



CAMBIO DE SISTEMA CERRADO A AGUAS ABIERTAS EN TÚNEL DE UN SISTEMA PROPULSOR MARINO

Fernando Rodas Cornejo
Ingeniero naval - CPF

1. INTRODUCCIÓN:

Los sistemas de propulsión marinos originalmente se lubricaban con el sistema que conocemos como “abierto” que consiste en la circulación de agua en el tren de ejes para lubricar las chumaceras con los bocines en contacto con estos como se puede apreciar en la ilustración 1.

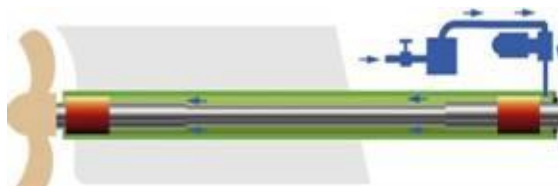


Ilustración 1 - Sistema de lubricación por agua (abierto).

Además se tiene el sistema cerrado, el mismo que consiste en hacer re circular aceite lubricante en el tren de ejes de manera que los bocines y chumaceras se lubriquen. Este sistema requiere de sellos en sus extremos para evitar la fuga y derrame del aceite al mar (ver ilustración 2).

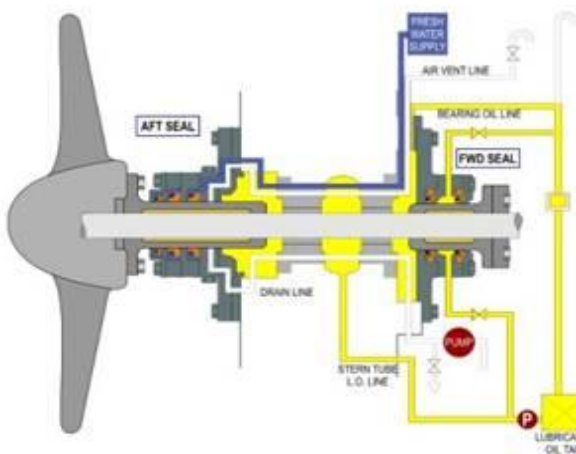


Ilustración 2 - Sistema de lubricación con aceite (cerrado).

Los bocines o bujes que formaban parte del sistema propulsor solían ser de madera (guayacan), para lo cual se requería de una buena lubricación para evitar los efectos de fricción y recalentamiento, con el tiempo, el material ha cambiado, llegando a tener desde materiales metálicos como la magnolia, hasta materiales no metálicos como caucho, elastomericos, nylon y otros.



Ilustración 3 – Bocines de caucho y bronce.



Ilustración 4 - Bocines polímeros Thordon.

Debido a que los ejes de transmisión se veían expuestos al agua en el sistema de lubricación abierta, la lubricación de circuito cerrado por aceite tuvo gran acogida por los constructores de naves, sin embargo, esto requería de sellos lo suficientemente eficientes para retener el líquido. Con su constante uso y el normal desbalance de la propela y otras fuentes de vibración, estos sellos pierden su hermetismo, dejando que parte del fluido viscoso se derrame y salga al mar. Esto ha llamado el interés de las entidades gubernamentales de los países costeros, haciendo que se establezcan nuevas normas marítimas con el cuidado del medio ambiente.

Por este motivo, se está reemplando el sistema de lubricación a base de agua, con el uso de materiales antifricción tipo no metálicos de polímeros o caucho en bocines. Todo esto con la finalidad de evitar contaminación por derrame de material aceitoso.

2. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Por el efecto del impacto ambiental debido a las fugas de los lubricantes aceitosos empleados en el tubo de codaste de las embarcaciones, las normas reglamentarias y reguladoras de los países costeros están siendo muy rigurosos en el empleo de la lubricación con agua; con el fin de minimizar el riesgo ambiental y la preservación de los ecosistemas.

Este tipo de sistema de lubricación tiene un mayor empleo y presenta casi la misma confiabilidad que con los sistemas de lubricación con componentes aceitosos, haciendo que se reemplacen ciertas piezas con bocines antifricción no metálicos.

Este sistema está teniendo apogeo no solo en ámbito marítimo, si no en el campo electrohidráulico, ajustando las unidades ya existentes a este nuevo mecanismo de construcción como la construcción de nuevos equipos y nuevas naves con este sistema.



El implemento de este sistema tiene como objetivos principales:

- Reducir el impacto ambiental y preservar los ecosistemas.
- Descartar el empleo de materiales aceitosos como lubricantes y evitar la fuga de mis mismos.
- Descartar los sellos en el eje de cola, aportando con minimizar la fricción por el hermetismo de estos.

3. SISTEMA DE LUBRICACIÓN CON AGUA.

El agua es tomada desde el mar y es bombeada a través de los bocines no metálicos para luego ser retornada al mar, esto es con la finalidad de disminuir a “cero” la contaminación por derrame aceites lubricantes.

