de dimensiones (dimensiones en mm)

Designación de pedido P10, P11, P14, P147*	Masa g	Dimensiones D_i +0,25	D_o −0,25	s_3 −0,05	J ±0,12	d_1 +0,4 +0,1	Medidas de conexión t_{Ga} ±0,2	d_{Ga} +0,12
PAW 10 ... P10/... P11/... P14/... P147*	2,7	10	20	1,5	15	1,5	1	20
PAW 12 ... P10/... P11/... P14/... P147*	3,9	12	24	1,5	18	1,5	1	24
PAW 14 ... P10/... P11*/... P14/... P147*	4,3	14	26	1,5	20	2	1	26
PAW 16 ... P10/... P11/... P14/... P147*	5,8	16	30	1,5	22	2	1	30
PAW 18 ... P10/... P11/... P14/... P147*	6,3	18	32	1,5	25	2	1	32
PAW 20 ... P10/... P11/... P14/... P147*	8,1	20	36	1,5	28	3	1	36
PAW 22 ... P10/... P11/... P14/... P147*	8,7	22	38	1,5	30	3	1	38
PAW 26 ... P10/... P11/... P14/... P147*	11,4	26	44	1,5	35	3	1	44
PAW 28 ... P10/... P11/... P14/... P147*	13,7	28	48	1,5	38	4	1	48
PAW 32 ... P10/... P11/... P14/... P147*	17,1	32	54	1,5	43	4	1	54
PAW 38 ... P10/... P11/... P14/... P147*	21,5	38	62	1,5	50	4	1	62
PAW 42 ... P10/... P11/... P14/... P147*	23,5	42	66	1,5	54	4	1	66
PAW 48 ... P10/... P11/... P14/... P147*	38,5	48	74	2	61	4	1,5	74
PAW 52 ... P10/... P11/... P14/... P147*	41	52	78	2	65	4	1,5	78
PAW 62 ... P10/... P11/... P14/... P147*	52	62	90	2	76	4	1,5	90

* Previa consulta

10.4 TIRAS KS PERMAGLIDE®, SIN MANTENIMIENTO

10.4.1 SERIE P10, P14, P147* CON DORSAL DE ACERO – SERIE P11 CON DORSAL DE BRONCE

Tiras con medidas especiales previa consulta (capítulo 10.8).

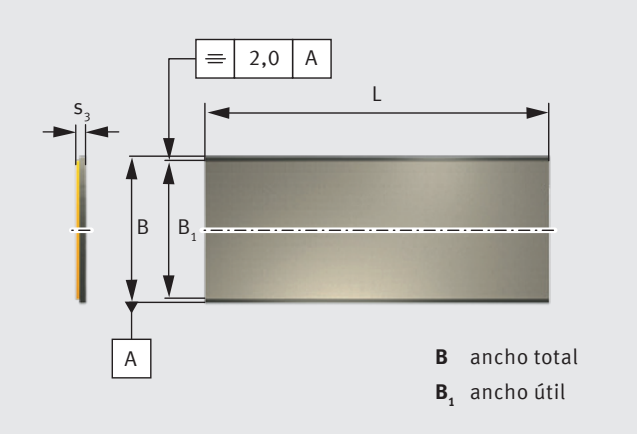


Tabla de dimensiones (dimensiones en mm)					
Designación de pedido P10, P14, P147	Masa g	Dimensiones s_3 −0,04	B +1,5	B_1	L +3
PAS 05180 ... P10/... P14/... P147*	330	0,5	180	168	500
PAS 07250 ... P10/... P14/... P147*	703	0,75	250	238	500
PAS 10250 ... P10/... P14/... P147*	948	1	250	238	500
PAS 15250 ... P10/... P14/... P147*	1439	1,5	250	238	500
PAS 20250 ... P10/... P14/... P147*	1930	2	250	238	500
PAS 25250 ... P10/... P14/... P147*	2420	2,5	250	238	500
PAS 30250 ... P10/... P14/... P147*	2970	3,06	250	238	500

