

Evaluación predictiva mediante análisis de aceite para la reparación total o parcial de motores diésel y sus componentes mayores en una empresa de transporte público.

Villarreal Acosta Simón Andrés

Trabajo de Grado para Optar al Título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director

Manuel De Jesús Martínez

Doctor en Ingeniería

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Bucaramanga

2024

Dedicatoria

A mi padre José Villarreal que descansa hoy en el cielo, quien nunca careció de elogios para referirse de su hijo, el ingeniero mecánico del cual tan orgulloso hablaba. Por su amor y cariño, que a pesar de nuestras diferencias siempre encontraba la manera de acercarse cada vez más a mí. Eres mi ángel en el cielo y sé que desde allá me estás viendo y cuidando.

A mi madre Deibis Acosta, quien dedicó gran parte de su vida a criarme, educarme y a forjar la persona que soy hoy día. A ti te debo más de lo que puedo darte, pero espero que esta dedicatoria sea un presente meritorio y una muestra de cuan agradecido estoy contigo.

A Adriana Lucia, mi compañera de vida y a nuestra hermosa hija Cristina Rosa. Son la razón que me impulsa a diario a seguir adelante, sobrepasando cada obstáculo en mi vida. Por ello, esta dedicatoria es en especial para ustedes.

Agradecimientos

Se reconoce la ayuda y participación de la empresa Alianza Sodis en su interés de hacer esta monografía posible, permitiendo el espacio para la divulgación del conocimiento y la implementación de nuevas metodologías de trabajo para el beneficio de todos.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	12
1. Objetivos	20
1.1. Objetivo General.....	20
1.2. Objetivos Específicos.....	20
2. Materiales y métodos	21
3. Planeación de actividades	22
4. Recopilación de información y antecedentes de activos.....	27
5. Implementación de la metodología.....	29
5.1. Plan y estrategias de monitoreo.	32
5.2. Resultados muestra 01: Vehículo 264.....	35
5.3. Resultados muestra 02: Vehículo 304.....	36
5.4. Resultados muestra 03: Vehículo 337.....	37
5.5. Resultados muestra 04: Vehículo 411.....	38
5.6. Resultados muestra 05: Vehículo 344.....	39
5.7. Resultados muestra 06: Vehículo 181.....	40
5.8. Resultados muestra 07: Vehículo 194.....	41
5.9. Resultados muestra 08: Vehículo 245.....	42
5.10. Resultados muestra 09: Vehículo 338.....	44
5.11. Resultados muestra 10: Vehículo 483.....	45
5.12. Resultados muestra 11: Vehículo 467.....	46

5.13.	Resultados muestra 12: Vehículo 492.....	47
5.14.	Resultados muestra 13: Vehículo 444.....	48
5.15.	Resultados muestra 14: Vehículo 517.....	49
5.16.	Resultados muestra 15: Vehículo 156.....	50
5.17.	Resultados muestra 16: Vehículo 424.....	51
5.18.	Resultados muestra 17: Vehículo 248.....	53
5.19.	Resultados muestra 18: Vehículo 150.....	54
5.20.	Resultados muestra 19: Vehículo 888.....	55
5.21.	Resultados muestra 20: Vehículo 309.....	56
5.22.	Casos de éxito en reparación preventiva de motor: Vehículo 169.....	57
6.	Evaluación de activos para renovación de flota.....	61
7.	Conclusiones.....	62
8.	Recomendaciones finales.....	63
	Referencias Bibliográficas	64

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Distribución de la flota Alianza Sodis y kilometraje promedio recorrido por vehículo .</i>	23
Tabla 2 <i>Planeación inicial generalizada del proceso.....</i>	27
Tabla 3 <i>Costos asociados a la reparación preventiva de motor: vehículo 169.....</i>	60
Tabla 4 <i>Costos asociados a la reparación correctiva de motor: vehículo 332.....</i>	61

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Dashboard de MovilServ para monitoreo de estados de los resultados.</i>	24
Figura 2. <i>Cabecera de resultados análisis de aceite.</i>	25
Figura 3 <i>Tendencias y datos de la muestra.</i>	25
Figura 4 <i>Estado del lubricante.</i>	26
Figura 5 <i>Niveles de desgaste por presencia de metales en la muestra.</i>	26
Figura 6 <i>Tendencias y datos de la muestra.</i>	26
Figura 7 <i>Flujograma 7 pasos de mantenimiento predictivo: Monitoreo de condición y diagnóstico de máquinas. Fuente [14].</i>	31
Figura 8 <i>Tendencias y datos de la muestra 01: vehículo 264.</i>	36
Figura 9 <i>Tendencias y datos de la muestra 02: vehículo 304.</i>	37
Figura 10 <i>Tendencias y datos de la muestra 03: vehículo 337.</i>	38
Figura 11 <i>Tendencias y datos de la muestra 04: vehículo 411.</i>	39
Figura 12 <i>Tendencias y datos de la muestra 05: vehículo 344.</i>	40
Figura 13 <i>Tendencias y datos de la muestra 06: vehículo 181.</i>	41
Figura 14 <i>Tendencias y datos de la muestra 07: vehículo 194.</i>	42
Figura 15 <i>Tendencias y datos de la muestra 08: vehículo 245.</i>	43
Figura 16 <i>Tendencias y datos de la muestra 09: vehículo 338.</i>	45
Figura 17 <i>Tendencias y datos de la muestra 10: vehículo 483.</i>	46
Figura 18 <i>Tendencias y datos de la muestra 11: vehículo 467.</i>	47
Figura 19 <i>Tendencias y datos de la muestra 12: vehículo 492.</i>	48

Figura 20 <i>Tendencias y datos de la muestra 13: vehículo 444</i>	49
Figura 21 <i>Tendencias y datos de la muestra 14: vehículo 517</i>	50
Figura 22 <i>Tendencias y datos de la muestra 15: vehículo 156</i>	51
Figura 23 <i>Tendencias y datos de la muestra 16: vehículo 424</i>	52
Figura 24 <i>Tendencias y datos de la muestra 17: vehículo 248</i>	53
Figura 25 <i>Tendencias y datos de la muestra 18: vehículo 150</i>	55
Figura 26 <i>Tendencias y datos de la muestra 19: vehículo 888</i>	56
Figura 27 <i>Tendencias y datos de la muestra 20: vehículo 309</i>	57
Figura 28 <i>Tendencias y datos de la muestra 21: vehículo 169</i>	58
Figura 29 <i>Hallazgos encontrados en el desarme de motor: vehículo 169</i>	60

Lista de Apéndices

Apéndice 1 - Especificaciones - Manual Chevrolet NPR

Apéndice 2 - Especificaciones - Manual motor ISUZU 4HG1

Apéndice 3 - Información - Parque Automotor D&C EQUIPOS S.A.S. 2022

Apéndice 4 - Información - Consumos de aceite por refill 2021

Apéndice 5 - Información - Histórico tareas 2014-2021

Apéndice 6 - Información - MKBF Kilómetros Medios Entre Fallas

Apéndice 7 - Información - Consolidado resultados análisis MovilServ

Apéndice 8 - Inspecciones - INSP PREV MOTOR ENE-FEB 2022

Apéndice 9 - Inspecciones - INSP PREV MOTOR MAR-ABR 2022

Apéndice 10 - Costos - CPK Costo Por Kilometro 01SEP20-20SEP21

Apéndice 11 - Renovación de flota - Informe técnico

Apéndice 12 - Gestión - Informe de ejecución 1er semestre 2022

Resumen

Título: Evaluación predictiva mediante análisis de aceite para la reparación total o parcial de motores diésel y sus componentes mayores en una empresa de transporte público*

Autor: Villarreal Acosta Simón Andrés**

Palabras Clave: Lubricación, transporte público, automotriz, motor diésel.

Descripción: Esta monografía está basada en la implementación del análisis de aceite como herramienta predictiva para monitorear el estado y condición de los motores diésel y sus componentes mayores a la flota de un parque automotriz de una empresa de transporte público de la ciudad de Barranquilla; con el propósito de repararlos total o parcialmente. Los resultados de estos análisis serán sustentados bajo la norma ISO 4406 implícitos mediante el procesamiento de muestras del laboratorio de ExxonMobil, en su programa de análisis de aceite lubricante MovilServ. A través de ello se determinan las diferentes variables a tenerse en cuenta para clasificar y procesar la información, creando por lo tanto una metodología que permita establecer las actividades correctivas o preventivas de requerirse asociadas a los diferentes modos de falla para mejorar estos indicadores de condición de lubricante. Por último, se realiza monitoreo a una muestra de 20 vehículos Chevrolet NPR 4HG1 (Mod. 2005 - 2010) concluyendo la alta favorabilidad de esta práctica en la detección oportuna de fallas en los motores diésel y sus componentes mayores, abriendo el camino para incluirlo dentro de las estrategias de la gerencia del mantenimiento de la compañía y por consiguiente en el plan maestro de mantenimiento.

* Trabajo de Grado

** Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Manuel De Jesús Martínez. Doctor en Ingeniería.

Abstract

Title: Predictive evaluation through oil analysis for the total or partial repair of diesel engines and their major components in a public transport company*

Author(s): Villarreal Acosta Simón Andrés**

Key Words: Lubrication, public transport, automotive, diesel engine.

Description: This monograph is based on the implementation of oil analysis as a predictive tool to monitor the state and condition of diesel engines and their major components in an automotive fleet of a public transportation company in Barranquilla; with the purpose of repairing them totally or partially. The results of these analyzes will be supported under the ISO 4406 standard through the processing of samples from the ExxonMobil laboratory, in its MovilServ lubricating oil analysis program. Through this, the different variables to be taken into account to classify and process the information are determined, therefore creating a methodology that allows establishing the corrective or preventive activities if required associated with the different failure modes to improve these condition indicators. lubricant. Finally, monitoring is carried out on a sample of 20 Chevrolet NPR 4HG1 vehicles (Mod. 2005 - 2010), concluding the favorability of this practice in the timely detection of failures in diesel engines, opening the way to include it within the strategies of the maintenance management.

* Degree Work

**School of Mechanical Engineering. Specialization in Maintenance Management. Advisor: Manuel De Jesús Martínez, Engineering PhD.

Introducción

Luego de la industrialización entre los siglos XVIII e inicios del XIX, se produjo la migración de los campesinos a las nuevas ciudades fabriles, dando lugar a la aparición de un proletariado con la necesidad de medios de transporte masivos [1]. En Colombia más puntualmente, el transporte público se oficializa el 14 de octubre de 1882 por medio de la Ley 30 donde se firmó el contrato entre Próspero Gamba Pereira en representación del estado de Cundinamarca y el cónsul norteamericano y empresario ferrocarrilero de Terranova, William W. Randall, estableciendo así el servicio en Bogotá en 1884 con el popularmente conocido tranvía de Bogotá [2]. Fue en el transcurso de las décadas que evolucionó el transporte público urbano terrestre a lo que conocemos ahora: carrozas, tranvías, trolebús, trenes metro y autobuses. Todos ellos progresivamente en la búsqueda del mejoramiento continuo: velocidad, seguridad, confort, puntualidad, cubrimiento territorial y autonomía. Hoy, Colombia cuenta con una compleja y extensa red de rutas interconectando el país, las ciudades y colectivos urbanos.

Alianza Sodis nace en 2005 de la unión de dos empresas de transporte público de la ciudad de Barranquilla y su área metropolitana: Sodeplans y Transdías; cada una con más de 50 años de trayectoria en el sector. Desde entonces, se ha consolidado como una de las empresas pioneras en la modernización de su flota vehicular, brindando confort y seguridad a pasajeros para ser reconocida por su buen servicio y convertirse en líderes del mercado. Sin embargo, ha sido un largo camino para llegar a ser lo que es hoy Alianza Sodis, principalmente porque su flota ha crecido considerablemente desde el 2005 hasta llegar actualmente a los 400 vehículos, viéndose necesaria una administración de mantenimiento efectiva mediante la constante

implementación de mejoras para satisfacer las necesidades de los usuarios sin dejar de lado la rentabilidad y beneficios para sus accionistas. Por ello, una buena gestión de mantenimiento ha sido la piedra angular para el éxito de la compañía, equilibrando la confiabilidad, disponibilidad y presupuesto de los activos.

El 100% de la flota urbana de Alianza Sodis utiliza motores de combustión interna, siendo uno de los aspectos de mayor impacto en el presupuesto de mantenimiento el motor diésel y sus componentes mayores (sistema de inyección y turbo alimentación: bombas de alta y baja presión, inyectores, riel común, turbocompresores), por lo cual se estima que un 36% de sus costos van destinados a estos sistemas, desproporcionados en relación con el 64% restante repartido en los cerca de 10 sistemas adicionales: sistema de frenos (sistema neumático), transmisión de potencia, sistema de dirección (sistema hidráulico), sistema eléctrico y de arranque, entre otros; esto principalmente al alto costo de sus partes y la complejidad para sus reparaciones.

El problema radica en que para las intervenciones al motor no existe una metodología estipulada ni se encuentra en el plan de mantenimiento algún mecanismo de prevención ante los diferentes modos de falla, ocasionando que la mayoría de los planes de acción para estas reparaciones sean netamente correctivas sobre eventos catastróficos (giro de casquetes, dilatación térmica de pistones, recostamiento de pistones/camisas, entre muchas otras) obligando a reemplazar componentes y partes costosas como bloques de motor, cigüeñales, culatas y bielas. Basado en la anterior problemática se plantean las siguientes preguntas de investigación: ¿existe

o se puede desarrollar alguna metodología que permita evaluar de manera predictiva el desgaste acumulado en el motor para intervenir proactivamente y no llevar los componentes del motor a la falla? En caso de haberla, ¿qué tan eficiente y cuanto podrían disminuirse los costos de mantenimiento con estas prácticas? Basado en las respuestas anteriores, se deriva el propósito de este trabajo: implementar el análisis de aceite como herramienta predictiva para desarrollar la metodología de selección y reparación de motores Diesel ISUZU 4HG1 y 4HK1; incorporarlo al plan maestro de mantenimiento preventivo de la flota y de esta manera obtener reducciones anuales de por lo menos el 25% en los costos de mantenimiento del sistema de estudio (motor diésel y componentes mayores), mejorando los indicadores de presupuesto el primer año de ejecución y en el mediano plazo la mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad de activos.

Uno de los métodos para evaluar los motores de combustión es con bancos de pruebas mediante estudios para su implementación en múltiples aplicaciones: investigativas, didácticas y operativas. Narváez H. y Villarreal S. [3] demuestran en su trabajo de grado todo el procedimiento para el diseño y construcción de bancos de pruebas, reuniendo los criterios a utilizar de acuerdo con las necesidades específicas. Quintero E. y Suarez J. [4] determinaron en su proyecto de grado una metodología para el análisis y detección de fallas de un motor de combustión interna de 4 cilindros por medio de vibraciones y ultrasonido: todas estas sobre un banco de pruebas. Aterrizando su aplicación al sector de transporte público masivo de pasajeros y siendo pragmáticos, implementar bancos de pruebas para analizar predictivamente el estado de los motores es una labor que se tornaría compleja dado las arduas tareas de desmonte/montaje en banco, y con ello su afectación en la disponibilidad de los vehículos y por consiguiente el

incumplimiento en la operación de rutas, trayendo quejas en los usuarios, lucro cesante, entre muchas otras variables.

