



Diseño de un plan de mantenimiento basado en metodología preventiva L.E.M. y gestión 5QS para vehículos graneleros avícolas.

Jeison Andrés Cuervo Lamprea

20451713716

Alexander Escandón Osorio

20451725716

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Ibagué Colombia

2023

**Diseño de un plan de mantenimiento basado en metodología preventiva L.E.M. y
gestión 5QS para vehículos graneleros avícolas.**

**Jeison Andrés Cuervo Lamprea
Alexander Escandón Osorio**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título
de:

Ingeniero Mecánico

Director (a):

Ingeniero Juan Carlos Rico

Línea de Investigación:

Productividad.

Grupo de Investigación:

Ciencias naturales exactas y aplicadas

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Ibagué, Colombia

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado
_____, Cumple con los
requisitos para optar
Al título de _____

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Ciudad, Día Mes Año.

Dedicatoria

Este proyecto va dedicado a nuestros padres y seres queridos que siempre han estado apoyándonos e impulsan a cumplir nuestros objetivos. Y finalmente, a los que n creyeron en nosotros, con su actitud lograron que tomará más impulso.

Agradecimientos

En primer lugar, les agradezco a nuestros familiares que siempre nos han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos nuestros objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño nos han impulsado siempre a perseguir nuestras metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades. También son los que nos han brindado el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y nunca abandonarlos.

Son muchos los docentes que han sido parte de mi camino universitario, y a todos ellos les quiero agradecer por transmitirme los conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí.

Resumen

En los vehículos graneleros que transportan la comida para aves ponedoras de huevos, se destaca la ausencia de un plan de mantenimiento preventivo sólidamente estructurado, lo que generaba una dependencia excesiva de mantenimientos correctivos. Ante esta situación, trabajando con el proveedor de servicios de mantenimiento a las empresas avícolas Metalpartes SAS se presenta una propuesta integral de un plan de mantenimiento preventivo, fundamentado en la metodología 5QS y dividido en cinco fases estratégicas. En la primera fase, se enfoca en la obtención del diagnóstico detallado de los equipos, seguido por la segunda fase que plantea estrategias de mantenimiento específicas, donde se aborda la ejecución y desarrollo de estas estrategias. La tercera fase se orienta hacia la medición de resultados mediante indicadores de mantenimiento clave. Finalmente, en la cuarta fase, se propone la implementación de una base de datos en Excel para optimizar el seguimiento la supervisión continua de los procesos de mantenimiento, permitiendo ajustes a corto, mediano y largo plazo para garantizar la eficacia y mejora continua de plan de mantenimiento en los vehículos graneleros.

Palabras Clave: Plan de Mantenimiento preventivo, gestión 5QS, mecánica, diagnostico

Abstract

In bulk vehicles that transport food for egg-laying birds, the absence of a solidly structured preventive maintenance plan stands out, which generated excessive dependence on corrective maintenance. Given this situation, working with the provider of maintenance services to poultry companies Metalpartes SAS, a comprehensive proposal for a preventive maintenance plan is presented, based on the 5QS methodology and divided into five strategic phases. In the first phase, it focuses on obtaining a detailed diagnosis of the equipment, followed by the second phase that proposes specific maintenance strategies, where the execution and development of these strategies is addressed. The third phase is oriented towards measuring results through key maintenance indicators. Finally, in the fourth phase, the implementation of an Excel database is proposed to optimize the continuous monitoring and supervision of maintenance processes, allowing adjustments in the short, medium and long term to guarantee the effectiveness and continuous improvement of the maintenance plan. maintenance on bulk vehicles.

