

Integrando el Análisis de Aceite con el Análisis de Vibración

En industrias como la generación de energía y petroquímica, el análisis de vibración ha sido históricamente la técnica seleccionada para monitorear la condición de los grandes componentes críticos de equipo rotatorio. Inversamente, las compañías de transporte y maquinaria pesada, han confiado en el análisis de aceite para tomar efectivas decisiones de mantenimiento predictivo. En otras industrias como las de metales primarios, papeleras, manufactura, etc., podríamos encontrar la aplicación o combinación de diferentes técnicas predictivas incluyendo la termografía, análisis de corriente en motores, el ultrasonido y eventualmente pruebas no destructivas.

Generalmente hablando, el análisis de vibración y el análisis de aceite son las técnicas más eficientes para monitorear la salud de la maquinaria rotatoria. Las dos técnicas deben ser consideradas como aliadas naturales debido a la naturaleza complementaria de sus respectivas fortalezas. Desafortunadamente, estas dos técnicas raramente son combinadas para formar una efectiva unión.

Aplicación de las Técnicas

La actividad del análisis de vibración es realizada de una manera rutinaria por el grupo de especialistas de monitoreo de condición o un grupo de monitoreo de vibración externo, mientras que el análisis de aceite lo realiza el equipo de lubricación o el proveedor de lubricantes. Para hacer las cosas peores, el programa de análisis de aceite consiste normalmente en el ocasional envío de muestras al laboratorio por resultados que más parecen de química que de monitoreo de condición. Con mucha frecuencia, el análisis de aceite es utilizado para programar los cambios de aceite, mientras que las recomendaciones acerca de las condiciones del equipo son proporcionadas principalmente por el análisis de vibración.

El análisis de Vibración – Técnica Probada

Históricamente, la mayoría de los programas de monitoreo de condición incluyen el análisis de vibración y generalmente obtienen por lo menos un éxito moderado. La recomendación que se hace a los departamentos de mantenimiento para que esta técnica pueda ser efectiva, es que utilicen los servicios de expertos Certificados en el análisis de vibraciones, con por lo menos tres años de experiencia en campo, entrenamiento formal y habilidades en la interpretación de los

datos de vibración. Debe además incorporarse un software que ayude a efectuar la interpretación y administrar la información de los puntos a monitorear.

Muchos administradores piensan que aplicar únicamente el análisis de vibración es suficiente para lograr sus objetivos de confiabilidad y esta es una posición que está profundamente arraigada entre los profesionales de esta tecnología.

Los problemas que típicamente pueden ser detectados y corregidos con un eficiente programa de análisis de vibración incluyen:

- Desalineamiento
- Desbalance
- Resonancia
- Solturas mecánicas
- Rodamientos dañados
- Problemas en bombas
- Anormalidades en engranes
- Problemas eléctricos asociados con motores
- Problemas de bandas
- Etc.

El enfoque del análisis de vibraciones es la detección temprana de los problemas que permitan una mayor disponibilidad y mediante un análisis de la tendencia de la condición, estar en posibilidad de detectar problemas y condiciones que pudieran poner en riesgo la confiabilidad de la planta. Con este enfoque, las reparaciones pueden ser programadas para asegurar la confiabilidad, contando con una buena coordinación de inventarios y personal disponible.

Análisis de Aceite – Técnica sub-utilizada

El Análisis de Aceite es una de las técnicas simples, que mayor información proporciona al Administrador de Mantenimiento, con respecto a las condiciones de operación del equipo, sus niveles de contaminación, degradación y finalmente su desgaste y vida útil.

Muchos departamentos de mantenimiento tienen actualmente Programas de Análisis de Aceite. Algunos utilizando el laboratorio de su proveedor de lubricantes o contratando los servicios de laboratorio

privados. En muchos de los casos los resultados del análisis, son recibidos semanas o meses después de la toma de la muestra y la información se vuelve irrelevante, ya que para ese momento, las condiciones del equipo ya son diferentes, en muchos casos el aceite ya fue cambiado y en otros el equipo ya falló y fue reparado.

La razón para esto es simple, el enfoque de estos programas es totalmente predictivo y en muchas ocasiones el programa tiene como único objetivo el de determinar si es necesario un cambio de aceite o si el desgaste de la maquinaria indica una condición de falla. El Mantenimiento Predictivo está enfocado en el monitoreo de los síntomas de falla.

Un Programa de Análisis de Aceite puede convertirse en un derroche innecesario de tiempo y recursos si no está bien establecido. En muchos de los casos, se convierten en programas de "puro nombre". Los departamentos de Mantenimiento conservan grandes cantidades de papel en archivos y expedientes, de reportes con los resultados de los análisis, recibidos fuera de tiempo (que en ocasiones no han sido revisados) y que contienen valiosa información esperando a ser analizada y explotado su potencial.