Una herramienta más simplificada (pero de igual efectividad) es analizar el aceite del motor [5]. Como mecanismo predictivo para la reparación de motores diésel, se fundamenta la comprensión de la centralidad del lubricante en el rendimiento de estos motores, puesto que la excelencia en lubricación es un término utilizado para describir el logro holístico de mantener todas las prácticas de lubricación de principio a fin [5]. El aceite no solo cumple la función esencial de reducir la fricción y el desgaste entre las piezas móviles, sino que también despliega un papel crucial en la refrigeración del motor, contribuyendo así a su eficiencia y durabilidad.

El monitoreo de aceite ha sido considerado como una herramienta esencial para determinar el estado operativo de un equipo. En otras palabras, los datos obtenidos del monitoreo del aceite representan el estado operativo del equipo. Entonces, identificar el estado de funcionamiento anormal del aceite lubricante permite comprender su estado de operación con anticipación [6]. Una lubricación pobre e ineficiente puede ocasionar daños prematuros entre el cigüeñal y los casquetes (los cuales son algunas de las partes en contacto de mayor criticidad de la máquina); esto puede demostrarse en las investigaciones de Jingjing Zhao, Yuan Li, Liang Xie y Jinxiang Liu quienes mediante modelamiento y simulaciones en motores V6 [7] concluyeron que la presión y superficie de contacto, asperezas y acabados superficiales y espesor de la capa de lubricación son directamente proporcional a la probabilidad de falla en los cojinetes o casquetes y el cigüeñal.

Dada la exposición constante de estos vehículos a condiciones severas, como altas temperaturas, ambientes contaminantes y cargas pesadas, el aceite del motor se enfrenta a desafíos significativos que pueden comprometer su calidad. El análisis de aceites emerge como una herramienta predictiva esencial al proporcionar una detección temprana de problemas potenciales. Este proceso permite la identificación de cambios en las propiedades físicas y químicas del aceite, indicando posibles desgastes, contaminación o irregularidades internas. La evaluación de parámetros como la viscosidad, el contenido de partículas contaminantes y agua, junto con análisis químicos, ofrece una visión integral del estado del lubricante y, por ende, del motor [8]. Los beneficios de esta práctica son significativos: desde la reducción de costos asociados a reparaciones mayores hasta el aumento de la disponibilidad de los activos al minimizar tiempos de inactividad no planificados.

La literatura nos muestra que al monitorear por condición los equipos, podemos interpretar tres variables predominantes: condición del lubricante, desgaste y contaminantes. Las condiciones del lubricante vienen guiadas por su estado fisicoquímico, encontrándose entonces variables como viscosidad, oxidación, hollín, presencia de agua y/o refrigerante. Para el desgaste se estipula presencia de elementos que desprenden de las partes en contacto, como plata, aluminio, cromo, cobre, hierro, molibdeno, níquel, plomo, estaño y titanio; todas ellas cuantificadas en partículas por millón (ppm). Por último, los contaminantes hacen alusión a aquellos elementos o compuestos presentes en el lubricante producto de una invasión externa: potasio, manganeso, sodio, silicio y vanadio. La cuantificación de cada una de las anteriores es la

que permite interpretar la condición del equipo, corregir las fuentes que lo producen y tomar las decisiones desde la gerencia de mantenimiento para actuar preventivamente.

En última instancia, la implementación del análisis de aceites se alinea con estándares normativos, promoviendo la sostenibilidad operativa y la eficiencia en el mantenimiento. La implementación del análisis de aceites estará fundamentada en la norma ISO 4406 [9], teniendo en cuenta que las negociaciones del servicio de laboratorio fueron realizadas con el proveedor o contratista ExxonMobil mediante su programa de análisis de aceite lubricante MobilServ, quienes se basan en esta norma.

La norma ISO 4406 [9] establece un método para medir la limpieza de los fluidos hidráulicos, aceites lubricantes y productos relacionados. Su objetivo principal es proporcionar una forma estandarizada de evaluar y clasificar la cantidad de partículas sólidas presentes en estos fluidos. Las partículas sólidas pueden ser perjudiciales para el funcionamiento de maquinaria, especialmente en sistemas hidráulicos donde pueden causar desgaste y daño a componentes como bombas y válvulas. La norma ISO 4406 utiliza un código de tres números para expresar el nivel de limpieza de un fluido. Cada número representa un rango de tamaños de partículas y el recuento permisible de partículas por mililitro de fluido. Los tres números se refieren a los siguientes tamaños de partículas: El primer número representa partículas mayores de 4 micrómetros. El segundo número representa partículas mayores de 6 micrómetros. El tercer número representa partículas mayores de 14 micrómetros.

Por ejemplo, un código de limpieza de 18/16/13 indicaría que, en un volumen dado de fluido, no hay más de 18 partículas mayores de 4 micrómetros, no hay más de 16 partículas mayores de 6 micrómetros y no hay más de 13 partículas mayores de 14 micrómetros por mililitro. Esta norma es importante en diversas industrias, como la manufacturera, automotriz, aeroespacial y marina, ya que asegura que los fluidos hidráulicos y lubricantes cumplan con los requisitos de limpieza necesarios para garantizar un rendimiento óptimo y la fiabilidad de los equipos. Alineando con el lubricante utilizado para la operación de esta flota (aceite para motor 15W40) los parámetros y criterios utilizados para los límites del estado del lubricante serán definidos por el fabricante ExxonMobil MobilServ, teniendo en cuenta la composición del aceite.

Determinando el alcance del objeto de estudio, esta monografía se centrará exclusivamente al motor diésel, lo cual derivará seguidamente a sus componentes de inyección y turbo alimentación ya que muchos de los modos de falla son asociados entre sí. Esto tiene como propósitos: disminuir los costos asociados a las reparaciones de motor mediante una metodología analítica que permita detectar por condición el estado del motor e intervenirlo oportunamente antes de la falla catastrófica. Por medio de esto, se deriva el diagnóstico y seguimiento continuo al estado de los motores de la flota, determinando mediante evaluación multicriterio (costo por kilómetro, MKBF, entre otros indicadores de gestión) la viabilidad de gestionar activos para renovación de flota encontrando beneficios y alivios fiscales en la compra de nuevos activos. Por último, todo esto es justificado para reflejar una cultura corporativa a la vanguardia de las herramientas tecnológicas brindando calidad al servicio y tranquilidad al usuario mediante una flota saludable.

Existen antecedentes con resultados positivos en la implementación de esta herramienta en múltiples campos, es por ello por lo que se puede observar en la bibliografía de este posgrado muchas aplicaciones e investigaciones, como la de Duarte E. [10] en su monografía de especialización donde diseñó un plan de mantenimiento centrado en lubricación para equipos CNC donde se concentra en realizar rutinas de chequeo para monitorear con frecuencias estipuladas el buen estado del fluido. Otras monografías como las de Ramírez J. [11] Quiroga D. y Gallo J. [12] aplican diseños de RCM y programas predictivos a flotas de montacargas y equipos de transporte con fronteras amplias abarcándolo de manera general, mediante el análisis de aceite. Se encontró entonces específicamente y muy alineada con el objeto de estudio de esta monografía, la de Rodríguez J. [13] quien propone una metodología predictiva por condición para optimizar la vida útil de motores Cummins ISX mediante estudios de análisis de aceite. Se resalta teniendo en cuenta el grado de concordancia con algunas variables: centrado en análisis de aceite, para flotas de vehículos pesados y semipesados, con objeto de estudio o fronteras en motores diésel y bajo el mismo laboratorio de análisis de aceite ExxonMobil lo cual arrojaría fuentes de evaluación similares, haciendo que la toma de decisión sea focalizada y orientada en una misma ruta. La monografía concluye implementando un how y know how metodológico para el análisis predictivo de modos de falla.

1. Objetivos

1.1. Objetivo General

Implementar el análisis de aceite como herramienta predictiva para monitorear el estado y condición de los motores diésel y sus componentes mayores con el propósito de repararlos total o parcialmente.

1.2. Objetivos Específicos

- Establecer una metodología de mantenimiento preventivo mediante la interpretación y análisis de muestras de aceite aportando a la gestión y formulación del plan de mantenimiento de Alianza Sodis basado en la información y conclusiones obtenidas.

- Monitorear 20 vehículos Chevrolet NPR 4HG1 (Mod. 2005 - 2010) por medio del análisis de resultados de las muestras de aceite, seleccionando mediante la metodología a implementar aquellos vehículos que requieren intervención con el fin de repararlos de manera preventiva.

- Evaluar la flota vehicular mediante el monitoreo continuo de su estado e indicadores (CPK, MKBF y mantenibilidad) para la gestión de activos obteniendo alivios fiscales por la renovación de flota.

2. Materiales y métodos

Para definir este estudio, se plantea seguir los siguientes métodos de trabajo:

- Definir la metodología desde la planeación para la toma de muestras de aceite, frecuencias, tamaño de la población (total/parcial) y criterios de selección, procedimientos y gestión de envío al laboratorio. Posteriormente, la interpretación de los resultados “negativos” y la planificación para los planes de acción para prevenir los modos de falla.

- Recopilar la información de las muestras para cada vehículo (desde la implementación de los sistemas de información año 2015 hasta primer trimestre año 2022) y cuantificar desgastes acumulados en los motores y componentes mayores. Las variables para considerarse son: acumulado de elementos de desgaste, acumulado de elementos contaminantes y estado del aceite según garantías de su composición (trazabilidad de los cambios de aceite en los tiempos y recorridos establecidos) basados en la ISO 4406. Consolidar la información de acuerdo con la taxonomía, consumos de aceite por refill o relleno (lo que indica pérdidas de aceite en el motor), costos de mantenimiento, reparaciones previas totales o parciales de motor y componentes mayores (hoja de vida del activo), para así calcular los indicadores individuales como CPK (costo por kilómetro), MKBF (kilometraje medio entre fallas) y horas hombre mantenimiento invertidas por vehículo (mantenibilidad).

- Monitorear una muestra de 20 vehículos Chevrolet NPR 4HG1 Modelos 2005 a 2010 (ver Apéndice 1 y 2) seleccionados mediante muestreo probabilístico estratificado basado en las variables y criterios descritos anteriormente, detectando oportunamente los equipos con alta probabilidad de falla, mejorando los indicadores de mantenimiento, seleccionando aquellos vehículos que requieren intervención con el fin de repararlos de manera preventiva.

- Evaluar cuali-cuantitativamente y gestionar activos para la renovación de flota. La evaluación cualitativa tiene que ver con el aspecto y estado físico del activo, teniendo en cuenta que dentro de las políticas de la compañía se debe mantener una flota vehicular en buen estado tanto de carrocería como de pintura. Por lo anterior se plantea un levantamiento fotográfico detallado para tomar las decisiones pertinentes. La evaluación cuantitativa tiene que ver con el análisis desde la alta dirección de los resultados de las variables expuestas anteriormente, lo que determinará una relación entre el costo de realizar una remanufactura (reparaciones de motor, mantenibilidad) o un overhull al activo en contraposición con su chatarrización (obtención de beneficios fiscales) y la adquisición de nuevos activos.

3. Planeación de actividades

La compañía tiene acordado con la empresa Wings SAS el contrato de recolección, procesamiento (laboratorio) y envío de resultados para un total de 80 muestras de aceite mensualmente. Este contrato viene asociado a una negociación por consumos de aceite. En el plan de mantenimiento se encuentra estipulado 2 actividades que serán el eje principal para la planeación de las actividades y creación de la metodología:

- Rutina de mantenimiento 4K: Corresponden a rutinas de inspección en cárcamo para cada vehículo con una frecuencia de cada 4000 kilómetros (este valor calculado previamente por el MKBF: Medium Kilometer Before Faileure general de la flota) tomando como unidad de medida o variable contadora los kilómetros recorridos durante la operación.

- Rutina de mantenimiento 16K: Corresponden a rutinas de inspección en cárcamo para cada vehículo cada 16.000 kilómetros como factor múltiplo de la rutina 4K, pero involucra otras actividades estándar (entre ellas la del cambio de aceite de motor), engrases, reemplazo de consumibles en los sistemas de freno, entre otros.

Teniendo en cuenta estas frecuencias de cambio, se calculan los kilómetros totales recorridos de la flota, concluyendo que mensualmente se realizan aproximadamente entre 65 a 75 cambios de aceite. Lo anterior tiene incidencia en que se le puede dar monitoreo a toda la flota, y que estas muestras pueden ser tomadas en cada cambio de aceite (rutina de mantenimiento 16K) para tener un alcance total; y adicional se reservan algunas otras muestras para casos en seguimiento. Se tiene entonces la siguiente información general de la flota de Alianza Sodis.

Tabla 1 *Distribución de la flota Alianza Sodis y kilometraje promedio recorrido por vehículo*

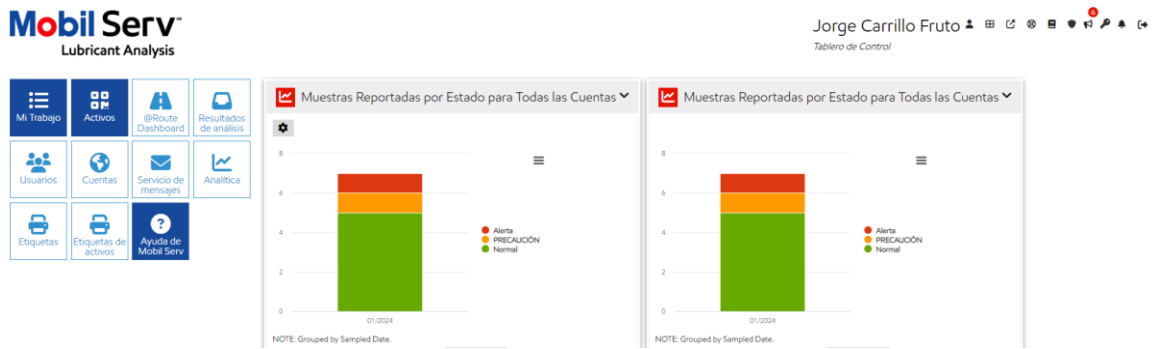
Tipología	Unidades	Promedio	Km total
NPR	124	703662,161	87254108
FRR	98	327458,536	32090937
NQR	38	568186,22	21591076
DUSTER	25	185251,88	4631297
MA 8,5	6	730711,833	4384271
SCANIA	20	169584,9	3391698
HINO	22	146643,636	3226160
SPRINTER	6	291160,533	1746963
MÁSTER	15	54275,8667	814138
KODIAK	1	459616	459616
NKR	1	75511	75511
D-MAX	1	22843	22843
Total general	357	447307,053	159688618

Se observa que la tipología NPR corresponde a la de mayor cantidad y envejecimiento (dada la cantidad de kilómetros recorridos) de toda la flota de la compañía. Esto concuerda a la

distribución, ya que el 79% de la flota modelos 2005 a 2010 son NPR. Esto justifica que la formulación de esta metodología sea concentrada en esta tipología.

Las muestras luego de tomadas demoran entre 5 a 8 días hábiles en enviarse los resultados, lo que da un tiempo prudente para el aprovisionamiento de recursos (principalmente mano de obra) para aquellos que requieran inspecciones profundizadas por la gravedad del estado de resultados (MovilServ maneja 3 estados: Normal, Precaución y Alerta los cuales están sujetos a límites establecidos por el laboratorio). Lo anterior se monitorea mediante el dashboard dentro del aplicativo virtual de MobilServ.

Figura 1. Dashboard de MovilServ para monitoreo de estados de los resultados.



Para gestionar la planificación de actividades, se deben establecer las generalidades de un informe de resultados. Se parte inicialmente de la información básica del activo, entre ellas destacan:

- Estado del resultado, Número interno y descripción del vehículo
- Datos de la compañía e información del aceite utilizado y motor.

Figura 2. Cabecera de resultados análisis de aceite.

