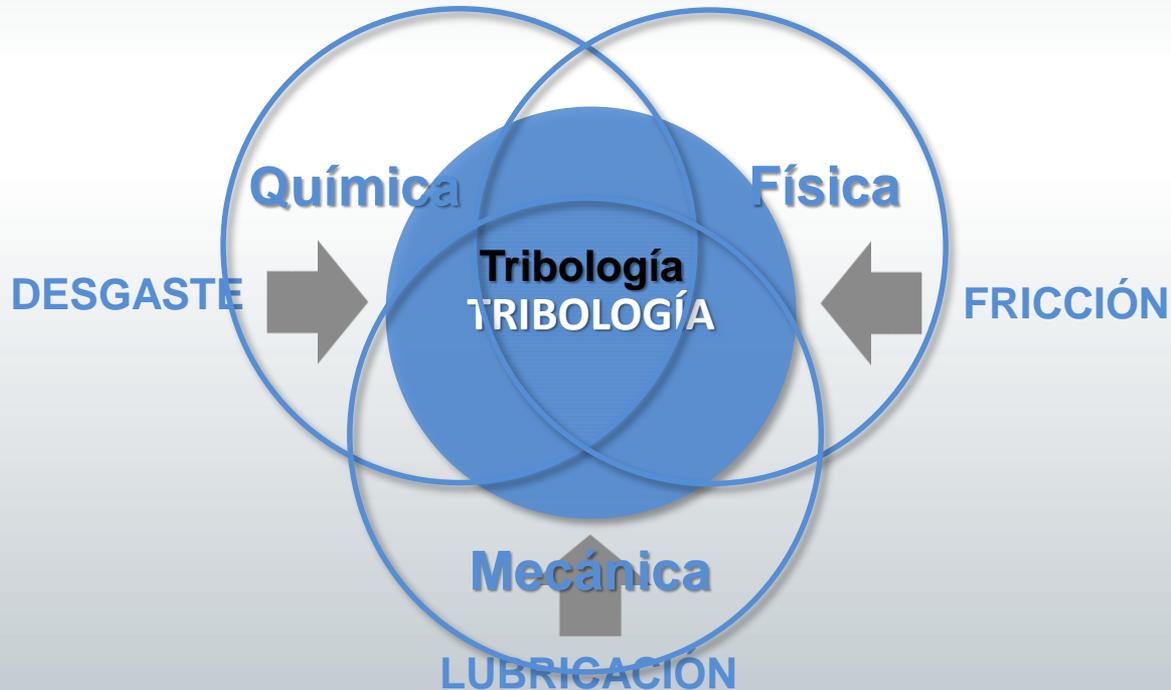


YPF

**EVALUACIÓN TRIBOLÓGICA
DE UNA FLOTA DE CAMIONES
A TRAVÉS DEL SEGUIMIENTO DE LA
PERFORMANCE DE LUBRICANTES
USADOS PARA MOTORES DIESEL
PESADOS**

ING. MATÍAS MORALES
LABORATORIO DE DESARROLLO DE LUBRICANTES

Ciencia que estudia las superficies con movimiento relativo y las practicas que surgen de ellas.



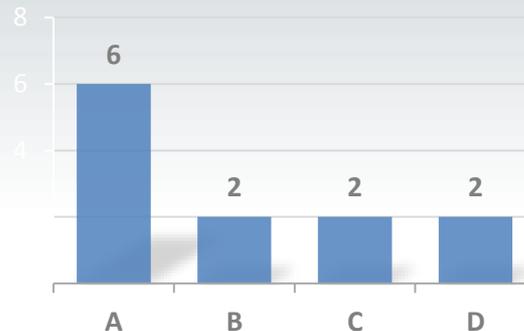


Marca de Camiones	Número de camiones	Modelos	Cantidad de Muestras
A	6	3	59
B	2	1	19
C	2	1	19
D	2	2	16
TOTAL	12	7	113

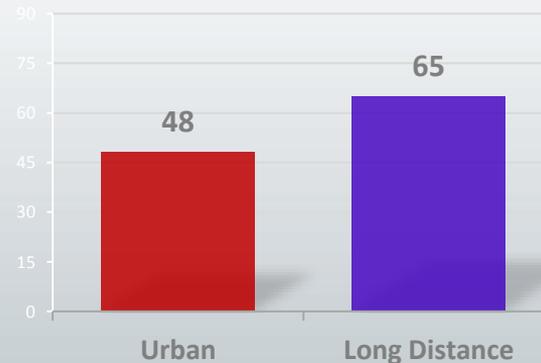
565
Ensayos

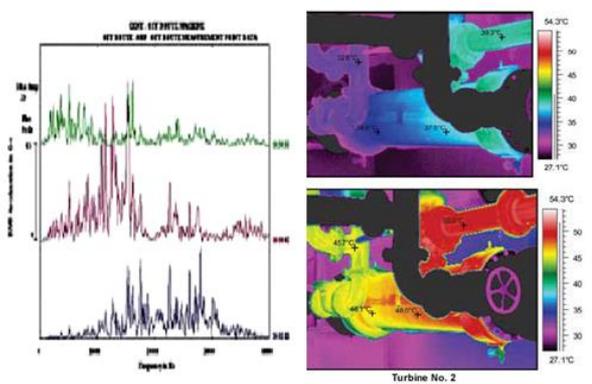
1.650.000 km de uso \approx 41 vueltas al planeta 

UNIDADES POR MARCA

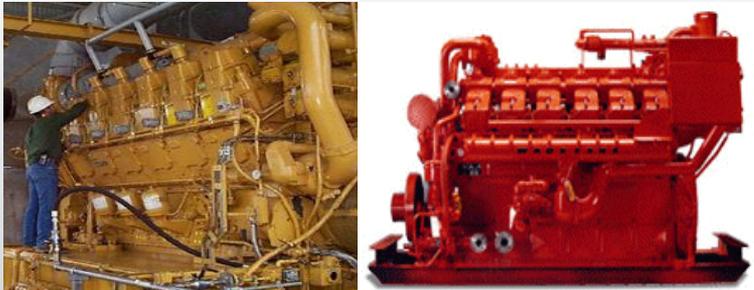


MUESTRAS POR TIPO DE SERVICIO





MONITOREO DE PERFORMANCE



ANÁLISIS VIBRACIONALES, TERMOGRÁFICOS Y ULTRASONIDO





Material de Muestreo y correo al Laboratorio

RECOLECCIÓN DE DATOS



Ensayos de un programa de análisis para Lubricantes usados:

- Viscosidad Cinemática (ASTM D-445)
- Contaminación y degradación Molecular (FTIR) ASTM E-2412
- Número de ácido y número de base (ASTM D-2896/D664/D2896/D4739)
- Elementos químicos de desgaste y contaminación (ASTM D-6595)
- Rayos X (ASTM D-6481)
- Conteo de Partículas (ISO 4406)
- Ferrografía Analítica (Wear Debris Analysis)
- Contador y clasificador de partículas (LaserNet Fines)



