



EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE GUASAVE

TESIS

Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento preventivo basado en estándares de calidad para la empresa Torno y Eléctrica Montiel en la ciudad de Guasave, Sinaloa.

Presentada por:

Oliver Alberto Armenta Jiménez

Como requisito para la obtención de grado de

Ingeniería Mecánica

Director de tesis

Dr. Juan Héctor Alzate Espinoza

Codirector de tesis

M.C. Raúl Loredo Medina

GUASAVE, SINALOA, MÉXICO. OCTUBRE DE 2025



CARTA DE LIBERACIÓN O APROBACIÓN DE TESIS

	LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA TITULACIÓN	Responsable: Jefatura de División de Ciencias
	Referencia a la Norma: ISO 9001:2015 8.1 ;8.2.1,8.2.2;8.2.3;8.5.1;8.5.2;8.6;8.7;9.1	Código: ITSG-SIG-AD-PO-12-03
	Referencia a la Norma: ISO 21001:2018 8.1;8.1.1;8.1.2;8.2.1;8.2.2;8.2.3;8.3.3;8.3.4;8.6;8.7;9.1	Revisión: 6
		Fecha de Emisión: Agosto 2022
		Página 1 de 1

Guasave, Sinaloa, Fecha: 30 de octubre de 2025
ASUNTO: Liberación de Proyecto para Titulación

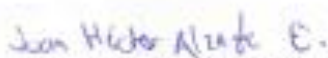
ING. Laura Beatriz Inzunza Ramirez
COORDINADOR(A) DE TITULACIÓN
PRESENTE

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación integral:

Nombre del (de la) egresado(a):	Oliver Alberto Armenta Jiménez
Carrera:	Ingeniería Mecánica
Número de control:	2025010046
Nombre del proyecto:	Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento preventivo basado en estándares de calidad para la empresa Torno y Eléctrica Montiel en la ciudad de Guasave, Sinaloa.
Producto:	Tesis

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros(as) egresados(as).

ATENTAMENTE


Dr. Juan Héctor Alzate Espinoza

Nombre y firma del Asesor(a)


M.C. Raúl Loredo Medina

Nombre y firma del Revisor(a)


M.I.M. Malcom Iván Villanueva Portugal

Nombre y firma del Revisor(a)

C. c. p. Archivo

Dedicatoria

Este trabajo va dirigido a mis padres, por apoyarme con su paciencia, amor incondicional y por hacer posible que realice mis estudios universitarios. Le agradezco a mi hermana, por siempre tener las palabras indicadas de ánimo, por escucharme cada vez que lo necesitaba y por siempre apoyarme.

Es importante para mí agradecer a mis compañeros, por todo el apoyo mutuo que nos dimos, por las risas, por los trabajos compartidos y por hacer que mi carrera universitaria fuera mucho más llevadera y fácil. Por último, pero no menos importante, agradecer a mis docentes, por sus enseñanzas, por motivarnos todos los días a seguir aprendiendo y por ser parte importante de mi formación académica.

Agradezco a todos y cada uno de ustedes, por formar parte de mi etapa estudiantil y ayudarme a ser el ser humano profesional en el que me estoy convirtiendo.

RESUMEN (ABSTRACT).

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar e implementar un mantenimiento preventivo basándose en los estándares de calidad para la empresa Tornos y Eléctrica Montiel. La metodología de este estudio se dividió en las siguientes etapas: diagnóstico técnico inicial, clasificación y análisis de criticidad, diseño del plan de mantenimiento preventivo, implementación del plan, monitoreo de indicadores y retroalimentación de ajustes.

Se realizaron las inspecciones visuales y funcionales y con ayuda del diagrama de Ishikawa se identificaron fallas recurrentes en los diferentes tipos de transportes (servicio, carga y grúas hidráulicas), con base estos datos se hicieron las capacitaciones en gestiones de compras de materiales de alta calidad, en el personal y la utilización correcta del equipo, dándole mejor vida útil a los equipos, deteniendo los tiempos de inactividad, teniendo mejor eficiencia en las obras.

ABSTRACT

The objective of this research was to design and implement a preventive maintenance program based on quality standards for the company Tornos y Eléctrica Montiel. The methodology of this study was divided into the following stages: initial technical diagnosis, classification and criticality analysis, design of the preventive maintenance plan, implementation of the plan, monitoring of indicators, and feedback for adjustments.

Visual and functional inspections were carried out, and with the help of the Ishikawa diagram, recurring failures were identified in the different types of transport equipment (service, cargo, and hydraulic cranes). Based on this data, training was provided to personnel on the procurement of high-quality materials and the correct use of equipment, resulting in a longer lifespan for the equipment, reduced downtime, and improved efficiency on construction sites.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
JUSTIFICACIÓN.....	10
HIPÓTESIS.....	11
OBJETIVOS	12
1.1 General.....	12
1.2 Específicos.....	12
MARCO TEÓRICO	13
MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
3.1 Diseño metodológico	42
3.2 Población y muestra	42
3.3 Variables analizadas	42
3.4 Materiales e instrumentos	43
3.5 Procedimiento.....	43
ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS	45
1. Diseño del Sistema de Mantenimiento Preventivo	45
2. Implementación y Seguimiento.....	45
3. Capacitación del Personal.....	46
4. Identificación de Causas de Fallas	47
4.2 DISCUSIÓN.....	49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	50
REFERENCIAS.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Cronograma de actividades	45
Figura 2. Programa de Capacitación de uso de grúas hidráulicas.	46
Figura 3. Resultados de grúas hidráulicas.	46
Figura 4. Programa capacitación en compras de materiales	46
Figura 5. Resultados de capacitación de compras de materiales.	47
Figura 6. Programa de capacitación de mantenimiento preventivo.	47
Figura 7. Resultado de capacitación de mantenimiento preventivo.	47
Figura 8. Diagrama de Ishikawa de Camiones de carga.	48
Figura 9. Diagrama de Ishikawa de Camionetas de servicio.	48
Figura 10. Diagrama de Ishikawa de grúas hidráulicas.	49

INTRODUCCIÓN.

El mantenimiento preventivo en maquinaria de transporte representa un componente esencial para garantizar la eficiencia operativa y la sostenibilidad en las empresas del sector industrial, esta elección responde a la necesidad de mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos utilizados en la empresa Torno y Eléctrica Montiel, ubicada en Guasave, Sinaloa, donde se ha identificado una alta incidencia de fallas mecánicas que afectan directamente la productividad y la calidad del servicio ofrecido.

A lo largo del tiempo, diversas organizaciones han enfrentado desafíos relacionados con la falta de mantenimiento adecuado, lo que ha derivado en paros no programados, incremento en los costos operativos y disminución en la vida útil de los equipos, con estos antecedentes se evidencia la importancia de implementar estrategias sistemáticas que permitan anticiparse a las fallas, optimizar recursos y asegurar la continuidad de las operaciones.

El propósito de esta investigación es diseñar e implementar un sistema de mantenimiento preventivo basado en estándares de calidad, con el fin de mejorar el desempeño de la maquinaria de transporte pesado y ligero en la empresa mencionada, con este sistema busca no solo reducir la frecuencia de fallas, sino también fomentar una cultura organizacional orientada a la mejora continua y al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente el ODS 9: Industria, innovación e infraestructura.

El documento aborda de manera general los conceptos fundamentales del mantenimiento industrial, sus tipos y evolución, así como su impacto en la eficiencia operativa y la sostenibilidad ambiental, asimismo, se presentan las metodologías utilizadas para el diagnóstico, diseño, implementación y evaluación del plan de mantenimiento.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

A lo largo del crecimiento en la industria se miran constantemente problemas relacionados con las fallas imprevistas ya sea en un equipo, maquinaria, transporte etc. Y con base a estos problemas se desarrollaron los programas de mantenimiento preventivo para la industria este proyecto se llevará a cabo para dar una mejoría en el taller TEM: Torno y eléctrica Montiel, esta una empresa que brinda productos y servicios integrales profesionales, con una alta calidad en cada trabajo buscando la satisfacción del cliente, la realización de estos servicios ocupa transporte para transportar equipo, material, personal, etc. Estos llegan a tener una carga excesiva de trabajo dependiendo el tipo de trabajo a realizar entonces ¿Cómo podemos mejorar el uso y dar una larga vida útil al transporte de la empresa? el enfoque de este proyecto es mantener en buenas condiciones y alargar la vida útil del transporte tanto de carga pesada y ligera usando cronogramas y asignación de actividades de manera preventiva para no provocar paros o tiempos muertos donde retrasa el servicio brindado al cliente y con este plan de mantenimiento mejorar la satisfacción del cliente.

JUSTIFICACIÓN.

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria de transporte pesado y ligero en TEM es fundamental para garantizar la continuidad operativa, mejorar la eficiencia y optimizar los costos a largo plazo, las maquinarias utilizadas en la empresa son esenciales para las operaciones diarias, por lo que su buen funcionamiento es crucial para evitar tiempos de inactividad no planificados que puedan afectar la productividad y los plazos de entrega.

Un mantenimiento preventivo adecuado ayuda a reducir la probabilidad de fallas inesperadas, que generalmente generan costos elevados por reparaciones de emergencia y daños a largo plazo en los equipos, además, al implementar un plan de mantenimiento regular y bien estructurado, TEM podrá alargar la vida útil de su maquinaria, lo cual es una inversión a largo plazo que generará ahorros significativos en el reemplazo y reparación de equipos.

Este proyecto también contribuirá a mejorar la seguridad laboral, al minimizar riesgos derivados del mal estado de la maquinaria, y optimizará el uso de los recursos, como repuestos y lubricantes, que pueden ser costosos si no se gestionan adecuadamente y el personal de mantenimiento contará con las herramientas y conocimientos necesarios para realizar su trabajo de manera eficiente, lo que aumentará la capacidad de respuesta ante posibles fallas y mejorará las condiciones de trabajo en general.

HIPÓTESIS.

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo para maquinaria de transporte pesado y ligero en talleres de Guasave, Sinaloa, optimizará significativamente su funcionamiento, reducirá la frecuencia de fallas y prolongará la vida útil de la maquinaria. Este plan de mantenimiento, desarrollado a partir de una profunda revisión bibliográfica y del conocimiento del investigador, incorpora prácticas sostenibles y de alta calidad que se alinean con los objetivos del ODS 9: Industria, innovación e infraestructura. Se espera que la implementación de este plan no solo optimice el rendimiento operativo de los talleres, sino que fomente la sostenibilidad ecológica y la innovación en los métodos de mantenimiento, lo cual tendrá un impacto positivo en la infraestructura industrial local.