		Alerta	
		ID de la unidad: 888	ID del activo: 40695525
Descripción: Buseton CHEVROLET NPR 2005			
Información de la cuenta	Información de la Muestra	Información sobre equipo	
@ID: 253431 Nombre: DYC Equipos S.A.S. Dirección: Cll 30 N 12 - 249, Soledad, 0000 CO Cuenta de los padres: LUBRICANTES TECNICOS	ID de la Muestra: BO1316439326 Nivel de servicio: Esencial Identificación de la botella: a023057214 Lubricante de la Prueba: MOBIL DELVAC MX ESP 15W40	Clase de Activo: Motor Fabricante: ISUZU Modelo: NOT Lubricante: MOBIL DELVAC MX ESP 15W40	

Información general de la muestra, donde se especifica el lubricante, la fecha de toma de muestra, la edad del equipo (kilometraje al momento de realizar la toma), fecha de reporte ante el laboratorio, kilometraje de uso del aceite y volumen del llenado de motor (en cuartos de galon).

Figura 3 Tendencias y datos de la muestra.

Tendencias y datos de muestra						
Información de la Muestra	Estado del Reporte	Alerta	Alerta	Alerta	PRECAUCIÓN	Alerta
	ID de la Muestra	BO9235718327	BO1004186312	BO1098486304	BO1187517334	BO1316439326
	Nivel de servicio	Mejorado	Esencial	Esencial	Esencial	Esencial
	Identificación de la botella	b036089822	a016808864	a019591332	a021056780	a023057214
	Lubricante de la Prueba	MOBIL DELVAC MX ESP 15W40	MOBIL DELVAC MX ESP 15W40	MOBIL DELVAC MX ESP 15W40	MOBIL DELVAC MX ESP 15W40	MOBIL DELVAC MX ESP 15W40
	Muestreada	16 ago. 2019	15 dic. 2020	18 mar. 2021	17 jun. 2021	03 nov. 2021
	Reportado	27 ago. 2019	07 ene. 2021	09 abr. 2021	09 jul. 2021	17 nov. 2021
	Edad del equipo		708979	723170	735998	750989
	Unidad de Medida del Equipo		@Kilometer	@Kilometer	@Kilometer	@Kilometer
	Edad del aceite	15483	15617	15666	14566	15191
	Unidad de Medida del Aceite	@Kilometer	@Kilometer	@Kilometer	@Kilometer	@Kilometer
	Volumen de relleno	10				
	Unidad de Medida de Volumen	@Quarts				
	Aceite cambiado	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
	Filtro cambiado	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

Esta sección suministra la información concerniente a la viscosidad, oxidación, porcentaje de hollín, refrigerante y de agua presentes; lo que da una visión del estado particular para esta muestra

Figura 4 Estado del lubricante.

Lubricante	TBN (mg KOH/g) 2	7.2				
	Clasificación de Contaminación	Normal	Alerta	Alerta	Normal	PRECAUCIÓN
	Clasificación de Equipo	Alerta	PRECAUCIÓN	PRECAUCIÓN	PRECAUCIÓN	Alerta
	Estado del lubricante	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Índice PQ	130				
	Grado de viscosidad SAE	40				
	Visc@100C (cSt)	14.7	13.3	13.3	13.1	13.5
	Oxidación (Ab/cm)	14	9	9	7	8
	Hollín (Wt %)	1.04	0.54	0.62	0.44	1.84
	Agua (Vol.%)	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
	Indicador de refrigerante	No detectado	DETECTED	DETECTED	No detectado	No detectado

La sección de desgaste evidencia el número de partículas por millón de metales presentes en la muestra. Esta es considerada la mayor fuente de información referente al estado del motor, y sobre la cual se tomaran las decisiones y planes de acción por activo.

Figura 5 Niveles de desgaste por presencia de metales en la muestra.

Desgaste (ppm)	Ag (Plata)	0	0	0	0	0
	Al (Aluminio)	5	5	5	4	7
	Cr (Cromo)	0	3	3	2	28
	Cu (Cobre)	0	8	4	2	3
	Fe (Hierro)	166	73	102	72	177
	Mo (Molibdeno)	46	40	47	43	42
	Ni (Níquel)	0	0	0	0	0
	Pb (Plomo)	15	15	15	8	10
	Sn (Estaño)	0	4	4	3	13
	Ti (Titanio)	0	0	0	0	0

Los contaminantes son determinados por la presencia de sustancias extrañas en la muestra de aceite. Debe tratarse con trazabilidad para la toma de decisiones, teniendo en cuenta que errores en la toma de la muestra pueden llevar a decisiones equivocadas.

Figura 6 Tendencias y datos de la muestra.

Contaminantes (ppm)	K (Potasio)	0	183	81	49	8
	Mn (Manganeso)	0	3	3	0	
	Na (Sodio)	7	88	37	23	29
	Si (Silicio)	9	17	15	10	25
	V (Vanadio)	0	0	0	0	0

Por lo anterior, se parte inicialmente de una planeación generalizada de las actividades de inspección, toma de muestras, envío a laboratorio y análisis de resultados e implementación de tareas de mantenimiento, estipuladas bajo la siguiente secuencia:

Tabla 2 *Planeación inicial generalizada del proceso.*

Ítem	Actividad	Responsable
1	Programación de rutina de mantenimiento 16K	Planeador de mantenimiento
2	Solicitud de vehículo para salida de operación	Auxiliar de mantenimiento
3	Traslado de vehículo a cárcamos de inspección	Recepcionista de flota
4	Ejecución de actividades de mantenimiento rutina 16K	Supervisor de mantenimiento
5	Toma de muestra de aceite	Supervisor de mantenimiento
6	Entrega de muestra de aceite para procesamiento	Supervisor de mantenimiento
7	Cargue de información a plataforma MovilServ	Planeador de mantenimiento
8	Envío de muestra a laboratorio	Planeador de mantenimiento
9	Recepción y clasificación de muestras	Planeador de mantenimiento
10	Solicitud de vehículo para salida de operación	Auxiliar de mantenimiento
11	Traslado de vehículo a cárcamos de inspección	Recepcionista de flota
12	Ejecución de actividades correctivas según resultados	Supervisor de mantenimiento
13	Documentación de la información	Planeador de mantenimiento

4. Recopilación de información y antecedentes de activos.

Alianza Sodis y su área de mantenimiento tiene trazabilidad de la información desde la implementación de los sistemas de información (Infomante) hasta la fecha de formulación de esta monografía, es decir, desde el 2015 hasta el primer semestre del 2022. En este lapso se cuenta con la información suficiente para ser procesada y tener una base de datos simplificada con la información requerida de fácil acceso para la toma de decisiones en complemento a los análisis de resultados de aceite. En esta, se consideran las siguientes variables:

- Información general y descriptiva del activo (número interno, placas, ruta, tipología, modelo y kilometraje total). Esto permitirá la identificación del activo

en un primer vistazo, evaluar su kilometraje con relación al modelo y el tipo de ruta al que está expuesto; ya que algunas rutas son más invasivas que otras por el estado de la infraestructura vial.

- Consumos de aceite por refill o relleno (promedio mensual en un intervalo de tiempo estipulado, preferiblemente anual). Esto permitirá determinar desviación en los consumos de aceite anticipando posibles desgastes en la cámara de combustión, partidura en los anillos, entre otras. A su vez permitirá determinar si es requerido revisar fugas externas en los recintos de aceite del motor.
- Antecedentes de reparación total o parcial de motor. Información clave para tomar decidir si un motor debe o no repararse.
- Gestión de análisis de aceite (fecha de la última muestra y su estado: alerta, precaución y normal). Monitoreo y seguimiento generalizado del estado de la flota respecto a la muestra inmediatamente anterior. Es una primera vista del dashboard mostrado en la figura 1.
- Acumulado de elementos de desgaste en partículas por millón: cobre, hierro, aluminio, cromo, plomo. Es la relación del acumulado de metales presentes en las muestras tomadas respecto al kilometraje total del vehículo. Nos da una proporción de desgaste respecto a la vida útil del motor.
- Acumulado de elementos contaminantes del aceite en partículas por millón: sodio, potasio y silicio. Es la relación del acumulado de contaminantes presentes en las muestras tomadas respecto al kilometraje total del vehículo. Nos da una proporción de la exposición a contaminantes respecto a la vida útil del motor.

- Acumulado general de desgaste en relación con el kilometraje recorrido. Sumatoria de los ítems antes mencionados.

El total de esta información lo vemos relacionado en el apéndice 3, 4, 5, 6, 7.

5. Implementación de la metodología.

La norma ISO 13379 [14] proporciona directrices y recomendaciones para el uso de técnicas de diagnóstico de condición en maquinaria rotativa. Estas técnicas son vitales para monitorear el estado de la maquinaria, detectar posibles fallas y tomar medidas preventivas o correctivas para evitar tiempos de inactividad no planificados y costosos.

Algunos aspectos destacados de la norma ISO 13379 incluyen:

- Selección de técnicas de diagnóstico: La norma ofrece orientación sobre la selección de técnicas de diagnóstico adecuadas para evaluar la condición de la maquinaria rotativa. Esto puede incluir análisis de vibraciones, análisis de aceite, termografía, entre otras técnicas.
- Implementación de programas de monitoreo: Proporciona directrices sobre la implementación de programas de monitoreo de condición, que pueden incluir la frecuencia de las inspecciones, la recopilación y análisis de datos, y la interpretación de resultados para tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento y la operación de la maquinaria.
- Gestión de datos y registros: La norma aborda la gestión de datos y registros relacionados con el monitoreo de condición, incluyendo la documentación de

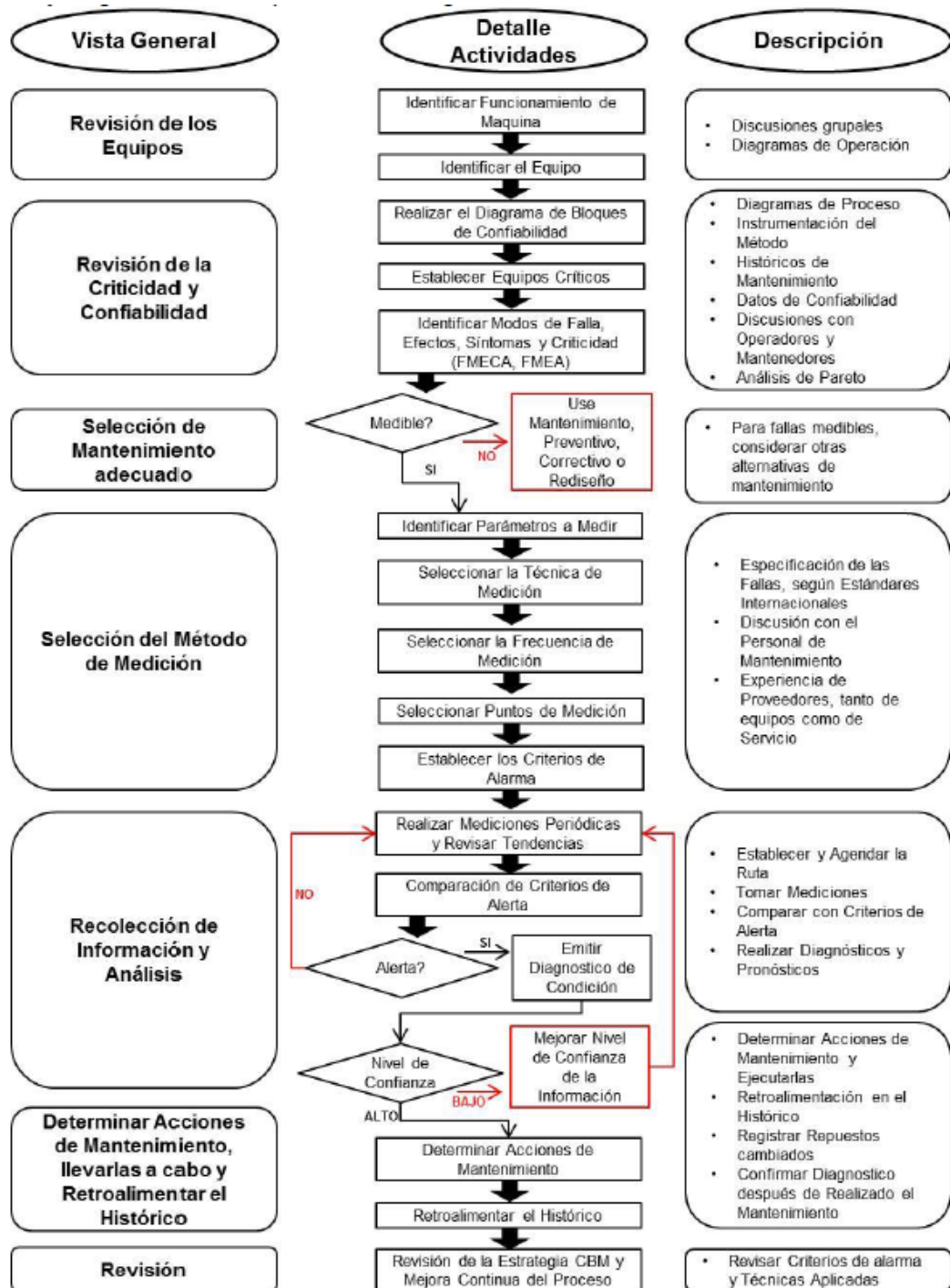
resultados de pruebas, análisis de tendencias, y registros de mantenimiento preventivo y correctivo.

- Calibración de equipos: Ofrece pautas para la calibración y verificación de equipos utilizados en el monitoreo de condición, asegurando la precisión y fiabilidad de las mediciones realizadas.

En resumen, la norma ISO 13379 es una herramienta crucial para las organizaciones que desean implementar programas efectivos de monitoreo de condición en maquinaria rotativa. Proporciona un marco detallado para la selección, implementación y gestión de técnicas de diagnóstico de condición, contribuyendo así a la mejora del rendimiento, la confiabilidad y la seguridad de los equipos industriales.

Se tiene entonces la siguiente figura:

Figura 7 Flujograma 7 pasos de mantenimiento predictivo: Monitoreo de condición y diagnóstico de máquinas. Fuente [14].



5.1. Plan y estrategias de monitoreo.

Establecer un plan de monitoreo implica desarrollar un enfoque sistemático para recopilar datos, realizar seguimientos regulares y evaluar el progreso hacia los objetivos establecidos. Se tienen en cuenta los siguientes pasos para generar los planes de monitoreo:

- **Definir los objetivos de monitoreo:** Se identifica como objetivo de monitoreo las variables suministradas en los resultados de análisis de aceite e información general del estado de la flota. Estos son relacionados con detalle en los numerales 3 “*Planeación de actividades*” y 4 “*Recopilación de información y antecedentes de activos*” de esta monografía.
- **Identificar los elementos clave a monitorear:** Determina los aspectos más importantes que se requiere monitorear para evaluar el progreso hacia los objetivos. Esto puede incluir variables específicas, indicadores de rendimiento clave (KPI), riesgos potenciales, o cualquier otro aspecto relevante para el éxito del proyecto. Inicialmente se planteará como KPI principal de esta metodología la reducción anual de por lo menos el 25% en los costos de mantenimiento del sistema de estudio (motor diésel y componentes mayores). Dado este resultado se plantearán nuevos KPI’s con la retroalimentación de los resultados.
- **Seleccionar métodos y herramientas de monitoreo:** Se selecciona como herramienta y método para recopilar datos sobre los elementos identificados los siguientes: observación directa, análisis de documentos, mediciones físicas, toma de muestras y el uso de sistemas de información y tecnologías digitales.

