

El Desgaste del Motor – Cuanto es Normal

por Richard Widman

Este artículo explora el desgaste del motor y su interpretación en el análisis de aceite usado. Identifica las diferencias entre motores, niveles de desgaste aceptables en diferentes sistemas de mantenimiento. Este boletín expande la información sobre la interpretación de análisis en el sector de Análisis de Aceites en la página www.widman.biz.

Este es el Boletín #28 de nuestro programa de Boletines Informativos mensuales. Todos los boletines están disponibles en formato Acrobat pdf en <http://www.widman.biz>

Una de las preguntas que siempre recibo de Ingenieros de empresas cuando entran en el plan de mantenimiento basado en condiciones y comienzan a utilizar el análisis de aceite usado para determinar la condición de su equipo y su plan de mantenimiento, es algo como: “¿Por Qué indica que el desgaste de un motor de 20 ppm de hierro es normal, y en otro motor ese mismo valor es alto?”

El análisis de aceite es una herramienta para determinar la condición del aceite, el motor (u otro componente del equipo) y el plan de mantenimiento. Cuando hablamos de Mantenimiento Proactivo, el análisis de aceite es la herramienta más importante que tenemos.

No todas las fábricas de motores publican tablas o guías de desgaste permitido. Esto es principalmente por la diferencia en compuestos y tamaños de sus motores. Las que publican tablas de desgaste normalmente publican solamente los límites condenatorios del aceite o los niveles anormales.

Los laboratorios que hacen los análisis, normalmente identifican tres niveles de desgaste:

1. **Normal:** Niveles de desgaste, niveles de contaminantes, aditivos, viscosidad, etc. que caen dentro del promedio de la mayoría de los aceites analizados.
2. **Anormal:** Niveles de desgaste u otras condiciones que está por encima de lo usual.
3. **Crítico:** Niveles mayores que salen del rango tolerable y que podría acortar la vida útil del motor inmediatamente. Estos niveles pueden coincidir con los límites condenatorios de los fabricantes.

El servicio proactivo que brinda Widman International S.R.L. a nuestros clientes, es una interpretación y recomendación basada en condiciones, que complementa al resultado del análisis de aceite que efectúa el laboratorio en los EE.UU. con una interpretación estrictamente técnica. Estas recomendaciones son útiles para mejorar el mantenimiento y extender la vida útil del equipo.

El primer paso en entender el reporte del laboratorio es entender que el proceso de analizar aceite requiere equipo altamente sofisticado y calibrado. También requiere de personal bien entrenado para operar el equipo y evaluar los resultados.

Recientemente vimos análisis hecho por dos laboratorios en los EE.UU. que confirmaron la información de la ficha técnica de fábrica. Un laboratorio en La Paz indicó una variación de 35% en la misma muestra. Este no puede ser un laboratorio confiable ya que decisiones basadas en informaciones erróneas darán siempre malos resultados.

Después, hay que entender que:

El análisis de aceite es una Ciencia.

La interpretación de los resultados de análisis es un Arte.

Los datos y detalles en el reporte científico del laboratorio son valores exactos. En si no dicen lo que está pasando con el motor. *Es la interpretación de estos valores lo que provee la utilidad del análisis.*

Cuando miro los resultados para nuestros clientes, no trato de ponerlos dentro de las tres categorías del laboratorio, si no, aumento una categoría mas. Esta categoría refina la de “normal”. Mientras “normal” compara los resultados con los promedios, “**Proactivo**” compara los resultados con los resultados posibles, o sea los mejores para el mismo equipo o similares. Aquí es que podemos estudiar las buenas prácticas que nos llevan a buenos resultados y a mejorar nuestro mantenimiento para alcanzar los mismos resultados y vida útil.

El primer paso en entender los resultados es comparar los resultados con equipos similares. Es imposible comparar el desgaste de un motor Toyota de 2.8 L con un motor de CAT, Volvo, Scania, etc. Cada motor tiene componentes de diferentes metales. Los motores son de diferentes tamaños. Entre más superficie esta expuesta a la fricción, mayor es la posibilidad de desgaste. Entre más grande el cárter, mas se diluye el contaminante. Aquí veremos los análisis de aceite de motor de 14 camionetas a diesel **Toyota Hi-Lux**. Todas son de cuatro cilindros, capacidad 2.8 L. Todas son utilizadas en los mismos trayectos dentro del país.