RESULTADOS VÁLIDOS PARA OTROS SERVICIOS



Viscosidad cinemática

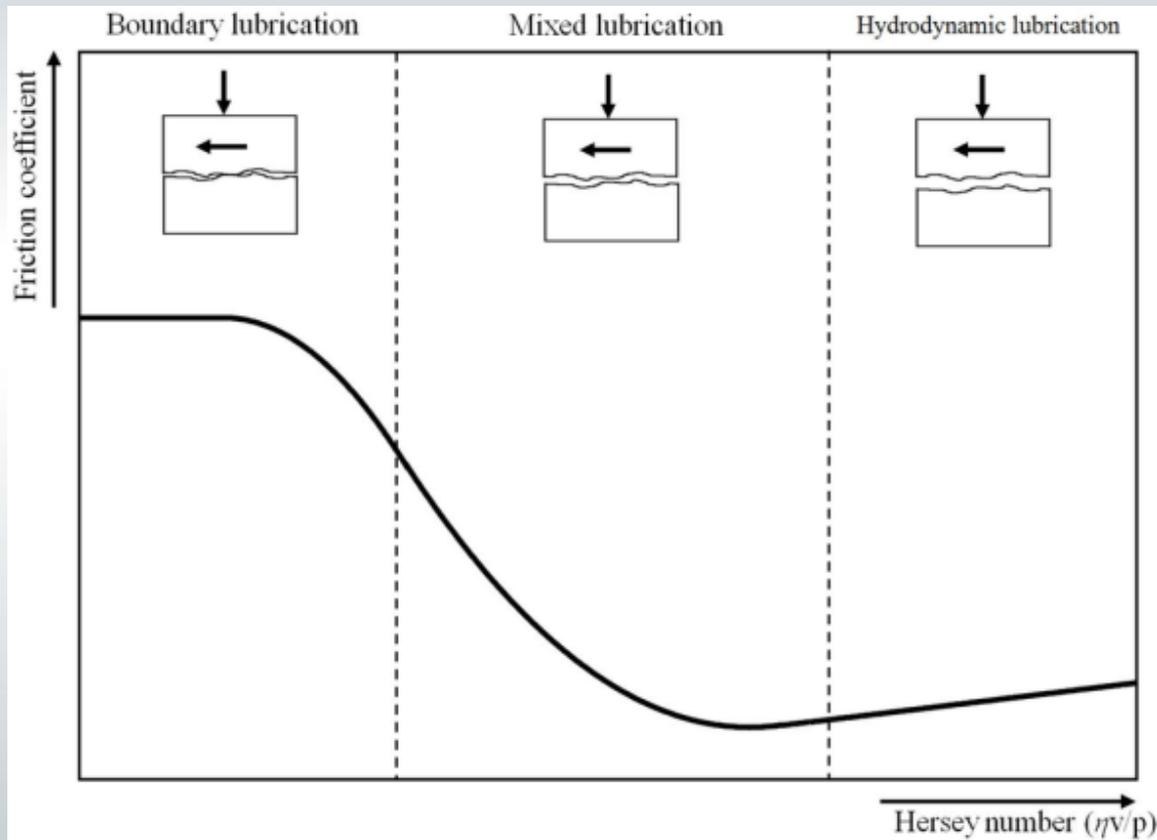
Laboratorio Desarrollo de Lubricantes YPF

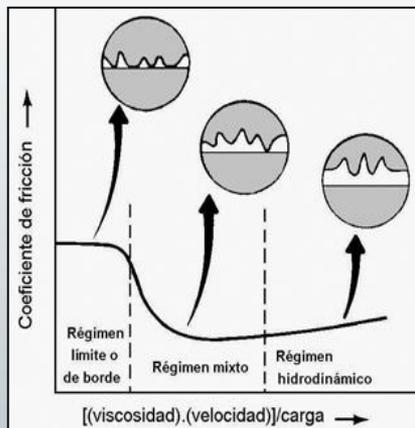
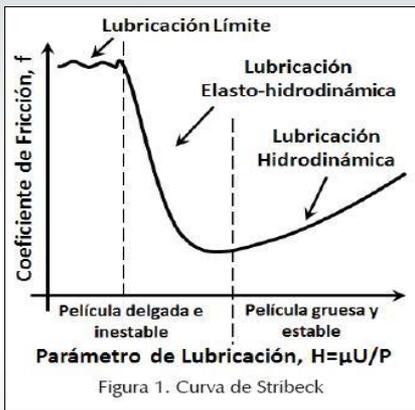


ASTM D-445

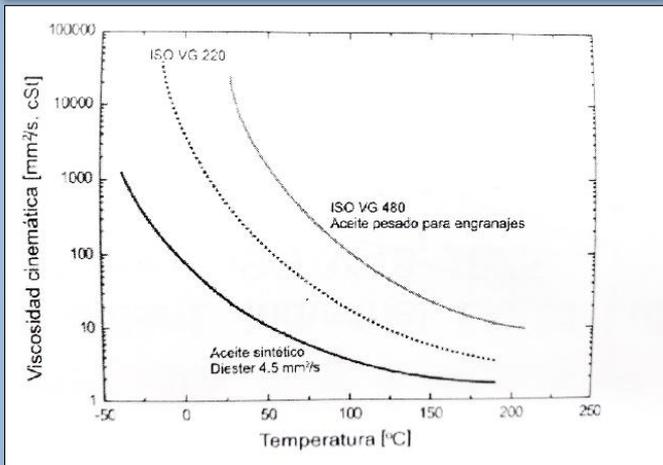


$$\tau_{xy} = -\mu \frac{\partial u}{\partial y}$$





Relación Viscosidad / Temperatura

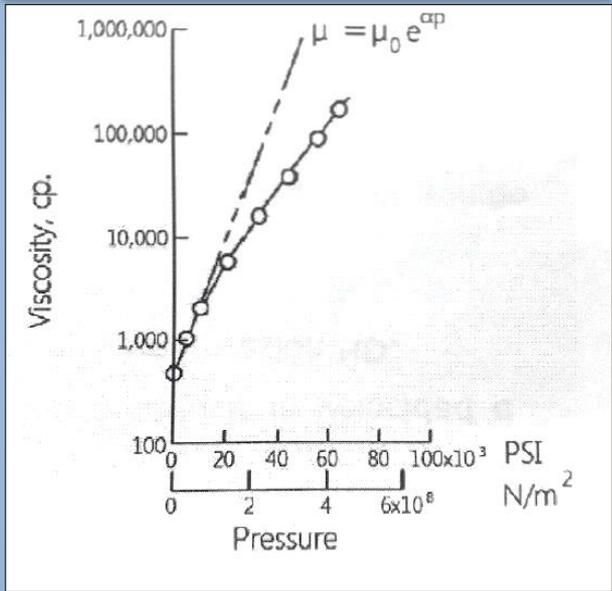


$$\log_{10}(\log_{10}Z) = A + B(\log_{10}T)$$

Ecuación de Walther (ASTM D341)

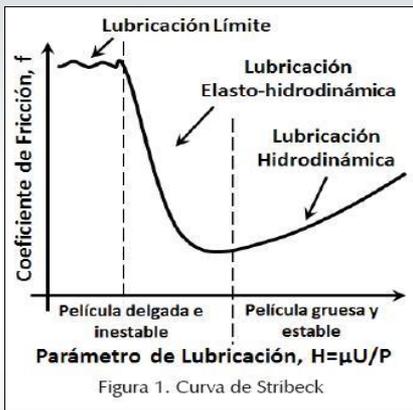
Z = viscosidad [cST] + cte = 0,7
 T = Temperatura
 "A" y "B" = constantes del aceite

