

Los aditivos usados en la formulación de los lubricantes

Por Richard Widman

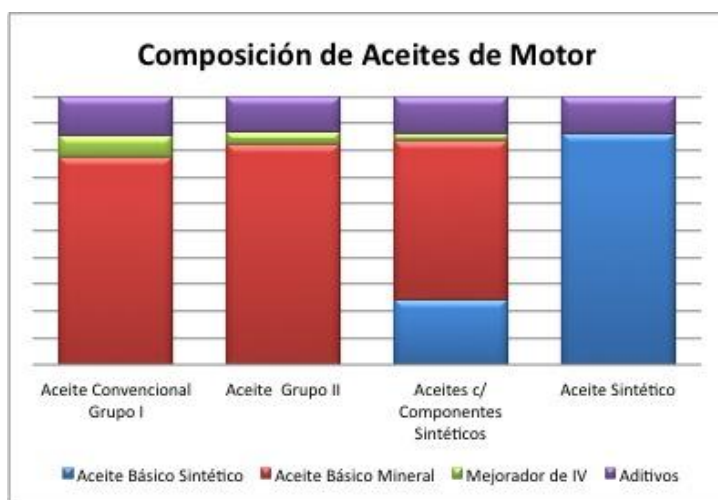
Por la cantidad de preguntas que recibimos sobre diferentes aceites y sus aplicaciones, este mes daremos una visión general de cómo se formulan los lubricantes para sus propósitos específicos.

Este es el Boletín #128 de nuestro programa de Boletines Informativos mensuales. Todos los boletines están disponibles en formato Acrobat pdf en <http://www.widman.biz>

Desde el principio

El aceite separa las superficies con su colchón hidrodinámico y lleva el calor a un enfriador o una superficie externa. En sistemas circulatorios, donde básicamente se requiere enfriamiento, y sistemas donde no tenemos contacto entre componentes, podemos usar aceites sin aditivos por cortos periodos de tiempo entre cambios (limitado por la oxidación del aceite). A veces estos aceites son utilizados en reductores sin-fin cuando no se conocen las opciones de aditivos que cuidan el bronce contra las presiones sin provocar desgaste.

Si queremos extender la vida de ese aceite, tenemos que aumentar antioxidantes. Si las piezas lubricadas pueden entrar en contacto entre si, tenemos que adicionar aditivos antidesgastes o aditivos para extrema presión para proteger y reducir el desgaste. También hay componentes con embragues o frenos húmedos que tienen que parar dentro del lubricante, precisando modificadores de fricción. Otros modificadores de fricción inducen que el aceite sea más resbaloso para ahorrar energía. Para liderar con el problema de la formación de barniz o depósitos que se acumulan en el sistema por la degradación, o combatir los residuos de combustión en un motor, se incluyen detergentes. Y para evitar que estos residuos y moléculas degradadas se aglomeren y formen lodos, se aumenta dispersantes. Si queremos arrancar el equipo en frío u operarlo en diferentes temperaturas, tenemos que aumentar aditivos al aceite básico que reduce la tendencia de perder viscosidad en el calor o para facilitar su funcionamiento en frío. El caudal o la operación de ciertos sistemas, principalmente hidráulicos y motores, requieren antiespumantes para reducir la formación de espuma, mientras ciertas condiciones operacionales requieren aditivos para mantener flexibles los retenes y sellos.



El aceite básico también influye en la cantidad de aditivos. Entre más fuerte el aceite básico, menos aditivos son requeridos para evitar su oxidación, cizallamiento, aglomeración de hollín y otros productos de la combustión o trabajo en calor. El término “semi-sintético: no tiene una definición fija. Puede tener 1% sintético o 80% sintético en la formulación. Entre más débil el aceite básico, más mejoradores de Índice de Viscosidad requiere para mantener su viscosidad cuando caliente.

Cada aceite está formulado para un propósito específico. Por un lado, viscosidades varían con el trabajo, tolerancias y la carga, pero casi todos tienen algún aditivo. Algunos aditivos cumplen

con múltiples necesidades, y así el aceite que se compra viene con un equilibrio de aditivos (*cocktail* de aditivos) para un trabajo específico. Es importante notar que estamos hablando de la formulación de aceites en fábrica. Llegar a una mezcla de aditivos con buenos resultados y tener la combinación ideal es bastante costoso y cuanto más exigente es el requerimiento, más difícil es llegar a esa mezcla. El equilibrio de estos ingredientes es crítico para su desempeño.