OBJETIVOS

1.1 General.

Diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria de transporte pesado y ligero, con el objetivo de maximizar su desempeño, disminuir los fallos, extender su vida útil y aumentar la eficacia en las operaciones. Todo esto se hará teniendo en cuenta un enfoque sustentable y de calidad que esté en línea con el ODS 9: Industria, innovación e infraestructura.

1.2 Específicos.

- Analizar el estado de la maquinaria de transporte ligero y pesado en la actualidad, determinando sus condiciones operativas, requerimientos de mantenimiento y sectores a mejorar para alargar su vida útil y hacer más eficiente su funcionamiento.
- Diseñar un plan de mantenimiento preventivo basado en criterios técnicos, operacionales y de eficiencia, asegurando la reducción de fallas, la optimización de recursos y la mejora en la calidad del servicio.
- Establecer protocolos y procedimientos de mantenimiento preventivo que incluyan prácticas sustentables con el fin de reducir el impacto en el medio ambiente, mejorar la eficiencia del uso de insumos y aumentar la confiabilidad de las máquinas.
- Instruir al personal en la aplicación adecuada del plan de mantenimiento, fomentando una cultura de prevención, mejoramiento constante y cumplimiento con los estándares de calidad.
- Evaluar la eficiencia de tiempos de inactividad, optimización de costos operativos, eficiencia en el uso de recursos y contribución a la sostenibilidad, asegurando su alineación con el ODS 9.

MARCO TEÓRICO

1. Mantenimiento Industrial: Conceptos Generales

Definición y evolución del mantenimiento Industrial.

El mantenimiento industrial es la agrupación de acciones y tácticas que tienen como objetivo preservar y mejorar el rendimiento de los equipos y maquinarias en contextos industriales. Su meta primordial es asegurar la continuidad operativa, reducir los periodos de inactividad y extender el tiempo de vida útil de los activos.

Evolución del Mantenimiento Industrial

1. Primera Generación (Revolución Industrial - 1950):

- **Mantenimiento Correctivo:** En esta fase, solo se realizaba mantenimiento si ocurría una avería. Los costos de mantenimiento eran altos porque los períodos de inactividad eran largos, y las reparaciones eran reactivas.

2. Segunda Generación (1950 - 1980):

- **Mantenimiento Preventivo:** Se empezaron a poner en marcha programas de mantenimiento preventivo para disminuir los periodos de inactividad y con el progreso de la producción en serie. Esta perspectiva se fundamenta en hacer inspecciones y trabajos de mantenimiento programados para prevenir averías.

3. Tercera Generación (1980 - 2000):

- **Mantenimiento Predictivo:** El uso de tecnologías avanzadas, como el análisis de datos y los sensores, hizo posible anticipar fallas antes de que sucedieran. Esta perspectiva proactiva contribuyó a mejorar el rendimiento y disminuir los costos de operación.

4. Cuarta Generación (2000 - Actualidad):

- **Mantenimiento Proactivo y Digitalización:** La incorporación de la digitalización y la implementación de sistemas de gestión de mantenimiento asistidos por computadora (GMAO) han transformado radicalmente el mantenimiento en la industria. Combinar inteligencia artificial con gemelos digitales posibilita una administración más eficaz y un perfeccionamiento constante del desempeño de los equipos.
- **Tipos de Mantenimiento**
 - **Mantenimiento Correctivo:** Reparación de fallas una vez que ocurren.
 - **Mantenimiento Preventivo:** Inspecciones y tareas programadas para evitar fallas.
 - **Mantenimiento Predictivo:** Uso de tecnologías para predecir fallas antes de que ocurran.
 - **Mantenimiento Proactivo:** Mejora continua del rendimiento y confiabilidad de los equipos.

Importancia del mantenimiento en la industria del transporte

Para asegurar la sostenibilidad, la seguridad y la eficacia operativa, el mantenimiento en el sector del transporte es esencial. Un mantenimiento apropiado garantiza que los vehículos operen eficientemente, lo cual mejora el rendimiento y disminuye los gastos de operación. Además, ayuda a evitar accidentes y fallos mecánicos, lo que resguarda tanto a pasajeros como a conductores. A pesar de que suponga un desembolso inicial, el mantenimiento regular evita las reparaciones caras a largo plazo y prolonga la vida útil de los vehículos. Además, posibilita que se cumplan las normas ambientales y de seguridad, lo cual disminuye las emisiones contaminantes.

Tipos de Mantenimiento:

-Correctivo

El mantenimiento correctivo se refiere a las acciones que realiza el servicio técnico tras recibir alertas acerca del mal funcionamiento de un equipo, activo o proceso. Incluye una serie de tareas técnicas que tienen como objetivo solucionar los errores que ocurren en el funcionamiento de la maquinaria. Estas actuaciones pueden ser requeridas de manera imprevista. No están incluidos en un programa de mantenimiento y es posible que nadie tenga que abrir un ticket para pedir asistencia durante mucho tiempo.

Tipos de mantenimiento correctivo

Mantenimiento correctivo planificado

Consiste en la detección temprana de las fallas en el rendimiento de un equipo: mediante una adecuada monitorización, se pueden detectar signos de posibles errores.

No obstante, si el rendimiento de un equipo se ve comprometido, a pesar de que todavía esté funcionando, la compañía corre el riesgo de caer en una situación de baja productividad y con el agravante del tiempo. Una máquina que no funciona bien es comparable a una bomba de relojería y su incapacidad total es simplemente cuestión de tiempo.

Mantenimiento correctivo no planificado

Este tipo de mantenimiento correctivo no se basa en la planificación, sino que consiste en acciones ante situaciones imprevistas, que pueden ser causadas por fallos prematuros de los componentes o por la falta de supervisión periódica del activo.

-Preventivo

Se entiende por mantenimiento preventivo a la acción de inspeccionar, siguiendo ciertos parámetros y de forma sistemática, los aparatos o equipos de cualquier clase (mecánicos, eléctricos, informáticos, etc.) con el objetivo de prevenir fallas provocadas por el uso, el deterioro o el transcurso del tiempo, este mantenimiento evita las averías o las mitiga, por lo que reduce el costo de las

reparaciones y el tiempo en que los equipos dejan de estar operativos a causa de estas.

Importancia del mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es fundamental por sus numerosas ventajas en varias áreas y campos de negocio. Por ejemplo, en el sector industrial, la tecnología contribuye a que los equipos duren más tiempo y a evitar gastos elevados al prever dificultades; además, mejora la seguridad y la eficiencia. También posibilita una planificación del trabajo más eficaz debido a que disminuye el tiempo de inactividad no planificado, lo cual permite conservar recursos y cumplir con las normativas vigentes.

Ventajas de contar con un plan de mantenimiento preventivo

- Reducción de costos: Se evitan costosas reparaciones o remplazos de último minuto en los equipos.
- Mayor vida útil de equipos: Prolonga su vida útil y postergando la necesidad de adquirir nuevos activos.
- Mejora la eficiencia: El equipo consumen menos energía mientras operan al 100% de su capacidad y rendimiento.
- Reducción del tiempo de inactividad: Minimiza el tiempo de inactividad no planificada.
- Aumento de seguridad: Ayuda a prevenir problemas de seguridad potenciales al detectar y corregir condiciones peligrosas antes de que se conviertan en amenazas reales.
- Planificación efectiva: Tener un programa del mantenimiento para los momentos adecuados.
- Asegurar el cumplimiento normativo: Ayuda a cumplir con las regulaciones y estándares de la industria.
- Optimización de recursos: Permite optimizar el uso de sus recursos disponibles ayudando a reducir costos y a cuidar el medioambiente.

- Aumento de calidad: Se tiene un impacto indirecto y positivo en la calidad de los productos fabricados.

-Predictivo

El mantenimiento predictivo es un método que emplea métodos y herramientas de análisis de datos para identificar irregularidades en el desempeño y posibles fallas en los procesos y equipos, con el objetivo de resolverlas antes de que se produzca la avería. El mantenimiento predictivo, que es un componente esencial del Internet Industrial de las Cosas (IIoT), emplea el análisis de datos para prever los fallos en los sistemas, así como el análisis predictivo permite predecir las variaciones en la demanda energética o los cambios en los mercados.

Componentes principales

- La comunicación entre las máquinas y los sistemas de análisis es posible gracias a tecnologías del Internet de las Cosas (IoT), que posibilitan que los sensores y dispositivos conectados en las máquinas transmitan información sobre el desempeño y la condición de la máquina en tiempo real.
- El almacenamiento en la nube (cloud computing) y las soluciones de software hacen posible emplear la minería de datos (data mining), así como recolectar y examinar enormes volúmenes de datos mediante aplicaciones de big data.
- Los patrones y comparaciones se crean, las predicciones de fallos se realizan y el mantenimiento se programa antes de que sucedan, gracias a los modelos predictivos, que se nutren de datos procesados y emplean tecnologías de aprendizaje automático (machine learning).

Técnicas de mantenimiento predictivo

Termografía infrarroja

Las piezas y los componentes desgastados, incluidos los circuitos electrónicos, suelen emitir más calor de lo normal y mediante el uso de cámaras de infrarrojos

(IR), el personal de mantenimiento es capaz de detectar altas temperaturas (puntos calientes) en los equipos.

Monitoreo acústico

Los trabajadores de mantenimiento tienen la capacidad de descubrir fugas de gas, líquido o vacíos en los aparatos a través de los sensores acústicos; además, son capaces de identificar tensiones y fricciones en las máquinas que provienen de rodamientos con desgaste o mala lubricación.

Análisis de vibraciones

Facilita que los técnicos examinen las vibraciones de una máquina a través de sensores incorporados en el equipo. Una máquina que opera en condiciones ideales tiene un patrón de vibración específico; sin embargo, cuando los elementos se deterioran, las frecuencias de vibración se alteran.

