

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS**

**INSTITUTO ARGENTINO DE PROFESORES UNIVERSITARIOS DE
COSTOS - IAPUCO**

CARRERA DE POSGRADO

ESPECIALIZACIÓN EN COSTOS Y GESTIÓN EMPRESARIAL

**Tema: IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN OPERATIVO PARA EL ÁREA DE
MANTENIMIENTO DE FLOTA DE VEHÍCULOS DE UNA EMPRESA PRESTADORA DE
SERVICIOS.**

Autor: Baltazar Bisaro

Director: Roberto Baldini

Marzo de 2022

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN OPERATIVO PARA EL ÁREA DE
MANTENIMIENTO DE FLOTA DE VEHÍCULOS DE UNA EMPRESA
PRESTADORA DE SERVICIOS.**

Índice

1. Resumen.....	4
2. Introducción.....	5
3. Marco Teórico.....	7
4. Diagnóstico: Análisis de la situación actual.....	11
a. Indicadores y valoraciones de costos actuales.....	13
b. FODA.....	14
i. Fortalezas.....	14
ii. Oportunidades.....	14
iii. Debilidades.....	14
iv. Amenazas.....	15
5. Plan operativo: implementación de estrategia de mantenimiento.....	16
a. Gráfico de tiempo medio de reparación (MTTR).....	17
b. Estructura de costos.....	20
Detalles de los costos proyectados.....	27
6. Plan de control.....	29
Indicadores:.....	34

7. Conclusión.....35

8. Bibliografía.....37

1. Resumen

La flota de vehículos tiene una base firme tanto en la industria fabril como en la de servicios. En este caso se analiza una flota de vehículos de una empresa de servicios que en la actualidad mantiene un sistema de mantenimiento correctivo.

La gestión de mantenimiento juega un papel importante en el crecimiento de una organización. El mantenimiento de la flota de vehículos es fundamental en términos de costo, disponibilidad y satisfacción del cliente. La principal causa de los retrasos son los procedimientos de mantenimiento ineficaces e ineficientes.

Esta investigación propuso un sistema de mantenimiento que integra el flujo de información incorporando diferentes estrategias de mantenimiento. El análisis se realiza sobre la base de la estructura de costos de mantenimiento sugeridos en relación con los desembolsos bajo la estructura actual.

El análisis de cinco por qué se utiliza para identificar la causa raíz. El modelo incorpora el método de inspección mediante el uso de listas de verificación y programas de mantenimiento. Se integra también algunos indicadores o KPi que permitirán realizar auditorías regulares y ajustes en caso de requerirlos.

Keywords: Mantenimiento – costo de mantenimiento –flota de vehículos

2. Introducción

El mantenimiento de flotas se refiere al proceso de reparación y mantenimiento de vehículos propiedad de una empresa u organización. El objetivo es mejorar la eficacia y la seguridad del uso de estos vehículos mientras se realizan las tareas regulares de la empresa.

Numerosas empresas y organizaciones poseen vehículos, pero tienden a despreciar la necesidad de contratar profesionales para que se encarguen del mantenimiento de la flota. Si se realizan mediciones seguramente se llega a la conclusión de que a las empresas les cuesta más pérdidas de dinero, de tiempo y productividad cuando no hay una autoridad adecuada para manejar el mantenimiento o la gestión de la flota.

El mantenimiento preventivo de las flotas es la mejor manera de reducir, e incluso evitar, las averías de los vehículos. El mantenimiento preventivo se basa en el kilometraje, el tiempo, las horas del motor o los litros de combustible utilizados. Cuando se alcanzan los umbrales predefinidos, los planes de mantenimiento preventivo desencadenan actividades como inspección, limpieza, pruebas, reparaciones, reemplazo de piezas, lubricación y otras actividades de mantenimiento continuo del vehículo.

Al gestionar una flota, la disponibilidad de vehículos es primordial. El mantenimiento preventivo es útil para las flotas, ya que realizar tareas de mantenimiento de forma programada es preferible a retirar un vehículo de la disponibilidad por averías y reparaciones inesperadas. El mantenimiento preventivo puede reducir los costos a largo plazo al extender la vida útil de sus vehículos y, además, ayuda a garantizar la seguridad de los operadores de sus vehículos en la carretera.

La gestión de flotas se está convirtiendo en un elemento sustancial para determinar el crecimiento de una organización. Entre los módulos de gestión de flotas, el mantenimiento ocupa un lugar crítico. Solo un vehículo debidamente mantenido se

considera más seguro, duradero y confiable. El mantenimiento de una flota de vehículos debe estar sujeto a la filosofía de mejora continua. El proceso adecuado ayuda a lograr el funcionamiento eficaz y eficiente de un vehículo y elimina los problemas críticos que pueden dejar los productos o mercaderías varadas en medio del camino.

En el siguiente documento se pretende desarrollar un plan operativo para la implementación de una estrategia de mantenimiento preventivo en una empresa Distribuidora de Energía Eléctrica que cuenta con una flota relativamente variada de vehículos.

3. Marco Teórico

Las operaciones de mantenimiento y reparación (MRO) se definen como todas las acciones que tienen el objetivo de retener o restaurar un artículo en un estado en el que pueda realizar su función requerida. Las acciones incluyen la combinación de todos los aspectos técnicos y administrativos correspondientes, acciones de gestión y supervisión [CITATION Jos17 \l 11274].

El mantenimiento se refiere a las actividades necesarias para mantener una instalación en condiciones “tal como se construyó” y continuar conservando su capacidad productiva original. El mantenimiento asegura que los activos físicos continúen haciendo lo que su usuario quiere que hagan [CITATION Joh20 \l 11274]. La adopción de operaciones de mantenimiento para una organización depende de los recursos financieros y la gestión de activos.

El mantenimiento de la flota es un fenómeno complejo. Dicho mantenimiento depende de varios factores, como el número de vehículos, los tipos de vehículos y la experiencia del personal de mantenimiento. La integración del flujo de información de diferentes operaciones de mantenimiento debe analizarse sistemáticamente.

