



CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

“ANÁLISIS TRIBOLÓGICO DE LA UTILIZACIÓN DEL ACEITE PDV DE PETROECUADOR GRADO SAE 15W40 PARA DETERMINAR EL RENDIMIENTO DEL MOTOR DE LA VOLQUETA MACK GU813E PERTENECIENTE AL CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO”

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTOR: GEOVANNY ALEXANDER ALTAMIRANO LEÓN

DIRECTOR: ING. LEONIDAS QUIROZ

Latacunga
2017



ANTECEDENTES

Entre las funciones importantes del sistema de lubricación se encuentran: reducir el desgaste, lubricar y limpiar las piezas en movimiento.

La cantidad de partículas de los elementos metálicos que quedan en suspensión en el aceite lubricante, determinarán si existe un desgaste acelerado o normal del motor.



ANTECEDENTES

Los motores son propensos a falla debido a descuido o falta de un plan de mantenimiento, exceder el kilometraje, tiempo de vida útil (caducidad) y uso de un aceite que no cumple con las especificaciones requeridas para el motor.

La degradación de aceites lubricantes usados son de gran ayuda para los usuarios.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La degradación de aceites lubricantes para motor presentan distintos problemas:

- Presencia de partículas de polvo
- Almacenamiento incorrecta
- Tiempos prolongados



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DESCRIPCIÓN RESUMIDA DEL PROYECTO

El análisis físico-químico del aceite lubricante PDV de PETROCOMERCIAL grado SAE 15W40 permitió establecer el grado de deterioro que presenta el lubricante conforme el cumple el tiempo de operación.

Principales pruebas usadas como:

- TBN
- Conteo de partículas
- Viscosidad cinemática
- Condición del aceite



JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Los análisis físico-químicos realizados del lubricante en los laboratorios de IIASA (CATERPILLAR); cuenta con certificaciones como: (ISO 9001, 2008), (ISO 14001, 2004), (OHSAS 18001, 2007), (ISO/IEC 17025).

Ventajas del análisis físico-químico del aceite de motor es evitar paralizaciones, ayuda a prevenir fallas, incrementar la vida útil, reducir costos de inventario, determinar el rendimiento del motor y contribuir con el control de emisiones de los gases de escape.



OBJETIVOS

GENERAL

- Realizar el análisis físico-químico del aceite PDV de PETROECUADOR (PETROCOMERCIAL) grado SAE 15W40, considerando horas de operación del motor y kilometraje total recorrido de la volqueta MACK GU813E perteneciente al Cuerpo de Ingenieros del Ejército, para determinar el rendimiento del motor.



ESPECÍFICOS

- Obtener información teórica que sustente el desarrollo del proyecto de investigación, de una manera técnica y científica de fuentes confiables.
- Recolectar muestras del aceite lubricante PDV de PETROECUADOR (PETROCOMERCIAL) grado SAE 15W40 de la volqueta MACK GU813E, en función de horas de operación y kilometraje de recorrido realizado por el vehículo.
- Analizar el (TBN, conteo de partículas, viscosidad y condición del aceite) de cada muestra obtenida del aceite PDV de PETROECUADOR (PETROCOMERCIAL) grado SAE 15W40.



ESPECÍFICOS

- Determinar las propiedades del aceite PDV de PETROECUADOR (PETROCOMERCIAL) grado SAE 15W40, mediante un conjunto de pruebas (TBN, conteo de partículas, viscosidad y condición del aceite) en el laboratorio de IIASA (CATERPILLAR).
- Analizar los resultados de las pruebas realizadas al aceite usado, en base a los valores permisibles de cada condición (TBN, conteo de partículas, viscosidad y condición del aceite) establecidas en las tablas obtenidas por CATERPILLAR.



METAS

- Obtener las muestras del aceite PDV de PETROCOMERCIAL grado SAE 15W40, las cuales serán tomadas desde el bidón en el caso del aceite nuevo o del interior del motor de la volqueta MACK GU813E para el lubricante usado, dichas muestras han sido tomadas de acuerdo a los parámetros establecidos siendo en horas de operación del motor o por kilometraje recorrido por el vehículo.
- Realizar el análisis físico-químico de cada una de las muestras de aceite nuevo y usado obtenidas de la volqueta MACK GU813E en los laboratorios de IIASA Ecuador, ejecutando las siguientes pruebas: TBN, conteo de partículas, viscosidad y condición del aceite.
- Desarrollar la tabulación de los resultados para identificar los problemas existentes en las pruebas aplicadas al usar el aceite PDV de PETROCOMERCIAL grado SAE 15W40 comparando los valores permisibles y obtenidos en la presente investigación.



TRIBOLOGÍA

Se la puede definir como el estudio de la ciencia y tecnología de la interacción de superficies en movimiento relativo.

Fricción

Desgaste

Lubricación



Viscosidad

Se puede acotar dos aspectos primordiales que los diseñadores deben tomar en consideración referente a la viscosidad:

- La medida de cómo se comporta el fluido ante la presión, llamada viscosidad absoluta o dinámica, medida en Centipoises (cP).
- La medida de cómo se comporta el fluido ante la gravedad, llamada viscosidad cinemática y se la mide en Centistokes (cSt).



Factores de la degradación del aceite

La vida útil de un aceite, es el período de tiempo funcional del aceite en una máquina, hasta que los antioxidantes se consumen, produciendo grandes cambios en las propiedades físicas y químicas del aceite base.

| Proceso | Oxidación | Hidrólisis | Degradación Térmica |
|-------------------------|---|---------------------|---------------------|
| Reactivo | Oxígeno | Agua | Calor |
| Proceso catalizado por: | Temperatura/Agua | Oxígeno/Temperatura | Agua/Oxígeno |
| | Metales de transición (partículas metálicas, Cu, Fe, Si) Contaminantes (contaminación en general, productos de oxidación) Presión | | |



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Técnica de vampiro

Permite realizar la obtención de muestras con mayor facilidad, rapidez y libre de impurezas.





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

LUBRICANTE Y VEHÍCULO UTILIZADO



Cifras características del lubricante

| Aceite PDV grado SAE 15W40 API CI-4 de Petrocomercial | | |
|--|-----------------|--------------------------------|
| Propiedades | Unidades | Valor Referencial |
| Viscosidad @ 40°C | cSt | 106 |
| Viscosidad @ 100°C | cSt | 14,5 |
| Índice de Viscosidad | | 140 |
| Viscosidad aparente, CCS Viscosidad Temperatura | cP °C | 6260 -20 |
| Número Básico Total | mg KOH/gr | 10.0 |
| Punto de Fluidez | °C | -24 |
| Punto de Inflamación | °C | 220 |
| Densidad Relativa @ 15,6 °C | | 0,880 |
| Categoría del servicio API | | CI-4, CH-4, CG-4, CF-4, CF. |



Línea Base del lubricante

TBN (Número Total Base) “ASTM D-974”

| Número Total Base (mg KOH/gr) | |
|----------------------------------|------|
| TBN | 10,5 |

Elementos de desgaste “Espectrometría de emisión atómica”

| Conteo de partículas (ppm) | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|----|----|----|----|----|-----------------------------|----|---|---------------------------|----|---|------|----|------|------|
| Elementos de desgaste | | | | | | Contaminantes del aceite | | | Aditivos “ASTM D-5185” | | | | | | |
| Cu | Fe | Cr | Al | Pb | Sn | Si | Na | K | Mo | Ni | V | Ca | Mg | Zn | P |
| 0 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2960 | 12 | 1169 | 1012 |



Línea Base del lubricante

Viscosidad cinemática “ASTM D-445”

| Viscosidad @ 100°C (cSt) | |
|--------------------------|------|
| V100 | 14,5 |

Condición del aceite “ASTM E-2412”

| Condición del aceite | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------------|-------------|-----------------------|--------------------|
| Condición del aceite (Abs/cm) | | | Contaminantes del aceite (ppm) | | | |
| Oxidación (OXI) | Nitración (NIT) | Sulfatación (SUL) | Hollín (ST) | Agua (W) | Anticongelante (A) | Combustible (F) |
| 11 | 3 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |



Especificaciones técnicas del vehículo

| Especificaciones MACK GU813 | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| Nomenclatura | Significado |
| G | Granite |
| U | Ultra |
| 8 | Tipo de chasis (independiente) |
| 1 | Motor Mack |
| 3 | Número de ejes |
| Motor MP8-400C | |
| M | Mack |
| P | Power |
| 8 | 13 lt |
| 400 | 400 hp |
| # Cilindros | 6 en línea |

| COMPONENTE | GRADO SAE | CAPACIDAD (gal) |
|--------------------|------------------|----------------------------|
| Motor | 15W40 | 9 |
| Transmisión | 85W140 / 80W90 | 4 |
| Maxitorque | | |
| Diferencial | 80W90 / 85W140 | 7,5 |
| Dirección | 15W40 / DEXRON | 1,5 |
| Hidráulica | III | |