Figura 1

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	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium	
224458	20-SEP-05	5173	14	1	1	3	2	4	0	0	4	83	5	13	3108	0	1025	1525	166	0	0	0	0
Condition	Tested	Time on Unit																					
Normal	27-OCT-05	256015																					

LabNo	Physical Properties						Additional Tests	
	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN
224458	<1	N/A	14.22	0	0.3	NEG	40	8.2

Figura 2

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	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium	
224462	10-OCT-05	5341	12	0	0	3	0	3	0	0	8	2	6	11	3315	0	1013	1309	2	0	0	0	0
Condition	Tested	Time on Unit																					
Normal	27-OCT-05	141368																					

LabNo	Physical Properties						Additional Tests	
	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN
224462	<1	N/A	13.37	0	<0.1	NEG	40	10.5

Figura 3

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	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium	
224461	08-OCT-05	3660	10	1	1	0	2	5	0	0	8	105	6	10	3052	0	1058	1369	187	0	0	0	
Condition	Tested	Time on Unit																					
Normal	27-OCT-05	124266																					

LabNo	Physical Properties						Additional Tests	
	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN
224461	<1	N/A	18.01	0	1.4	NEG	50	8.6

Figura 4

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	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium	
224441	05-OCT-05	5598	17	1	2	1	0	4	0	0	4	2	6	11	3463	0	1048	1240	1	0	0	0	
Condition	Tested	Time on Unit																					
Normal	27-OCT-05	114731																					

LabNo	Physical Properties						Additional Tests	
	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN
224441	<1	N/A	15.48	0	2.1	NEG	40	8.7

Figura 5

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	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium	
224450	30-SEP-05	5755	500	3	34	194	7	7	0	0	26	48	10	74	2202	0	1028	1125	36	0	0	0	
Condition	Tested	Time on Unit	C		A	A					A												
Critical	27-OCT-05	119505																					

LabNo	Physical Properties						Additional Tests	
	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN
224450	<1	N/A	13.00	.523 A	<0.1	NEG	40	6.3

Figura 6

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	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium	
224437	22-SEP-05	5080	10	1	1	1	0	4	0	0	5	10	6	13	3365	0	1016	1353	16	0	0	0	
Condition	Tested	Time on Unit																					
Normal	27-OCT-05	150405																					

LabNo	Physical Properties						Additional Tests	
	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN
224437	<1	N/A	14.37	0	0.2	NEG	40	6.7

Figura 7

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	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium
224444	06-OCT-05	4100	15	1	1	1	3	4	0	0	7	92	5	8	2345	0	1030	1136	180	0	0	0
Condition	Tested	Time on Unit																				
Abnormal	27-OCT-05	123450																				

LabNo	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN
224444	<1	N/A	19.47	0	10.4	NEG	50	8.0
			A		A			

Figura 8

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	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium
224445	06-OCT-05	3114	25	2	28	1	1	8	0	0	11	70	41	49	2636	0	1167	1425	161	0	0	0
Condition	Tested	Time on Unit																				
Normal	27-OCT-05	304431																				

LabNo	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN
224445	<1	N/A	12.81	0	<0.1	NEG	40	6.7

Figura 9

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	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium
224433	19-SEP-05	4043	20	5	6	1	0	6	0	0	9	8	0	15	3310	0	1088	1335	12	0	0	0
Condition	Tested	Time on Unit																				
Abnormal	27-OCT-05	126141																				

LabNo	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN
224433	<1	N/A	11.46	0	<0.1	NEG	30	7.7
			A					

Figura 10

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	MOLYBDENUM	TITANIUM	VANADIUM	POTASSIUM
60339	20-FEB-04	10000	391	14	18	42	6	172	0	0	384	6	25	42	3192	0	1148	1280	3	0	0	0
Condition	Tested	Time on Unit																				
Critical	19-MAR-04	124133	C	A	A	A	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Lab No	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN
60339	<1	N/A	14.19	0	1.0	NEG	40	6.4

Figura 11

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	MOLYBDENUM	TITANIUM	VANADIUM	POTASSIUM
23903	28-DEC-04	8000	16	1	5	1	0	5	0	0	7	2	4	15	3176	0	1020	1446	1	0	0	0
Condition	Tested	Time on Unit																				
Normal	09-FEB-05	191966																				

Lab No	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN
23903	<1	N/A	15.51	0	0.4	NEG	40	9.8

Figura 12

SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																							
Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil on Unit	IRON	CHROMIUM	LEAD	COPPER	TIN	ALUMINUM	NICKEL	SILVER	SILICON	BORON	SODIUM	MAGNESIUM	CALCIUM	BARIUM	PHOSPHORUS	ZINC	MOLYBDENUM	TITANIUM	VANADIUM	POTASSIUM	
170734 Abnormal	28-JUL-05 10-AUG-05	3280 212801	16	5	1	1	0	0	0	0	7	1	11	328	908	0	890	949	1	0	0	0	0
Physical Properties											Additional Tests												
Lab No	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN															
170734	<1	N/A	56.14	0	<0.1	NEG	40	3.4 A															