Mantenimiento basado en confiabilidad (RCM)

El RCM es un procedimiento extremadamente individualizado que se enfoca de manera exclusiva en cada activo, adaptándose a su uso, elementos clave y amenazas particulares a su usabilidad. El propósito final es aumentar al máximo la disponibilidad del equipo y, a la vez, disminuir el reemplazo de activos y, por ende, los costos. Se distingue de otros métodos de mantenimiento porque aborda cada activo de forma distinta, dependiendo de sus requerimientos concretos, su relevancia para el proceso en general y la manera en que debe ser monitoreado y mantenido.

Beneficios de un Proceso de RCM

La puesta en práctica eficaz de un programa de mantenimiento orientado hacia la fiabilidad previene que se interrumpa la producción general con costos elevados, lo cual lleva a obtener varios beneficios importantes, entre ellos:

- Costos de mantenimiento más bajos: Es mucho más económico que reemplazar los productos, ya que utiliza la tecnología y la automatización

para sustituir las tareas de mantenimiento que son costosas, interviene cuando es necesario y optimiza y prioriza los activos más relevantes.

- Elevada fiabilidad y tiempo de funcionamiento del equipo: Tratar los posibles fallos antes de que se vuelvan irreparables asegura que los activos permanezcan en funcionamiento y también extiende la vida útil total del activo.
- Mayor satisfacción del consumidor: Una fábrica que opere completamente según lo planeado mantendrá la cadena de suministros funcionando como se había previsto, asegurando que los clientes reciban sus entregas a tiempo.

Desafíos de un proceso de RCM

- Costos iniciales.
- Complejidad.
- Inconvenientes de la transformación.
- Los posibles errores permanecen.

Mantenimiento productivo total (TPM)

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es un sistema de mantenimiento que se aplica en las empresas y que plantea una idea renovada para el mantenimiento de plantas y equipos. La finalidad del programa TPM es incrementar significativamente la producción y, simultáneamente, elevar la motivación de los trabajadores y su satisfacción laboral.

El establecimiento de un programa TPM genera una responsabilidad en común para los equipos, lo que propicia que los empleados de la planta productiva participen más.

En definitiva, el TPM considera el mantenimiento como un componente esencial y de gran importancia del proceso productivo, el tiempo de inactividad para el mantenimiento se considera una parte del día de producción y, en ocasiones,

una parte esencial del proceso de fabricación, su propósito es limitar al mínimo el mantenimiento no programado y el rutinario.

Objetivos del mantenimiento productivo total

- Evitar el despilfarro en un entorno económico que cambia rápidamente.
- Producir bienes sin reducir la calidad del producto.
- Reducir el costo.
- Producir una cantidad de lotes lo antes posible.
- Enviar los bienes producidos a los clientes sin defectos.
- Además, valorar un entorno de trabajo seguro: sin accidentes laborales.

Las 5S y su funcionamiento

Las 5S es un método para la organización de los espacios, que permite que el trabajo se ejecute con eficacia, eficiencia y seguridad.

Este sistema se enfoca en organizar todo y conservar el lugar de trabajo limpio, lo que permite a los trabajadores realizar sus tareas sin perder tiempo ni correr el riesgo de lesiones.

El enfoque de las 5S consiste en examinar todo lo que se encuentra en un espacio, deshacerse de lo que no es necesario, organizar las cosas de manera lógica, hacer trabajos de limpieza y mantener este ciclo continuamente.

El término 5S viene de cinco palabras japonesas:

- Seiri: clasificar
- Seiton: ordenar
- Seiso: limpiar
- Seiketsu: estandarizar

- Shitsuke: disciplinar

Los 8 pilares de del mantenimiento productivo total.

-Pilar 1 del TPM: Mantenimiento autónomo (Jishu Hozen)

Otorgue a los operarios la responsabilidad de las actividades fundamentales de mantenimiento, lo que permite que el equipo de mantenimiento tenga más tiempo para atender tareas más complicadas.

-Pilar 2: Mantenimiento planificado.

Es la programación de tareas de mantenimiento basadas en el funcionamiento observado de las máquinas, lo que incluye la frecuencia con la que ocurren averías y fallos. La planificación de estas tareas en torno a estos parámetros corta el ciclo de averías y fallos, lo cual contribuye a alargar la vida útil de las máquinas.

-Pilar 3: Mantenimiento de calidad (Hinshitsu Hozen)

Este pilar se ocupa de la calidad, asegurando que el equipo sea capaz de detectar y prevenir errores en todo el proceso de producción. Cuando se detectan los fallos, los procesos ganan la fiabilidad que necesitan para producir la especificación correcta a la primera.

-Pilar 4: Mejoras enfocadas (Kobetsu Kaizen)

En este pilar, se crean equipos transversales que incluyen a los principales y que trabajan con los equipos que tienen problemas, presentando sugerencias para mejorar.

-Pilar 5: Prevención del Mantenimiento

Usa la experiencia obtenida en actividades anteriores de optimización del mantenimiento para asegurar que la maquinaria nueva logre su rendimiento óptimo mucho antes de lo acostumbrado.

-Pilar 6: Formación y entrenamiento

Este pilar se encarga de cubrir la brecha de conocimiento existente en una industria en términos de mantenimiento productivo total. Puede ser que los resultados sean mediocres en el mejor de los casos y un fracaso en el peor si no se tiene conocimiento de las herramientas.

-Pilar 7: Salud, Seguridad y Medio Ambiente

El mantenimiento productivo total, con su enfoque en la salud, la seguridad y el medio ambiente, asegura que todos los empleados tengan un ambiente seguro y que se eliminen las condiciones que puedan perjudicar su bienestar.

-Pilar 8: TPM en las funciones de oficina

Para que toda la organización se exprese desde un mismo punto de vista, el siguiente paso razonable en el programa de mantenimiento productivo total es implementar el TPM en las funciones administrativas.

Dado que estas son funciones de soporte, al lograr que comprendan y utilicen los principios de lean en sus propias operaciones, les resulta más fácil ofrecer un servicio eficaz a los procesos centrales de la cadena de valor.

2. Mantenimiento preventivo en maquinaria de transporte

Definición y principios del mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es un conjunto de acciones planificadas y programadas que se realizan de manera periódica en equipos, instalaciones o sistemas para prevenir fallas, asegurar su buen funcionamiento y prolongar su vida útil. El objetivo principal de este tipo de mantenimiento es evitar la aparición de averías inesperadas, lo que puede derivar en paradas no planificadas o costosas reparaciones.

Principios del Mantenimiento Preventivo

- **Planificación y Programación:** El mantenimiento preventivo se fundamenta en una planificación y programación meticolosas, las cuales incluyen la determinación de intervalos regulares para llevar a cabo las labores de

mantenimiento, de acuerdo con las sugerencias del productor, el estado operativo o los antecedentes.

- **Prevención de fallas:** Esto se consigue a través de la limpieza, la lubricación, el ajuste y la sustitución de piezas antes de que fallen, así como con revisiones periódicas.
- **Monitoreo y Diagnóstico:** Esto posibilita detectar indicios de deterioro o posibles fallos, lo que hace más fácil la intervención antes de que ocurran.
- **Intervenciones programadas:** Las intervenciones se llevan a cabo en momentos determinados y no son una respuesta a un fallo. Esto asegura que el equipo esté trabajando de forma eficaz y sin interrupciones imprevistas.
- **Reducción de costos a largo plazo:** A pesar de que el mantenimiento preventivo supone una inversión inicial en términos de recursos y tiempo, puede generar ahorros significativos a largo plazo. Esto se debe a que disminuye la posibilidad de errores serios, lo cual evita que se produzcan costosas reparaciones y paradas largas.
- **Mejora continua:** Un sistema efectivo de mantenimiento preventivo estimula la mejora permanente al examinar de manera continua los procedimientos, herramientas y prácticas, con el objetivo de perfeccionar los recursos y maximizar la eficacia.
- **Documentación y registros:** Es crucial llevar un control minucioso de todas las tareas de mantenimiento, ya que esto contribuye a detectar patrones, anticipar necesidades futuras y analizar la eficiencia del programa de mantenimiento preventivo.

Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo frente a otros tipos de mantenimiento

Ventajas del Mantenimiento Preventivo

1. Reducción de Costos de Reparación:

- Al evitar fallos graves, se ahorran gastos en reparaciones costosas.
2. Menor Tiempo de Inactividad:
 - Las máquinas que se mantienen regularmente tienden a tener menos tiempo fuera de servicio, lo que mejora la productividad.
 3. Vida Útil Prolongada:
 - Un buen mantenimiento puede alargar la vida de los equipos, reduciendo la necesidad de reemplazos frecuente.
 4. Mejora de la Eficiencia:
 - Equipos bien mantenidos consumen menos energía y funcionan de manera más eficiente.
 5. Seguridad Aumentada:
 - Mantener los equipos en óptimas condiciones reduce el riesgo de accidentes y mejora la seguridad laboral.
 6. Cumplimiento Normativo:
 - Ayuda a cumplir con las regulaciones y evita sanciones legales.

Desventajas del Mantenimiento Preventivo

1. Costos Iniciales:
 - Implementar un programa de mantenimiento preventivo puede requerir una inversión inicial significativa.
2. Acciones de Mantenimiento Innecesarias:
 - Puede resultar en la realización de tareas de mantenimiento que no eran necesarias, aumentando los costos y el tiempo invertido.
3. Desconocimiento de Condiciones Reales:

- Los planes de mantenimiento preventivo pueden ser ineficientes si los ciclos calculados no previenen los paros no programados por fallos.

Comparación con Otros Tipos de Mantenimiento

- **Mantenimiento Correctivo:**
 - Ventajas: Menores costos iniciales, ya que solo se realizan reparaciones cuando ocurre un fallo.
 - Desventajas: Mayor riesgo de tiempos de inactividad prolongados y costos de reparación elevados.
- **Mantenimiento Predictivo:**
 - Ventajas: Utiliza tecnologías avanzadas para predecir fallos antes de que ocurran, optimizando el tiempo y los recursos.
 - Desventajas: Requiere una inversión significativa en tecnología y capacitación.

Estrategias y planificación del mantenimiento preventivo

Estrategias de Mantenimiento Preventivo

1. Planificación Basada en el Tiempo:

- Realizar inspecciones y mantenimientos regulares (diarios, semanales, mensuales) sin depender del estado de la máquina.