Diferentes organizaciones utilizan diferentes estrategias de mantenimiento. Las estrategias de mantenimiento estudiadas para esta investigación se enumeran a continuación:

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento basado en condiciones (CBM)

- Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)
- Sistema de gestión de mantenimiento computarizado(CMMS)
- Internet industrial

El mantenimiento preventivo incluye todas las acciones llevadas a cabo en un cronograma planificado, periódico y específico para mantener un artículo o equipo en las condiciones de trabajo indicadas a través del proceso de verificación y reacondicionamiento. El mantenimiento correctivo incorpora mantenimiento o reparación no programada para devolver los artículos / equipos a un estado definido, realizado porque las personas de mantenimiento o los usuarios percibieron deficiencias o fallas[CITATION BSD02 \l 11274].

El mantenimiento predictivo utiliza métodos modernos de medición y procesamiento de señales para predecir y diagnosticar con precisión el estado de los elementos / equipos durante la operación[CITATION BSD02 \l 11274].

El mantenimiento basado en condiciones (CBM) es una filosofía de gestión que toma decisiones de reparación o reemplazo sobre la condición actual o futura de los activos. Establece claramente que el equipo necesita un control e inspección adecuados a nivel de componente para que la condición del equipo se pueda determinar en cualquier momento durante todo su ciclo de vida[CITATION San181 \l 11274].

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) se utiliza para determinar los requisitos de mantenimiento de cualquier activo físico en el contexto de su historial funcional[CITATION BSD02 \l 11274].

El sistema de gestión de mantenimiento computarizado (CMMS), también conocido como gestión de activos empresariales y sistema de información de gestión de mantenimiento computarizado (CMMIS) se elige a menudo como referencia para

desarrollar el sistema de mantenimiento. Permite al usuario o, en este caso, a la organización realizar un seguimiento de sus activos de todas las formas posibles. La optimización del mantenimiento se facilita enormemente cuando las empresas adoptan una filosofía o estrategia de gestión de fabricación o mantenimiento de clase mundial (WCM) junto con la implementación de CMMS. El software CMMS se vio por primera vez alrededor de 1976[CITATION Osk21 \l 11274].

El concepto de Internet Industrial es acuñado por General Electric, que se refiere a la integración de maquinaria compleja con la ayuda de redes, sensores y software utilizado como puente. Internet industrial combina los impactos del aprendizaje automático, big data, el concepto de Internet y comunicación de máquina a máquina para extraer datos de las máquinas, realizar análisis (a menudo en tiempo real) y ajustar las operaciones en consecuencia[CITATION BSD02 \l 11274].

Los sistemas de mantenimiento de transporte están evolucionando rápidamente. La necesidad de adaptar las empresas a los cambios es inevitable. La medida en que evoluciona el proceso depende de las tecnologías de la información y la implementación de técnicas modernas.

Además de los sistemas tecnológicamente avanzados, las listas de verificación se utilizan para evaluar la salud de una máquina o un vehículo. La lista de verificación de mantenimiento es un documento que incluye los elementos que deben revisarse mientras se realiza la operación de mantenimiento. Los elementos de mantenimiento variarán según el tipo de mantenimiento y el elemento de mantenimiento.

Las listas de verificación de inspección de vehículos generalmente consideran operaciones preventivas o programadas. Para el desarrollo de la lista de verificación, analizamos el sistema en consideración.

Los programas de mantenimiento proporcionan la lista inicial de componentes que deben revisarse. Además de la lista de verificación, también se requieren datos

crujientes relacionados con la probabilidad de diferentes fallas[CITATION Hal06 \l 11274].

Los fallos frecuentes deben analizarse sistemáticamente. El análisis de las 5 preguntas se utiliza para analizar fallas frecuentes. Es una gran herramienta que no implica segmentación de datos; prueba de hipótesis, regresión u otras herramientas estadísticas avanzadas. En muchos casos se puede completar sin un plan de recopilación de datos[CITATION Vil21 \l 11274].

Este es un enfoque simple para explorar las causas raíz e inculcar una cultura de "Solucionar la causa raíz, no el síntoma" en todos los niveles de una empresa. El industrial japonés Saki chi Toyoda presentó la idea de seguir preguntando "¿Por qué?" hasta que se revele la causa raíz. El número cinco no es una regla de lo que se requiere para alcanzar el nivel de causa raíz, sino que simplemente establece que el investigador debe hacer la pregunta hasta que se presente el caso raíz.

Lo que importa es que bajo esta metodología se solucionan los problemas recurrentes abordando las causas verdaderas y no los síntomas; esto es un verdadero progreso.

4. Diagnóstico: Análisis de la situación actual

El objetivo es analizar la flota de la organización en base a estrategias de mantenimiento. Se informa que la mayoría de las organizaciones practican el mantenimiento correctivo con pocas excepciones que utilizan el mantenimiento preventivo. En este caso se repite la situación más habitual.

Además, para mantener la salud de los vehículos, la mayoría de las organizaciones no siguen los manuales del fabricante. Estas prácticas deterioran la vida útil del vehículo. Un sistema de mantenimiento integral que incorpore las fallas mencionadas beneficiará a la empresa y a su flota.

El primer paso hacia la mejora es analizar el sistema existente. Se evalúa minuciosamente el sistema actual de mantenimiento de vehículos. La flota en este caso está compuesta por 1200 vehículos que se distribuyen entre las siguientes categorías:

- Automóvil: Tipo sedán, marcas Chevrolet (Corsa II, Cruze) Ford (Focus) Volkswagen (Voyage) Renault (R19)
- Furgón liviano: Tipo carga o sedán, marca Peugeot (Partner), Citroen (Berlingo), Renault (Express, Kangoo)
- Furgón mediano: Tipo carga, marca Peugeot (Boxer), Citroen (Jumper), Renault (Traffic, Master), Ford (Transit), Mercedes Benz(Sprinter)
- Pick-Up: Tipo carga, 4x2 o 4x4, simple y doble cabina, marca Ford (Ranger), Toyota (Hilux), Volkswagen (Amarok), Chevrolet (S10), Nissan (Frontier)

En la actualidad la empresa cuenta con un sistema muy simple de mantenimiento que puede definirse como correctivo. El seguimiento del mismo se realiza mediante una planilla de Excel que cuenta con información básica.