Ejemplos:

Compresores que operan a altas temperaturas, con poco contacto o presión entre piezas, necesitan aditivos para combatir la oxidación y un leve roce entre piezas, adicionando un poco de antiespumante. No pueden tolerar humedad por problemas de cavitación (las burbujas formadas viajan a zonas de mayor presión e implosionan. El vapor regresa al estado líquido de manera súbita, «aplastándose» bruscamente las burbujas, produciendo una estela de gas y un arranque de metal de la superficie en la que origina este fenómeno.), eliminando la posibilidad de usar detergentes porque estos absorben humedad. Frecuentemente se incluyen emulsificantes para ayudar que el agua decante en el fondo del recipiente.

Los **Sistemas hidráulicos** operan a mayor presión y normalmente menos temperatura. Diferentes sistemas tienen desiguales requerimientos de protección antidesgaste por las presiones y el diseño. Algunos tienen que absorber la humedad para evitar su acumulación, mientras otros necesitan decantarla para drenarla. Algunos también requieren detergentes para mantener limpias a sus servo válvulas. El detergente actúa como emulsificante. Normalmente encontramos sistemas fijos con formulaciones de decantación del agua, mientras los equipos móviles utilizan detergentes para sus complejos de válvulas y absorción de humedad.

Reductores requieren diferentes niveles de protección y el cuidado de diferentes metales. Mientras los de alta velocidad y poca carga pueden trabajar con poca protección contra las presiones de trabajo, otros trabajan con alta carga y requieren aditivos muy resistentes al desgaste. Los reductores que son de transmisión manual de un auto no pueden tener muchos aditivos EP porque ocasionaría problemas de sincronización en los cambios. Estas transmisiones están diseñadas considerando estas condiciones.

Los **Motores** requieren muchos aditivos. Necesitan antidesgastes para las superficies en contacto en su modo de lubricación límite (*Boundary* en Ingles), detergentes para combatir los contaminantes formados por la combustión, dispersantes para evitar la aglomeración de contaminantes y llevarlos al filtro o hasta el cambio, antiespumantes para romper la espuma que forma por la rapidez que circula, agentes ablandadores de gomas para que no se resequen los retenes por las temperaturas y químicos formados en la combustión. También necesitan aditivos para bajar el punto de fluidez y facilitar el arranque, mas aditivos para mantener la viscosidad cuando se calientan. Los aceites para motores a gasolina o GNC deben tener modificadores de fricción que los hace más resbalosos y reducen el consumo de combustible.

Las **Transmisiones automáticas** de vehículos o equipo pesado necesitan ciertos aditivos para las presiones y roce de piezas, pero también requieren detergentes para mantener sus embragues y sensores limpios, más modificadores de fricción para frenar los discos y las bandas cuando sea necesario. Además, actúan como aceites hidráulicos en sus controles y movimiento de pistones para los cambios. Son girados a alta velocidad en el convertidor como si fuera una turbina (típicamente operando alrededor de 75°C), necesitando aditivos antiespumantes para romper las burbujas formadas por la turbulencia y antioxidantes para combatir los efectos de ese aire y las temperaturas.

Los aditivos utilizados en la formulación del aceite que compramos

En general, podemos clasificar los aditivos en 11 categorías. Dentro de cada una hay varias combinaciones de químicos que pueden ser usadas. Estas son seleccionadas por el trabajo, la criticidad de la aplicación y el precio.

Detergentes: mejoran la limpieza de motores y otros sistemas donde son utilizados. Por tener un exceso de componentes básicos (alcalinos), son efectivos en neutralizar ácidos. Los más comunes incluyen sulfonatos y fenatos de calcio, magnesio, o sodio.

Dispersantes: mantienen en suspensión a los contaminantes no solubles para evitar la formación de lodos que taponarían conductos o asentarían en lugares de menos caudal (cárter, balancines, etc.).

