

La determinación de degradación de lubricantes por análisis de laboratorio

Por Richard Widman

Los aceites, como la leche o el vino, degradan con el tiempo. La velocidad de esta degradación depende de la calidad inicial, el ambiente, el trabajo, la contaminación, y su filtrado. En este boletín exploramos en detalle como degradan y como se detecta.

Este es el Boletín #127 de nuestro programa de Boletines Informativos mensuales. Todos los boletines están disponibles en formato Acrobat pdf en <http://www.widman.biz>

El problema

La degradación del aceite empieza cuando se abre el envase y permite la entrada de aire. El aire oxida el aceite. Un balde o tambor de aceite abierto y utilizado durante el curso de varios meses será más oscuro al final que al principio. Este nivel de oxidación afecta la apariencia del aceite, pero no afecta su comportamiento.

Algunos aceites sufren la precipitación de sus aditivos en el envase. Aunque esto no debería ocurrir por 2 o 3 años, frecuentemente pasa dentro del primer año con aceites de baja calidad. Esto puede ser reincorporado sacudiendo el aceite antes de usar si se da cuenta a tiempo, pero es un indicador del cuidado en fabricación o formulación.

Cuando hablamos de la degradación de aceites de motor, tenemos que considerar la contaminación por los gases de combustión y su reacción con los aditivos y metales en el motor, además de la contaminación por tierra y gases, por el filtro de aire, y las partículas de desgaste que contaminan y consumen los aditivos.

La degradación causada por estos elementos puede variar mucho por la calidad del aceite básico y el paquete de aditivos utilizado. Los aceites API Grupo I tienen muchas moléculas no saturadas que se degradan rápidamente, mientras los de Grupo II, III, o IV tienen una vida mucho mayor. Los mejores aceites tienen paquetes de aditivos más resistentes a otros y por ende frecuentemente llevan el símbolo de aprobación del API o ILSAC.

Es imposible determinar el nivel de degradación sin un análisis del aceite usado en un laboratorio especializado. Estos laboratorios identifican el nivel de contaminación y consumo de aditivos en partes por millón (ppm) para que tomemos decisiones. También miden la viscosidad y reserva alcalina, oxidación, etc. La interpretación de esa información y su aplicación en mantenimiento reduce costos de los insumos y de reposición de equipos. El análisis de aceite usado puede identificar fallas de mantenimiento a tiempo para corregir problemas.

Ejemplos

En el momento del cambio de aceite, siempre el nuevo aceite se mezclará con un residuo de aceite viejo. Esta mezcla no causará ningún daño en sí (químicamente), pero la muestra tendrá residuos de ese aceite y puede parecer degradado en el reporte de laboratorio. Esta mezcla es una de las razones de no usar productos “*flushing*” que quedarán en el nuevo aceite.

Una vez colocado el aceite en el motor, los aditivos empiezan a disolver el lodo y barniz dejado por el aceite viejo si es que hay. Esta limpieza no es total, pero a la larga absorberá mucho de los residuos dejados por aceites de calidad inferior. El detergente de calcio, la mezcla de calcio y magnesio o la mezcla de estos con sulfonato de sodio tratará de limpiar, mientras el compuesto de zinc y fósforo (ZDDP) irá colocándose en los lugares críticos para ser gastado en lubricación

límite. Si la formulación tiene molibdeno, cubrirá las superficies donde existen mayores presiones y temperaturas.

Cuando analizamos estos aceites usados, podemos encontrar esto:

- Si el aceite anterior era de baja calidad, con 2000 ppm de calcio, 900 ppm de zinc, 800 ppm de fósforo, y colocamos un buen aceite 15W-40 con 3300 ppm de calcio, 1450 ppm de zinc, 1350 ppm de fósforo, la primera muestra del buen aceite parecerá degradado por lo que terminará cerca de 2600 de calcio, 1100 de zinc y 1000 de fósforo al final del uso. Cuando lleguemos al tercer cambio, estos valores después de 6,000 kilómetros serán cerca de 2800 calcio, 1300 zinc, 1200 fósforo. En este caso los valores del nuevo aceite bajan más del simple porcentaje, por lo que el calcio (u otro detergente) del buen aceite tiene que “comer” los ácidos y el lodo dejado por el aceite de baja calidad. Notamos que los valores varían con cada marca de aceite de acuerdo a su formulación y certificación. Un aceite formulado con aceite básico API grupo II puede lograr la misma protección con 10% menos aditivos que un aceite con base ordinaria, ya que es más fuerte y resistente en si.
- Mientras la mezcla de aceites no degrada el nuevo aceite, un porcentaje de cualquier contaminación o residuo de desgaste pasará a contaminar el nuevo aceite. Cuando el aceite tiene mucha contaminación se tiene que corregir el problema y hacer un segundo cambio para reducir el nivel de contaminación.
- Hay que considerar que entre más partículas de desgaste metálicas haya, mayor degradación de aditivos sufrirá. Las partículas metálicas como cobre, hierro y plomo aumentan la velocidad de oxidación del aceite. También quitan del aceite sus aditivos polares, incluyendo los de anti-desgaste, extrema presión, inhibidores de herrumbre y dispersantes.