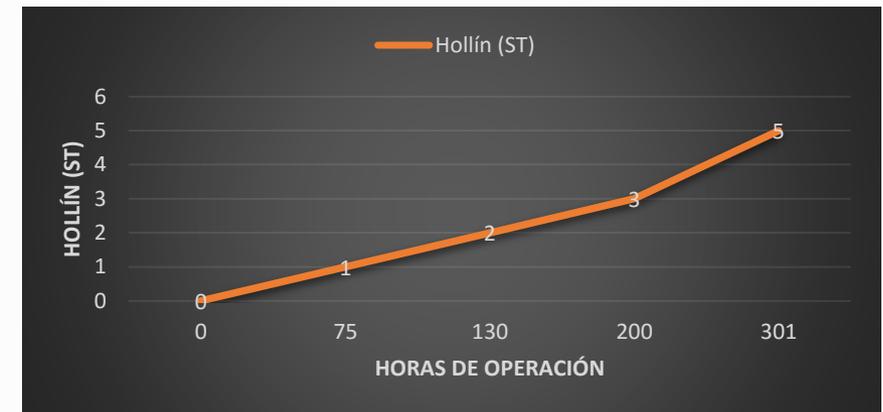
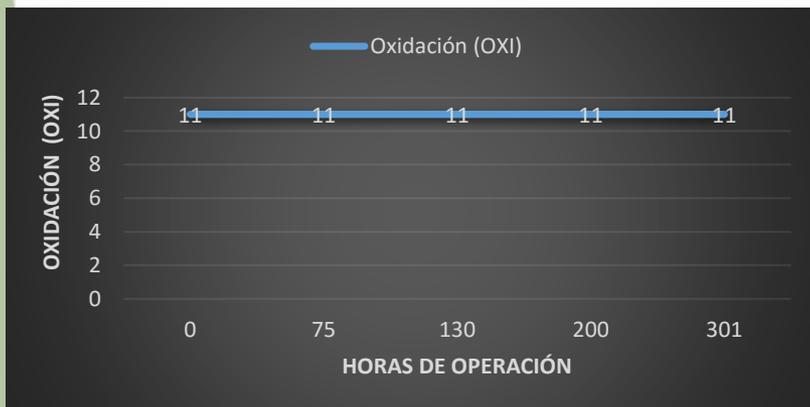
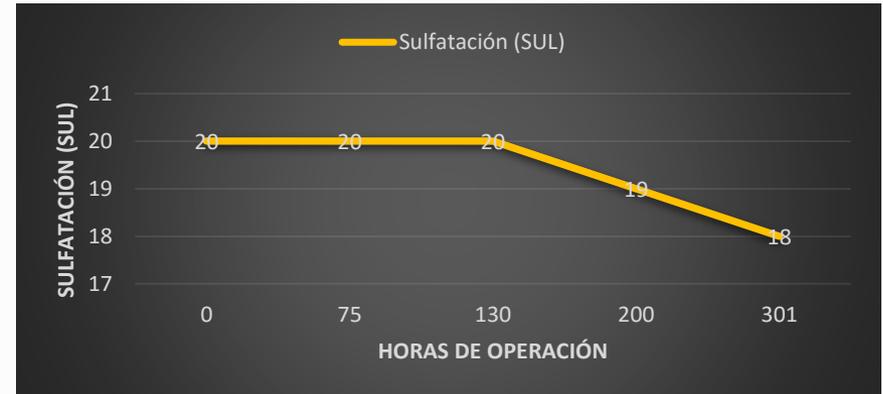
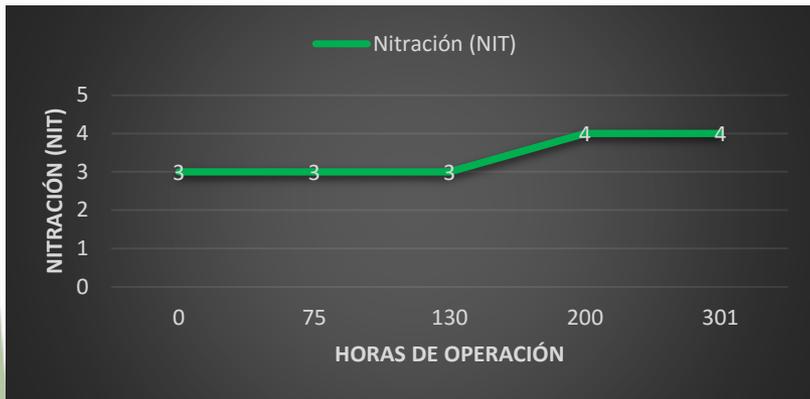


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Análisis Tribológico



Condición del aceite según las horas de operación del motor

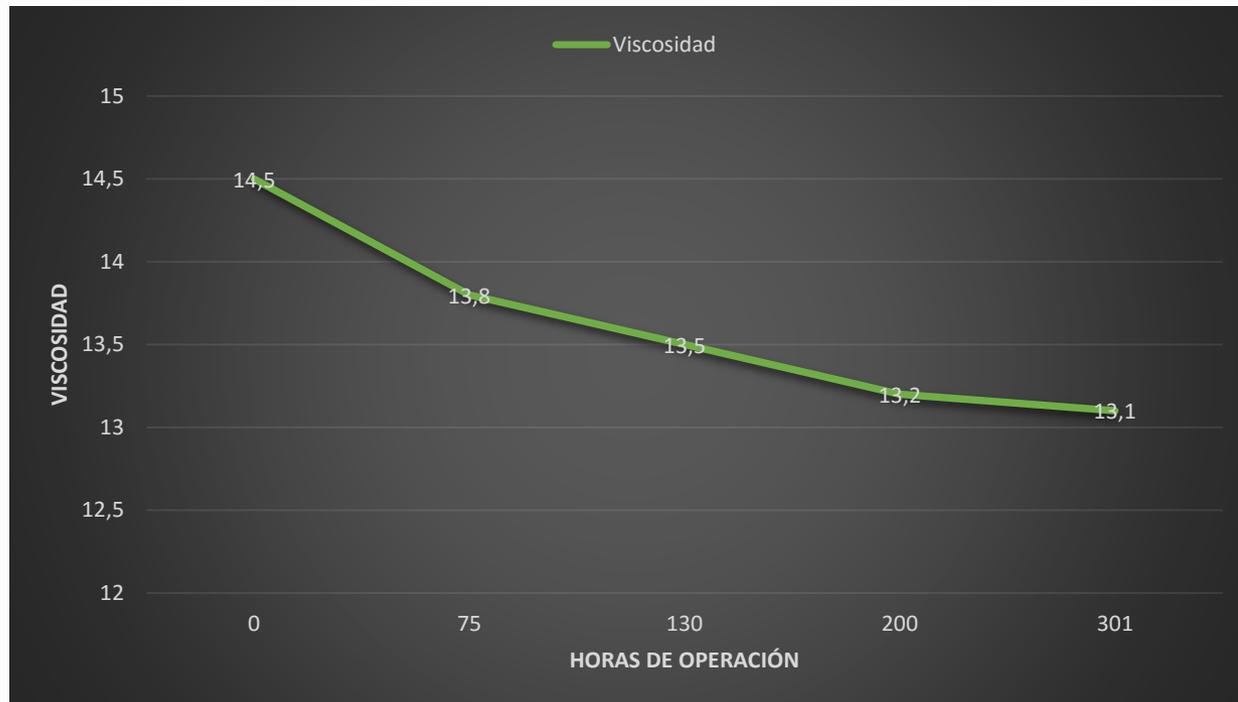




ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Viscosidad cinemática según las horas de operación del motor

