

## Todos tenemos muchas cosas en común, ya sea que las veamos o no

***En tanto mis antecedentes y experiencia se registran en la gestión de operaciones y producción para la industria papelera europea, donde trabajé para algunos de los mayores fabricantes de papel y tisú, después de incorporarme a SKF como consultor de procesos tuve la oportunidad de ampliar mi horizonte. Desde que me trasladé a Asia hace un par de años, disfruté viendo cómo se trabaja en las distintas fábricas y países de esta región.***

Es fascinante ver cómo las distintas fábricas gestionan sus procesos de producción y la disponibilidad de sus equipos. A veces las diferencias son muy marcadas, aunque con frecuencia también me sorprenden las similitudes. La modificación de las prioridades diarias y los problemas de la sección secado, que afectan la producción, parecen ser bastante universales, por ejemplo.

Recuerdo haber participado en una reunión gerencial hace algunos años, en una fábrica donde trabajaba, escuchando lo contentos que estaban todos porque se había perdido solo un día de producción debido a la falla de un rodamiento en un cilindro Yankee. Recuerdo que pensé que la falla no debería haberse producido en

absoluto, y también pensé qué se podía hacer para evitarla, en primer lugar. Sin embargo, la prioridad había sido poner en marcha la producción otra vez, lo más rápidamente posible, y, para ser justos, el equipo humano hizo un trabajo realmente bueno. Sin embargo, no consideraron cuál podía y debía ser la vida de servicio del rodamiento, ni pensaron en el necesario análisis de causa raíz, para evitar que la falla se repitiera. Por supuesto, habían pasado al próximo punto de la lista de prioridades diarias.

El tema de esta edición de la newsletter y de la próxima se refiere a los rodamientos para cilindros secadores y Yankee. Cubriremos todas las condiciones operativas, los problemas y nuestras recomendaciones para tratarlos. Espero que estos newsletters le resulten interesantes y útiles, incluso si no lo ayudan con sus prioridades diarias.

Saludos,  
Andy Cross,  
Consultor de Procesos, Segmento Celulosa & Papel  
[andrew.cross@skf.com](mailto:andrew.cross@skf.com)



# Rodamientos para cilindros secadores y Yankee – Su lubricación (Parte 1)

Los ingenieros de SKF que trabajan en fábricas de papel reciben muchas consultas respecto del juego (o huelgo) de los rodamientos, el tratamiento térmico del aro interior y la lubricación para aplicaciones de cilindros secadores y Yankee. En realidad, después de los problemas relacionados con corrosión y contaminación provenientes del agua del proceso en la sección húmeda, éstas son probablemente las cuestiones más comunes que deben tratar. Como tal, esta edición de *Prácticas de Celulosa & Papel de SKF* se centrará en esos problemas. Es un tema amplio, de modo que para cubrir esta materia con suficiente profundidad, también le dedicaremos la próxima edición.

## Condiciones operativas de los rodamientos

Desde la perspectiva de los rodamientos, las aplicaciones de cilindros secadores y Yankee son bastante similares. Los rodamientos no rotan a altas velocidades y no tienen cargas pesadas. Sin embargo, el vapor que se utiliza para calentar los cilindros crea algunos desafíos.

El vapor que pasa a través del orificio del muñón en el cual se montan los rodamientos (→ **fig. 1**) causa la expansión térmica radial y axial del muñón y del cilindro.

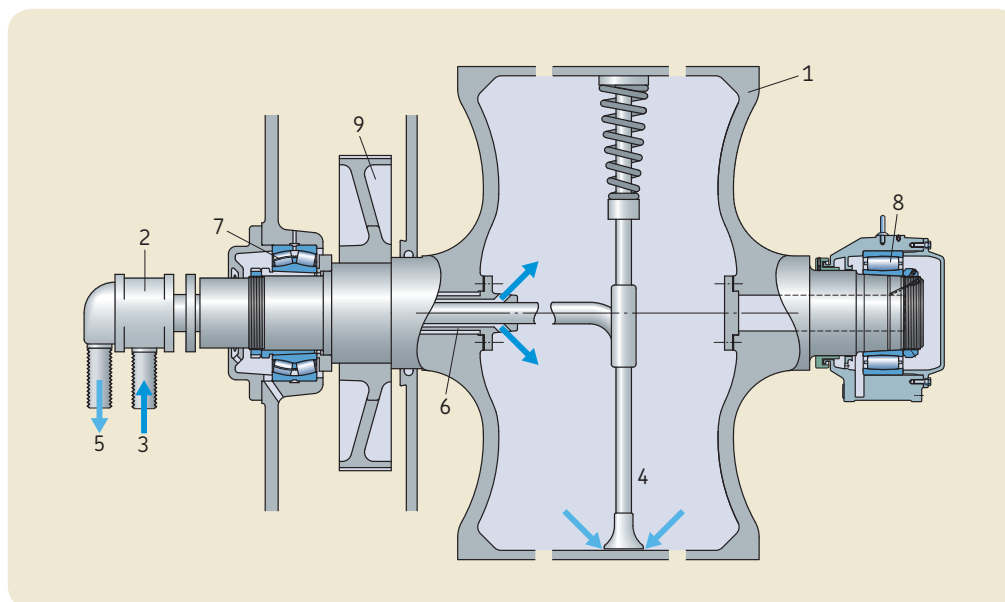
La expansión térmica axial crea la necesidad de un rodamiento o soporte que pueda admitir una expansión axial del muñón relativamente grande, en relación con el bastidor del equipo, lado frontal.

A medida que el vapor calienta también muñones y rodamientos, y dado que la temperatura de los primeros se incrementará más que la de los segundos, los aros interiores del rodamiento tienen que poder tolerar la expansión radial. Esto crea tensiones adicionales en los aros interiores, además de las que se originan al montarlos con un ajuste apretado en el asiento. Debido a la diferencia de temperatura entre los aros interiores y exteriores de los rodamientos, se requiere un juego radial interno mayor que el normal para mantener algún juego y evitar la precarga.

La máxima reducción de juego interno y de tensión del aro interno se experimenta durante el arranque de una máquina fría. Las figuras (→ **fig. 2, 3, 5 y 6**) muestran la distribución de la temperatura calculada sobre la sección transversal de una disposición durante el arranque. Estos resultados se probaron con relación a un cilindro secador real – en el cual se monitoreaban las temperaturas y se confirmaron para flujos de aceite de entre uno y dos litros por minuto, con desvíos leves a velocidades de flujo de aceite altas y bajas. El rodamiento en nuestro modelo de simulación es un rodamiento de rodillos a rótula 23052 CCK/C4W33 con una velocidad rotacional de 130 rpm y velocidad de flujo de aceite de de 2 l/min. Nuestro modelo asume una temperatura del vapor de 180 °C (356 °F) durante el arranque y 130 °C (266 °F) bajo condiciones operativas normales.