Degradación de los aditivos

Calcio, Magnesio y Sulfonato de Sodio: Estos tres aditivos son detergentes/dispersantes. Son utilizados para combatir el hollín, neutralizar los ácidos formados por la humedad en la combustión, y mantener los contaminantes y lodos en suspensión hasta llegar al filtro, sin dejar que se aglomeren y formen grumos, ni que se adhieran a las superficies metálicas. Como cualquier antiácido, estos se consumen. Entre más ácido se forma por la calidad de combustible, falta de temperatura en el motor o combustión incompleta, más rápido se degradan los detergentes/dispersantes. Estos aditivos trabajan bien para este propósito, pero el magnesio deja 45% más cenizas sulfatadas al quemarse, causando problemas de válvulas y depósitos en el motor. Por esta razón normalmente se encuentra solamente calcio o una mezcla con un máximo de 30% del detergente/dispersante en forma de magnesio.

Hay que saber el valor inicial de cada aditivo en el aceite para poder determinar su degradación. Un buen aceite (API CI-4) para motores a diesel tendrá cerca de 3300 ppm de detergente/dispersante. El aceite SN es formulado con una mezcla de aceites que incluye sintéticos y contiene cerca de 2000 ppm de detergentes (calcio y/o calcio con sulfonato de sodio).

En el recorrido de los kilómetros estos aditivos se consumen. Es normal que en el curso de 6,000 kilómetros estos aditivos bajan entre un 5% a 10%. Cuando bajan más de 15%, deberíamos buscar la causa o acortar el intervalo entre cambios para esa marca de aceite o cambiar la marca para una de mayor calidad. Hay aceites en el mercado que pierden más de 30% de su

detergente/dispersante en 6,000 kilómetros en el mismo uso o motor que otros donde solamente pierden 8.5% con el mismo recorrido y combustible.

El valor “anti-acido” de estos aditivos es representado en el TBN (Número Total de Alcalinidad - *Total Base Number*). En un aceite de motor diesel esto debe empezar entre 10 a 11, y se debe cambiar antes de llegar a 4. Algunos aceites bajarán rápidamente, mientras otros mantienen este poder por un largo tiempo. El ingreso de combustible crudo acelera su degradación.

¿Cuáles son las causas de pérdida de detergente/dispersante?

- **Aditivos de mala calidad.** Las presiones en las fábricas de aceites por bajar costos de producción, utilizando insumos baratos para la formulación de sus productos con el fin de que al momento de su comercialización los precios sean menores (La manera escogida por algunas es de formular productos con lo más barato para vender a precios menores.)
- **Combustible de mala calidad** o adulterado. Alto azufre en el diesel acorta la vida útil del aceite.
- **Mala combustión.**
 - La temperatura del motor debería estar siempre encima de 80°C. Si está operando sin termostato, no llega a esta temperatura y entonces la humedad forma lodo en vez de evaporarse.
 - Presiones excesivas en la bomba inyectora.
 - Inyectores sucios, gastados o mal colocados en la cámara de combustión.
 - Válvulas mal reguladas.
 - Desgaste de anillos, camisas o bloque.
 - Mala sincronización de la chispa o inyección de combustible.
 - Bujías o cables de mala calidad o condición que no permiten una buena chispa
- **Limpieza de lodos** dejados por el aceite anterior.
- **Contaminación** por otros aceites inferiores en el relleno.

Zinc y Fósforo (ZDDP): El zinc y el fósforo trabajan en conjunto para proveer lubricación límite cuando la lubricación hidrodinámica no cubre las necesidades de presión y fricción. Esta protección se llama antidesgaste.

ZDDP (Dialquil ditiofosfato de zinc) es una sal organometálica, compuesta de zinc, azufre y fósforo. Forma una capa de sulfato de hierro en la superficie de las piezas, donde el azufre puede actuar para atraer el zinc, dejando tres capas suaves para evitar contacto acero-acero.

Un buen aceite para un motor a diesel (API CI-4) tendrá cerca de 1450 ppm de zinc y 1350 ppm de fósforo. Aceites formulados solamente para motores a gasolina (API SN) normalmente tienen menos, cerca de 850 ppm de zinc y 750 ppm de fósforo. Esta reducción es por lo que las compresiones en la cámara de combustión en el motor a gasolina varían entre 8:1 a 12:1, mientras las compresiones en el motor a diesel varían entre 13:1 y 20:1, causando mucho más estrés en las piezas. Además, esta reducción, combinada con pruebas de evaporación del fósforo, garantiza la vida útil del catalizador de escape.

Los valores de ZDDP no varían mucho con el uso dentro del motor pudiendo llegar al fin de su vida útil sin haber sido adheridos a las superficies, en esos casos el laboratorio reporta valores muy similares al valor inicial.

