



# TRIBOS INGENIERIA S.A.S

Trabajamos con la más alta calidad y brindamos una excelente asesoría

Curso teórico – práctico

## LUBRICACION DE MAQUINAS II

Certificación Tribos Cat III LM2

30 Horas

Con prácticas en el laboratorio

SIPRALUB

### 1. OBJETIVOS

- Seleccionar o calcular de ser necesario, el lubricante para cualquier tipo de máquina y el método de lubricación más recomendable.
- Diseñar sistemas de lubricación por circulación de aceite.
- Seleccionar lubricantes de alto nivel de desempeño como los sintéticos y vegetales.
- Seleccionar y calcular de ser necesario intercambiadores de calor.

### 2. CERTIFICACION TRIBOS CAT III ML2 (OPCIONAL)

Los estudiantes que participen en el curso LUBRICACION DE MAQUINAS II pueden presentar la certificación Tribos Cat. I ML2. Esta certificación es opcional y se presenta al final del curso; cuenta con 100 preguntas que se deben responder en 2 horas.

### 3. METODOLOGIA PARA PRESENTAR LA CERTIFICACION TRIBOS CAT III ML2

La siguiente es la metodología que se debe tener en cuenta para presentar la Certificación Tribos Cat III ML2:

- Asistir al curso.
- Al final del curso presentar el examen de certificación Tribos Cat. III ML2 (opcional).
- Transcurridos 15 días, se le enviará a quien presentó y aprobó el examen con una calificación mínima del 80% la respectiva certificación válida por 4 años.
- El valor de la certificación es adicional al que se paga para asistir al curso.

### 4. CONTENIDO

**Primer día - Intensidad 4 horas**

**Clase teórica**

1. Vida a la fatiga, disponible y esperada. Factores que afectan la Vida disponible.
2. Factores que afectan la Vida disponible,  $f_x$
3. Fricción: Metal-metal, Sólida, Mixta, Fluida.
4. Coeficientes de fricción.
5. Eficiencia y energía pérdida por fricción en mecanismos de máquinas II.
6. Temperatura mínima y máxima en el carter y en la zona de fricción.
7. Desgaste por adhesión, fatiga, erosión, abrasión y corrosión; Normal, Anormal, Fallas.
8. Lubricación: Límite, Hidrodinámica, Elastohidrodinámica.
9. Lubricantes. Clase: mineral, sintético, vegetal; Tipos: aceite, grasa y sólido; Categoría: H1, H2 y H3; Base lubricante: Grupo I, II, III, IV; Aditivos metálicos AW y EP<sub>1</sub>, EP<sub>2</sub>, EP<sub>3</sub> y EP<sub>4</sub>; aditivos



INFORMACIÓN

TRIBOS INGENIERIA S.A.S  
Carrera 65 No 74 - 75 Bodega 128  
Multicentro Caribe  
Tel: (574) 444 0581 Cel: (57) 320 623 2768

monitoreo.comercial@tribosingenieria.com  
www.tribosingenieria.com  
Medellín - Colombia



# TRIBOS INGENIERIA S.A.S

Trabajamos con la más alta calidad y brindamos una excelente asesoría

para reforzar las propiedades físico-químicas de la base lubricante; sistemas de clasificación ISO, AGMA, SAE, API, NLGI.

10. Selección del lubricante. Grado ISO de un aceite industrial; Grado SAE y API del aceite para MCI, transmisiones y diferenciales; Grado NLGI de la grasa para mecanismos industriales y automotrices.
11. Indicador del nivel de aceite, venteo, válvula de drenaje, indicador de temperatura, punto de muestreo y rótulo de lubricación, características, selección y ubicación.

## Primer día - Intensidad 4 horas Clase práctica con el SIPRALUB

1. Identificar cuáles mecanismos del turbogenerador y del Molino de bolas, al 25% de la velocidad nominal del motor eléctrico, están más propensos a un desgaste anormal o a la falla por fatiga superficial.
2. Identificar el tipo de desgaste que se puede presentar en los rodamientos de bolas a rótula de la turbina del Turbogenerador, cuándo el aceite fluye por la zona de fricción a 50°C y a 70°C.
3. Calcular el factor de seguridad  $\lambda$  de la película lubricante  $h_0$  cuando los rodamientos de bolas a rótula del eje del Molino de bolas giran a la velocidad nominal de operación en rpm con mínimo torque y qué tipo de desgaste se puede presentar cuando operan a la misma velocidad pero con máximo torque.
4. Especificar si el aceite del Turbogenerador, bajo las condiciones actuales de limpieza, según ISO 4406-99 está generando en los rodamientos de bolas a rótula de la turbina del Turbogenerador, un desgaste normal, anormal o falla por erosión o por abrasión.
5. Especificar y analizar a la velocidad nominal de operación del Molino de bolas, dónde es más factible que se presente un desgaste anormal o falla por fatiga superficial, si en la cadena de rodillos o en los rodamientos de bolas a rótula del eje intermedio.
6. Identificar en la puesta en marcha del Turbogenerador y del Molino de bolas a las condiciones de máximo torque, cuáles mecanismos están más propensos a un desgaste adhesivo anormal.
7. Evaluación de conocimientos.

