

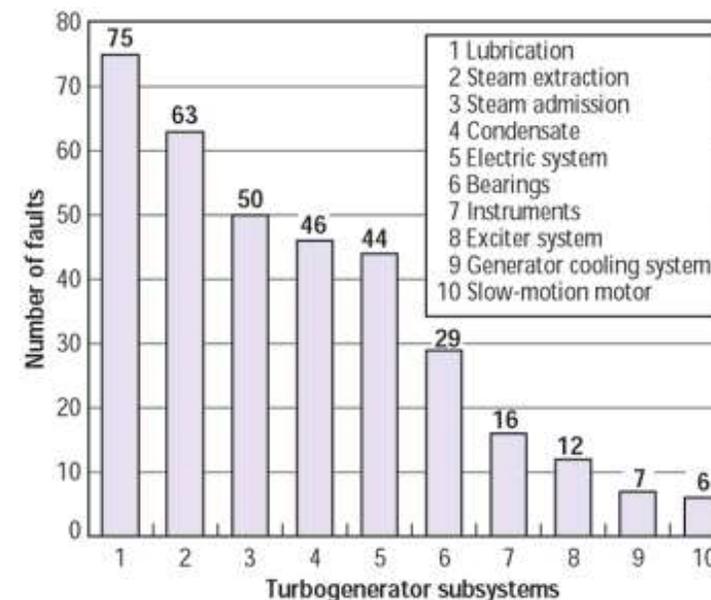
Flushing para Eliminación de Barnices en Turbinas de Generación de Energía

Ing. Cristián Schmid
Lubritech Argentina

Contenido

- Introducción al tema de Barnices
- Caso Turbina de Gas GE
- Acciones durante Operación del Equipo
- Acciones durante Parada Programada
- Conclusiones / Recomendaciones

Impacto Operativo de la Lubricación



Impacto Negativo en Vida de los Equipos por mala lubricación y contaminación con partículas.

En los últimos 15 años, los problemas causados por presencia de barnices se han incrementado.

¿Cuánto cuesta una Turbina de Generación de Energía sin operar por día?

Espesores de Película Lubrificante.

Table D.2 — Typical dynamic film thickness for equipment

Component	Thickness μm
Roller bearings	0,4 to 1
Ball bearings	0,1 to 0,7
Journal bearings	0,5 to 25
Gears	0,1 to 1
Seals	0,05 to 0,5
Servo valves: — orifice	130 to 450
— flapper to wall	18 to 63
— spool to sleeve	1 to 4
Hydraulic actuators	25 to 250