En la gran mayoría de los casos no se hace necesario la instalación de bombas de recirculación forzada, pues la implementación de accesorios en los costados del túnel, pueden asegurar el adecuado ingreso de agua de mar al túnel para la refrigeración y lubricación.

Con la conversión de lubricación con agua de mar, se han dado ciertas recomendaciones tanto para el flujo de agua que debe pasar a través de los bocines (ver tabla 1) como los canaletes en los bocines no metálicos (ver tabla 2).

| Diámetro del Eje (mm) | Flujo (lts/min) | Diámetro del eje (mm) | Flujo (lts/min) |
|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| 20 | 3,6 | 120 | 21,6 |
| 30 | 5,4 | 140 | 25,2 |
| 40 | 7,2 | 160 | 28,8 |
| 50 | 9,0 | 180 | 32,4 |
| 60 | 10,8 | 200 | 36,2 |
| 70 | 12,6 | 220 | 39,6 |
| 80 | 14,4 | 240 | 43,2 |
| 90 | 16,2 | 260 | 46,8 |
| 100 | 18,0 | 280 | 50,4 |

Tabla 1. Flujo de agua requerido respecto al diámetro del eje.

Los canaletes o surcos que se labran en la cara interna de los cojinetes lubricados por agua tienen como misión:

- Propiciar la formación de turbulencias en el flujo de agua lubricante, que potencian la sustentación a bajas revoluciones.
- Evacuar las partículas sólidas o sedimentos que pueda arrastrar el agua.

Para asignar la posición de las acanaladuras

consideraremos la sección del cojinete dividida en 360° sexagesimales, trazando un eje que pase por el centro de la sección del bocín, y medimos la cantidad angular recomendada acorde a la ilustración 2 (canaletes a 72°)

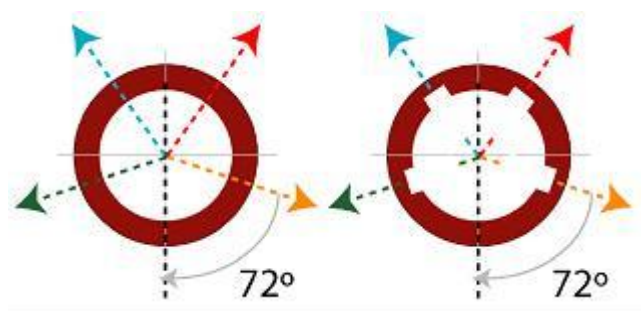


Ilustración 5. Graduação de canaletes en bocines no metálicos.

La siguiente tabla asigna la colocación de estos canales dependiendo del diámetro del eje:

| A | B | C | D | E | F | G | H |
|----------|--------------|----------------|---------------|----------------|----------------|-------------|----------------------|
| Diámetro | pared mínima | holgura mínima | Número radios | Número canales | Ángulo canales | Ancho canal | Profundidad de canal |
| mm | mm | mm | grados | grados | grados | mm | mm |
| 30-60 | 8 | 0,3 | 5 | 4 | 72 | 8 | 4 |
| 60-100 | 9 | 0,41 | 6 | 5 | 60 | 8 | 4 |
| 100-150 | 10 | 0,52 | 7 | 6 | 51 | 10 | 6 |
| 150-200 | 12 | 0,63 | 8 | 7 | 45 | 10 | 6 |
| 200-250 | 14 | 0,74 | 9 | 8 | 40 | 12 | 7 |
| 250-300 | 14 | 0,85 | 10 | 9 | 36 | 12 | 7 |

Tabla 2 . Dimensiones de canaletes en bocines no metálicos.

Con estas recomendaciones en mente, podemos ahora seguir con el procedimiento de adaptación a este sistema de lubricación.

4. PROCESO DE CONVERSIÓN:

1. **Realizar las mediciones con de bocines, ejes y alojamientos** Previo al cambio de sistema e instalación, es importante hacer mediciones de los ejes y alojamientos para la selección adecuada del diámetro del bocín, ya que este debe ser maquinado posteriormente acorde al plan de ajuste (frío o por pagemento).

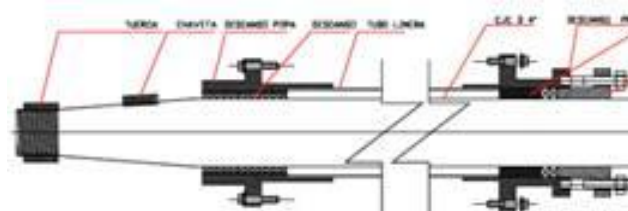


Ilustración 6 - Planos de eje de sistema propulsor.

Este proceso es de orden ingenieril, por lo que se debe hacer un estudio de la viabilidad de la conversión a este sistema, porque puede existir otras



limitaciones que generen dificultad en la definición de este proceso, el más importante sería las dimensionales, que pueden ser pequeñas o muy grandes.

