



Implementación de plan de mantenimiento para flota de carga

Carlos Andres Garzón Grisales

Informe de práctica Para optar al título de Ingeniero Mecánico

Asesores

Juan Carlos Orrego Barrera, Magíster (MSc) en Ingeniería Mecánica

Camilo Ernesto Chamorro Guerrero, Especialista (Esp) Gerencia de Mantenimiento

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Mecánica

Medellín, Antioquia, Colombia

2021

Cita	Garzón Grisales [1]
Referencia	[1] C. A. Garzón Grisales, “Implementación de plan de mantenimiento para flota de carga”, Trabajo de grado profesional, Ingeniería Mecánica, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2021.
Estilo IEEE (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla

Jefe departamento: Pedro León Simanca

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo a mi mamá la señora Luz Marina Grisales Herrera, la cual con su amor, paciencia y esfuerzo fue ese polo a tierra y esa voz de aliento en los momentos más difíciles de mi vida a lo largo de mi carrera de pregrado, sin ella esto no hubiese sido posible.

Agradecimientos

Agradezco a mis profesores de la carrera de Ingeniería Mecánica ya que con sus grandes conocimientos aportaron en mi crecimiento profesional, a mi profesor y asesor Juan Carlos Orrego por hacerme ver que tan importante podemos ser los Ingenieros Mecánicos en el desarrollo de mi país Colombia.

Agradezco a mis compañeros de Universidad con los que por mucho tiempo compartimos mañanas, tardes y largas noches, con los cuales no solo crecí como profesional si no como persona.

Agradezco a mi pareja Andrea Mejía que fue una importante voz de aliento y apoyo en momentos de adversidad.

Y por último quiero agradecer a la empresa Sulfoquímica S.A., a los Ingenieros Camilo Chamorro, Sebastián Mira y el resto del personal de la empresa, que con su gran conocimiento y excelente actitud a la hora de enseñar, me reafirmaron el amor por esta tan grandiosa carrera.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo General	12
2.2 Objetivos Específicos	12
III. MARCO TEÓRICO	13
3.1 MATRICES DE MANTENIMIENTO	13
3.1.1 Cambios de la tasa de falla a lo largo del ciclo de vida del activo	13
3.1.2 Incertidumbre de información.....	13
3.1.3 Repuestos	13
3.1.4 Identificación de fallas crónicas.....	14
3.2 DISPONIBILIDAD.....	14
3.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO	15
3.3.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	16
3.3.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	16
3.3.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	16
3.4 TAXONOMIA	16
3.5 CONFIABILIDAD.....	18
3.6 CONTEXTO OPERACIONAL	18
3.7 PLANEACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	19
3.8 MATRIZ DE CRITICIDAD	20
IV. METODOLOGÍA	22
V. RESULTADOS Y ANALISIS	23

5.1 IDENTIFICACIÓN DE NECESIDAD.....	23
5.2 CANTIDAD DE VEHICULOS	23
5.3 RECOLECCIÓN DE DATOS	27
5.4 EVALUACIÓN DEL PROGRAMA	31
5.5 ORIENTACIÓN A CONDUCTORES	34
VI. CONCLUSIONES	35
VII. RECOMENDACIONES.....	37
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
IX. ANEXOS	40

LISTA DE IMAGENES

IMAGEN 1. HOJA DE VIDA SWX063	24
IMAGEN 2. HOJA DE VIDA SWX055	24
IMAGEN 4. HOJA DE VITA TMH165	25
IMAGEN 5. HOJA DE VIDA VMT305	25
IMAGEN 6. HOJA DE VIDA STO549	25
IMAGEN 7. HOJA DE VIDA SKH380	26
IMAGEN 8. HOJA DE VIDA SNK106	26
IMAGEN 9. HOJA DE VIDA LYE234.....	26
IMAGEN 10. TRAILERS.....	27
IMAGEN 11. INFORMACIÓN SWX063.....	28
IMAGEN 12. INFORMACIÓN TKI553	28
IMAGEN 13. ANALISIS CUMMINS DE LOS ANDES RECORRIDO Y RENDIMIENTO.....	29
IMAGEN 14. ANALISIS CUMMINS DE LOS ANDES EXCESO DE VELOCIDAD Y RPM.	30
IMAGEN 15. ANALISIS CUMMINS DE LOS ANDRES CAMBIOS BRUSCOS Y RELENTÍ	30
IMAGEN 16. ANALISIS CUMMINS DE LOS ANDES MODULO DE MOTOR	31
IMAGEN 17. PLANES DE MANTENIMIENTO EN FRACTAL	32
IMAGEN 18. PLANES DE MANTENIMIENTO EN FRACTAL	32
IMAGEN 19. PLANES DE MANTENIMIENTO EN FRACTAL	33
IMAGEN 20. PLANES DE MANTENIMIENTO EN FRACTAL	33
IMAGEN 21. PLANES DE MANTENIMIENTO EN FRACTAL	34

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

Do	Disponibilidad
MTTR	Mean Time To Repair
MUT	Mean Up Time
MTTF	Tiempo Promedio Para Fallar
RCM	Reliability Centred Maintenance
ISED's	Instalaciones, Sistemas, Equipos o Dispositivos

RESUMEN

SULFOQUIMICA S.A es una empresa especializada en la producción de insumos químicos para la potabilización del agua, especialmente los COAGULANTES Y ADSORBENTES, por tanto maneja un portafolio de clientes tanto del sector privado como del público.

En este informe basado en la práctica académica desarrollada en la empresa SULFOQUIMICA S.A. y orientada tanto como por mi asesor interno JUAN CARLOS ORREGO, mi asesor externo CAMILO CHAMORRO y con la ayuda de empleados de la empresa involucrados (jefe de mantenimiento SEBASTIAN MIRA y cada uno de los conductores de la flota de carga). Se realizó el debido seguimiento y documentación de los mantenimientos tanto CORRECTIVOS como PREVENTIVOS de cada vehículo que conforma la flota de carga, que posee la empresa para la distribución del producto final.

Con esto y partiendo de que SULFOQUIMICA S.A. ya contaba con un plan de mantenimiento preventivo, se recolectó la mayor información posible y se realizó una acumulación y análisis de esta, con lo que pudimos actualizar matrices de criticidad y optimizar el plan de mantenimiento preventivo previamente propuesto para la flota de carga de la empresa.

Al final se presentan conclusiones de la práctica realizada y como se dijo se propuso un plan de mantenimiento que estará siendo evaluando y actualizado si así se requiere, también se describió la importancia de las prácticas académicas en la finalización de mi proceso como estudiante de pregrado de INGENIERÍA MECÁNICA.

Palabras Clave — Plan De Mantenimiento, Flota de carga, Crítico, Disponibilidad, Odómetro, Predictivo, Correctivo, Correctivo Programado, Fractal, Confiabilidad, Taxonomía.

ABSTRACT

SULFOQUIMICA S.A. is a company specialized in the production of chemical inputs for water purification, especially COAGULANTS AND ADSORBENTS, for that reason they manage a portfolio of clients from the private and public sectors.

In this report based on the academic practice developed in the company SULFOQUIMICA S.A. and guided by my internal advisor JUAN CARLOS ORREGO, my external advisor CAMILO CHAMORRO and with the help of employees of the company involved (maintenance manager SEBASTIAN MIRA and each of the drivers of the cargo fleet). The due follow-up and documentation of both CORRECTIVE and PREVENTIVE maintenance of each vehicle that makes up the cargo fleet, which the company owns for the distribution of the final product, was carried out.

With this and assuming that SULFOQUIMICA S.A. already had a preventive maintenance plan, as much information as possible was collected and an accumulation and analysis of this was made, with which we were able to update criticality matrices and optimize the preventive maintenance plan previously proposed for the company's cargo fleet.

At the end I present conclusions of the practice and as it was said a maintenance plan was proposed that will be evaluated and updated if required, also described the importance of academic practices in the completion of my process as an undergraduate student of MECHANICAL ENGINEERING.

Keywords — Maintenance Program, Cargo Fleet, Critic, Availability, Odometer, Predictive, Corrective, Programmed Corrective, Fractal, Reliability, Taxonomy.

I. INTRODUCCIÓN

Desde hace varios años ya SULFOQUIMICA S.A. ha sido una empresa la cual emplea un excelente plan de mantenimiento, tanto para los equipos de sus plantas ubicadas en el territorio Colombiano específicamente en Itagüí, Barbosa, Malambo y Caloto como para su FLOTA DE CARGA encargada del transporte de materia prima para la elaboración de los productos y del despacho del producto final.