2 μ - Bacteria

5 μ - Glóbulo Rojo

40 μ - Visibilidad Humana

80 μ - Espesor Cabello

< 1 μ - Partículas precursoras de formación de barnices

Formación de barnices

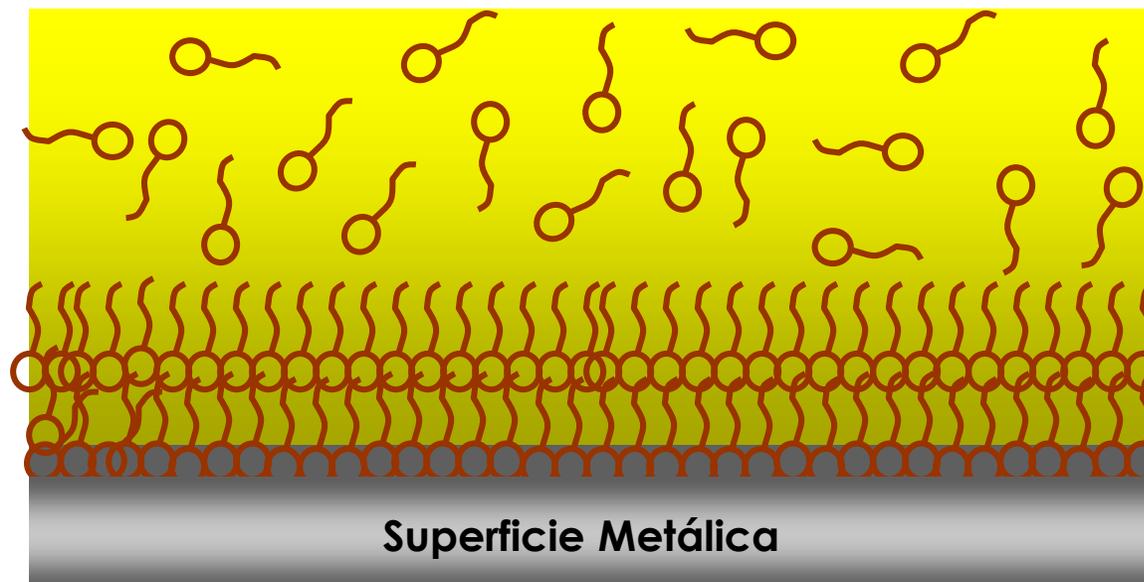


- Uno de los resultados de la degradación de los aceites de turbinas es la generación de subproductos llamados contaminantes suaves. De tamaño típicamente por debajo de un Micrón, por lo que no es posible removerlos con sistemas de filtración mecánica convencional. Existen dos categorías:



- Solubles en el Aceite: son de naturaleza no-polar y quedan en suspensión en el lubricante oscureciendo su color.
- Insolubles en el Aceite: son de naturaleza polar e inestables en el aceite (no polar). Se combinan y se absorben sobre superficies metálicas formando barnices. Se aglomeran en cuerpos de válvulas y guías.

Formación de barnices



- **Contaminantes blandos** se depositan unos sobre otros y generan una capa visible
- **Contaminantes blandos** precipitan sobre partes metálicas



< 1 micrón

Contaminantes Blandos, son partículas polares submicrónicas

Formación de barnices



Variador de Velocidad – Turbogenerador



Cojinete Radial en Turbina de Gas

Efectos sobre el lubricante:

- Aumento repentino del color
- Posible aumento del TAN
- Posible aumento de la viscosidad
- Generación de insolubles sub-micrónicos

Posibles Efectos sobre la maquinaria:

- Atascamiento de servo válvulas
- Barniz + Partículas = Lija = Abrasión
- Barniz: aislante: menor disipación del calor
- Menor espesor de películas lubricante
- Colapso prematuro de filtros

Pérdida de Disponibilidad y
Confiability en la Turbina

Análisis de aceite

- El hecho de que la mayoría de los contaminantes insolubles tengan un tamaño inferior a una micra, hace que la detección mediante las técnicas analíticas tradicionales sea virtualmente imposible.
- Por lo que lo ideal es manejar el siguiente paquete;
 - Kinematic Viscosity @ 40C (D-445)
 - Karl Fischer Water (D-1744)
 - TAN (D-664)
 - Particle Count (ISO 4406)
 - Metals (D-6595)
 - RPVOT (D-2272)
 - Color (D-1500)
 - **Ultracentrifuge (MM-1169)**
 - **Membrane Patch Colorimetry (ASTM D7843)**
 - **Pentane Insolubles by Membrane Filtration (D-4055)**
 - **RULER, Inhibitor Additives (D6971 / D6810)**

Antecedentes sin buenos resultados

- Cambio de Lubricante sin limpieza de sistema.
 - *Simplemente cambiando el lubricante por la misma marca; o incluso una mejor; sin limpiar el sistema; no se elimina el problema, e incluso se acelera la degradación de la nueva carga.*
- Filtración Mecánica (por encima de 2μ).
 - *La filtración mecánica no elimina las partículas precursoras de formación de barnices.*
- Utilización de equipos externos de Eliminación de barnices.
 - *Si bien existen diferentes tecnologías; todas ellas están enfocadas en retirar o prevenir la formación de barnices del lubricante; y no del sistema.*