La información que se recopila no distingue entre los diferentes modelos, sino que simplemente lista los diversos componentes o sistemas de los vehículos que pueden requerir mantenimiento y los clasifica por grado de criticidad en baja, media o alta. Lo que se pretende es poder desarrollar un sistema que permita mantener un control preventivo de la flota, diferenciando los niveles de criticidad de cada componente en relación con el modelo y uso del vehículo, y verificar, finalmente, si esta implementación puede significar un ahorro para la empresa.

Los datos recopilados se agregarán en una base de Microsoft Excel que se utilizará para analizar, agrupar y segregar diferentes tipos de fallas. Un parámetro importante en el mantenimiento es el tiempo medio de reparación (MTTR).

Se lleva a cabo un estudio de tiempos en una muestra de uno de cada uno de los modelos para calcular el MTTR. El cálculo de MTTR destaca los componentes críticos. Los intervalos programados se obtienen del manual del fabricante. Estos intervalos están relacionados con la distancia recorrida por un vehículo (Km).

Si no se resuelve la causa raíz, la falla de los componentes seguirá siendo recurrente. Bajo la metodología de los cinco por qué se realiza un análisis de las fallas y los componentes críticos para identificar las causas fundamentales.

El uso de listas de verificación es una manera fácil de revisar periódicamente el estado de la máquina / vehículo. Las listas de verificación se desarrollan utilizando los datos analizados. Los datos cualitativos como la ubicación del terreno o el tipo de ruta o camino transitado, el estado de ánimo del operador y las rutas inadecuadas también se consideran para el desarrollo de la lista de verificación. Estas listas de verificación actúan como una entrada para el mantenimiento predictivo y basado en condiciones.

Los componentes críticos necesitan inspección con más frecuencia. Su condición necesita ser monitoreada con frecuencia y de forma más sistemática. El análisis de

cinco por qué no solo será útil en la identificación de la causa raíz, sino también en el desarrollo del sistema de mantenimiento.

a. Indicadores y valoraciones de costos actuales

El sistema de mantenimiento actual solo cuenta con una planilla de control que enumera los diversos sistemas o componentes que pueden requerir de reparación así como el grado de criticidad de cada uno, tal como se muestra en la figura 1.

Figure 1: Fracción de tabla de control de mantenimiento actual

TIPO DE MANTENIMIENTO	DETALLE DE SERVICIOS CONTEMPLADOS	CRITICIDAD	FRECUENCIA
ELECTRICIDAD	• Detección, diagnóstico y reparación de fallas electrónicas/eléctricas	Baja	Ante falla y/o rotura
	• Reparación de cableado, cortocircuito, conexiones defectuosas	Baja	Ante falla y/o rotura
	• Escaneado integral de vehículo	Baja	Ante falla y/o rotura
	• Provisión y cambio de batería	Media	Ante falla y/o rotura
	• Cambio de lámparas (baja, alta, posición, stop, retroceso, faros auxiliares, etc)	Media	Ante falla y/o rotura
	• Reparación de Alternador	Media	Ante falla y/o rotura
	• Reparación de Motor de Arranque	Media	Ante falla y/o rotura
INSTRUMENTAL	• Reparación de tablero y comandos del vehículo (relojes, llaves y comandos de luces, etc)	Baja	Ante falla y/o rotura
	• Reparación de odómetro, velocímetro y demás marcadores (medidor combustible, presión aceite, temperatura)	Media	Ante falla y/o rotura
SUSPENSIÓN, DIRECCIÓN, TREN DELANTERO Y TRASERO	• Evaluación integral y reparación de Tren Delantero y suspensión	Media/Alta	Ante falla y/o rotura
	• Evaluación integral y reparación de Tren Trasero y suspensión	Media/Alta	Ante falla y/o rotura
	• Reparación de sistema de dirección (caja de dirección).	Media	Ante falla y/o rotura
	• Alineación y balanceo	Media	10.000 kilómetros
	• Cambio de cubiertas	Media	60.000 kilómetros

Fuente: Elaboración Propia

Como puede verse en el ejemplo, en la tabla de control solo se destacan como indicadores el grado de criticidad del mantenimiento y la frecuencia recomendada. En la mayoría de los casos la frecuencia está definida como en el momento de rotura o falla.

Los costos no se controlan de manera diferenciada para cada uno de los modelos o formatos de vehículos, sin embargo si se cuenta con el valor promedio mensual asignado a mantenimiento y es de \$7.500 por vehículo.

b. FODA

Esta herramienta permitirá lograr un diagnóstico más certero de la situación actual para poder planificar la metodología más conveniente a aplicar en esta área.

i. Fortalezas

- Solo se incurre en costos cuando es necesario
- Existe la posibilidad de trasladar controles o arreglos en tiempos en que no exista flujo de caja

ii. Oportunidades

- Es posible aprovechar posibles precios promocionales u oportunidades del mercado en determinada época del año
- Existen alternativas para sub-contratar un servicio de mantenimiento que sea más organizado y permita aplanar la curva de costos
- Los acuerdos del contrato pueden ser beneficiosos en tiempos de inflación alta.

iii. Debilidades

- Las roturas o fallas tratadas a destiempo pueden ser más costosas
- No es posible mantener un presupuesto controlado del área de mantenimiento porque varía todos los meses.
- Al no contar con un proceso de control o auditoria periódico, la gravedad en los fallos tiende a ser mayor

iv. Amenazas

- Precios de mercado y economía muy fluctuante
- Imposibilidad de realizar predicciones por la incertidumbre de mercado

5. Plan operativo: implementación de estrategia de mantenimiento

Para este plan se selecciona la probabilidad del problema como criterio de segregación. La probabilidad o grado de probabilidad captura la idea de que es probable que suceda o haya sucedido algo.