## Segundo día - Intensidad 4 horas Clase teórica

1. Lubricación de mecanismos y componentes de máquinas con base en el tipo de fricción y de lubricación, clase y categoría del lubricante utilizado, cantidad de lubricante, frecuencia de lubricación con aceite, grasa o lubricante sólido y método de lubricación.
  - Ventiladores.
  - Bombas centrífugas de una y de varias etapas; alternativas.
  - Compresores de desplazamiento positivo y cinéticos.
  - Sistemas hidráulicos.
  - Turbinas de vapor, turbinas hidráulicas Pelton, Francis, Kaplan; Turbinas a gas; Turbinas eólicas.
  - Componentes automotrices: MCI, transmisiones, diferenciales.
  - Transformadores y fluidos dieléctricos.
  - Sistemas de transferencia de calor y fluidos térmicos.
  - Aceites de proceso.

## Segundo día - Intensidad 4 horas Clase práctica con el SIPRALUB



INFORMACIÓN

TRIBOS INGENIERIA S.A.S  
Carrera 65 No 74 - 75 Bodega 128  
Multicentro Caribe  
Tel: (574) 444 0581 Cel: (57) 320 623 2768

monitoreo.comercial@tribosingenieria.com  
www.tribosingenieria.com  
Medellín - Colombia



# TRIBOS INGENIERIA S.A.S

Trabajamos con la más alta calidad y brindamos una excelente asesoría

1. Seleccionar un aceite mineral, sintético y vegetal y los aditivos metálicos que debe tener, en cualquier marca, para lubricar el cojinete guía superior y de empuje del generador y el cojinete guía inferior de una turbina hidráulica Pelton al 100% de la velocidad nominal en rpm, suponiendo los siguientes datos dados por el fabricante de la turbina hidráulica Pelton
  - 46 cSt/40°C y 6,7 cSt/100°C, ASTM D445. .
  - Índice de viscosidad de 104, ASTM D2270.
  - Rango de la temperatura de operación de diseño: 52°C y 55°C.
  - Rango de la temperatura ambiente de diseño: 21°C y 29°C.
  - Capacidad de carga del aditivo metálico 15 lbf, prueba Timken, ASTM D2782.
  - Punto de inflamación de 226°C, ASTM D92. ,
  - Espuma, Sec. I, Sec. III, 5/0, Sec. II, 5/0, ASTM D892.
  - Demulsibilidad, 0/0/0, 20 minutos, ASTM D1401.
  - Corrosión en lámina de cobre de 1b máximo, ASTM D130.
  - Vida de servicio de 1200 minutos, RPVOT, ASTM D2272.
  - Suponga que la temperatura ambiente en la cual trabaja la turbina hidráulica Pelton es máximo de 33°C.
2. Seleccionar un aceite mineral, sintético y vegetal, los aditivos metálicos que debe tener y las propiedades físico-químicas especificadas al final, en cualquier marca, para lubricar el reductor de velocidad del Horno rotatorio al 100% de la velocidad nominal en rpm del motor eléctrico, teniendo en cuenta especificar los siguientes datos:
  - Grado ISO del aceite.
  - Viscosidad cSt/40°C y cSt/100°C, ASTM D445. . .
  - Índice de viscosidad de 104, ASTM D2270.
  - Capacidad de carga del aditivo metálico, prueba de 4 bolas, ASTM D2783.
  - Punto de inflamación, ASTM D92. ,
  - Vida de servicio, RPVOT, minutos, ASTM D2272.
  - Supóngase que la temperatura ambiente en la cual trabaja el Horno Rotatorio es máximo de 35°C.
3. Seleccionar una grasa mineral, sintética y vegetal y los aditivos metálicos que debe tener, en cualquier marca, para lubricar los rodamientos de bolas a rótula del eje del piñón de la corona del Horno Rotatorio, al 100% de la velocidad nominal en rpm del motor eléctrico, suponiendo los siguientes datos especificados por el fabricante del Horno Rotatorio:
  - Consistencia NLGI de 2, ASTM D217.
  - Penetración trabajada de 280 mm/10, ASTM D217.
  - Viscosidad del aceite base de 150 cSt/40°C y 12 cSt/100°C, ASTM D445. .
  - Índice de viscosidad de 102, ASTM D2270.
  - Rango de la temperatura de operación de trabajo, 88°C a 125°C.
  - Capacidad de carga del aditivo metálico de 400 kgf, prueba 4 bolas, ASTM D2783.
  - Espesador complejo de litio.
  - Punto de goteo mínimo de 230°C, ASTM D566.
  - Factor de giro mínimo de 100.000 mmxrpm. .
4. Determinar y calcular si es necesario, las propiedades físico-químicas especificadas al final, de la grasa mineral, sintética y vegetal y los aditivos metálicos que debe tener para lubricar los rodamientos de bolas a rótula del eje del cilindro del Horno Rotatorio, al 100% de la velocidad nominal en rpm del motor eléctrico y con el máximo torque posible. El diámetro exterior del rodamiento de bolas a rótula es de 120 cm y el interior de 90 cm, temperatura de operación entre 84°C y 123°C; la rugosidad de las pistas y elementos rodantes del rodamiento de bolas a rótula es N6 de acuerdo con ISO 468.
  - Consistencia NLGI, ASTM D217.
  - Penetración trabajada, mm/10, ASTM D217.