Relación Viscosidad / Presión

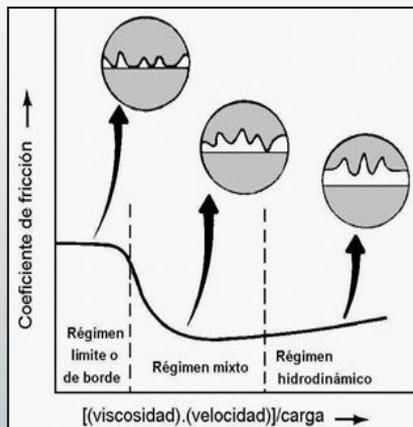
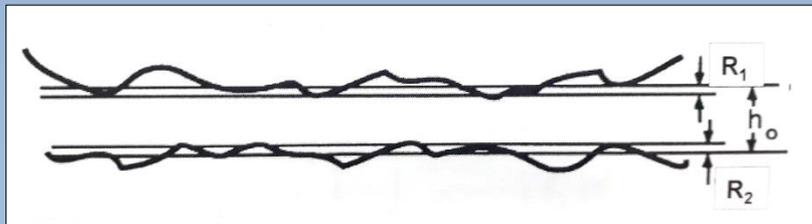


$$\mu = \mu_0 e^{\alpha P}$$

μ_0 y α son ctes particulares de cada lubricante
 P = presión hidrostática



Cuando dos superficies lubricadas están en muy cercanas, las asperezas comienzan a entrar en contacto. El grado de separación entre dos superficies pueden ser medidas por la relación entre la distancia de separación h y la rugosidad de las dos superficies.



INFLUENCIA DEL PARÁMETRO λ

$$\lambda = \frac{h}{Ra_{1-2}} = \frac{h}{\sqrt{(Ra_1^2 + Ra_2^2)}}$$

λ = indica el tipo de régimen de lubricación

Ra = representa el parámetro de rugosidad de las superficies en contacto

h = espesor de película lubricante

$\lambda > 3$ = lubricación hidrodinámica

$1 < \lambda < 3$ = lubricación mixta

$\lambda < 1$ = lubricación marginal

Las OEM's definen el target
viscosimétrico

SAE Viscosity Grade 40
(12,5 cSt – 16,3 cSt)