Tabla de dimensiones (dimensiones en mm)					
Designación de pedido P11	Masa g	Dimensiones s_3 −0,04	B +1,5	B_1	L +3
PAS 10160 P11	658	1	160	148	500
PAS 15180 P11	1132	1,5	180	168	500
PAS 20180 P11	1523	2	180	168	500
PAS 25180 P11	1915	2,5	180	168	500

* Previa consulta

10.5 CAMISAS KS PERMAGLIDE®, DE BAJO MANTENIMIENTO

10.5.1 SERIE P20, P200

Tolerancia de montaje recomendada:

Eje	Orificio del cuerpo
h8	H7

Holguras de cojinetes, espesores de pared y tolerancias de bisel, véase el capítulo 8 “Diseño constructivo de la posición del cojinete”, apartado “Holgura teórica del cojinete”.

Deformación del orificio de engrase por la flexión circular permitida.

Camisas P22, P23, P202 y P203 previa consulta. Camisas con medidas especiales previa consulta (capítulo 10.8).

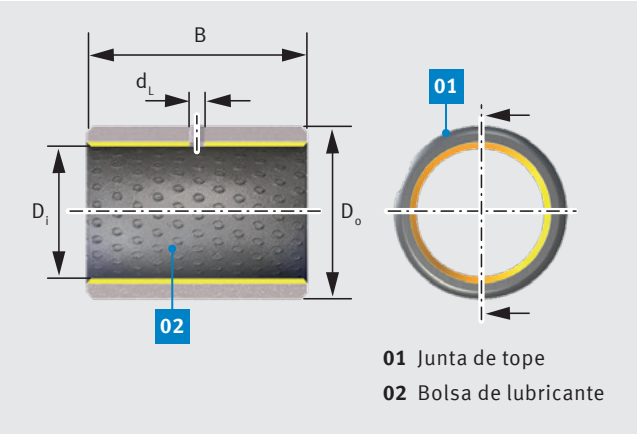


Tabla de dimensiones (dimensiones en mm)

Diámetro de eje	Designación de pedido P20, P200*	Masa g	Dimensiones D_i	D_o	B ±0,25	d_L
8	PAP 0808 ... P20/... P200*	1,6	8	10	8	– [1]
	PAP 0810 ... P20/... P200*	2	8	10	10	– [1]
	PAP 0812 ... P20/... P200*	2,4	8	10	12	– [1]
10	PAP 1008 ... P20/... P200*	2	10	12	8	– [1]
	PAP 1010 ... P20/... P200*	2,4	10	12	10	3
	PAP 1015 ... P20/... P200*	3,7	10	12	15	3
12	PAP 1210 ... P20/... P200*	2,9	12	14	10	3
	PAP 1212 ... P20/... P200*	3,5	12	14	12	3
	PAP 1215 ... P20/... P200*	4,4	12	14	15	3
	PAP 1220 ... P20/... P200*	5,9	12	14	20	3
14	PAP 1420 ... P20/... P200*	6,8	14	16	20	3
15	PAP 1510 ... P20/... P200*	3,6	15	17	10	3
	PAP 1515 ... P20/... P200*	5,4	15	17	15	3
	PAP 1525 ... P20/... P200*	9	15	17	25	3
16	PAP 1612 ... P20/... P200*	4,6	16	18	12	3
	PAP 1615 ... P20/... P200*	5,7	16	18	15	3
	PAP 1620 ... P20/... P200*	7,7	16	18	20	3
18	PAP 1815 ... P20/... P200*	6,4	18	20	15	3
	PAP 1820 ... P20/... P200*	8,6	18	20	20	3
20	PAP 2015 ... P20/... P200*	11,2	20	23	15	3
	PAP 2020 ... P20/... P200*	15	20	23	20	3
	PAP 2025 ... P20/... P200*	18,8	20	23	25	3
	PAP 2030 ... P20/... P200	23,1	20	23	30	3
22	PAP 2220 ... P20/... P200*	16,4	22	25	20	3