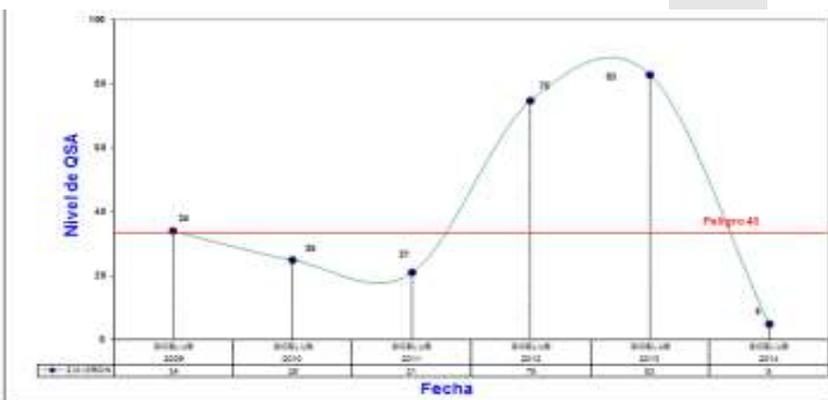
Caso de Estudio



- Turbina de Gas marca GE 9FA, en Planta de Generación de Energía
- Potencia: 173 MW
- Estatus de Operación: OPERATIVA
- Periodo evaluado: Octubre 2015 a Agosto 2018
- Parada Programada: Marzo 2018

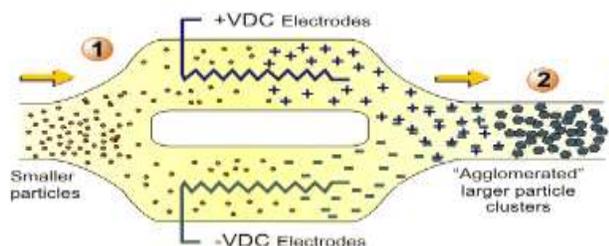
El día de operación de una Turbina de este tipo, significa más de 350.000 USD; contabilizando precio de Energía Eléctrica, Contratos de Disponibilidad, etc.

Desarrollo



- En los Análisis de tendencias se venía detectando un valor de MPC elevado desde el año 2015, con valores de MPC en zona de Peligro.
- Se habían contabilizado disparos de la turbina por atascamiento en servoválvulas.
- Se realizaron inspecciones visuales en 2017 y se detectó presencia de barnices en el sistema, sobre todo en los filtros de las servoválvulas y enfriador de placas.

Desarrollo



- En base a los Programas de Operación y Paro Programado de la Turbina, se desarrolló el siguiente programa de atención:

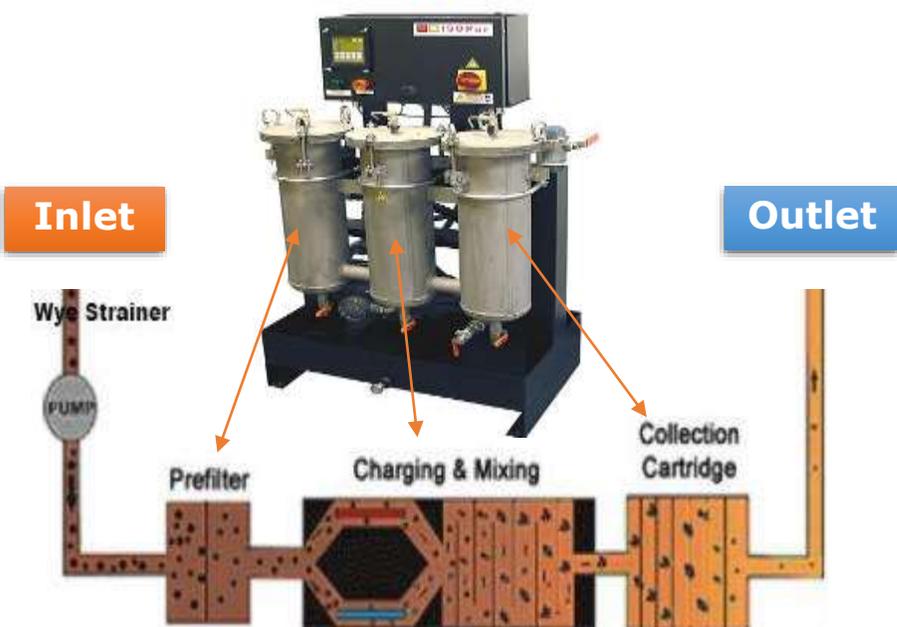
- Instalación de Equipo Purificador Externo por Aglomeración de Cargas Balanceadas para detener el proceso de formación de barnices.
- Realización de Flushing para Eliminar Barnices durante Parada Programada en Marzo 2018.



