

# Análisis y mejora de mantenimiento en unidades de carga y transporte en empresa constructora del estado de Puebla



## Colaboración

Hugo Alberto Bravo Quintero, Tecnológico Nacional de México campus Teziutlán, José Aparicio Urbano, Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, Marlene Indira Sánchez López, Tecnológico Nacional de México campus Teziutlán

Fecha de recepción: 27 de noviembre del 2021

Fecha de aceptación: 14 de diciembre del 2021

**RESUMEN:** En el presente artículo de investigación se desenvuelve una propuesta para el mantenimiento preventivo. Servirá de ayuda para la correcta realización de las tareas que conlleva un mantenimiento preventivo en las unidades de carga y transporte. En el manual se describen las acciones a desarrollar por el personal encargado del área de mantenimiento. Para establecer las actividades de mantenimiento preventivo se realizó un análisis de los medios y materiales que son necesarios para el proceso de mantenimiento. Esto se pudo realizar gracias a las herramientas de la ingeniería industrial aplicadas. El resultado final que se obtiene, son diagramas de flujo en donde se muestra paso a paso las operaciones que se proponen realizar para poder efectuar el mantenimiento preventivo correcto de las unidades, también las acciones a aplicar según sea su utilización con su descripción, buscando que sea fácil de comprender y tenga mayor entendimiento para el personal que lo realizará.

**PALABRAS CLAVE:** Mejora en mantenimiento, manual, análisis, constructora.

**ABSTRACT:** In this research article a proposal for preventive maintenance is developed. It will help to correctly carry out the tasks involved in preventive maintenance in the loading and transport units. The manual describes the actions to be carried out by the personnel in charge of the maintenance area. To establish preventive maintenance activities, an analysis of the means and materials that are necessary for the maintenance process was carried out. This could be done thanks to the applied industrial engineering tools. The final result that is obtained are flow diagrams where the operations that are proposed to be carried out are shown step by step in order to carry out the correct preventive maintenance of the units, as well as the actions to be applied according to their use with their description, seeking that it is easy to understand and has a better understanding for the personnel who will perform it.

**KEYWORDS:** Improvement in maintenance, manual, analysis, construction company.

## INTRODUCCIÓN

Las empresas que generan un bien o servicio generan un bien o servicio se ven obligadas a trabajar de la mano con el mantenimiento, con el fin de obtener mayores tiempos de trabajo y alcanzar la mayor eficiencia en la construcción del servicio [1]. Por ello esta investigación da a conocer algunas ventajas del mantenimiento preventivo al momento de aplicarlo al cuidado de las unidades de carga y transporte de la empresa, ya que es maquinaria utilizada para el acarreo de materia prima para la realización de obras civiles y de construcción. Es indispensable generar métodos que garanticen que durante la entrega de materia prima no existirá alguna demora o tiempo muerto, con el fin de ofrecer servicios duraderos y de alta calidad sin

que afecte el tiempo de entrega de la obra. Cabe señalar que no existe un plan de mantenimiento que anteceda al manual desarrollado en este proyecto, por lo tanto, se tuvo que identificar y recolectar información de los tipos de filtros, aceites, lubricantes y tanques de capacidad de las unidades de carga y transporte, lo que dificultó la formación de una base de datos para la creación de registros de los cambios aplicados a dichas unidades.

Se define el mantenimiento como todas las acciones que tienen como objetivo preservar un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida [2]. Conforme el concepto de mantenimiento fue asociado exclusivamente con el término reparación, éste fue considerado como un mal necesario, incapaz de agregar valor a los procesos de la compañía. Sin embargo, hoy por hoy, cuando el mantenimiento agrupa metodologías de prevención y predicción, se considera como un factor clave de la competitividad a través del aseguramiento de la confiabilidad.