La aplicación de un enfoque Proactivo en esta técnica, para conocer las causas que generan el desgaste y tomar las decisiones de control antes de que estas dañen el equipo es lo que puede hacer la diferencia en la ampliación de la vida de la maquinaria. El Mantenimiento Proactivo se enfoca al monitoreo de las causas que originan la falla.

Este nuevo enfoque del análisis de aceites puede ser notado en que cada vez son más profesionales del mantenimiento que se entrenan y capacitan en el conocimiento de la lubricación, y los diferentes parámetros que puede controlarse mediante el análisis de aceites. Los laboratorios comerciales han mejorado sus tiempos de respuesta para proporcionar información del análisis en ocasiones en menos de 24 horas y en la utilización de instrumentos de análisis de aceite en sitio y en ocasiones instrumentos que son instalados en línea a la maquinaria para monitorear en "Tiempo real" maquinaria crítica.

Como en el análisis de vibración, la localización del punto adecuado para tomar una muestra es crítico en el análisis de aceite. Tradicionalmente las muestras de aceite son tomadas de tanques o en puertos de drenado, haciendo que la información resultante no sea representativa de las condiciones de operación del equipo. Adicionalmente en el análisis de aceites es posible instalar puertos de

muestreo secundarios que permitirán la localización del problema efectivamente

“Mejores Prácticas” para toma de muestra:

- Mediante un dispositivo fijo
- Lubricante en movimiento
- A temperatura y condiciones normales de operación
- En zonas de flujo turbulento (no lineal)
- Antes de los filtros
- Después de los componentes de la maquinaria
- Con dispositivos e implementos de muestreo limpios
- Purga de líneas con flujo estático
- En un envase o recipiente limpio
- Con la misma frecuencia
- Registrando las horas de operación de la maquinaria y las horas del aceite

Se requiere que el proceso de muestreo sea “Consistente”, para que la información resultante pueda ser convertida en datos de tendencia y reconocer y analizar su comportamiento en el tiempo.

En los últimos cinco años, la cantidad de instrumentos de análisis de aceites en sitio ha crecido en número y se ha reducido en tamaño y sofisticación, permitiendo que esta técnica pueda realmente proporcionar al profesional del mantenimiento la información necesaria para controlar las causas que ocasionan la falla de sus equipos y además poder monitorear el progreso de fallas no tribológicas.

Actualmente Organizaciones no lucrativas como el ICML (International Council for Machinery Lubrication) www.lubecouncil.org ofrecen tres tipos de certificaciones de validez Internacional a profesionales que tienen los conocimientos y la experiencia para aplicar la técnica del análisis de aceites para el monitoreo de condición de maquinaria, su adecuada lubricación y la ejecución correcta de las pruebas del análisis de aceite. Un especialista certificado en análisis de aceite garantiza una interpretación correcta de la información y puede establecer recomendaciones que no sólo incrementan la confiabilidad de la maquinaria sino que ayudan a ampliar su vida.

Algunas de las fallas que el análisis de aceite puede ayudar a detectar:

- Partículas abrasivas en el aceite
- Aceite contaminado con Agua
- Combustibles
- Productos químicos
- Operación en alta temperatura
- Desalineamiento
- Desbalanceo
- Cavitación
- Fatiga
- Sobrecarga
- Agotamiento de aditivos
- Aceite aplicado erróneamente
- Inicio de falla en cojinetes
- Inicio de falla en rodamientos
- Inicio de fallas progresivas
- Etc.

La Tabla 1 nos muestra algunas pruebas del análisis de aceite y su enfoque:

Análisis de Aceite	Objetivo	Resultado esperado
Viscosidad	Salud del lubricante	Estable
Número de Neutralización (AN y BN)	Degradación del lubricante	Tendencia decreciente lenta
Punto de inflamación	Contaminación	Estable
Análisis de elementos por emisión atómica	Degradación de aditivos Contaminación Metales de Desgaste	Decremento suave Negativo Negativo – Tendencia suave
FTIR – Análisis infrarrojo	Degradación de aditivos Contaminación	Decremento suave Negativo
Conteo de partículas	Contaminación y/o desgaste	Estable en la meta establecida
Análisis de humedad	Contaminación	Negativo
Densidad ferrosa o partículas ferrosas	Desgaste	Decremento o Estable
Ferrografía analítica	Localización del tipo de desgaste presente	Identificación del tipo de desgaste, procedencia y causa
Resistencia a la oxidación RPVOT	Salud del lubricante	Estable
Pruebas de membrana y gota	Salud del lubricante Contaminación Desgaste	Conservación de aditivos Negativo Negativo - Estable