Se toleran variaciones de
 $\pm 20\%$ respecto al target
definido

EXTRAVIDA
XV 100

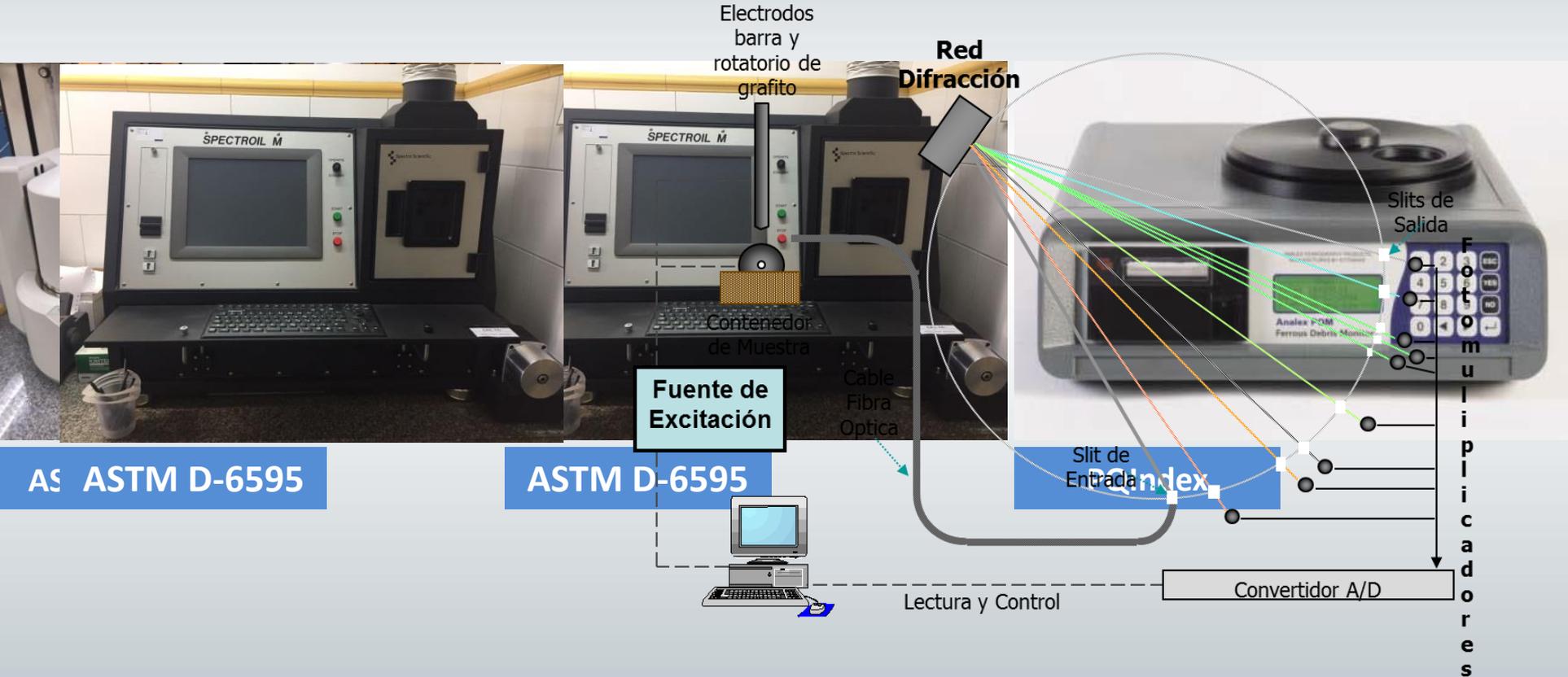
API CH-4
ACEA E5

EXTRAVIDA
XV 300

API CI-4 Plus
ACEA E7

EXTRAVIDA
XV 500

ACEA E4/E7





Medición de Metales

Laboratorio Desarrollo de Lubricantes YPF

METALES MEDIDOS

DESGASTE

CONTAMINACIÓN

ADITIVACIÓN

CROMO
PLOMO
ALUMINIO
MOLIBDENO
NIQUEL

SILICIO
BORO
SODIO
ALUMINIO

MOLIBDENO
MAGNESIO
ZINC
FÓSFORO

HIERRO
COBRE
ESTAÑO
PLATA
VANADIO
TITANIO

BARIO
SILICIO
CALCIO
BORO

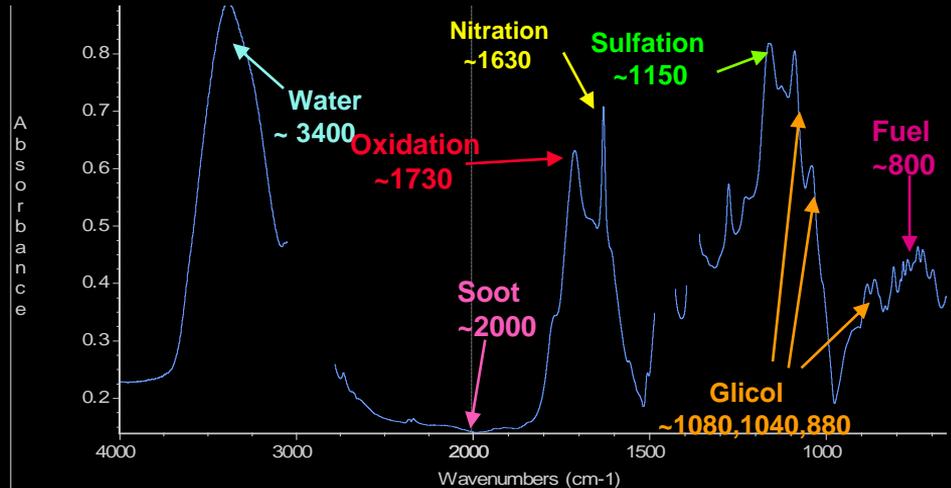
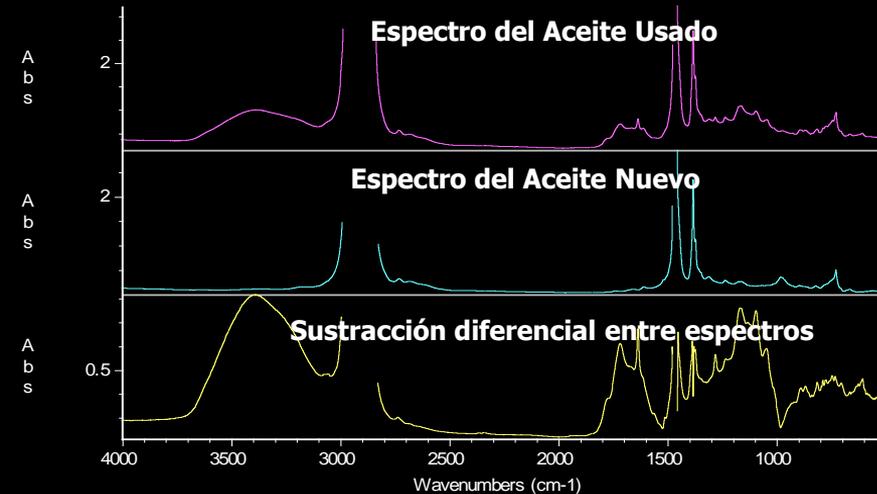
Typical Equipment Component Metals

	Natural Gas Engine	Turbine (Gas/Steam)	Hydraulic/ Circulating	Compressor	Diesel Engine	Gearing
Aluminum (Al)	Pistons, Bearings, Bushings, Blocks, Housings, Bushings, Blowers, Thrust Bearings		Pump Motor Housing, Cylinder Gland	Rotors, Pistons, Bearings, Thrust Washers, Block Housing	Pistons, Bearings, Bushings, Blocks, Housings, Bushings, Blowers, Thrust Bearings	Pumps, Clutch, Thrust Washers, Bushings, Torque Converter Impeller, Oil Pump
Chromium (Cr)	Rings, Roller/Taper Bearings, Exhaust Valves		Rods, Spools, Roller/Taper Bearings	Rings, Roller/Taper Bearings	Rings, Roller/Taper Bearings, Exhaust Valves	Roller/Taper Bearings
Copper (Cu)	Wrist Pin Bushings, Bearings, Cam Bushings, Oil Cooler, Valve-Train Bushings, Thrust Washers, Governor, Oil Pump	Bearings, Oil Cooler	Pump Thrust Plates, Pump Pistons, Cylinder Glands, Guides, Bushing, Oil Cooler	Wear Plates, Bushings, Wrist-Pin Bushings, Bearings (Recips.), Thrust Washers	Wrist Pin Bushings, Bearings, Cam Bushings, Oil Cooler, Valve-Train Bushings, Thrust Washers, Governor, Oil Pump	Clutches, Steering Discs, Bushings, Thrust Washers, Oil Cooler
Iron (Fe)	Cylinders, Block, Gears, Crankshaft, Wrist Pins, Rings, Camshaft, Valve Train, Oil Pump, Liners	Bearings	Pump Vanes, Gears, Pistons, Cylinder Bores, Rods, Bearings, Pump Housing	Camshaft, Block, Housing, Bearings, Shafts, Oil Pump, Rings, Cylinder	Cylinders, Block, Gears, Crankshaft, Wrist Pins, Rings, Camshaft, Valve Train, Oil Pump Liners, Rust	Gears, Discs, Housing, Bearings, Brake Bands, Shift Spools, Pumps, PTO, Shaft
Lead (Pb)	Bearings	Bearings	Bearings	Bearings	Bearings	
Silver (Ag)					Bearings, Wrist Pin Bushing (EMD)	
Tin (Sn)	Pistons, Bearings, Bushings	Bearings	Bearings	Pistons, Bearings, Bushings	Pistons, Bearing Overlay, Bushings	
Titanium (Ti)		Bearings, Turbine Blades				

Diferentes tipos de moléculas, tales como el paquete de ZDDP, agua, dilución con combustible y glicol, que tienen distintos grupos funcionales, absorben a distintas longitudes de onda y es posible determinar su presencia en la muestra simplemente midiéndolos a sus respectivas longitudes o números de onda.

ASTIM E-2412

FTIR está basado en la Espectroscopia Molecular.



TBN
(Total Base
Number)



**Nivel de
reserva
alcalina**

Los Lubricantes sin uso,
contienen componentes de
aditivos que son
naturalmente alcalinos.

Neutralizan



Dos tipos de ácidos
(orgánicos e inorgánicos)

Los ácidos que son
generados en el proceso de
combustión, se acumulan
en el carter.

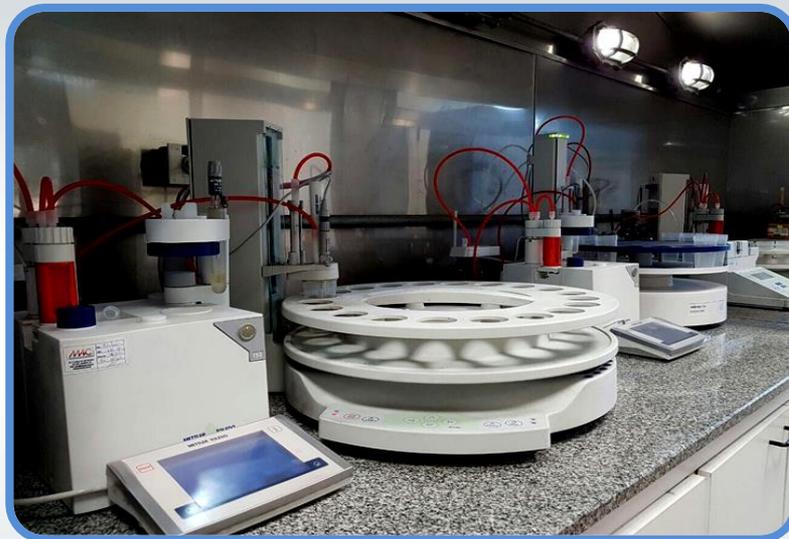
TBN ↓
con el tiempo de
uso.