Las categorías de problemas se ramifican para enumerar el número de problemas que se pueden asociar con la categoría principal. En este caso es posible usar la tabla que ya está a disposición de la empresa.

La reparación del alternador, por ejemplo, podría haber sido causada por varios motivos, y seguramente pueden identificarse una variedad de síntomas, por lo que se sugiere incluir la diversidad de síntomas para cada categoría.

Se considera que los componentes críticos en términos de probabilidad son los que tienen una mayor frecuencia de fallas durante un período de tiempo. Los componentes críticos necesitan una inspección y un seguimiento continuos. Entonces en este sentido, se sugerirá el control periódico de síntomas para componentes críticos.

Además, se agregará a la tabla de control los indicadores de costos relacionados con cada una de las acciones necesarias que implican la implementación de este plan de mantenimiento preventivo, a fin de, luego de un período de haber sido aplicado, puedan hacerse las comparaciones de costos pertinentes y valorizar el potencial ahorro.

En este caso, se agregarán columnas para contabilizar el valor correspondiente al costo de hora/hombre invertido para realizar los controles, y otra para contabilizar los costos de reparaciones intermedias o acciones necesarios cuya necesidad puede detectarse gracias a los controles periódicos, sin necesidad de llegar a fallos.

a. Gráfico de tiempo medio de reparación (MTTR)

MTTR es el tiempo promedio que se tarda en reparar algo después de una falla. El tiempo medio de reparación de todas las piezas mayores y menores se calcula mediante un estudio de tiempo en el taller de servicio.

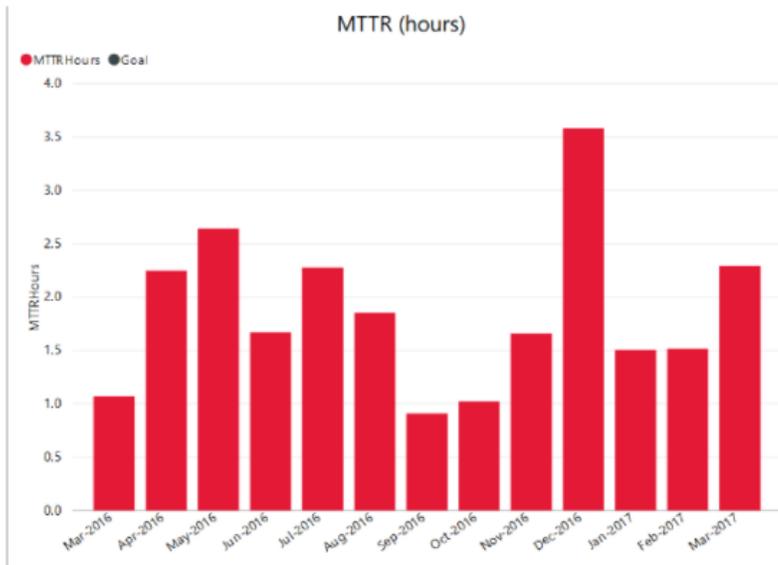
MTTR es la relación entre el tiempo de inactividad total y la frecuencia de fallas.

El cálculo de este indicador se realiza de la siguiente manera:

Tiempo de reparación = final de malfuncionamiento – comienzo de malfuncionamiento

**MTTR = Tiempo acumulado de reparación por equipo en tareas en las que la alerta de averío está encendida
Número de tareas en las que la alerta de averío está encendida**

El resultado obtenido estará expresado en horas y a medida que se acumulen datos periódicos, es posible generar un gráfico de seguimiento para mantener el control de la evolución de la gestión del mantenimiento. Abajo se muestra un ejemplo de cómo será el resultado del gráfico para la compañía una vez que se cuenten con los datos necesarios para confeccionarlo:



Fuente: [CITATION ATS21 \I 11274]

El tiempo de inactividad no planificado generalmente se contribuye por los componentes más críticos que no reciben mantenimiento preventivo. Se estima que el tiempo de mantenimiento promedio disminuye a medida que aumenta el nivel de monitoreo, y este es un indicador que se incluirá, porque todo tiempo de inactividad por supuesto que implica un mayor costo para la empresa.

La solución propuesta entonces aborda los problemas críticos que se obtienen a partir de la probabilidad, la clasificación de intervalos, el cálculo del tiempo de mantenimiento promedio y el análisis de los Cinco Por qué. Los hallazgos sobre los principales componentes críticos se utilizan para desarrollar listas de verificación y asignar estrategias para reducir el tiempo de inactividad general de la flota de vehículos.

Las listas de verificación de mantenimiento se desarrollan sobre la base de los resultados obtenidos de los intervalos de mantenimiento ya establecidos para componentes críticos y que ya son tenidas en cuenta en el modelo actual (definidos

por cantidad de km recorridos), el tiempo medio de mantenimiento y el análisis de cinco motivos.

Los Intervalos de mantenimiento clasificados actúan como la entrada principal para la lista de verificación. Las operaciones de mantenimiento preventivo enumeradas por el fabricante no se pueden retrasar, ya que se basan en la vida útil de diseño del componente.

El indicador de tiempo medio de mantenimiento, actúa como indicador secundario y se asigna mayor prioridad a las operaciones de reparación con mayor tiempo de mantenimiento.