- Establecer frecuencia y periodicidad: Las frecuencias se estipulan de acuerdo con las frecuencias ya establecidas del plan maestro de mantenimiento e inspección, correspondiente a 4.000 kilómetros para monitoreo y 16.000 kilómetros para toma de muestras y envío de ella al laboratorio. Esto se profundiza con mayor detalle en el numeral 3 “*Planeación de actividades*” de la presente monografía.
- Determinar responsabilidades: Esta información se define con detalle en el numeral 3 “*Planeación de actividades*” Tabla 2 “*Planeación inicial generalizada del proceso*” de la presente monografía.
- Desarrollar un plan de recolección de datos: Esta información se define con detalle en el numeral 3 “*Planeación de actividades*” Tabla 2 “*Planeación inicial generalizada del proceso*” de la presente monografía.
- Establecer sistemas de análisis y reporte: Desarrolla sistemas para analizar los datos recopilados y generar informes periódicos sobre el progreso del monitoreo. Esto puede incluir la utilización de software de análisis de datos, la creación de tableros de control o la elaboración de informes escritos.
- Revisar y ajustar el plan de monitoreo: Se propondrán al final de la presente monografía algunas recomendaciones que, a pesar de no estar dentro del alcance del presente documento, servirán de primeras ideas para la implementación de la mejora continua, ajustes al plan de monitoreo, reestructuración de los KPI’s, sistematización de la información, mejora en los sistemas CMMS, entre otros. Todo ello para la continuidad del objeto de este estudio.

Por otra parte, para correlacionar los datos de este plan de monitoreo, es importante identificar relaciones o patrones entre diferentes variables o conjuntos de datos recopilados. Dado que inicialmente la metodología debe presentarse como un piloto para conseguir un único objetivo en la reducción de por lo menos el 25% en los costos de mantenimiento del sistema de estudio, se plantearán en el recorrido alguna de las siguientes que mejor se adapte a las necesidades:

- **Análisis de correlación estadística:** Utiliza técnicas estadísticas como el coeficiente de correlación de Pearson para medir la fuerza y la dirección de la relación lineal entre dos variables cuantitativas. Este enfoque ayudará a determinar si existe una relación entre los datos recopilados y, en caso afirmativo, cuán fuerte es esa relación.
- **Análisis de regresión:** Si se sospecha que una variable depende de otra variable o variables, se puede realizar un análisis de regresión para modelar y cuantificar la relación entre ellas. Esto permitirá predecir el valor de una variable basándose en los valores de otras variables.
- **Análisis de tendencias:** Observa las tendencias a lo largo del tiempo en los datos recopilados para identificar patrones o relaciones temporales. Esto ayudará a comprender cómo cambian las variables con el tiempo y si existen correlaciones entre ellas.
- **Visualización de datos:** Utiliza gráficos y visualizaciones de datos para explorar posibles relaciones entre variables. Los gráficos de dispersión, diagramas de dispersión de matrices y mapas de calor pueden ayudar a identificar patrones visuales en los datos que podrían indicar correlaciones.

- **Análisis de correlación cualitativa:** En algunos casos, es posible que se desee correlacionar datos cualitativos o categóricos. En este caso, se puede utilizar técnicas como el análisis de tablas de contingencia o pruebas estadísticas específicas para datos categóricos, como la prueba chi-cuadrado, para determinar si hay asociaciones significativas entre variables.
- **Análisis multidimensional:** Si se está trabajando con conjuntos de datos complejos que involucran múltiples variables, se puede considerar utilizar técnicas de análisis multidimensional como el análisis de componentes principales (PCA) o el análisis de conglomerados para identificar relaciones y patrones entre variables en un espacio multidimensional.

Para la experimentación de la metodología, se toman 20 muestras, obteniendo los siguientes resultados. Ver apéndice 8 y 9.

5.2. Resultados muestra 01: Vehículo 264.

264 se realizó pruebas de compresión en los 4 cilindros (STD 412-469 PSI @200 rpm) y presión de aceite (STD 40-50 PSI @700 rpm en caliente). Compresión P#1: 250 PSI, P#2: 250 PSI, P#3: 300 PSI, P#4: 320 PSI. Mantiene la presión en la recámara.

Presión de aceite 20 PSI, SOBRE EL LIMITE PERMITIDO. Vehículo en estado ALERTA debido a presencia de AL aluminio, Fe hierro y Si silicio en 29, 136 y 72 ppm respectivamente. La muestra anterior presentó la misma anomalía y las anteriores a ellas registraron en estado NORMAL por lo que se presume que tiene ingesta de tierra por la admisión. Al inspeccionar se encontró la tapa del filtro de aire desajustada lo que pudo haber

ocasionado la filtración de material particulado en la admisión. Adicionalmente se ajustaron todas las abrazaderas y los ductos de admisión. Este vehículo dado su modelo, recorrido y consumo de aceite, adicional a que no tiene reparaciones de motor previas (se encontró que desfoga excesivamente y gotea aceite de motor, justificante de su consumo) se cataloga como preseleccionado para reparación preventiva de motor y/o chatarrización de acuerdo con análisis de variables MKBF y CPK. Vale destacar que previamente este vehículo no registró muestras en alerta y que no presenta muestras insatisfactorias de manera repetitiva, para tener en cuenta, por lo tanto, otra opción sería esperar resultados de la próxima muestra de aceite y evaluar los parámetros de contaminantes y desgaste los cuales deben disminuir con los correctivos en la admisión (ultimo cambio 01ENE22).

Figura 8 Tendencias y datos de la muestra 01: vehículo 264.



5.3. Resultados muestra 02: Vehículo 304.

304 se realizó pruebas de compresión en los 4 cilindros (STD 412-469 PSI @200 rpm) y presión de aceite (STD 40-50 PSI @700 rpm en caliente). Compresión P#1: 290 PSI, P#2: 300 PSI, P#3: 340 PSI, P#4: 340 PSI. Mantiene la presión en la recámara.

Presión de aceite 60 PSI, OK. Vehículo en precaución debido a ligero aumento de Fe hierro en 59 ppm. Este motor tuvo reparación previa en DIC19 razón por la cual se cataloga

como desgaste natural del vehículo. Por otra parte, la disminución muestra a muestra ha sido progresiva por lo que se mantiene en seguimiento a la espera de la próxima muestra de aceite.

Figura 9 Tendencias y datos de la muestra 02: vehículo 304.

	Clasificación de Contaminación	Normal	Alerta	Alerta	Alerta	Normal
	Clasificación de Equipo	PRECAUCIÓN	PRECAUCIÓN	PRECAUCIÓN	PRECAUCIÓN	PRECAUCIÓN
	Estado del lubricante	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Lubricante	Visc@100C (cSt)	13.2	13.9	14.0	14.4	13.8
	Oxidación (Ab/cm)	8	12	12	12	11
	Hollin (Wt %)	1.18	2.60	2.77	2.56	2.31
	Agua (Vol.%)	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
	Indicador de refrigerante	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
Desgaste (ppm)	Ag (Plata)	0	0	0	0	0
	Al (Aluminio)	7	9	7	3	5
	Cr (Cromo)	4	5	4	3	3
	Cu (Cobre)	5	7	5	1	1
	Fe (Hierro)	60	96	74	60	59
	Mo (Molibdenc)	40	42	38	42	41
	Ni (Níquel)	0	0	0	0	0
	Pb (Plomo)	10	20	20	14	17
	Sn (Estaño)	3	5	3	2	3
	Ti (Titanio)	0	0	0	0	0

5.4. Resultados muestra 03: Vehículo 337.

337 se realizó pruebas de compresión en los 4 cilindros (STD 412-469 PSI @200 rpm) y presión de aceite (STD 40-50 PSI @700 rpm en caliente). Compresión P#1: 300 PSI, P#2: 340 PSI, P#3: 340 PSI, P#4: 340 PSI. Mantiene la presión en la recámara.

Presión de aceite 40 PSI, OK. En las inspecciones previas realizadas se encontró material de desgaste propio del motor. Para esta nueva muestra se encuentra Cr cromo y Sn Estaño en 24 y 13 ppm respectivamente, lo que se cataloga poco por encima del mínimo admisible. Lo alarmante del caso es que corresponden a elementos propios de las camisas de los motores y de los anillos dada la reciente reparación de motor la cual se presume esta “tomando cama” entre los componentes. Debido a que la muestra fue tomada en OCT21, se está a la espera y en seguimiento de la siguiente para evaluar comportamientos.

Figura 10 Tendencias y datos de la muestra 03: vehículo 337.

Lubricante	Clasificación de Contaminación	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Clasificación de Equipo	PRECAUCIÓN	PRECAUCIÓN	PRECAUCIÓN	Normal	Alerta
	Estado del lubricante	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Grado de viscosidad SAE	40				
	Visc@100C (cSt)	14.2	13.3	13.3	13.7	14.2
	Oxidación (Ab/cm)	12	8	8	11	11
	Hollín (Wt %)	1.01	1.53	1.50	1.38	1.94
	Agua (Vol.%)	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
	Indicador de refrigerante	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
Desgaste (ppm)	Ag (Plata)	0	0	0	0	0
	Al (Aluminio)	8	8	5	6	6
	Cr (Cromo)	4	8	8	7	24
	Cu (Cobre)	17	7	4	4	3
	Fe (Hierro)	90	60	55	46	52
	Mo (Molibdeno)	40	35	44	43	42
	Ni (Níquel)	0	0	0	0	0
	Pb (Plomo)	18	13	20	33	30
	Sn (Estaño)	7	6	6	5	13
	Ti (Titanio)	0	0	0	0	0

5.5. Resultados muestra 04: Vehículo 411.

411 se realizó pruebas de compresión en los 4 cilindros (STD 412-469 PSI @200 rpm) y presión de aceite (STD 40-50 PSI @700 rpm en caliente). Compresión P#1: 320 PSI, P#2: 320 PSI, P#3: 340 PSI, P#4: 320 PSI. Mantiene la presión en la recámara.

Presión de aceite 50 PSI, OK. Muestra en estado ALERTA debido a aumento en presencia de Fe hierro con 166 ppm. Teniendo en cuenta el modelo, kilometraje y consumo de aceite el desgaste se encuentra dentro de los parámetros esperados por el motor. Se mantiene en seguimiento y a la espera de la próxima muestra de aceite (recorrido desde el último cambio 9.500 kilómetros). Por otra parte, se tiene presente que este equipo no ha tenido intervenciones directas de motor, por lo cual se debe tener como opcional para reparación preventiva.

Figura 11 Tendencias y datos de la muestra 04: vehículo 411.

Lubricante	Clasificación de Contaminación	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Clasificación de Equipo	Alerta	PRECAUCIÓN	PRECAUCIÓN	Normal	Alerta
	Estado del lubricante	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Visc@100C (cSt)	13.0	13.1	13.4	13.6	13.7
	Oxidación (Ab/cm)	7	9	11	9	13
	Hollin (Wt %)	0.55	0.43	0.56	0.53	0.66
	Agua (Vol.%)	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
	Indicador de refrigerante	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
Desgaste (ppm)	Ag (Plata)	0	0	0	0	0
	Al (Aluminio)	3	3	5	3	5
	Cr (Cromo)	0	1	1	0	5
	Cu (Cobre)	0	1	1	2	12
	Fe (Hierro)	150	63	55	47	166
	Mo (Molibdeno)	34	40	44	43	42
	Ni (Níquel)	0	0	0	0	1
	Pb (Plomo)	10	7	17	10	12
	Sn (Estaño)	0	1	1	0	2
	Ti (Titanio)	0	0	0	0	0

5.6. Resultados muestra 05: Vehículo 344.

344 se realizó pruebas de compresión en los 4 cilindros (STD 412-469 PSI @200 rpm) y presión de aceite (STD 40-50 PSI @700 rpm en caliente). Compresión P#1: 230 PSI, P#2: 200 PSI, P#3: 280 PSI, P#4: 240 PSI. Mantiene la presión en la recámara.

Presión de aceite 40 PSI, OK. Vehículo en PRECAUCION debido a ligero aumento en la presencia de Fe hierro con 64 ppm. Previamente había sido inspeccionado por Cu cobre y Pb plomo lo que retornó a la normalidad 2 muestras posteriores. Este vehículo presenta reparación de motor en 2018 y debido a la cantidad de Fe se cataloga como desgaste natural del motor. Se tiene en seguimiento y a la espera de próximas muestras. Vale destacar la compresión baja de los cilindros para este motor el cual ronda en 230 psi promedio, no registra reportes de pérdida de potencia y/o aguantamiento por lo que se mantiene en seguimiento.

Figura 12 Tendencias y datos de la muestra 05: vehículo 344.

Lubricante	Clasificación de Contaminación	Normal	PRECAUCIÓN	Normal	Normal	Normal
	Clasificación de Equipo	Normal	PRECAUCIÓN	Alerta	Normal	PRECAUCIÓN
	Estado del lubricante	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Visc@100C (cSt)	13.8	14.0	14.2	13.8	14.4
	Oxidación (Ab/cm)	9	15	12	7	14
	Hollín (Wt %)	0.92	1.20	1.38	0.89	1.66
	Agua (Vol.%)	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
	Indicador de refrigerante	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
Desgaste (ppm)	Ag (Plata)	0	1	0	0	0
	Al (Aluminio)	3	12	6	2	3
	Cr (Cromo)	1	6	3	0	1
	Cu (Cobre)	2	10	27	5	8
	Fe (Hierro)	33	81	74	30	64
	Mo (Molibdeno)	38	47	47	40	40
	Ni (Níquel)	1	4	0	0	0
	Pb (Plomo)	10	26	82	15	33
	Sn (Estaño)	1	7	5	0	0
	Ti (Titanio)	0	1	0	0	0

5.7. Resultados muestra 06: Vehículo 181.

181 no se realizó pruebas de compresión en los 4 cilindros debido a la tipología puesto que tocaba desarmar la tapa válvula para tener acceso a ellos y la herramienta impide su acceso. Presión de aceite (STD 40-50 PSI @700 rpm en caliente).

Presión de aceite 40 PSI, OK. Vehículo en ALERTA debido a presencia moderada de Si silicio con un comportamiento reincidente dada la misma cantidad del componente en la muestra inmediatamente anterior con 59 y 54 ppm respectivamente. Se realizó inspección del sistema de admisión y se encontró mangueras y abrazaderas (turbocompresor) sin el suficiente ajuste y flojas. Se encuentra además ingesta de material particulado por carcasa y tapa filtro de aire admisión. Vehículo modelo reciente sin ningún tipo de intervenciones directas al motor y con

reciente cambio de aceite (14DIC21) por lo que se mantiene en seguimiento y a la espera de próximos resultados para evaluar otras posibles fuentes.

Figura 13 Tendencias y datos de la muestra 06: vehículo 181.

Lubricante	Clasificación de Contaminación	Alerta	Normal	Normal	Alerta	Alerta
	Clasificación de Equipo	Alerta	Normal	PRECAUCIÓN	Alerta	PRECAUCIÓN
	Estado del lubricante	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Viscosidad 100C (cSt)	12.5	12.4	13.4	13.3	13.0
	Oxidación (Ab/cm)	8	8	10	4	8
	Hollín (wt %)	0.61	0.55	0.72	0.56	0.70
	Agua (Vol.%)	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
Desgaste (ppm)	Indicador de refrigerante	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
	Ag (Plata)	0	0	0	0	0
	Al (Aluminio)	34	8	12	24	20
	Cr (Cromo)	1	0	0	2	0
	Cu (Cobre)	45	10	2	9	6
	Fe (Hierro)	70	20	30	52	45
	Mo (Molibdeno)	36	40	43	44	37
	Ni (Níquel)	0	0	0	0	0
	Pb (Plomo)	7	0	3	4	3
	Sn (Estaño)	2	0	0	0	0
Contaminantes (ppm)	Ti (Titanio)	1	0	0	0	0
	K (Potasio)	6	3	0	6	3
	Mn (Manganeso)	1	0			
	Na (Sodio)	9	6	7	15	10
	Si (Silicio)	88	18	32	59	54
	V (Vanadio)	0	0	0	0	0



5.8. Resultados muestra 07: Vehículo 194.

194 no se realizó pruebas de compresión en los 4 cilindros debido a la tipología puesto que tocaba desarmar la tapa válvula para tener acceso a ellos y la herramienta impide su acceso.