INFORMACIÓN

TRIBOS INGENIERIA S.A.S  
Carrera 65 No 74 - 75 Bodega 128  
Multicentro Caribe  
Tel: (574) 444 0581 Cel: (57) 320 623 2768

monitoreo.comercial@tribosingenieria.com  
www.tribosingenieria.com  
Medellín - Colombia



# TRIBOS INGENIERIA S.A.S

Trabajamos con la más alta calidad y brindamos una excelente asesoría

- Viscosidad del aceite base en cSt/40°C y cSt/100°C, ASTM D445. .
  - Índice de viscosidad, ASTM D2270.
  - Rango de la temperatura de operación de trabajo, 78°C a 98°C.
  - Capacidad de carga del aditivo metálico, kgf, prueba 4 bolas, ASTM D2783.
  - Tipo de espesador.
  - Punto de goteo mínimo, ASTM D566.
  - Factor de giro mínimo, mmxrpm. .
5. Seleccionar el grado ISO y determinar la condición de lubricación bajo la cual trabajan los engranajes abiertos del Horno Rotatorio, para la máxima velocidad de operación en rpm y torque en Nm.
  6. Hallar la cantidad de grasa que se le debe empacar a cada rodamiento de bolas a rótula de los rodillos de soporte de las llantas del Horno Rotatorio, para la condición de máxima velocidad en rpm y torque en Nm.
  7. Hallar la frecuencia de cambio de la grasa empacada en cada rodamiento de bolas a rótula de los rodillos de las llantas del Horno Rotatorio para la condición de máxima velocidad en rpm, y torque en Nm suponiendo que opera 24 horas al día.
  8. Evaluación de conocimientos.

## Tercer día - Intensidad 4 horas

### Clase teórica

1. Sistemas de lubricación con aceite y con grasa manuales y automáticos.
2. Nivel de aceite en rodamientos lubricados con aceite por inmersión, anillo y circulación de aceite.
3. Nivel de aceite en cojinetes lisos lubricados por anillo y por circulación de aceite.
4. Nivel de aceite en reductores de velocidad de engranajes cilíndricos de dientes rectos y helicoidales, cónicos helicoidales e hipoidales, sinfín corona, de una o de varas etapas y diferentes posiciones de montaje.
5. Nivel de aceite en motorreductores en diferentes posiciones de montaje.
6. Nivel de aceite en los diferentes tipos de compresores.
7. Nivel de aceite en sistemas hidráulicos.
8. Nivel de aceite en componentes automotrices. .
9. Indicadores de nivel de aceite, montaje, mantenimiento.
10. Rutas de inspección semanales de niveles de aceite, procedimientos, correctivos.
11. Problemas con altos y bajos niveles de aceite.
12. Cantidad de grasa en sistemas de lubricación por grasera y por grasa empacada.