TAN

(Total Acid Number)

Es una medición de la cantidad total de acidez orgánica débil e inorgánica fuerte en el aceite usado.

Materiales antioxidantes y antidesgaste de los aditivos son también titulados, razón por la cual también debe tenerse en cuenta su valor nominal



El incremento de TAN indica la contaminación con ácidos productos de la combustión incompleta, que tendrán su correlación con el incremento de la oxidación

Recomendaciones de OEM`s para valores condenatorios

LIMITES FIJOS DE METALES DE DESGASTE EN PPM
DIESEL ENGINES BY OEM

ELEMENTO	CATERPILLAR		CUMMINS		DETROIT		MACK	
	ANORMAL	CRITICO	ANORMAL	CRITICO	ANORMAL	CRITICO	ANORMAL	CRITICO
ALUMINIO	25	40	20	40	20	40	20	45
CROMO	20	40	20	40	20	40	20	40
COBRE	330	350	330	360	30	55	330	350
HIERRO	100	200	90	200	120	250	120	250
PLOMO	40	50	40	60	40	65	40	80
ESTANO	15	50	15	50	15	50	15	50
SILICIO	15	50	15	50	15	50	15	50

WEAR ELEMENTS, ppm máx.

	Si	Fe	Cr	Mo	Al	Cu	Pb	Sn
Gasoline engines	20	100	10	15	10	20	-	10
Diesel engines	20	100	10	15	10	20	40	20
Compressor air	15	20	10	-	10	20	10	10
Gearbox	15	20	10	-	10	20	10	10
Mec.transmission	30	100	10	-	10	300	50	10
Turbine	10	10	10	-	10	10	10	10
Hydraulic system	15	20	10	-	10	10	10	10
Heat transfer	15	50	10	-	10	10	10	10
Reduction gbx ind	100	10	-	10	20	20	10	-
Automotive differen	100	500	10	-	10	150	1000	10

Source: www.wearcheck.com/literature/techdoc

MOTORES GASOLINA, DIESEL O GAS NAT.	Fe>100 ; Cr,Mo,Al,Pb>10 ; Cu>50 ; Sn>3 ; Ag>1 ; Si>13 ; Ni>2 ; Na>100 ; B>300 ; Zn,Ca,Mg,P<NOM-25%
FFCC	Fe >125; Cr,Al>20 ; Zn>10 ; Pb>75 ; Cu>150 ; Sn>3 ; Ag>1 ; Si>15 ; Ni>2 ; Na>100; B>40 ; p/EMD Zn>100 CRIT ; Si>40 CRIT ; Ag>2 CRIT ; Ca< NOM-25%
MARINOS	Fe>100 ; Cr,Al,Pb>20 ; Zn>10 ; Pb>75 ; Cu>50 ; Sn>3 ; Ag>100 ; Si>40 ; Ni>40 ; Na>100 ; B>40 ; V>100 Zn,Ca,Mg,P< NOM-25%
HIDRAULICO	Fe >35 ; Cu , Si , Cr , Sn , Pb > 20
TURBINA	Fe > 8 ; Cu , Cr , Al , Pb , Sn , Si > 5
TRANSMISION	Fe > 35 ; Cu , Si , Cr , Sn , Pb > 20

Source: OEM's and Used Oil Analysis Labs

Los valores condenatorios definidos en nuestro estudio, son los siguientes:

DESG	MAX
Fe	150
Cr	10
Al	10
Ni	5
Cu	50
Pb	20
Sn	5
TOTAL	250

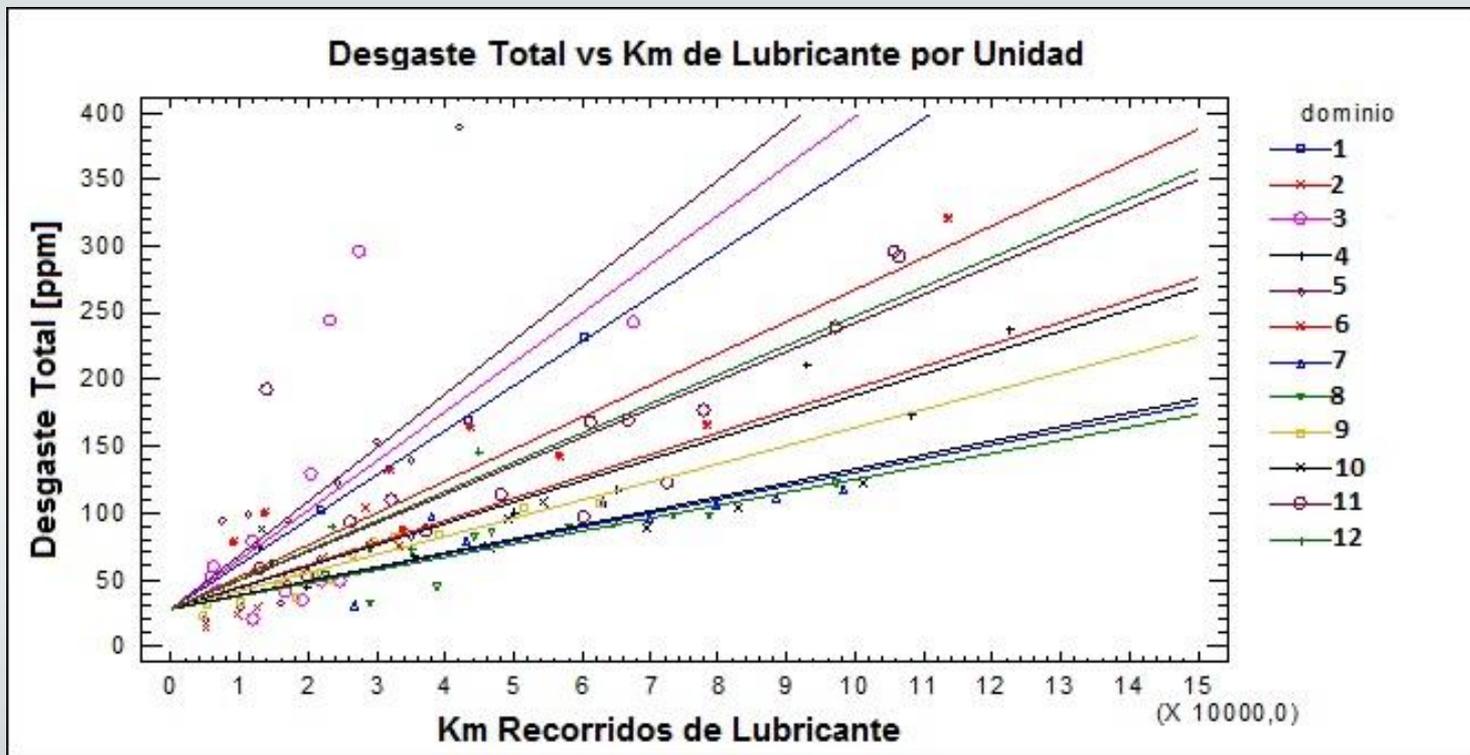
FTIR	MAX
Oxid	0,3
Nitr	0,3
Sulf	0,3
TOTAL	0,9