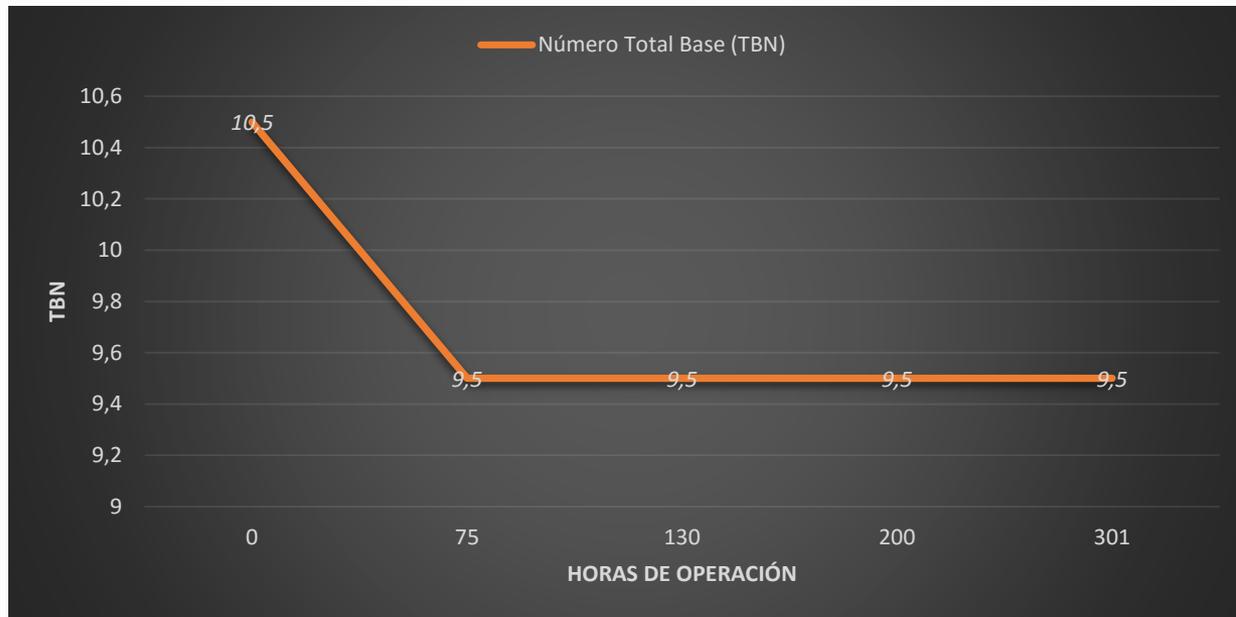




ESPE

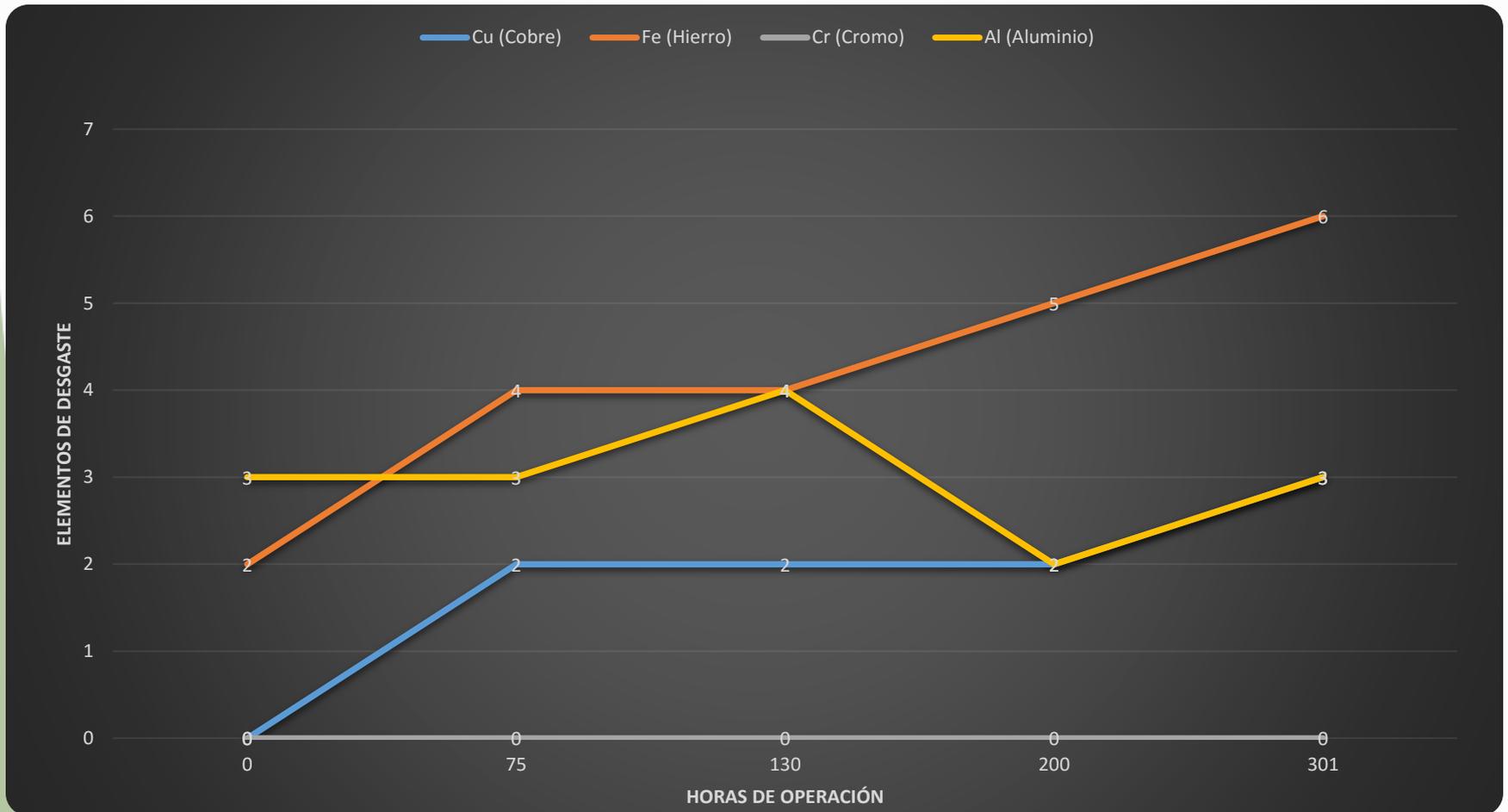
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Número Total Base (TBN) según las horas de operación del motor