Acciones durante Operación de la Turbina

Tecnología de Aglomeración de Cargas Balanceadas

Tecnología Aglomeración Cargas Balanceadas



- Equipo externo para funcionamiento continuo.
- Se aplica campo electroestático a dos corrientes de fluido, para polarizar las partículas precursoras de la formación de barnices (menores a 1μ).
- Luego las corrientes se juntan, produciéndose la aglomeración de las partículas; aumentando su tamaño.
- En una etapa final se retienen las partículas aglomeradas (mayores a 10μ), utilizando un elemento filtrante de alta eficiencia.

Tecnología Aglomeración Cargas Balanceadas



TIL 1528-3
GE ENERGY SERVICES TECHNOLOGY
CUSTOMER TECHNOLOGY SERVICES
18 NOVEMBER 2005

Compliance Category - O
Timing Code - 7

TECHNICAL INFORMATION LETTER

LUBE OIL VARNISHING

APPLICATION

This TIL applies to all heavy-duty gas turbines.

PURPOSE

This TIL is to provide customers with information regarding the formation of varnish or lacquers within the lube oil system, their effects and information regarding mitigation technologies. Please note that this information represents the current information gathered to date.

GE has performed extensive studies to validate the use of Balanced Charge Agglomeration technology. A recent test on seven 7FA+e turbines with this technology installed was run for 75 days while performing routine colorimetric sampling. The results of this test can be seen in Figure 3. Note that the results for two turbines are shown. The other five have been removed for clarity. All turbines exhibited similar results.

Tecnología recomendada por **General Electric**



Tecnología Aglomeración Cargas Balanceadas

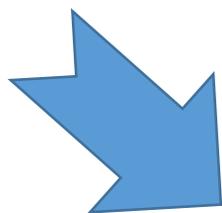


- Se realizó la Purificación Externa en la Turbina del Caso de Estudio desde 12/2016 hasta Febrero de 2018.
- No se tuvieron eventos de disparos o pérdidas de producción asociados a problemas de barnices durante esa etapa.
- Los valores de MPC se mantuvieron estables; aunque en estatus ALARMA-PELIGRO.

Acciones durante Parada Programada de la Turbina

Flushing para Eliminación de Barnices

Desarrollo



- Se programó un Procedimiento de Flushing para Eliminación de Barnices, durante la Parada de Marzo 2018.
- **Flushing**: Procedimiento de limpieza del Sistema de Lubricación y Control para retirar suciedad durante Parada Programada.
- Se utilizó un producto químico, especialmente desarrollado para remover y disolver los barnices del sistema.

Producto Químico utilizado (CSC)

Circulating System Cleaner

Product Description

is an oil-soluble, solvent-free cleaner that contains emulsifiers, dispersants, and rust inhibitors. It is safe for use with all ferrous and non-ferrous metals used in industrial equipment. A 5% concentration of Cleaner in the system oil is typically recommended. The product is compatible with common seals up to concentration in the oil. Because of the viscosity and high flash point of equipment can be operated normally during the cleaning process.