Tabla 1. Pruebas del análisis de Aceite

La fuerza de la integración de tecnologías

Los profesionales del Monitoreo de Condición deben considerar que la combinación de estrategias es una manera de aprovechar las fortalezas de cada tecnología y superar sus debilidades. Por ejemplo, la Estación de Generación Nuclear de Palo Verde en Arizona ha logrado un dramático cambio en su programa de monitoreo de condición. Ellos combinan el análisis de aceite con el análisis de vibración en un sólo grupo, efectuando el análisis de aceite en sitio (de rutina) y trabajan como un equipo. Sus resultados han sido excepcionales. En un estudio para la determinación de problemas detectados por cada tecnología, encontraron que el análisis de aceite fue responsable de la detección del 40% de los defectos, el análisis de vibración del 33% y entre ambas técnicas el 27% restante de los defectos detectados. La pérdida de eficiencia por no aplicar una de esas tecnologías, reduce su resolución de detección y su habilidad para controlar las causas de falla de la maquinaria.

El ideal sería que los expertos en la mejora de la confiabilidad fueran por lo menos “Bilingües” en el lenguaje de las tecnologías de análisis de aceite y vibración. Un técnico que además incluyera el lenguaje y las fortalezas de la termografía, seguramente será mejor que quien sólo aplica una tecnología.

Una analogía divertida entre un profesional del mantenimiento (confiabilidad) y un profesional de la medicina (médico) puede establecerse en que ambos son responsables de conservar la salud del activo (paciente). Un médico cuenta con una importante variedad

de técnicas para valorar la condición del enfermo y detectar su mal. Puede utilizar el análisis de orina y excremento, análisis de sangre, Rayos X, medición de temperatura, tomografía, ultrasonido, medios de contraste, etc. El éxito de este médico depende de la selección adecuada de la técnica para localizar la “falla”. Una fractura de un hueso, no será localizada por medio del análisis de sangre y por supuesto que la diabetes no será registrada por los rayos X. Si sólo cuenta o conoce una sola técnica, será exitoso en detectar únicamente los males que pueden ser reconocidos por ella y el resto de los pacientes morirá –Es exagerado en el caso de la salud, pero no lo es en el caso de la maquinaria-

La figura 1 nos muestra el efecto de fortalezas y debilidades de las diferentes técnicas y las áreas en que estas coinciden.



En una investigación efectuada en la Universidad de Monash, en Melbourne Australia, la correlación entre el análisis de aceite y el análisis de vibración demostró ser generalmente buena. Sin embargo, hay casos donde una técnica indica una falla, mientras que la otra indica que no hay cambio o incluso un resultado contradictorio. Por ejemplo, en aplicaciones en las que el desgaste deslizante es prevalente, uno puede detectar incremento en la generación de desgaste (mediante el análisis de aceite) y una disminución de los niveles de vibración. Esto es causado por lo que los investigadores han llamado un efecto de “lapeado”. Esencialmente, el desgaste deslizante pule suavemente la superficie, reduciendo las vibraciones en general hasta llegar al punto en el cuál hay demasiado espacio

(holgura) y se produce la vibración mecánica. El efecto es intensificado por la presencia de tierra abrasiva.

Inversamente investigadores Australianos encontraron que el análisis de vibración identifica muy eficazmente la presencia de un diente fracturado en un engrane, pero debido al tamaño tan grande de las rebabas generadas, el análisis de partículas de desgaste en el aceite es totalmente inefectivo. Las rebabas (limaduras) grandes se precipitan hasta el fondo del tanque y nunca podrán ser recogidas en una muestra de aceite hasta que se oxiden y se disuelven en el aceite, en un proceso que puede durar meses. Los investigadores Australianos concluyeron que ambas técnicas son requeridas para un monitoreo efectivo y diagnóstico de la condición de la maquinaria en la planta, debido a que cada técnica evalúa síntomas diferentes y complementarios.

Un ejemplo en el que ambas técnicas son requeridas para resolver efectivamente un problema es el caso de una cajas de engranes, cuando se incrementa la vibración en la frecuencia de contacto de los engranes. En el análisis de aceite, la técnica de conteo de partículas y de porcentaje de partículas ferrosas revelan un incremento en ambas categorías, lo que nos indica la existencia de problemas de desgaste de engranes. Un análisis de la viscosidad del aceite ayudó a determinar la naturaleza del problema: se encontró una disminución de la viscosidad del lubricante de 220 cSt del aceite nuevo requerido para esta caja de engranes a 70 cSt a 40°C en el aceite en uso. Una revisión de la bitácora de mantenimiento mostró que el aceite fue cambiado hacía dos semanas. Con toda seguridad, el cambio de aceite fue efectuado con un aceite equivocado (de una menor viscosidad), provocando el desgaste y la vibración. Sin la combinación de las tecnologías de monitoreo de condición, la causa de falla no hubiera sido detectada.

La tabla 2 (3) nos muestra una comparación de las fortalezas y debilidades de ambas tecnologías y proporciona una idea muy clara de cómo se complementan.