Con la distribución de temperatura que se muestra en la **fig. 2**, la tensión del anillo en el aro interior se incrementa aproximadamente 60%, es decir, casi 220 Mpa en vez de 136 Mpa después del montaje.

Fig. 1 A Disposición típica de rodamientos para cilindro secador.



### Drying cylinder arrangement

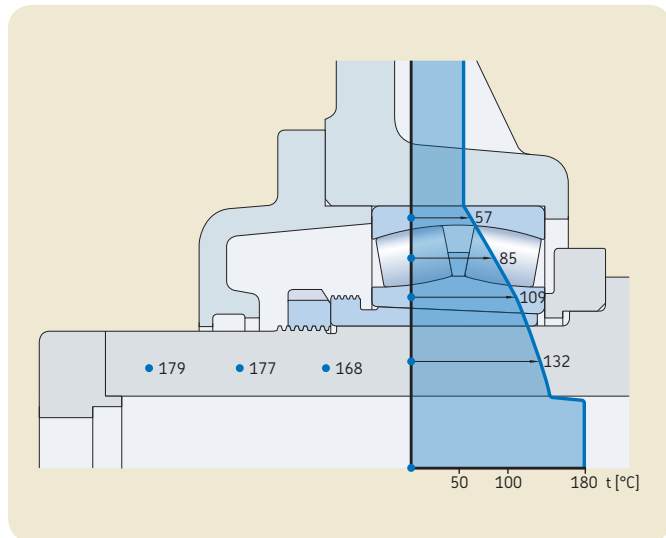
- 1 Cilindro secador
- 2 Junta para vapor
- 3 Toma de vapor
- 4 Sifón
- 5 Condensación
- 6 Aislación del muñón
- 7 Rodamiento del lado accionamiento
- 8 Rodamiento frontal
- 9 Transmisión por engranajes

El juego radial interno del rodamiento se reduce 0,28 mm en la **fig. 2** y 0,12 mm en la **fig. 3**. Un rodamiento con juego radial interno clase C4 puede funcionar con precarga durante el arranque. Esto no necesariamente afecta la función del rodamiento, pero cuando se elimina el juego radial interno, se puede notar la presencia de cualquier error de forma del soporte y del asiento del eje, etc. -que se compensan generalmente con el juego radial del rodamiento. Esto puede tener un efecto negativo en la vida del rodamiento y dañarlo.

Si, en nuestro ejemplo, la temperatura del aro interior del rodamiento es casi 107–109 °C (225–228 °F), debemos recordar que en los casos en que el vapor supera los 170 °C (338 °F) durante la operación normal, sin aislación del muñón, podemos agregar aproximadamente 20 °C (68 °F) a la temperatura del aro interior del rodamiento.

A medida que el vapor calienta el rodamiento, también se incrementa la temperatura del lubricante, y existe una diferencia significativa entre la viscosidad cinemática del aceite en condiciones de calor y frío.

**Fig. 2** Distribución de temperatura 15 a 30 minutos después del arranque sin aislación del muñón.



La transferencia de calor a los rodamientos se reduce debido a un espacio de aire situado entre el orificio del muñón y la cañería a través de la cual pasa el vapor (→ **fig. 4**). Nótese que hay también un espacio de aire en el extremo del muñón, y que sin esto las temperaturas que muestran las **fig. 5** y **6** serían mayores.

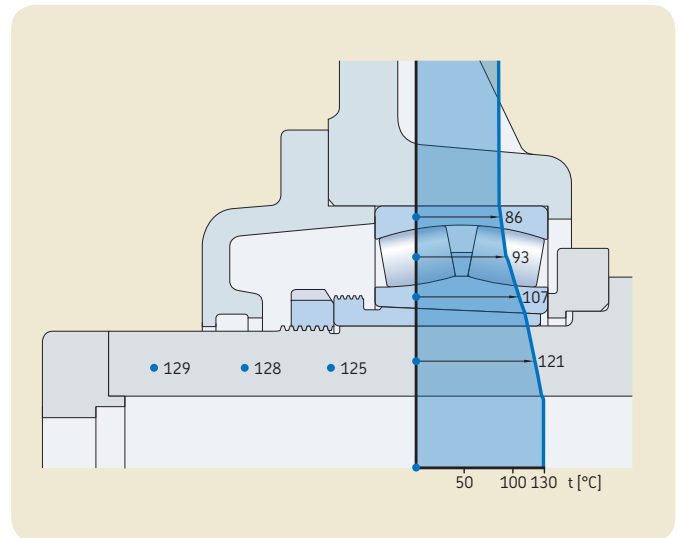
Al aislar el orificio y el extremo del muñón, las temperaturas de los rodamientos se pueden reducir aproximadamente 35 °C (95 °F). Esto tiene un efecto enorme sobre el lubricante, en términos de espesor de película de aceite y vida de servicio.

## Problemas principales

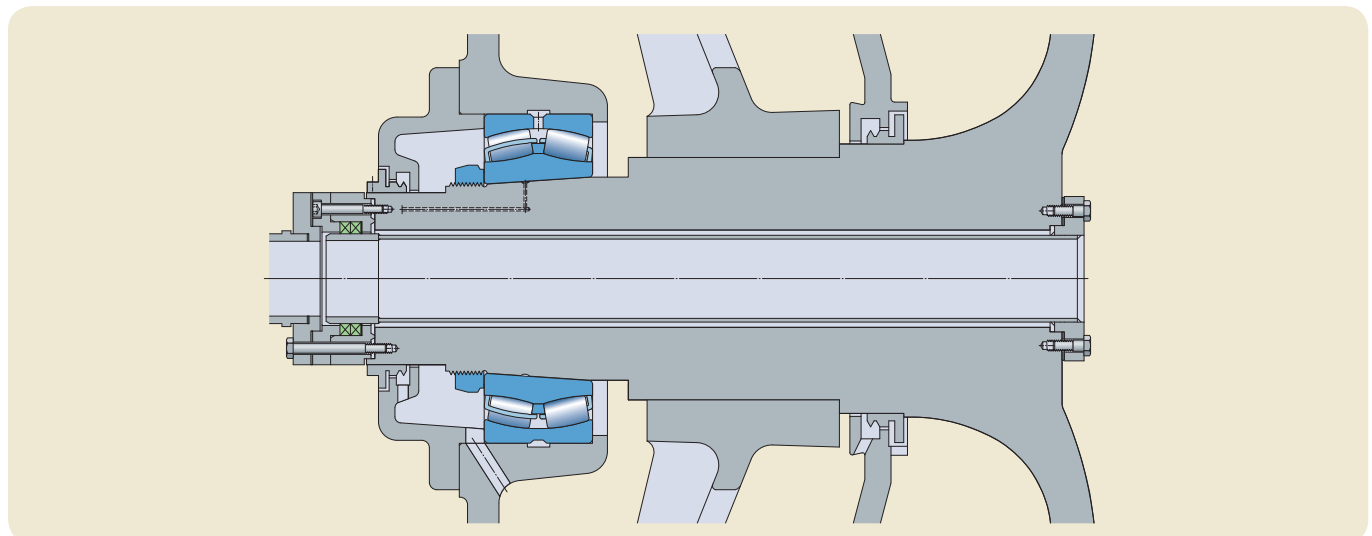
Existen una cantidad de cuestiones que pueden causar problemas en las aplicaciones de cilindros secadores y Yankee:

