



Curso teórico práctico  
**BUENAS PRACTICAS EN LUBRICACION, ANALISIS DE  
LABORATORIO VIBRACIONES Y TERMOGRAFIA**

Certificación Tribos Cat. I BPLAL  
32 horas

## 1. OBJETIVOS

- Estudiar la lubricación y la tribología con base en la fricción, desgaste y lubricación, dentro de la filosofía de la Lubricación Centrada en la Confiabilidad.
- Proyectar la lubricación al logro de la confiabilidad y disponibilidad de las máquinas.
- Selección y aplicación correcta de lubricantes.
- Desarrollar los conceptos teóricos en la práctica de la lubricación para asegurarlos y volverlos una herramienta productiva.
- Corroborar en la práctica qué sucede cuando se utilizan aceites y grasas incorrectos, se sobrepasa el nivel de aceite o es bajo y se aplica grasa en exceso o es deficiente la cantidad aplicada mediante el monitoreo de las vibraciones y la temperatura por termografía.
- Asegurar la filosofía de utilizar lubricantes limpios en los equipos rotativos.

## 2. CERTIFICACION TRIBOS CAT I BPLAL (OPCIONAL)

Los estudiantes que participen en el curso BUENAS PRACTICAS EN LUBRICACION, ANALISIS DE LABORATORIO, VIBRACIONES Y TERMOGRAFIA, pueden presentar la Certificación Tribos Cat I BPLAL. 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 I BPLAL

La siguiente es la metodología que se debe tener en cuenta para presentar la Certificación Tribos Cat I BPLAL.

- Asistir al curso.
- Al final del curso presentar el examen de Certificación Tribos Cat I BPL (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 5 años.
- El valor de la certificación es adicional al que se paga para asistir al curso.

## 4. CONTENIDO

### Primer día - Clase teórica

Intensidad 4 horas

Tema: Conceptos básicos de lubricación

1. Inversión, rentabilidad e innovación tecnológica en la productividad de las máquinas.
2. Ciclo de vida del activo, Factores negativos que la afectan y cómo controlarlos o eliminarlos.
3. La tribología como herramienta efectiva y eficaz en la confiabilidad de las máquinas.
4. Fricción, definición, tipos: metal-metal, sólida, mixta, fluida. Coeficientes de fricción.
5. Eficiencia y energía pérdida por fricción en mecanismos de máquinas.
6. Lubricación, definición, tipos límite, hidrodinámica, elastohidrodinámica.
7. Película lubricante, características, influencia del torque, velocidad, temperatura y rugosidad.



# TRIBOS INGENIERIA S.A.S

Trabajamos con la más alta calidad y brindamos una excelente asesoría

8. Lubricante; 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 para reforzar las propiedades físico-químicas de la base lubricante.
9. Desgaste normal, anormal y falla por adhesión, fatiga superficial, erosión, abrasión y corrosión.
10. Unidades de la viscosidad, equivalencias.
11. Sistemas de clasificación de los aceites y grasas. ISO, MCI SAE/API S/C, TR SAE/API GL, NLGI.
12. Equivalencias entre los diferentes sistemas de clasificación de la viscosidad.
13. Selección del aceites Industriales ISO y automotrices SAE/API y grasas NLGI.

## Primer día - Clase práctica en el Simulador de Prácticas en Lubricación, SIPRALUB

**Intensidad 4 horas**

**Tema: Fricción, consumo de energía por fricción, lubricación, desgaste**

1. Identificar los sistemas tribológicos (ST) en los mecanismos lubricados en componentes de alta y de baja velocidad.
2. Poner en operación componentes de alta velocidad y torque máximos e identificar en los mecanismos lubricados condiciones de fricción metal-metal, sólida, mixta y fluida.
3. Calcular el torque en el eje de componentes de alta y de baja velocidad para velocidades nominales del motor eléctrico del 25%, 50%, 75% y 100% bajo condiciones de torque máximo.
4. Calcular el consumo de energía por fricción en kw en los rodamientos y engranajes de un reductor de velocidad de alta y de baja velocidad y en los rodamientos de componentes de alta velocidad para las condiciones de máxima velocidad y torque.
5. Identificar condiciones de lubricación límite, elastohidrodinámica e hidrodinámica en mecanismos lubricados de alta y de baja velocidad bajo condiciones de máxima velocidad y torque.
6. Poner en operación componentes de alta y de baja velocidad e identificar en sus mecanismos los tipos de desgaste normal adhesivo, fatiga superficial, erosivo, abrasivo y/o corrosivo, bajo condiciones de velocidad y torque máximos y cuál o cuáles mecanismos de estos dos tipos de componentes están más propensos a la falla por fatiga superficial.
7. Evaluación de conocimientos.