En mantenimiento según [3], así como en otras actividades de la ingeniería, se requiere priorizar y categorizar las intervenciones para así darle un manejo a las programaciones de mantenimiento. Por tal razón se requiere hablar de tres niveles de mantenimiento (1, 2 y 3). Que son los niveles de mantenimiento básicos manejados actualmente, existen autores que los conocen como (A, B y C), pero en esencia poseen el mismo concepto:

- **Mantenimiento nivel 1:** No existe mejor conocedor de un equipo que su propio usuario, por tal razón el usuario u operador, puede dar información valiosa para el mantenimiento ya que conoce las condiciones normales de funcionamiento.
- **Mantenimiento nivel 2:** Es conveniente tener en la empresa una o más personas capacitadas en diferentes áreas de mantenimiento, este personal es el encargado de efectuar los mantenimientos programados, donde se requieren conocimientos técnicos.
- **Mantenimiento nivel 3:** Este tipo de intervenciones no son o no deberían ser frecuentes por su alto costo, pero en cierto tipo de equipos se requieren.

Un programa de mantenimiento preventivo tiene como objetivo poder mantener constantemente en perfecto estado de funcionamiento la maquinaria para lograr su máximo rendimiento y con un mínimo costo [4]. Los registros de la maquinaria deben llevarse fielmente. En todo plan de mantenimiento, debe de producirse un registro consecutivo de todo el trabajo mecánico y de servicio hecho en una máquina o equipo. Estos deben ser fáciles de llevar, fáciles de leer, y que puedan estar siempre disponibles y al día, pues se tiene que dar seguimiento a las normas de seguridad.

La seguridad es la ausencia de peligros o la minimización de exposición a los peligros y también se comenta que es el control de peligros hasta un nivel aceptable [5], para asegurar el cumplimiento de los requerimientos mínimos,

en México existen normas que se describen para la estandarización de estas situaciones.

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las dependencias competentes, que tienen como finalidad establecer las características que deben reunir los procesos o servicios cuando estos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana; así como aquellas relativas a terminología y las que se refieran a su cumplimiento y aplicación [6].

A continuación, se presenta en la Tabla 1 con todas las clasificaciones de las Normas oficiales mexicanas, que son de suma importancia en esta investigación.

Tabla 1. Normas de seguridad.

Número	Título de la norma
NOM-001-STPS-2008	Edificios, locales e instalaciones
NOM-002-STPS-2010	Prevención y protección contra incendios NOM-004-STPS-1999 Sistemas y dispositivos de seguridad en maquinaria
NOM-005-STPS-1998	Manejo, transporte y almacenamiento de sustancias peligrosas
NOM-006-STPS-2014	Manejo y almacenamiento de materiales
NOM-009-STPS-2011	Trabajos en altura
NOM-020-STPS-2011	Recipientes sujetos a presión y calderas
NOM-022-STPS-2008	Electricidad estática
NOM-022-STPS-2015	Electricidad estática
NOM-027-STPS-2008	Soldadura y corte
NOM-029-STPS-2011	Mantenimiento de instalaciones eléctricas
NOM-033-STPS-2015	Trabajos en espacios confinados
NOM-034-STPS-2016	Acceso y desarrollo de actividades de trabajadores con discapacidad

Fuente: Elaboración propia (2021)

Según [7], menciona que el objetivo de establecer normas dentro del centro de trabajo es con el fin de evitar accidentes de pérdidas de materia prima, bajo nivel de producción y el más importante la pérdida humana.

### Problemática del caso de estudio.

En el área de operaciones fue posible identificar las fallas que afectan directamente al proceso, para poder realizar un plan de mantenimiento el cual beneficiará a las unidades de carga y transporte prolongando su vida de utilidad y evitará fallas que afecten a la calidad del servicio. Según entrevistas realizadas con el personal de

la empresa, se pudieron identificar los problemas más comunes, que son:

- Falta de lubricantes básicos en las unidades.
- Compras erróneas de filtros.
- Paros innecesarios por falta de gasolina.

Para la obtención de la información se realizaron entrevistas a una muestra representativa de la población, los cuales fueron los operarios que están realizando las actividades con las maquinarias. En este caso, la población total son todos los colaboradores de la empresa. En la Figura 1, se observa la aplicación de la entrevista a los diferentes operadores de las unidades de carga y transporte.



Figura 1. Evidencia de aplicación.

Fuente Elaboración propia.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El proceso que se llevó a cabo para poder crear el manual de mantenimiento preventivo se basa en los seis pasos para la resolución de problemas [8].