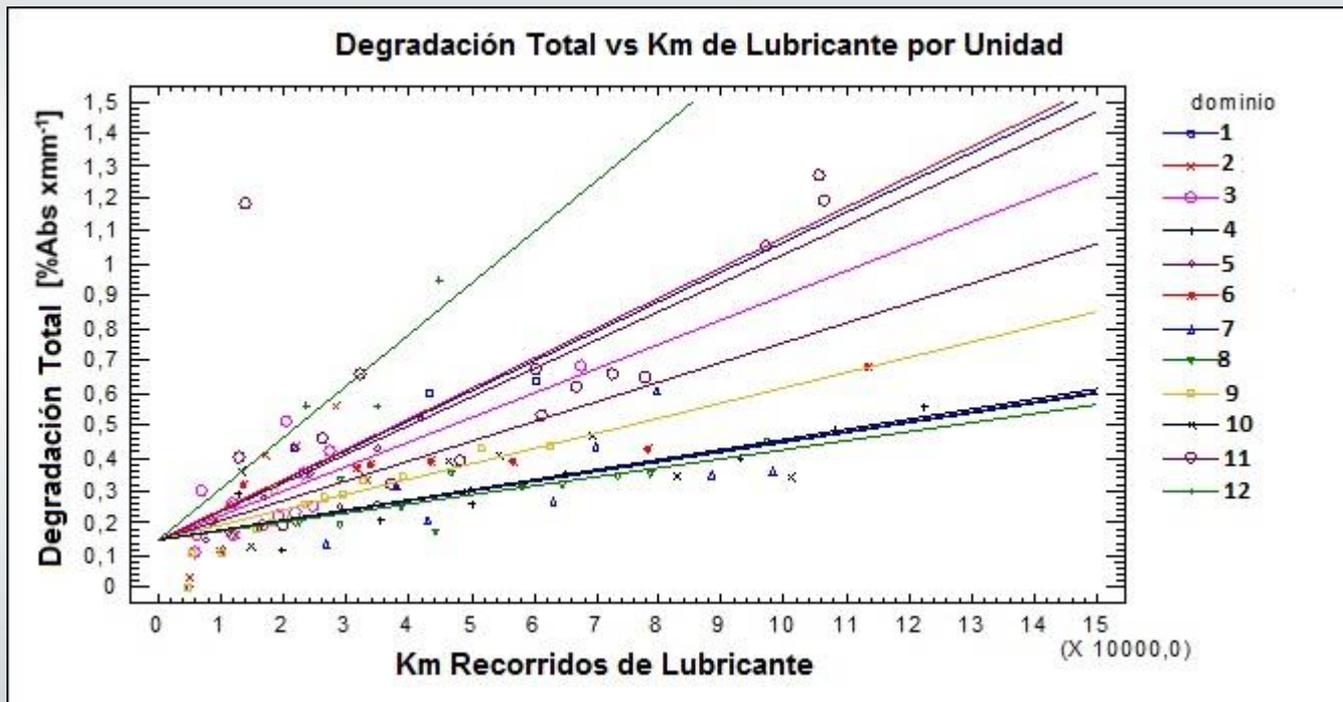
	MAX/MIN
TAN	MAX 6
TBN	MIN 50% ORIG
VISC	+/- 20% ORIG

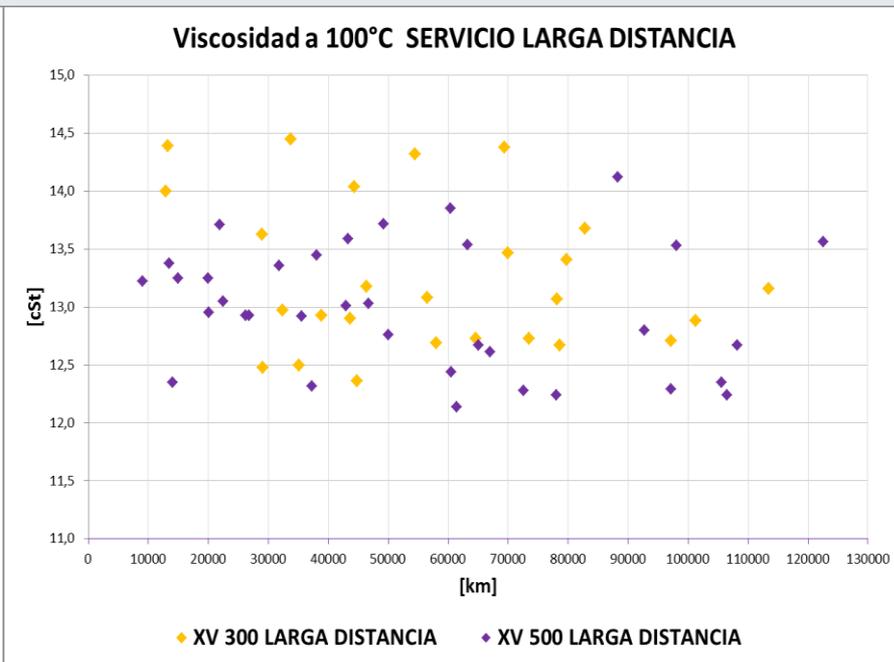
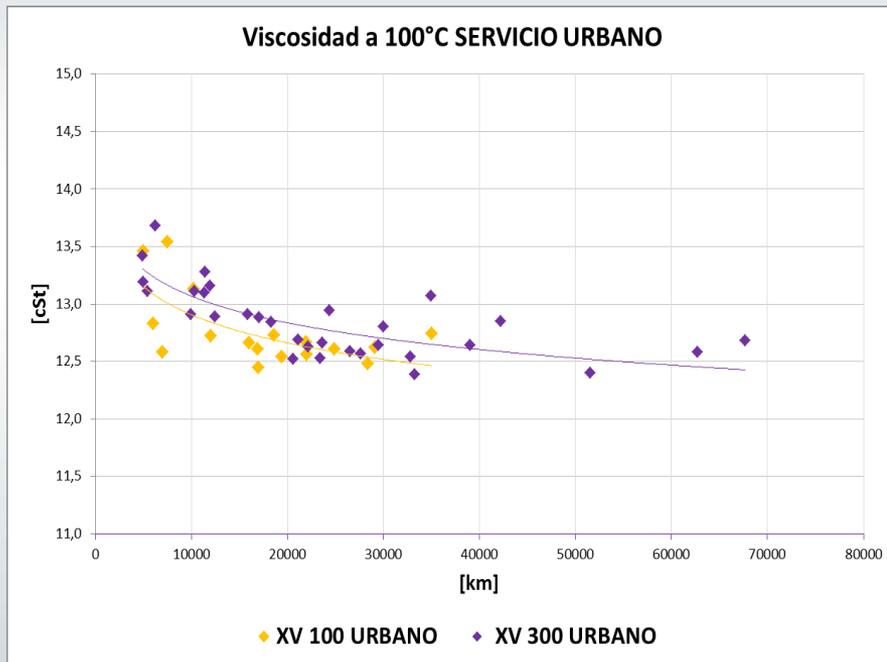
CONT	MAX
Si	25
Na	100
H2O	0,20%
GLIC	0,10%
FD	5%

	XV 100	XV 300	XV 500
TAN [mg KOH/g]	3,97	3,8	3,97
TBN [mg HOH/g]	9,37	9,4	13,6
VISC [cSt]	13,8	14,45	14,12