Desde hace varios meses se ha trabajado bajo el mismo plan de mantenimiento propuesto desde el inicio. Lo que por cambio de condiciones tanto del trabajo, como del medio ambiente al que está expuesto cada vehículo, se requiere de una actualización y una optimización de este.

Profundizaremos tanto como sea posible en cuanto a la recolección de información apoyados no solo en el plan de mantenimiento preventivo anterior si no en la información suministrada por los conductores, empezando con lo que ellos nos puedan informar con los formatos PREOPERACIONALES que se les entrega y se les explica como diligenciar cuando empiezan a trabajar en la empresa y reforzando con los mantenimientos que vayan surgiendo eventualmente en la práctica de su labor ya sea por desgaste o sucesos inusuales.

Cabe resaltar que SULFOQUIMICA S.A. cuenta con la licencia de un programa de mantenimiento llamado FRACTTAL, en el cual se tiene toda la información de los activos de la empresa y del plan de mantenimiento de cada equipo o vehículo que es el motivo principal del informe presentado. En este también se puede ir acumulando la información obtenida a lo largo de los días, ya sea por un daño de tipo correctivo-inmediato (por pérdida de condiciones), como por un suceso externo que afecte el vehículo (choques).

Parte de las limitaciones identificadas en el buen desarrollo del informe es el factor humano, ya que como se sobreentiende no todos tenemos las mismas habilidades a la hora de realizar diferentes tipos de actividades. Por lo tanto el plan de mantenimiento a generar se realiza teniendo en cuenta que el conductor cumpla con todas las certificaciones y cuidados que se le debe dar al vehículo y tener en cuenta la condición que no todos los vehículos tienen las mismas capacidades

de carga, no recorren las mismas distancias ni se desplazan en los mismos ambientes, por tanto se deberá individualizar el plan de mantenimiento para cada vehículo.

La metodología empleada es basada esencialmente en el KILOMETRAJE recorrido por cada vehículo, teniendo un buen seguimiento de este podremos identificar cuando y como realizar un cambio, ya sea de una pieza como de un sistema del vehículo.

Como es bien sabido una buena aplicación del mantenimiento es la preservación de los activos (vehículos) tanto en sus condiciones óptimas de trabajo, como en la duración a través del tiempo. Al hablar de condiciones óptimas de trabajo debemos hablar de disponibilidad, la cual debe ser mayor en equipos críticos. Estos equipos son definidos como críticos ya que por su pérdida de condición o paros no planeados nos generan pérdidas importantes en el área económica de la empresa, por lo tanto la flota de carga como ya se dijo, al estar en el proceso de recolección de materias primas y distribución de producto final entran en la definición de equipo crítico; es importante agregar la parte de seguridad tanto del conductor del vehículo como de los que lo rodean.

Entonces para la buena realización del informe se debe tener muy claro los conceptos básicos del MANTENIMIENTO y su óptima aplicación, ya que como se ha expresado anteriormente es algo que se define en eficiencia y eficacia, esto a su vez se traduce a ganancias o pérdidas económicas. El campo del mantenimiento como apreciación personal si no es el área más importante, es una de las áreas que debe manejar si o si cualquier ingeniero mecánico relacionado con la industria, ya sea que esté en el área de diseño o de producción siempre debe tener en cuenta la parte de mantenimiento ya que es esta la que preservara a través del tiempo los activos principales de la empresa.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Actualización de información e implementación plan de mantenimiento de la flota de carga.

2.2 Objetivos Específicos

- Investigar y referenciar actividades de mantenimiento recomendadas por el fabricante, teniendo en cuenta la frecuencia.
- Evaluar y analizar estado de la flota de carga según condiciones de trabajo a la cual está expuesta.
- Recolectar y documentar información día a día de cada vehículo de la flota de carga.
- Actualizar matrices de mantenimiento. (SI ES NECESARIO)
- Familiarización y trabajo en programa de mantenimiento FRACTTAL.

III. MARCO TEÓRICO

A continuación se presentan algunos conceptos teóricos, determinantes en el buen desarrollo y entendimiento del trabajo a realizar:

3.1 MATRICES DE MANTENIMIENTO

La MATRIZ DE MANTENIMIENTO es un elemento fundamental para definir el plan de mantenimiento de una planta o un equipo en específico, en esta quedan plasmadas las estrategias a seguir en cuanto al cuidado del equipo, precisando inspecciones, cambios y frecuencias de estas. Un cumplimiento a cabalidad de esta matriz debe garantizar la preservación de las funciones de diseño de cada equipo, lo cual asegurar disponibilidad y sustentabilidad durante el proceso.

Como se describe en “DESARROLLO Y ROBUSTECIMIENTO DE PLAN MATRIZ”[1] los elementos a tener en cuenta para el buen desarrollo de la matriz son:

3.1.1 Cambios de la tasa de falla a lo largo del ciclo de vida del activo:[1]

A medida que el equipo se vuelve más antiguo, pasando por cambios de componentes e incluso Overhaul, los intervalos recomendados por el fabricante pierden sentido y por lo mismo su cumplimiento ya no entrega el mismo resultado.

3.1.2 Incertidumbre de información:[1]

Común en planes antiguos, de equipos que han sido cambiados y que no se tiene claridad del por qué se realiza una determinada tarea, ni de donde se obtuvo la frecuencia optima, causando ruido al mantenedor por que realiza ordenes de trabajo innecesarias.

3.1.3 Repuestos:[1]

Vincular los repuestos a las tareas que lo requieran, mejora la mantenibilidad del equipo porque facilita el chequeo de su existencia en bodega y también permite una planificación oportuna de su compra, previniendo en el peor caso de tener el equipo detenido pero sin repuesto.

3.1.4 Identificación de fallas crónicas:[1]

Aumentar la frecuencia con que se hace un determinado mantenimiento debe ser evaluada pues en realidad podría corresponder a alguna mala ejecución del mantenimiento, como por ejemplo un componente y que no corresponde al definido por diseño.

Los beneficios que me resultan de la buena implementación de la matriz son:[1]

- Evitar el sub y sobre mantenimiento.
- Minimizar el costo global de mantenimiento.
- Mejorar la confiabilidad, disponibilidad y seguridad.
- Enfocar correctamente los recursos y las herramientas.
- Cubre modos de fallas críticos en los equipos

3.2 DISPONIBILIDAD

Es la capacidad de un activo o componente para estar en un estado (arriba) para realizar una función requerida bajo condiciones dadas en un instante dado de tiempo o durante un determinado intervalo de tiempo, asumiendo que los recursos externos necesarios se han proporcionado.

Es decir, cuando hablamos de confiabilidad el componente trabaja continuamente durante un periodo de tiempo dado, en otras palabras la función del componente no se interrumpe, el componente se pone en operación (arriba) y se mantiene arriba. Por otra parte cuando hablamos de disponibilidad el componente es puesto arriba en un instante dado y no importa lo que pase después, la función del componente puede ser interrumpida sin ningún problema.[2]

Las ecuaciones matemáticas que se utilizan en el ámbito operacional para el cálculo de estos dos parámetros, en función de los tiempos de mantenimiento.

$$Do = MUT / (MUT + MTTR)$$

Fórmula 1. DISPONIBILIDAD [2]

Donde:

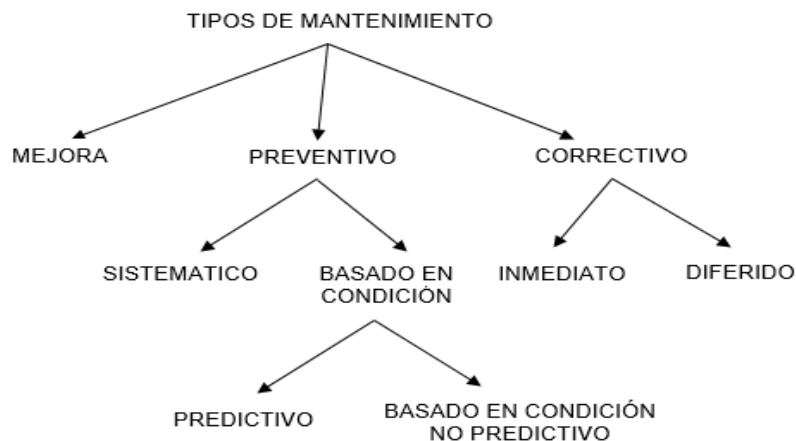
- MTTR (Mean Time To Repair): Es el Tiempo Promedio para Reparar
- MUT (Mean Up Time): es Tiempo Promedio en Operación (arriba) o Tiempo promedio para fallar (MTTF)

3.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO

La función del mantenimiento es conservar el sistema de producción funcionando al mejor nivel de fiabilidad posible, reducir la frecuencia y gravedad de los fallos, aplicar las normas de prevención y seguridad, minimizar la degradación del medio, controlar y reducir los costes lo máximo posible.