Keywords: Preventive Maintenance Plan, 5QS management, mechanics, diagnosis

Contenido

Introducción	6
1. Planteamiento del problema	7
2. Objetivos.....	8
2.1 Objetivo general.....	8
2.2 Objetivos específicos	8
3. Justificación.....	10
4. Antecedentes.....	11
5. Marco teórico	13
5.1 Marco conceptual.....	13
5.1.1 <i>El mantenimiento como ciencia de los ingenieros</i>	13
5.1.2 <i>La finalidad de los mantenimientos</i>	13
5.1.3 <i>Tipologías de Mantenimiento.....</i>	14
5.1.4 <i>Aspectos relevantes en mantenimientos preventivos.....</i>	16
5.2 Marcos de referencia.....	17
5.2.1 <i>Trancurrir historico del mantenimiento.....</i>	17
5.2.2 <i>Metodología de Mantenimiento “5QS”</i>	19
5.2.3 <i>Indicadores de gestión de mantenimiento</i>	20
5.2.4 <i>Indicadores de gestión “5QS”.</i>	23
5.3 Marco contextual	24
5.3.1 <i>Generalidades de la empresa.....</i>	24
5.3.2 <i>Características generales, productos y servicios.....</i>	25

6. Diseño metodológico.....	37
6.1 Tipo de investigación.....	37
6.2 Fases de la investigación	38
7. Resultados y análisis de resultados	41
7.1 Diagnóstico del estado de los tanques en los vehículos y sus componentes motrices	41
7.2 Plan de Mantenimiento Preventivo incluyendo cronogramas preventivos, listas de verificación, inspección, lubricación y ajustes, según la metodología 5QS.....	53
7.2.1 <i>Objetivos actividades y estrategias</i>	53
7.3 Actividades de control y seguimiento con base en indicadores del mantenimiento, disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad	61
7.4 Base de datos para la gestión del mantenimiento según la metodología 5QS.....	63
9. Conclusiones.....	66
Referencias Bibliográficas.....	69

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Evaluación integral del plan de mantenimiento mediante “5QS” .	20
Figura 2. Cisternas graneleras disponibles en la empresa.	25
Figura 4. Abrazadera de giro.	28
Figura 5. Rodamientos utilizados en los tornillos sin fin	33
Figura 6. Hidrómetro típico.	35
Figura 7. Registro fotográfico de un tanque de la empresa transportado por grúa	42
Figura 8. Registro fotográfico de tornillo trasportador	44
Figura 9. Registro fotográfico de conexiones hidráulicas y bridas en mal estado	45
Figura 10. Registro fotográfico del estado de válvulas y mangueras hidráulicas	47
Figura 11. Sistema horizontal.	48
Figura 12. Sistema vertical.	48
Figura 13. Sistema basculante	49
Figura 14. Acople macho.	49

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Inspección inicial.....	50
Tabla 2. Repuestos y componentes.....	52
Tabla 3. Actividades Preventivas	54
Tabla 4. Cronograma de Actividades Preventivas.....	55
Tabla 5. Lista de chequeo para los componentes del chasis de un camión granelero	55
Tabla 6. Lista de chequeo para el sistema mecánico, tornillo sin fin de los camines graneleros	57
Tabla 7 Lista de chequeo para el sistema hidraulico de los camines graneleros.....	58
Tabla 8. Indicadores de mantenimiento.....	62

Introducción

En la industria avícola, la eficiencia y confiabilidad de los remolques graneleros desempeñan un papel crucial en la producción avícola ya que transportan alimento para aves ponedoras de huevos. Estos vehículos especializados, diseñados para transportar hasta 28 metros cúbicos de materiales a granel, enfrentan condiciones rigurosas en carreteras y entornos diversos de las granjas avicultoras. El mantenimiento adecuado de los remolques no solo asegura la seguridad en carretera, sino que también prolonga la vida útil del equipo y optimiza los costos operativos. En este trabajo, exploraremos las mejores prácticas y estrategias para el mantenimiento efectivo de remolques graneleros, centrándose en un plan de mantenimiento preventivo LEM acorde con la metodología 5qs destacando la importancia de la inspección regular. Al abordar estos aspectos fundamentales, buscamos proporcionar una guía integral para garantizar la operación segura y eficiente de los remolques, mejorando así la productividad y la rentabilidad en el sector.