Presión de aceite (STD 40-50 PSI @700 rpm en caliente).

Presión de aceite 30 PSI, OK. Vehículo modelo reciente con 600.000 kilómetros recorridos aproximadamente. Muestra en estado ALERTA debido a presencia elevada de hollín. Se procede a realizar inspección y evaluación de los parámetros de inyección principalmente caudal de inyectores y estado de la válvula EGR encontrándose que todos estos parámetros se encuentran en buen estado. Debido a que la muestra de aceite corresponde a 08NOV21 y con 13.000 kilómetros recorridos desde entonces se deja en seguimiento a la espera del siguiente resultado para desmontar estos componentes y realizar mantenimientos preventivos (ultimo cambio de inyectores NO REGISTRA en sistema ni se tiene trazabilidad de este) adicionalmente el vehículo no tiene reportes por aguantamiento o testigo motor.

Figura 14 Tendencias y datos de la muestra 07: vehículo 194



Nombre	Valor	Unidad
Presión deseada del riel de combustible (FRP)	32	MPa
Presión del riel de combustible (FRP)	31	MPa
Cilindro de compensación de combustible 1	-0.4	mm ³ /stroke
Cilindro de compensación de combustible 2	2.7	mm ³ /stroke
Cilindro de compensación de combustible 3	-1.7	mm ³ /stroke
Cilindro de compensación de combustible 4	-0.2	mm ³ /stroke

5.9. Resultados muestra 08: Vehículo 245.

245 se realizó pruebas de compresión en los 4 cilindros (STD 412-469 PSI @200 rpm) y presión de aceite (STD 40-50 PSI @700 rpm en caliente). Compresión P#1: 320 PSI, P#2: 350 PSI, P#3: 300 PSI, P#4: 350 PSI. Mantiene la presión en la recámara.

Presión de aceite 50 PSI, OK. Vehículo con reparación de motor en 20JUN2020, desde JUL2021 ha mostrado presencia de refrigerante en el aceite lo que consecuentemente ha oxidado el motor y generado desprendimiento de Fe hierro en grandes proporciones. En las últimas muestras e inspecciones (última inspección realizada 05NOV21) se estipulo desmontar culata para cambio de empaquetadura, tapa frontal y turbina con el fin de descartar toda fuente de paso de refrigerante al aceite. Esta fue ejecutada en la OT237004 como muestra a continuación. Dado que el ultimo cambio de aceite fue el 23NOV21 se está a la espera de la próxima toma y muestra de aceite para confirmar correctivo.

Figura 15 Tendencias y datos de la muestra 08: vehículo 245.

Lubricante	Clasificación de Contaminación	Alerta	Normal	Alerta	Alerta	Alerta
	Clasificación de Equipo	Alerta	PRECAUCIÓN	Alerta	Alerta	Alerta
	Estado del lubricante	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Grado de viscosidad SAE	40				
	Visc@100C (cSt)	14.4	11.9	13.2	13.2	13.3
	Oxidación (Ab/cm)	11	5	9	5	10
	Hollín (Wt %)	3.56	0.80	0.70	0.72	1.16
	Agua (Vol.%)	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
	Indicador de refrigerante	No detectado	No detectado	DETECTED	DETECTED	DETECTED
Desgaste (ppm)	Ag (Plata)	0	0	0	0	0
	Al (Aluminio)	7	3	4	4	3
	Cr (Cromo)	0	4	3	0	3
	Cu (Cobre)	6	7	4	1	5
	Fe (Hierro)	190	76	188	191	181
	Mo (Molibdeno)	39	30	42	33	39
	Ni (Níquel)	0	0	0	0	0
	Pb (Plomo)	10	4	3	0	3
	Sn (Estaño)	0	0	2	0	2
Ti (Titanio)	0	0	0	0	0	
Contaminantes (ppm)	K (Potasio)	0	6	131	134	181
	Mn (Manganeso)	4	0	2		
	Na (Sodio)	7	4	34	31	35
	Si (Silicio)	10	14	11	13	9
	V (Vanadio)	0	0	0	0	0

OBSERVACIONES		
Clase Observación	Fecha ingreso	
OBSERVACIONES	Tipo	Fecha
SE DESMONTA RADIADOR	Planeador	09/12/2021
SE DESMONTA COMPRESOR DE AIRE	Planeador	09/12/2021
SE DESMONTA TAPA FRONTAL	Planeador	09/12/2021
SE DESMONTA EMPAQUE DE CULATA	Planeador	09/12/2021
SE LIMPIO BLOQUE MOTOR	Planeador	09/12/2021
SE LIMPIO CULATA MOTOR	Planeador	09/12/2021
SE LIMPIO TAPA FRONTAL Y ACCESORIOS	Planeador	09/12/2021
SE DESMONTA CARTER	Planeador	09/12/2021
SE COMIENZA DESARME DE VEHICULO, SE ARMA NUEVAMENTE Y AUTORIZAN	Planeador	09/12/2021
DESARMADO POR TEMPERATURA Y SUSPENCIÓN DE ACEITE	Planeador	09/12/2021

OBSERVACIONES		
Clase Observación	Fecha ingreso	
OBSERVACIONES	Tipo	Fecha
DESARMADO POR TEMPERATURA Y SUSPENCIÓN DE ACEITE	Planeador	09/12/2021
SE LUBO Y SE LAVO BLOQUE MOTOR, SE MONTO CULATA MOTOR	Ejecutor	10/12/2021
SE TORQUEO CULATA, SE COLOCO EJE BOLANCRN EJE DE LEVAS	Ejecutor	10/12/2021
SE CALIBRO VALVULAS SE MONTO TAPA FRONTAL CON ORING NUEVO	Ejecutor	10/12/2021
SE MONTO BOMBA DE AGUA NUEVA	Ejecutor	10/12/2021
SE MONTO CARTER, SE MONTO BIJE COMPRESOR Y COMPRESOR	Ejecutor	10/12/2021
SE MONTO CORREAS DE ALTERNADOR Y COMPRESOR, SE AJUSTARON CORREAS	Ejecutor	10/12/2021
SE CAMBIO ACEITE Y FILTRO DE ACEITE, SE COLOCO TAPA MOTOR	Ejecutor	10/12/2021
SE CAMBIO BASE A SOPORTE DE LA CAJA, SE CALZO CRUCETA N2	Ejecutor	10/12/2021
SE AJUSTO TERMINAL, SE GRADUO FRENOS Y SE DRENO TANQUES	Ejecutor	10/12/2021

5.10. Resultados muestra 09: Vehículo 338.

338 se realizó pruebas de compresión en los 4 cilindros (STD 412-469 PSI @200 rpm) y presión de aceite (STD 40-50 PSI @700 rpm en caliente). Compresión P#1: 410 PSI, P#2: 400 PSI, P#3: 360 PSI, P#4: 400 PSI. Mantiene la presión en la recamara.

Presión de aceite 40 PSI, OK. Vehículo en ALERTA debido a alto aumento de Fe hierro en 169 ppm, lo cual muestra una tendencia ascendente en la presencia de este elemento. Adicional a ello presenta Cu en 21 ppm. Este vehículo tuvo reparación de motor en 2017, al revisar su operación se encuentra que tiene 500 kilómetros recorridos en los últimos 4 meses lo que presume que corresponde a vehículo de reemplazo. Desde entonces AGO2021 no ha tenido

muestras de aceite y las anteriores datan de 2019. Presenta buena compresión y presión de aceite. Se realiza toma de muestra con los 8.000 kilómetros recorridos para evaluar comportamiento.

Figura 16 Tendencias y datos de la muestra 09: vehículo 338.

Lubricante	Clasificación de Contaminación	Normal	Alerta	Normal	Normal	Normal
	Clasificación de Equipo	Alerta	Alerta	PRECAUCIÓN	PRECAUCIÓN	Alerta
	Estado del lubricante	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Grado de viscosidad SAE	40	40	40		
	Visc@100C (cSt)	14.1	14.2	15.1	15.7	15.0
	Oxidación (Ab/cm)	14	6	15	15	13
	Hollín (Wt %)	2.45	2.57	1.52	1.52	1.05
	Agua (Vol.%)	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
	Indicador de refrigerante	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
Desgaste (ppm)	Ag (Plata)	0	0	0	0	0
	Al (Aluminio)	7	9	6	7	11
	Cr (Cromo)	22	21	7	1	3
	Cu (Cobre)	5	4	0	2	21
	Fe (Hierro)	52	70	116	98	169
	Mo (Molibdenu)	46	54	40	44	50
	Ni (Níquel)	0	0	0	0	0
	Pb (Plomo)	3	3	9	21	20
	Sn (Estaño)	9	9	0	2	2
	Ti (Titanio)	0	0	0	0	0

5.11. Resultados muestra 10: Vehículo 483.

483 se realizó pruebas de compresión en los 4 cilindros (STD 412-469 PSI @200 rpm) y presión de aceite (STD 40-50 PSI @700 rpm en caliente). Compresión P#1: 300 PSI, P#2: 320 PSI, P#3: 300 PSI, P#4: 300 PSI. Mantiene la presión en la recámara.

Presión de aceite 40 PSI, OK. Estado PRECAUCION debido a un ligero aumento en la presencia de Fe hierro con 67 ppm. Dada la reciente reparación de motor en 2019 se cataloga como desgaste natural del motor teniendo en cuenta que su comportamiento ha sido positivo ya que el evento presentado en 09JUN21 por presencia de refrigerante se debió posiblemente a contaminación del aceite ya que se tomó muestra y posterior a ellas se retomó la normalidad de los resultados OT216954. Se mantiene en seguimiento.

Figura 17 Tendencias y datos de la muestra 10: vehículo 483.

Lubricante	Clasificación de Contaminación	Normal	Alerta	Normal	Normal	Normal
	Clasificación de Equipo	Normal	Alerta	Normal	Normal	PRECAUCIÓN
	Estado del lubricante	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Visc@100C (cSt)	12.9	13.8	13.6	14.0	13.7
	Oxidación (Ab/cm)	6	10	8	9	9
	Hollin (Wt %)	0.39	0.85	0.52	0.71	0.78
	Agua (Vol.%)	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
	Indicador de refrigerante	No detectado	DETECTED	No detectado	No detectado	No detectado
Desgaste (ppm)	Ag (Plata)	0	0	0	0	0
	Al (Aluminio)	3	4	2	1	9
	Cr (Cromo)	0	1	0	0	4
	Cu (Cobre)	0	16	4	4	4
	Fe (Hierro)	40	135	26	43	67
	Mo (Molibdeno)	40	43	41	41	47
	Ni (Níquel)	0	3	0	0	0
	Pb (Plomo)	0	4	1	3	1
	Sn (Estaño)	0	2	0	0	1
	Ti (Titanio)	0	0	0	0	0

Compañía AS ALIANZA SODIS LTDA

INFORMACION ORDEN DE TRABAJO

Orden Trabajo 216954 Fecha 21/06/2021

Descripción Corta INSPECCION MOTOR

Activo TZL124CH CHASIS CHEVROLET NQR MOD 2013 #483

OBSERVACIONES

Clase Observación Fecha ingreso

OBSERVACIONES	Tipo	Fecha
SE REVISO MANGUERAS DEL TURBO Y DE LA ADMISION	Ejecutor	08/07/2021
SE AJUSTARON ABRAZADERAS	Ejecutor	08/07/2021
SE REVISO EL NIVEL DEL ACEITE OK	Ejecutor	08/07/2021
SE ENCONTRO RUIDO EN LE ALTERNADOR ESTA SONANDO SE ENCO	Ejecutor	08/07/2021
NTR0 BANDAS RUEDAS TRASERA LADO DERECHO BAJITAS CAMBIA	Ejecutor	08/07/2021
SE ENCONTRO LA ORQUILLA DE LA BALINERA DEL CLUTCH EN MAL ES	Ejecutor	08/07/2021
ESTADIO CAMBIAR	Ejecutor	08/07/2021
SE REVISO MANGUERA DEL RADIADOR OK	Ejecutor	08/07/2021
SE CAMBIO PERA LUBRICACION DEL ACEITE NUEVA	Ejecutor	08/07/2021
SE SACO MUESTRA DE ACEITE PARA EVALUACION	Ejecutor	08/07/2021

5.12. Resultados muestra 11: Vehículo 467.

467 se realizó pruebas de compresión en los 4 cilindros (STD 412-469 PSI @200 rpm) y presión de aceite (STD 40-50 PSI @700 rpm en caliente). Compresión P#1: 340 PSI, P#2: 320 PSI, P#3: 360 PSI, P#4: 360 PSI. Mantiene la presión en la recamara.

Presión de aceite 60 PSI, OK. Estado ALERTA debido a presencia de Cu cobre, Al aluminio, Fe hierro Pb plomo y Si silicio en 38, 15, 119, 108 y 28 ppm respectivamente. El estado de desgaste para este motor es preocupante teniendo en cuenta principalmente la presencia de Cu cobre y Pb plomo principales componentes de desgaste en casquetería. Por otra

parte, teniendo en cuenta su modelo y kilometraje total recorrido, así como la falta de intervenciones previas al motor lo convierten en un activo con alta probabilidad de falla, razón por la cual debe ser reparado preventivamente. Se solicita entonces detener vehículo para desmontar cárter y evaluar presencia de elementos particulados suspendidos en el aceite. Otros factores como consumo de aceite y desfogue del motor excesivos.

Figura 18 Tendencias y datos de la muestra 11: vehículo 467.

Lubricante	Clasificación de Contaminación	Normal	Normal	Alerta	Normal	Alerta
	Clasificación de Equipo	Normal	Normal	Normal	PRECAUCIÓN	Alerta
	Estado del lubricante	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Visc@100C (cSt)	13.6	13.4	13.6	14.0	14.3
	Oxidación (Ab/cm)	8	10	10	10	9
	Hollin (Wt %)	1.33	1.34	1.40	1.59	1.67
	Agua (Vol%)	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
	Indicador de refrigerante	No detectado	No detectado	DETECTED	No detectado	No detectado
Desgaste (ppm)	Ag (Plata)	0	0	0	0	0
	Al (Aluminio)	4	2	5	6	15
	Cr (Cromo)	1	1	1	3	5
	Cu (Cobre)	7	4	12	13	38
	Fe (Hierro)	36	29	49	80	119
	Mo (Molibdeno)	36	42	46	36	47
	Ni (Níquel)	1	0	1	0	2
	Pb (Plomo)	6	8	10	8	108
	Sn (Estaño)	0	0	1	2	6
	Ti (Titanio)	0	0	0	0	0
Contaminantes (ppm)	K (Potasio)	4	11	52	46	21
	Mn (Manganeso)	0	0			
	Na (Sodio)	43	23	25	28	43
	Si (Silicio)	10	6	8	12	28
	V (Vanadio)	0	0	0	0	0

5.13. Resultados muestra 12: Vehículo 492.

492 se realizó pruebas de compresión en los 4 cilindros (STD 412-469 PSI @200 rpm) y presión de aceite (STD 40-50 PSI @700 rpm en caliente). Compresión P#1: 320 PSI, P#2: 320 PSI, P#3: 340 PSI, P#4: 320 PSI. Mantiene la presión en la recámara.