2. Mantenimiento Basado en el Uso:

- Programar actividades de mantenimiento después de alcanzar ciertos niveles de uso, como horas de funcionamiento o ciclos de producción.

3. Inspecciones Visuales y Auditorías Regulares:

- Enfocarse en la observación directa de las partes y componentes de la máquina, detectando desgaste, fugas o posibles daños.

4. Lubricación y Limpieza Periódicas:

- La lubricación adecuada de las partes móviles y la limpieza de componentes son fundamentales para evitar el desgaste prematuro.

5. Reemplazo Programado de Piezas de Desgaste:

- Reemplazar periódicamente piezas según las recomendaciones del fabricante para prevenir fallas inesperadas y costosos tiempos de inactividad.

Planificación del Mantenimiento Preventivo

1. Identificación de Equipos Críticos:

- Analizar y determinar qué activos son vitales para la productividad y operación ininterrumpida de la organización.

2. Programación de Inspecciones Regulares:

- Establecer un calendario detallado y periódico de inspecciones para detectar tempranamente posibles fallas o desgastes en los equipos.

3. Implementación de Sistemas de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO):

- Utilizar software que centralice la información de mantenimiento, mejore la comunicación entre equipos y proporcione herramientas analíticas avanzadas.

4. Uso de Tecnología Predictiva:

- Aplicar análisis predictivo y datos de sensores para anticipar fallos y optimizar recursos.

5. Capacitación del Personal:

- Capacitar al personal en prácticas de mantenimiento preventivo y en el uso de nuevas tecnologías para asegurar una implementación efectiva.

Herramientas y metodologías para su implementación (CMMS, RCM, TPM)

Mantenimiento Productivo Total (TPM)

- Utiliza herramientas como diagramas de Pareto, histogramas, y diagramas de causa y efecto
- Se basa en la prevención, cero defectos, y cero accidentes
- Incluye técnicas de mantenimiento planificado y basado en condiciones
- Para implementarlo, se pueden seguir estos pasos:
 1. Desarrollar estrategias de mantenimiento preventivo
 2. Crear procedimientos de mantenimiento autónomo
 3. Establecer objetivos y métricas
 4. Formar a los empleados

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

- Utiliza herramientas como árboles de fallas y análisis de criticidad
 - Se basa en un enfoque sistemático para predecir fallas en equipos y componentes
 - Se utiliza para establecer estrategias de mantenimiento que incluyan todo tipo de mantenimiento, como preventivo, predictivo, y búsqueda de fallas
 - Para implementarlo, se pueden utilizar técnicas como el Análisis del modo y los efectos de fallos (FMEA)
3. Calidad en la gestión del mantenimiento

Relación entre mantenimiento y calidad operativa.

La relación entre mantenimiento y calidad operativa es crucial para la eficiencia y productividad de una empresa. Un buen mantenimiento previene fallos en los equipos, asegurando procesos operativos sin interrupciones y mejorando la calidad del producto. Además, prolonga la vida útil de los equipos, optimiza la eficiencia energética y mejora la seguridad laboral. Estrategias como el mantenimiento preventivo y predictivo no solo mejoran la calidad operativa, sino que también reducen costos a largo plazo y optimizan recursos.

Normas y certificaciones de calidad aplicables al mantenimiento

Normas ISO

- ISO 9001: Norma de gestión de calidad que se aplica a los procesos que afectan la calidad de los servicios o bienes. Esta norma se enfoca en mejorar la satisfacción del cliente.
- ISO 14001: Norma de gestión ambiental que se aplica a los procesos que impactan el medio ambiente.
- ISO 14224: Norma que proporciona directrices para recopilar y presentar datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos.
- ISO 55000: Norma de gestión de activos.
- ISO 50001: Norma de gestión de la energía.
- ISO 18001/ISO 45001: Norma de seguridad y salud ocupacional.
- ISO 31000: Norma de gestión del riesgo.

Otras normas y certificaciones

- ANSI TAPPI TIP 0305-34, un protocolo que permite crear listas de verificación para el mantenimiento.
- Leyes del Mantenimiento, principios fundamentales que rigen las prácticas del mantenimiento.

ISO 9001 (gestión de calidad)

ISO 9001 es el estándar del Sistema de Gestión de Calidad (SGC) reconocido internacionalmente que puede beneficiar a organizaciones de cualquier tamaño. Diseñada para ser una poderosa herramienta de mejora empresarial, la certificación de gestión de calidad ISO 9001 puede ayudarlo a:

- Mejorar, optimizar las operaciones y reducir los costos continuamente
- Obtenga más negocios y compita en licitaciones
- Satisfacer a más clientes
- Sea más resistente y construya un negocio sostenible
- Demuestre que tiene un gobierno corporativo sólido
- Trabaje eficazmente con las partes interesadas y su cadena de suministro

-Beneficios de la gestión de calidad ISO 9001

Un sistema de gestión de calidad ISO 9001 le ayudará a supervisar y gestionar continuamente la calidad en toda su empresa para que pueda identificar áreas de mejora. A nivel internacional, es el sistema de calidad de elección.

- Formas de trabajo más eficientes ahorrarán tiempo, dinero y recursos
- Un rendimiento operativo mejorado reducirá los errores y aumentará las ganancias
- Motivar e involucrar al personal con procesos internos más eficientes
- Obtenga más clientes de alto valor con un mejor servicio al cliente

ISO 55000 (gestión de activos)

La norma ISO 55000 fue promulgada por la Organización Internacional de Normalización (ISO) en el año 2014 y sirve como fundamento para las normas ISO 55001 e ISO 55002, que establecen los requerimientos de un sistema de gestión de activos y las pautas para su implementación, respectivamente.

Estas normas son un conjunto de prácticas habituales que determinan los fundamentos para llevar a cabo una gestión eficaz de los activos empresariales, sin importar el tipo o tamaño de la compañía.

La norma ISO 55000 24 tiene como objetivo administrar todo lo que concierne a la vida útil de los activos de una organización. La certificación en esta norma no solo mejora la gestión de activos y favorece la productividad empresarial, sino que también permite homologar a nivel mundial, mostrando así su capacidad.

Total productive maintenance (TPM).

La idea fundamental del TPM es que todos los trabajadores deben involucrarse en el mantenimiento de su propio espacio laboral. Esto quiere decir que los integrantes de cada equipo, sin importar el nivel de gestión, tienen que colaborar en las revisiones periódicas, el mantenimiento preventivo y los sistemas de revisión de cualquier máquina o herramienta empleada en el trabajo.

Además, necesita la implementación de nuevos procedimientos para identificar posibles inconvenientes, como el mantenimiento predictivo, a través del análisis de las tendencias operativas o la evaluación de los datos provenientes de las máquinas con el fin de tomar acciones preventivas.

-Los 8 pilares del TPM

Los 8 pilares en los que se debe basar cualquier programa de TPM son los siguientes:

1. Mejoras específicas
2. Pilar JH (Mantenimiento autónomo)
3. Pilar PM (Mantenimiento planificado)
4. Pilar QM (Mantenimiento de calidad)
5. Pilar DM (Mantenimiento del desarrollo)
6. Pilar E&T (Educación y Formación)

7. Pilar OTPM (Office TPM)

8. Pilar SHE (Seguridad, Salud y Medio Ambiente)

Indicadores de desempeño en calidad del mantenimiento.

Los indicadores que se utilizan para medir el desempeño de una acción determinada se denominan KPIs (indicadores clave de desempeño) o indicadores de rendimiento del mantenimiento. Son capaces de calcular el tiempo que se emplea en una parada, ya sea planeada o no, y también el avance de la producción. Las métricas de mantenimiento varían según la empresa, sus objetivos, las tácticas y el plan de acción definido. Sin embargo, existe un conjunto de métricas que son más relevantes y se emplean con mayor regularidad.

-Los 5 indicadores de mantenimiento imprescindibles para una gestión eficaz

MTTR (tiempo medio para reparación)

El MTTR es un indicador fundamental que calcula el tiempo promedio requerido para reparar un activo tras una avería. Su relevancia está en que reduce el tiempo de inactividad y optimiza la eficacia de las reparaciones. Un MTTR bajo señala que las reparaciones se efectúan de forma eficaz y veloz, lo cual asegura que los activos regresen a la actividad en el tiempo más corto posible..

MTTF (tiempo medio hasta la falla)

El MTTF es un indicador que ofrece información importante acerca de la fiabilidad de los activos. El objetivo del tiempo promedio entre fallos, por su parte, es incrementar el MTTF, lo que significa disminuir la frecuencia con la que ocurren las averías y extender el periodo durante el cual los activos son útiles. Cuando el MTTF es alto, se puede considerar que los activos son fiables y tienen menos posibilidades de presentar fallas.

MTBF (tiempo medio entre fallas)

El MTBF es otro indicador esencial que se utiliza para determinar el promedio de tiempo que pasa entre fallos en un activo, y actúa como complemento del MTTF, cuando un MTBF alto indica que hay menor cantidad de fallos y mayor fiabilidad.

Backlog (acumulación de trabajo pendiente)

El backlog es la pila de trabajo pendiente en mantenimiento. Puede incluir trabajos pendientes de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo. Un backlog grande impacta negativamente la efectividad del área de mantenimiento, ya que puede causar demoras en la ejecución de trabajos importantes y aumentar el tiempo de respuesta ante averías o necesidades urgentes de mantenimiento.

OEE (eficiencia general de los equipos)

El OEE (Overall Equipment Efficiency) es un indicador completo que evalúa la eficiencia total de los equipos en función de su calidad, disponibilidad y desempeño. El OEE brinda una perspectiva integral del rendimiento de los equipos y posibilita el hallazgo de oportunidades para optimizar y mejorar.

4. Sostenibilidad en el mantenimiento preventivo

Impacto ambiental del mantenimiento en maquinaria de transporte.

La reparación y el mantenimiento de las maquinarias pesadas se consideran formas de evitar efectos adversos en el medio ambiente, ya que garantizan la confiabilidad de los equipos durante su explotación. Esto puede significar que se reduzcan las detenciones a causa de la aparición de diversas clases de fallos, como, por ejemplo: escapes de hidrocarburos debido a un mal ajuste o desapriete de las uniones; fracturas en juntas; derrames de lubricantes y combustibles a causa de la rotura de tuberías; emisiones nocivas al aire generadas por el funcionamiento deficiente del sistema de alimentación; accidentes laborales, entre otros.