Se sugieren entonces 3 listas de verificación:

- La lista de verificación de inspección semanal incluye los componentes críticos sobre la base del tiempo promedio de mantenimiento de los componentes críticos que deben abordarse con más frecuencia. La lista de verificación semanal incluye verificaciones del estado interior / exterior del vehículo, verificaciones de fluidos y funciones, antes de poner el vehículo en funcionamiento. La inspección más frecuente cubre los componentes que no se pueden descuidar a ningún costo. Las comprobaciones básicas de fluidos y funciones incluyen problemas menores que pueden provocar una falla importante en los componentes del vehículo. Como ya se indicó, este tiempo de verificación puede también estar valorizado a nivel de costos, y ser comparado posteriormente con fallas que pueden provocarse por la falta de inspección.
- La lista de verificación de mantenimiento de 5.000 km incluye las reparaciones y los reemplazos e inspecciones necesarios de los componentes. Los componentes que se inspeccionan a nivel semanal se inspeccionan minuciosamente para comprobar si es necesario realizar los reemplazos.

- La lista de verificación de mantenimiento de 10.000 km incluye componentes inspeccionados semanalmente y componentes inspeccionados a 5000 km. Los mismos componentes necesitan supervisión e inspección en 20.000; 40.000 Km.

b. Estructura de costos

Los costos relacionados con el mantenimiento de una flota de vehículos pueden clasificarse en las categorías que siguen:

- Costos directos: están relacionados de manera unívoca con el objeto de costo “Tipo de vehículo”. A su vez esta categoría se divide en dos subcategorías:
 - Costos fijos: se refiere a aquellos costos que se deben asumir por el solo hecho de tener la posesión del mismo, independientemente del uso o no uso. La gestión de estos costos es en general anual.

Ejemplos de Costos Directos Fijos son: Aquellos que tienen que ver con la maquinaria o artefactos adquiridos para lograr un buen mantenimiento preventivo (Su amortización). Pudiendo diferenciar las maquinarias/artefactos según “tipo de vehículos”.

También pueden incluirse los mantenimientos y las inspecciones preventivas que implican la detección de daños o condiciones de desgaste antes que los componentes principales necesiten reparaciones. Se convierten en un costo fijo cuando son planificadas a diario o semanalmente, y su costo se calcula por las horas de personal que consume, los materiales usados y los servicios de terceros contratados. Ej: Aplicación rutinaria de fluidos.

- Costos variables: se refiere a los costos que están relacionados al uso del vehículo. En este caso se computan por kilometraje o bien tiempo de uso.

Dentro de los costos directos también existen costos que pueden llegar a evitarse. Se pueden identificar:

- Defecto mecánico no riesgoso o electivo reparado: se trata de un defecto que se agravará y aumentará el costo si no se repara, pero no impide el uso del vehículo mientras lo mantiene en ese estado.
- Defecto electivo estético: en este caso se considera también evitable porque su persistencia no compromete la seguridad.
- Costos indirectos: esta categoría de costos no está relacionado de manera unívoca con cada “tipo de vehículo”. Son parte de la gestión de la flota y pueden ser computados por unidad de tiempo (semanal, mensual, anual).

Figure 2: Estructura de costos de mantenimiento

A continuación, se presenta el formato propuesto para llevar la gestión de la estructura de costos del mantenimiento de la flota y de esta manera poder gestionar los posibles cambios de manera más eficiente, así como controlar la efectividad o no de la propuesta

Tabla 1: Control de estructura de costos de Mantenimiento

Denominación	Tipo de mantenimiento	de	Valor teórico unitario	Valor real	Diferencia	% de desvío
Costos directos						
<i>Costos Variables</i>	<i>MP/MC</i>					
<i>Costos fijos</i>						
Costos indirectos						
• Software						
• Hardware						
• Horas/personal admvo/apoyo						
• Infraestructura(Amort)						

Fuente: Elaboración Propia

Se considera en este caso muy importante destacar cual es la desviación de los costos proyectados en relación a los que realmente han sido incurridos. Este dato será de gran utilidad para poder hacer proyecciones futuras de costos anuales.

Esta misma tabla también podrá proyectarse en años, considerando la evolución de los diversos ítems.

Los datos que alimentan a esta tabla provienen de diversas fuentes. Nos concentramos en la fuente de datos de costos variables, en la que se consideran todos los costos que ya se tienen medianamente seguidos en la empresa. Las modificaciones que se establecieron para la misma pueden verse en la tabla que sigue:

Tabla 2: Mantenimiento inevitable

TIPO DE MANTENIMIENTO	DETALLE DE SERVICIOS CONTEMPLADOS	CRITICIDAD	TIPO DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	COSTO ESTIMADO CONTROL	COSTO ESTIMADO REPARACIÓN
ELECTRICIDAD	Detección, diagnóstico y reparación de fallas electrónicas/eléctricas	Baja	MP	ANUAL		
	Control de cableado, cortocircuito, conexiones defectuosas	Baja	MP	ANUAL		
	Escaneado integral de vehículo	Baja	MP	ANUAL		
	Provisión y cambio de batería	Media	MP	SEMESTRAL		
	Control de lámparas (baja, alta, posición, stop, retroceso, faros auxiliares, etc)	Media	MP	SEMESTRAL		
	Control Alternador	Media	MP	SEMESTRAL		
	Control de Motor de Arranque	Media	MP	SEMESTRAL		
INSTRUMENTAL	Control de tablero y comandos del vehículo (relojes, llaves y comandos de luces, etc)	Baja	MP	ANUAL		

	Control de odómetro, velocímetro y demás marcadores (medidor combustible, presión aceite, temperatura)	Media	MP	SEMESTRAL		
SUSPENSIÓN, DIRECCIÓN, TREN DELANTERO Y TRASERO	Evaluación integral y reparación de Tren Delantero y suspensión	Media/ Alta	MP	MENSUAL		
	Evaluación integral y reparación de Tren Trasero y suspensión	Media/ Alta	MP	MENSUAL		
	Control de sistema de dirección (caja de dirección).	Media	MP	SEMESTRAL		
	Alineación y balanceo	Media	MP	SEMESTRAL		
	Cambio de cubiertas	Media	MP	SEMESTRAL		
FRENOS	Evaluación y reparación de sistema de frenos (cambio de pastillas, cintas, mordazas, rectificado de discos)	Alta	MP	MENSUAL		
	Agregado de fluido de frenos, purgado, regulación, freno de mano	Media/ Alta	MP	MENSUAL		

Fuente: Elaboración Propia

Los pasos que siguen tienen que ver con la coordinación y operatividad del nuevo plan. Esto implica la asignación de responsabilidades de las diversas instancias de mantenimiento, la construcción de instrumentos para el control y seguimiento del mismo, por nombrar las más importantes. Las asignaciones diarias y periódicas se identifican y describen en detalle y luego se envían para su aprobación. Todo este flujo debe estar operacionalizado mediante un *workflow* automático que permita gestionar y observar los resultados y los diversos outputs del sistema de control.