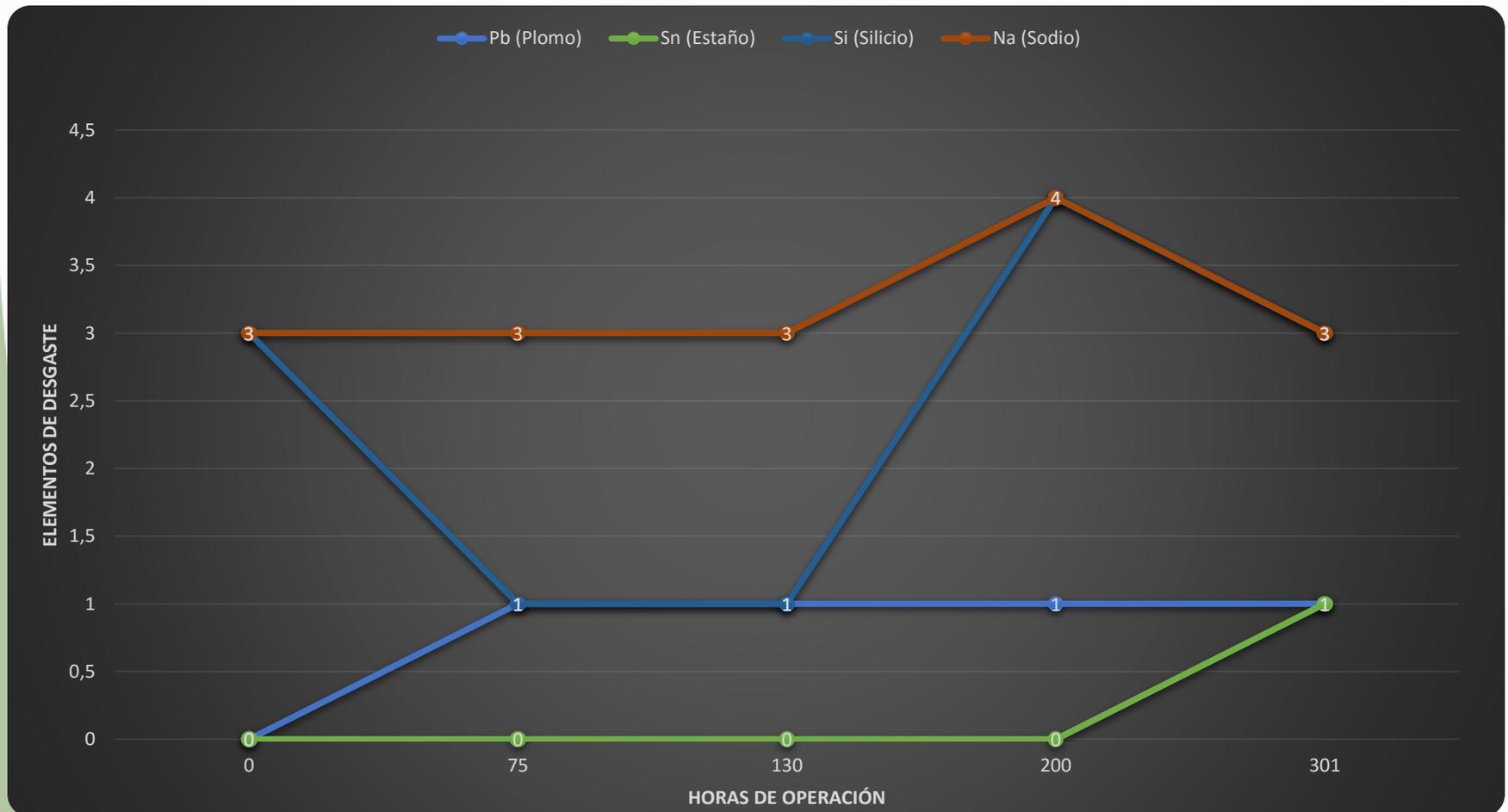


Conteo de partículas según las horas de operación del motor



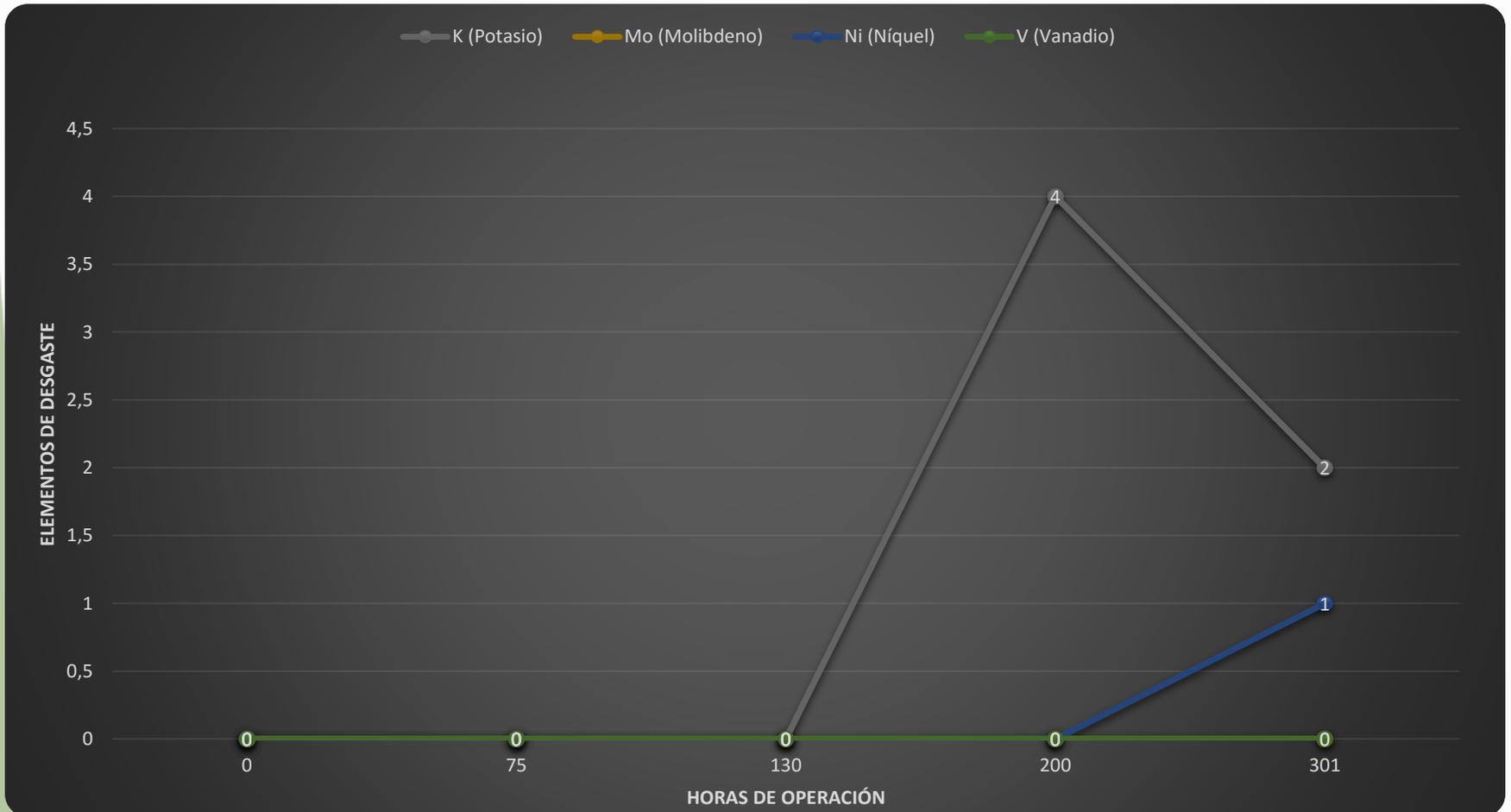


Conteo de partículas según las horas de operación del motor