El proyecto incluye elementos clave para iniciar un plan de mejoramiento preventivo, restaurando aspectos operativos, con el fin de mejorar el rendimiento efectivo de los vehículos graneleros avícolas. Se busca resaltar las ventajas de las medidas preventivas como un área aún inexplorada, se implementaran bases de datos tendiendo a ser predictivo los mantenimientos, pero con un potencial productivo significativo para reducir el tiempo medio de reparaciones, la confiabilidad y disponibilidad de los vehículos graneleros avícolas, puesto que, por ejemplo, la

falta de precisión en la valoración de la importancia asignada al cambio oportuno de repuestos resulta crucial para establecer un mantenimiento adecuado de los equipos y refleja la carencia de tecnificación en el sector agroindustrial colombiano.

Los mecanismos existentes no reciben el mantenimiento adecuado, lo que se traduce en incrementos significativos de inconvenientes operativos, una merma en la calidad del producto, una disminución en las condiciones de competitividad nacional y un distanciamiento marcado de los estándares internacionales.

1. Planteamiento del problema

El buen rendimiento de la producción avícola algunas veces se ve supeditada a la gestión eficiente de las empresas que le prestan servicios, como es el caso de Metal partes SAS, claramente puede depender del funcionamiento deficiente de sus vehículos, asociado al desempeño de su personal. Específicamente, para lograr productos de calidad dentro de la industria avícola es esencial contar con un buen aprovisionamiento de comida para las aves ponedoras de huevos y para ello es esencial contar con vehículos que transporten el alimento y lo depositen en silos eficientemente.

Después del anterior proceso de transporte el grano debe pasar a los galpones por medio de bandas transportadoras. Por lo consiguiente el mal funcionamiento de la maquinaria de los

vehículos que suministran el alimento, donde se incluye los sistemas motrices, como tornillos sin fin que permiten evacuar a los tanques por medio de actuadores hidráulicos y un tanque que se instala en su chasis con dos ejes de tracción y una capacidad para 28 metros cúbicos de alimento granulado interfiere en las buenas condiciones con las que este alimento debe llegar a los galpones y en la productividad de la empresa Metal partes SAS.

En este contexto, la falta de un plan de mantenimiento que pueda ser estandarizado apuntando a tener una disponibilidad de vehículos al máximo para que el proceso de la alimentación de las aves sea el más adecuado, es uno de los factores que requiere la intervención oportuna de los ingenieros mecánicos interesados en buscar la mejora de la productividad en el sector. Así, una pregunta que sintetiza la problemática planteada es: ¿Como el Diseño de un plan de mantenimiento basado en la metodología L.E.M y en la gestión 5QS, para vehículos graneleros mejora la productividad de la empresa Metal partes SAS?

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Diseñar un plan de mantenimiento basado en la metodología L.E.M y en la gestión 5QS, para vehículos graneleros que son críticos en la industria avícola.

2.2 Objetivos específicos

- Analizar el estado de los tanques en los vehículos y sus componentes motrices, según su criticidad y jerarquización para obtener un diagnóstico de la empresa con vehículos graneleros.

- Generar cronogramas preventivos, listas de verificación, inspección, lubricación y ajustes, según la metodología 5QS.
- Definir actividades de control y seguimiento con base en indicadores del mantenimiento, disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad.
- Diseñar una base de datos que contengan, procedimientos y formatos, códigos de mecanismos para la gestión del mantenimiento según la metodología 5QS.

3. Justificación

El interés de diseñar un plan de mantenimiento es llegar a garantizar una buena gestión preventiva para que se estandarice dentro de una empresa con vehículos graneleros donde actualmente el mantenimiento que se ejecuta es solo correctivo. Se dará solución a la problemática presentada por no contar con unas acciones previsivas bien estructuradas, de esta manera se resaltarán las capacidades de formación de ingenieros mecánicos críticos, con buen criterio a la hora de dar solución a una problemática típica del sector avícola nacional, donde la universidad Antonio Nariño y puntualmente en la facultad de ingeniería mecánica y biomédica puede aportar las capacidades de sus futuros graduados.

Es de anotar que para la gestión eficiente de un programa de mantenimiento no solamente se debe mejorar en el aspecto operativo, sino que se debe de garantizar la gestión de un excelente recurso humano, técnico e insumos que implican aspectos técnicos, económicos y administrativos, puesto que solamente con la articulación integral de los procesos empresariales se puede garantizar el funcionamiento eficaz de la empresa Metal partes SAS, interesada en la optimización de su sistema productivo.