## Segundo día - Clase teórica

**Intensidad 4 horas**

**Tema: Análisis de laboratorio según pruebas ASTM, ISO, EAA**

1. Objetivos del análisis de laboratorio al aceite.
2. Pruebas básicas a los aceites usados.
  - a. Análisis de las propiedades físico-químicas del aceite ISO y SAE
    - Viscosidad en cSt/40°C y en cSt/100°C, ASTM D445.
    - TAN (Número Acido Total), ASTM D664.
    - TBN (Número Básico Total), ASTM D664.
  - b. Análisis del nivel de contaminación :
    - Partículas sólidas según ISO 4406-99.
    - Contenido de agua % por volumen, ASTM D95.
    - Contenido de hollín, abs/cm.
    - Contenido de glicoles, abs/cm.
    - Dilución por combustible, % por volumen, ASTM D322.
  - c. Análisis del contenido de aditivos del aceite: calcio (Ca), bario (Ba), manganeso (Mg), fósforo (P), zinc (Zn), por espectrofotometría de emisión atómica.
  - d. Análisis de contaminantes externos a la máquina: potasio (K), vanadio (V), silicio (Si), boro (B), sodio (Na), por espectrofotometría de emisión atómica.



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  
Medellin - Colombia



# TRIBOS INGENIERIA S.A.S

Trabajamos con la más alta calidad y brindamos una excelente asesoría

- e. Análisis de la rata de desgaste: hierro (Fe), cobre (Cu), estaño (Sn), aluminio (Al), palta (Ag), silicio (Si), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plomo (Pb), por espectrofotometría de emisión atómica.
3. Pruebas especiales a los aceites usados:
  - Punto de inflamación, °C, ASTM D92.
  - Demulsibilidad, ASTM D1404.
  - Estabilidad a la espuma, ASTM D892.
  - Vida de servicio del aceite, RPVOT, ASTM D2272.
  - Contenido de barnices, ASTM D7843.
  - Contenido de antioxidantes, ASTM D6971.
  - Corrosión en lámina de cobre, ASTM D130.
  - Prueba de desgaste de 4 bolas para aceites, ASTM D2783.
  - Prueba de desgaste de 4 bolas para grasas, ASTM D2596.
  - Prueba de desgaste Timken para aceites, ASTM D2782.
  - Prueba por ferografía para evaluar los diferentes tipos de desgaste.
4. Relación entre los resultados de laboratorio y el desgaste adhesivo, fatiga superficial, erosivo, abrasivo y corrosivo.
5. Análisis de las tendencias de los parámetros que se le analizan al aceite en el laboratorio.
6. Definición de los puntos de muestreo de aceite según el tipo de componente.
7. Toma correcta de la muestra de aceite, frascos y datos que debe llevar.

## Segundo día - Clase teórica

**Intensidad 4 horas**

**Tema: Vibraciones y termografía**

1. Conceptos básicos de vibraciones. Vibración normal y falla en los rodamientos y engranajes de la Turbina y del Molino a la condición de velocidad y torque máximos.
2. Medición de las vibraciones en velocidad, aceleración, amplitud y envolvente.
3. Detección de problemas de lubricación mediante el monitoreo de las vibraciones.
4. Rotura de la película lubricante al aumentar la intensidad de las vibraciones, causas y soluciones.
5. Conceptos básicos de termografía. Temperatura de operación normal y falla en la zona de fricción y en el carter o depósito de aceite.