La mayoría de la variación que se ve en el aceite usado es lo quemado o evaporado. Muchas veces la reducción en el nivel de zinc o fósforo es por la volatilidad (calidad) del aditivo

Aquí tenemos un ejemplo de un aceite que no aguantó el recorrido esperado.

			SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)															
Lab No	Date Taken	Time on Oil	Iron	Chromium	Lead	Copper	Tin	Aluminum	Nickel	Silver	Silicon	Boron	Sodium	Magnesium	Calcium	Barium	Phosphorus	Zinc
Condition	Tested	Time on Unit																
241596	23-OCT-03	406	7	0	3	0	0	1	0	0	2	1	0	14	3283	0	1276	1391
Normal	10-NOV-03	10185																
224610	30-SEP-03	484	9	0	4	1	0	2	0	0	4	2	0	20	3153	0	1182	1299
Normal	17-OCT-03	9779																
203448	31-AUG-03	431	8	1	2	1	0	1	0	0	3	20	4	60	2323	0	1288	1418
Normal	22-SEP-03	9295																
186391	01-AUG-03	408	9	1	1	1	0	2	0	0	5	101	3	198	2404	0	1079	1252
Normal	28-AUG-03	8864																

El Análisis

Un análisis de aceite usado que puede determinar los problemas y alargar la vida de los equipos depende de tres factores principales.

- **La veracidad de la muestra.** Tiene que ser tomada siempre de la misma forma, limpia y bien identificada. Un error en marca, viscosidad, equipo, horas, kilómetros, o cualquier dato básico dará resultados falsos.
- **Los cuidados del laboratorio.** El laboratorio tiene que tener los reactivos frescos, la limpieza necesaria para no contaminar una muestra con otra, buena calibración de sus equipos (frecuentemente intercambian muestras con otro laboratorio para confirmar los datos).
- **El talento del analista.** Los datos son científicos. La interpretación es un arte. El analista tiene que saber comparar los resultados con otros similares en esa misma empresa u operación. Tiene que conocer los objetivos del usuario y su plan de mantenimiento. Tiene que conocer la altura donde opera la máquina (el hollín depende de la disponibilidad de aire).

Se debe tomar en cuenta que el los equipos de laboratorio no miden partículas grandes. Típicamente miden partículas debajo de 8 micrones.

El laboratorio hará comparaciones con normas o promedios que tengan. Dirá que el desgaste o la contaminación es “normal” cuando esté dentro de ese rango. Para muchos, un desgaste de 100 ppm de hierro es “normal” porque cae dentro del rango, o no llega al punto de condenación que dice la fábrica, sin considerar las horas. Puede tener 50 ppm de hierro en 200 horas y la computadora indica “normal”.

El analista interpreta la información y puede saber que un buen aceite, en el trabajo de esa máquina, y control de contaminantes, puede dar 4 a 5 ppm de hierro por cada cien horas. Entonces para su recomendación, avisará “normal” cuando tenga 25 ppm o menos en 500 horas. Si el desgaste sobrepasara estos índices, analizando la contaminación, elementos, degradación, etc. recomendará acciones para llegar a “normal”. La diferencia entre 25 ppm de desgaste de hierro y 5 ppm de hierro es lo que lleva el programa a mantenimiento que proporciona 25.000 horas al motor sin reparar.

Resumen

El aceite no es eterno, pero un **buen aceite** con **buen mantenimiento** en un vehículo **manejado con cariño**, puede durar muchos kilómetros u horas y llevar al motor a pasar por lo menos medio millón de kilómetros sin reparar.

El programa de análisis de aceite usado verificará estas tres variables. El motor que fue intervenido antes del medio millón de kilómetros tuvo fallas en la selección de aceite, el mantenimiento, o el manejo.

El analista que esté bien informado y tenga datos correctos podrá ayudarte a conseguir estos valores con muy pocos gastos. Siempre ponemos como ejemplo nuestra Toyota HiLux que está por cumplir 12 años y 400.000 km de servicio extremo, sin tocar motor o caja. Siempre con aceite 10W-30 de American, y los últimos 200.000 con un filtro de aire PowerCore de Donaldson®.

Los aceites industriales de buena base pueden ser filtrados con filtros muy finos como el Donaldson® P568666 o P568665 (de acuerdo a la viscosidad y los objetivos) para continuar en uso mucho tiempo. Los de API Grupo I degradan demasiado para aprovechar todo lo que se puede hacer con buena filtración.

Widman International SRL contribuye a la capacitación de los ingenieros y usuarios en Bolivia para mejorar su competitividad. Para mayores informaciones prácticas, visite nuestra página Web: www.widman.biz

Si usted conoce a otra persona que estuviera interesada en recibir estos boletines, favor responder a info@widman.biz Si no quiere recibir estos boletines mensualmente, puede escribir a info@widman.biz con “**remover**” en el asunto.

La información de este boletín técnico es de única y completa propiedad de Widman International S.R.L. Su reproducción solo será permitida a través de una solicitud a info@widman.biz no permitiendo que esta altere sus características ni su totalidad.