Features and Benefits

- Solvent-free, oil-soluble cleaner
- Highly recommended for removing varnish, carbon, sludge, and other contaminants from circulating lubrication systems, bearings, etc.
- Safe for use with all ferrous and non-ferrous metals
- Compatible with common seals up to 20% maximum concentration
- Equipment can operate normally during cleaning process

- Limpiador libre de disolvente soluble en aceite que contiene emulsionantes, dispersantes e inhibidores de herrumbre. Es seguro para el uso con todos los metales ferrosos y no ferrosos utilizados en equipos industriales. Se recomienda por lo general la concentración al 5% del volumen total del aceite del sistema.
- El producto limpiador empieza hacer efecto a partir de los 48° C por lo que se recomienda tener una temperatura de operación de 60 a 65 °C.

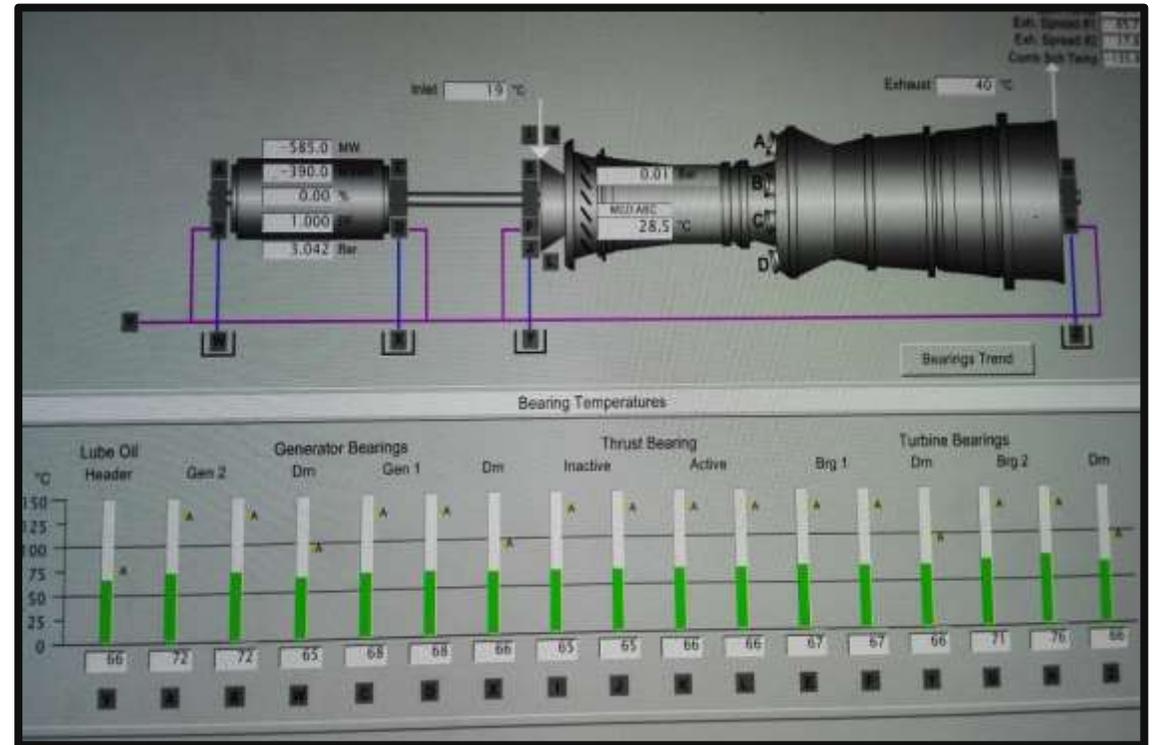
Principios del Flushing de barnices (CSC)

- Es un servicio que se realiza con el sistema de lubricación y control sin armar bypasses y sin utilizar caudal turbulento.
- Se agrega el Producto CSC en proporciones adecuadas.
- Se conecta equipo de filtración de alta eficiencia.
- Se usan calentadores externos para alcanzar la temperatura de trabajo, recomendada por encima de 60 °C.
- Todos los sistemas asociados (hidráulicos, control, lubricación, etc) al equipo a intervenir, deberán ser accionados para garantizar la circulación del agente de limpieza.
- Se requiere dos cargas nuevas de elementos filtrantes del sistema;
 1. Se usa la carga existente para la fase de flushing
 2. Se usa una carga nueva para la fase de purga
 3. Se usa una carga nueva para dejar el sistema en operación normal
- Se toman 3 muestras de aceite cada 12 horas de la fase 1 a la fase 3 para análisis MPC