## Tercer día - Clase Práctica en el Simulador de Prácticas en Lubricación, SIPRALUB

**Intensidad 4 horas**

**Tema: Selección correcta del aceite, solución de problemas de lubricación**

1. Seleccionar el aceite para un reductor de baja velocidad para una velocidad en el eje de salida del 100%, torque máximo y teniendo en cuenta la temperatura ambiente en la cual trabaja el reductor de velocidad. El fabricante del reductor de velocidad recomienda para una temperatura ambiente entre 25°C y 33°C un aceite de 15°E a 50°C con un IV de 160, con aditivos metálicos de una capacidad de carga en la prueba de 4 bolas, ASTM D2783 de 240 kgf. Especificar la clase, mineral, sintético o vegetal; la categoría: H1, H2 o H3; la base lubricante, Grupo I, II, III, IV; los aditivos metálicos AW o EP<sub>1</sub>, EP<sub>2</sub>, EP<sub>3</sub> y EP<sub>4</sub> y el grado ISO del aceite que se debe utilizar. Llenar el formato para la compra correcta del aceite.
2. Lubricar el reductor de baja velocidad con el aceite seleccionado. Definir para el reductor de velocidad, los valores de vibración en dirección vertical, horizontal y axial, en mm/s para la condición OC, OF y EF y la temperatura OC, OF y EF del aceite en el carter y en la zona de fricción. Luego de 15 minutos de estar operando, tomar valores de vibración en mm/s en todos los sistemas tribológicos y la temperatura del aceite en el carter.
3. Cambiar el aceite del reductor de velocidad de baja velocidad, por otro de un grado ISO mayor y luego por otro de un grado ISO menor. Esperar mínimo 15 minutos en cada caso y tomar



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  
Medellin - Colombia



valores de vibración en mm/s en las zonas de fricción y de la temperatura del aceite en el carter. Comparar resultados y sacar conclusiones acerca de las vibraciones, la temperatura del aceite en el carter, consumo de energía por fricción y qué tipo de desgaste anormal o falla se puede presentar en los mecanismos del reductor de velocidad al utilizar aceites de un grado ISO mayor o menor que el requerido.

4. Seleccionar el aceite para el reductor de alta velocidad para el 100% de la velocidad nominal del motor eléctrico y teniendo en cuenta la temperatura ambiente real. El fabricante del reductor de velocidad recomienda para una temperatura ambiente entre 27°C y 36°C un aceite de 6°E a 50°C con un IV de 110, con aditivos metálicos de una capacidad de carga en la prueba de 4 bolas, ASTM D2783 de 90 kgf. Especificar la clase, mineral, sintético o vegetal; la categoría: H1, H2 o H3; la base lubricante, Grupo I, II, III, IV; los aditivos metálicos AW o EP<sub>1</sub>, EP<sub>2</sub>, EP<sub>3</sub> y EP<sub>4</sub> y el grado ISO del aceite que se debe utilizar.
5. Lubricar el reductor de alta velocidad con el aceite seleccionado. Definir los valores de vibración en dirección vertical, horizontal y axial, en mm/s para la condición OC, OF y EF y la temperatura de operación en el carter y en la zona de fricción. Luego de 15 minutos de estar operando tomar valores de vibración en mm/s en todos los sistemas tribológicos y la temperatura del aceite en el carter.
6. Cambiar el aceite del reductor de alta velocidad por otro de un grado ISO mayor y luego por otro de un grado ISO menor. Esperar mínimo 15 minutos en cada caso, y tomar valores de vibración en mm/s en todos los sistemas tribológicos y de la temperatura en el carter. Comparar resultados y sacar conclusiones acerca de las vibraciones, la temperatura del aceite en el carter, consumo de energía por fricción y tipo de desgaste anormal o falla que se puede presentar en los mecanismos del reductor de velocidad al utilizar aceites de un grado ISO incorrectos.