**1. Identificar el problema:** Para identificar el problema se debe pasar primero por la etapa de la observación, en la constructora el principal problema es el incumplimiento en las obras de construcción programadas. Para poder identificar el problema se utilizó una lluvia de ideas.

**2. Describir el problema:** Esta etapa es necesario tomar en cuenta toda la información recabada para tener en claro cuál es el problema, en este caso se analizó con un diagrama de Ishikawa tomando en cuenta las 6 M, identificando como la razón principal del incumplimiento de las obras programadas es la falta de mantenimiento en la maquinaria.

Sumado a ello, y como parte del seguimiento de las entrevistas realizadas, se analizó la información con la finalidad de identificar de manera cuantitativa las observaciones realizadas por los operarios entrevistados, lo cual ha permitido identificar aspectos técnicos del mantenimiento que no se tienen previstos.

**3. Generación de soluciones potenciales:** El objetivo fundamental de este paso es que el grupo genere tantas vías de solución como sea posible. La solución más óptima es llevar un registro de todos los tipos de mantenimiento que se han realizado a cada una de las unidades de carga y transporte registradas en la constructora. También es importante describir los periodos y planes de mantenimiento para un mejor funcionamiento.

**4. Selección y planificación de la solución:** El objetivo de este paso es que se decida cuál del conjunto de soluciones generadas para la solución del problema constituye la óptima para lo que debe sopesar las ventajas y desventajas de cada una. Un manual de mantenimiento preventivo en despeja cualquier duda, incluyendo todos los puntos importantes los cuales son: planes de mantenimiento, tipo de fluidos, normas de calidad y seguridad, equipo de protección personal, etc.

**5. Aplicación de la solución:** Muchas veces se piensa que el trabajo está hecho cuando se ha decidido finalmente por un curso de acción. Sin embargo, el problema no está realmente resuelto hasta que:

- Se haya puesto en práctica la solución.
- Se haya observado y controlado su implantación, para ver si es necesario realizar cambios en la solución original.
- Se ha llegado a un punto de la solución de problemas donde no se podrá ir más allá hasta que se tome una acción decisiva y se vea que sucede.

**6. Evaluación de la solución:** La retroalimentación es el vínculo de regreso hacia el proceso de solución de problemas. Ella cierra el lazo. Se resuelve un problema, se toma la decisión, se pone en práctica y, entonces, en dependencia de la retroalimentación, tal vez tenga más trabajo que hacer. Es importante estar siempre actualizando cada apartado del manual de mantenimiento en base a la mejora continua.

Para la elaboración de este trabajo, la estrategia general para la recolección y desarrollo de la información en función de los objetivos propuestos está dirigida a un diseño de campo no experimental.

Es necesario realizar un plan en donde se describa cada una de las actividades para poder generar con éxito un manual de mantenimiento preventivo, enlistando cada paso a seguir.

Con relación al diseño experimental que sigue esta investigación Hernández, Fernández y Baptista, explican que el diseño experimental "se realizan sin manipular variables intencionalmente, se observa al fenómeno tal y como se presenta en su contexto natural para después analizarlo [9].

La metodología del mantenimiento productivo total mejor conocido como "TPM" se compone de una serie de

operaciones que, al implantarse, buscan eliminar defectos para obtener con éxito el producto o servicio a brindar, evitando ser la principal consecuencia el estado de la maquinaria [10]. Es importante tomar en cuenta los pasos para llevar a cabo el Mantenimiento Productivo Total son:

- Ajuste de componentes y tareas de limpieza y lubricación.
- Implantación de medidas para evitar la acumulación de suciedad y polvo.
- Procedimientos estándar de limpieza y lubricación.
- Inspecciones generales.
- Inspecciones autónomas.
- Creación de procedimientos y estándares para las tareas de mantenimiento.

Desarrollo de una cultura hacia la mejora continua, con el registro de todas las tareas de mantenimiento y fallos.