- 1 Oxidación prematura del aceite lubricante, que se convierte en un lodo negro y pegajoso, o hasta carbón. A esto lo denomino "la muerte negra" (→ **fig. 7** and **8**). Puede estar causada por aceite

**Fig. 3** Distribución de temperatura durante operación normal sin aislación del muñón.

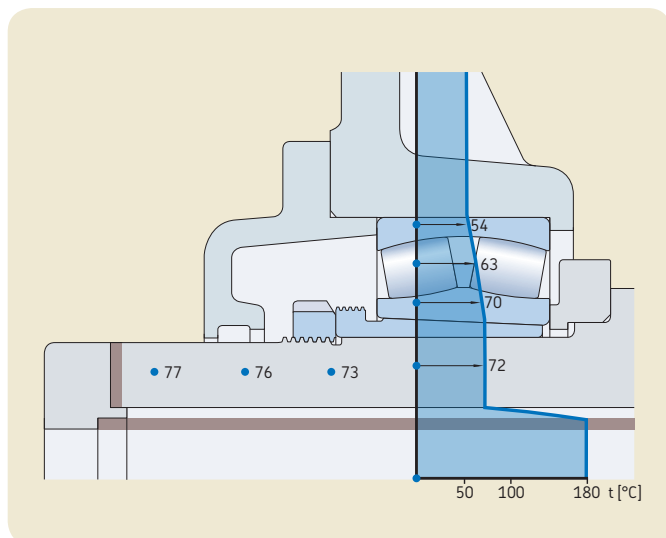


**Fig. 4** Aislación por espacio de aire en el lado de accionamiento de un cilindro secador.



- no adecuado, por flujos de aceite demasiado bajos, temperaturas demasiado altas, contaminación que acelera la oxidación, etc.
- 2 Reducción del flujo de aceite en las fábricas, debido a fugas que con frecuencia ocurren porque las cañerías de retorno se ensucian y crean alta resistencia al flujo.
  - 3 Uso de aceite no adecuado. Muchos de los productos que se venden como aceites para equipos de la sección secado de las papeles no pasan las pruebas de SKF. Estas pruebas las desarrolló SKF a fines de la década de 1980 para ensayar y aprobar nuevos paquetes de aceites y aditivos para las condiciones operativas que se encuentran en los equipos de las fábricas de papel. Los aceites inadecuados envejecen rápidamente y se vuelven agresivos para el acero del rodamiento.
  - 4 Contaminación líquida debido a la condensación, los lavados a alta presión, fuga por junta para vapor/sifón estacionario. Una cuestión aquí es que la mayoría de los separadores aceite/agua en línea no son lo suficientemente eficientes para evacuar toda el agua que proviene de fuga por junta para vapor/sifón estacionario. El resultado es el desequilibrio, es decir, entra más agua al sistema que la que se puede eliminar.
  - 5 Problemas de grietas en el aro interno del rodamiento. Esto sucede con mayor frecuencia durante el arranque, cuando el muñón tiene mucha más temperatura que el aro interior del rodamiento. La grieta comienza típicamente en una posición donde ya hay algún tipo de daño, como una abolladura, microgrieta por fatiga subsuperficial, descascarillado o corrosión. Comienza a partir del daño en el camino de rodadura o en el orificio. Algunos tratamientos térmicos para el acero de rodamientos son más sensibles que otros. No creo que los rodamientos cementados sean la única solución. Muchos clientes han utilizado los rodamientos cementados SKF durante muchos años y sin problemas. Habiendo dicho esto, algunos tipos de tratamiento térmico no deberían utilizarse para rodamientos de cilindros secadores.
  - 6 Temperaturas demasiado elevadas. Esto se debe por lo general a que son equipos antiguos, sin aislación para los muñones de cilindros secadores, a los que se acelera para producir más papel. En vez de agregar más cilindros secadores y/o de incrementar la eliminación de agua en la sección prensa, se incrementa la temperatura del vapor sin agregarle aislación al muñón.

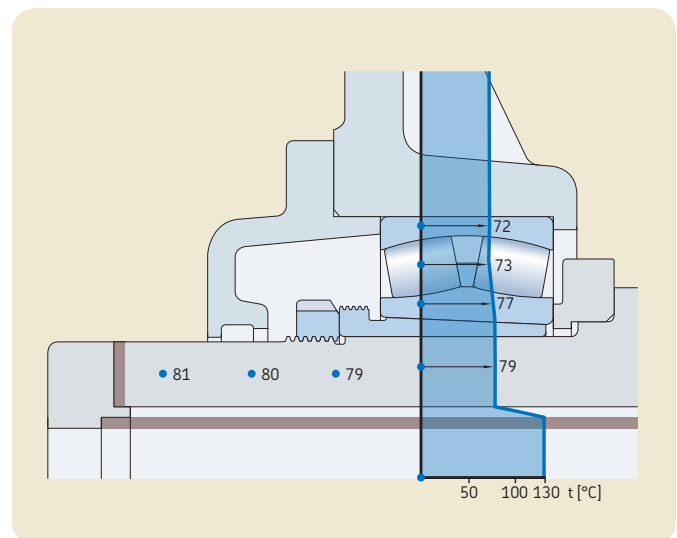
**Fig. 5 Distribución de temperatura 15 a 30 minutos después del arranque con aislación del muñón.**