En general, podemos hacer las siguientes conclusiones acerca de la combinación del análisis de aceite y el análisis de vibración en la detección y análisis de las fallas en la maquinaria:

Ambas técnicas son requeridas para la identificación y control de las causas de falla de la maquinaria.

Frecuentemente, una técnica sirve como indicador del inicio de la falla de la maquinaria, mientras que la otra sirve como un indicador de confirmación.

El análisis de aceite es generalmente más efectivo en la detección de fallas en cajas de engranes, rodamientos, cojinetes (chumaceras), sistemas hidráulicos y equipo recíprocante.

El análisis de vibración es generalmente más fuerte en la detección en sistemas de alta velocidad de chumaceras (cojinetes) y rodamientos lubricados por grasa.

El análisis de vibración es frecuentemente mejor en localizar el punto de falla dependiendo de la aplicación.

El análisis de aceite es frecuentemente más fuerte en determinar el mecanismo de desgaste que induce la falla.

Ambas técnicas son requeridas para determinar efectivamente la causa de falla.

La correlación entre el análisis de aceite y el análisis de vibración es muy buena, pero hay circunstancias contrarias.

Ambas tecnologías tienen un lado Proactivo (detección de causa de falla) y un lado Predictivo (seguimiento del progreso de la falla y desgaste de la maquinaria)

Tabla 2. Fortalezas y Debilidades del Análisis de Aceite y el Análisis de Vibración.

Problema / Condición	Análisis de Aceite	Análisis de Vibración	Notas / Comentarios
Inicio de falla de un rodamiento	Buena detección temprana	Detección tardía	Las fallas comunes de rodamientos son detectadas mejor por el análisis de aceite.
Inicio de falla de Chumaceras (Cojinetes planos)	Buena detección temprana	Detección tardía	Las rebabas serán localizadas por el análisis de aceite antes que haya rozamiento o falta de ajuste.
Desbalanceo		Buena detección temprana	El análisis de aceite encontrará el desgaste ocasionado por el desbalanceo.
Agua en el lubricante	Buena detección temprana	No Aplica	El análisis de vibración puede tomar la fase final de la falla.
Problemas de rodamientos engrasados	No aplica	Detección tardía	Algunos laboratorios están haciendo ferrografía y análisis de elementos en grasas.
Roturas de flechas	No aplica	Buena	Vibración es el mejor método aquí.
Desgaste anormal de engrane	Buena detección temprana	Detección tardía	El análisis de vibración puede identificar los defectos individuales de los engranes. El análisis de aceite detecta desgaste anormal.
Desalineamiento	Detección tardía	Detección temprana buena a marginal	Algunos problemas de desalineamiento son difíciles de detectar con vibración. El análisis de aceite detecta el desgaste del desalineamiento.
Análisis de causa de falla	Fortaleza	Fortaleza	Mejor cuando ambos trabajan juntos.
Alta concentración de partículas en el aceite	Fortaleza, detección temprana	No aplica	El desgaste abrasivo es una causa principal de falla de maquinaria.
Resonancia	No aplica	Fortaleza	El programa de vibración es muy bueno aquí. En algún momento el análisis de aceites detectará los metales de desgaste.
Oxidación del aceite o degradación de aditivos	Fortaleza	No Aplica	Muy eficaz detección con el análisis de aceite.
Uso de un lubricante erróneo	Fortaleza	No Aplica	Detección eficiente por análisis de aceite.

Conclusión

- El análisis de aceite y el análisis de vibración son aliados naturales en el logro de alta confiabilidad de la maquinaria.
- Proporcionan sus fortalezas complementarias en el control de las causas de falla de la maquinaria y en la identificación y comprensión de la naturaleza de las condiciones anormales y avance del desgaste.
- El éxito en su aplicación, depende en efectuar cambios en las organizaciones de mantenimiento, para poner el desarrollo del monitoreo de condición y el diagnóstico en manos de los especialistas de la tecnología.
- El entrenamiento especializado y la práctica cotidiana, son las dos opciones que hacen de estas tecnologías una poderosa herramienta.

- Se requiere seleccionar las herramientas adecuadas para cada modo de falla de maquinaria crítica
- La variedad de herramientas (tecnologías) disponibles es indispensable para completar nuestro trabajo de asegurar una alta confiabilidad de la maquinaria.

Referencias:

1. Drew D. Troyer - Noria Corporation - "Effective Integration of vibration analysis and Oil Analysis" – Maintenance Technology Magazine November 99.
2. James E Berry – Technical Associates of Charlotte- Good Vibes about Oil Analysis - Practicing Oil Analysis Magazine Nov-Dec 99.
3. Maxwell H. & B. Johnson - "Integration of Lubrication and Vibration analysis technologies" – Palo Verde Nuclear Generations Station.