## RESULTADOS

Los resultados se muestran a partir de periodos, es decir, cada unidad, debe de ser revisada según le corresponde en los siguientes periodos:

**Verificación mensual:** debe hacerse como una rutina básica, se deben verificar por lo menos los siguientes aspectos:

- Frenos.
- Fajas o bandas.
- Llantas.
- Batería.
- Refrigerante.
- Agua.
- Radiador.
- Líquido de frenos.

Cabe resaltar que los siguientes aspectos dependen del tipo de vehículo en el cual se esté realizando la verificación de rutina, para ello se deben de seguir las especificaciones de mantenimiento básico mensual de cada unidad.

**Frenos:** La verificación incluye revisión del líquido de frenos. Si esta ha bajado puede ser causa de síntoma de fugas en el sistema de la bomba principal, las auxiliares o tubería, lo cual tiene que ser descartado mediante una inspección visual. Si existe variación en el nivel del líquido de frenos, pero sin fugas, la disminución se debe al desgaste de las zapatas y pastillas de frenos, por lo que debe verificarse su estado. De la misma manera, se debe revisar el estado del freno de mano que es útil para cualquier emergencia.

**Fajas o bandas:** Las fajas, ya sean del ventilador, alternador, aire acondicionado o dirección hidráulica, tienden a dañarse. Verifique visualmente si existen quebraduras o espesores y al mismo tiempo verifique su tensión, si es necesario cámbielas inmediatamente.

**Llantas:** Hay que poner atención al tipo de desgaste que presentan. Si el desgaste se ubica al centro, indica que la presión se mantiene por encima de lo que recomienda el fabricante; si es hacia los lados, puede ser que la presión esté por debajo de lo que recomienda el fabricante. Si los desgastes los presenta en el lado de adentro o de afuera, es probable que obedezca a daños en rotulas o problemas de alineación. La presión adecuada ahorra combustible y evita el desgaste. También debe verificarse la llanta de repuesto Cabe resaltar que no se puede definir en este aspecto una presión de aire de llantas general, pues cada transporte de carga tiene especificaciones descritas que tienen que cumplirse para su estado óptimo.

**Batería:** Si la batería o acumulador tiene tapones removibles, revise el nivel de agua, el cual debe estar por encima de las celdas, ya que éstas deben permanecer sumergidas en el líquido. Se deben revisar las terminales de las baterías; si muestran corrosión, hay que limpiarlas con un cepillo de alambre si es necesario. Hay que asegurarse de que las gasas estén sujetadas firmemente al borne. Reemplace cualquier cable dañado de manera inmediata si fuera necesario. Finalmente, en cuanto al nivel de voltaje, Esta medición debe estar en alrededor de 13.3-15.0 voltios, esto puede variar dependiendo de la temperatura.

**Cambio de aceite:** Revise los niveles del aceite del motor, en las fechas de cambio que se indican, generalmente lo recomendado es cada 3,000 km o 5,000 km Cuando se realice el cambio de aceite hay que cambiar el filtro de aceite y aproveche para verificar los niveles de fluidos en la dirección hidráulica, transmisión y diferencial, así como la lubricación de las rótulas. Si las unidades viajan más de 20,000 km al año se requiere que el cambio de aceite se haga con mayor frecuencia.

**Radiador:** Se debe realizar una inspección visual para detectar la presencia de fugas o superficies dañadas. Revise el nivel del líquido refrigerante en el radiador, rellene si es necesario con refrigerante el depósito. No se debe usar agua, porque contiene impurezas que se adhieren a las paredes del motor y puede causar corrosión. Es recomendable hacer esta revisión cada semana o por lo menos una vez al mes e incluir el depósito auxiliar, que si está en buen estado le evitará hacer rellenos. Revise el motor cuando el motor esté frío, el tapón del radiador debe estar limpio y libre de fisuras. Quite el tapón y vea la condición y nivel del refrigerante (agua). Un bajo nivel puede llevar al sobrecalentamiento y corrosión del motor.

**Verificación semestral o anual:** Los siguientes aspectos se deben tomar en cuenta al realizar una verificación semestral o anual son:

- Afinamiento.
- Bujías.
- Aire Acondicionado

Los carburadores modernos y sistemas de inyección electrónica son calibrados de fábrica y no deben ser alterados. El servicio de estos sistemas requiere de herramientas y equipo especiales y deben ser realizados por un especialista. Por lo anterior, lo más recomendable es llevar el vehículo a un taller especializado para que por medio de una medición de gases, se determine el estado de las mezclas y también, se revise el filtro de aire.