Figura 13

SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																							
Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil on Unit	IRON	CHROMIUM	LEAD	COPPER	TIN	ALUMINUM	NICKEL	SILVER	SILICON	BORON	SODIUM	MAGNESIUM	CALCIUM	BARIUM	PHOSPHORUS	ZINC	MOLYBDENUM	TITANIUM	VANADIUM	POTASSIUM	
241616 Critical	24-OCT-03 10-NOV-03	3000	891 C	72 C	3	21	0	199 C	7	0	325 C	119	19	52	2720	0	1103	1296	108	0	0	0	0
Physical Properties											Additional Tests												
Lab No	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN															
241616	<1	N/A	19.13 A	0	1.8	NEG	50	9.4															

Figura 14

SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																							
Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil on Unit	IRON	CHROMIUM	LEAD	COPPER	TIN	ALUMINUM	NICKEL	SILVER	SILICON	BORON	SODIUM	MAGNESIUM	CALCIUM	BARIUM	PHOSPHORUS	ZINC	MOLYBDENUM	TITANIUM	VANADIUM	POTASSIUM	
256370 Normal	20-NOV-03 02-DEC-03	10000 164647	40	1	4	5	0	0	0	0	20	0	0	47	3180	0	1043	1070	0	0	0	0	0
Physical Properties											Additional Tests												
Lab No	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN															
256370	<1	N/A	13.24	0	0.5	NEG	40	9.4															

Para propósitos de comparación de los resultados, reducimos todos los elementos a números por cada mil kilómetros. Esto da una idea de cuanto es la variación, el mínimo y el máximo.

Elementos por 1000 kilómetros														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Kilómetros	5173	5341	3660	5548	5755	5080	4100	3114	4043	10000	8000	3280	3000	10000
Hierro	2.7	2.2	2.7	3.1	86.9	2.0	3.7	8.0	4.9	39.1	2.0	4.9	330.3	4.6
Cromo	0.2	-	0.3	0.2	0.5	0.2	0.2	0.6	1.2	1.4	0.1	1.5	24.0	0.1
Plomo	0.2	-	0.3	0.4	5.9	0.2	0.2	9.0	1.5	1.8	0.6	0.3	1.0	0.4
Cobre	0.6	0.6	-	0.2	33.7	0.2	0.2	0.3	0.2	4.2	0.1	0.3	7.0	0.5
Estaño	0.4	-	0.5	-	1.2	-	0.7	2.6	-	-	-	-	-	-
Aluminio	0.8	0.6	1.4	0.7	1.2	0.8	1.0	2.6	1.5	17.2	0.6	1.8	53.0	0.9
Silicio	0.8	1.5	2.2	0.7	4.5	1.0	1.7	3.5	2.2	38.4	0.9	2.1	108.3	2.0
Sodio	1.0	1.1	1.6	1.1	1.7	1.2	1.2	13.2	2.2	2.5	0.5	3.4	6.3	-
Viscosidad *	14.2	13.4	18.0	15.5	13.0	14.4	19.5	12.8	11.5	14.2	15.5	16.1	19.1	13.2
Agua	-	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hollín	0.06	0.01	0.38	0.38	0.01	0.04	2.54	0.02	0.01	0.16	0.05	0.02	0.60	0.05
TBN *	8.2	10.5	8.6	8.7	6.3	6.7	8.0	6.7	7.7	8.4	9.5	3.4	9.4	9.4

- *Valor actual
- El aluminio normalmente es cerca de 30% del valor de silicio, por el contenido en el medioambiente. Cualquier monto por encima de eso, es desgaste.

Aquí juntamos los números de una manera más interesante para que nos pueda ayudar a identificar los problemas. Aunque tenemos algunas muestras con menos que 2 ppm de hierro por mil kilómetros, hay una con 330 ppm. Veremos los resultados de estas 14 muestras, y cual será la causa más probable del desgaste anormal o no deseable.

Notamos que por comentarios del laboratorio, solamente 2 de las 14 muestras tienen el desgaste/herrumbre de hierro como “Crítico” y los demás se consideraron dentro de la clasificación “normal”. Es fácil reconocer que el motor con 2 ppm de desgaste tendrá una vida útil mayor que un motor con 3 ppm, 4 ppm, u 8 ppm por cada mil kilómetros. Nuestra identificación de problemas para los clientes identifica todos estos motores con más de 2 ppm de desgaste de hierro como oportunidades para reducir costos.

Con la meta de 2 ppm de hierro, podemos buscar las causas del desgaste. En la mayoría de los casos la respuesta está en los contaminantes o en la calidad del aceite. Pero existen condiciones que solamente el dueño, chofer o mecánico conocen. Algunos daños son hechos por el chofer por no hacer los cambios de marcha en el momento correcto, dejar el vehículo estacionado con el motor prendido por mucho tiempo, arrancar el vehículo en cuanto prende el motor sin dejar que circule el aceite, etc.