- 7 Sobrecarga axial, porque el aro exterior del rodamiento de rodillas a rótula axialmente libre – por lo general, en el lado frontal – no se desliza en su soporte. Con mucha frecuencia esto se debe a la muy elevada corrosión por contacto en el orificio del soporte y/o en el diámetro exterior del rodamiento. También ha habido casos en los que la diferencia de temperatura entre el soporte y el aro exterior del rodamiento era tan grande que causaba un ajuste de interferencia entre el aro exterior y su asiento.
- 8 Desalineación excesiva. Se refiere a diseños que utilizan un rodamiento de rodillos cilíndricos como rodamiento libre axialmente. Todo está alineado correctamente cuando se construye el equipo, pero con el transcurso del tiempo se producirá la deformación del bastidor de la máquina. Es difícil de ver a simple vista, pero es suficiente para reducir la vida del rodamiento de rodillos cilíndricos dado que es muy sensible a la desalineación. Con mucha frecuencia se reemplazan los rodamientos y no se controla la alineación. No es suficiente con colocar el soporte de nuevo en su posición valiéndose de las marcas y/o pasadores de posición. El primer CARB que se montó en Francia en un cilindro secador fue en la International Paper Saillat sur Vienne. El montaje se realizó en 1996 cuando se reemplazó con CARB un rodamiento de rodillos cilíndricos que estaba funcionando con desalineación muy elevada, posiblemente porque se había desplazado el bastidor. En 1997, reemplacé 43 rodamientos N 3040 K/C4VA701 por CARB C 3040 K/HA3C4 en un equipo de 22 años debido a fallas repetitivas. La inspección de estos rodamientos reveló que 15 tenían un patrón de zona de carga típico de rodamientos que funcionan con desalineación muy elevada, y dos de ellos ya habían desarrollado descascarillado.

Muchos de los problemas que se enumeraron se pueden vincular entre sí. Tomemos el ejemplo de una máquina de papel antigua sin aislación de muñones. Se la aceleró y esto aumentó la temperatura del vapor. En consecuencia, el aceite lubricante, que antes era adecuado, envejecerá en forma prematura con la mayor temperatura de operación. El aceite se oxidará rápidamente y provocará la lubricación incorrecta del rodamiento, contaminando las cañerías de retorno del aceite con depósitos. Estos depósitos causan resistencia

**Fig. 6 Distribución de temperatura durante operación normal con aislación del muñón.**





al flujo de aceite, por lo tanto, la fábrica reduce la velocidad del flujo para minimizar la fuga. Sin la lubricación adecuada, los caminos de rodadura del rodamiento se dañan, lo que incrementa el riesgo de que se produzcan futuras grietas en el aro interior.

Por lo general, cuando hay falla de rodamientos de este tipo, lo que se cuestiona primero es el tipo de rodamiento y su capacidad de transporte. De hecho, las causas raíz se relacionan primariamente con el aceite utilizado, la velocidad del flujo, la aislación inadecuada del muñón y el contenido de agua en el aceite.

Cuando no hay aislación del muñón y las temperaturas del vapor son elevadas, con frecuencia se seleccionan rodamientos con aros interiores cementados. Para mí, esta es solo una solución pasajera, dado que el rodamiento tendrá de todos modos una vida de servicio corta debido a la lubricación inadecuada. Tampoco los flujos de aceite muy elevados reducirán la temperatura lo suficiente para que se forme una película de aceite adecuada, puesto que el exceso de aceite pasa demasiado rápido para hacerla disminuir. La solución verdadera es aislar los muñones.

## Tipos de rodamiento

Existen muchos tipos distintos de rodamientos y de disposiciones que se utilizan en aplicaciones de cilindros secadores y Yankee. Observemos los más comunes.

En la actualidad, prácticamente todos los cilindros secadores tienen rodamientos de rodillos a rótula en el lado del accionamiento. Todavía hay algunas rótulas que se utilizan en equipos muy antiguos, como compruebo por las solicitudes ocasionales que recibo para trabajar en una conversión a rodamientos de bolas. Además, a veces se utilizan los rodamientos partidos. A primera vista, parecen ser una buena solución en casos en que la vida de servicio de los rodamientos es corta, y se los debe reemplazar de manera rápida y sencilla. Sin embargo, el punto débil es el espacio entre las dos partes del aro interior. Además, el ajuste del aro interior no se puede apretar con la suficiente precisión. Por ello, aunque SKF puede suministrar rodamientos de rodillos partidos, no los recomendamos para aplicaciones de máquinas para fabricar papel.

*Fig. 7 Aceite que se transforma en carbón.*



Mi experiencia indica que se utilizan más tipos de rodamientos en la parte frontal de los equipos - cada vez menos rótulas, muchos rodamientos de rodillos a rótulas, algunos rodamientos de rodillos cilíndricos, y cada vez más, los CARB. Tal diversidad es comprensible dado el desplazamiento axial y la desalineación que se producen, y la cantidad de ingenieros que han tratado de resolver los problemas resultantes. Algunas de estas soluciones han funcionado bien y otras no tanto. Como tal, observemos los pro y los contra de cada tipo de rodamiento.

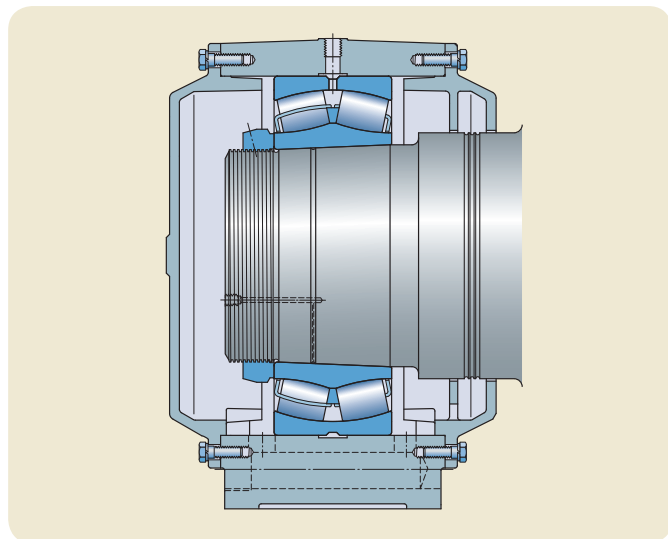
En primer lugar, consideremos los rodamientos de rodillos a rótula. Con estos rodamientos, hay dos opciones de montaje: atornillar el soporte de los rodamientos al bastidor del equipo y acomodar el desplazamiento axial mediante el desplazamiento axial del rodamiento en el soporte (→ **fig. 9**); o montar el soporte del rodamiento sobre balancines, con el rodamiento axialmente libre en el soporte.