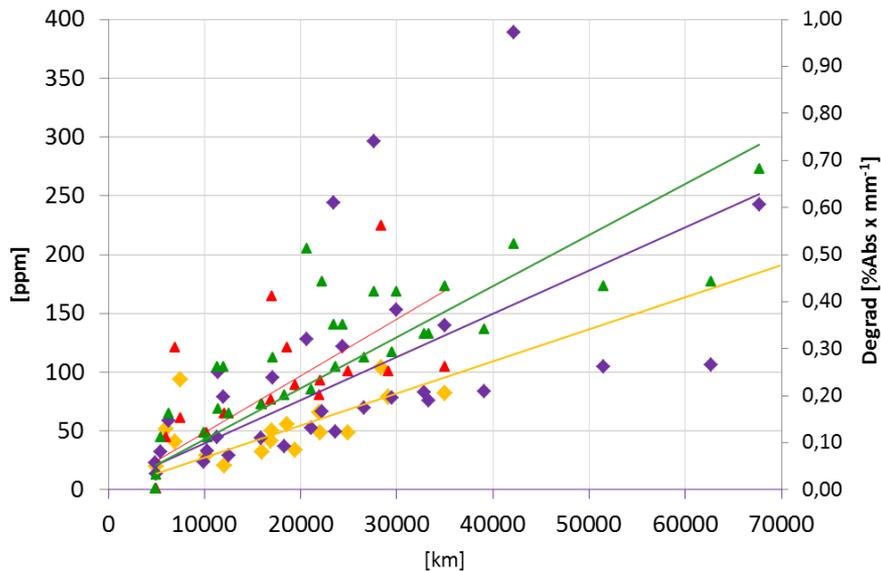
Valores Nominales





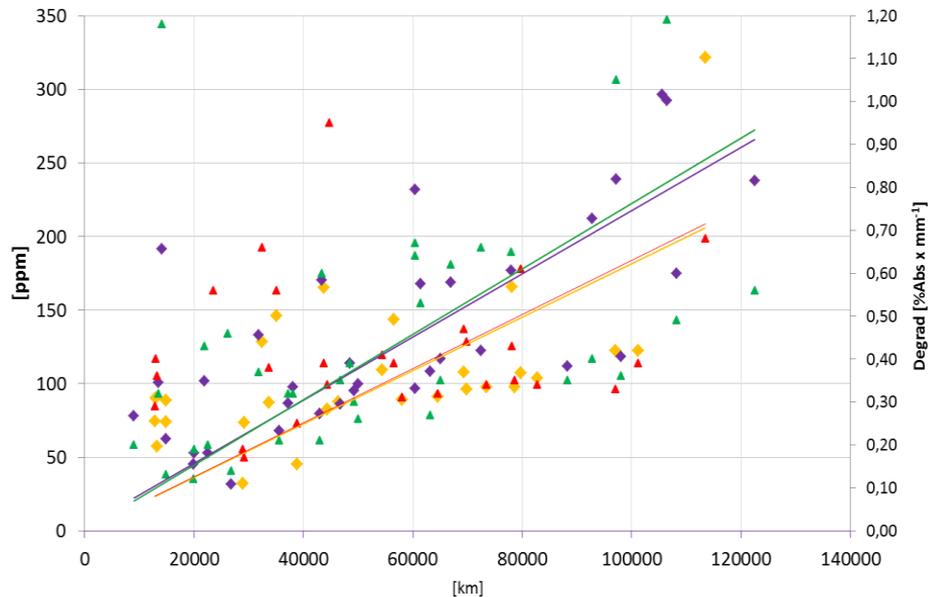


SERVICIO URBANO: DESGASTE Y DEGRADACIÓN
 Desg: Fe+Cr+Al+Ni+Cu+Pb+Sn ; Degrad:Oxid+Nitr+Sulf



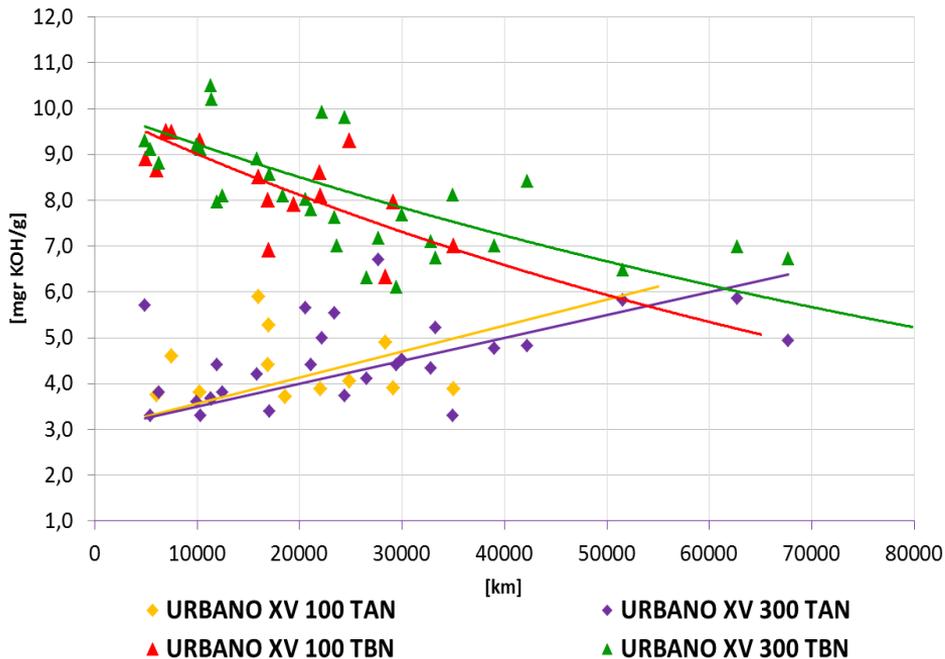
- ◆ URBANO XV 100 DESGASTE
- ◆ URBANO XV 300 DESGASTE
- ▲ URBANO XV 100 DEGRADACIÓN
- ▲ URBANO XV 300 DEGRADACIÓN

LARGA DISTANCIA: DESGASTE Y DEGRADACIÓN
 Desg: Fe+Cr+Al+Ni+Cu+Pb+Sn ; Degrad:Oxid+Nitr+Sulf