Para reducir el desgaste, tenemos que encontrar la causa que lo origina. Notamos aquí en estas muestras que los motores (6 y 11) con solamente 2 ppm de desgaste tienen ≤ 1 ppm de tierra (identificado como Silicio). Siempre puede haber una variación en esto, ya que no sabemos si el filtro de aire fue soplado con aire comprimido al principio del periodo o al final. Entonces, si los motores con ≤ 1 ppm de tierra podrían tener solamente 2 ppm de hierro, por qué la muestra #1 tiene un desgaste de 2.7 ppm de hierro? Una explicación posible es que el motor tiene más de 250,000 kilómetros y puede haber sufrido daños en estos kilómetros que no se puede recuperar. Otra es que puede ser la primera muestra después de un aceite inferior y que este aceite está lavando una parte del depósito que dejó el aceite anterior. Otra es el manejo del chofer. Es recomendable observar y monitorear las próximas muestras.

El Agua

También podemos analizar el nivel de contaminantes para ver su efecto en el desgaste. La muestra #5 tiene agua. Esta agua es responsable por una buena cantidad del hierro en la muestra. La muestra #8 tiene indicaciones de un ingreso de agua (por la cantidad de sodio), aunque en el momento de tomar la muestra se había evaporado. El sodio no siempre aparece cuando entra agua, porque un refrigerante correctamente preparado con agua destilada no contiene sodio. Como indicamos en el boletín del mes pasado, el agua es muy dañina.

El Hollín

Si revisamos los niveles de hollín, podemos ver que es fácil mantener el sistema de alimentación de diesel bastante limpio y calibrado para mantenerlo muy debajo de 0.1% por mil kilómetros. Sin embargo, hay una muestra que salta sobre las demás con más de 2.5% por mil kilómetros. El hollín es abrasivo, actúa como lija en el eje de levas, los cojinetes y los anillos. Aunque los aceites de última generación (API Grupo II, Sintetizados o Sintéticos tradicionales) pueden absorber una cantidad mayor de hollín que los aceites tradicionales (>90% de los aceites que se venden en el país) y mantienen una película más resistente y gruesa, el hollín siempre causará algún daño.

El combustible que conseguimos requiere un aditivo para evitar la formación de barniz, la formación de depósitos en las válvulas, desgaste de la bomba y obstrucción de los inyectores. Personalmente nunca dejo llenar un tanque de diesel en los vehículos de nuestra empresa sin adicionar un frasco de “American Diesel Power Fuel Conditioner”. Desde que lo usamos, (cinco años) gastamos menos combustible, no reparamos bombas ni inyectores y no tenemos humo negro.

También revisamos la viscosidad del aceite. De acuerdo a la tabla SAE J300, los aceites utilizados en estas camionetas debería mantenerse entre 12.5 y 16.3 cSt. La muestra #9 tiene baja viscosidad, por lo tanto la disminución del grosor de película causa mayor desgaste en los cojinetes y el árbol de levas, aumentando la cantidad de cromo y plomo en la muestra. Esta muestra no esta contaminada por combustible, ni existe otra causa tan obvia como su perdida de viscosidad, pero pudo haber sido adulterado por aceite SAE 10W a algo similar que tienen en el campamento. Si es de calidad inferior, puede haber cizallamiento de sus polímetros. Se debe revisar las próximas muestras.

Si revisamos las muestras donde se aumentó la viscosidad, hay tres. Las tres tienen un exceso de hollín que espesa el aceite mientras lija el motor. Un mantenimiento del sistema de inyección y/o el uso del aditivo “American Diesel Power Fuel Conditioner” corregirá este problema para el futuro y extenderá la vida útil del motor.

El Éxito de la Implementación

Figura 15

Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil on Unit	IRON	CHROMIUM	LEAD	COPPER	TIN	ALUMINUM	NICKEL	SILVER	SILICON	BOHRON	SODIUM	MAGNESIUM	CALCIUM	BARIUM	PHOSPHORUS	ZINC	MOLYBDENUM	TITANIUM	VANADIUM	POTASSIUM
100422 Normal	05-MAY-05 20-MAY-05	7000	4	0	0	6	3	3	0	0	5	110	0	11	3045	0	1365	1068	241	0	0	0
23794 Abnormal	04-JAN-05 09-FEB-05	7000	41	2	2	8	0	13	0	0	32 A	1	0	22	3517	0	1380	1550	0	0	0	0

En figura 15 podemos ver la aplicación de los análisis. Al recibir los resultados, el encargado de mantenimiento de esta camioneta Toyota revisó las recomendaciones, cambió el filtro de aire y hizo un nuevo cambio de aceite y filtro. Los resultados demuestran sus resultados, reduciendo la contaminación por tierra de 32 ppm en 7000 km a 5 ppm en 7000 km. El desgaste de hierro bajó de 41 ppm a 4 ppm. **Una reducción de 90% en el desgaste.**

Lo mismo se puede hacer con motores o equipos de otro tamaño. Aquí mostramos tres tractores agrícolas de los más grandes en la marca **Valmet**.