Definimos Mantenimiento como, la combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizada durante el ciclo de vida de un elemento, destinada a conservarlo o a devolverlo a un estado en el que pueda desempeñar la función requerida.[3]

Hablando de mantenimiento existen varios tipos, veamos una clasificación según la norma UNE-EN 13306[4]



FUENTE: REF [3]

3.3.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO: Se ejecuta con la intención de reducir la probabilidad del fallo, tiene como misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.[3]

3.3.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO: también llamado mantenimiento reactivo. Por otras palabras, es la actividad técnica ejecutada después de producirse una avería y tiene como objetivo restaurar el activo a una condición en la que puede funcionar como deseado, ya sea debido a su reparación, ya sea debido a su sustitución.[5]

3.3.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO: consiste en observar y estudiar todos aquellos parámetros que emite la máquina durante el funcionamiento y en ejecutar tareas de mantenimiento que no interrumpan su operación, con la intención de programar intervenciones preventivas o correctivas adelantándonos al fallo.

Para ello se utiliza un programa sistemático de medición de los parámetros del equipo, creando así históricos de consulta que nos permitirían calcular con cierto margen de error, cuando un equipo está próximo al fallo.[3]

3.4 TAXONOMIA

El estándar ISO-55000:2014 “Gestión de Activos – Aspectos generales, principios y terminología”, en su apartado, 2.5 Aspectos Generales del Sistema de Gestión de Activos, menciona que una taxonomía efectiva, “es una característica del sistema de gestión de activos porque permite dar una visión técnica y financiera integrada de los activos y sistemas de activos, beneficiando así las funciones del departamento de finanzas, debido a la mejora de los datos y los vínculos asociados”. [6]

La taxonomía es el pilar fundamental de la confiabilidad, ya que es la base informativa en la cual se facilita la estructuración del plan de mantenimiento, esta nos da un orden lógico, claro y facilita la localización tanto del activo como de sus datos técnicos. Las ventajas de tener una taxonomía bien implementada son:

Información documentada del universo total de emplazamientos y de los equipos que los integran, identificando cuales están en disposición de generar valor.

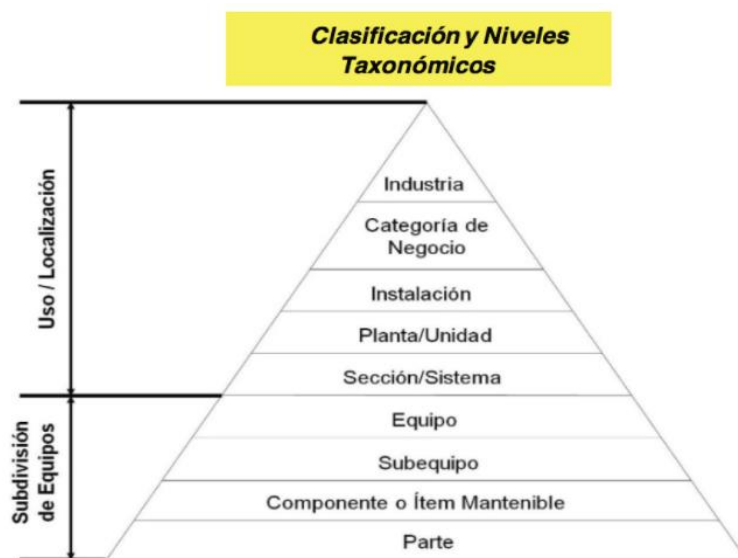
Datos financieros y técnicos que permitirán la conservación de la función de los activos físicos durante su ciclo de vida.

Un historial de los activos físicos a través de reportes, notificaciones (avisos) y órdenes de mantenimiento, mediante el registro de datos sobre el desempeño, identificación de componentes fallados, ejecución de acciones preventivas, correctivas, programadas, de mejoras y costos asociados.

Mejoras en el proceso presupuestario direccionado a los activos físicos (formulación, aprobación, ejecución, administración, control y revisión).

Un buen desempeño en los procesos del departamento de mantenimiento, captura y diagnóstico, planificación, programación, ejecución, cierre y la satisfacción del cliente.

El cumplimiento de las responsabilidades establecidas por el nivel estratégico para los niveles táctico y operativo.[6]



FUENTE REF:[7]

3.5 CONFIABILIDAD

Es la PROBABILIDAD de que un activo opere sin falla por un determinado período de tiempo especificado (tiempo de misión) y bajo condiciones previamente establecidas (nivel esperado de rendimiento).[8] Para el profesional de mantenimiento y el área de gestión de activos físicos es un factor importante, debido a que a menor confiabilidad implica una mayor atención y planeación del mantenimiento, además si el elemento bajo análisis requiere para su proceso una alta confiabilidad implica una alta necesidad de mantenimiento para poder llevar este a los niveles requeridos.[8]

Matemáticamente la confiabilidad se denota como:

$$R(t) = e^{-\lambda \cdot t} = e^{-\frac{1}{MTTF} \cdot t}$$

Dónde:

t = tiempo de la misión (hrs, días, semanas, meses, años, etc.)

λ = tasa de falla,

MTTF = $1/\lambda$ = tiempo promedio para fallar.

Fórmula 2. CONFIABILIDAD[8]

3.6 CONTEXTO OPERACIONAL

De acuerdo a la Norma SAE JA 1011, Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes, basa su definición del Contexto Operacional como las circunstancias bajo las cuales se espera que opere el activo físico o sistema. A partir de este axioma se debe tener en cuenta todos los elementos y condiciones donde el activo estará entregando la demanda solicitada a lo largo de su ciclo de vida; es por ello que tener y mantener actualizado un registro y documentación de los escenarios a afrontar forma parte fundamental de la continuidad operacional de nuestras empresas.[9]

Para el mantenimiento de cualquier activo es necesario definir:

- **FUNCIONES:** Acciones realizadas por los activos, se componen de un VERBO(infinitivo)+OBJETO(activo), además se complementa con el nivel de funcionamiento deseado por el usuario lo más preciso posible (estándar de funcionamiento).[10]
- **ESTANDAR DE FUNCIONAMIENTO:** Los estándares de funcionamiento son los requerimientos exigidos al activo por los usuarios, se deben tener en cuenta la capacidad inicial del activo (lo que puede hacer), el margen de deterioro y funcionamiento deseado (lo que el usuario quiere que haga). Estos estándares pueden ser de funcionamiento múltiple, funcionamiento cuantitativo, estándares cualitativos, estándares de funcionamiento absoluto y estándares de funcionamiento variable.[10]

El definir estas funciones y estándares de funciones para cada activo, parten de la buena estructuración de un buen CONTEXTO OPERACIONAL, lo que nos facilitara el camino para la creación de un acertado plan de mantenimiento, que se traducirá en preservación tanto del activo como de sus condiciones de operación exigidas.

3.7 PLANEACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

A menudo el mantenimiento preventivo es visto como un gasto y no como la inversión que realmente es, como ya se ha expresado el mantenimiento preventivo es el encargado de preservar tanto el activo como su funcionalidad óptima.

Dejar que siempre un activo llegue a la falla para su intervención, no solo desgasta más el equipo, sino que es dar oportunidad para que de una falla se deriven muchas más, tenemos que tener en cuenta que en la mayoría de activos siempre hay subsistemas interconectados los cuales al fallar uno solo puede generar una propagación en cadena de la falla de los otros; además que el llevar siempre el activo hasta una falla hace que este trabaje en condiciones inestables y por ende con menos eficiencia.