[1] Sn agujero de engrase
* Previa consulta

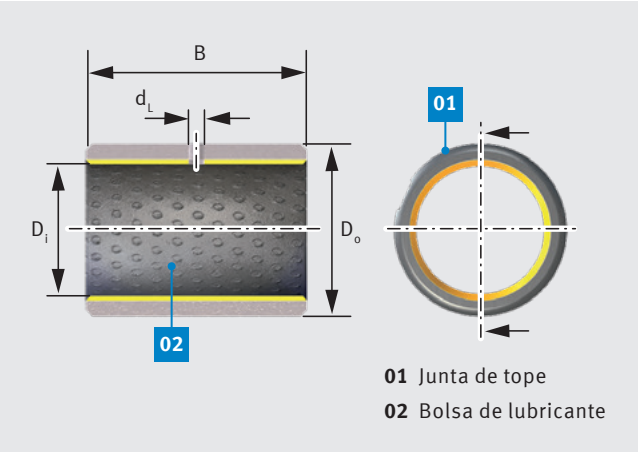


Tabla de dimensiones · continuación (dimensiones en mm)

Diámetro de eje	Designación de pedido P20, P200*	Masa g	Dimensiones D_i	D_o	B ±0,25	d_L
25	PAP 2515 ... P20/... P200*	13,9	25	28	15	4
	PAP 2520 ... P20/... P200*	18,5	25	28	20	4
	PAP 2525 ... P20/... P200*	23,1	25	28	25	4
	PAP 2530 ... P20/... P200*	27,8	25	28	30	4
28	PAP 2830 ... P20/... P200*	42,6	28	32	30	4
30	PAP 3020 ... P20/... P200*	30,3	30	34	20	4
	PAP 3025 ... P20/... P200*	37,8	30	34	25	4
	PAP 3030 ... P20/... P200*	45,4	30	34	30	4
	PAP 3040 ... P20/... P200*	60,6	30	34	40	4
32	PAP 3230 ... P20/... P200*	48,2	32	36	30	4
35	PAP 3520 ... P20/... P200*	35	35	39	20	4
	PAP 3530 ... P20/... P200*	52,5	35	39	30	4
	PAP 3550 ... P20/... P200*	87,5	35	39	50	4
40	PAP 4020 ... P20/... P200*	39,7	40	44	20	4
	PAP 4030 ... P20/... P200*	59,6	40	44	30	4
	PAP 4040 ... P20/... P200*	79,5	40	44	40	4
	PAP 4050 ... P20/... P200*	99,3	40	44	50	4
45	PAP 4540 ... P20/... P200*	113	45	50	40	5
	PAP 4550 ... P20/... P200*	142	45	50	50	5
50	PAP 5025 ... P20/... P200*	78	50	55	25	5
	PAP 5040 ... P20/... P200*	125	50	55	40	5
	PAP 5060 ... P20/... P200*	188	50	55	60	5
55	PAP 5540 ... P20/... P200*	137	55	60	40	5
60	PAP 6030 ... P20/... P200*	112	60	65	30	6
	PAP 6040 ... P20/... P200*	142	60	65	40	6
	PAP 6060 ... P20/... P200	224	60	65	60	6
	PAP 6070 ... P20/... P200*	254	60	65	70	6
70	PAP 7040 ... P20/... P200*	173	70	75	40	6
	PAP 7050 ... P20/... P200*	216	70	75	50	6
	PAP 7070 ... P20/... P200*	303	70	75	70	6
75	PAP 7540 ... P20/... P200*	185	75	80	40	6
	PAP 7580 ... P20/... P200*	370	75	80	80	6
80	PAP 8040 ... P20/... P200*	197	80	85	40	6
	PAP 8055 ... P20/... P200*	271	80	85	55	6
	PAP 8060 ... P20/... P200*	295	80	85	60	6
	PAP 8080 ... P20/... P200*	394	80	85	80	6
90	PAP 9060 ... P20/... P200*	331	90	95	60	6
100	PAP 10050 ... P20/... P200*	305	100	105	50	8
	PAP 10060 ... P20/... P200*	366	100	105	60	8

* Previa consulta

10.6 ARANDELAS DE TOPE KS PERMAGLIDE®, DE BAJO MANTENIMIENTO

10.6.1 SERIE P20, P200

Arandelas de tope de P22, P23, P202 y P203 previa consulta.
Arandelas de tope con medidas especiales disponibles previa consulta (capítulo 10.8).