Dado que la mayoría de las actividades se llevan a cabo en unas pocas máquinas, en algunos de los centros no se toman en cuenta las regulaciones relacionadas con la gestión del medio ambiente. El vertido de residuos clasificados como peligrosos es uno de los problemas ambientales más frecuentes asociados con los procesos de mantenimiento. El propósito del estudio es determinar la medida en que los empleados de un taller de mantenimiento de maquinaria pesada están familiarizados con las regulaciones ambientales definidas por la norma ISO 14001/2015 y las implicancias de no seguirlas.

Prácticas sostenibles en el mantenimiento preventivo.

- Reducción de paradas imprevistas: Una máquina detenida inesperadamente no solo impacta la producción, sino que también genera un desperdicio significativo de recursos, desde energía hasta materias primas.
- Extensión de la vida útil de los equipos: Implementar un programa estructurado de mantenimiento permite que los equipos operen con mayor eficiencia y por más tiempo, disminuyendo la necesidad de reemplazos frecuentes.
- Optimización del consumo energético: Equipos bien mantenidos consumen menos energía, lo que se traduce en menores emisiones de carbono y un avance hacia las metas de sostenibilidad.
- Cumplimiento normativo: Muchas industrias deben cumplir con regulaciones ambientales estrictas, y el mantenimiento preventivo ayuda a evitar problemas asociados con emisiones fuera de norma o fallos catastróficos.

Uso eficiente de recursos y reducción de residuos.

La eficiencia de los recursos es un enfoque que buscan las organizaciones para lograr el mayor rendimiento posible de los recursos generando la menor cantidad de desechos. Así, los recursos se usan de forma óptima y el impacto medioambiental del negocio disminuye. Para lograr la eficiencia de los recursos,

es necesario que las compañías presten una gran atención al uso que hacen de la electricidad, el agua y los materiales con el fin de cerciorarse de que están utilizando sus recursos al máximo y generando la menor cantidad posible de residuos.

Si bien las prácticas de eficiencia en el consumo de recursos pueden ser distintas para cada organización o industria, algunas prácticas comunes a todas ellas son reciclar, reducir los desechos y volver a utilizar materiales, lo cual contribuye a la creación de una economía más sólida. El propósito de la eficiencia de los recursos es, en términos generales, cubrir las necesidades de la generación actual mientras se asegura que las generaciones venideras cuenten con lo necesario para subsistir.

-Áreas clave del uso eficiente de los recursos

- Conservación de recursos
- Contratación sostenible
- Reducción de residuos
- Compromiso de los empleados
- Optimización de procesos
- Tecnología e innovación

Lubricantes biodegradables y gestión de residuos peligrosos.

Los lubricantes biodegradables son una alternativa sostenible a los lubricantes tradicionales a base de petróleo. Están hechos de sustancias orgánicas y/o sintéticas que pueden descomponerse por microorganismos, lo que significa que tienen un impacto ambiental mucho menor. Estos lubricantes ofrecen varios beneficios, como la reducción de residuos peligrosos y tóxicos, disminución de la contaminación del aire y del agua, y menor toxicidad para los seres humanos y animales

En cuanto a la gestión de residuos peligrosos, es crucial implementar estrategias adecuadas para minimizar el impacto ambiental. Esto incluye la selección de

productos adecuados, capacitación del personal, monitoreo y evaluación del rendimiento de los lubricantes biodegradables, y establecimiento de procedimientos para la recolección y reciclaje de lubricantes usados. Colaborar con empresas especializadas en la gestión de aceites y fluidos industriales también puede ser beneficioso

Estrategias para la reducción de emisiones contaminantes.

1. Acuerdos Internacionales:

- Acuerdo de París (2015): Firmado por 195 países, busca limitar el calentamiento global a menos de 2°C por encima de los niveles preindustriales.
- Protocolo de Kioto (1997): Primer tratado internacional para la reducción de gases de efecto invernadero.

2. Acciones Gubernamentales:

- China: Inversión en energías renovables (solar y eólica), plan de neutralidad de carbono para 2060, y expansión del transporte eléctrico.
- Estados Unidos: Ley de Reducción de Inflación con incentivos para energías limpias, regulaciones más estrictas sobre emisiones industriales y automotrices.
- Unión Europea: Pacto Verde Europeo para lograr la neutralidad climática en 2050, impulso a la economía circular y electrificación del transporte.

3. Innovaciones Tecnológicas:

- Captura y almacenamiento de carbono (CCS): Tecnología para reducir CO₂ en la atmósfera.
- Movilidad eléctrica: Crecimiento en la producción de autos eléctricos.

- Hidrógeno verde: Fuente de energía limpia con gran potencial.

4. Acciones Ciudadanas:

- Uso eficiente de la energía en el hogar.
- Preferencia por transporte público o eléctrico.
- Consumo responsable y reducción de plásticos.

Regulaciones ambientales aplicables al mantenimiento industrial.

Las regulaciones ambientales aplicables al mantenimiento industrial son esenciales para garantizar que las operaciones se realicen de manera sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Aquí tienes algunas de las principales normativas y estándares relevantes:

1. Ley de Aire Limpio (Clean Air Act):

- Regula las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos.

2. Ley de Agua Limpia (Clean Water Act):

- Controla la descarga de contaminantes en aguas superficiales y subterráneas.

3. Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (Resource Conservation and Recovery Act):

- Regula la generación, almacenamiento, transporte y disposición de residuos peligrosos.

4. Normas ISO:

- ISO 14001: Gestión ambiental, que proporciona un marco para minimizar el impacto ambiental de las operaciones industriales.
- ISO 50001: Gestión de la energía, enfocada en mejorar el desempeño energético y reducir costos.

- ISO 45001: Seguridad y salud ocupacional, que ayuda a identificar y controlar riesgos laborales.

Estas leyes y normas permiten a las empresas funcionar de manera más eficiente y sostenible, disminuyendo su impacto ambiental y mejorando su imagen corporativa.

5. Relación con el ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura.

Definición y objetivos del ODS 9

El ODS 9 se refiere a la necesidad de construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación. Para ello, se pretende que la industria aporte más al empleo y al PIB, duplicando su aporte en los países menos adelantados, aumentar la investigación científica y modernizar las infraestructuras.

“Según Naciones Unidas, la industria inclusiva y sostenible junto con la innovación y las infraestructuras son tres pilares fundamentales del desarrollo sostenible.” (Iberdrola, n.d.). Son, asimismo, esenciales para el funcionamiento de las empresas y, por consiguiente, para el desarrollo económico y social.

-Objetivos de la ODS 9

- Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, haciendo hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos.
- Promover una industrialización inclusiva y sostenible.
- Aumentar la contribución de la industria al empleo y al PIB, así como duplicar esa contribución en los países menos adelantados.
- Modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnología y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales.

- Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales de todos los países.

Aplicación del ODS 9 en la gestión del mantenimiento

El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 9 se centra en construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación. Su aplicación en la gestión del mantenimiento industrial implica varias estrategias clave:

1. Modernización de Infraestructuras:

- Implementar tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones contaminantes.
- Utilizar materiales sostenibles y procesos industriales limpios.

2. Innovación y Digitalización:

- Fomentar la investigación y desarrollo en tecnologías de mantenimiento predictivo y preventivo.
- Integrar sistemas de gestión de mantenimiento asistidos por inteligencia artificial para optimizar recursos.

3. Capacitación y Desarrollo:

- Capacitar al personal en prácticas sostenibles y en el uso de nuevas tecnologías.
- Promover la colaboración entre sectores para compartir conocimientos y mejores prácticas.

4. Financiación y Apoyo:

- Facilitar el acceso a financiamiento para proyectos de infraestructura sostenible.

- Apoyar a las pequeñas y medianas empresas en la adopción de tecnologías limpias.

Innovación tecnológica y digitalización en el mantenimiento preventivo.

La tecnología y la digitalización están revolucionando el mantenimiento preventivo, haciéndolo más eficiente y predictivo. Aquí te dejo algunas estrategias y tecnologías clave:

1. Mantenimiento Predictivo:

- Utiliza Emplea el aprendizaje automático y el análisis de datos para prever errores antes de que sucedan, nos posibilita la programación de acciones preventivas y disminuye los periodos de inactividad..

2. Gemelos Digitales (Digital Twins):

- Generación de copias virtuales de sistemas y equipos para simular y examinar su funcionamiento en tiempo real, te contribuye a detectar dificultades potenciales y mejorar el desempeño.

3. Internet de las Cosas (IoT):

- Sensores conectados que supervisan constantemente la condición de los equipos, se examinan los datos recolectados para detectar irregularidades y programar el mantenimiento preventivo..

4. Sistemas de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO):

- Software que concentra los datos de mantenimiento, optimiza la comunicación entre equipos y ofrece herramientas analíticas sofisticadas..

5. Inteligencia Artificial (IA):

- Uso de inteligencia artificial en la administración de incidentes y avisos de deterioro anticipado nos posibilita extender la vida de los activos y optimizar la eficacia del mantenimiento.

Beneficios del mantenimiento eficiente en la infraestructura y la industria.

1. Mayor Productividad:

- Un programa de mantenimiento bien organizado reduce la posibilidad de que ocurran fallas costosas y mejora la eficiencia operacional y esto hace posible que los equipos trabajen a su máximo rendimiento, disminuyendo el tiempo de inactividad y optimizando la producción en general.

2. Reducción de Costos:

- Los gastos de sustitución y reparación de equipos se disminuyen al evitar fallas y hacer reparaciones a tiempo, por lo que así mismo, un mantenimiento eficaz contribuye a extender la vida útil de los activos, lo que reduce la necesidad de realizar inversiones constantes en equipos nuevos.

3. Eficiencia Energética:

- Los equipos que reciben un buen mantenimiento funcionan de forma más eficaz, utilizando menos energía y disminuyendo los costos de operación, además, ayuda a que el medio ambiente sea sostenible al reducir las emisiones de carbono.

4. Seguridad y Cumplimiento Normativo:

- Los equipos que reciben un mantenimiento apropiado garantizan el cumplimiento de las regulaciones ambientales y de seguridad, lo que disminuye la posibilidad de sanciones legales y accidentes y nos puede resultar vital para mantener un ambiente de trabajo seguro y acatar las normas en vigor.