Mejoradores de Índice de Viscosidad: son utilizados para formular aceites multigrados, como un 5W-30 o 15W-40. Estos son polímeros con peso específico relativamente alto que abren cuando se calientan, causando mayor viscosidad en alta temperatura de lo que ese aceite básico tendría solo. Los más comunes son copolímeros de olefinas o polialquilmecrilatos. No son necesarios en los buenos aceites sintéticos que fueron formulados para responder a las temperaturas.

Anti desgastes: reducen el desgaste cuando no existe un colchón hidrodinámico y las piezas pueden entrar en contacto. Estos normalmente son aditivos polares para adherirse a las superficies para protegerlas. Uno de los más comunes es el dialquilditiofosfato de zinc (ZDDP) que forma una película de poli fosfato sobre las superficies. Esto es el más común en aceites para motores y aceites hidráulicos, pero están trabajando en nuevos aditivos como boro y titanio para reducir el efecto del ZDDP en los catalizadores de gases de escape.

Antioxidantes: inhiben la oxidación de los aceites. Esto reduce su espesamiento y la formación de barniz. Típicamente se utiliza fenoles inhibidos, aminas y ZDDP, pero molibdeno y ciertos compuestos de boro también son efectivos.

Modificadores de Fricción: son utilizados en motores para aumentar la lubricidad del aceite y reducir el consumo de combustible. Funcionan por adherencia a las superficies donde pueden hacerlos más resbalosos. El molibdeno es uno de los modificadores de fricción más efectivo en este trabajo. Mientras el trabajo de los modificadores de fricción en el motor es reducir la fricción al mínimo posible, especialmente en los anillos y balancines, su trabajo en la transmisión es más complicado.

En una transmisión automática, el objetivo es *reducir la fricción* en los engranajes y rodamientos mientras *aumenta la fricción* y capacidad de torque entre embragues en el convertidor y entre embragues de acero y discos de compuestos de papel, fibra de carbón, u otro material. Estos aditivos son mezclados en cantidades pequeñas de acuerdo a los materiales específicos de cada aplicación.

Las motocicletas requieren aceites para motores con modificadores de fricción como la transmisión automática para proveer fricción entre los discos de sus embragues húmedos (sumergidos en el aceite). Estos llevan una nomenclatura JASO MA2 en la etiqueta para identificarlos.

Antiespumantes: Se utiliza silicones y metacrilatos para reducir la tensión superficial y de esta manera bajar la tendencia de formar espuma o reventar la espuma que forma. No requiere más que unas cuantas partes por millón (ppm) para esto.

Desactivadores de Metales: Protegen las superficies metálicas logrando el efecto de hacerlas menos activas. Normalmente se utiliza ZDDP para esta función, ya que también sirve de antidesgaste y antioxidante.

Mejoradores del Punto de Fluidez: Controlan la formación de cristales de parafinas en bajas temperaturas para reducir la tendencia de formar geles y aumentar viscosidad en el frío. Polialquilmetacrilatos son utilizados para este propósito.

Ablandadores de Sellos: Mantienen los sellos y retenes flexibles para compensar por desgaste y su tendencia de degradar con las temperaturas y químicos producidos por la degradación de los aceites en el uso. Normalmente se usa ésteres en pequeñas cantidades para esto.

Protectores contra herrumbre y corrosión: Son necesarios para cuidar las piezas metálicas de la presencia de humedad y de productos de combustión en los motores. Normalmente se usa detergentes alcalinos como sulfonatos de calcio o triazoles para esto.

Formulaciones para propósitos específicos

Cuando compramos un lubricante o seleccionamos uno para una máquina o motor, es importante tomar en cuenta el trabajo que tendrá y las certificaciones de los aceites que estamos considerando.

Un aceite hidráulico debería pasar las pruebas de la fábrica de la bomba, o por lo menos los más relevantes de Cincinnati o Vickers. A veces solo pasan las pruebas de baja presión y nuestro sistema puede ser de alta presión. También debemos considerar nuestra frecuencia de mantenimiento. Podemos comprar uno que apenas cumple (con unos 300 ppm de Zinc) y grupo I (aceite básico), pero debemos cambiarlo cada 500 horas o algo así. Si escogemos uno con 500 ppm de Zinc de aceite básico grupo II, probablemente podemos hacer cambios a 5000 horas si tenemos un buen sistema de filtración y protección en el respiradero.