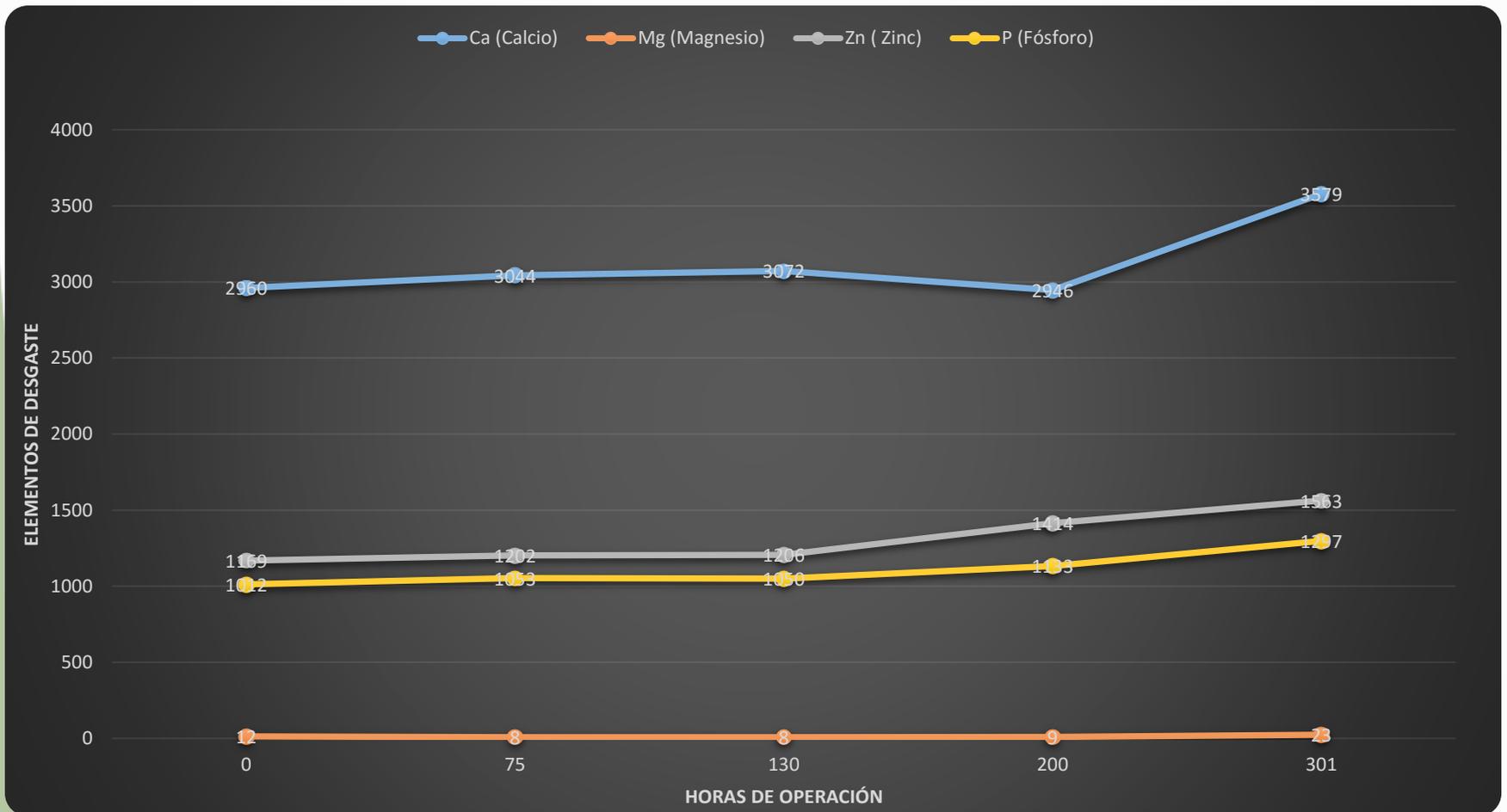


Conteo de partículas según las horas de operación del motor



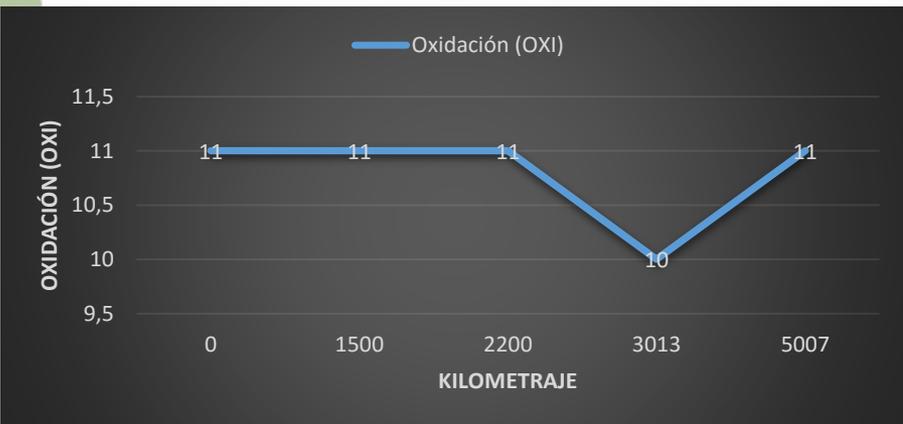
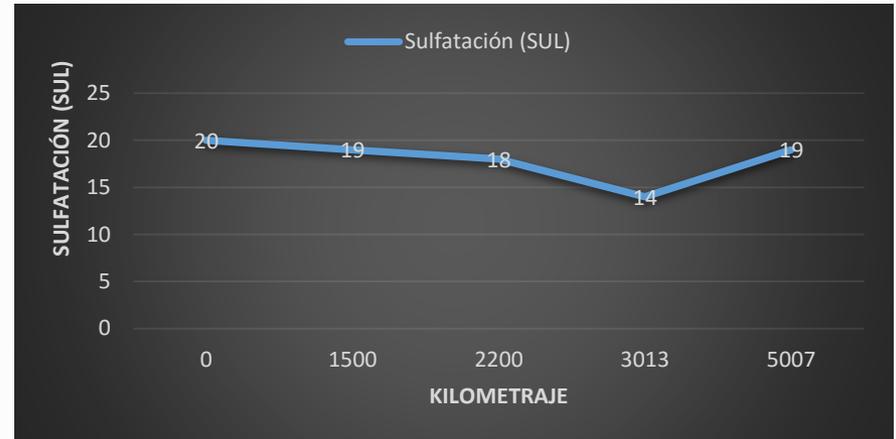
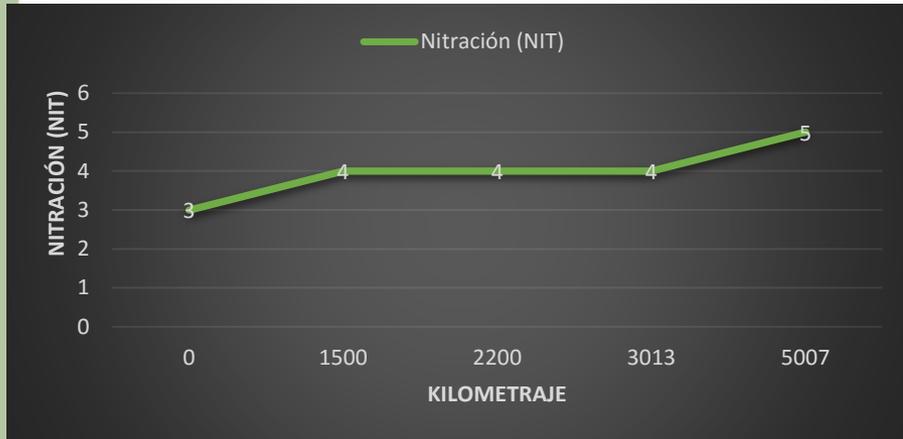