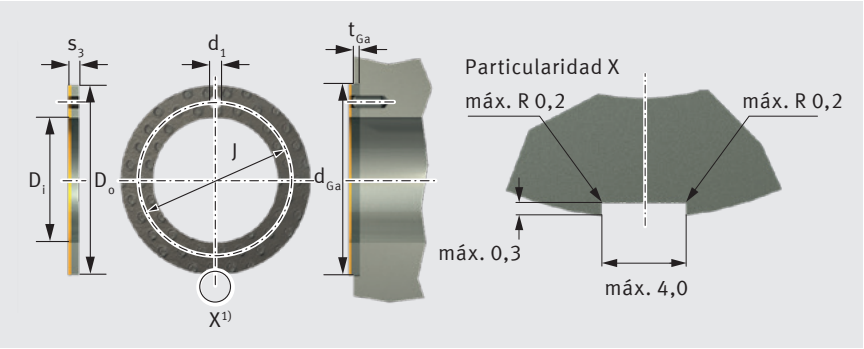


Tabla de dimensiones (dimensiones en mm)

Designación de pedido P20, P200*	Masa g	Dimensiones D_i +0,25	D_o −0,25	s_3 −0,05	J ±0,12	d_1 +0,4 +0,1	Medidas de conexión t_{Ga} ±0,2	d_{Ga} +0,12
PAW 12 ... P20/... P200*	3,8	12	24	1,5	18	1,5	1	24
PAW 14 ... P20/... P200*	4,2	14	26	1,5	20	2	1	26
PAW 18 ... P20/... P200*	6,1	18	32	1,5	25	2	1	32
PAW 20 ... P20/... P200*	7,8	20	36	1,5	28	3	1	36
PAW 22 ... P20/... P200*	8,4	22	38	1,5	30	3	1	38
PAW 26 ... P20/... P200*	11	26	44	1,5	35	3	1	44
PAW 28 ... P20/... P200*	13,3	28	48	1,5	38	4	1	48
PAW 32 ... P20/... P200*	16,5	32	54	1,5	43	4	1	54
PAW 38 ... P20/... P200*	21	38	62	1,5	50	4	1	62
PAW 42 ... P20/... P200*	22,5	42	66	1,5	54	4	1	66
PAW 48 ... P20/... P200*	37,5	48	74	2	61	4	1,5	74
PAW 52 ... P20/... P200*	40	52	78	2	65	4	1,5	78

[1] Un máximo de 4 cortes sin guías en el diámetro exterior, posición indiferente
* Previa consulta

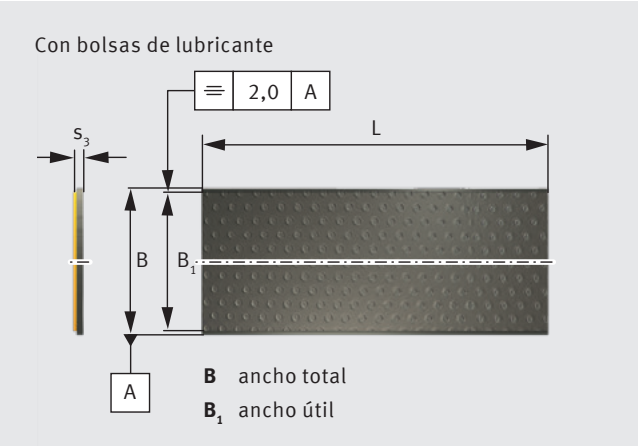
10.7 TIRAS KS PERMAGLIDE®, DE BAJO MANTENIMIENTO