**Bujías:** Las bujías deben mantenerse libres de carbón y suciedad, ya que el buen estado de este sistema incide en la calidad de la combustión del vehículo y por ende reduce las emisiones al aire. Cuando se verifiquen, se debe revisar la cubierta de los cables de bujías, los cuales llevan electricidad del distribuidor a las bujías y pueden agrietarse o ensuciarse con aceite o mugre. Esto conlleva a tener problemas de arranque y desperdicio de combustible. Los cables deben reemplazarse en los periodos recomendados por el fabricante.

**Aire acondicionado:** Cuando el aire acondicionado no genera cambios importantes en la temperatura o pierde su eficiencia original, un taller de servicio de refrigeración automotriz debe verificar el sistema de aire acondicionado. Puede necesitar un cambio de filtros, limpieza, reemplazo de válvula de expansión o sustitución de sellos entre otros.

Debe utilizarse el refrigerante adecuado; a un sistema que le hace falta un 10% de refrigerante, costará un 20% más en su operación. Sin un mantenimiento regular, el aire acondicionado pierde aproximadamente 5% de su eficiencia original por cada año de operación, si se le da un mantenimiento adecuado, se podrá mantener el 95% de la eficiencia original.

**Mantenimiento mínimo:** A continuación, se detalla un resumen de información sobre mantenimiento mínimo:

Cada dos semanas. Para el mantenimiento realizado quincenalmente se establecieron aspectos mínimos a considerar, los cuales se pueden observar en la Tabla 2.

Tabla 2: Mantenimiento cada dos semanas.

Elemento	Acción
Aceite de motor	Verificar el nivel de aceite del motor
Llantas	Inspeccionar la presión de las llantas
Motor	Inspeccionar el nivel de agua del radiador
Líquido para frenos	Verificar nivel
Luces	Verificar encendido y cambios

Fuente Elaboración propia.

Cada seis meses. El mantenimiento semestral está enfocado únicamente al encendido, llantas y motor como lo muestra la Tabla 3.

Tabla 3: Mantenimiento cada seis meses.

Elemento	Acción
Lubricación	Cambiar fluido de la transmisión y su filtro
Motor	Lavado del radiador

Fuente: Elaboración propia.

Anualmente: Por otro lado, para el mantenimiento anual, es necesario realizar la verificación de la lubricación, el encendido, los accesorios, motor, llantas y filtro de aire, como se puede apreciar en la Tabla 4.

Tabla 4: Mantenimiento anual.

Elemento	Acción
Lubricación	Servicio de lavado y engrasado (chasis y motor)
Encendido	Evaluar cables, batería, alternador, motor de arranque; de ser necesario bujías
Accesorios	Verificar que no existan fugas en el sistema de aire acondicionado
Llantas	Alineación y balanceo de las ruedas
Motor	Inspección general del motor
Filtro de aire	Cambiar según recomendaciones del fabricante

Fuente: Elaboración propia.

Cada dos años o 50,000 km. Finalmente, el mantenimiento cada 2 años o cada 50000 kilómetros, este enfocado en el funcionamiento del motor y lubricación de todo el sistema.

Tabla 3: Mantenimiento anual.

Elemento	Acción
Lubricación	Cambiar fluido de la transmisión y su filtro
Motor	Lavado del radiador

Fuente Elaboración propia.

### Propuesta de mejora al plan de mantenimiento

Todo plan de mantenimiento debe llevar un seguimiento y mejora, esto se obtiene gracias al análisis de los datos y la información que se obtienen de las mediciones que se llevan a cabo en los formatos implementados, para el control del plan de mantenimiento preventivo. Los análisis que se pueden obtener son: desde el aspecto financiero, hasta el aspecto externo (físico) e interno (piezas y componentes) de las unidades.