Conteo de partículas de los aditivos según las horas de operación del motor





Condición del aceite según el kilometraje recorrido por el vehículo



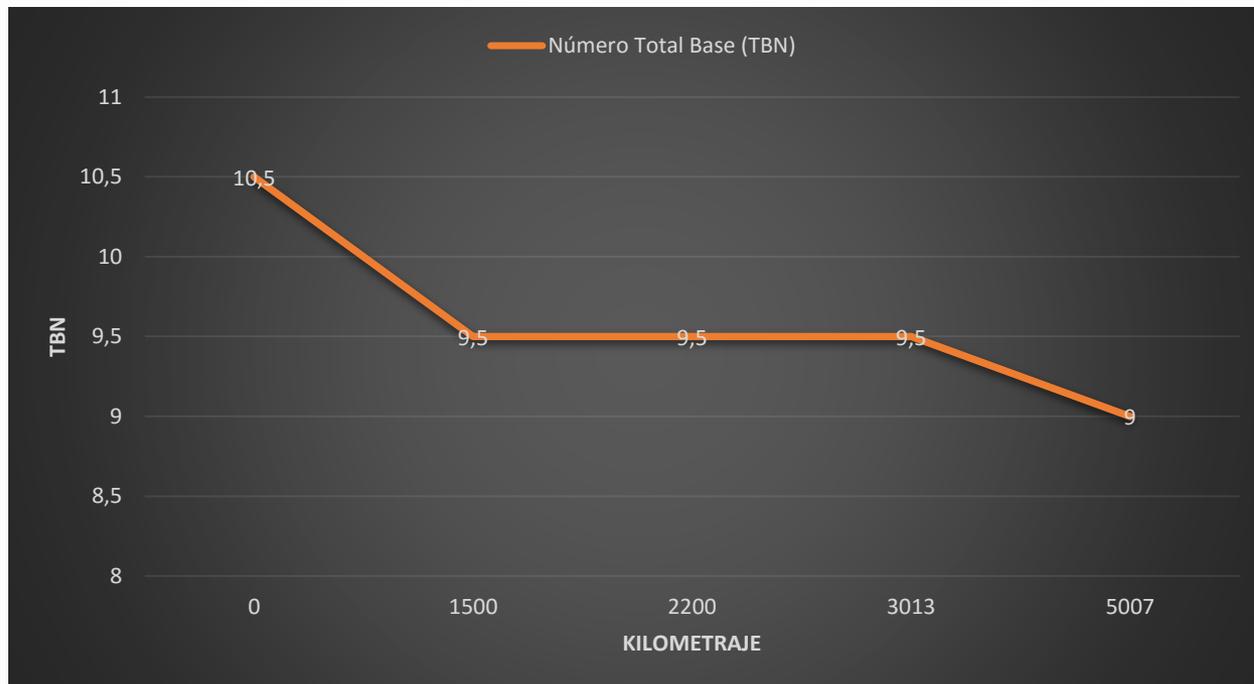


Viscosidad cinemática según el kilometraje recorrido por el vehículo



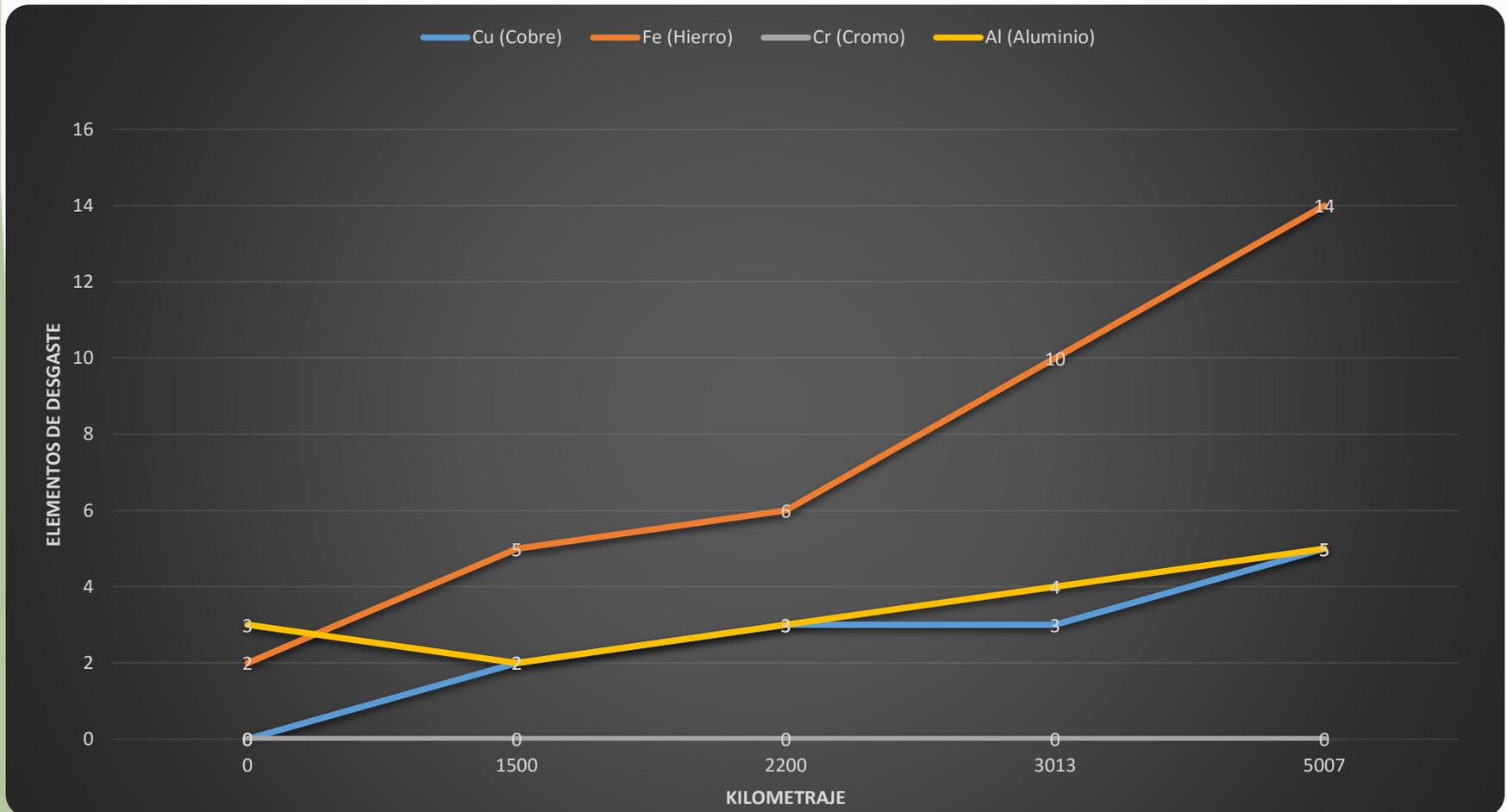


Número Total Base (TBN) según el kilometraje recorrido por el vehículo



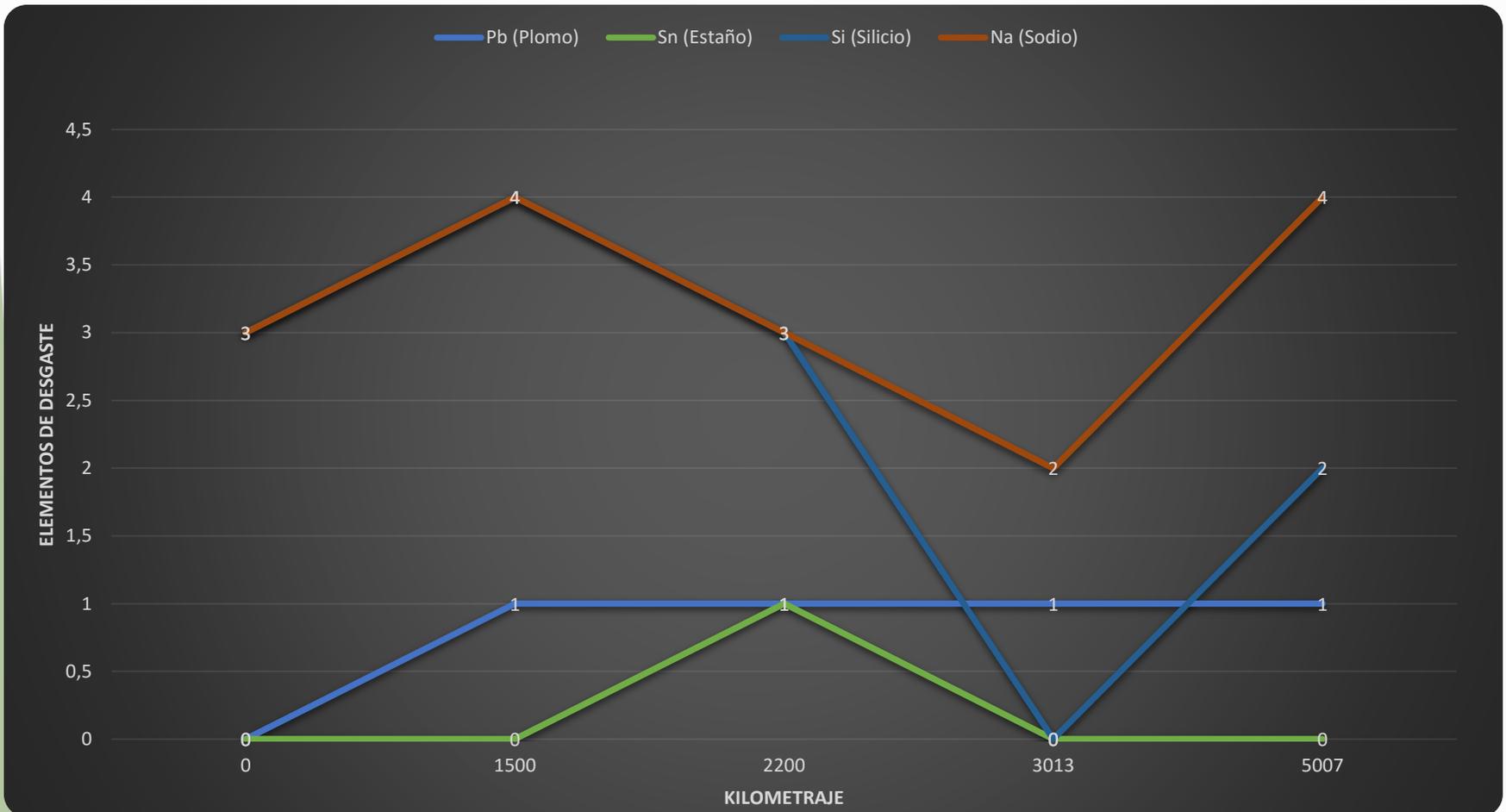


Conteo de partículas según el kilometraje recorrido por el vehículo



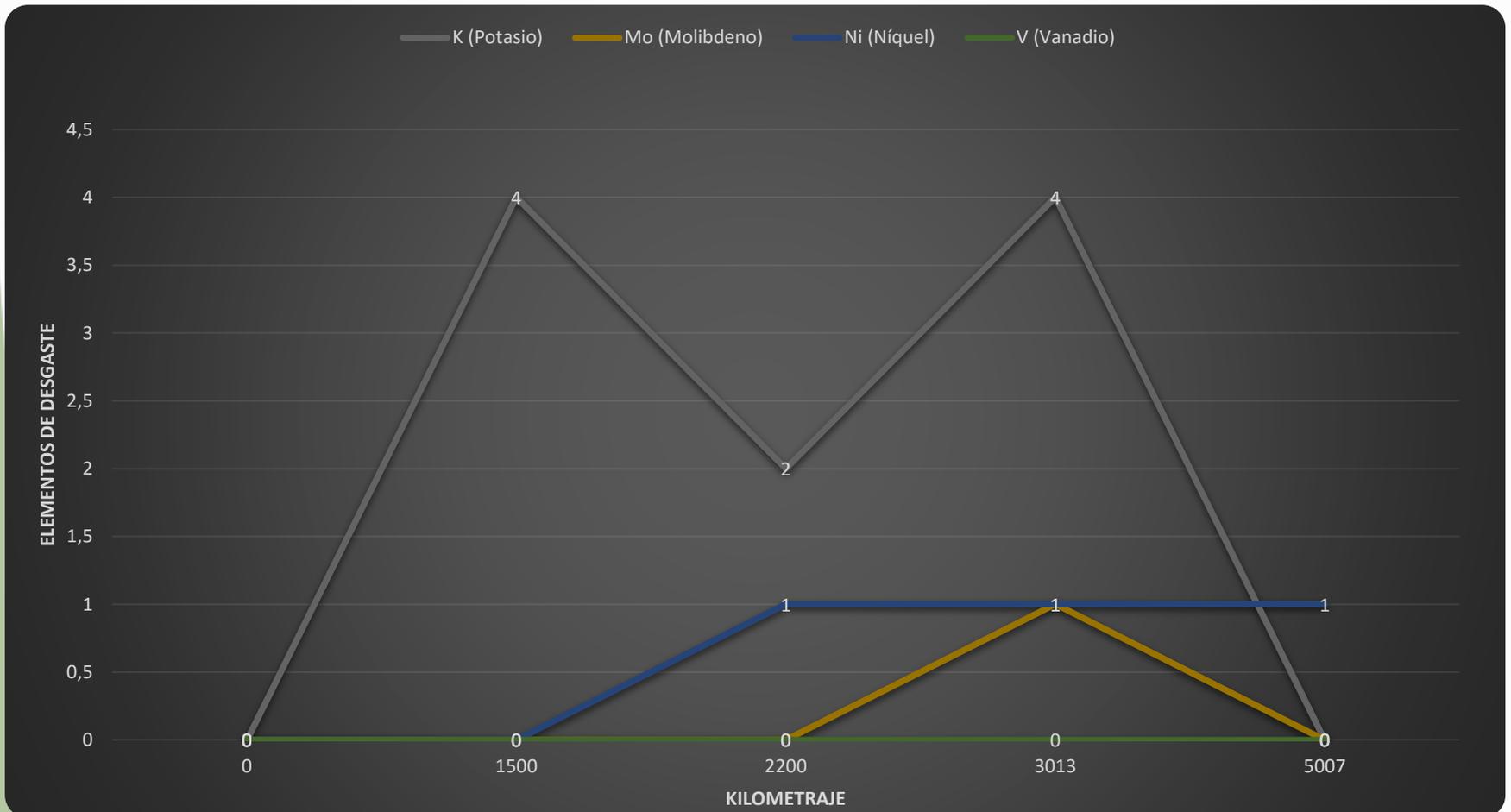


Conteo de partículas según el kilometraje recorrido por el vehículo



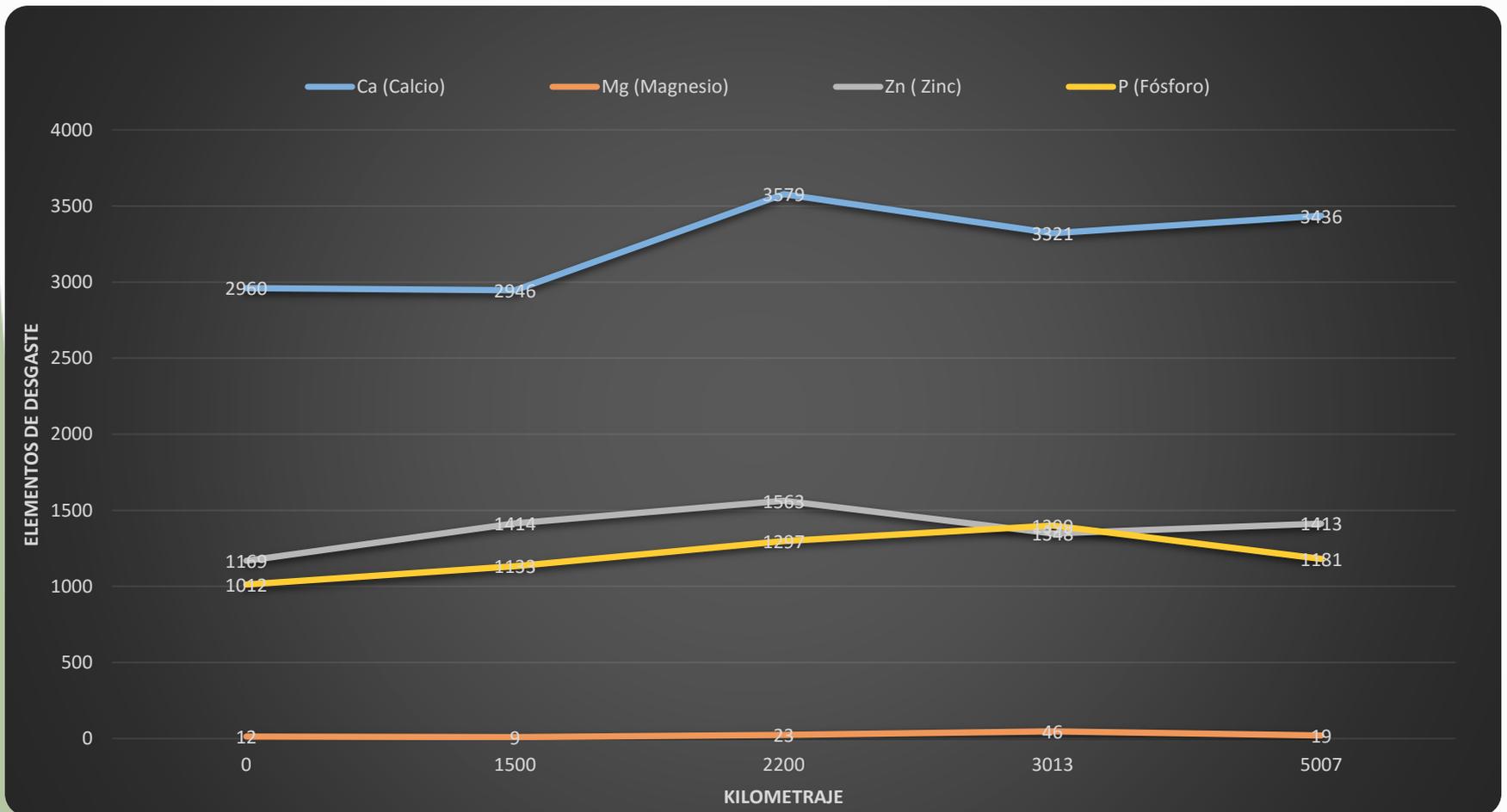


Conteo de partículas según el kilometraje recorrido por el vehículo





Conteo de partículas de los aditivos según el kilometraje recorrido por el vehículo





SÍNTESIS DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS RECOLECTADAS



Resultados muestras del aceite usado en horas de operación del motor

| Propiedad Metales (ppm) | Método | Valor permisible (ppm) | Resultados aceite usado (75 hrs) | Resultados aceite usado (130 hrs) | Resultados aceite usado (200 hrs) | Resultados aceite usado (301 hrs) |
|-------------------------------|---|------------------------------|--|---|---|---|
| Sn | Espectrometría de Emisión Atómica | 10 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Fe | | 100 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| Al | | 20 | 3 | 4 | 2 | 3 |
| Ni | | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Cu | | 15 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| Pb | | 100 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Cr | | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 |



Resultados muestras del aceite usado en horas de operación del motor

| Pack de Aditivos (ppm) | | | | |
|---|--------------------|--------------------------|------------------|--------------------|
| | Ca (Calcio) | Mg (Magnesio) | Zn (Zinc) | P (Fósforo) |
| Aceite Nuevo o Línea Base (LB) | 2960 | 12 | 1169 | 1012 |
| Límite de Precaución Superior (LB-10%) | 2664 | 10,8 | 1052,1 | 910,8 |
| Límite Crítico Superior (LB-25%) | 2220 | 9 | 876,75 | 759 |
| Resultado de aceite usado (75 horas) | 3044 | 8 | 1202 | 1053 |
| Resultado de aceite usado (130 horas) | 3072 | 8 | 1206 | 1050 |
| Resultado de aceite usado (200 horas) | 2946 | 9 | 1414 | 1133 |
| Resultado de aceite usado (301 horas) | 3579 | 23 | 1563 | 1297 |



Resultados muestras del aceite usado en horas de operación del motor

| Condiciones del Aceite (Abs/cm) | | | |
|--|-----------|-----------|-------------|
| | Oxidación | Nitración | Sulfatación |
| Aceite Nuevo o Línea Base (LB) | 11 | 3 | 20 |
| Límite de Precaución Superior (LB+15) | 26 | 18 | 35 |
| Límite Crítico Superior (LB+20) | 31 | 23 | 40 |
| Resultado aceite usado (75 horas) | 11 | 3 | 20 |