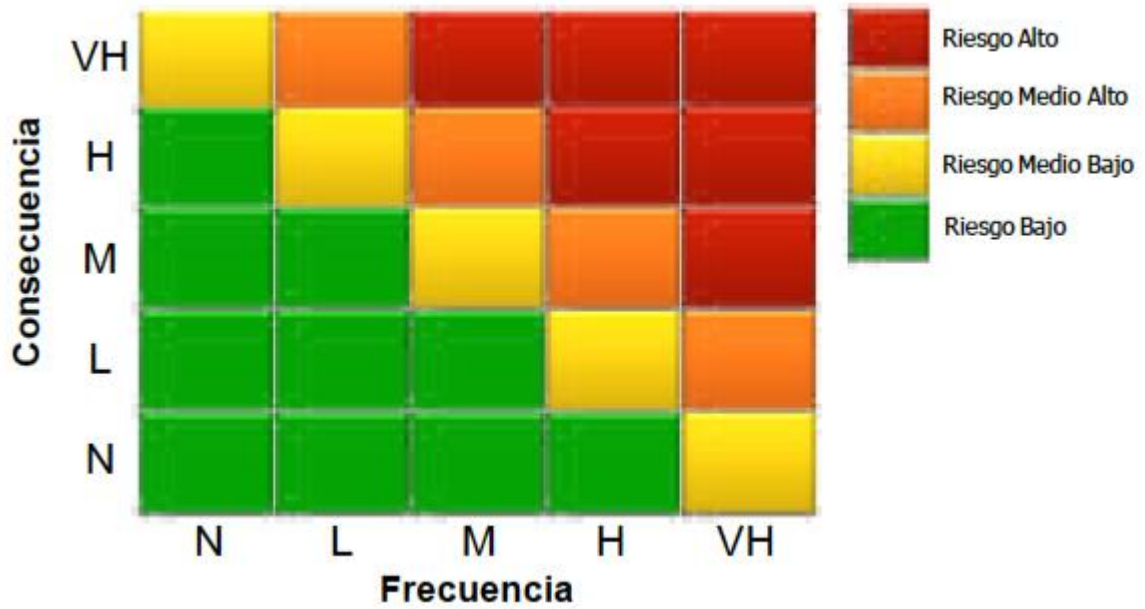
La pérdida de eficiencia de componentes de un activo, generalmente aumenta consumos energéticos y disminuye efectividades, lo que a final de cuentas se traduce en pérdidas exageradas de dinero para la empresa.

Por esto es necesario que los vehículos de la flota de carga de la empresa que son considerados como activos críticos, se les actualice el plan de mantenimiento y se siga llevando una buena recolección de información, se realicen evaluaciones periódicas de la eficacia del plan de mantenimiento y se modifique o cambie según los resultados analizados, para obtener la mayor disponibilidad de los vehículos.

3.8 MATRIZ DE CRITICIDAD

El análisis de criticidad permite establecer la jerarquía o prioridades de los procesos, sistemas y equipos, facilitando la toma de decisiones para que ellas sean acertadas y efectivas, con él los esfuerzos y los recursos serán aplicados en áreas donde sea más importante para mejorar la confiabilidad, basado en el contexto operacional del momento.[11]

El análisis de criticidad es una técnica de fácil manejo y comprensión en el cual se establecen rangos relativos para representar las probabilidades y/o frecuencias de ocurrencia de eventos y sus consecuencias. Ambas magnitudes, frecuencias y consecuencias, se registran en una matriz, diseñada en base a un código de colores que denotan la menor o mayor intensidad del riesgo relacionado con la Instalación, Sistema, Equipo o Dispositivo (ISED) bajo análisis, tal como se ilustra en la Figura.[12]



FUENTE: REF [12]

Los productos del Análisis de Criticidad son:

- Lista jerarquizada por “criticidad” de los ISED’s (instalaciones, sistemas, equipos o dispositivos) bajo análisis.
- Matriz de criticidad con la calificación del riesgo asociado a cada ISED analizado.

Matemáticamente el riesgo asociado a una decisión o evento viene dado por la expresión universal:

$$R(t) = P(t) \times C(t)$$

Fórmula 3. RIESGO [12]

Donde:

R(t): Riesgo

P(t): Probabilidad

C(t): Consecuencias

Al cuantificar tenemos puntos de partida y referencias para la evaluación y toma de decisiones que más convengan.

IV. METODOLOGÍA

A continuación se relatara el paso a paso realizado para el buen desarrollo del plan de mantenimiento:

1. Se identificó la necesidad: Se contó con la ayuda del asesor externo Camilo Chamorro y del Ingeniero General en mantenimiento Sebastián Mira quienes de la mano brindaron orientaciones constantes y pautas para la ejecución de la solución de la necesidad expuesta.
2. Se identificó la cantidad y el tipo de vehículos: Se contó con las hojas de vida de todos los vehículos, características, ubicaciones y conductores asignados.
3. Recolección de datos: Se recolectaron los datos de todos los mantenimientos tanto preventivos como correctivos, siempre cada conductor informo de lo que se hacía y el KM de cuando se hacía, esto tanto para los mantenimientos correctivos como para los mantenimientos preventivos, además se hacia el seguimiento a través de la facturación enviada por los talleres asociados a la empresa SULFOQUIMICA S.A.
4. Se organizó toda la información recolectada y de esta manera se procedió a ingresar la información en el programa de mantenimiento FRACTTAL que es el manejado por el departamento de mantenimiento en la empresa.
5. Ayudados con el programa FRACTTAL y teniendo en cuenta los conceptos básicos expresados anteriormente en el marco teórico, se evalúa el plan de mantenimiento ya propuesto y se da la posibilidad de realizar matrices de criticidad.

6. Se procedió a reforzar orientaciones a los conductores de los vehículos en cuanto a cuidados y llena de formatos pre-operacionales ya instaurados por la empresa SULFOQUIMICA S.A.
7. Se hizo la actualización de información e implementación del plan de mantenimiento para la flota de carga.

V. RESULTADOS Y ANALISIS

5.1 IDENTIFICACIÓN DE NECESIDAD

Con la ayuda del asesor externo, se identificó que ya se tenía un plan de mantenimiento previo el cual está programado y relacionado en el programa de mantenimiento FRACTTAL, pero este no se está ejecutando como tal ya que no se está llevando el seguimiento del KM de cada vehículo de una manera regular, el fin de este trabajo es recolectar información e identificar posibles puntos débiles en lo que es el ya propuesto plan de mantenimiento.

5.2 CANTIDAD DE VEHICULOS

Se identificaron la cantidad de vehículos, así como también su ubicación y el conductor encargado, de la siguiente manera:

PLANTA	PLACA	DESCRIPCION	CONDUCTOR
ITAGUI	SWX063	KENWORTH T660 VERDE	IVAN OCAMPO
ITAGUI	SWX055	KENWORTH T800 VERDE	LUIS FERNANDO
ITAGUI	TKI553	FRELAINER COLUMBIA TL120 AMARILLO	HECTOR LONDOÑO
ITAGUI	TMH165	KENWORTH W900 MARRON	FABER VERA
MALAMBO	VMT305	INTERNATIONAL 9400 (DITROID DIESEL S. 60) AZUL	JEAN CARLOS
CALOTO	STO549	INTERNATIONAL 9400 (DITROID DIESEL S. 60) BLANCA	DEISON ABONIA
CALOTO	SKH380	DYNA 7400 AZUL	ORNULDO SUAREZ
CALOTO	SNK106	CHEVROLET SUPER BRIGADIER N14 AZUL	VITOR LONDOÑO
CALOTO	LYE234	CHEVROLET C70 SENCILLO BLANCO	JOAQUIN ZUÑIGA

Las características de cada vehículo fueron identificadas de la siguiente manera:

		<h2>HOJA DE VIDA EQUIPO DE TRANSPORTE</h2>	
DATOS DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO	TRACTO-CAMION SWX063	 	
CLASE DEL EQUIPO	TRM		
SERVICIO QUE PRESTA	TRANSPORTE		
PLANTA	ITAGUI		
PROCESO	N/A		
CENTRO DE COSTO	15610		
MARCA	KEENWORD		
MODELO	T660		
SERIE	N/A		
PLACA	SWX063		
AÑO DE FABRICACION	2012		

IMAGEN 1. HOJA DE VIDA SWX063[13]

		<h2>HOJA DE VIDA EQUIPO DE TRANSPORTE</h2>	
DATOS DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO	TRACTO-CAMION SWX055		
CLASE DEL EQUIPO	TRM		
SERVICIO QUE PRESTA	TRANSPORTE		
PLANTA	ITAGUI		
PROCESO	N/A		
CENTRO DE COSTO	15611		
MARCA	KEENWORD		
MODELO	T800		
SERIE	N/A		
PLACA	SWX055		
AÑO DE FABRICACION	2013		

IMAGEN 2. HOJA DE VIDA SWX055[13]

		<h2>HOJA DE VIDA EQUIPO DE TRANSPORTE</h2>	
DATOS DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO	TRACTO-CAMION TKI553		
CLASE DEL EQUIPO	TRM		
SERVICIO QUE PRESTA	TRANSPORTE		
PLANTA	ITAGUI		
PROCESO	N/A		
CENTRO DE COSTO	15609		
MARCA	FREIGHT LINER-CL		
MODELO	120		
SERIE	N/A		
PLACA	TKI553		
AÑO DE FABRICACION	2008		
CAPACIDAD	2PSJ		

IMAGEN 3. HOJA DE VIDA TKI553[13]