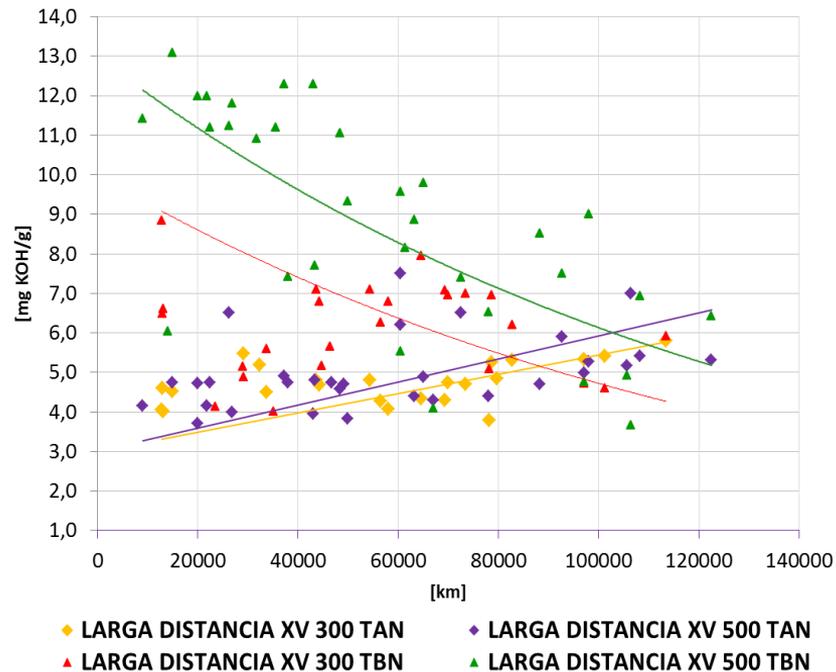


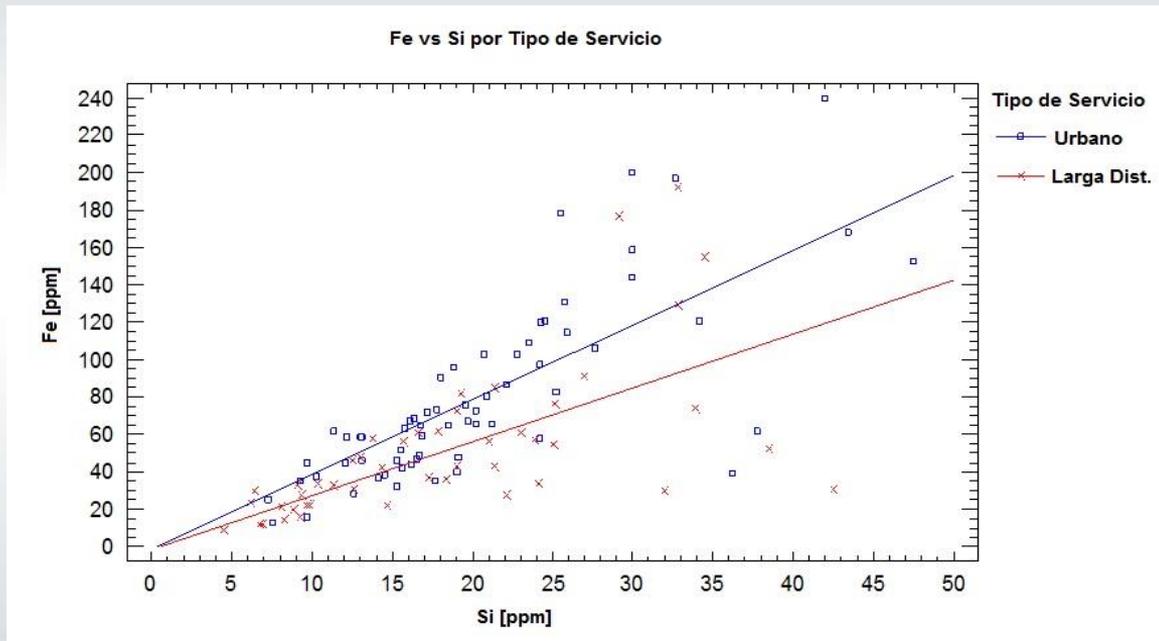
- ◆ LARGA DISTANCIA XV 300 DESGASTE
- ◆ LARGA DISTANCIA XV 500 DESGASTE
- ▲ LARGA DISTANCIA XV 300 DEGRADACIÓN
- ▲ LARGA DISTANCIA XV 500 DEGRADACIÓN

SERVICIO URBANO TAN y TBN

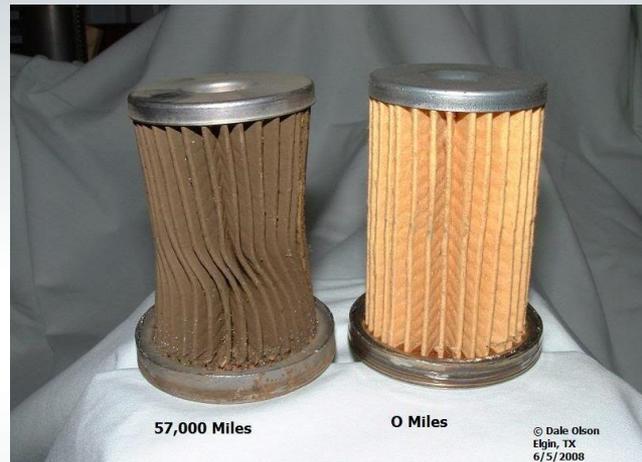


SERVICIO LARGA DISTANCIA TAN y TBN





Desgaste lineal y aceptable hasta los 25 ppm Si



Servicio Urbano	KM para alcanzar					
	50% Inicial TBN	Inicial TAN +3	250 ppm Desgaste Total	150 ppm Fe	0,9 A/0,1 mm DEGRAD. FTIR (Ox+Nit+ Sulf)	80% Inicial Visc 100°C
XV 100	> 40.000	> 40.000	> 40.000	> 40.000	> 40.000	> 40.000
XV 300	70.000	60.000	65.000	70.000	90.000	> 70.000
Servicio Larga Distancia	50% Inicial TBN	Inicial TAN +3	250 ppm Desgaste Total	150 ppm Fe	0,9 A/0,1 mm DEGRAD. FTIR (Ox+Nit+ Sulf)	80% Inicial Visc 100°C
XV 300	95.000	115.000	115.000	> 100.000	> 110.000	110.000
XV 500	120.000	115.000	115.000	100.000	> 120.000	120.000

- 1 Se verifica experimentalmente, que los lubricantes usados para las Unidades en Servicio Urbano, tienen mayor desgaste y degradación por Km que las Unidades para el Servicio de Larga Distancia
- 2 Las diferencias de vida útil entre lubricantes, no solo depende de la calidad del producto, las marcas, unidades y tipo de Servicio, sino fundamentalmente de las condiciones en las cuales fue operado el equipo. Por eso, las diferencias entre unidades es determinante y significativa en desgaste, degradación FTIR, viscosidad y TBN.
- 3 Vida útil del Lubricante determinada por tipo de lubricante y servicio:
 - Para XV 100 en Servicio Urbano: más de 40000 km
 - Para XV 300 en Servicio Urbano: 60000 - 90000 km
 - Para XV 300 en Servicio Larga Distancia: 95000 - 115000 km
 - Para XV 500 en Servicio Larga Distancia : 100000 - 120000 km
- 4 Desgaste Lineal y aceptable hasta 25 ppm Si

A photograph of an industrial refinery or chemical plant. Several tall, silver-colored distillation columns are visible, each with multiple levels of metal walkways and ladders. A complex network of pipes, some painted blue and others yellow, connects the towers and other equipment. The background shows a blue sky with scattered white clouds. The overall scene is industrial and brightly lit.

YPF
MUCHAS GRACIAS

The image shows a large industrial refinery or chemical plant. Several tall, silver-colored distillation columns are the central focus, each with multiple levels of metal walkways and ladders. A complex network of pipes, some painted blue and others yellow, connects various parts of the facility. In the background, there are more industrial structures and a clear blue sky with scattered white clouds. The overall scene is one of a large-scale industrial operation.

YPF
¿PREGUNTAS?