La primera opción se puede encontrar en muchos equipos antiguos y angostos, que no funcionan de manera particularmente veloz y/o cuyas temperaturas de vapor no son elevadas. En esos casos, se puede utilizar un rodamiento estándar, siempre que esté fabricado

*Fig. 8 La muerte negra.*



*Fig. 9 Soporte de rodamiento atornillado al bastidor, con rodamiento axialmente libre en el soporte que admite el desplazamiento axial.*



con acero endurecido adecuadamente, como el que utiliza SKF. Sin embargo, dos cuestiones importantes en dichas disposiciones llevaron a los ingenieros a buscar otras soluciones.

La primera cuestión es que la temperatura del aro exterior es mayor que la del soporte. Durante el arranque se puede expandir radialmente lo suficiente como para eliminar todo juego entre el aro exterior y el orificio del soporte. Esto provoca que el aro exterior se atasque, en tanto se produce la sobrecarga axial del rodamiento que conduce a falla prematura. Para evitarlo, el rodamiento se monta en el orificio del soporte con un ajuste muy flojo - por lo general F7, a veces E7, en vez del típico G7. Sin embargo, durante la operación normal de la máquina, el soporte alcanza una temperatura en la que el ajuste es demasiado flojo y esto incrementa el riesgo de corrosión por contacto.

En segundo lugar, con alto desplazamiento axial, es muy común la corrosión por contacto en el aro exterior, con la zona de contacto del soporte. Esto está exacerbado por el contenido de agua en el aceite - causado por la condensación, el entorno húmedo y las limpiezas a alta presión - y el envejecimiento del aceite. Cuando el rodamiento se desplaza axialmente debido a la expansión térmica del cilindro secador, el aro exterior no se mueve de manera uniforme, sino que lo hace con un movimiento adherencia-deslizamiento. Esto se debe a que hay fricción por adherencia (coeficiente  $\mu_{ad}$ ) y por deslizamiento (coeficiente  $\mu_{sl}$ ). En una superficie de contacto, la fricción por deslizamiento es siempre menor que la fricción por adherencia.

En buenas condiciones  $\mu_{ad} = 0,15$  a  $0,25$  and  $\mu_{sl} = 0,08$  a  $0,15$ . Si por ejemplo tomamos,  $\mu_{sl} = 0,12$  y  $\mu_{ad} = 0,20$  en un cilindro secador que pesa 15 tons, significa que el rodamiento del lado frontal no se moverá hasta que la carga axial creada por la expansión térmica alcance  $(15/2 \times 0,20) = 1,5$  tons. Entonces, el rodamiento se mueve axialmente, pero se detiene tan pronto como la carga axial se ubica por debajo de  $(15/2 \times 0,12) = 0,90$  tons. Si continúa la expansión térmica, la carga axial se incrementará nuevamente. Puede haber varios movimientos adherencia-deslizamiento, y al final, los rodamientos estarán cargados con una carga axial residual de entre 0,90 y 1,2 tons. Este es el caso en que las superficies están en buenas condiciones, aunque en realidad la corrosión por contacto y el envejecimiento del aceite llevan a coeficientes de fricción por adherencia y por deslizamiento más altos, que pueden hasta superar 0,40.

Con mucha frecuencia, al calcular la vida nominal del rodamiento de un cilindro secador, la mayoría de los técnicos consideran cargas axiales iguales a cero. Sin embargo, como se muestra precedentemente, existe una carga axial y puesto que el rodamiento de rodillos a rótula no es un rodamiento axial, dicha carga tendrá gran influencia en la vida del rodamiento. Para un 23052 CCK/C4W33, una carga axial igual a 15% de la carga radial reduce un 70% la vida nominal básica calculada. Si la carga axial es igual al 40% de la carga radial, reduce un 96% la vida nominal básica calculada. Esta es una de las razones por las que los departamentos de diseño de los fabricantes de máquinas de papel acostumbraban solicitar una vida nominal básica superior a  $L_{10h} = 200\ 000$  horas, y a veces todavía lo hacen.

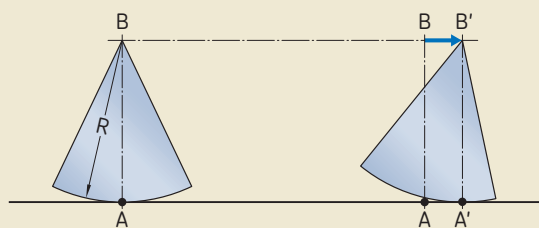
SKF no recomienda esta solución de montaje de rodamientos para la parte frontal de los cilindros secadores en equipos con ancho de sección de formado superior a 4 500 mm. Personalmente, no lo recomiendo para ningún cilindro secador, pero puedo comprender que se los utilice en máquinas más antiguas por razones de costos. Con un soporte de rodamiento sobre tres balancines y el rodamiento axial en el soporte, el desplazamiento axial del soporte sobre los

balancines permite el desplazamiento axial. La forma de los balancines permite que el soporte esté siempre a la misma altura (→ fig. 10 y 11)

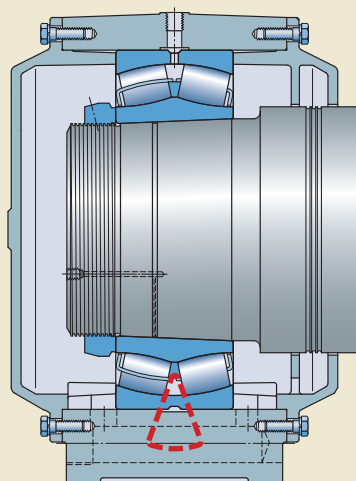
Para los cilindros Yankee puede existir necesidad de balancines laterales adicionales puesto que la prensa o el rodillo de succión de la prensa empujan al cilindro Yankee en forma radial. Los balancines laterales son necesarios si la carga radial resultante sobre el cilindro diverge más de  $30^\circ$  de la posición vertical descendente (→ fig. 12)

El rodamiento a utilizar puede ser un rodamiento SKF estándar debido a nuestro tratamiento térmico, pero el soporte es muy costoso. El rodamiento tiene que tolerar cargas axiales muy bajas que se desprecian en los cálculos de vida. Además, no se requiere ajuste muy flojo entre el aro exterior del rodamiento y el soporte. Puesto que el aro exterior del rodamiento no se desplaza axialmente en el soporte, la corrosión por contacto es menos pronunciada e impacta menos en la vida del rodamiento. Antes esta era la mejor solución, y por lo tanto, SKF la recomendaba para máquinas de papel con un ancho de sección de formado superior a 4 500 mm. Sin embargo,

**Fig. 10 Los balancines aseguran que el soporte del cilindro secador esté siempre a la misma altura.**



**Fig. 11 Rodamiento de rodillos a rótula en un soporte de cilindro secador soportado por balancines.**



esta disposición de soportes es más bien inestable y no amortigua las vibraciones tan bien como los soportes sólidos, lo que puede ser un problema cuando se actualiza el equipo a velocidades mayores. Esta disposición también es sensible a las fuerzas oscilantes de las poleas y de las juntas para vapor sujetas a los soportes, por ejemplo.