Presión de aceite 40 PSI, OK. Vehículo en estado ALERTA debido a un incremento en el Fe hierro producto de un incremento proporcional del Si silicio desde la muestra anterior

(06AGO21). No se tienen acciones correctivas registradas por lo cual se realizan los ajustes en la admisión del motor incluyendo ductos y abrazaderas. Este resultado data del 11FEB22 y a la fecha de entrega de este reporte se tiene un nuevo resultado con disminución de Fe hierro en 70 ppm, más del 50% de disminución respecto a la muestra anterior. No registra ingesta de Si silicio y se encuentra en estado PRECAUCION y en seguimiento. Registra reparación reciente de motor por lo que no se tienen acciones correctivas.

Figura 19 Tendencias y datos de la muestra 12: vehículo 492.

	Clasificación de Contaminación	Normal	Normal	Alerta	Alerta	Normal
Lubricante	Clasificación de Equipo	PRECAUCIÓN	PRECAUCIÓN	Alerta	Alerta	PRECAUCIÓN
	Estado del lubricante	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Visc@100C (cSt)	13.7	13.6	13.6	13.7	13.3
	Oxidación (Ab/cm)	9	11	9	12	8
	Hollin (Wt %)	1.00	0.34	0.58	1.05	0.97
	Agua (Vol.%)	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
	Indicador de refrigerante	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
	Desgaste (ppm)	Ag (Plata)	0	0	0	0
Al (Aluminio)		6	3	24	19	6
Cr (Cromo)		6	2	6	7	2
Cu (Cobre)		27	1	5	10	3
Fe (Hierro)		67	65	120	148	70
Mo (Molibdeno)		40	43	41	39	43
Ni (Níquel)		3	0	0	0	0
Pb (Plomo)		49	9	7	17	17
Sn (Estaño)		4	1	4	6	0
Ti (Titanio)		0	0	0	0	0
K (Potasio)		15	3	5	4	0
Contaminantes (ppm)	Mn (Manganeso)	1	0			
	Na (Sodio)	13	8	8	10	6
	Si (Silicio)	16	11	63	37	17
	V (Vanadio)	0	0	0	0	0

5.14. Resultados muestra 13: Vehículo 444.

444 se realizó pruebas de compresión en los 4 cilindros (STD 412-469 PSI @200 rpm) y presión de aceite (STD 40-50 PSI @700 rpm en caliente). Compresión P#1: 420 PSI, P#2: 400 PSI, P#3: 400 PSI, P#4: 420 PSI. Mantiene la presión en la recámara.

Presión de aceite 40 PSI, OK. Se toma muestra de aceite como acción correctiva de la muestra anterior encontrándose a los cerca de 5.000 kilómetros recorridos desgaste de Fe hierro

por presencia en 93 ppm y rastro proporcional de Si silicio en 13 ppm. Presenta reparación total de motor en JUNIO 2021 por lo cual está con poco kilometraje desde entonces (cerca de unos 20.000 kilómetros desde entonces). Se presume entonces desgaste por asentamiento de partes y se mantiene en seguimiento. De seguirse este comportamiento se debe disminuir la frecuencia de cambio de aceite debido a la tipología y modelo del vehículo.

Figura 20 Tendencias y datos de la muestra 13: vehículo 444.

	Clasificación de Contaminación	PRECAUCIÓN	Normal	Normal	Alerta	Normal
	Clasificación de Equipo	Alerta	Normal	Normal	Alerta	PRECAUCIÓN
	Estado del lubricante	PRECAUCIÓN	PRECAUCIÓN	PRECAUCIÓN	Normal	Normal
Lubricante	Grado de viscosidad SAE	40	40	40		
	Visc@100C (cSt)	14.9	14.5	14.9	14.1	13.8
	Oxidación (Ab/cm)	20	22	23	10	3
	Hollin (Wt %)	1.72	1.18	1.58	2.52	1.59
	Agua (Vol.%)	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
	Indicador de refrigerante	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
Desgaste (ppm)	Ag (Plata)	2	0	0	1	0
	Al (Aluminio)	23	6	7	8	6
	Cr (Cromo)	5	5	4	18	8
	Cu (Cobre)	61	20	29	13	4
	Fe (Hierro)	46	38	40	286	93
	Mo (Molibdénico)	48	46	49	41	35
	Ni (Níquel)	1	0	0	2	0
	Pb (Plomo)	6	17	20	45	8
	Sn (Estaño)	6	4	0	14	6
	Ti (Titanio)	1	0	0	1	0
	K (Potasio)	4	0	0	4	3
Contaminantes (ppm)	Mn (Manganeso)	1	0	0		
	Na (Sodio)	7	7	4	10	4
	Si (Silicio)	20	9	8	48	13
	V (Vanadio)	0	0	0	0	0

5.15. Resultados muestra 14: Vehículo 517.

517 se realizó pruebas de compresión en los 4 cilindros (STD 412-469 PSI @200 rpm) y presión de aceite (STD 40-50 PSI @700 rpm en caliente). Compresión P#1: 360 PSI, P#2: 380 PSI, P#3: 360 PSI, P#4: 360 PSI. Mantiene la presión en la recámara.

Presión de aceite 40 PSI, OK. Muestra de aceite en PRECAUCION debido a un ligero aumento en Fe hierro con 57 ppm muy poco por encima del límite permisible. Se encuentra reciente reparación de motor ENERO 2020 y basado en las últimas muestras de aceite se considera como desgaste natural de las partes debido a que no presenta ningún otro indicador o

parámetro por fuera de lo normal. En seguimiento de resultados futuros debido a la reciente toma de muestra 15MAY22.

Figura 21 Tendencias y datos de la muestra 14: vehículo 517.

Lubricante	Clasificación de Contaminación	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Clasificación de Equipo	Normal	Normal	PRECAUCIÓN	Normal	PRECAUCIÓN
	Estado del lubricante	PRECAUCIÓN	Normal	Normal	Normal	Normal
	Visc@100C (cSt)	12.8	13.3	13.2	13.6	13.4
	Oxidación (Ab/cm)	20	3	10	5	8
	Hollín (Wt %)	1.22	0.71	1.43	0.76	1.45
	Agua (Vol.%)	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
	Indicador de refrigerante	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
Desgaste (ppm)	Ag (Plata)	0	0	0	0	0
	Al (Aluminio)	4	0	7	2	7
	Cr (Cromo)	1	0	3	2	3
	Cu (Cobre)	6	0	6	2	4
	Fe (Hierro)	48	10	54	49	57
	Mo (Molibdeno)	41	45	42	40	40
	Ni (Níquel)	0	0	0	0	0
	Pb (Plomo)	18	0	14	10	10
	Sn (Estaño)	2	0	3	1	4
	Ti (Titanio)	0	0	0	0	0

5.16. Resultados muestra 15: Vehículo 156.

156 no se realizó pruebas de compresión en los 4 cilindros debido a la tipología puesto que tocaba desarmar la tapa válvula para tener acceso a ellos y la herramienta impide su acceso. Presión de aceite (STD 40-50 PSI @700 rpm en caliente).

Presión de aceite 40 PSI, OK. Se encuentra presencia de refrigerante y K potasio en 106 ppm, elemento presente en el fluido mencionado. Las acciones correctivas no fueron inmediatas, sin embargo, el vehículo ingresó a mantenimiento debido a devolución del refrigerante por el depósito auxiliar. Al reemplazar empaquetadura de culatín compresor se encuentra que la culata está afectada debido a eventos de recalentamiento previo y se presenta también fuga de refrigerante por la bomba de agua. Se desmontan estos componentes y son evaluados en la rectificadora donde se les realizan reparaciones. Por lo anterior se presume que el empaque venía

cediendo, permitiendo el paso de refrigerante al aceite, así como la bomba de agua y la tapa frontal. Se está en seguimiento a los resultados futuros.

Figura 22 Tendencias y datos de la muestra 15: vehículo 156.

Compañía AS ALIANZA SODIS LTDA

INFORMACION ORDEN DE TRABAJO

Orden Trabajo 263229 Fecha 15/05/2022

Descripción Corta CORRECTIVOS PROGRAMADOS DE RUTINA MECANICA

Activo WGA177CH CHASIS CHEVROLET FRM MOD 2015 #156

OBSERVACIONES

Clase Observación Fecha ingreso

OBSERVACIONES	Tipo	Fecha
SE REVISY Y ESTA VOMITANDO EL REFRIGERANTE	Ejecutor	07/05/202
SE DESMONTA TUBO ADMISION Y SE DESMONTA CULATA Y CULATIN COMPRESOR	Ejecutor	07/05/202
SE PIDEN EMPAQUES Y LUB. SE LUBAN SUPERFICIES Y SE INSTALA NUEVAMENTE	Ejecutor	07/05/202
SE AGREGA REFRIGERANTE Y SE PRUEBA VEH SIGUE CON LA MISMA ANOMALIA	Ejecutor	07/05/202
SE HACE OTRA PRUEBA SE QUITA CORREA DE BOMBA DE AGUA Y TAPA	Ejecutor	07/05/202
TERMOSTATOS Y SE ENCIENDE VEH AL ACELERARLO PRESENTA BURBUJA	Ejecutor	07/05/202
PRESENTA EMPAQUE CULATA MALO Y TIENE FUGA POR BOMBA DE AGUA	Ejecutor	07/05/202
SE DESMONTA TAPA MUERTO	Ejecutor	09/05/202
SE DESMONTA CAUDALES TUBERIAS DE INYECTOR	Ejecutor	09/05/202
SE DESMONTA SISTEMA DE ESCAPE	Ejecutor	09/05/202

	Clasificación de Contaminación	Alerta	Alerta	Normal	Normal	Alerta
	Clasificación de Equipo	PRECAUCIÓN	PRECAUCIÓN	Normal	Normal	Normal
Lubricante	Estado del lubricante	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Viscosidad @100C (cSt)	13.7	14.0	13.7	14.1	13.9
	Oxidación (Ab/cm)	6	10	7	11	8
	Hollin (Wt %)	0.94	1.17	0.64	1.17	1.27
	Agua (Vol.%)	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
	Indicador de refrigerante	DETECTED	DETECTED	No detectado	No detectado	DETECTED
	Desgaste (ppm)	Ag (Plata)	0	0	0	0
Al (Aluminio)		7	5	1	6	1
Cr (Cromo)		1	0	0	0	0
Cu (Cobre)		2	1	0	1	1
Fe (Hierro)		64	67	20	38	30
Mo (Molibdeno)		39	45	41	45	40
Ni (Níquel)		0	0	1	0	0
Pb (Plomo)		3	4	2	4	4
Sn (Estaño)		2	0	1	0	0
Ti (Titanio)		1	0	0	0	0
Contaminantes (ppm)	K (Potasio)	52	88	18	27	106
	Mn (Manganeso)	1	0	0	0	
	Na (Sodio)	168	72	15	22	39
	Si (Silicio)	25	20	7	11	8
	V (Vanadio)	0	0	0	0	0

5.17. Resultados muestra 16: Vehículo 424.

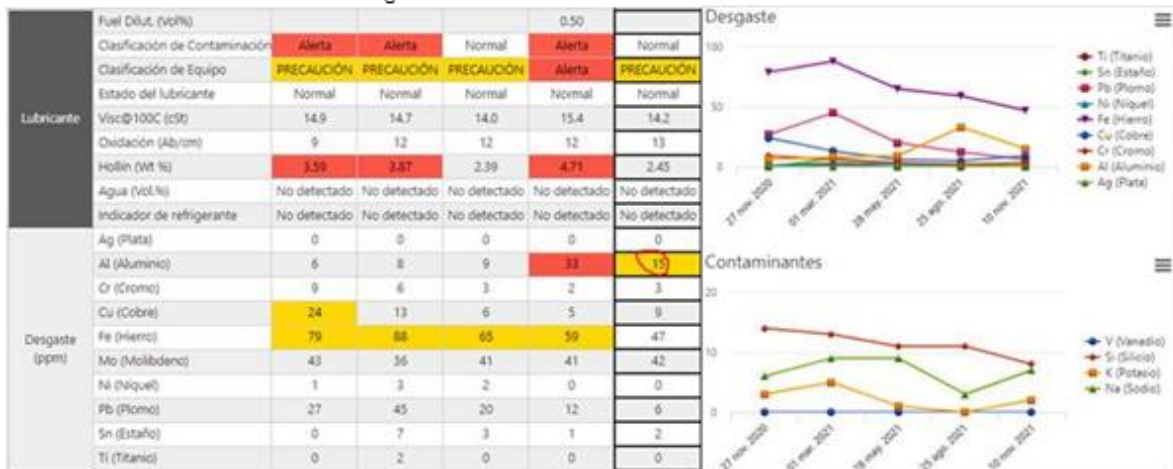
424 se realizó pruebas de compresión en los 4 cilindros (STD 412-469 PSI @200 rpm) y presión de aceite (STD 40-50 PSI @700 rpm en caliente). Compresión P#1: 360 PSI, P#2: 380 PSI, P#3: 360 PSI, P#4: 400 PSI. Mantiene la presión en la recámara.

Presión de aceite 60 PSI, OK. Presenta novedad de Fe hierro en 82 ppm, lo cual ha sido reincidente de acuerdo con la inspección realizada anteriormente. Registra una reparación de motor en SEPTIEMBRE de 2019 por lo cual se presume corresponde a desgaste natural del motor y donde adicionalmente no tiene contaminantes que puedan producirlo como Si silicio. En seguimiento.

Figura 23 Tendencias y datos de la muestra 16: vehículo 424.

- 424 se realizó pruebas de compresión en los 4 cilindros (STD 412-469 PSI @200 rpm) y presión de aceite (STD 40-50 PSI @700 rpm en caliente).

Compresión P#1: 360 PSI, P#2: 340 PSI, P#3: 330 PSI, P#4: 340 PSI. Mantiene la presión en la recámara. Presión de aceite 60 PSI, OK. Muestra en PRECAUCION debido a ligero aumento en Al aluminio lo cual se cataloga como desgaste natural del motor. Compresión y presión de aceite en óptimas condiciones dado que tuvo reciente reparación de motor en SEP19. Se mantiene en seguimiento.



viernes 25/05/2021 3:07 PM
 coordinadormantenimiento@alanzasodis.com
 INSP PREV MOTOR MUESTRA ACEITE 424-608
 Para: Stanleyth Diaz

• 424 se realizó pruebas de compresión en los 4 cilindros (STD 412-469 PSI @200 rpm) y presión de aceite (STD 40-50 PSI @700 rpm en caliente).
 Compresión P#1: 420 PSI, P#2: 420 PSI, P#3: 420 PSI, P#4: 400 PSI. Mantiene la presión en la recámara. OK.
 Presión de aceite 70 PSI, OK. En términos generales los indicadores de presión aceite y compresión en cilindros se muestran óptimos basados en la reciente reparación de motor. Este vehículo presentó ALERTA debido al alto contenido de hollín, se encontraron bujías precalentadores limpias por lo que se descarta insuficiencia en la inyección, se encuentra manguera de turbo-admisión desajustada y filtro de aire obstruido lo que podría empobrecer la mezcla. Se sacude y se corrige novedad y se tiene en seguimiento.

5.18. Resultados muestra 17: Vehículo 248.

248 se realizó pruebas de compresión en los 4 cilindros (STD 412-469 PSI @200 rpm) y presión de aceite (STD 40-50 PSI @700 rpm en caliente). Compresión P#1: 320 PSI, P#2: 300 PSI, P#3: 320 PSI, P#4: 320 PSI. Mantiene la presión en la recámara.