## **Tercer día - Clase Práctica en el Simulador de Prácticas en Lubricación, SIPRALUB Intensidad 4 horas**

### **Tema: Selección correcta de la grasa, solución de problemas de lubricación**

1. Seleccionar la grasa para las chumaceras del tambor del Molino a la velocidad nominal del motor eléctrico y con el máximo torque. Especificar la clase, mineral, sintética o vegetal; la categoría: H1, H2 o H3; la base lubricante Grupo I, II, III, IV del aceite base de las grasas; los aditivos metálicos AW o EP<sub>1</sub>, EP<sub>2</sub>, EP<sub>3</sub> y EP<sub>4</sub>, el punto de goteo, el factor de giro y el grado NLGI de la grasa que se debe utilizar.
2. Determinar la cantidad de grasa que se le debe aplicar a las chumaceras del Molino para la velocidad y torque máximo de operación.
3. Lubricar las chumaceras del Molino con la grasa seleccionada y la cantidad requerida para la velocidad y torque máximo de operación. Definir para los dos rodamientos del Molino y de la turbina, los valores de vibración en dirección vertical, horizontal y axial, en mm/s para la condición OC, OF y EF y la temperatura de operación OC, OF y EF en la zona de fricción.
4. Poner en operación la Turbina y el Molino; tomar los valores de vibración en mm/s en dirección vertical, horizontal y axial, en las chumaceras de la Turbina y del Molino al 100% de la velocidad nominal y torque máximo y determinar de acuerdo con los valores de vibración tomados, cuáles están más propensas a un desgaste anormal o falla por fatiga superficial o por adhesión al lubricarlas con aceite (las de la turbina) o con grasa (las del molino).
5. Llenar con grasa totalmente las chumaceras del eje intermedio del Molino. Definir para las cuatro chumaceras, los valores de vibración en dirección vertical, horizontal y axial, en mm/s para la condición OC, OF y EF y la temperatura de operación OC, OF y EF en la zona de fricción. Ponerlo en operación a la velocidad y torque máximos; esperar 15 minutos, tomar vibraciones en mm/s y temperatura en la zona de fricción de los rodamientos. Comparar resultados con respecto a la cantidad de grasa normal y sacar conclusiones acerca de lo que sucede cuando se sobre lubrican con grasa los rodamientos.



## Cuarto día - Clase Práctica en el Simulador de Prácticas en Lubricación, SIPRALUB Intensidad 8 horas

### Tema: Fallas de lubricación por altas temperaturas de operación detectadas por vibración

1. Poner en operación el sistema de circulación de aceite y la Turbina a la velocidad nominal de operación. Tomar valores de vibración en los rodamientos de la turbina en mm/s en dirección vertical, horizontal y axial, anotar estos valores y compararlos con los valores OC, OF y EF dados por el fabricante o por Normas; de acuerdo con estos valores especificar en qué estado se encuentran los rodamientos, analizar causas y dar soluciones.
2. Calentar el aceite hasta 70°C y hacerlo fluir por el enfriador de aceite de tubos de cobre, apagar el calentador de aceite. Hacer fluir agua por el enfriador de aceite y cuantificar el tiempo que se demora en bajar la temperatura del aceite en el depósito hasta 50°C. Tomar valores de vibración en mm/s en dirección vertical, horizontal y axial con el aceite a 70°C en los rodamientos de la Turbina girando a la velocidad nominal de operación. Anotar los valores tomados.
3. Calentar el aceite hasta 70°C y hacerlo fluir por el enfriador de aceite de tubos de acero inoxidable 304, apagar el calentador de aceite. Hacer fluir agua por el enfriador de aceite y cuantificar el tiempo que se demora en bajar la temperatura del aceite en el depósito hasta 50°C. Tomar valores de vibración en mm/s en dirección vertical, horizontal y axial con el aceite a 50°C en los rodamientos de la Turbina girando a la velocidad nominal de operación. Anotar los valores tomados.
4. Evaluar la eficiencia del enfriador de aceite con tubos de cobre y con tubos de acero inoxidable 304.
5. Especificar qué ventajas y desventajas se tienen al utilizar un enfriador de aceite con tubos de acero inoxidable 304 y qué problemas se pueden presentar en el aceite al utilizar el enfriador con los tubos de cobre.
6. Determinar con base en los valores de vibración tomados, qué condiciones de fricción y qué tipo de lubricación se tiene en los rodamientos de la Turbina girando a la velocidad nominal cuando el aceite trabaja a 50°C y a 70°C. Determinar en cuál de las dos situaciones de temperatura se presenta desgaste anormal adhesivo o falla por adhesión en los rodamientos de la Turbina. Sustentar el resultado mediante el cálculo del factor de seguridad de la película lubricante  $\lambda$ .
7. Hallar la temperatura de operación en los rodamientos de la Turbina a la cual se rompe la Capa fluida 3 de la película lubricante  $h_0$  y se presentan condiciones de fricción metal - metal y de falla por adhesión.
8. Seleccionar el nivel de limpieza ISO 4406-99, el micronaje y el  $\beta_x$  del filtro, para el aceite del sistema de lubricación por circulación que lubrica los rodamientos de la Turbina.
9. Monitorear el nivel de limpieza ISO 4406-99 con que está llegando el aceite a los rodamientos de la Turbina. Especificar si este nivel de limpieza o de contaminación está dando lugar a un desgaste erosivo o abrasivo normal (OC), anormal (OF o falla (EF).
10. Llevar el aceite de la turbina a un nivel de contaminación de 20/19/17 y hacerlo fluir por el filtro de aceite 1 con un elemento filtrante nuevo de 5 micras durante 2 horas a 50°C, evaluar el nivel de limpieza o de contaminación ISO 4406-99, calcular el  $\beta_5$  y la eficiencia del filtro. Repetir el mismo procedimiento por el filtro de aceite 2. Sacar conclusiones.
11. Especificar en el sistema de circulación de aceite a presión de la Turbina, el número y ubicación de los Puertos de muestreo de aceite y qué información permite obtener el análisis de laboratorio efectuado a las muestras de aceite tomadas en estos puntos.
12. Lubricar los dos rodamientos del Molino con el tipo de grasa y cantidad requeridas. Poner en operación el Molino hasta la velocidad nominal de operación. Tomar valores de vibración en los rodamientos del Molino en mm/s en dirección vertical, horizontal y axial. Anotar los valores de vibración tomados y compararlos con los valores OC, OF y EF; de acuerdo con estos valores en qué estado se encuentran los rodamientos, analizar causas y dar recomendaciones.