## Tercer día - Intensidad 4 horas

### Clase práctica con el SIPRALUB

1. Analizar el depósito de aceite del turbogenerador y especificar si sus dimensiones son correctas, tiene los elementos adecuados y el material cumple con la Norma PAI 614.
2. Explicar en qué momento entra a trabajar la bomba de engranajes auxiliar del SCLAP.
3. Explicar porqué cada bomba de engranajes del SCLAP cuenta con dos filtros de succión y cuál es el procedimiento para limpiar el que esté trabajando cuando la bomba de engranajes respectiva esté operando y la otra esté en mantenimiento.
4. Explicar cómo se intercambian las dos bombas de engranajes en operación, esto es, sacar de servicio la que esté operando y poner a trabajar la otra y que la que se sacó de servicio quede disponible en automático para entrar a operar cuando se necesite.



INFORMACIÓN

TRIBOS INGENIERIA S.A.S  
Carrera 65 No 74 - 75 Bodega 128  
Multicentro Caribe  
Tel: (574) 444 0581 Cel: (57) 320 623 2768

monitoreo.comercial@tribosingenieria.com  
www.tribosingenieria.com  
Medellín - Colombia



# TRIBOS INGENIERIA S.A.S

Trabajamos con la más alta calidad y brindamos una excelente asesoría

5. Explicar el procedimiento para poner a operar en manual la bomba de engranajes que esté disponible y que recircule el aceite con el depósito para que no se “pegue”. Especificar con qué frecuencia se debe hacer este procedimiento.
6. Explicar cuál es el objetivo del cheque en la descarga de cada bomba de engranajes.
7. Calcular el diámetro de la tubería de descarga hasta la salida de los filtros de aceite para una velocidad del aceite de 15 pies/seg y un caudal de 15 gpm.
8. Calcular la caída de presión en psi en el SCLAP desde la descarga de la bomba de engranajes hasta la salida de los filtros de aceite, teniendo en cuenta que el aceite utilizado es de un grado ISO 68 y la temperatura desde la descarga hasta la entrada del enfriador es de 60°C. La temperatura del aceite desde la salida del enfriador hasta la salida de los filtros se debe tomar durante el funcionamiento del SCLAP teniendo en cuenta que está fluyendo agua a través de los tubos del enfriador de aceite. Se deben tener en cuenta las pérdidas por fricción en el enfriador, en el filtro y en los accesorios.
9. Calcular la potencia en kw, del motor eléctrico que acciona la bomba de engranajes del SCLAP cuya capacidad es de 15 gpm. Supóngase que el caudal de aceite a los rodamientos de bolas rótula de la turbina es de 2 gpm y la presión de atomización es de 15 psig.
10. Calcular el diámetro nominal de la tubería de retorno de aceite desde los rodamientos de bolas a rótula del eje de la turbina hasta el depósito de aceite, cuando el aceite está en el depósito a una temperatura de 60°C.
11. Determinar el NPSH<sub>d</sub> del sistema de succión en psig del SCLAP.
12. Especifique cuál debe ser la distancia mínima entre el depósito de aceite y la succión de la bomba de engranajes. Una vez tenga este dato verifíquelo con respecto al del SCLAP.
13. Calcular el diámetro de las platinas de orificio a la entrada de los rodamientos de rodillos a rótula de la turbina, teniendo en cuenta que el flujo de aceite es de 2 gpm, la caída de presión en la platina es de 5 psi y la longitud L es de 0,5 pies. Los demás datos se toman con el SCLAP en operación.
14. Determinar la eficiencia de los elementos filtrantes del SCLAP durante su operación. Especificar si es necesario cambiarlos porque ya han perdido su capacidad de filtración para garantizar el código de limpieza ISO 4406-99 requerido para los rodamientos de bolas a rótula de la turbina.
15. Calcular el número de tubos de 3/8” que debe tener el enfriador para bajar la temperatura del aceite en el depósito desde 70°C hasta 45°C. El aceite es un ISO 68. La temperatura del agua a la entrada al enfriador de aceite está a 24°C.
16. Especifique el nivel de aceite en el reductor de velocidad del turbogenerador y compárelo con respecto al que tiene.
17. Especifique el nivel de aceite en el reductor de velocidad del Horno Rotatorio y compárelo con respecto al que tiene.
18. Determine la ubicación del Toma muestra en el reductor de velocidad del Turbogenerador y en el reductor de velocidad del Molino de bolas, y compararla con respecto a cómo está montada actualmente.
19. Analice en funcionamiento el sistema de lubricación de la corona del Molino de bolas y especifique si es correcto o se debe mejorar.
20. Especifique el procedimiento para limpiar en operación el indicador del nivel de aceite del reductor de velocidad del Molino de bolas.
21. Evaluación de conocimientos.