Figura 16

SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																						
Lab.No Condition	Date Taken Tested	Time on.Oil on Unit	IRON	CHROMIUM	LEAD	COPPER	TIN	ALUMINIUM	NICKEL	SILVER	SILICON	BORON	SODIUM	MAGNESIUM	CALCIUM	BARIUM	PHOSPHORUS	ZINC	MOLYBDENUM	TITANIUM	WANIUM	POTASSIUM
60484 Abnormal	14-MAR-02 26-MAR-02	250	127 A	10	13	26	4	14 A	0	0	22 A	28	10	1861	624	1	1379	1714	1	0	0	0
Physical Properties											Additional Tests											
Lab No	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN														
60484	<1	N/A	15.18	0	1.0	NEG	40	7.5														

Figura 17

SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																						
Lab.No Condition	Date Taken Tested	Time on.Oil on Unit	IRON	CHROMIUM	LEAD	COPPER	TIN	ALUMINIUM	NICKEL	SILVER	SILICON	BORON	SODIUM	MAGNESIUM	CALCIUM	BARIUM	PHOSPHORUS	ZINC	MOLYBDENUM	TITANIUM	WANIUM	POTASSIUM
241467 Critical	23-NOV-04 10-DEC-04	240	330 C	23 A	14	30	0	53 A	0	0	153 C	95	4	22	3152	0	1364	1459	67	0	0	0
136143 Critical	21-MAY-03 25-JUN-03	450	678 C	39 C	84	87	11	127 C	0	0	279 C	0	20	29	2585	0	942	1088	0	0	0	0
Physical Properties											Additional Tests											
Lab No	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN														
241467	<1	N/A	23.33 A	0	2.6	NEG	> 50	8.3														
136143	4.0 A	N/A	12.33 A	0	0.8	NEG	30	6.9														

Figura 18

SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																						
Lab.No Condition	Date Taken Tested	Time on.Oil on Unit	IRON	CHROMIUM	LEAD	COPPER	TIN	ALUMINIUM	NICKEL	SILVER	SILICON	BORON	SODIUM	MAGNESIUM	CALCIUM	BARIUM	PHOSPHORUS	ZINC	MOLYBDENUM	TITANIUM	WANIUM	POTASSIUM
100431 Normal	05-MAY-05 26-MAY-05	398 20548	25	1	2	2	6	4	0	0	4	2	1	9	2578	0	1195	1478	1	0	0	0
46804 Normal	01-FEB-05 14-MAR-05	404 20159	26	4	5	2	0	6	0	0	10	2	0	9	3087	0	1160	1316	0	0	0	0
241617 Normal	06-NOV-04 10-DEC-04	692 19746	85	7	10	6	0	11	0	0	14	5	0	22	3863	0	1345	1548	0	0	0	0
41675 Normal	05-FEB-03 21-FEB-03	403 18269	26	4	5	1	0	4	0	0	5	27	1	501	1351	0	1112	1214	2	0	0	0
Physical Properties											Additional Tests											
Lab No	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN														
100431	<1	N/A	12.32	0	<0.1	NEG	30	8.0														
46804	<1	N/A	13.51	0	0.3	NEG	40	5.8														
241617	<1	N/A	13.21	0	0.9	NEG	40	5.8														
41675	<1	N/A	17.20 A	0	0.6	NEG	50	6.0														

Notamos que:

- La muestra #16 tiene 22 ppm de tierra en 250 horas (**8.8 ppm por cada 100 horas**), causando 127 ppm de desgaste de hierro (50.8 ppm por cada 100 horas).
- La figura #17 tiene dos muestras: La primera con 279 ppm de tierra en 450 horas (**62 ppm por cada 100 horas**) causando 679 ppm de desgaste de hierro (150 ppm por cada 100 horas). La segunda tiene 153 ppm de tierra en 240 horas (**64 ppm por cada 100 horas**) causando 330 ppm de desgaste de hierro (138 ppm por cada 100 horas).
- La figura #18 tiene 4 muestras: La primera (por fecha) tiene 5 ppm de tierra en 403 horas (**1.2 ppm por cada 100 horas**) causando 26 ppm de desgaste de hierro (6.5 ppm por cada 100 horas). La segunda tiene 14 ppm de tierra en 692 horas (**2.0 ppm por cada 100 horas**) combinando con 0.9% de hollín, causando 85 ppm de desgaste de hierro (12.3 ppm por cada 100 horas). La tercera tiene 10 ppm de tierra en 404 horas (**2.5 por cada 100 horas**) causando 26 ppm de desgaste de hierro (6.5 ppm por cada 100 horas). La última muestra tiene 4 ppm de tierra en 398 horas (**1 ppm por cada 100 horas**) causando 25 ppm de desgaste de hierro (6.2 ppm por cada 100 horas).