5. Innovación y Competitividad:

- La implementación de tecnologías avanzadas y prácticas de mantenimiento predictivo y preventivo permite a las empresas

mantenerse competitivas en el mercado. La digitalización y el uso de sistemas de gestión de mantenimiento asistidos por ordenador (GMAO) mejoran la capacidad de respuesta y la eficiencia operativa

MATERIALES Y MÉTODOS.

Este apartado describe el enfoque metodológico utilizado para el desarrollo del proyecto de residencia profesional, cuyo objetivo fue diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria de transporte pesado y ligero de la empresa TEM: Torno y Eléctrica Montiel.

3.1 Diseño metodológico

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo no experimental, transversal y aplicado. Se recopilaron datos antes y después de la implementación del plan, permitiendo una comparación objetiva de indicadores técnicos y económicos para evaluar el impacto del mantenimiento preventivo.

3.2 Población y muestra

La población estuvo conformada por todas las unidades de transporte utilizadas por la empresa. Se trabajó con una muestra no probabilística de diez unidades seleccionadas por su alta frecuencia de uso y reportes recurrentes de fallas:

- 5 camiones de carga
- 3 camionetas de servicio
- 2 grúas hidráulicas

3.3 Variables analizadas

Las variables consideradas fueron:

- Frecuencia de fallas por unidad
- Tiempo medio entre fallas (MTBF)
- Tiempo medio de reparación (MTTR)
- Costos mensuales de mantenimiento correctivo
- Tiempo de inactividad no programada
- Nivel de cumplimiento del programa preventivo

3.4 Materiales e instrumentos

Para la recolección y análisis de datos se utilizaron:

- Listas de verificación de mantenimiento
- Formatos de historial por unidad
- Software de hojas de cálculo
- Herramientas técnicas: manómetros, multímetros, medidores de presión y compresión, lubricantes, filtros
- Entrevistas semiestructuradas al personal operativo

3.5 Procedimiento

El desarrollo metodológico se dividió en las siguientes etapas:

a) Diagnóstico técnico inicial

Se revisaron los registros de mantenimiento, se realizaron inspecciones visuales y funcionales, y se identificaron fallas recurrentes en sistemas críticos como frenos, motores y eléctricos.

b) Clasificación y análisis de criticidad

Se construyó una matriz de criticidad para jerarquizar las unidades según su impacto operativo y frecuencia de fallas.

c) Diseño del plan de mantenimiento preventivo

Se elaboró un programa con tareas específicas por componente, frecuencias de intervención (cada 250, 500 y 1,000 km), manuales de procedimiento, asignación de responsables y calendario mensual.

d) Implementación del plan

Durante tres meses se aplicó el plan en las unidades seleccionadas. Se capacitó al personal, se habilitaron bitácoras individuales y se realizaron supervisiones semanales.

e) Monitoreo de indicadores

Se midieron nuevamente los indicadores técnicos y económicos para evaluar el impacto del plan.

f) Retroalimentación y ajustes

Se realizaron sesiones de análisis con el personal técnico para ajustar frecuencias de inspección y agregar nuevas tareas como revisión de correas, mangueras y batería.

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. Diseño del Sistema de Mantenimiento Preventivo

Se diseñó un sistema de mantenimiento preventivo para distintos tipos de maquinaria de transporte utilizados en la empresa, incluyendo camionetas de servicio y carga, grúas hidráulicas, y camionetas Tornado y Silverado. El sistema se estructuró en actividades diarias, semanales, mensuales, semestrales y anuales, con tareas específicas como revisión de niveles de aceite, presión de neumáticos, luces, frenos, suspensión, sistema eléctrico e hidráulico, limpieza de filtros, calibración de inyectores, pruebas funcionales y revisión documental. Este enfoque permitió establecer una rutina sistemática que cubre tanto el mantenimiento básico como el técnico especializado.

2. Implementación y Seguimiento

El cronograma de mantenimiento muestra un cumplimiento constante en las actividades programadas durante el año 2025. Se registraron tareas específicas por equipo, lo que indica una buena adherencia al plan, l-a estructura clara por tipo de equipo facilita la supervisión y el control de las actividades, permitiendo una gestión eficiente del mantenimiento.

TEM: TORNOS Y ELECTRICA MONTIEL																			
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN MAQUINARIA DE TRANSPORTE PESADO Y LIGERO																			
ITEM	EQUIPO	MARCA	MODELO	UBICACIÓN	TAREAS	FRECUENCIA	DÍAS	INICIO DEL PROGRAMA	ENE 2025	FEB 2025	MAR 2025	ABR 2025	MAY 2025	JUN 2025	JUL 2025	AUG 2025	SEPT 2025	OCT 2025	NOV 2025
1	Camioneta Tornado	Chevrolet	2013	Taller	Cambio de aceite y filtro	Mensual	20	01/01/2025	X										
1	Camioneta Tornado	Chevrolet	2013	Taller	Revisión y cambio de filtro de aire	Quincenal	15	01/01/2025	X										
1	Camioneta Tornado	Chevrolet	2013	Taller	Revisión de neumáticos	Diario	1	01/01/2025	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1	Camioneta Tornado	Chevrolet	2013	Taller	Revisión de Frenos	Semanal	7	01/01/2025	X				X	X					
1	Camioneta Tornado	Chevrolet	2013	Taller	Chequeo de Sistema eléctrico	Semanal	7	01/01/2025	X				X	X					
1	Camioneta Tornado	Chevrolet	2013	Taller	Chequeo de luces y sistema de dirección	Semanal	7	01/01/2025	X				X	X					
1	Camioneta Tornado	Chevrolet	2013	Taller	Revisión de líquidos(frenos, dirección, etc)	Semanal	7	01/01/2025				X							
1	Camioneta Tornado	Chevrolet	2013	Taller	Chequeo de sistema de refrigeración	Diario	1	01/01/2025	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Camioneta Silverado	Chevrolet	2006	Taller	Cambio de aceite y filtro	Mensual	20	01/01/2025	X										
2	Camioneta Silverado	Chevrolet	2006	Taller	Revisión y cambio de filtro de aire	Quincenal	15	01/01/2025	X										
2	Camioneta Silverado	Chevrolet	2006	Taller	Revisión de neumáticos	Diario	1	01/01/2025	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Camioneta Silverado	Chevrolet	2006	Taller	Revisión de Frenos	Semanal	7	01/01/2025	X				X	X					
2	Camioneta Silverado	Chevrolet	2006	Taller	Chequeo de Sistema eléctrico	Semanal	7	01/01/2025	X				X	X					
2	Camioneta Silverado	Chevrolet	2006	Taller	Chequeo de luces y sistema de dirección	Semanal	7	01/01/2025	X				X	X					
2	Camioneta Silverado	Chevrolet	2006	Taller	Revisión de líquidos(frenos, dirección, etc)	Semanal	7	01/01/2025	X				X	X					
2	Camioneta Silverado	Chevrolet	2006	Taller	Chequeo de sistema de refrigeración	Diario	1	01/01/2025	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Grúa con plataforma	HAAB		Taller	Inspección visual general	Semanal	7	01/01/2025	X				X	X					
3	Grúa con plataforma	HAAB		Taller	Chequeo de sistema eléctrico	Quincenal	15	01/01/2025	X										
3	Grúa con plataforma	HAAB		Taller	Chequeo de sistema de control	Semanal	7	01/01/2025	X				X	X					
3	Grúa con plataforma	HAAB		Taller	Revisión de componentes mecánicos	Quincenal	15	01/01/2025	X										
3	Grúa con plataforma	HAAB		Taller	Prueba funcional	Semanal	7	01/01/2025	X				X	X					
3	Grúa con plataforma	HAAB		Taller	Revisión de documentación	Mensual	20	01/01/2025	X										
4	Grúa brazo largo	National	IS Tornadales	Taller	Inspección visual general	Semanal	7	01/01/2025	X				X	X					
4	Grúa brazo largo	National	IS Tornadales	Taller	Chequeo de sistema eléctrico	Quincenal	15	01/01/2025	X										
4	Grúa brazo largo	National	IS Tornadales	Taller	Chequeo de sistema de control	Semanal	7	01/01/2025	X				X	X					
4	Grúa brazo largo	National	IS Tornadales	Taller	Revisión de componentes mecánicos	Quincenal	15	01/01/2025	X										
4	Grúa brazo largo	National	IS Tornadales	Taller	Prueba funcional	Semanal	7	01/01/2025	X				X	X					
4	Grúa brazo largo	National	IS Tornadales	Taller	Revisión de documentación	Mensual	20	01/01/2025	X										
5	Grúa con capadora			Taller	Inspección visual general	Semanal	7	01/01/2025	X				X	X					
5	Grúa con capadora			Taller	Chequeo de sistema eléctrico	Quincenal	15	01/01/2025	X										
5	Grúa con capadora			Taller	Chequeo de sistema de control	Semanal	7	01/01/2025	X				X	X					
5	Grúa con capadora			Taller	Revisión de componentes mecánicos	Quincenal	15	01/01/2025	X										

Figura 1- Cronograma de actividades

3. Capacitación del Personal

Se implementó un programa de capacitación mensual con indicadores de eficacia, eficiencia e impacto. La eficacia se mantuvo entre 84% y 100%, lo que indica que la mayoría de las capacitaciones programadas fueron ejecutadas. La eficiencia varió entre 66% y 100%, mostrando dificultades en la asistencia de todos los trabajadores citados. El impacto, medido como el porcentaje de trabajadores que comprendieron al menos el 70% del contenido, presentó variaciones significativas, con algunos meses bajos como agosto (37.5%). Esto sugiere oportunidades de mejora en la metodología de enseñanza y en la participación del personal.

PROGRAMACIÓN 2025																														Ejecución	Ejecuciones													
CAPACITACIÓN	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE				NOVIEMBRE			DICIEMBRE									
	P	E	RC	PC	PTC	PTF	P	E	RC	PC	PTC	PTF	P	E	RC	PC	PTC	PTF	P	E	RC	PC	PTC	PTF	P	E	RC	PC	PTC			PTF	P	E	RC	PC	PTC	PTF						
Uso correcto de Máquinas	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Manejo de la Sirena	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Atención al cliente	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Primeros Auxilios	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Atención al cliente	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Manejo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Manejo en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Técnicas para mecánicos	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	27%	27%
Seguridad en el trabajo	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14	18	18	18	1																

Figura 2. Programa de Capacitación de uso de grúas hidráulicas.