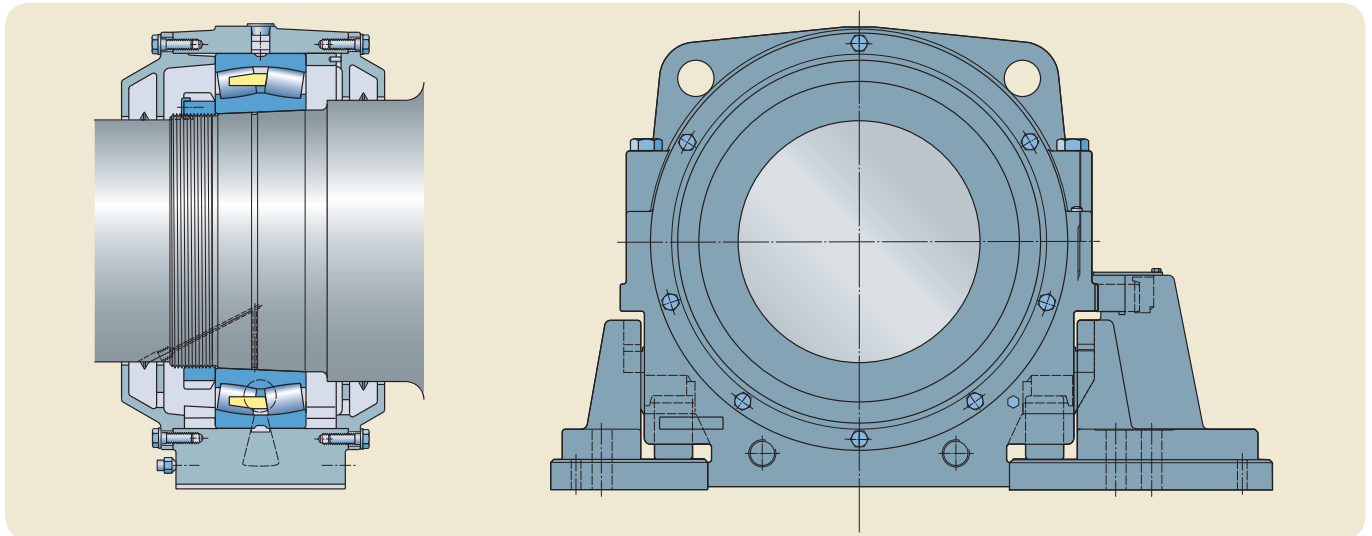
Los balancines definitivamente se desgastan y se necesitará cambiarlos después de algún tiempo. Cuando se desgasta un balancín, el soporte se baja. He visto soportes hasta 3 mm más bajos que su posición original, debido al desgaste del balancín. En la superficie de contacto del balancín con la base, el desgaste crea un área plana y se requiere más carga axial para hacer que se inclinen y permitir que el soporte se desplace axialmente. Además, algunos diseños de soporte balancín no cuentan con ninguna característica que evite que el soporte salte fuera de los balancines. He visto un caso en que un atasco de papel levantó el soporte del lado frontal y el cilindro secador cayó y dañó la transmisión lateral, el fieltro y los rodillos de fieltro.

Muchos clientes modifican sus soportes para actualizarlos a CARB, mediante la conversión de soportes balancín a soportes fijos (→ fig. 13 y 14).

Con respecto a los rodamientos de rodillos cilíndricos, es una buena idea utilizarlos porque no habrá carga residual axial debido a la expansión térmica del cilindro secador. Además, con el aro exterior del rodamiento fijo en el soporte, sin ajuste demasiado flojo, la corrosión por contacto es poca. Por supuesto, tampoco se necesitan los soportes balancines. Sin embargo, los rodamientos de rodillos cilíndricos estándar no tienen tratamiento térmico adecuado y no tolerarían la desalineación que se puede encontrar fácilmente en aplicaciones de cilindros secadores. Por lo tanto, se creó un rodamiento de rodillos cilíndricos especial. La versión SKF, con sufijo antiguo 342460 o VA701, tenía un aro interior cementado y un perfil de rodillo especial para tolerar hasta 7 minutos de desalineación. Un ejemplo de disposición que utiliza tal rodamiento se muestra en la **fig. 15**. El rodamiento podría ser, por ejemplo, N 3040 K/C4VA701.

El montaje de ese rodamiento es un procedimiento especial que lleva tiempo, que utiliza un indicador de dial y un soporte de indicador de dial especial para comprobar la desalineación (→ **fig. 16**).

**Fig. 12** Soporte de rodamiento de cilindro Yankee con balancines laterales, lado frontal.



**Fig. 13** Soporte balancín antes de la modificación.



**Fig. 14** Soporte balancín convertido en soporte fijo por SKF.



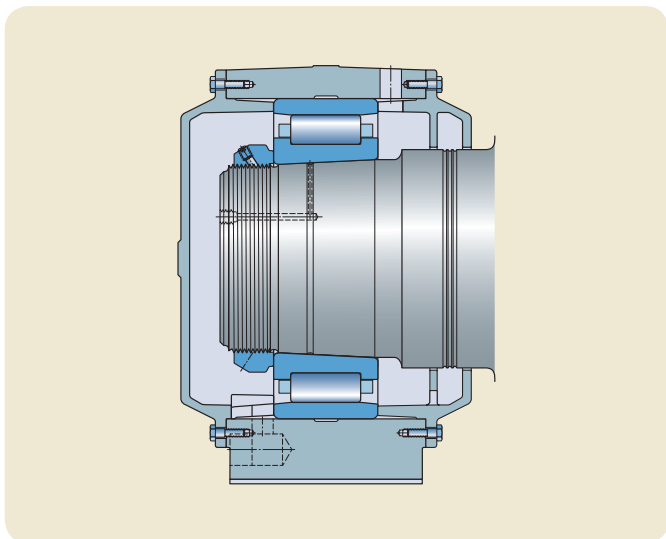


Entonces, según la dimensión  $D_0$  y la lectura  $S$  del indicador de dial, se halló la desalineación con ayuda de un diagrama.