| Resultado aceite usado (130 horas) | 11 | 3 | 20 |
| Resultado aceite usado (200 horas) | 11 | 4 | 19 |
| Resultado aceite usado (301 horas) | 11 | 4 | 18 |



Resultados muestras del aceite usado en horas de operación del motor

| Viscosidad @ 100°C (cSt) | |
|-------------------------------------|-------|
| Aceite Nuevo o Línea Base (LB) | 14,5 |
| Límite Precaución Inferior (LB-5%) | 13,78 |
| Límite Precaución Superior (LB+10%) | 15,95 |
| Límite Crítico Inferior (LB-10%) | 13,05 |
| Límite Crítico Superior (LB+20%) | 17,4 |
| Límite superior SAE J300 | <16,3 |
| Límite inferior SAE J300 | 12,5 |
| Resultado aceite usado (75 horas) | 13,8 |
| Resultado aceite usado (130 horas) | 13,5 |
| Resultado aceite usado (200 horas) | 13,2 |
| Resultado aceite usado (301 horas) | 13,1 |



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Resultados muestras del aceite usado en horas de operación del motor

| TBN (Número Total Base) (mg KOH/gr) | | | | | | |
|-------------------------------------|---|--|--|---|---|---|
| Aceite Nuevo o Línea Base (LB) | Límite Precaución Inferior (50% de la LB) | Límite Crítico Inferior (20% de la LB) | Resultado muestra de aceite usado (75 hrs) | Resultado muestra de aceite usado (130 hrs) | Resultado muestra de aceite usado (200 hrs) | Resultado muestra de aceite usado (301 hrs) |
| 10,5 | 5,25 | 2,1 | 9,5 | 9,5 | 9,5 | 9,5 |



Resultados muestras del aceite usado por kilometraje recorrido

| Propiedad Metales (ppm) | Método | Valor permisible (ppm) | Resultados aceite usado (1500 km) | Resultados aceite usado (2200 km) | Resultados aceite usado (3013 km) | Resultados aceite usado (5007 km) |
|-------------------------------|---|------------------------------|---|---|---|---|
| Sn | Espectrometría de Emisión Atómica | 10 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Fe | | 100 | 5 | 6 | 10 | 14 |
| Al | | 20 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ni | | 5 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Cu | | 15 | 2 | 3 | 3 | 5 |
| Pb | | 100 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Cr | | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 |



Resultados muestras del aceite usado por kilometraje recorrido

| Pack de Aditivos (ppm) | | | | |
|---|--------------------|--------------------------|------------------|--------------------|
| | Ca (Calcio) | Mg (Magnesio) | Zn (Zinc) | P (Fósforo) |
| Aceite Nuevo o Línea Base (LB) | 2960 | 12 | 1169 | 1012 |
| Límite de Precaución Superior (LB-10%) | 2664 | 10,8 | 1052,1 | 910,8 |
| Límite Crítico Superior (LB-25%) | 2220 | 9 | 876,75 | 759 |
| Resultado de aceite usado (1500 km) | 2946 | 9 | 1414 | 1133 |
| Resultado de aceite usado (2200 km) | 3579 | 23 | 1563 | 1297 |
| Resultado de aceite usado (3013 km) | 3321 | 46 | 1348 | 1399 |
| Resultado de aceite usado (5007 km) | 3436 | 19 | 1413 | 1181 |