Figura 3. Resultados de grúas hidráulicas.

[illegible]

Figura 4. Programa capacitación en compras de materiales

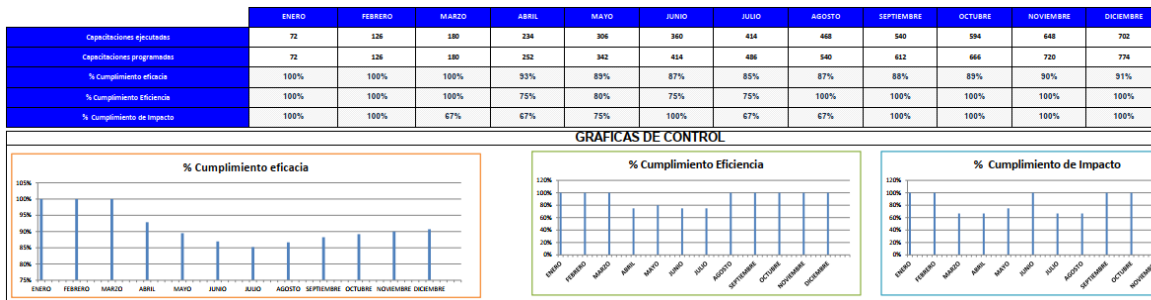


Figura 5. Resultados de capacitación de compras de materiales.



Figura 6. Programa de capacitación de mantenimiento preventivo.

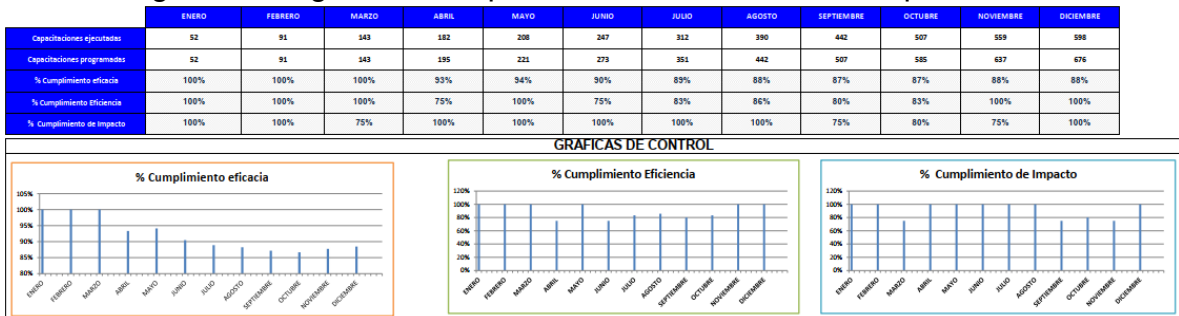


Figura 7. Resultado de capacitación de mantenimiento preventivo.

4. Identificación de Causas de Fallas

El Diagrama de Ishikawa permitió identificar múltiples factores que contribuyen a las fallas frecuentes en los equipos. Las causas se agrupan en cinco categorías: Personas (falta de capacitación, operación agresiva), Materiales (repuestos de baja calidad, lubricantes inadecuados), Entorno (climas extremos, exposición al sol), Métodos (rutinas mal definidas, falta de inspecciones), y Máquina (fallas eléctricas e hidráulicas, desgaste de componentes). Este análisis fue fundamental para diseñar un sistema de mantenimiento enfocado en atacar las causas más recurrentes.

Diagrama de Ishikawa

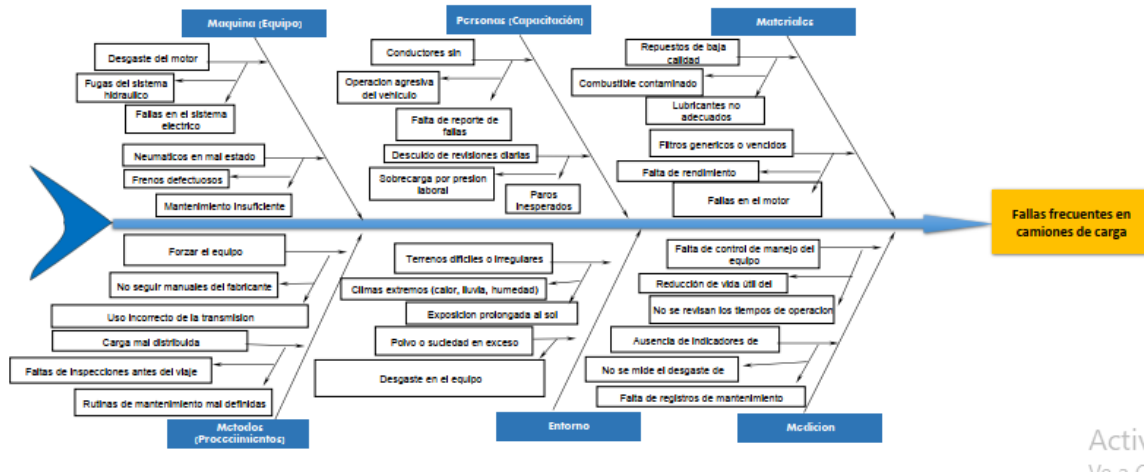


Figura 8. Diagrama de Ishikawa de Camiones de carga.

Diagrama de Ishikawa

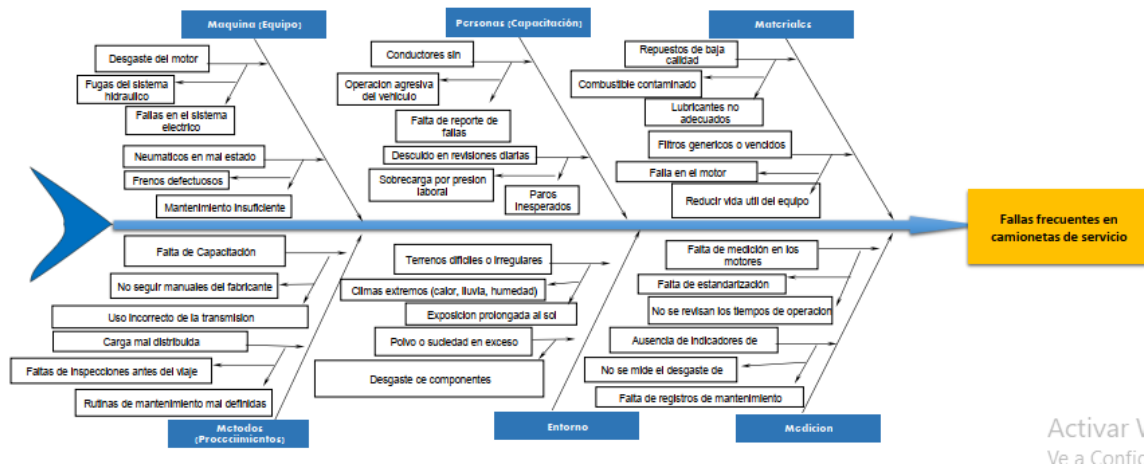


Figura 9. Diagrama de Ishikawa de Camionetas de servicio.

Diagrama de Ishikawa

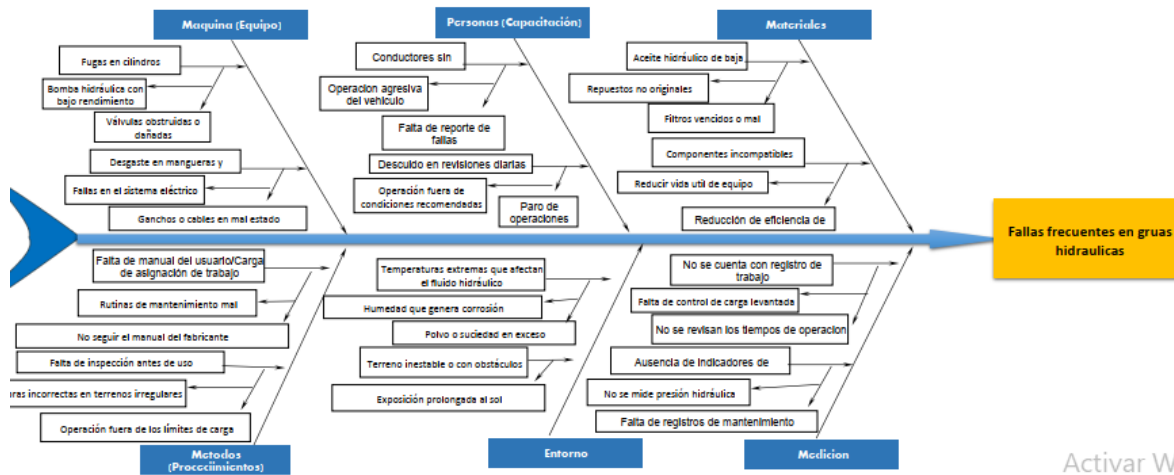


Figura 10. Diagrama de Ishikawa de grúas hidráulicas.