Si comparamos los resultados, vemos que en estos tractores se puede controlar la contaminación por tierra en el mejor de los casos entre 1 ppm y 2 ppm por cada 100 horas de trabajo (una empresa que está mas de dos años con un programa proactivo con buenos aceites), mientras otros agricultores tienen de 8 a 62 ppm por cada 100 horas en los mismos tractores y en la misma zona.

Si el desgaste de hierro en estos motores puede ser limitado a 6 ppm en cada 100 horas, por qué toleramos 8.8 ppm? Peor aun es el tractor de la figura #17 que tiene 153 ppm en la primera muestra y por no corregir sus problemas de filtrado de aire continuaban con 138 ppm de hierro en la próxima muestra. Estamos hablando de 25 veces mas del desgaste posible.

Aquí mostramos los resultados de algunos tractores agrícolas similares de la marca **Massey-Ferguson**.

Figura 19

SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																						
Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil on Unit	IRON	CHROMIUM	LEAD	COPPER	TIN	ALUMINUM	NICKEL	SILVER	SILICON	BORON	SODIUM	MAGNESIUM	CALCIUM	BARIUM	PHOSPHORUS	ZINC	MOLYBDENUM	TITANIUM	VANADIUM	POTASSIUM
162374 Abnormal	03-JUL-04 12-AUG-04	660 15881	149 A	7	8	16	0	25 A	8	0	68 A	1	1	16	2016	0	788	788	11	0	0	21
Physical Properties										Additional Tests												
Lab No	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN														
162374	<1	N/A	12.64	0	0.2	NEG	40	3.2														

Figura 20

SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																						
Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil on Unit	IRON	CHROMIUM	LEAD	COPPER	TIN	ALUMINUM	NICKEL	SILVER	SILICON	BORON	SODIUM	MAGNESIUM	CALCIUM	BARIUM	PHOSPHORUS	ZINC	MOLYBDENUM	TITANIUM	VANADIUM	POTASSIUM
217362 Normal	15-NOV-01 26-NOV-01	250	3	0	0	0	0	3	0	0	6	0	0	10	3567	0	1153	1272	1	0	0	0
Physical Properties										Additional Tests												
Lab No	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN														
217360	<1	N/A	14.47	0	<0.1	NEG	40	11.8														

Figura 21

SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																						
Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil on Unit	IRON	CHROMIUM	LEAD	COPPER	TIN	ALUMINUM	NICKEL	SILVER	SILICON	BORON	SODIUM	MAGNESIUM	CALCIUM	BARIUM	PHOSPHORUS	ZINC	MOLYBDENUM	TITANIUM	VANADIUM	POTASSIUM
1009 Normal	14-DEC-04 03-JAN-05	287 3476	26	1	1	3	0	3	0	0	7	104	0	121	2791	0	1359	1425	81	0	0	0
241634 Normal	26-NOV-04 10-DEC-04	547 3180	30	2	1	5	0	2	0	0	6	81	0	486	2756	0	1102	1202	1	0	0	0
Physical Properties										Additional Tests												
Lab No	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN														
1009	<1	N/A	15.37	0	0.4	NEG	40	8.3														
241634	<1	N/A	14.93	0	0.6	NEG	40	7.8														

Figura 22

SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																						
Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil on Unit	IRON	CHROMIUM	LEAD	COPPER	TIN	ALUMINUM	NICKEL	SILVER	SILICON	BORON	SODIUM	MAGNESIUM	CALCIUM	BARIUM	PHOSPHORUS	ZINC	MOLYBDENUM	TITANIUM	VANADIUM	POTASSIUM
103610 Abnormal	13-MAY-04 19-MAY-04	150 2100	187 A	6	5	18	0	13	5	0	48 A	119	2	27	3193	0	1584	1693	108	0	0	0
Physical Properties										Additional Tests												
Lab No	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN														
103610	<1	N/A	15.72	0	0.2	NEG	40	9.6														

Figura 23

SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																							
Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil on Unit	IRON	CHROMIUM	LEAD	COPPER	TIN	ALUMINUM	NICKEL	SILVER	SILICON	BORON	SODIUM	MAGNESIUM	CALCIUM	BARIUM	PHOSPHORUS	ZINC	MOLYBDENUM	TITANIUM	WOLFRAM	POTASSIUM	
88683 Normal	25-APR-02 06-MAY-02	300 17360	12	1	2	1	0	4	0	0	5	1	0	22	2818	0	1135	1268	1	0	0	0	0
73970 Normal	15-MAR-02 16-APR-02	350 16761	13	1	1	1	0	3	0	0	6	0	0	14	2765	0	889	923	1	0	0	0	0
Physical Properties																							
Lab No	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN															
88683	<1	N/A	15.21	0	0.3	NEG	40	8.2															
73970	<1	N/A	15.21	0	0.1	NEG	40	7.4															