10.7.1 SERIE P20, P200

P20 on bolsa de lubricante, listo para el montaje
P22 sin bolsa de lubricante, con sobreespesor de mecanización [1)]
P23 sin bolsa de lubricante, listo para el montaje
P200 con bolsa de lubricante, listo para el montaje
P202 sin bolsa de lubricante, con sobreespesor de mecanización [1)]
P203 sin bolsa de lubricante, listo para el montaje

Tiras P22, P23, P200, P202 y P203 previa consulta.

Tiras con medidas especiales previa consulta (capítulo 10.8).



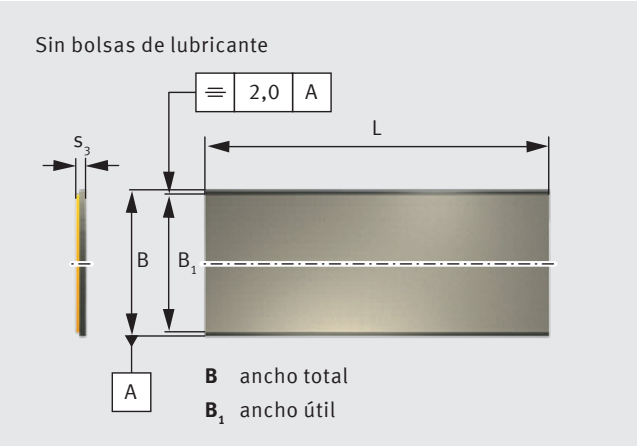


Tabla de dimensiones (dimensiones en mm)

Designación de pedido P20, P200, P23, P203	Masa g	Dimensiones s_3 −0,04	B +1,5	B_1	L +3
PAS 10180 ... P20/... P200/... P23/... P203	640	0,99	180	168	500
PAS 15180 ... P20/... P200/... P23/... P203	986	1,48	180	168	500
PAS 20180 ... P20/... P200/... P23/... P203	1332	1,97	180	168	500
PAS 25180 ... P20/... P200/... P23/... P203	1678	2,46	180	168	500

Tabla de dimensiones (dimensiones en mm)

Designación de pedido P22, P202	Masa g	Dimensiones s_3 −0,04	B +1,5	B_1	L +3
PAS 10180 ... P22/... P202	988	1,11	180	168	500
PAS 15180 ... P22/... P202	1375	1,61	180	168	500
PAS 20180 ... P22/... P202	1833	2,11	180	168	500
PAS 25180 ... P22/... P202	2279	2,63	180	168	500

Entrega previa consulta.

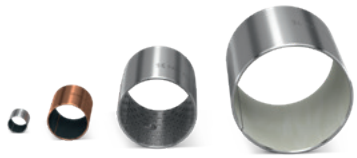
[1)] Sobreespesor de mecanización: 0,15 mm.

10.8 COJINETES KS PERMAGLIDE®, FABRICACIÓN ESPECIAL SEGÚN LA ESPECIFICACIÓN DEL CLIENTE

Motorservice fabrica cojinetes KS Permaglide® con ancho o diámetro individual, así como adaptaciones especiales, como orificios de engrase o ranuras internas.

- Las fabricaciones especiales están disponibles en todos los materiales estándar: P10/P11/P14/P147, P20/P22/P23/P200/P202/P203
- Materiales especiales previa solicitud
- El acabado se realiza según los más altos estándares de calidad, con tolerancias según DIN ISO 3547.
- Aproveche nuestra larga experiencia en materiales y métodos de producción de cojinetes de fricción KS Permaglide®.

Nuestro equipo de ventas y distribución estará encantado de asesorarle sobre fabricaciones especiales y soluciones individuales para sus aplicaciones.