4.2 DISCUSIÓN

La implementación del sistema de mantenimiento preventivo basado en estándares de calidad tuvo un impacto positivo en la organización. Se logró una reducción de fallas mecánicas mediante inspecciones sistemáticas, mayor vida útil de los equipos gracias al seguimiento de rutinas técnicas, y mejora en la cultura organizacional mediante capacitaciones constantes. El uso del Diagrama de Ishikawa fortaleció el diseño del sistema al identificar causas raíz. La integración de capacitación con mantenimiento técnico demuestra que la formación del personal es clave para el éxito del sistema. Sin embargo, los indicadores de impacto sugieren que se debe reforzar la metodología de enseñanza, incorporando técnicas más prácticas o evaluaciones más efectivas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El desarrollo de este proyecto permitió demostrar de manera integral la importancia estratégica de un sistema de mantenimiento preventivo sustentado en estándares de calidad para mejorar la confiabilidad, disponibilidad y seguridad operativa de la empresa Torno y Eléctrica Montiel (TEM). La investigación evidenció que la ausencia de un plan estructurado generaba fallas recurrentes, altos costos de reparación y tiempos de inactividad considerables. Con la implementación del programa diseñado, se logró reducir significativamente los paros no programados y optimizar la gestión de los recursos técnicos y humanos, fortaleciendo la productividad global de la organización. El plan de mantenimiento, basado en la clasificación de criticidad de los equipos, estableció rutinas técnicas sistemáticas que permitieron realizar inspecciones visuales, funcionales y de diagnóstico de forma planificada, mejorando la trazabilidad de los procesos. Además, la capacitación continua del personal técnico y operativo fue un elemento clave, ya que fortaleció la cultura de prevención, promovió la responsabilidad compartida y elevó el nivel de competencia técnica. Se comprobó que la combinación entre mantenimiento planificado y formación constante genera un impacto directo en la eficiencia operativa, al reducir el desgaste prematuro de los equipos, disminuir los costos correctivos y mejorar la calidad del servicio. El uso de herramientas de análisis como el diagrama de Ishikawa permitió identificar causas raíz asociadas a factores humanos, materiales y metodológicos, facilitando la implementación de soluciones enfocadas en la mejora continua. De igual forma, la documentación técnica y la estandarización de procedimientos aportaron un marco de control que asegura la reproducibilidad del sistema y su evaluación periódica. Desde la perspectiva ambiental, la aplicación del mantenimiento preventivo contribuyó a la sostenibilidad mediante la disminución del consumo energético, la optimización del uso de lubricantes y la reducción de emisiones derivadas del mal funcionamiento mecánico. Este impacto positivo en el entorno sitúa el proyecto dentro del marco del Objetivo de Desarrollo Sostenible 9, al fortalecer la infraestructura industrial bajo criterios de innovación, eficiencia y responsabilidad ambiental. En términos generales, el sistema implementado no solo elevó los indicadores de desempeño técnico, sino que consolidó una base sólida para la gestión moderna del mantenimiento industrial, adaptable a diferentes contextos empresariales de la región.

Se recomienda dar continuidad al programa de mantenimiento preventivo a través de su digitalización mediante un sistema de gestión asistido por computadora que permita programar tareas, registrar bitácoras, emitir alertas y analizar indicadores de desempeño como MTBF, MTTR y OEE. Es fundamental fortalecer la capacitación del personal incorporando metodologías prácticas, simulaciones y evaluaciones de desempeño que garanticen una comprensión uniforme de los procedimientos. También se sugiere crear un comité interno de mantenimiento y calidad encargado de realizar auditorías semestrales, actualizar rutinas y verificar el cumplimiento de normas ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001. Asimismo, se debe integrar una visión de sostenibilidad mediante el uso de lubricantes biodegradables, el manejo adecuado de residuos y el control del consumo energético. Otra recomendación clave es ampliar el alcance del programa a toda la flota vehicular y al equipo de apoyo de taller, incluyendo indicadores de seguridad operativa y eficiencia energética. Finalmente, se propone avanzar hacia un esquema de mantenimiento predictivo apoyado en sensores inteligentes, monitoreo de condiciones y análisis de datos en tiempo real, con el propósito de anticipar fallas, optimizar recursos y consolidar una cultura organizacional orientada a la mejora continua, la innovación tecnológica y la sostenibilidad industrial.

REFERENCIAS.

1. **Agencia Internacional de Energía. (2025). Captura y almacenamiento de carbono (CCS).** <https://www.iea.org/topics/carbon-capture-utilisation-and-storage>
2. **Aula21. (2023, May 23). Qué es el Mantenimiento Productivo Total (TPM) y sus objetivos.** aula21 | Formación para la Industria. <https://www.cursosaula21.com/que-es-el-mantenimiento-productivo-total-tpm/>
3. **Bardahl Industria. (2025). Lubricantes biodegradables: Una alternativa sostenible para la industria.** <https://www.bardahlindustria.com/lubricantes-biodegradables-una-alternativa-sostenible-para-la-industria/>
4. **BSG Institute. (n.d.). ¿Cuáles son las Herramientas del TPM?** <https://bsginstitute.com/bs-campus/white-paper/Cuales-son-las-Herramientas-del-tpm-1270>
5. **Conocimiento Digital. (2025). La Historia del Mantenimiento Industrial: Evolución y Tipos.** <https://conocimiento-digital.com/la-historia-del-mantenimiento-industrial-evolucion-y-tipos/>
6. **Diferencias entre mantenimiento preventivo y correctivo | Properly Software. (n.d.).** <https://www.properly.es/diferencias-entre-mantenimiento-preventivo-y-correctivo/>
7. **Fractal, E. (2023, 29 diciembre). Norma ISO 55000: su importancia para las empresas.** <https://www.fractal.com/es/blog/norma-iso-55000-su-importancia-para-las-empresas>
8. **Grupo ORS. (2021). Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo.** <https://grupoors.com.mx/2021/11/29/ventajas-y-desventajas-del-mantenimiento-preventivo/>
9. **Iberdrola. (2021, April 22). MANTENIMIENTO PREDICTIVO.** <https://www.iberdrola.com/innovacion/mantenimiento-predictivo>
10. **Iberdrola, I. (s. f.). Promovemos una industrialización inclusiva y sostenible como vector de empleo y crecimiento.** <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/comprometidos-objetivos-desarrollo-sostenible/ods-9-industria-innovacion-e-infraestructura>
11. **Ibm. (2023, September 20). Mantenimiento centrado en la confiabilidad.** IBM. [https://www.ibm.com/mx-es/topics/reliability-centered-maintenance#:~:text=El%20mantenimiento%20centrado%20en%20la%20confiabilidad%20\(RCM\)%20es%20un%20proceso,operando%20a%20un%20nivel%20%C3%B3ptimo.](https://www.ibm.com/mx-es/topics/reliability-centered-maintenance#:~:text=El%20mantenimiento%20centrado%20en%20la%20confiabilidad%20(RCM)%20es%20un%20proceso,operando%20a%20un%20nivel%20%C3%B3ptimo.)

12. **Industrias ISII. (2025). Mantenimiento Preventivo: Estrategias y Beneficios para Equipos Industriales.** <https://industrialisii.com.mx/mantenimiento-preventivo-estrategias-y-beneficios-para-equipos-industriales/>
13. **Interempresas. (2024). Seis tendencias clave para digitalizar el mantenimiento en planta y transformar la industria.** <https://www.interempresas.net/Mantenimiento/Articulos/580236-Seis-tendencias-clave-para-digitalizar-mantenimiento-en-planta-y-transformar-industria.html>
14. **Lubridealer. (2021). Lubricantes biodegradables y ecológicos.** <https://lubridealer.com/2021/12/16/borrador-automatico-lubricantes-biodegradables/>
15. **Madi Control. (2024). La importancia del mantenimiento industrial para optimizar la productividad y eficiencia.** <https://madicontrol.com/la-importancia-del-mantenimiento-industrial-para-optimizar-la-productividad-y-eficiencia/>
16. **Norma en Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001. (n.d.).** BSI. <https://www.bsigroup.com/es-MX/gestion-de-calidad-ISO-9001/>
17. **Naciones Unidas. (2015). Acuerdo de París.** <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
18. **Order, S. (2024, 26 septiembre). Mantenimiento Correctivo: Qué es, tipos y cuándo utilizarlo.** STEL Order. <https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-correctivo/>
19. **Order, S. (2024b, septiembre 26). Mantenimiento Preventivo: Qué es, tipos y cómo hacerlo eficazmente.** STEL Order. <https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-preventivo/#:~:text=Se%20define%20como%20mantenimiento%20preventivo,desgaste%20o%20paso%20del%20tiempo.>
20. **Prysmex. (2024). Mantenimiento Preventivo: Estrategias para la Eficiencia Operativa.** <https://www.prysmex.com/blog/mantenimiento-preventivo-estrategias>
21. **REPORTE INDUSTRIAL. (2025). Normatividad ambiental en procesos industriales.** <https://reporteindustrial.com/normatividad-ambiental-en-procesos-industriales/>.
22. **Rosales, J. (2024, 26 noviembre). Qué es el mantenimiento productivo Total (TPM) y cómo implementarlo.** Fracttal. <https://www.fracttal.com/es/guias-mantenimiento/que-es-el-tpm-mantenimiento-productivo-total-y-como-implementarlo>
23. **Rosales, J. (2024a, julio 29). Los 5 indicadores clave en el departamento de mantenimiento.** Fracttal. <https://www.fracttal.com/es/guias-mantenimiento/indicadores-de->

mantenimiento#:~:text=Los%20indicadores%20de%20mantenimiento%20imprescindibles%20para,*%20OEE%20(eficiencia%20general%20de%20los%20equipos)

24. **SEDISA Servicios. (2025). Normas ISO y su relación con el mantenimiento industrial.** <https://sedisaservicios.com/activos-industria/normas-iso-y-su-relacion-con-el-mantenimiento-industrial/>.
25. **Smith, J. A., & Brown, L. M. (2020). Maintenance and Operational Quality: Enhancing Efficiency and Reliability.** Journal of Industrial Engineering, 45(3), 123-135. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jie.2020.03.004>.
26. **Toyos, S. (2023, 27 mayo). La importancia del mantenimiento preventivo en transporte y logística.** Fracttal. <https://www.fracttal.com/es/blog/mantenimiento-preventivo-en-transporte-y-logistica>
27. **Total Productive Maintenance (TPM): qué es e implementación. (n.d.).** <https://blog.toyota-forklifts.es/tpm-total-productive-maintenance-produccion-vs-mantenimiento>
28. **Universidad de Zaragoza. (2023). Informe de progreso del ODS 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación.** https://comprometidosods.unizar.es/sites/comprometidosods/files/archivos/Informe_ODS_9_2021-2022-2023.pdf
29. **Work, M. (2022, January 20). Mantenimiento preventivo: todo lo que tienes que saber.** Mobility Work. <https://mobility-work.com/es/blog/mantenimiento-preventivo/>
30. **Valdés, J., & San Martín, E. (2009). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo-predictivo aplicado a los equipos de la empresa Remaplast** [Tesis de licenciatura]. <http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/802/1/275-%20TTG%20-%20DISE%20C3%91O%20DE%20%20UN%20PLAN%20DE%20MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO-%20PREDICTIVO%20APLICADO%20A%20LOS%20EQUIPOS%20DE%20LA%20EMPRESA%20REMAPLAST.pdf>