Cuando compramos un lubricante para reductores, tenemos opciones y especificaciones que debemos cumplir. Tal como el ejemplo del aceite hidráulico, un lubricante formulado con aceite básico grupo II durará más tiempo y resistirá más presiones sin depender de los aditivos. En términos de aditivos, si el reductor tiene componentes de bronce, es probable que nos resulte mejor buscar un aceite que utiliza Borato inorgánico como aditivo EP, ya que estos son polares y más resbalosos, bajando temperaturas y consumo de energía. La excepción sería en casos de probable contaminación por agua donde estas sales podrían ser corrosivas. Los aceites EP más comunes utilizan un compuesto de azufre y fósforo para formar una película sacrificial sobre las superficies. El aditivo azufre/fósforo pierde su habilidad de adherirse a las superficies en menos de 3000 horas. Los aditivos de borato continúan pegando a las superficies por más de 20.000 horas.

La selección de lubricantes para compresores no depende tanto del aditivo, si no del trabajo y presupuesto. Normalmente los compresores utilizados 24 horas por día son lubricados por aceites sintéticos con cambios cada 8000 horas. Los de uso esporádico, de talleres, y plantas pequeñas normalmente son aceites minerales cambiados cada 500 a 1000 horas.

Cuando seleccionamos un aceite para motores debemos buscar uno que cumpla con la última certificación API. Esto garantiza que, independientemente de su formulación en detalle o marca, la combinación de aditivos es lo mejor para el motor y no se deteriorará durante el periodo recomendado de uso. No se puede evaluar la ficha y concluir que el aceite con mayor cantidad de algún ingrediente es mejor. A veces la cantidad de aditivos utilizada parece alta, pero son compuestos baratos que no tienen estabilidad química. En el uso se degradan rápidamente.

Aquí mostramos las formulaciones de una colección de aceites para motores a gasolina que son certificados SN por el API. Se ve varias formulaciones, pero la combinación de estos aditivos resulta brindando la protección necesaria. Estos 10 aceites fueron comparados y analizados por el *Petroleum Quality Institute of America (PQIA)* en Diciembre del 2013.

Pruebas de 10 Aceites API SN SAE 5W-20 en el Mercado Norteamericano, Diciembre 2013

Pruebas Físicas	Normas	Aceite 1	Aceite 2	Aceite 3	Aceite 4	Aceite 5	Aceite 6	Aceite 7	Aceite 8	Aceite 9	Aceite 10
TBN, mg KOH/g, (ASTM D2896)		7.73	7.87	8.03	7.09	7.39	6.86	9.46	8.61	7.32	7.34
Viscosity @ 100°C, cSt, (ASTM D445)	5.6 to <9.3	8.99	8.53	8.60	8.11	8.27	8.53	8.70	8.34	8.22	8.19
Viscosity @ 40°C, cSt, (ASTM D445)		53.53	47.95	50.65	46.34	47.08	49.42	49.43	48.31	46.69	46.42
Viscosity Index (ASTM D2270)		148	156	147	149	152	150	155	148	151	151
Viscosity @ -30°C mPa s (cP) (ASTM D5293)	6,600 Max	5,136	4,017	5,745	5,618	5,283	5,288	4,389	5,538	5,555	5,595
NOACK volatility, mass % loss, 1 hr, @ 250°C (ASTM D5800)	15 Max	14	7.8	15.2-d	15.3-d	14.7	18.4 (Recheck 18.3)	6.5	13.9	14.7	14.9
Aditivos											
Calcium, ppm		2,295	2,154	2,303	1,637	1,680	1,675	2,519	2,018	1,672	1,725
Magnesium, ppm		14	9	10	7	11	7	8	16	8	8
Phosphorus, ppm	600 to 800	752	766	767	748	772	769	757	770	767	787
Zinc, ppm		797	812	806	792	817	806	857	806	805	838
Molybdenum, ppm		<1	118	15	<1	<1	<1	272	<1	<1	<1
Barium, ppm		<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	2	<1	<1
Aditivos u otros											
Boron, ppm		80	230	188	1	2	1	119	2	1	1
Silicon, ppm		10	5	5	3	4	2	5	3	4	3
Potassium, ppm		<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Manganese, ppm		<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Titanium, ppm		<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	33	<1	<1
Copper, ppm		<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Sodium, ppm		7	6	<5	428	447	420	6	424	469	454
Vanadium, ppm		<1	<1	<1	<	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Contaminantes											
Silver, ppm		<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Aluminum, ppm		2	<1	1	<1	<1	<1	2	<1	<1	<1
Chromium, ppm		<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Iron, ppm		1	<1	<1	1	1	1	<1	1	1	1
Nickel, ppm		<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Lead, ppm		<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Antimony, ppm		<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tin, ppm		<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1