Posibles especificaciones	Cojinetes de fabricación especial	Mecanización
	Ancho individual, diámetro de 8 a 160 mm.	Acortamiento o partición de cojinetes estándar (casquillos de cojinete y camisas con collarín)
	Diámetro individual, dimensiones intermedias de 80 a 650 mm de diámetro.	Chapas de cojinetes torneadas con rodillos.
	Cojinetes con escotaduras, como por ejemplo • taladros de orificio redondo • taladros de orificio • longitudinal • taladros de lubricación • ranuras internas • etc.	Fresado de cojinetes estándar o fabricaciones especiales, acabado según sus dibujos.
	Medida de collarín y espesores de pared individualizados, formas especiales. En función de las necesidades también pueden emplearse diferentes materiales para el collarín y la parte cilíndrica de los casquillos con collarín.	Casquillos con collarín soldados.
	Formas y medidas individualizadas, contorno de filigrana, piezas de flexión, semicojinetes, elementos deslizantes esféricos, componentes específicos del cliente.	Corte de precisión y mecanizado de chapa.
	Formas especiales con orificios de fijación, escotaduras, elementos de forma y desliza-miento individualizados.	Realización de recortes, taladrado y rebajado, contorneo y punzonado de piezas moldeadas, conformación por flexión, canteo y embutición profunda.

11 MÉTODOS DE COMPROBACIÓN

11.1 COMPROBACIÓN DE CAMISAS LAMINADAS

Al contrario que con una sección de tubo cilíndrica, una camisa laminada se fabrica remoldeando un segmento de material plano. Por eso contiene una junta de tope que, en estado libre, puede estar abierta. La camisa laminada consigue una junta de tope cerrada, así como la exactitud de medida y de forma después de insertarse a presión en la carcasa del cojinete. Antes del montaje, el diámetro exterior D_o y el diámetro interior D_i de las camisas laminadas solamente se pueden determinar con métodos de comprobación y dispositivos de comprobación especiales.

Diámetro exterior de la camisa D_o

Comprobación A, DIN ISO 3547 parte 2

Aquí se inserta la camisa laminada con la junta de tope hacia arriba en una carcasa de comprobación de dos piezas con un diámetro de medición definido d_{ch}. La carcasa de comprobación está sometida a una carga de la fuerza de comprobación F_{ch}. La distancia z entre las mitades de la matriz se modifica debido a la fuerza de comprobación. A partir del valor de medición Δz se calcula entonces el diámetro de la camisa D_o.

Comprobación D, DIN ISO 3547 parte 2

Las camisas laminadas con un diámetro exterior D_o > 180 mm se comprueban con una cinta métrica de precisión. La cinta métrica se coloca alrededor del centro de la camisa y se aplica la tensión necesaria hasta que se cierre la junta de tope. El valor de medición del perímetro Δz muestra la diferencia entre el mandril de ajuste y la camisa. A partir de dicho valor se calcula el diámetro exterior de la camisa D_o.

Diámetro interior de la camisa D_i

Comprobación C calibrada, DIN ISO 3547 parte 2

La camisa laminada se inserta a presión un anillo calibrador cuyo diámetro de comprobación se determina según DIN ISO 3547 parte 1, Tab. 5. El diámetro interior de la camisa D_i se comprueba mediante un calibre macho “no pasa” o una sonda de 3 puntos.

Comprobación del espesor de la pared en las camisas laminadas (según convenio)

La comprobación del espesor de la pared está determinada en la norma DIN ISO 12036. El espesor de la pared de la camisa s_3 se comprueba, en función de la anchura de buje B, en una, dos o tres líneas de medición. Según convenio se puede llevar a cabo la comprobación según la norma:

ATENCIÓN

El espesor de pared s_3 y el diámetro interior de la camisa no pueden indicarse simultáneamente como medida de comprobación.

NOTA

Los datos de la comprobación de camisas laminadas describen de forma general los procesos más importantes. Sirven únicamente a título informativo. El procedimiento exacto se determina en las normas actuales correspondientes. Estas normas se deben aplicar exclusivamente para determinar la calidad dimensional y funcional de las camisas laminadas.