Es necesario entonces programar las asignaciones de los mantenimientos anualmente, identificando las frecuencias que convienen para cada una de las instancias. En este caso se han establecido basadas en los niveles de criticidad que

ya tenía asignado la empresa para cada acción de mantenimiento, pero es posible que estas se modifiquen en función de los resultados que se obtengan luego de aplicar el prototipo del plan de mantenimiento.

Después de la implementación de todas las inspecciones diarias de mantenimiento y las asignaciones periódicas en las áreas seleccionadas inicialmente, el plan de mantenimiento se puede expandir a otras áreas. La experiencia obtenida del proyecto piloto es fundamental para ampliar el programa.

Las potenciales ampliaciones que se recomiendan y que permitirán lograr una mayor efectividad en la gestión de los costos relacionados con esta área, es al área de administración o de *business intelligence* si la hubiera, a fin de poder hacer una evaluación basada en datos de la performance del área; y al área de sistemas, a fin de poder automatizar la mayor cantidad de tareas mediante el uso de software.

Es por esto que es necesario desarrollar una base de datos que incluya el seguimiento de los costos indirectos, que tienen que ver con estos montos “invisibles” o diluidos que se han mencionado más arriba en el informe y que deben ser considerados para realizar una buena medición de costos integrales.

Dos conceptos son importantes en esta instancia, y serán agregados a la medición de los costos relacionados con el mantenimiento:

- El indicador MTTR que ya fue introducido, y que mediante la asignación de un valor \$ a cada hora será posible ser agregado como valor negativo en cada instancia de reparación o mantenimiento. Es posible asignar el valor hora que ya se tenga calculado para la operatividad de la empresa, que es un valor que representa la actividad total de la misma, incluyendo todas las áreas, o bien puede realizarse un cálculo representativo del valor hora del área de mantenimiento específica.

La intención en este caso es poder realizar una comparación entre el tiempo de inactividad que se sumaba con un sistema de mantenimiento correctivo, frente al tiempo de actividad ganado mediante la implementación de un sistema de mantenimiento preventivo.

- Es recomendable realizar una medición estimada de cuáles son los costos adicionales en los que se incurre por el hecho de implementar este sistema interno en la empresa. Las principales variables a considerar son:
 - Software: se refiere a las inversiones requeridas (general para toda la flota) en sistemas o desarrollos por parte del área de IT para poder llevar a cabo la implementación de este modelo. Los costos pueden ser por única vez, que en este caso serán amortizados con los años de implementación, o periódicos.
 - Hardware: en el caso que se requiera la incorporación de algún equipo (inversión amortizable) o bien los costos asociados al uso adicional de los equipos que ya forman parte de la empresa y que son requeridos por la implementación de este sistema.
 - Infraestructura: dado que este tipo de operaciones eran en general tercerizadas, es posible que se requiera la asignación de un espacio destinado al mantenimiento preventivo interno (con su respectiva Amortización de Edificio)

La implementación del mantenimiento preventivo tiene muchas ventajas, incluido el aumento en la disponibilidad del equipo, ya que, según lo estimado, realizando una carga de trabajo conveniente y equilibrada, la reducción de las horas destinadas a reparación y mantenimiento que son consideradas como horas obsoletas se traduce en aumento de los ingresos de producción, la consistencia en la calidad, la reducción de la necesidad de equipo de reserva, la estimulación en la pre-acción en lugar de la reacción, una mejora en la seguridad de los trabajadores.

Además, resulta muy beneficioso para el orden y control de la empresa, ya que la implementación de procedimientos estandarizados permite una mayor eficiencia y exactitud en las tareas de estimación de costos, lo que permite trabajar con mayor tranquilidad y eficiencia.

Algunas desventajas de la implementación de este sistema pueden ser que existe una mayor exposición de los equipos a posibles daños porque pasarán inevitablemente por más cantidad de manos o usuarios, pero esto sucederá generalmente al comienzo de la implementación, y dependiendo de la idoneidad de los responsables de cada tarea. Además, se podrá notar seguramente aumentos en los costos iniciales, porque es propio de la implementación de un nuevo proceso y estrategia en la empresa. Sin embargo, se estima que esto se irá diluyendo con el tiempo.

Detalles de los costos proyectados

A fin de poder determinar una comparación preliminar de la implementación de este plan de mantenimiento en relación con el sistema de mantenimiento precario que se mantiene en la actualidad, se realizó una estimación de costos que luego deberá cotejarse con los resultados reales para poder ser validada. Se excluyen de este cálculo, todos aquellos costos que no varían con la implementación del plan, a fin de establecer el diferencial entre ambas alternativas. Se analiza el casode “tipo de vehículo” Furgón mediano por ser el mas representativo en la flota.

Denominación	Valor unitario	teórico
Costos directos		

Costos fijos	
• Mtto preventivo	\$3.000
Costos indirectos	
• Amort Software	\$1000
• Amort Hardware	\$1.000
• Amort Edificio	\$1.500
Total	\$ 6.500,00

La estimación demuestra un ahorro anual de 12.000 \$por vehículo.