a- Normas son establecidas por el API, SAE y otros.

b-Método de análisis para metales: ASTM D5185.

c- ASTM D5185-09 Reproducibilidad por elemento.

d- La especificación de 15 max es dos dígitos significativos. Por ende este resultado cumple.

Copyright ©2014 Petroleum Quality Institute of America, LLC. All rights reserved

Esta tabla es interesante porque, además de mostrar un aceite que evapora más del límite, muestra la variación en formulas que cumplen con las pruebas SN. El estudio fue publicado con los nombres y marcas de cada uno para informar al público. Aquí lo publicamos sin marcas.

- Seis de las formulas utilizan sulfonato de sodio combinado con calcio para detergente. Los demás tienen mayor concentración de calcio.

- Ninguna de las formulaciones contiene magnesio. Aunque es utilizado en algunos aceites, es muy inferior y en ciertas concentraciones puede causar problemas.
- Cuatro de las formulaciones tienen un buen contenido de Boro. Esto es principalmente un antioxidante, pero ciertos compuestos también funcionan como modificadores de fricción y antidesgastes.
- Dos de las formulaciones contienen molibdeno. Estos, como el Boro, en ciertas formas son multipropósito. Son antioxidantes, modificadores de fricción, y antidesgastes.
- Una de las formulaciones contiene un compuesto de titanio orgánico. Este elemento adhiere a las piezas para formar parte de la protección antidesgaste.
- La variación en evaporación de 6,5% a 18,4% es por la calidad del aceite básico. No se puede mejorar la evaporación de un aceite básico con aditivos.

En todos estos aceites, los aditivos y el aceite básico, como mencionamos, están en un equilibrio. Si luego de logrado el equilibrio incrementamos un aditivo comercial queriendo mejorar el rendimiento de uno de los aspectos que creemos necesario, siempre romperá este equilibrio, logrando desafectar a otros componentes que luego serán el problema combatirlos. Muchos mitos se hablan acerca de los aditivos, en la industria aparecen en innumerables ocasiones aditivos “milagrosos” que arreglarán el motor o la máquina, o lograrán que el polvo se disuelva, que de pronto el agua ya no exista, o el hollín, etc.

Resumen

Queda claro que cada aceite tiene su formulación para un propósito específico o una combinación de los mismos. Dentro de cada línea de productos hay aceites con una cantidad alta de aditivos para durar más o proteger contra presiones o condiciones más severas, como también hay de bajo nivel de aditivos. El próximo mes veremos algo de esa variación.

Vemos en la tabla arriba que puede haber mucha variación en formulaciones que cumplen con las pruebas API. Lo que es preocupante en nuestros mercados es que son pocos los aceites certificados. Los que no están, pueden tener serios problemas.

También hay que acordarse de que al pedir un aceite, se debería avisar el propósito. Cada semana alguien nos pide aceite SAE 30. Por ser tabla de viscosidad para motores, es fácil confundir y comprar un aceite SAE 30 para motores. La realidad es que 60% de los que piden SAE 30 necesitan un SAE 30 TO-4 para la transmisión y mando final de equipo pesado, mientras otro 38% necesitan un aceite de viscosidad SAE 30 *sin aditivos* para un compresor. Eso actualmente debería ser pedido por ISO 100 para compresores (donde el catálogo indica SAE 30 sin aditivos). Los últimos 2% de la gente que pide SAE 30 necesitan para el motor, y el 10W-30 andaría mejor en esos motores.

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 “**remove**” 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.