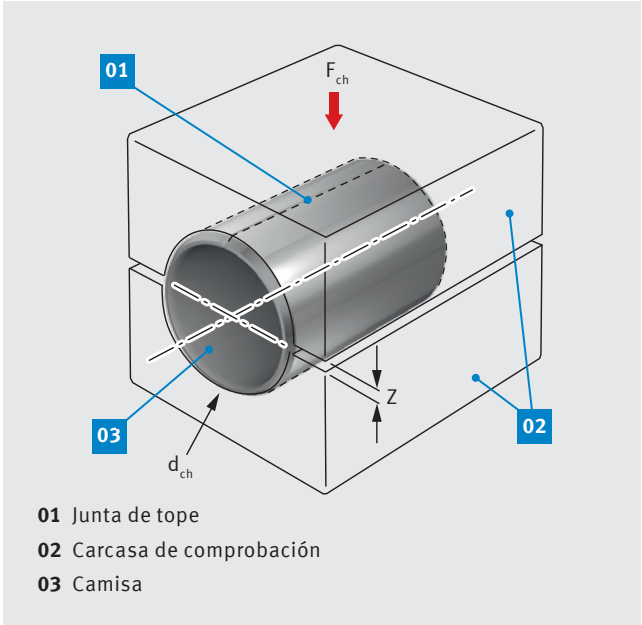


Fig. 64: Comprobación del diámetro exterior de la camisa D_o

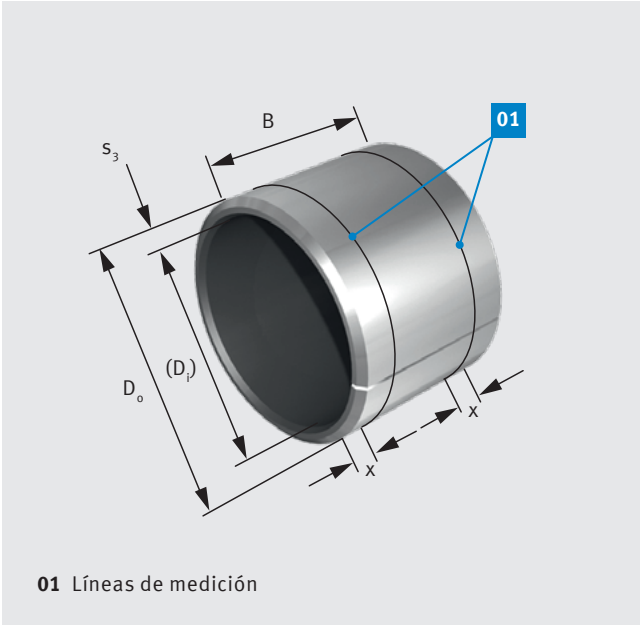


Fig. 65: Líneas de medición para la comprobación del espesor de la pared (ejemplo)

11.2 MECANIZAR LA CAPA DE DESLIZAMIENTO

La capa de deslizamiento de KS Permaglide® P22 y P202 tienen un sobreespesor de mecanización de aprox. 0,15 mm. Se puede mecanizar girando, taladrando o por fricción, para:

- alcanzar menores tolerancias de holgura
- igualar errores de alineación

Se ha probado la eficacia del giro y el taladrado con:

- corte en seco
- velocidades de corte entre 100 y 150 m/min
- avance de 0,05 mm/U
- espesor máximo de viruta 0,1 mm
- herramienta de metal duro (Fig. 66)

ATENCIÓN

- En caso de temperaturas de mecanizado superiores a los 140 °C existe riesgo para la salud.
- Las virutas P22 contienen plomo. El plomo es nocivo.
- Pueden aparecer modificaciones del color de la capa de deslizamiento de polímero debido a una radiación de mucha energía, p. ej., luz ultravioleta. Para proteger las superficies, debe evitarse la exposición a una irradiación solar directa.
- Un mayor desgaste reduce la vida útil.
- La mecanización inapropiada tiene una influencia negativa sobre la vida útil y la capacidad de carga.
- Después de la mecanización se tienen que limpiar las piezas.