A partir del análisis de información de mantenimiento, temporalidad de estos y las entrevistas, se realizó una propuesta metodológica para realizar un mantenimiento preventivo:

Pasos para realizar un mantenimiento preventivo

1.- **Evaluación:** Se hace una evaluación previa de las especificaciones del equipo a modo de registro de entrada del mismo. Este registro se puede realizar en el archivo creado con el nombre "Control unidades de carga y transporte".

2.- **Diagnóstico:** Se evalúa el funcionamiento del equipo, así como también su estado físico, desempeño y el estado de sus partes.

3.- **Detectar fallas:** Este punto solo es necesario si se llegase a detectar alguna falla fuera de los parámetros del funcionamiento normal, en este caso se aplicaría un mantenimiento correctivo.

4.- **Reparación:** Se realiza la reparación si es que se llega a detectar la aplicación de un mantenimiento correctivo, sino es el caso solo se realiza el mantenimiento preventivo según con los periodos ya establecidos.

5.- **Registro de KPI's:** son indicadores cuyo objetivo principal es tener un control de las tareas de prevención que se realicen y completen en tiempos planificados. Solo de debe llevar un registro adecuado de las tareas planificadas y sus tiempos de ejecución.

6.- **Revisar y mejorar:** Antes de preparar el siguiente plan de mantenimiento preventivo se debe de revisar el último plan, KPI's, informes y registros.

Para realizar correctamente estos pasos, se presentó un formato para el seguimiento de este, presentado en la Figura 2 y Figura 3.

**LISTADO DE VERIFICACIÓN DE CAMIONES**

**1. LUGARES DE TRABAJO**

Área de trabajo

Tipo de camión

Fecha    Próxima fecha revisión

Realizado por

	SI	NO	NA.	OBSERVACIONES
1				Espejo lateral
2				Espejo Retrovisor
3				Calefacción
4				Cinta reflectante
5				Escala de acceso
6				Focos adicionales
7				Luces altas
8				Luces bajas
9				Luces viraje
10				Luces retroceso
11				Luces frenos
12				Dirección vibraciones
13				Limpia parabrisas
14				Pértiga
15				Baliza

Figura 2. Listado de verificación de Unidades de carga, página 1. Fuente Elaboración propia.

La utilización del listado de registro es importante para la gestión administrativa, ya que la empresa no contaba con un formato específico que le permitiese tener un historial de mantenimiento, lo cual le permitirá la entrega de informes sobre los cambios realizados en las unidades de carga y transporte, este es de vital importancia en caso de rentar dichas unidades. Además de un mejor entendimiento de la información anotando cualquier anomalía observada en la unidad.

16	Vidrios delanteros				
17	Vidrios traseros				
18	Vidrios puertas				
19	Frenos hidráulicos				
20	Frenos aire				
21	Pérdidas Líquido/aire				
22	Sistema eléctrico				
23	Escape				
24	Bocina				
25	Alarma retroceso				
26	Neumáticos delanteros				
27	Neumáticos traseros				
28	Neumáticos (repuesto)				

MUY DEFICIENTE      DEFICIENTE      MEJORABLE

RESULTADO DE LA VALORACIÓN

	Muy deficiente	Deficiente	Mejorable	Correcta
Objetiva				
Subjetiva				

Figura 3. Listado de verificación de Unidades de carga, página 2. Fuente Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

Con el análisis de resultados por su implementación se pueden integrar a las conclusiones, es importante destacar el valor significativo de realizar el mantenimiento preventivo en las diferentes unidades de carga y transporte; ya que como el nombre lo dice, previene que se detenga el proceso para poder brindar el servicio o en este caso, evitar aplazar las obras de construcción.

Si el mantenimiento preventivo se presenta con menor frecuencia en las unidades de carga y transporte, tiempo después cuando se requieran utilizar, presentarán fallas, con la necesidad de postergar la fecha de terminación de la obra, tuvo aceptación de acuerdo a los datos obtenidos a partir de la entrevista realizada a los operadores de dichas unidades.