2. **Remover los ejes y verificar las dimensiones:** remover los tramos de ejes y las camisas metálicas, limpiarlos del óxido y del aceite y verificar las dimensiones, para verificar las diferencias de diámetros entre la camisa del eje y del alojamiento.



Ilustración 7. Remoción y chequeo de eje y bocín.



Ilustración 8. Maquinado de camisa para eje.

4. **Calentar la camisa de bronce maquinada:** Se debe calentar la camisa maquinada hasta que llegue a una temperatura de 300 °C, con el fin de que se acople al diámetro del eje. Se recomienda además el posicionamiento vertical del eje para evitar con esto deformaciones por flexión.



Ilustración 9. Calentamiento de camisa.



Ilustración 10. Posición vertical del eje.

5. **Instalación de camisa de bronce sobre el eje:**

Este procedimiento se lo realiza con la camisa caliente para que se ajuste al eje, en el sitio donde va a trabajar el bocín del codaste o prensa; el espacio entre las 2 camisas de bronce debe aplicarse un recubrimiento anticorrosivo.



Ilustración 11. Colocación de camisas en eje.

6. **Maquinar eje previo a la aplicación de recubrimiento:**

Este recubrimiento es de tipo polímero, que protege al eje de la corrosión. Este tramo de eje es el que va a ser lubricado con agua y soportado por un bocín.

7. **Preparar el eje con protección contra la corrosión:**

Como este es un sistema de lubricación con agua, se debe proteger el tramo de eje expuesto al contacto con esta, se recomienda material polímero como Thorcoat, Phyllybond, entre otras marcas .



Ilustración 12. Eje con recubrimiento protector.



8. **Maquinar el bocín para el ajuste con el alojamiento:** Se debe para este paso, especificar el tipo de instalación para el bocín, siendo esta por frío o por pegamento, de esta manera se establece las dimensiones de los diámetros interno y externo del buje. Para los casos de instalación de bocines Thordon la fabrica ha diseñado un software donde se ingresa los datos de:

- Diámetro del eje (camisa)
- Diámetro del alojamiento
- Largo del alojamiento
- Tipo de instalación
- Tipo de bocin (SXL, XL, Compac)



Ilustración 13. Maquinado de bocín para acople con alojamiento.

Como resultado el programa le presenta los datos de maquinado del bocín:

- Diámetro interior
- Diámetro exterior
- Largo del bocín
- Número de canales de lubricación
- Dimensiones de los canales
- Datos de ajustes, corrección por temperatura de taller y otros.

9. **Colocar el bocín en el alojamiento:** Este proceso se lleva a cabo después del maquinado del bocín, se debe someter a procesos de contracción por medio de frío, o si el maquinado fue calculado para trabajo a temperatura ambiente, se debe emplear pegamento. Este proceso debe culminar con la colocación de sellos estancos para evitar filtraciones excesivas de agua.

10. **Colocar el eje:** Este proceso requiere de precisión y uso de maquinaria de izaje. En el momento de la colocación del eje, se debe lubricar con petróleo para un mejor deslizamiento.

No se debe olvidar el alineamiento del eje para evitar en lo posible los puntos de presión cuando esté en contacto con el bocín.

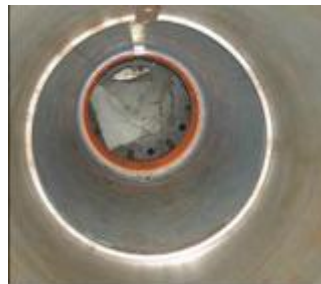


Ilustración 14. Alojamiento para bocín.



Ilustración 15. Colocación de bocín.

11. **Implementar sistema de circulación de agua.**

10.1 **Colocación de canales en bocín:** Para este sistema, se requiere de un flujo adecuado para que pase por los canales del bocín, que según fabricantes, depende además del diámetro del eje, acorde a la siguiente tabla 2.

10.2 **Circulación de agua:** Aparte de la cantidad requerida de agua necesaria, es importante tener un número determinado de ranuras o canales en el bocín acorde a la tabla



Ilustración 16 - Paquete bomba y separador de agua para lubricación.

5. **VENTAJAS DE LUBRICACIÓN CON AGUA.**

- Se descarta el uso de sello en tubo de codaste.
- Se elimina las fugas de material aceitoso al no ser estos empleados en el sistema de lubricación.
- Se descarta la reducción de espacio por el alojamiento de aceite lubricante.
- Protección al medio ambiente y cumplimiento de normas gubernamentales.
- Aumenta la confiabilidad en el sistema.

6. **REFLEXIÓN FINAL:** La implementación de este tipo de sistema de refrigeración y lubricación asegura la operación limpia y genera una mayor confiabilidad en la operación del propulsor.