Presión de aceite 30 PSI, OK. Se encuentra reincidencia en componentes de desgaste respecto a las inspecciones de motor anteriores. Adicionalmente se determina ruido anormal cuyos reportes previos fueron realizados a comienzos de 2022, principalmente por calibración de valvulas la cual fue ejecutada mediante cambio del eje balancín posterior a esta intervención, por lo cual se encuentra correctivo realizado. Por otra parte se encuentra que el vehículo no tiene reparaciones previas de motor, ni parciales ni totales por lo cual dado su recorrido y modelo lo mantiene como candidato para reparación. A pesar de no tenerse parámetros “delicados” (a excepción de la presencia de Fe hierro, Cu cobre y Cr cromo los cuales pueden ser asociados a la ingesta de contaminantes Si silicio y el desprendimiento del material del eje balancín encontrado picado y posteriormente reemplazado) se deja a consideración teniendo en cuenta otros factores como CPK, MKBF, disposición de carrocería, entre otros para evaluar posible gestión de activos o en su defecto reparación de motor preventiva.

Figura 24 Tendencias y datos de la muestra 17: vehículo 248.

No ORDEN	CENTRO COSTO	PRIORIDAD	FECHA SOLICITUD	OBSERVACIONES
238023	248	3	12/11/2021	EL MOTOR TIENE SONIDO ANORMAL AL ACELERAR (2022-01-03)
245130	248	3	4/01/2022	SONIDO ANORMAL EN EL MOTOR (2022-01-04)
247115	248	3	17/01/2022	PRESENTA JUEGO EN LA TRANSMISION QUE PRODUCE SONIDO ANORMAL (2022-01-17)
247115	248	3	17/01/2022	L EJE BALANCIN Y EL EJE DE LEVA PARA VERIFICAR SONIDO (2022-01-17)
253177	248	3	23/02/2022	SE ENCUENTRA UN SONIDO ANORMAL EN EL MOTOR ESTA PRESENTANDO EL SONIDO (2022-03-04)

Lubricante	Fuel Dilut. (Vol%)		1.06			
	Clasificación de Contaminación	Normal	Normal	Alerta	PRECAUCIÓN	PRECAUCIÓN
	Clasificación de Equipo	Normal	Normal	Alerta	Normal	Normal
	Estado del lubricante	Normal	PRECAUCIÓN	Normal	Normal	Normal
	Visc@100C (cSt)	12.3	11.5	11.7	12.1	12.1
	Oxidación (Ab/cm)	6	4	2	7	7
	Hollin (Wt %)	0.54	0.64	0.63	0.54	0.36
	Agua (Vol.%)	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
	Indicador de refrigerante	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
Desgaste (ppm)	Ag (Plata)	0	0	0	0	0
	Al (Aluminio)	3	3	37	6	10
	Cr (Cromo)	0	0	15	2	4
	Cu (Cobre)	1	3	31	23	30
	Fe (Hierro)	25	34	156	42	48
	Mo (Molibdeno)	34	32	49	37	40
	Ni (Níquel)	2	0	0	0	0
	Pb (Plomo)	6	8	14	6	8
	Sn (Estaño)	2	0	8	0	0
	Ti (Titanio)	0	0	0	0	0
Contaminantes (ppm)	K (Potasio)	0	1	6	1	4
	Mn (Manganeso)	0	0			
	Na (Sodio)	5	2	17	5	7
	Si (Silicio)	8	6	76	21	24
	V (Vanadio)	0	0	0	0	0

5.19. Resultados muestra 18: Vehículo 150.

150 se realizó pruebas de compresión en los 4 cilindros (STD 412-469 PSI @200 rpm) y presión de aceite (STD 40-50 PSI @700 rpm en caliente). Compresión P#1: 320 PSI, P#2: 300 PSI, P#3: 320 PSI, P#4: 300 PSI. Mantiene la presión en la recámara.

Presión de aceite 30 PSI, OK. Se encuentra muestra en ALERTA debido a la presencia de Pb plomo y Cu cobre en 96 y 22 ppm respectivamente. Para estos casos se determina que la presencia de los componentes mencionados deriva del desprendimiento de material de casquetería de motor. Se realiza inspección complementaria mediante desmonte del cárter del motor, sin encontrar evidencia de laminillas de cobre o granulado lo cual es común en estos casos. Sin embargo, teniendo en cuenta el kilometraje total del motor y su modelo, se opta por realizar reemplaza de la casquetería de biela y prevenir próximos desgastes. Estos correctivos fueron realizados a finales de ABRIL, por lo cual se mantiene en seguimiento y a la espera de los próximos resultados de análisis de aceite para determinar reincidencias. En caso de repetir, se

descartaría biela y se procedería a desmontar motor ya que existe la alta probabilidad de que el desprendimiento sea en bancada, teniendo en cuenta el recorrido total y modelo.

Figura 25 Tendencias y datos de la muestra 18: vehículo 150.

Lubricante	Clasificación de Contaminación	Normal	PRECAUCIÓN	Normal	Normal	Normal
	Clasificación de Equipo	PRECAUCIÓN	PRECAUCIÓN	PRECAUCIÓN	Normal	Alerta
	Estado del lubricante	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Visc@100C (cSt)	13.9	13.2	13.5	13.5	13.5
	Oxidación (Ab/cm)	10	13	10	12	12
	Hollín (Wt.%)	0.81	0.70	0.61	0.60	0.57
	Agua (Vol.%)	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
Desgaste (ppm)	Indicador de refrigerante	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
	Ag (Plata)	0	0	0	0	0
	Al (Aluminio)	5	6	7	2	3
	Cr (Cromo)	2	2	4	0	0
	Cu (Cobre)	5	16	20	8	22
	Fe (Hierro)	70	80	55	25	29
	Mo (Molibdeno)	41	46	42	38	42
	Ni (Níquel)	1	0	1	0	0
	Pb (Plomo)	14	43	18	17	96
	Sn (Estaño)	2	2	3	0	0
Ti (Titanio)	0	0	0	0	0	

5.20. Resultados muestra 19: Vehículo 888.

888 se realizó pruebas de compresión en los 4 cilindros (STD 412-469 PSI @200 rpm) y presión de aceite (STD 40-50 PSI @700 rpm en caliente). Compresión P#1: 340 PSI, P#2: 280 PSI, P#3: 320 PSI, P#4: 250 PSI. Mantiene la presión en la recámara.

Presión de aceite 40 PSI, OK. Vehículo con reparación de motor en ABRIL 2020 y 90.000 kilómetros recorridos desde entonces, presenta aumento en hollín, así como desgaste en elementos como Cr cromo, Sn estaño y Fe hierro característicos de componentes como camisas de motor y anillos. Para el hollín el vehículo presenta ultimo cambio de inyectores en ABRIL 2020 coincidentalmente con su reparación de motor, por lo cual requiere desmonte y reparación preventiva. Por otra parte, los componentes desprendidos de la camisa y anillos surgen generalmente por el recostamiento de 1 pistón producto del recalentamiento del motor. En sistema registra una varada en ruta por recalentamiento de motor el 17MAR22, sin embargo, la

muestra fue tomada el 04MAR22. Desde entonces ha recorrido 11.200 kilómetros, por lo tanto está próximo a tomarse una nueva muestra, por lo cual se mantiene en seguimiento y a la espera de los resultados para tomar los correctivos pertinentes.

Figura 26 Tendencias y datos de la muestra 19: vehículo 888.

	Clasificación de Contaminación	Alerta	Alerta	Normal	PRECAUCIÓN	Alerta
	Clasificación de Equipo	PRECAUCIÓN	PRECAUCIÓN	PRECAUCIÓN	Alerta	PRECAUCIÓN
Lubricante	Estado del lubricante	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Visc@100C (cSt)	13.3	13.3	13.1	13.5	15.2
	Oxidación (Ab/cm)	9	9	7	8	9
	Hollin (WT %)	0.54	0.62	0.44	1.84	3.92
	Agua (Vol%)	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
	Indicador de refrigerante	DETECTED	DETECTED	No detectado	No detectado	No detectado
	Ag (Plata)	0	0	0	0	0
Desgaste (ppm)	Al (Aluminio)	5	5	4	7	7
	Cr (Cromo)	3	3	2	28	18
	Cu (Cobre)	8	4	2	3	7
	Fe (Hierro)	73	102	72	177	109
	Mo (Molibdeno)	40	47	43	42	40
	Ni (Níquel)	0	0	0	0	0
	Pb (Plomo)	15	15	8	10	17
	Sn (Estaño)	4	4	3	13	10
Contaminantes (ppm)	Ti (Titanio)	0	0	0	0	0
	K (Potasio)	183	81	49	8	4
	Mn (Manganeso)	3	3	0		
	Na (Sodio)	88	37	23	29	10
	Si (Silicio)	17	15	10	25	10
	V (Vanadio)	0	0	0	0	0

5.21. Resultados muestra 20: Vehículo 309.

309 se realizó pruebas de compresión en los 4 cilindros (STD 412-469 PSI @200 rpm) y presión de aceite (STD 40-50 PSI @700 rpm en caliente). Compresión P#1: 300 PSI, P#2: 350 PSI, P#3: 330 PSI, P#4: 430 PSI. Mantiene la presión en la recámara.

Presión de aceite 35 PSI, OK. Reincidencia en las últimas muestras de aceite por presencia de elementos contaminantes y materiales de desgaste como Fe hierro y Al aluminio, los cuales han disminuido progresivamente. Entre los correctivos realizados se encuentra ajustes de la admisión, abrazaderas y tuberías. Se mantiene en proceso de seguimiento a la espera de los resultados venideros para cerrar caso.

Figura 27 Tendencias y datos de la muestra 20: vehículo 309.

Lubricante	Clasificación de Contaminación	Normal	Normal	Normal	PRECAUCIÓN	Alerta
	Clasificación de Equipo	Normal	Normal	Alerta	Alerta	PRECAUCIÓN
	Estado del lubricante	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Visc@100C (cSt)	13.8	13.8	14.0	13.7	13.5
	Oxidación (Ab/cm)	12	11	14	10	11
	Hollín (wt %)	0.80	0.86	1.01	0.86	0.83
	Agua (Vol-%)	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
	Indicador de refrigerante	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
Desgaste (ppm)	Ag (Plata)	0	0	0	0	0
	Al (Aluminio)	2	7	21	33	17
	Cr (Cromo)	1	1	2	3	5
	Cu (Cobre)	2	2	6	15	10
	Fe (Hierro)	32	50	44	53	75
	Mo (Molibdeno)	46	47	47	40	47
	Ni (Níquel)	1	0	0	0	0
	Pb (Plomo)	13	19	13	30	20
	Sn (Estaño)	2	0	1	2	4
	Ti (Titanio)	0	0	0	0	0
Contaminantes (ppm)	K (Potasio)	2	0	1	0	5
	Mn (Manganeso)	0				
	Na (Sodio)	7	6	6	8	10
	Si (Silicio)	9	12	13	20	35
	V (Vanadio)	0	0	0	0	0

5.22. Casos de éxito en reparación preventiva de motor: Vehículo 169.

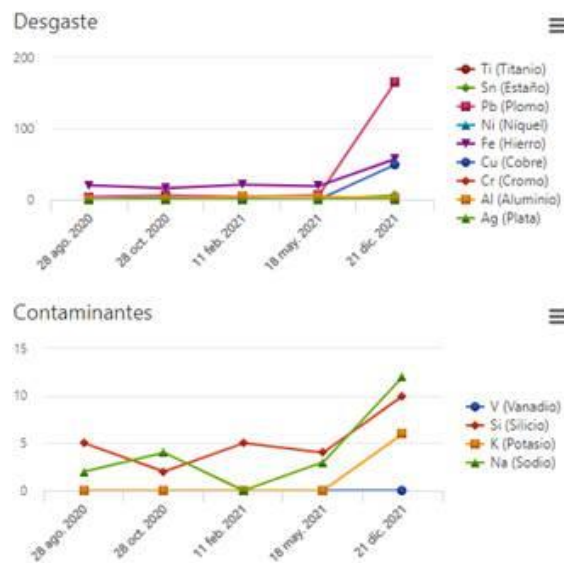
• 169 no se realizó pruebas de compresión en los 4 cilindros debido a la tipología puesto que tocaba desarmar la tapa válvula para tener acceso a ellos y la herramienta impide su acceso. Presión de aceite (STD 40-50 PSI @700 rpm en caliente).

Presión de aceite 30 PSI, REGULAR. Muestra ALERTA debido a presencia repentina de Cu cobre y Pb plomo en 49 ppm y 165 ppm respectivamente lo cual corresponde a elementos característicos de la casquetería. Esto asociado a una presión de aceite regular y un recorrido de 700.000 km aproximadamente. Presenta una reparación de motor en SEP2018 debido a giro de casquete biela como muestra la OT120079. La principal causa que podría traer consigo esto es la baja presión de aceite debido al material de la bomba de aceite utilizada para esta reparación tipo ALUMINIO; dado que teniendo en cuenta esta intervención es poco probable que el vehículo falle por otras razones más aun cuando no tiene precedentes de desgastes asociados. Se sugiere

detener el vehículo preventivamente para inicialmente tomar muestra, y luego destapar cárter y verificar elementos en suspensión (asociados a desprendimiento por recalentamiento de encontrarse en forma de laminillas o particulado por desgaste debido a la baja presión descrita anteriormente). De acuerdo con estos hallazgos tomar los correctivos pertinentes sea reemplazo de bomba de aluminio por hierro o reparación preventiva dado una falla en el desprendimiento de la casquetería.

Figura 28 Tendencias y datos de la muestra 21: vehículo 169.