Desafortunadamente, después del montaje inicial la desalineación se comprobó muy pocas veces, y la mayoría de los rodamientos sufrió desalineación excesiva debido a la deformación del bastidor o porque la base se asentaba a medida que pasaba el tiempo. Es por esta razón, y dado que los rodamientos se pueden reemplazar sin ninguna modificación por los CARB, que SKF ya no los fabrica. Sin embargo, todavía hay algunos equipos que funcionan con esos rodamientos. A veces se utilizan también los rodamientos de doble hilera de rodillos cilíndricos, autoalineables. La idea es mantener las ventajas del rodamiento de rodillos cilíndricos, pero sin el problema de la desalineación. La desalineación se toma por el aro exterior que, en realidad, es una rótula esférica (→ fig. 17)

Para tener una rótula esférica y un rodamiento de rodillos cilíndricos con dimensiones de rodamientos ISO, es necesario que los rodillos tengan un diámetro pequeño. Como tal, la capacidad de transporte de carga es mucho menor que en un rodamiento de rodillos a rótula con las mismas dimensiones. En comparación con un rodamiento de rodillos a rótula que se desliza en su soporte, y así tiene que tolerar carga axial, la menor capacidad de carga del rodamiento de doble hilera de rodillos cilíndricos autoalineables no es un problema, puesto que el rodamiento solo tiene carga radial. Eso es en teoría. En realidad, el rodamiento tiene carga radial y algún momento de carga debido a la desalineación. Además, siempre existe alguna fricción en la parte de la rótula esférica. Con carga, el rodamiento se desalineará con un movimiento adherencia-deslizamiento. Así, la parte del rodillo cilíndrico siempre tendrá que tolerar algo de desalineación. La tensión interna debido a la desalineación será baja cuando se monta un rodamiento nuevo pero, a medida que pasa el tiempo, la fricción en la parte de la rótula se incrementará debido al envejecimiento del aceite y a la corrosión por contacto. La tensión interna causada por desalineación se incrementará con el tiempo, reduciendo por lo tanto la vida de servicio del rodamiento de rodillos cilíndricos. SKF tiene experiencia con estos rodamientos, puesto que acostumbraba a fabricarlos para la industria metalúrgica. En la actualidad, SKF recomienda CARB porque ha probado ser la solución más confiable.

**Fig. 15** rodamiento de rodillos cilíndrico VA701, utilizado como rodamiento frontal de cilindro secador.

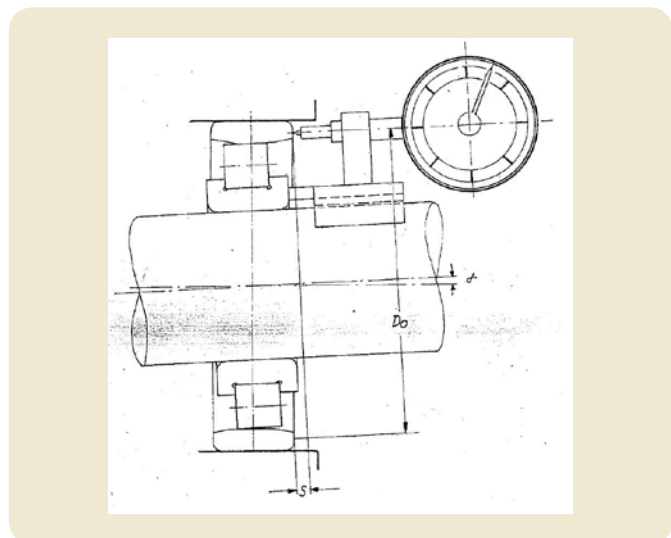


CARB es la sigla que identifica al Compact Aligning Roller Bearing, rodamiento de rodillos compactos autoalineable. Se trata de un rodamiento de una sola hilera de rodillos toroidales que admite hasta  $0,5^\circ$  de desalineación sin mucho impacto en su vida, y que puede aceptar desplazamiento axial como un rodamiento de rodillos cilíndrico (→ fig. 18).

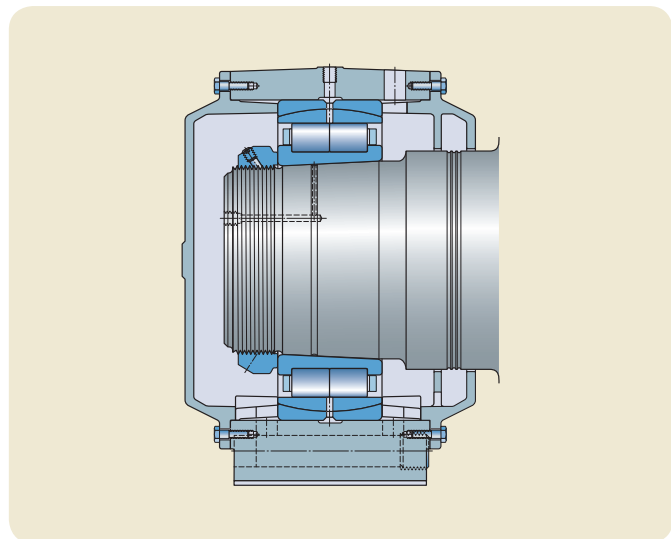
En tanto una desalineación de  $0,5^\circ$  podría parecer pequeña, es igual a una desviación de 8,7 mm en un metro, y seguramente usted puede alinear un rodamiento mucho mejor que esto, aún a simple vista. Además, con dicha desalineación, se producirían problemas con el equipo, los sellos o la calidad del papel mucho antes de que tuviera un problema con rodamientos.

Utilizar CARB significa que la ocurrencia de problemas de desalineación con rodamientos de rodillos cilíndricos o rodamientos de doble hilera de rodillos autoalineables es cosa del pasado. Cuando el cilindro consume debido a la temperatura, CARB no toma ninguna carga axial, como el rodamiento de rodillos cilíndricos. Sin movimiento de adherencia- deslizamiento, sin carga axial residual, solo expan-

**Fig. 16** Procedimiento para comprobar la alineación para rodamientos con sufijo 342460 o VA701.



**Fig. 17** Montaje de rodamiento de doble hilera de rodillos cilíndricos autoalineable.



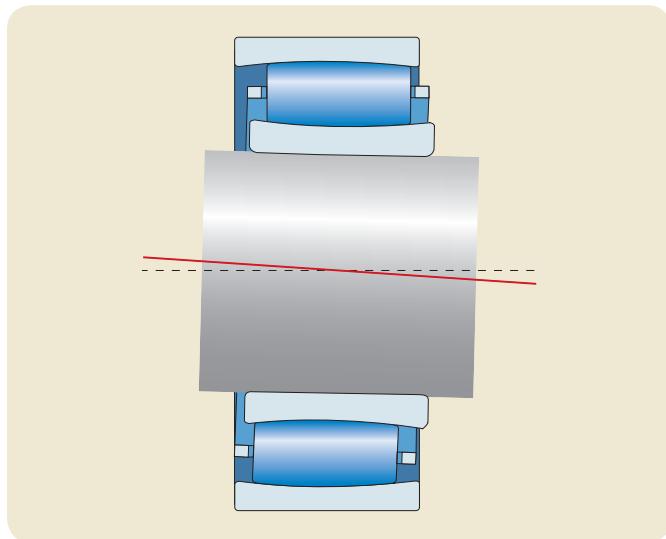


sión térmica axial uniforme. El aro exterior se ubica axialmente en el soporte, y no es necesario que el ajuste de tolerancia sea demasiado flojo, solo lo suficientemente flojo como para que el rodamiento se pueda empujar con facilidad en el soporte durante el montaje.