Se estimo un mantenimiento preventivo mensual por vehículo de \$3.000

A los costos evitables no se los ha considerado porque, como se indica en el mismo término, serán afrontados en la medida que el presupuesto lo permita.

Por último, los costos indirectos involucran en primer lugar, la amortización del costo estimado de un software de mantenimiento, la amortización del valor estimado para un espacio o infraestructura relacionada con las operaciones y la porción del uso de equipamiento electrónico como computadoras involucradas al plan de mantenimiento.

6. Plan de control

Los KPI de gestión de mantenimiento de flotas son una medida de rendimiento que demuestra la eficacia de su estrategia de gestión de mantenimiento. Los puntos de referencia de gestión de flotas más comunes son:

- Impulso de eficiencia
- Mejora de la productividad
- Control de costos

Estos tres objetivos se pueden utilizar como base para desarrollar los KPI de gestión de mantenimiento de la flota. Primero, es necesario considerar los puntos específicos del área que necesitan mejoras.

Entre los objetivos sugeridos están limitar el tiempo de inactividad de las unidades y reducir los gastos de reparación. Estos objetivos pueden ser una base para establecer su KPI. Con datos históricos, puede establecer puntos de referencia de la flota a los que apuntar.

Si bien establecer KPI de gestión de flotas es una tarea necesaria, cumplir con la gestión de los mismos es complicado. Para cumplir los objetivos de KPI de gestión de mantenimiento de flotas, es necesario comunicar la estrategia de manera eficaz hacia el equipo involucrado y tener acceso completo a los datos de la flota en tiempo real.

Esto puede ser un desafío para las flotas que no tienen una forma de mantenerse conectadas con el equipo de mantenimiento y de esta manera realizar un seguimiento de todos los aspectos de su flota. Para alcanzar los KPI y obtener una visión completa y precisa del rendimiento de la flota, es posible plantear en un mediano plazo la implementación de soluciones de software.

Aprovechar el software de flota permite colaborar sin problemas con el equipo y monitorear las métricas de la flota en tiempo real. Al tener la máxima visibilidad de los activos, es posible realizar un seguimiento claro de los KPI de mantenimiento de flotas y configurarla para mejorar resultados.

El desarrollo de KPI de gestión de flotas para el mantenimiento ayuda a garantizar que los vehículos reciban un servicio rápido para mantener la flota productiva. Dar prioridad a la productividad del mantenimiento reduce el tiempo de inactividad y maximiza la eficiencia.

Al determinar los puntos de referencia de mantenimiento para una flota productiva, primero se debe considerar la medición de la tasa de rotación de reparaciones. Monitorear la eficiencia del equipo técnico garantiza que los vehículos entren y salgan del taller rápidamente y eviten el tiempo de inactividad.

También debe realizarse un seguimiento de los problemas por vehículo. ¿Hay ciertos vehículos que experimentan frecuentes fugas de aceite u otros problemas? El seguimiento completo del estado del vehículo le permite detectar problemas y tendencias recurrentes en todos los vehículos.

Para evitar problemas recurrentes, los administradores de flotas deben adoptar un enfoque proactivo para el mantenimiento. El cumplimiento de un programa de mantenimiento preventivo ayuda a identificar y reparar problemas antes de que se agraven y provoquen tiempo de inactividad. Como ya se ha planteado, parte de este objetivo será cumplido con la implementación de las listas de control periódicas.

Muchos KPI permiten monitorear las tendencias a largo plazo en la confiabilidad de la flota y el desempeño del plan de mantenimiento. Estos KPI ayudan a determinar si los ajustes y cambios realizados realmente están logrando el efecto deseado a lo largo del tiempo.

El tiempo medio entre fallas (MTBF) es uno de los principales KPI utilizados para un verdadero mantenimiento centrado en la confiabilidad. MTBF es la duración media del tiempo de funcionamiento entre fallos de un equipo o componente específico.

MTBF = tiempo promedio entre fallas

Suponiendo que se registraron 2 fallas en un año, la formula sería:

$$\text{MTBF} = \frac{(\text{momento falla1} - \text{momento 0}) + (\text{momento falla2} - \text{momento falla1})}{2}$$

Si las estrategias de mantenimiento y confiabilidad son efectivas y resuelven los problemas que causan fallas en los equipos, esto debería mostrar una tendencia ascendente continua, que se estabiliza en los niveles de referencia establecidos.

Las investigaciones sobre las causas de las fallas pueden ayudar a prevenir averías. Las revisiones de las órdenes de trabajo y la lista de materiales para las tareas de mantenimiento pueden guiarnos hacia la causa raíz y mejorar la planificación futura.

Otro indicador importante es el KPI financiero del costo de mantenimiento por unidad.

MPU = monto gastado en mantenimiento por unidad

Suponiendo que se han destinado en total 2.000.000 de pesos en mantenimiento anual y existen 1.200 unidades, este ratio se calcularía:

$$\text{MPU} = 2.000.000/1.200$$

MPU es un indicador simple que se puede medir con puntos de referencia para cada activo específico. Una tendencia al alza en esta relación indica un problema en el desempeño de mantenimiento y confiabilidad, mientras que una tendencia a la baja indica una trayectoria positiva. Demasiado o muy poco mantenimiento o factores como un aumento en MBTF debido a piezas de mala calidad o mano de obra pueden impulsar aumentos en esta medida.

Los KPI que miden el impacto inmediato son el último tipo de KPI que se debe considerar al crear un programa de mantenimiento de flotas centrado en la confiabilidad.

Estos KPI se pueden utilizar para influir directamente en la cultura de una organización y, a menudo, se pueden tomar medidas directas en respuesta a estos indicadores. Una vez que estos indicadores a corto plazo estén bajo control, las tendencias a largo plazo deberían moverse en la dirección correcta.

Si esto no sucede, entonces los KPI a corto plazo deben revisarse para garantizar que las acciones y los comportamientos correctos se midan y administren de manera consistente.

Un KPI clave a corto plazo es la medida de cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo: cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo (PMSC).