Fotografías



Equipo de Filtración de Alta Eficiencia
 $\beta_3 > 1000$



Temperaturas del Sistema. Mayores a 60°C

Fotografías



Equipo Calentador de Aceite



Laboratorio para MPC y Código ISO en sitio

Fotografías



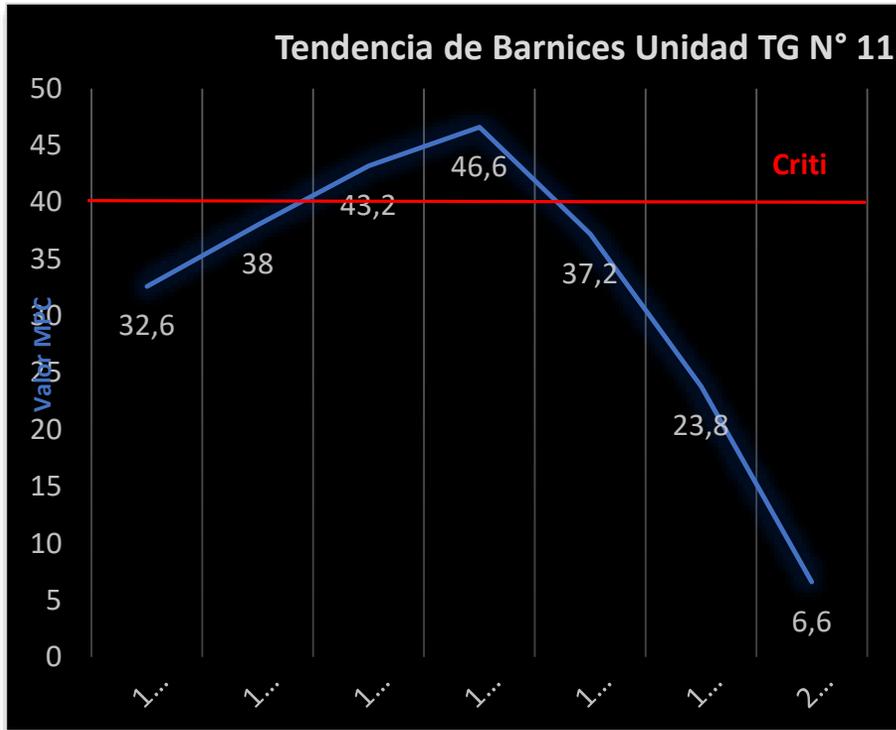
Válvulas accionadas cada 30 minutos durante toda la fase del servicio

Fotografías



Suciedad retirada del sistema

Fotografías



Evolución muestras MPC



Resultados Finales Caso de Éxito



- La Turbina funcionó a plena carga a fines de 04/2018, luego de la realización del Flushing de Barnices con un MPC de 4,3. Actualmente los valores siguen en estos parámetros.
- No se tuvieron eventos de disparos o pérdidas de producción asociados a problemas de barnices luego de poner en marcha el sistema.
- De forma preventiva se puso en funcionamiento Equipo de Aglomeración de Cargas Balanceadas para mantener valores actuales.

Conclusiones y Recomendaciones

- La combinación de las dos Soluciones presentadas; logró el objetivo de mantener la Turbina operativa; y remover los barnices del sistema de manera efectiva.
- Cada caso de detección de presencia de barnices en Turbinas de Gas, exige un estudio minucioso de todas las variables; para diseñar una Solución completamente eficaz.
- Se recomienda mantener operativa la tecnología de Purificación por Aglomeración de Cargas Balanceadas, para evitar futuras formación de barnices.

¿Preguntas?