Lubricante	Clasificación de Contaminación	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Clasificación de Equipo	Normal	Normal	Normal	Normal	Alerta
	Estado del lubricante	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Visc@100C (cSt)	13.8	14.0	13.7	14.0	14.0
	Oxidación (Ab/cm)	11	9	9	10	12
	Hollín (Wt %)	0.91	0.86	0.83	0.77	0.88
	Agua (Vol.%)	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
	Indicador de refrigerante	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
Desgaste (ppm)	Ag (Plata)	0	0	0	0	0
	Al (Aluminio)	0	0	5	4	2
	Cr (Cromo)	0	0	0	0	0
	Cu (Cobre)	0	0	1	0	49
	Fe (Hierro)	20	16	21	19	57
	Mo (Molibdeno)	40	38	42	48	50
	Ni (Níquel)	0	0	0	0	2
	Pb (Plomo)	4	6	4	6	165
	Sn (Estaño)	0	3	0	0	6
	Ti (Titanio)	0	0	0	0	0



Compañía AS ALIANZA SODIS LTDA

INFORMACION ORDEN DE TRABAJO

Orden Trabajo 120079 Fecha 24/08/2018

Descripción Corta AGUANTEMIENTO REVISAR

Activo TDU454CH CHASIS CHEVROLET NQR MOD 2012 #169

OBSERVACIONES

Clase Observación Fecha ingreso

OBSERVACIONES	Tipo	Fecha
SE REVISO, SE ADICIONO 1/2 GALON DE REFRIGERANTE	Ejecutor	24/08/2018
CASQUETE DE BIELA GRADO	Ejecutor	24/08/2018
LE FALTA 1/4 DE ACEITE AL MOTOR	Ejecutor	24/08/2018
SE REVISO KM (308031)	Ejecutor	24/08/2018
SE DESMONTA CARTER, RADIADOR Y CAJA DE VELOCIDADES	Ejecutor	25/08/2018
SE BAJO MOTOR	Ejecutor	27/08/2018
SE CORTO PISO DE CABINA Y ANGULO PARA SACAR MOTOR	Ejecutor	27/08/2018
SE DESARMO MOTOR Y SE LAVARON REPUESTOS	Ejecutor	28/08/2018
SE LAVARON REPUESTOS DEL MOTOR	Ejecutor	29/08/2018
SE HIZO LIMPEZA A PARTES DEL MOTOR (BLOQUE, BIELA, CIGUEÑAL Y TAPA	Ejecutor	14/09/2018

OBSERVACIONES

Clase Observación Fecha ingreso

OBSERVACIONES	Tipo	Fecha
SE HIZO LIMPEZA A PARTES DEL MOTOR (BLOQUE, BIELA, CIGUEÑAL Y TAPA	Ejecutor	14/09/2018
BANCADA)	Ejecutor	14/09/2018
SE ARMO MOTOR, SE INSTALO ENFRIADOR DE ACEITE, PIÑONES DE DISTRIBUCION	Ejecutor	15/09/2018
CIGUEÑAL, PISTONES, CASQUETES DE BIELA Y BANCADA, BOMBA DE ACEITE,	Ejecutor	15/09/2018
MEDIALUNAS , CARCAZA TAPA DE DISTRIBUCION DE ACEITE Y ANILLOS DE	Ejecutor	15/09/2018
PISTONES	Ejecutor	15/09/2018
** 3 BOLONES	Ejecutor	15/09/2018
1 EMPAQUETADURA MOTOR	Ejecutor	15/09/2018
SE BAJARON RUEDAS DELANTERAS PARA MANTENIMIENTO	Ejecutor	17/09/2018
SE INSTALARON LAS RUEDAS DELANTERAS	Ejecutor	17/09/2018

OBSERVACIONES

Clase Observación Fecha ingreso

OBSERVACIONES	Tipo	Fecha
SE INSTALARON LAS RUEDAS DELANTERAS	Ejecutor	17/09/2018
ARMADO Y REPARACION DE MOTOR	Ejecutor	17/09/2018
SE LAVO Y ARMO CULATA DE MOTOR	Ejecutor	17/09/2018
SE COLOCO GORROS Y RESORTES DE VALVULAS	Ejecutor	17/09/2018
SE INSTALO Y TORQUEO CULATA	Ejecutor	17/09/2018
SE CALBRARON INYECTORES BALANCINES	Ejecutor	17/09/2018
SE CAMBIARON 3 TORNILLOS Y 3 TAPAS DE AJUSTE BALANCIN	Ejecutor	17/09/2018
SE CAMBIARON BLOQUES DE COMPRESOR	Ejecutor	17/09/2018
SE COLOCO ALTERNADOR, RETENEDORES DELANTEROS Y TRASEROS DEL MOTOR,	Ejecutor	17/09/2018
DOMPER, BOMBA DE AGUA, POLEA Y CORREA	Ejecutor	17/09/2018

Se detiene vehículo para revisión, se desmonta cárter y se encuentran elementos particulados de la película de cobre del casquete. Se desmonta bancada y motor obteniendo los siguientes hallazgos.

Figura 29 Hallazgos encontrados en el desarme de motor: vehículo 169.



Los costos asociados de este hallazgo son los siguientes:

Tabla 3 Costos asociados a la reparación preventiva de motor: vehículo 169.

DESCRIPCION	SISTEMA2	CANTIDAD	TOTAL	MODELO	RUTA
WASA DE PRESION 1/2	MOTOR	10	6000	2010	B-15
BUJE DE BIELA	MOTOR	4	82476.8	2010	B-15
CASQUETE BANCADA	MOTOR	5	167187	2010	B-15
VALVULA ESCAPE MOTOR	MOTOR	4	126876.8	2010	B-15
TERMOSTATO	MOTOR	1	94855.4	2010	B-15
KIT REPARACION MOTOR	MOTOR	4	981392.8	2010	B-15
EMPAQUE ADMISION AGRALE	MOTOR	4	10264	2010	B-15
VALVULA ADMISION MOTOR	MOTOR	4	127340	2010	B-15
GORROS DE VALVULA	MOTOR	8	35019.2	2010	B-15
JUEGO DE ANILLOS MOTOR	MOTOR	3	31731	2010	B-15
ORING GALERIA DE AGUA AGRALE	MOTOR	4	4274.4	2010	B-15
EMPAQUE CARTER AGRALE	MOTOR	1	35887.6	2010	B-15
EMPAQUE ESCAPE AGRALE	MOTOR	4	37154.4	2010	B-15
CASQUETE BIELA	MOTOR	4	136720.8	2010	B-15
GUIA VALVULA	MOTOR	8	46158.4	2010	B-15
EMPAQUE CARTER AGRALE	MOTOR	1	35887.6	2010	B-15
CAUCHO CAMISA AGRALE	MOTOR	6	69186	2010	B-15
EMPAQUE TAPA VALVULA AGRALE	MOTOR	4	20302	2010	B-15
EMPAQUE CULATA	MOTOR	2	271433	2010	B-15
ASIENTO VALVULA ADMISION	MOTOR	4	71400	2010	B-15
ASIENTO VALVULA ESCAPE	MOTOR	4	73780	2010	B-15
ARANDELA INYECTOR	MOTOR	4	10188	2010	B-15
TOTAL			\$ 2,475,515		

Por otro lado, se comparan los costos asociados a una reparación correctiva de motor, caso ejemplo reparación de junio 2019 al vehículo 332. De esta información se concluye que una reparación preventiva de motor equivale aproximadamente a un 18% de una reparación

correctiva. Para aproximadamente 18 reparaciones correctivas promediadas al año, con un costo aproximado de \$250.000.000 de pesos totalizadas, el costo reducido sería de tan solo \$45.000.000 de pesos aproximadamente. Se estima que esto solo aplica para las reparaciones preventivas de motor, sin embargo, para otras reparaciones a componentes mayores se calculan reducciones anuales en aproximadamente \$400.000.000 de pesos. Toda esta información fue presentada a comité de la compañía, y al finalizar las pruebas piloto fueron aprobadas, dando resultados favorables.

Tabla 4 Costos asociados a la reparación correctiva de motor: vehículo 332.

# OT Y FECHA	SERVICIO	BUS	REFERENCIA	DESCRIPCION	SISTEMA2	CANTIDAD	TOTAL	MODELO	RTA
OT 141560 - DEL 24 ABR AL 21 JUN 2019	URBANO		332 CHDYC290726	BLOQUE DE MOTOR 4HG1T 898005	MOTOR	1	5295708	2007	B-15
	URBANO		332 CHDYC290144	CIGUEÑAL MOTOR NPR-2000/11	MOTOR	1	1599999.41	2007	B-15
	URBANO		332 897219457-0	JUEGO CASQUETE BANCADA STAN	MOTOR	1	320000.56	2007	B-15
	URBANO		332 8970458010	JUEGO CASQUETES BIELA STANDAI	MOTOR	1	239999.67	2007	B-15
	URBANO		332 T4547A	JUEGO MEDIALUNA CIGUEÑAL NPF	MOTOR	1	49999.81	2007	B-15
	URBANO		332 898121309-0	BUJE DE BIELA NPR ISUZU	MOTOR	4	159999.8	2007	B-15
	URBANO		332 894396589-1	PASADOR PISTON NPR ISUZU	MOTOR	1	34999.76	2007	B-15
	URBANO		332 897171399-0	VALVULA DE ESCAPE NPR ISUZU	MOTOR	4	219999.96	2007	B-15
	URBANO		332 897171398-0	VALVULAS DE ADMISION NPR ISUZ	MOTOR	4	260000.4	2007	B-15
	URBANO		332 RMCHDYC0059	RADIADOR NPR	MOTOR	1	97000	2007	B-15
	URBANO		332 4044	MANGUERA PARKER 1/4	MOTOR	1	6000.02	2007	B-15
	URBANO		332 109630085-0	ORIN O SELLO COMBUSTIBLE	MOTOR	2	13000.36	2007	B-15
	URBANO		332 4996	ORING 120 INYECTOR	MOTOR	4	12000.04	2007	B-15
	URBANO		332 897602218-0	ORING O SELLO COMBUSTIBLE	MOTOR	2	6600.22	2007	B-15
	URBANO		332 10-04	ABRAZADERA	MOTOR	4	7999.68	2007	B-15
	URBANO		332 7.7033E+12	ABRAZADERA 30-08	MOTOR	2	7999.68	2007	B-15
	URBANO		332 7.7033E+12	ABRAZADERA 30-08	MOTOR	2	7999.68	2007	B-15
	URBANO		332 7.7033E+12	ABRAZADERA 30-12	MOTOR	4	12000.04	2007	B-15
	URBANO		332 7.7033E+12	ABRAZADERA 30-12	MOTOR	4	12000.04	2007	B-15
	URBANO		332 041-3/8	TUERCA ALTA 3/8 RF 041-3/8 CARN	MOTOR	1	840	2007	B-15
URBANO		332 099-00	CONO PUNTA INYECTOR 099-00 CA	MOTOR	4	33613	2007	B-15	
URBANO		332 8-97200570-3	INYECTOR NPR ZEXEL- 105118-7542	MOTOR	4	1092437	2007	B-15	
URBANO		332 0004996	ORING 120 INYECTOR 0004996 CAR	MOTOR	4	10084	2007	B-15	
TOTAL							\$ 13,961,340		

6. Evaluación de activos para renovación de flota.

La evaluación de activos para renovación de flota contiene las siguientes consideraciones. Ver Apéndice 10, 11 y 12.

- Información general del activo: Fecha de evaluación, tipo de carrocería, estado del motor (reparado o no), kilometraje total, consumos de aceite y modelo.

- Información de los análisis de aceite: porcentaje de desgaste por kilómetro, fecha de reparación de motor en caso de haberla.
- Cantidad de novedades por vehículo: número de entradas a taller de mantenimiento.
- Horas hombre: recursos de mano de obra en horas hombre invertidas para la corrección de las novedades
- CPK: Costo por kilómetro recorrido en un intervalo de tiempo igual a un año.

7. Conclusiones.

- Se plantea y define una metodología que permite utilizar los resultados en muestras de aceite para implementar mantenimientos preventivos donde se puede obtener información, indicadores y datos para la toma de decisiones que impacten positivamente a la gestión de mantenimiento de la flota vehicular de la empresa Alianza Sodis.
- Mediante el análisis de las 20 muestras, se concluye que la diferencia de costos de mantenimiento correctivo a comparación del manteniendo predictivo bajo condición mediante análisis de pruebas de aceite motor disminuye hasta en un 17%.
- Gracias a la metodología de muestras de aceite, se hallaron mejoras enfocadas en los procesos, de tal forma que estas modificaciones aportarán significativamente en la prevención de fallas mecánicas de los motores.
- Por medio de la aplicación de la metodología de mantenimiento predictivo, se genera el hábito de consciencia y compromiso, por parte de todos los responsables de mantenimiento de los activos de la empresa, y encargados del mantenimiento de los mismos; cuando se dispone a realizar alguna toma de decisión o intervención al equipo,

se compromete a la persona que este analizando el archivo maestro, de planear, controlar, disponer y pronosticar, todo el proceso que se requiere desde solicitar equipo al departamento de Operaciones, hasta el seguimiento continuo de equipo, después de las reparaciones o revisiones que se realicen.

8. Recomendaciones finales.

Desde la iniciativa del mejoramiento continuo, y teniendo como premisas los alcances establecidos para este trabajo, se identifican varios aspectos a tenerse en cuenta como continuidad a los resultados aquí obtenidos, que podrían amplificar los beneficios para una gestión de mantenimiento más efectiva.

- Implementar la sistematización de la información mediante la digitalización inmediata de los datos, puede ser por medio de software de recopilación como Laserfiche, donde se pueda dejar el registro en tiempo real y adjuntar evidencias fotográficas de las inspecciones adjuntas al informe. Lo anterior para tener un procesamiento directo de la información ya que mucha se puede perder en el camino del taller a la oficina.
- Implementar dashboard personalizados a la operación donde se involucren variables de control propias del proceso de mantenimiento a la flota automotriz; toda esta información descargada de la nube por medio del ítem anterior.
- Definir los KPI's de para evaluar la efectividad de la metodología proporcionada en este documento y permanecer en la constante mejora.

Referencias Bibliográficas

- [1] Alvear Sanín J. (2008). Historia del Transporte y la Infraestructura en Colombia (1492-2007) (1 Ed.). Ministerio de transporte – Imprenta Nacional de Colombia. DOI (Digital Object Identifier).
- [2] Correa Restrepo, J., Jimeno León, S. y Villamizar Bacca M. (2017). EL TRANVÍA DE BOGOTÁ, 1882-1951. Revista de Economía Institucional, 19(36), 203-229. DOI (Digital Object Identifier).
- [3] Narváez H. y Villarreal S. (2017). Implementación de un banco de pruebas para motor diésel monocilíndrico cuatro (4) tiempos con aplicaciones investigativas y didácticas. [Tesis de pregrado, Universidad del Atlántico]. DOI (Digital Object Identifier).
- [4] Quintero E. y Suarez J. (2013). Análisis y detección de fallas para un motor de combustión interna de cuatro cilindros mediante el uso de vibraciones mecánicas y ultrasonido. [Tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander]. DOI (Digital Object Identifier).
- [5] Perez Robert X. (2023). Condition Monitoring, Troubleshooting and Reliability in Rotating Machinery (1 Ed.). Scrivener Publishing LLC. DOI (Digital Object Identifier).
- [6] Dayang Li, Huimin Gao, Kun Yang, Fanhao Zhou, Xinfu Shi. (2023). Abnormal identification of oil monitoring based on LSTM and SVDD. Elsevier, vol. 526-527. DOI (Digital Object Identifier).
- [7] Jingjing Zhao, Yuan Li, Liang Xie y Jinxiang. (2023). Lubrication failure analysis of camshaft bearings in V6 diesel engine. Elsevier, vol. 150.
- [8] Bolaño A. (2019). Análisis del programa de mantenimiento de la marca Chevrolet para vehículos livianos y su impacto en la prevención de daños en el motor por causas

- relacionadas con la lubricación. [Tesis de posgrado, Universidad Industrial de Santander]. DOI (Digital Object Identifier).
- [9] Organización Internacional de Normalización. (1999). Código de Contaminación Sólida. American National Standards Institute. DOI (Digital Object Identifier).
- [10] Duarte E. (2020). Diseño de un modelo de plan de mantenimiento centrado en lubricación para los equipos CNC de una empresa de la industria metalmecánica. [Tesis de posgrado, Universidad Industrial de Santander]. DOI (Digital Object Identifier).
- [11] Ramirez J. (2020). Diseño de un plan de mantenimiento basado en confiabilidad en motores de combustión interna de la flota de montacargas Taylor en la empresa Palermo Sociedad Portuaria S.A. [Tesis de posgrado, Universidad Industrial de Santander]. DOI (Digital Object Identifier).
- [12] Quiroga D. y Gallo J. (2019). Diseño de un programa predictivo basado en análisis de aceites en motores diésel para el parque automotor de transportes líquidos de Colombia TLC S.A. [Tesis de posgrado, Universidad Industrial de Santander]. DOI (Digital Object Identifier).
- [13] Rodriguez J. (2020). Propuesta metodológica de mantenimiento predictivo bajo condición para optimizar la vida útil de motores Cummins ISX mediante el estudio de análisis de aceite. [Tesis de posgrado, Universidad Industrial de Santander]. DOI (Digital Object Identifier).
- [14] Organización Internacional de Normalización. (2018). Monitorización de condición y diagnóstico de máquinas. American National Standards Institute. DOI (Digital Object Identifier)