## 5. MATERIAL

A cada participante se le entregará el siguiente material:



INFORMACIÓN

TRIBOS INGENIERIA S.A.S  
Carrera 65 No 74 - 75 Bodega 128  
Multicentro Caribe  
Tel: (574) 444 0581 Cel: (57) 320 623 2768

monitoreo.comercial@tribosingenieria.com  
www.tribosingenieria.com  
Medellín - Colombia



# TRIBOS INGENIERIA S.A.S

Trabajamos con la más alta calidad y brindamos una excelente asesoría

- Manual impreso con el contenido de los temas estudiados.
- Calificaciones de la evaluación de conocimientos de cada sesión. .

A la empresa se le entregará:

- Una copia de las calificaciones obtenidas en la evaluación de conocimientos de cada sesión.
- Listado de asistencia a los entrenamientos.

## 6. AYUDAS DIDACTICAS

Por parte de la empresa se requiere la disponibilidad de las siguientes ayudas didácticas para el desarrollo de curso: tablero, computador, proyector, energía a 220 voltios, trifásica.

## 7. METODOLOGIA

Dentro del desarrollo del curso se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Las clases teóricas se realizarán con exposición oral, con ayuda de transparencias y videos y se le proporcionará a cada participante un manual con el contenido de los temas vistos.
- Los ejemplos que se analizan dentro de los diferentes temas son sobre casos reales.
- Prácticas en el Simulador de Prácticas en Lubricación, SIPRALUB
- A cada participante se le hará una prueba escrita al final de cada sesión práctica sobre los temas tratados.

## 8. CERTIFICADOS

- Certificado de participación y aprobación del curso.
- Certificación Tribos Cat III ML2.

## 9. PARTICIPANTES

Ingenieros, supervisores, técnicos de mantenimiento, confiabilidad, lubricación y de proceso.

## 10. CUPO

20 personas.

## 11. FECHA

En común acuerdo con la empresa entre el 8 y el 20 de diciembre de 2016.

## 12. INTENSIDAD, HORARIO

30 horas, de 7:00 AM a 4:00 PM.

## 13. LUGAR

Instalaciones de la empresa.

## 14. INVERSION



INFORMACIÓN

TRIBOS INGENIERIA S.A.S  
Carrera 65 No 74 - 75 Bodega 128  
Multicentro Caribe  
Tel: (574) 444 0581 Cel: (57) 320 623 2768

monitoreo.comercial@tribosingenieria.com  
www.tribosingenieria.com  
Medellín - Colombia



# TRIBOS INGENIERIA S.A.S

Trabajamos con la más alta calidad y brindamos una excelente asesoría

- **Curso:** Se cotiza a solicitud de la empresa.
- **Certificación Tribos Cat III ML2:** Se cotiza a solicitud de la empresa.

## 15. CONFERENCISTA

### **PEDRO ALBARRACIN AGUILLON**

Ingeniero Mecánico, Universidad de Antioquia - Colombia, 41 años de experiencia como ingeniero de lubricación, conferencista en seminarios de Tribología y Lubricación en empresas de Colombia y en países de América Latina. Ingeniero de lubricación por 20 años en la Refinería de Ecopetrol en Barrancabermeja - Colombia y profesor de Tribología en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional en Medellín – Colombia, por más de 30 años. Ingeniero de diseño y fabricación de equipos de lubricación y de recuperación de aceites en Ingenieros de Lubricación SAS. Autor de los libros: Tribología y Lubricación Industrial y Automotriz, Tomo 1, 1ra, 2da, 3ra Y 4ta edición, Lubricación de Turbinas de Vapor 1ra y 2da edición y Equivalencias entre las diferentes marcas de lubricantes 1ra y 2da edición. Director de desarrollo de tecnología de Tribos Ingeniería SAS.

## 16. INFORMACION

**TRIBOS INGENIERIA SAS**, [monitoreo.comercial@tribosingenieria.com](mailto:monitoreo.comercial@tribosingenieria.com); Telf. 4440581 - Ext. 101, Cel. 320-6232768. Medellín - Colombia.



INFORMACIÓN

TRIBOS INGENIERIA S.A.S  
Carrera 65 No 74 - 75 Bodega 128  
Multicentro Caribe  
Tel: (574) 444 0581 Cel: (57) 320 623 2768

[monitoreo.comercial@tribosingenieria.com](mailto:monitoreo.comercial@tribosingenieria.com)  
[www.tribosingenieria.com](http://www.tribosingenieria.com)  
Medellín - Colombia