Resultados muestras del aceite usado por kilometraje recorrido

| Condiciones del Aceite (Abs/cm) | | | |
|--|-----------|-----------|-------------|
| | Oxidación | Nitración | Sulfatación |
| Aceite Nuevo o Línea Base (LB) | 11 | 3 | 20 |
| Límite de Precaución Superior (LB+15) | 26 | 18 | 35 |
| Límite Crítico Superior (LB+20) | 31 | 23 | 40 |
| Resultado aceite usado (1500 km) | 11 | 4 | 19 |
| Resultado aceite usado (2200 km) | 11 | 4 | 18 |
| Resultado aceite usado (3013 km) | 10 | 4 | 14 |
| Resultado aceite usado (5007 km) | 11 | 5 | 19 |



Resultados muestras del aceite usado por kilometraje recorrido

| Viscosidad @ 100°C (cSt) | |
|-------------------------------------|-------|
| Aceite Nuevo o Línea Base (LB) | 14,5 |
| Límite Precaución Inferior (LB-5%) | 13,78 |
| Límite Precaución Superior (LB+10%) | 15,95 |
| Límite Crítico Inferior (LB-10%) | 13,05 |
| Límite Crítico Superior (LB+20%) | 17,4 |
| Límite superior SAE J300 | <16,3 |
| Límite inferior SAE J300 | 12,5 |
| Resultado aceite usado (1500 km) | 13,2 |
| Resultado aceite usado (2200 km) | 13,1 |
| Resultado aceite usado (3013 km) | 12,5 |
| Resultado aceite usado (5007 km) | 12,5 |



Resultados muestras del aceite usado por kilometraje recorrido

| TBN (Número Total Base) (mg KOH/gr) | | | | | | |
|-------------------------------------|---|--|---|---|---|---|
| Aceite Nuevo o Línea Base (LB) | Límite Precaución Inferior (50% de la LB) | Límite Crítico Inferior (20% de la LB) | Resultado muestra de aceite usado (1500 km) | Resultado muestra de aceite usado (2200 km) | Resultado muestra de aceite usado (3013 km) | Resultado muestra de aceite usado (5007 km) |
| 10,5 | 5,25 | 2,1 | 9,5 | 9,5 | 9,5 | 9 |



CONCLUSIONES

- En función a los datos obtenidos de la viscosidad cinemática se determinó que el rendimiento en el motor de la volqueta MACK GU813E disminuirá a partir de las 370 horas de operación del motor.
- La viscosidad presentó un valor base de 14,5 cSt, dicha propiedad se degrada por efectos de procesos químicos, obteniendo un valor de 13,1 cSt a las 300 horas de operación y un valor de 12,5 cSt al cumplir los 2579 kilómetros de recorrido, representado los porcentajes de degradación de 9,66% para las horas de operación y de 13,79% de degradación para el kilometraje recorrido, estableciendo que la viscosidad cinemática resultante al cumplir el ciclo de vida útil en función al kilometraje no es apta para seguir en funcionamiento.



CONCLUSIONES

- Se realizó los análisis respectivos a cada muestra de aceite lubricante usado que fueron obtenidos en función a las horas de operación del motor (75, 130, 200 y 300) y del kilometraje recorrido por el vehículo (1500, 2200, 3000 y 5000), los cuales fueron guías para los análisis comparativos con los valores de línea base (LB) de cada prueba ejecutada.
- Se determinó el comportamiento y porcentaje de degradación que el TBN presenta de 10,5 a 9,5 mg KOH/gr obtenidos después de cumplir las 300 horas de operación del motor, representando un 9,52% de degradación del lubricante; se obtuvo un valor de 9 mg KOH/mg al haber culminado el lubricante su vida útil a los 5000 km de recorrido representando un 14,29% de degradación, dichos valores son aceptables debido a que los rangos críticos hasta los cuales el TBN puede llegar a degradarse son del 50% de la línea base (LB).



CONCLUSIONES

- Al analizar los valores obtenidos según el kilometraje recorrido de los elementos de desgaste se puede establecer que el elemento con mayor presencia fue el hierro (Fe), el cual incrementó su valor base de 2 a 14 ppm, el cobre (Cu) presentó un incremento moderado de 0 a 5 ppm; entre los elementos con menor presencia se encuentran el aluminio (Al), plomo (Pb), estaño (Sn) y cromo (Cr); en base a estos resultados obtenidos del Fe, Cu y Pb, las posibles fuentes de desgaste son los cojinetes de biela y bancada, camisas del cilindro y cigüeñal entre otros.
- Se analizó los valores de los elementos de desgaste en función a las horas de operación obteniendo que el elemento con mayor presencia es el hierro (Fe), con un incremento de 2 a 6 ppm al término de las 300 horas de operación, el cobre (Cu) con un aumento moderado de 0 a 3 ppm al término del análisis y el plomo (Pb) con un incremento leve de 0 a 1 ppm, encontrando estos resultados favorables para la vida útil de los componentes internos del motor.



CONCLUSIONES

- Al analizar los resultados de las condiciones del aceite lubricante en función de las horas de operación, se puede establecer que la oxidación (OXI) no presentó ninguna variación manteniendo un valor de 11 UFM a lo largo de las 300 horas de funcionamiento, la nitración (NIT) aumento levemente de 3 a 4 UFM y la sulfatación (SUL) descendió de 20 a 18 UFM al término de la experimentación; demostrando que el aceite lubricante no presento un deterioro a reacciones químicas asociadas al proceso de combustión en el motor.
- Considerando los valores de las condiciones del aceite en función del kilometraje recorrido por el vehículo se establece que la oxidación (OXI) no presentó ninguna variación desde su valor base hasta el término del recorrido el cual fue de 11 UFM, la nitración (NIT) incrementó su valor base de 3 a 4 UFM desde los 1500 kilómetros para mantenerse constante hasta el final del recorrido, la sulfatación (SUL) disminuyó de 20 a 19 UFM al cumplir los 5000 kilómetros de recorrido, obteniendo que el lubricante mantiene los problemas de contaminación controlados.



CONCLUSIONES

- La presencia de elementos contaminantes como el silicio (Si), sodio (Na), potasio (K) y hollín (ST); presentaron un bajo perfil en cada muestra recolectada y analizada, descartando problemas de contaminación con tierra debido a que el Silicio se mantuvo estable en 3 ppm, ya sea en función del tiempo de operación y kilometraje recorrido, la presencia del sodio y potasio demostró un comportamiento similar debido a que no incrementó sus valores base; el incremento del hollín a lo largo de la investigación fue moderado llegando a un valor máximo de 5 UFM en función del tiempo y a 11 UFM en el kilometraje recorrido, descartando problemas como acumulación de depósitos de carbón detrás de los anillos del pistón e incremento en la viscosidad del lubricante.



RECOMENDACIONES

- Realizar el análisis de los aceites lubricantes de motor, considerando condiciones como el TAN (Número Total Ácido), el cual suele ser usado con mayor frecuencia en vehículos que usan gas licuado de petróleo (GLP) o gas natural comprimido (GNC); el uso en motores a diésel es limitado debido a que los aditivos detergentes-dispersantes pueden provocar medidas erróneas y por ende un diagnóstico equivocado.
- Realizar un seguimiento en torno al control, cuidado y al mantenimiento de las unidades que el Cuerpo de Ingenieros del Ejército posee, permitiendo con ello conocer el estado y grado de deterioro que los vehículos sufren conforme el tiempo transcurre.



RECOMENDACIONES

- Desarrollar proyectos investigativos que involucren la participación de otras carreras, motivando al estudio de temas como lo es el estudio de la cantidad de masa que la muestra de aceite puede contener de cada elemento químico que constituyen las piezas móviles de un motor de combustión, un sistema de engranajes o cualquier sistema que requiera de lubricación.
- Es necesario realizar el análisis del aceite nuevo considerado Línea Base, ya que ello permitirá realizar un estudio de la degradación que el lubricante presentará a lo largo de su vida útil, por ello es vital recolectar la muestra del mismo depósito o bidón del cual se va a usar para el cambio de aceite.



RECOMENDACIONES

- El proceso de recolección de las muestras de aceite usado debe ser mediante el uso de la técnica de vampiro, ya que dicho método permite obtener muestras libres de impurezas, con mayor facilidad y por ende minimizando la distorsión de la información de los resultados.
- Es imprescindible especificar y detallar todos los parámetros necesarios en el proceso de etiquetado, con ello evitar problemas por falta de información como suele ocurrir por la inexistencia de la marca del vehículo, horas de operación o kilometraje recorrido, tipo, marca, grado y clasificación del aceite.



RECOMENDACIONES

- El vehículo debe encontrarse en perfectas condiciones de funcionamiento, para ello se deben efectuar los mantenimientos pertinentes, con el fin de evitar paros innecesarios del automotor, garantizando así la seguridad del conductor y la obtención de medidas más exactas.
- El uso de equipo de protección personal debe ser un parámetro primordial desde la recolección de las muestras hasta la realización de cada una de las pruebas con ello eliminar posibles accidentes o complicaciones en el desarrollo del proyecto.



*“Nuestra recompensa se encuentra
en el esfuerzo y no en el resultado.
Un esfuerzo total es una victoria
completa”*

Mahatma Gandhi