Por otro lado, tomar en cuenta el punto de vista de los operadores, ya que son las personas que están en contacto directo, estos tienen un mejor entendimiento de los problemas y posibles soluciones que se le pueden asignar, su opinión es importante y el elaborar una retroalimentación sirve para encontrar el resultado más óptimo. El aspecto principal de esta investigación desarrollada son los beneficios del mantenimiento preventivo, siendo el principal, la entrega a tiempo de las obras de construcción y civiles. Otro punto importante es el disminuir probabilidades de que el equipo sufra algún daño, también se puede agendar el mantenimiento con tiempo, de modo que no se afecten las operaciones y reparar y/o controlar oportunamente los daños que pueda sufrir el equipo.

Como se mencionó anteriormente, el plan de mantenimiento abarca todas las acciones sobre revisiones, modificaciones y mejoras dirigidas a evitar daños en la maquinaria pesada. Para realizarlo es necesario llevar un control de las fechas en las que se implementa para evitar que los operadores o personas encargadas pasen por alto los tiempos establecidos para cada revisión. Se debe tener en cuenta, no solo las inspecciones visuales de posibles anomalías superficiales, sino aspectos como la medición de temperaturas, de aceite y obtener un estimado de tiempo máximo de funcionamiento de cada componente.

Algunas de las recomendaciones para una mejor orientación en actividades futuras sobre el proyecto de residencia realizado es el registro de cualquier cambio que se le realice a las unidades de carga y transporte, con los datos registrados resulta más fácil y entendible el porqué de alguna falla, todo esto se puede mejorar cada vez más, es en donde entra en acción la mejora continua que se mencionó en la propuesta del manual, cada vez se tiene que automatizar los procesos o en este caso los registros, existen softwares que para el éxito de una implantación una correcta formación de los distintos productos para asegurar que los usuarios tienen el conocimiento y las capacidades óptimas para sacar el mayor partido posible a nuestras soluciones. La implantación de las soluciones SIGMA le ayudará a optimizar los sistemas de gestión de su organización con el menor costo y en el menor tiempo posible.

Finalmente, durante el tiempo invertido para la realización de esta investigación, se adquirió experiencia profesional tanto como personal, ampliamente recomendando la convivencia directa con las personas a cargo de conducir las unidades de carga y transporte y con los encargados del mantenimiento, ya que son personas con mayor experiencia, un buen trato con estos conlleva a una excelente retroalimentación y ambas partes adquieren conocimientos.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Cuerpo Académico de los Deptos. de Ing. Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, al Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán y a la empresa "Proyectos y Construcciones Civiles Mendieta S.A. de C.V." por las facilidades otorgadas.

#### BIBLIOGRAFÍA

[1] T. Fontalvo Herrera, E. De La Hoz Granadillo y J. Morelos Gómez, «La productividad y sus factores: Incidencia en el mejoramiento organizacional.,» *Dimensión Empresarial*, pp. 47-60, 2017.

[2] E. Fernández Álvarez, «Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM,» *Escuela Superior de la Marina Civil de Gijón*, 2018.

[3] O. García Palencia, «El Mantenimiento General,» *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.*, 2006.

[4] V. A. Hernández Cruz, «Plan de mantenimiento preventivo para maquinaria pesada en funcionamiento de la zona vial No. 14.,» *Universidad de San Carlos de Guatemala*, 2010.

[5] K. Zandin, Maynard. *Manual del ingeniero Industrial Tomo 1*, Mc Graw Hill, 2006.

[6] *Secretaría del Trabajo y Previsión Social*, «Normas Oficiales Mexicanas,» 26 10 2015. [En línea]. Available: <https://www.profeco.gob.mx/juridico/noms.asp>.

[7] *Secretaría de Trabajo y Prevención social.*, «Secretaría de Trabajo y Prevención social.,» 2012. [En línea]. Available: <http://asinom.stps.gob.mx:8145/Centro/CentroMarcoNormativo.aspx>.

[8] E. Ortegón, J. F. Pacheco y A. Prieto, *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas.*, Santiago de Chile: Naciones Unidas, 2015.

[9] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y P. Baptista Lucio, *Metodología de la Investigación*, Ciudad de México: McGraw Hill, 2010.

[10]. *Envira*. (10 de 08 de 2020). *Eurofins*. Obtenido de *Metodología TPM: Mantenimiento Productivo Total*: <https://envira.es/es/metodologia-tpm-mantenimiento-productivo-total/>.