 SULFO QUIMICA sa		HOJA DE VIDA EQUIPO DE TRANSPORTE	
DATOS DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO	TRACTO-CAMION		
CLASE DEL EQUIPO	TRM		
SERVICIO QUE PRESTA	TRANSPORTE		
PLANTA	ITAGUI		
PROCESO	N/A		
CENTRO DE COSTO	15603		
MARCA	KENWORTH		
MODELO	W900		
SERIE	N/A		
PLACA	TMH165		
AÑO DE FABRICACION	1998		
CAPACIDAD	35.0T2PSJ		

IMAGEN 4. HOJA DE VITA TMH165[13]


 SULFO QUIMICA sa		HOJA DE VIDA EQUIPO DE TRANSPORTE	
DATOS DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO	TRACTO-CAMION VMT305		
FECHA DE COMPRA			
CLASE DEL EQUIPO	TRM		
SERVICIO QUE PRESTA	TRANSPORTE		
PLANTA	CALOTO		
PROCESO	N/A		
CENTRO DE COSTO	15607		
MARCA	INTERNACIONAL		
MODELO	9400		
SERIE	N/A		
PLACA	VMT305		
AÑO DE FABRICACION	1998		
CAPACIDAD	35 TON		

IMAGEN 5. HOJA DE VIDA VMT305[13]



 SULFO QUIMICA sa		HOJA DE VIDA EQUIPO DE TRANSPORTE	
DATOS DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO	TRACTO-CAMION		
CLASE DEL EQUIPO	TRM		
SERVICIO QUE PRESTA	TRANSPORTE		
PLANTA	ITAGUI		
PROCESO	N/A		
CENTRO DE COSTO			
MARCA	INTERNACIONAL		
MODELO	9400		
SERIE	N/A		
PLACA	STO549		
AÑO DE FABRICACION	2012		
CAPACIDAD	35000		

IMAGEN 6. HOJA DE VIDA STO549[13]



HOJA DE VIDA EQUIPO DE TRANSPORTE

DATOS DEL EQUIPO	
NOMBRE DEL EQUIPO	CAMION SKH380
CLASE DEL EQUIPO	TRM
SERVICIO QUE PRESTA	TRANSPORTE
PLANTA	CALOTO
PROCESO	N/A
CENTRO DE COSTO	15606
MARCA	DINA
MODELO	7400-310
SERIE	N/D
PLACA	SKH380
AÑO DE FABRICACION	1995
DIMENSIONES	ANCHO 2478 MM, ALTO 2697MM, LARGO 8688 MM
CAPACIDAD	20 TON
OTROS	DISTANCIA ENTRE EJES:5130



IMAGEN 7. HOJA DE VIDA SKH380[13]



HOJA DE VIDA EQUIPO DE TRANSPORTE

No. IDENTIFICACION

DATOS DEL EQUIPO	
NOMBRE DEL EQUIPO	TRACTOMULA SNK106
CLASE DEL EQUIPO	TRM
SERVICIO QUE PRESTA	TRANSPORTE
PLANTA	CALOTO
PROCESO	N/A
CENTRO DE COSTO	15608
MARCA	CHEVROLET
MODELO	SUPERBRIGADIER
SERIE	N/A
PLACA	SNK106
AÑO DE FABRICACION	1999
DIMENSIONES	ANCHO 2432 MM, ALTO 2040 MM, LARGO 7391 MM
CAPACIDAD	35 TOD



IMAGEN 8. HOJA DE VIDA SNK106[13]



HOJA DE VIDA EQUIPO DE TRANSPORTE

DATOS DEL EQUIPO	
NOMBRE DEL EQUIPO	CAMION LYE234
CLASE DEL EQUIPO	TRM
SERVICIO QUE PRESTA	TRANSPORTE
PLANTA	CALOTO
PROCESO	N/A
CENTRO DE COSTO	15605
MARCA	CHEVROLET-C70
MODELO	LINEA 189
SERIE	N/D
PLACA	LYE234
AÑO DE FABRICACION	1989
CAPACIDAD	7 TON



IMAGEN 9. HOJA DE VIDA LYE234[13]

Además se identificaron que se cuentas con varios TRAILERS para el transporte, pero para este trabajo solo daremos un abre bocas, de cuantos hay, de que están hechos y como se referencian, estos no van unidos únicamente a un vehículo pueden rotar según la necesidad de la empresa:

TRAILER ACERO AL CARBÓN S48296 { S48296 } TRANSPORTE	S48296
TRAILER ACERO INOXIDABLE 30349 { R30349 } TRANSPORTE	R30349
TRAILER ACERO INOXIDABLE R23848 { R23848 } TRANSPORTE	R23848
TRAILER ACERO INOXIDABLE R24639 { R24639 } TRANSPORTE	R24639
TRAILER ACERO INOXIDABLE R27425 { R27425 } TRANSPORTE	R27425
TRAILER CARROCERIA R-26272 { R26272 } TRANSPORTE	R26272
TRAILER FIBRA R14408 { R14408 } TRANSPORTE	R14408
TRAILER TANQUE ACERO AL CARBON R-24628 { R24628 } TRANSP...	R24628

IMAGEN 10. TRAILERS[14]

5.3 RECOLECCIÓN DE DATOS

A lo largo del desarrollo de las prácticas y como se ha comentado en el trabajo, basamos la recolección de datos en lo informado por los conductores y las facturas que llegaban y se relacionaban, quedando así la siguiente información:

DATOS DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO	TRACTO-CAMION SWX063	 	
CLASE DEL EQUIPO	TRM		
SERVICIO QUE PRESTA	TRANSPORTE		
PLANTA	ITAGUI		
PROCESO	N/A		
CENTRO DE COSTO	15610		
MARCA	KEENWORD		
MODELO	T660		
SERIE	N/A		
PLACA	SWX063		
AÑO DE FABRICACION	2012		
FECHA	TIPO DE MANTENIMIENTO	DESCRIPCIÓN	ODÓMETRO
23/03/2021	CORRECTIVO	BARRA TENSORA	NO SE REPORTO
14/04/2021	PREVENTIVO	CAMBIO 4 LLANTAS TRACCIÓN	512900 KM
14/04/2021	CORRECTIVO	CAMBIO TENSORA DERECHA Y TOPE IZQUIERDO	512900 KM
20/05/2021	NO APLICA	SERVICIO ARTIMO	NO REPORTA
26/05/2021	PREVENTIVO	CAMBIO DE ACEITE MOTOR Y FILTROS	NO REPORTA
06/07/2021	CORRECTIVO	CAMBIO KIN PIN	523388 KM
13/07/2021	CORRECTIVO	REPARACIÓN MODULO DE VIGIAS	524797 KM
04/08/2021	CORRECTIVO	KIT DE RODILLO RUEDA DELANTERA IZQUIERDA	NO SE REPORTO

IMAGEN 11. INFORMACIÓN SWX063[13]

SERVICIO QUE PRESTA	TRANSPORTE		
PLANTA	ITAGUI		
PROCESO	N/A		
CENTRO DE COSTO	15609		
MARCA	FREIGHT LINER-CL		
MODELO	120		
SERIE	N/A		
PLACA	TKI553		
AÑO DE FABRICACION	2008		
CAPACIDAD	2PSJ		
FECHA	TIPO DE MANTENIMIENTO	DESCRIPCIÓN	ODÓMETRO
12/02/2021	CORRECTIVO	CAMBIO Y REPARACIÓN DE INYECTORES	836700 KM
01/03/2021	CORRECTIVO	CAMBIO POTENCIOMETRO	839311 KM
09/03/2021	CORRECTIVO	PEDAL ACCELERADOR Y CONECTOR DE SENSOR BAJA AIRE	840200 KM
20/04/2021	PREVENTIVO	CAMBIO SOPORTES BOMBONAS	841585 KM
20/04/2021	CORRECTIVO	CAMBIO VALVULA FRENO DE SEGURIDAD	841585 KM
14/05/2021	PREVENTIVO	CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR Y FILTROS	844711 KM
15/05/2021	CORRECTIVO	CAMBIO JUEGO DE VIGIAS LADO DERECHO	844711 KM
20/05/2021	NO APLICA	SERVICIO ARTIMO	NO REPORTA
26/05/2021	CORRECTIVO	CAMBIO VIGIA, MANGUERAS FRENO DE EMERGENCIA	845769 KM

IMAGEN 12. INFORMACIÓN TKI553[13]

Y así sucesivamente se hizo con cada vehículo de la flota de carga, estos son algunos de los ejemplos, se resaltaron los preventivos en la ficha de cada vehículo.