PMSC = Cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo o Tareas de mantenimiento preventivo completadas

Si en la lista de mantenimiento preventivo existen 10 tareas mensuales y se han cumplido 8, entonces el valor se calcula como sigue:

$$\text{PMSC} = (8/10) * 100 = 80\%$$

El PMSC se puede calcular como un porcentaje del total, con un objetivo del 80% o más del trabajo de MP que se completa, lo más cerca posible del cronograma requerido.

Siempre que las tareas de mantenimiento preventivo se definan correctamente para garantizar que el equipo no falle prematuramente, una organización que insista en completar estas tareas según el plan verá el impacto positivo en los KPI generales.

Otro indicador importante que podría tenerse en cuenta es el tiempo promedio de reparación. Es principalmente utilizado para aquellas instancias de mantenimiento que implican el impedimento del uso del vehículo.

MTTR = tiempo medio de reparación

Suponiendo que existen un total de 10 reparaciones en el año y se han insumido un total de 25 horas en ellas, la ratio se calcula como:

$$\text{MTTR} = 25/10 = 2,5 \text{ hs por reparación}$$

Por último, el índice de mantenimiento programado indica la porción de horas de mantenimiento que han sido programadas, indicando la efectividad de la implementación del plan de mantenimiento en términos de orden y uso eficiente del tiempo.

IMP = Horas Mantenimiento Programado/ Total horas mantenimiento

Si solo se han asumido dos horas de mantenimiento de emergencia por una avería en un total de 10 horas, entonces el ratio se calcula:

$$\text{IMP} = 8/10 = 80\%$$

La proporción de MP se puede calcular como un porcentaje, cuyo total debe ser del 100%. Para una operación típica de flota mixta, una proporción de 70% MP es un punto de referencia práctico. Las desviaciones importantes en este KPI indican la posibilidad de que factores importantes impidan que la organización de mantenimiento funcione de manera eficiente.

Esto podría deberse a factores como el exceso de antigüedad de la flota, que generalmente se mostrará a través de una disminución del IMP y un aumento de los KPI de MPU, o una proporción inadecuada de PMSC debido a la capacidad, la planificación o la falta de cumplimiento por parte del cliente. Todos estos factores se pueden modificar para resolver el problema.

Los objetivos o misión general de la organización y del área de mantenimiento deben incluir vehículos y equipos seguros, confiables, disponibles, y un bajo costo total de mantenimiento. El seguimiento de estos y otros KPI y las tendencias a largo plazo mostrará si las actividades de mantenimiento están teniendo el efecto deseado en el rendimiento del área y destacará dónde se requiere el ajuste.

Indicadores:

KPI	Objetivo
MTBF	1 año
MPU	menor a \$6.000 mensual
PMSC	80%
MTTR	Tender a 1
IMP	80%

7. Conclusión

En el trabajo que aquí concluye se analizó el plan de mantenimiento actual de la flota de vehículos de una empresa, realizando un diagnóstico y proponiendo como resultado la implementación de un plan de mantenimiento preventivo y basado en la realización de una estructura de costos que contempla todos los procesos involucrados en esta área específica.

Durante el proceso de investigación se pudo comprobar que en general las organizaciones tratan la flota de vehículos como un activo secundario. En realidad, el mantenimiento del vehículo y el costo de capital del vehículo representan una gran suma de inversión. Los costos de mantenimiento se reflejan directamente en el costo total del proyecto.

El mantenimiento deficiente de registros y el sistema de mantenimiento sistematizado no solo deterioran la vida útil del vehículo, sino que también aumentan los riesgos. Estos riesgos pueden resultar fatales. En esta investigación se propone un sistema híbrido simple que compromete diferentes estrategias de mantenimiento y tecnología disponible. Las actividades de mantenimiento integradas con los sistemas de control electrónico reducirán el riesgo de documentación redundante y ayudarán al área de mantenimiento a tener una mejor eficiencia. El modelo propuesto ayuda a mantener registros y generar órdenes de mantenimiento periódicas y basadas en condiciones específicas.

Además, se proponen una serie de indicadores o kpi's muy necesarios para mantener esta estructura y la estrategia efectiva y eficiente, posibilitando la auditoría regular y el ajuste de la estrategia en caso de que sea necesario.

El plan que aquí concluye propone además herramientas y líneas de actuación que deben ser tenidas en cuenta en el futuro para lograr una correcta performance en el

mediano y largo plazo. La estrategia de mantenimiento debe conservarse en un período prolongado a fin de poder evidenciar sus resultados.

8. Bibliografía

- ATS. (2021). <https://biblioteca.efactorypro.com>. Retrieved from <https://biblioteca.efactorypro.com/m/68555/l/812203-tiempo-medio-de-reparacion-mtrr-ats-estandar#:~:text=El%20tiempo%20medio%20de%20reparaci%C3%B3n,per%C3%ADodo%20anterior%20de%206%20meses>
- Dhillon., B. (2002). *Engineering Maintenance: A Modern Approach*. Florida: CRC Press LLC.
- Garrido, S. G. (2018). Mantenimiento Basado en Condición. *IRIM*, 6-7.
- Hales, B., & Pronovost, P. (2006). The checklist - A tool for error management and performance improvement. . *Journal of critical care*, 231-235.
- Márquez, J. C. (2017). Aspectos claves de la gestión de inventarios MRO (Mantenimiento, Reparación y Operaciones). www.mantenimientoeficiente.com.
- Moubray, J. (2020). RCM2 - mantenimiento centrado en confiabilidad. Reliabilityweb.com .
- Olofsson, O. (2021). <https://world-class-manufacturing.com>. Retrieved from <https://world-class-manufacturing.com/cmms/cmms.html>
- Villarroel, H. (2021). Estrategias metacognitivas para el análisis de falla en la unidad curricular optimización del mantenimiento del Proyecto Ingeniería de Mantenimiento Mecánico de la UNERMB. *Predictiva*