Figura 24

SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																							
Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil on Unit	IRON	CHROMIUM	LEAD	COPPER	TIN	ALUMINUM	NICKEL	SILVER	SILICON	BORON	SODIUM	MAGNESIUM	CALCIUM	BARIUM	PHOSPHORUS	ZINC	MOLYBDENUM	TITANIUM	WOLFRAM	POTASSIUM	
41408 Critical	11-FEB-04 24-FEB-04	293	332 C	46 C	4	21	13	85 C	0	0	125 A	104	5	128	2542	0	1026	1221	84	0	0	0	0
Physical Properties																							
Lab No	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN															
41408	<1	N/A	15.65	0	0.6	NEG	40	9.1															

Figura 25

SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																							
Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil on Unit	IRON	CHROMIUM	LEAD	COPPER	TIN	ALUMINUM	NICKEL	SILVER	SILICON	BORON	SODIUM	MAGNESIUM	CALCIUM	BARIUM	PHOSPHORUS	ZINC	MOLYBDENUM	TITANIUM	WOLFRAM	POTASSIUM	
171120 Normal	19-JUN-05 10-AUG-05	200 3912	2	0	1	3	1	2	0	0	4	2	0	252	1929	0	1242	1466	0	0	0	0	0
Physical Properties																							
Lab No	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN															
171120	<1	N/A	12.99	0	0.4	NEG	40	7.2															

Figura 26

SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																							
Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil on Unit	IRON	CHROMIUM	LEAD	COPPER	TIN	ALUMINUM	NICKEL	SILVER	SILICON	BORON	SODIUM	MAGNESIUM	CALCIUM	BARIUM	PHOSPHORUS	ZINC	MOLYBDENUM	TITANIUM	WOLFRAM	POTASSIUM	
207715 Normal	13-SEP-05 04-OCT-05	341 2846	14	0	2	6	10	3	0	0	5	2	0	69	3025	0	1109	1423	1	0	0	0	0
170736 Normal	09-JUL-05 10-AUG-05	300 2805	23	1	3	4	0	3	0	0	2	6	5	65	2923	0	1177	1322	7	0	0	0	0
171129 Normal	02-JUL-05 10-AUG-05	200 2705	7	0	0	3	7	2	0	0	3	2	0	60	2730	0	1107	1468	0	0	0	0	0
Physical Properties																							
Lab No	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN															
207715	<1	N/A	12.45	0	0.3	NEG	30	7.9															
170736	<1	N/A	12.51	0	0.2	NEG	40	7.7															
171129	<1	N/A	13.38	0	0.4	NEG	40	8.7															

Figura 27

SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																							
Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil on Unit	IRON	CHROMIUM	LEAD	COPPER	TIN	ALUMINUM	NICKEL	SILVER	SILICON	BORON	SODIUM	MAGNESIUM	CALCIUM	BARIUM	PHOSPHORUS	ZINC	MOLYBDENUM	TITANIUM	WOLFRAM	POTASSIUM	
60484 Abnormal	14-MAR-02 26-MAR-02	250	127 A	10	13	26	4	14 A	0	0	22 A	28	90	1861	624	1	1379	1754	1	0	0	0	0
Physical Properties																							
Lab No	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN															
60484	<1	N/A	15.18	0	1.0	NEG	40	7.5															

Colocamos estas 13 muestras en una tabla para comparación:

Elementos por 100 Horas													
	19	20	21-A	21-B	22	23-A	23-B	24	25	26-A	26-B	26-C	27
Horas	660	250	547	287	150	350	300	293	200	200	300	341	250
Hierro	22.6	1.2	5.5	9.1	124.7	3.7	4.0	113.3	1.0	3.5	7.7	4.1	50.8
Cromo	1.1	-	0.4	0.3	5.3	0.3	0.3	16.4	-	-	0.3	-	4.0
Plomo	0.9	-	0.2	0.3	3.3	0.3	0.7	1.4	0.5	-	1.0	0.6	5.2
Cobre	1.5	-	0.9	1.0	12.0	0.3	0.3	7.2	1.5	1.5	1.3	1.8	10.4
Estaño	-	-	-	-	-	-	-	4.4	0.5	3.5	-	2.9	1.6
Aluminio	3.8	1.2	0.4	1.0	8.7	0.9	1.3	29.0	1.0	1.0	1.0	0.9	5.6
Silicio	10.3	2.4	1.1	2.4	32.0	1.7	1.7	42.7	2.0	1.5	0.7	1.5	8.8
Sodio	0.2	-	-	-	1.3	-	-	1.7	-	-	1.7	-	4.0
Viscosidad	12.5	14.5	14.9	15.4	15.7	15.2	15.2	15.7	13.0	13.4	12.5	12.5	15.2
Agua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hollín	0.03	0.02	0.11	0.14	0.13	0.03	0.10	0.20	0.20	0.20	0.07	0.09	0.40
TBN	3.2	11.8	7.8	8.3	9.6	7.4	8.2	9.1	7.2	8.7	7.7	7.9	7.5