# TRIBOS INGENIERIA S.A.S

Trabajamos con la más alta calidad y brindamos una excelente asesoría

13. Hallar por vibraciones, si en la condición de máximo torque del Molino aplicándole grasa solo al rodamiento se rompe la película lubricante  $h_o$ .
14. Hallar por vibraciones, si en la condición de máximo torque del Molino aplicándole grasa a los rodamientos y rellenando al 100% la cavidad donde van alojados, se rompe la película lubricante  $h_o$ .
15. Verificar por vibraciones, si al llevar el nivel del aceite en el reductor de velocidad del Molino a la máxima cantidad en EF, se rompe la película lubricante  $h_o$  en los rodamientos y engranajes.
16. Verificar por vibraciones, cuánto tiempo se demora en presentarse la falla por adhesión en los engranajes y rodamientos del reductor de velocidad del Molino cuando se queda sin aceite y está operando al mínimo y al máximo torque.

## 5. MATERIAL

A cada participante se le entregará:

- Un ejemplar del libro Tribología y Lubricación, Tomo I, 5ta Edición.
- Calificaciones de la evaluación de conocimientos.

A la empresa se le entregará:

- Calificaciones de la evaluación de conocimientos a los participantes.
- Listado de asistencia.

## 6. AYUDAS DIDACTICAS

Por parte de la empresa cliente se requiere la disponibilidad de las siguientes ayudas didácticas para el desarrollo de curso: tablero, proyector y energía 220 voltios, trifásica, 100 amperios. .

## 7. METODOLOGIA

- Clases teóricas con exposición oral, con transparencias y videos.
- Prácticas en el Simulador de Prácticas en Lubricación, SIPRALUB.
- Planteamiento y solución de casos reales en ubricación.
- Examen de certificación (opcional).

## 8. CERTIFICADOS

- Certificado de participación y aprobación del curso.
- Certificación Tribos Cat I BPLAL (opcional).

## 9. PARTICIPANTES

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

## 10. CUPO

10 personas.

## 11. FECHA



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  
Medellin - Colombia



# TRIBOS INGENIERIA S.A.S

Trabajamos con la más alta calidad y brindamos una excelente asesoría

En común acuerdo con la empresa.

## 12. LUGAR

En las instalaciones de la empresa.

## 13. INTENSIDAD, HORARIO

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

## 14. INVERSION

Se cotiza a solicitud de la empresa.

## 15. CONTACTO

TRIBOS INGENIERIA SAS Medellín, Colombia, Carrera 65 No 74-75 Bodega 128, Multicentro Caribe, Cel. 320-6232768, [monitoreo.comercial@tribosingenieria.com](mailto:monitoreo.comercial@tribosingenieria.com); [www.tribosingenieria.com](http://www.tribosingenieria.com).



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