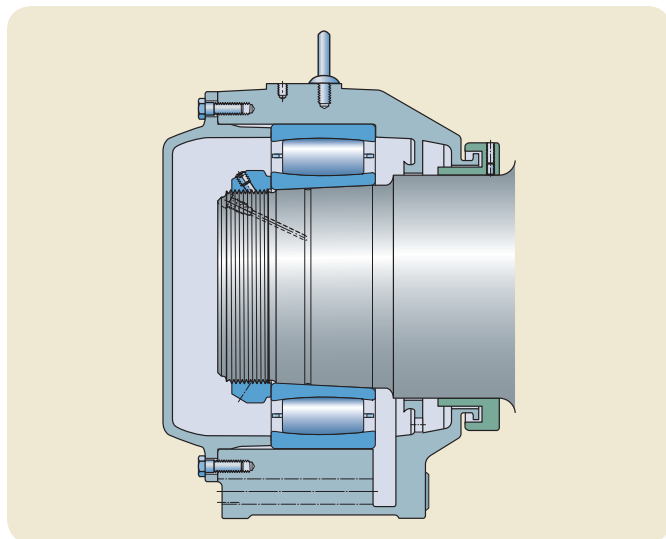
Se muestra una disposición típica de rodamiento CARB y soporte SKF en la **fig. 19**. Sin balancines, y con el soporte firmemente atornillado al bastidor del equipo, se amortiguan las vibraciones. CARB se montó por primera vez en una máquina de papel en 1994, como reemplazo de rodamientos de rodillos a rótula en soportes balancín, en un PM51 de la fábrica Holmen Paper's Braviken. La vibración en la dirección axial se redujo hasta un 85%.

Las ventajas de CARB en la posición frontal del cilindro secador fueron tan obvias que SKF se centró en esa aplicación desde el inicio. En la actualidad es una solución bien aceptada por los principales OEM de máquinas de papel. Los clientes deben saber que el juego radial interno de CARB disminuye cuando el aro interior se desplaza axialmente con respecto al aro exterior. Un desplazamiento del 5% del ancho del rodamiento da una reducción del juego radial muy

**Fig. 18** CARB admite desalineación y desplazamiento axial.



**Fig. 19** CARB colocado en el soporte SBPN de SKF, en un cilindro secador.



Cylinder length		Steam temperature	Desplazamiento axial inicial
m	incl.		
0	4	<160	0±1
0	4	160 – 200	2 – 4
4	7	<160	2 – 4
4	7	160 – 200	4 – 6
7	11	<160	4 – 6
7	11	160 – 200	6 – 8

**Fig. 20** Compensación axial aro interior/externo cuando la máquina de papel está fría.

pequeña, que se puede considerar despreciable. Por ejemplo, el ancho de un C 3152 K/C4, el tamaño más popular en máquinas de papel modernas, es de 144 mm. El juego del rodamiento antes del montaje está entre 0,444 y 0,556 mm. Un desplazamiento axial del aro interior de  $0,05 \times 144 = 5,7$  mm permite una reducción del juego radial de 0,027 mm. Además, el desplazamiento axial incrementa rápidamente la reducción del huelgo. Para más información, recomiendo leer el capítulo CARB en el Catálogo General de SKF, o en el catálogo en línea en [www.skf.com](http://www.skf.com), donde se encuentran gráficos y fórmulas.

En la mayoría de las aplicaciones, como ser cajas de engranajes, ventiladores, rodillos de fieltro y de prensa, el aro interior y el exterior se pueden alinear a ojo, y usted puede simplemente dejar que CARB realice la tarea. Para cilindros secadores, recomiendo seguir la pauta que se proporciona en la **fig. 20**.

Aquí concluye la primera parte de mi cobertura sobre rodamientos en aplicaciones de cilindros secadores y Yankee, aunque la próxima edición de Prácticas SKF para Celulosa y Papel también se centrará en este tema. En ella me referiré al tratamiento térmico para el acero del rodamiento, pautas para seleccionar la clase adecuada de juego interno del rodamiento, además de información sobre cómo seleccionar aceites y velocidades de flujo adecuadas para las máquinas que fabrican papel.

*Philippe Gachet es un ingeniero de aplicaciones de SKF que ha estado trabajando para la industria pesada, específicamente para la de celulosa y papel, desde 1990. Se lo puede contactar a la dirección [philippe.gachet@skf.com](mailto:philippe.gachet@skf.com)*





### El poder del conocimiento industrial

Sirviéndose de cinco áreas de competencia y de la experiencia específica para cada aplicación recogida durante más de 100 años, SKF ofrece soluciones innovadoras para fabricantes de primeros equipos y plantas de fabricación de todos los principales sectores en todo el mundo. Estas cinco áreas de competencia incluyen rodamientos y unidades de rodamientos, obturaciones, sistemas de lubricación, mecatrónica (combinación de mecánica y electrónica en sistemas inteligentes), así como una amplia gama de servicios, desde el diseño informático en 3D hasta la monitorización de estado avanzada y sistemas de fiabilidad y gestión de activos. Su presencia en todo el mundo garantiza a los clientes de SKF unos niveles de calidad uniformes y una distribución universal de los productos.

Segmento Global Celulosa y Papel

de SKF Contacto/Editor responsable philippe.gachet@skf.com

© SKF y CARB son marcas registradas del Grupo SKF

© SKF Grupo 2012

El contenido de esta publicación es propiedad de los editores y no puede reproducirse (incluso parcialmente) sin autorización previa por escrito. Se ha tenido el máximo cuidado para garantizar la exactitud de la información contenida en esta publicación, pero no se acepta ninguna responsabilidad por pérdidas o daños, ya sean directos, indirectos o consecuentes, que se produzcan como resultado del uso de dicha información.

PUB 72/S9 11147/5 ES · Noviembre 2012

Algunas imágenes se utilizan bajo licencia de Shutterstock.com