- **Valor actual*
- *El aluminio normalmente es cerca de 30% del valor de silicio, por el contenido en el medioambiente. Cualquier monto por encima de eso, es desgaste.*

Fácilmente podemos ver que es posible reducir la contaminación por tierra a menos de 1 ppm por cada 100 horas, y el desgaste a 1 ppm por cada 100 horas. El desafío es implementar los procedimientos recomendados para alcanzar la vida útil que el fabricante prevé.

Aquí identificamos como oportunidades de mejorar el desgaste por contaminación de tierra todos los que están encima de 1 ppm por cada 100 horas, identificando como crítico todos los que están contaminados con mas de 5 ppm por cada 100 horas. Tenemos que acordarnos que en ciertas muestras el nivel puede ser por contaminación al final del ciclo de cambio. La relación no es siempre la misma.

Notando que muchos agricultores logran a mantener sus sistemas de inyección limpios y calibrados, identificamos un nivel posible en mantenimiento proactivo basado en condiciones de 0.10% por 100 horas en estos motores. Esto daría 0.5% en 500 horas entre cambios. Si observamos motores con 0.20%, empezamos a ver mayor desgaste.

También observamos que 5 de estos motores tienen algún contenido de sodio. La causa mas probable contaminación por sodio a un nivel bajo es el lavado de los motores. Los mecánicos y lavaderos que utilizan agua con alta presión para lavar motores hacen entrar agua por la tapa, el medidor o cualquier otra parte. Recomendamos tener cuidado en esos lavados.

Resumen:

La comparación con los mejores resultados para obtener nuestras metas es conocida como “benchmarking”. Es un principio utilizado por todas las empresas exitosas del mundo en mantenimiento, estructuración de empresas, análisis de resultados financieros y dirección comercial.

El uso de análisis de aceite usado es una buena base para mantenimiento proactivo basado en condiciones mientras se analicen, discutan e implementen las sugerencias para obtener los resultados posibles.

Una sola muestra de un motor, sin comparaciones con bases de otros equipos similares no ayuda mucho. Hay que seguir el historial y comparar los resultados con otros equipos similares para ver cuales son los mejores resultados posibles.

Podemos ver por los análisis mostrados que los cambios de aceites en la vida real están variando entre 150 horas y 660 horas. Seria irresponsable extender los intervalos entre cambios sin revisar los resultados e implementar los procedimientos proactivos antes de la implementación del plan de extensión. Podemos ver en figura 26 que empezaron con cambios a 200 horas, luego a 300 horas y el último cambio a 340 horas. Antes de subir a 300 horas se corrigieron los problemas de combustión, pero en el paso de las 300 horas alguien aparentemente lavó el motor a presión, haciendo entrar agua causando herrumbre. Durante las 340 horas de la última muestra alguien sopló el filtro de aire.

El programa de mantenimiento proactivo tiene que incluir a todos los mecánicos y operadores para evitar la caída a lo “normal” de antes.

Aquí tocamos contaminación y ciertas características básicas de los análisis y sus efectos en el motor. Pero también influye determinantemente la calidad del **Aceite Básico** y el **Paquete de Aditivos** utilizados en la formulación del lubricante. Cuando el aceite es formulado con un aceite básico API grupo II o mejor, que pasa la prueba HT/HS con mas de 4.2 cP, protege las piezas mucho mejor que los aceites tradicionales que posiblemente llegan a 3.5 o 3.7 cP.

Para la simplificación de este boletín, solo mostramos muestras con aceites similares. Hay otros ejemplos en nuestra página Web y nuestra base de datos de los efectos de desgaste y otros que causan los aceites inferiores.

Nuestra filosofía es que el análisis de aceite es necesario para la implementación del programa de mantenimiento y sus eventuales resultados. Si su proveedor de lubricantes no tiene un programa así, hay que capacitar al personal de mantenimiento, cambiar de proveedor o contratar un consultor para la provisión de estos servicios.

Para mayores informaciones sobre la interpretación de servicios, revise el sector de **Análisis** en www.widman.biz.

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

Si usted conoce a otra persona que estará interesada en recibir estos boletines, favor responder al scz@widman.biz recibir estos boletines mensualmente, favor responder al scz@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 scz@widman.biz no permitiendo que esta altere sus características ni su totalidad.