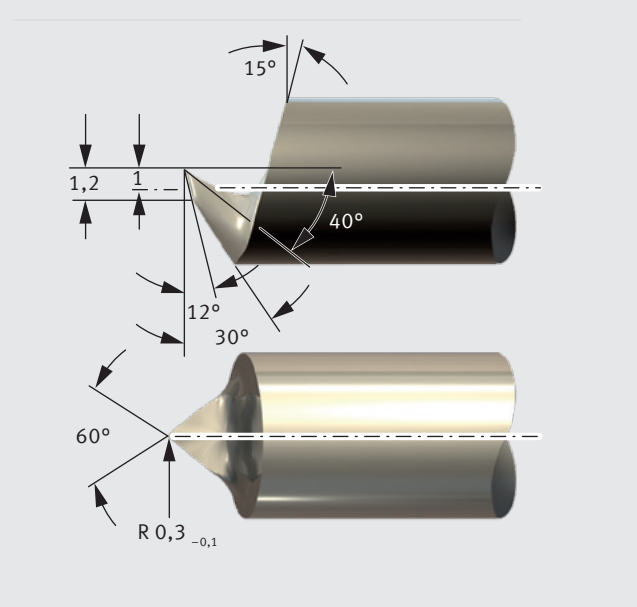


Fig. 66: Herramienta de corte para KS Permaglide® P22 y P202

CUESTIONES MEDIOAMBIENTALES, SEGURIDAD LABORAL, BIBLIOGRAFÍA

ESTADO A LA ENTREGA, ALMACENAJE

Estado a la entrega

- embalado en una bolsa en un cartón o
- embalado en cartón.

Conservación

Los cojinetes KS Permaglide® se deberían almacenar:

- en un lugar limpio y seco
- a una temperatura lo más constante posible
- con humedad relativa del aire máxima de 65 %.

ATENCIÓN

Mantener cerrados los embalajes. Los cojinetes KS Permaglide® se deben dejar en el embalaje original hasta inmediatamente antes del montaje.

CUESTIONES MEDIOAMBIENTALES, SEGURIDAD LABORAL

Por propio interés, se deberían tener en cuenta las disposiciones legales y los reglamentos vigentes

- sobre el medio ambiente
- sobre seguridad laboral y similares.

BIBLIOGRAFÍA

/1/ Damm, Höne, Reinicke, Skiadas: Gleitlager im Automobil (Cojinetes en el automóvil). Editorial Moderne Industrie, volumen 322, 2009

/2/ Berger: Untersuchungen an wartungsfreien Verbundgleitlagern (Pruebas en cojinetes multicapa sin mantenimiento). Editorial Shaker, Aquisgrán, 2000

Más literatura:

- Broichhausen: Schadenskunde, Analyse und Vermeidung von Schäden (Conocimientos sobre averías, análisis y prevención de averías). Editorial Hanser, Múnich, Viena, 1985
- Stork: Lebensdauervorhersage wartungsfreier, dynamisch belasteter Verbundgleitlager mit Hilfe neuronaler Netze (Predicción de la vida útil de cojinetes multicapa sin mantenimiento con carga dinámica, con ayuda de redes neuronales) Editorial Shaker, Aquisgrán, 2003

HEADQUARTERS:
MS Motorservice International GmbH
Wilhelm-Maybach-Straße 14–18
74196 Neuenstadt, Germany
www.ms-motorservice.com

MS Motorservice Aftermarket Iberica, S.L.
Barrio de Matiena
San Prudentzio 12
48220 Abadiano/Vizcaya, España
Teléfono: +34 94 6205-530
Telefax: +34 94 6205-476
www.ms-motorservice.es

www.permaglide.com
© MS Motorservice Deutschland GmbH – 50003863-04 – ES – 02/16 (082019)

4 028977 849145