Adicional a estos datos se tiene el SERVICIO ARTIMO de CUMMINS DE LOS ANDES el cual es un servicio de monitoreo de cada vehículo, en el cual se toman datos y se hacen análisis y recomendaciones, este servicio cuenta con:

- DISTANCIAS RECORRIDAS
- RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE

- EXCESOS DE VELOCIDAD
- EXCESOS DE RPM
- ACELERACIONES Y FRENADAS BRUSCAS
- RALENTÍ EXCESIVO POR VEHICULO
- CODIGOS DE FALLA

Con esta información se tiende a tener mejores análisis a la hora de presentarse una falla reiterativa, a continuación ejemplos de informes enviados por CUMMINS DE LOS ANDES:

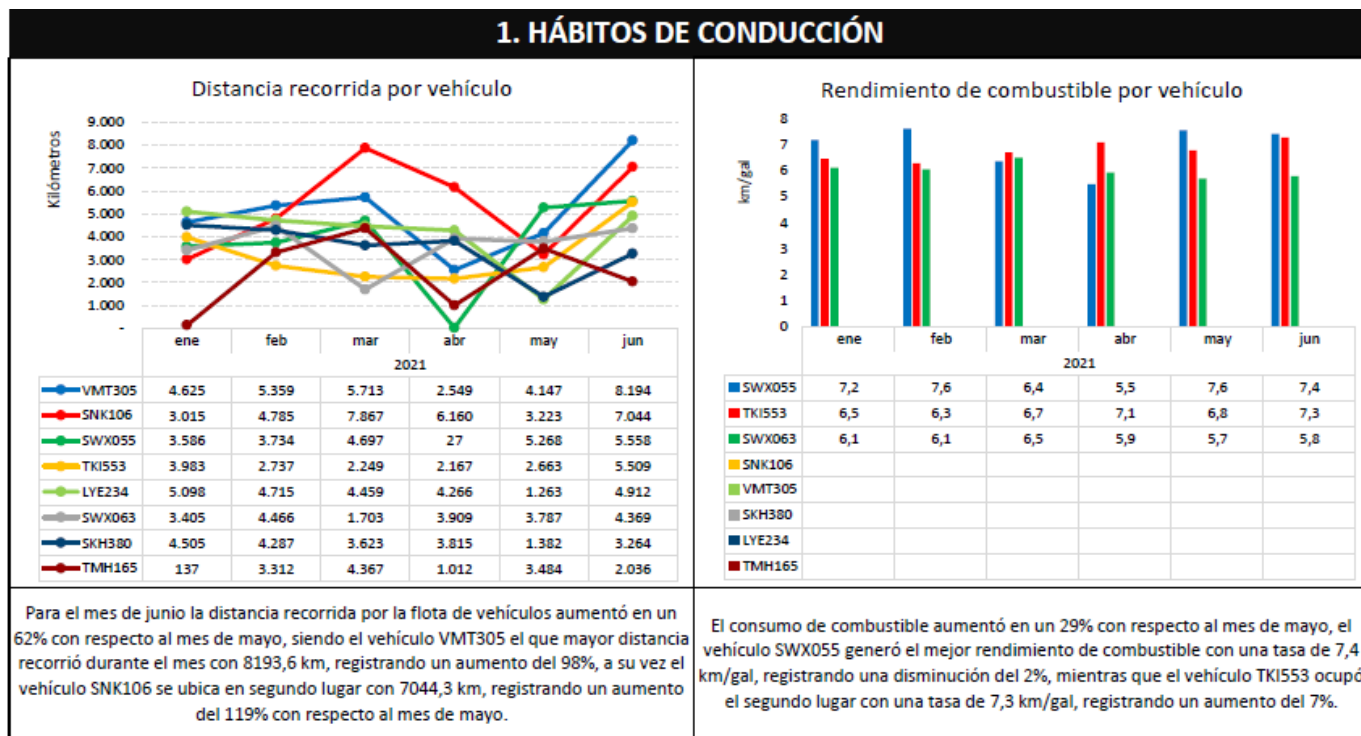


IMAGEN 13. ANALISIS CUMMINS DE LOS ANDES RECORRIDO Y RENDIMIENTO

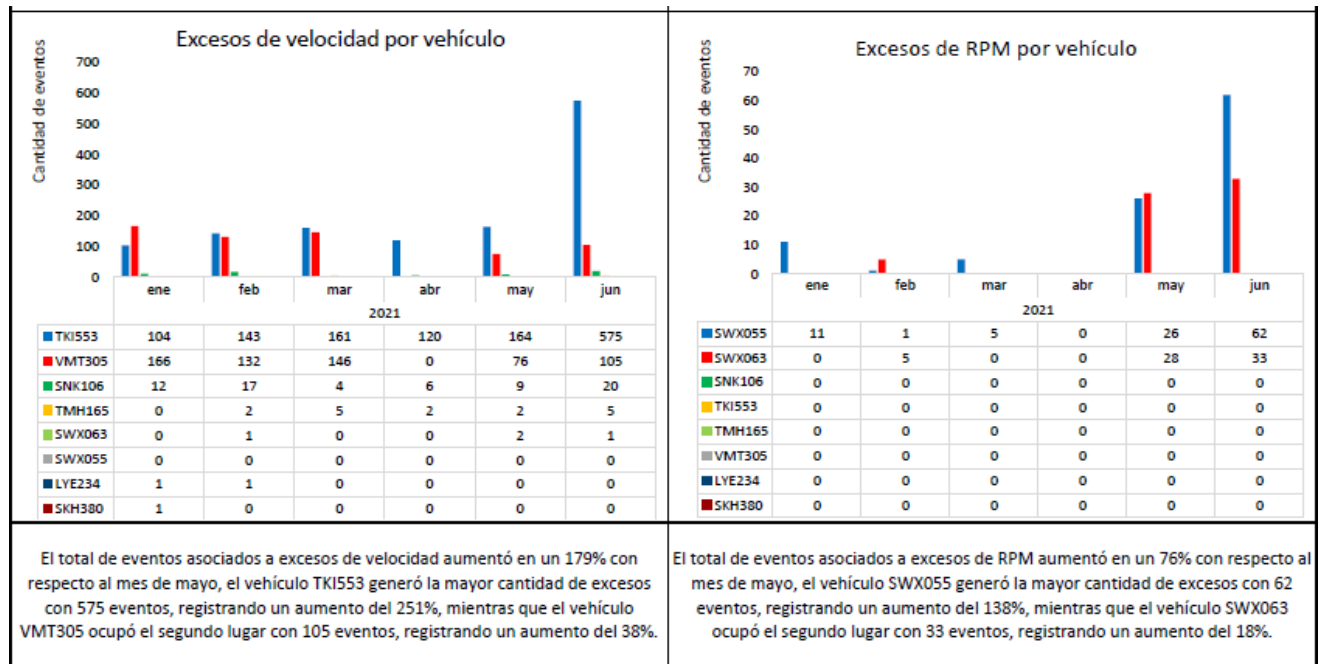


IMAGEN 14. ANALISIS CUMMINS DE LOS ANDES EXCESO DE VELOCIDAD Y RPM

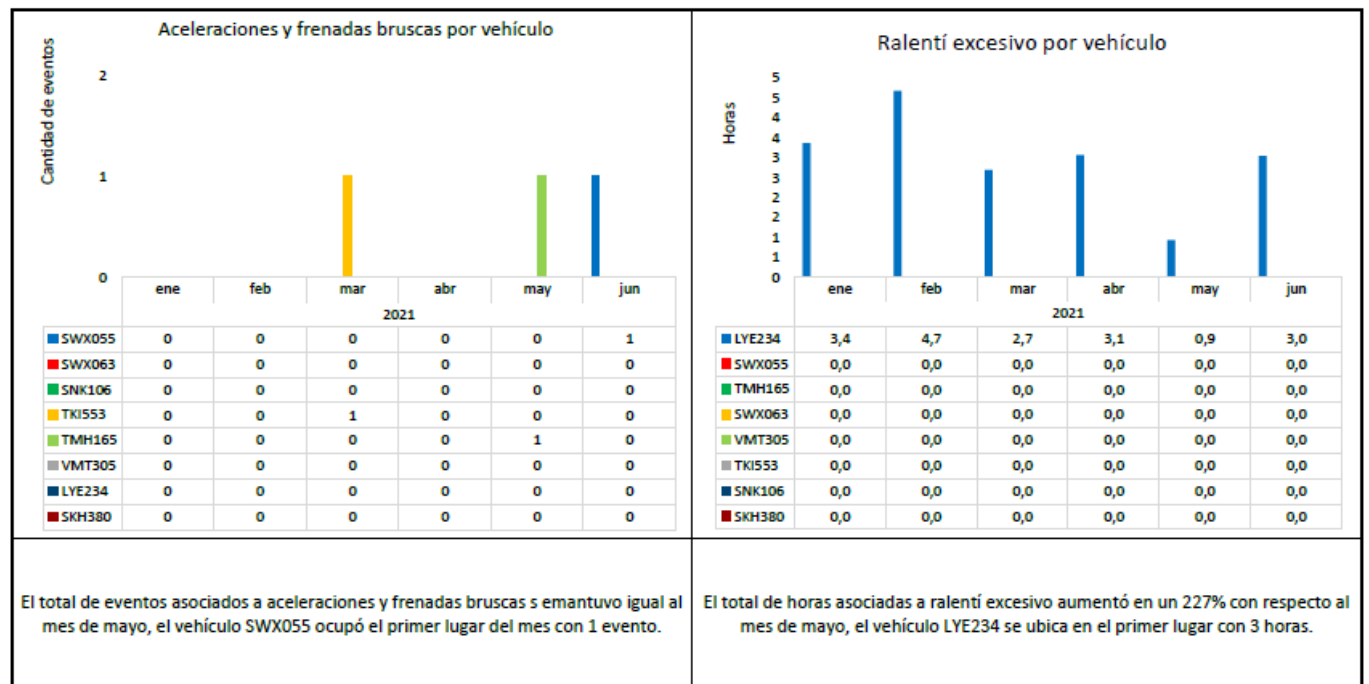


IMAGEN 15. ANALISIS CUMMINS DE LOS ANDRES CAMBIOS BRUSCOS Y RELENTÍ

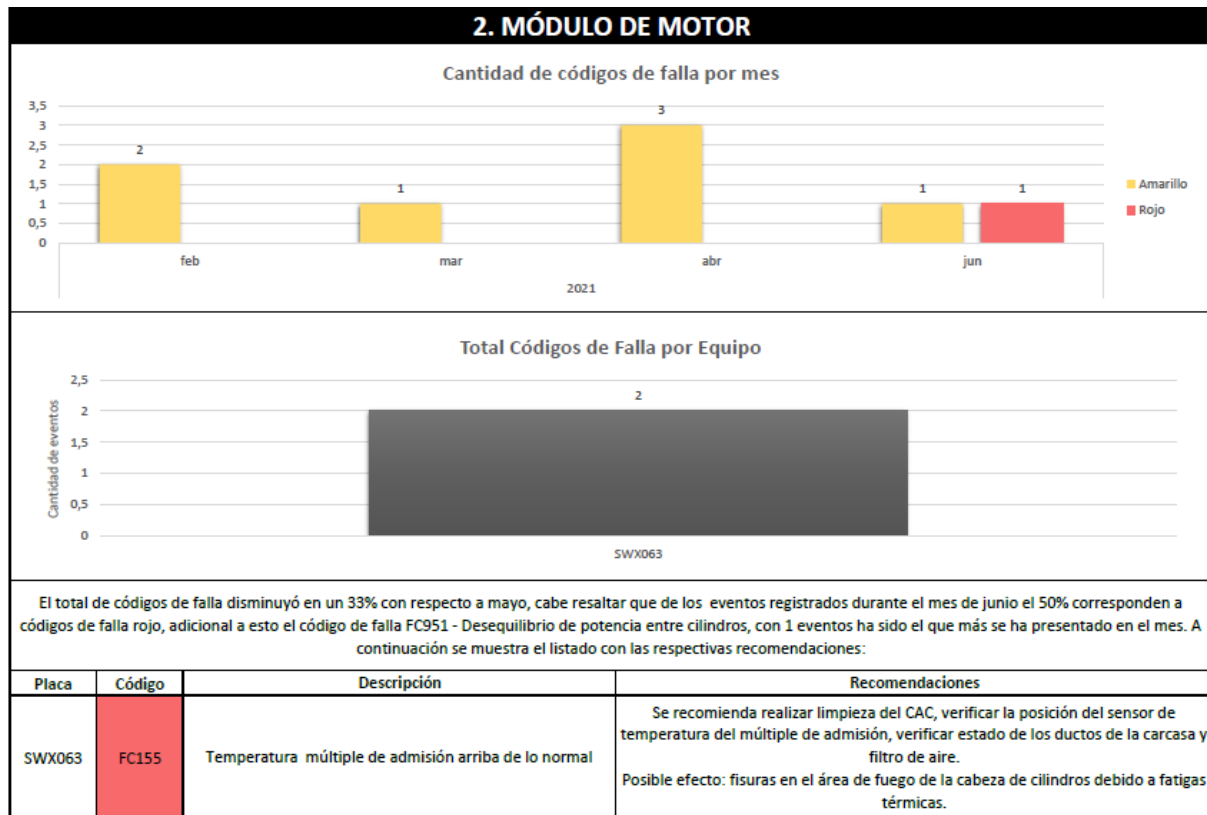


IMAGEN 16. ANALISIS CUMMINS DE LOS ANDES MODULO DE MOTOR

NOTA: Sumado a esto se hace un análisis regular de aceite tanto en el motor, la transmisión y la caja para evaluar así el desgaste presentado y si son cambios muy bruscos intervenir antes de que se convierta en una falla que afecte estos sistemas tan críticos.

5.4 EVALUACIÓN DEL PROGRAMA

Haciendo un análisis detallado de los programas de mantenimiento propuestos anteriormente se identifica que son lo suficientemente completos y que no se debe realizar ninguna modificación como tal, también se identifica que estos planes de mantenimiento son de tipo

PREDICTIVO y CORRECTIVO PROGRAMADO, ya que el contexto operacional de la empresa así me lo permite. Solo se debe dar paso a su activación y ejecución.

Esto es un ejemplo de lo que encontramos al abrir un plan de mantenimiento ya montado en el programa:

<input type="checkbox"/>	Plan de mantenimiento tracto-camion LYE234 TRM	9
<input type="checkbox"/>	Plan de mantenimiento tracto-camion SKH380 TRM	9
<input type="checkbox"/>	Plan de mantenimiento tracto-camion SNK106 TRM	9
<input type="checkbox"/>	Plan de mantenimiento tracto-camion SWX055 TRM	9
<input type="checkbox"/>	Plan de mantenimiento tracto-camion SWX063 TRM	9
<input type="checkbox"/>	Plan de mantenimiento tracto-camion TKI553 TRM	9
<input type="checkbox"/>	Plan de mantenimiento tracto-camion TMH165 TRM	9
<input type="checkbox"/>	Plan de mantenimiento tracto-camion VMT305 TRM	9

IMAGEN 17. PLANES DE MANTENIMIENTO EN FRACTTAL[14]

Cada vehículo tiene su plan de mantenimiento subido en el programa.

<input type="checkbox"/>		Mantenimiento de 13000 kms para tracto...	Si	Media	01H 10mins	Preventiva	Si	01H 00mins
<input type="checkbox"/>		Mantenimiento de 160000 km para tracto...	Si	Media	01D 00H 10mins	Preventiva	Si	01D 00H 00mir
<input type="checkbox"/>		Mantenimiento de 220000 km para tracto...	Si	Media	05H 10mins	Preventiva	Si	05H 00mins
<input type="checkbox"/>		Mantenimiento de 30000 km para tracto...	Si	Media	03H 10mins	Preventiva	Si	03H 00mins
<input type="checkbox"/>		Mantenimiento de 4000 km para tracto-c...	Si	Media	04H 10mins	Preventiva	Si	04H 00mins
<input type="checkbox"/>		Mantenimiento de 500000 km para tracto...	Si	Media	04D 14H 10mins	Preventiva	Si	04D 14H 00mir
<input type="checkbox"/>		Mantenimiento de 60000 km para tracto...	Si	Media	03H 10mins	Preventiva	Si	03H 10mins

IMAGEN 18. PLANES DE MANTENIMIENTO EN FRACTTAL[14]

Cada plan de mantenimiento tiene sus alarmas según Hodómetro, estos valores son los que se van a empezar a actualizar semanalmente para poder dar en marcha los planes y que se empiecen a generar las alarmas programadas.

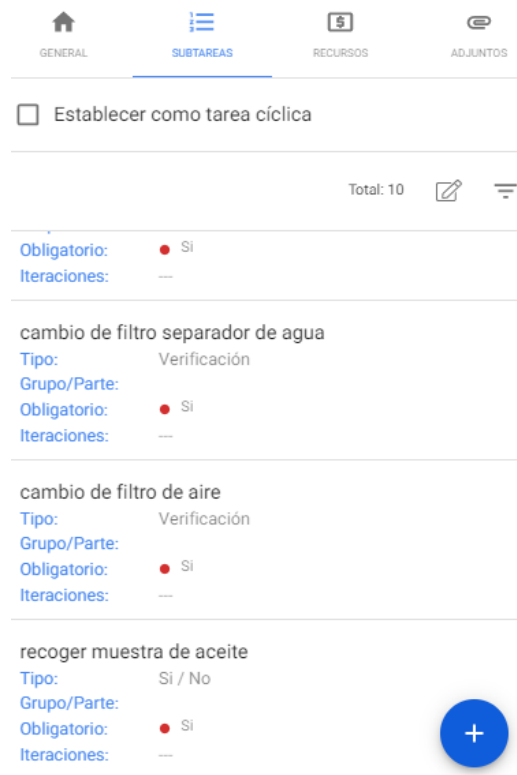


IMAGEN 19. PLANES DE MANTENIMIENTO EN FRACTAL[14]

Cada alarma tiene unas subtareas en las que se le explica que tipo de cambios se deben realizar o que inspecciones debe realizar.

NOTA: TAMBIÉN SE CUENTA CON UN PLAN DE MANTENIMIENTOS PARA LOS TRÁILER.



IMAGEN 20. PLANES DE MANTENIMIENTO EN FRACTAL[14]




Descripción	Configur...	Prioridad...	Duración Estimada	Tipo de Tare...
 Mantenimiento anual de trailer	Si	Media	12H 10mins	Predictiva
 Mantenimiento de 200000 km para trailer	Si	Media	05H 10mins	Preventiva
 Mantenimiento de 30000 km para trailer	Si	Media	02H 10mins	Preventiva
 Mantenimiento de 90000 km para trailer	Si	Media	04H 10mins	Preventiva

IMAGEN 21. PLANES DE MANTENIMIENTO EN FRACTAL[14]

NOTA: Para los tráiler también hay esa subdivisión explicada anteriormente, con alarmas y esas alarmas con subtareas.

5.5 ORIENTACIÓN A CONDUCTORES

A lo largo de las prácticas se estuvo conversando con los conductores y con los conocimientos y varias recomendaciones del ingeniero Sebastián Mira, se les estuvo recalando la importancia de llevar un buen pre operacional para así evitar fallas graves en los vehículos.

Se contaba también de ayudas tecnológicas de la actualidad como lo es la app WhatsApp, por ese medio se estaba en comunicación continua con los conductores ya sea de una tarea programada como de cualquier imprevisto.

VI. CONCLUSIONES

- Se actualizó la información requerida para dar inicio con la ejecución del plan de mantenimiento.
- Para las referencias de los mantenimientos recomendados por los fabricantes no hubo mucho problema ya que se tiene un plan de mantenimiento ya instaurado y basado no solo en esa información si no en la experiencia humana adquirida por los ingenieros Sebastián Mira y Camilo Chamorro.
- Como se explica en el trabajo se identifica que el mantenimiento más que preventivo es PREDICTIVO y a su vez CORRECTIVO PROGRAMADO, ya que se hacen muchas inspecciones y se deja llegar a la falla parcial de varios componentes no críticos. Esto maximiza la vida útil de los componentes y recortan gastos en cambios anticipados, por tanto el programa no necesita una reevaluación.
- Cabe resaltar que al identificar el tiempo de trabajo de los vehículos, más la contratación de terceros en ciertas actividades contamos con mayor disponibilidad en caso de tener que entrar a realizar tareas preventivas, predictivas o correctivas.
- La familiarización con el programa FRACTTAL fue de la mejor manera, se trabajó de la mano con los ingenieros Camilo Chamorro y Sebastián Mira los cuales fueron resolviendo dudas a lo largo de las prácticas y al final se certificó el manejo del programa. (adjunto certificación FRACTTAL).
- Se decide no relacionar toda la información en el FRACTTAL ya que con el Ingeniero Sebastián se identifican varias recomendaciones con las cuales el plan de mantenimiento se podría desarrollar de la mejor forma, por tanto se deja toda la información documentada.

- Uno de los puntos claves al realizar el plan de mantenimiento en los vehículos es que depende mucho del factor humano, quien los maneja, por eso es importantísimo y muy acertado que se centre el mantenimiento en ser PREDICTIVO.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda hablar con los proveedores para que siempre al generar una compra o prestar un servicio se identifique en la factura el ODÓMETRO del vehículo, esto se identificó a lo largo de la toma de datos y facilitaría demasiado ya que muchas veces el conductor no recuerda este dato.
- Se recomienda empezar a llevar semanalmente el conteo del ODÓMETRO para la buena y sana implementación del gran plan de mantenimiento que se tiene.
- Se recomienda reevaluar y reestructurar el pre operacional de los vehículos tanto en su tiempo de inspección como en el formato.
- Se identifica que los conductores al no ser unos expertos en mecánica muchas veces pasan por alto ciertas alertas que arroja el vehículo, por tanto se recomienda que por lo menos una vez al mes o cada cierta cantidad de viajes se haga una inspección en un taller autorizado con técnicos especializados.
- Se recomienda la creación de un canal de comunicación más formal para el reporte de eventualidades o sugerencias que desee hacer el conductor, ya que por el grupo de WhatsApp no se lleva un orden, ejemplo un correo electrónico en común o la creación de usuarios gratuitos en el programa FRACTTAL que no nos generaría costos en licencia y de los cuales se pueden hacer solicitudes (De ser creados estos usuarios habría que dar una capacitación a los conductores en el programa).
- Se recomienda individualizar el plan de mantenimiento de cada tráiler, ya que como se está identificado en el programa y como se logró apreciar a lo largo del análisis no todo son del mismo material y no todos transportan los mismos insumos, por tanto no todos sufren el mismo desgaste funcional ni estructural.

- Se recomienda instalar ODÓMETROS en los tráiler, ya que como se ha dicho no son un fijos para cada vehículo por tanto al individualizarlos de esta manera sea quien sea que tenga alguno de ellos puede identificar si tiene que realizar tareas de mantenimiento.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. P. Matriz and P. Matriz, “Desarrollo y Robustecimiento de Plan Matriz,” pp. 1–4.
- [2] “¿Cómo calcular la disponibilidad de una máquina?” [Online]. Available: <https://www.alsglobal.com/es-co/news/articulos/2020/08/como-calculiar-a-disponibilidade-de-maquinas-e-equipamentos>. [Accessed: 28-May-2021].
- [3] “Tipos de Mantenimiento a Implantar en un Buque - Ingeniero Marino.” [Online]. Available: <https://ingenieromarinero.com/tipos-de-mantenimiento-a-implantar-en-un-buque/>. [Accessed: 31-May-2021].
- [4] M. Comité Técnico, AEN/CTN 151, “Une-en 13306 Terminología del Mantenimiento. Versión en español,” p. 31, 2002.
- [5] “¿Cuáles Son Los Diferentes Tipos de Mantenimiento? [2021] • Infraspak Blog.” [Online]. Available: <https://blog.infraspak.com/es/tipos-de-mantenimiento/>. [Accessed: 31-May-2021].
- [6] “Taxonomía de Activos Físicos - Predictiva21.” [Online]. Available: <https://predictiva21.com/taxonomia-de-activos-fisicos/>. [Accessed: 09-Aug-2021].
- [7] ISO 14224 and The British Standards Institution, “Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural — recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento Iso 14224:2016,” *Bsi*, vol. 1999, p. 71, 2016.
- [8] ACIEM, “Guía de los Fundamentos de Mantenimiento y Confiabilidad,” *Asoc. Colomb. Ing.*, p. 74, 2014.
- [9] “Contextos operacionales, una manera de entender y mejorar la confiabilidad operacional - RELIABILITY CONNECT® en Español.” [Online]. Available: <https://esp.reliabilityconnect.com/contextos-operacionales-una-manera-de-entender-y-mejorar-la-confiabilidad-operacional/>. [Accessed: 09-Aug-2021].
- [10] J. Moubray, “Rcm Ii,” p. 446, 2004.
- [11] J. Carlos and O. Barrera, “Gestión de Activos Basado en RCM.”
- [12] “Análisis de Criticidad Integral de Activos - Predictiva21.” [Online]. Available: <https://predictiva21.com/analisis-criticidad-integral-activos/>. [Accessed: 09-Aug-2021].
- [13] “Hojas De Vida De Vehiculos.excel.”
- [14] “Fractal One.” [Online]. Available: <https://one.fractal.com/inventories/equipments>. [Accessed: 07-Sep-2021].

IX. ANEXOS

- Se anexa Excel elaborado y llenado de información recopilada.
- Se anexa certificación FRACTTAL.