4. Antecedentes

Inicialmente, la empresa G, C. B. (1993), publica un manual de mantenimiento preventivo, donde se define generalmente el concepto de mantenimiento como “el grupo de técnicas encaminado a conservar máquinas, equipos e instalaciones en actividad constante, mediante este proceso se busca aumentar el tiempo de vida útil, buscando la más alta confiabilidad y con el máximo desempeño”(p.33).

Por otra parte, Caraballo (2017), identifica a la metodología 5Qs, estableciendo que esta es muy efectiva y es utilizada para el diseño de planes de mantenimiento ya que por su estructura de las cinco fases que la conforman, llevan a dar grandes soluciones a problemática de mantenimiento como nos lo da conocer en la revista invención técnica.

Igualmente Hernandez (2010), especifica que los conceptos de mantenimiento, planeación, ejecución y control, funcionando articuladamente pueden lograr el propósito fundamental de cualquier programa de mantenimiento, consistente en extender la vida útil de la maquinaria o equipo. Se ha establecido que el mantenimiento preventivo es la opción más acertada y rentable, dado que se fundamenta en la elaboración de planes organizados. Su implementación implica llevar a cabo servicios en los equipos una vez transcurrido un período específico de funcionamiento, de acuerdo con un calendario y las horas laboradas. Este enfoque contribuye de manera significativa a prevenir posibles fallas antes de que se manifiesten prematuramente.

En el Proyecto de investigación de Garcia (2009) se muestra como un grupo de estudiantes de México proponen el desarrollo de un programa integral de mantenimiento para el sector agroindustrial, apuntando principalmente al mejoramiento de estándares de calidad,

operación confiable y reducción de costos de operación, obteniendo así resultados que arrojan la investigación

Finalmente, en el proyecto de grado de Cabrera (2022) deja ver que la implementación del mantenimiento preventivo se revela como un componente fundamental para lograr, tanto reducciones en el consumo energético, como una extensión en la vida útil de los equipos. La meta de este proyecto consiste en proporcionar la metodología adecuada para llevar a cabo los servicios recomendados por el fabricante, tanto para los elevadores de un edificio en su conjunto, como para cada uno de sus componentes. Al mantener la eficiencia energética y reducir los residuos contaminantes del elevador, se busca generar una mayor cantidad de energía verde durante su funcionamiento normal. El objetivo último es cumplir con los requisitos ambientales a nivel mundial, y estos resultados se obtienen a través de un programa de mantenimientos programados.

5. Marco teórico

5.1 Marco conceptual

5.1.1 *El mantenimiento* como ciencia de los ingenieros

Esta es una de las ciencias más significativas que se estudia dentro de la ingeniería mecánica, electromecánica e industrial, etc. Ya que al pasar el tiempo la historia de mantenimiento, los ingenieros van trabajado vigorosamente en diseñar técnicas desemejantes para realizar una buena gestión de mantenimiento, esto con el fin de lograr optimizar los diferentes equipos, procesos e incluso los presupuestos.

Esta ingeniería tiene como objetivo inspeccionar propiciamente todos los indicadores de mantenimiento: (Confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad). Para así mismo llevar a tener un alto rendimiento en los equipos y que a su vez se obtendrá una mejora significativa en el rendimiento de la producción de las empresas, lo que hace que finalmente las empresas sean más rentables (Chávez 2012).

5.1.2 *La finalidad de los mantenimientos*

Según lo indicado por Gómez (2020), los principales objetivos que se buscan alcanzar en el ámbito del mantenimiento son los siguientes:

- Reducir de manera significativa las fallas, abordando prontamente su resolución.
- Minimizar el porcentaje de daño en casos de fallas que puedan resultar difíciles de remediar.
- Prevenir paradas innecesarias en los equipos.

- Disminuir al máximo el número de accidentes.
- Fomentar la seguridad laboral.
- Gestionar y planificar las actividades de manera efectiva.
- Salvaguardar la integridad de los equipos

5.1.3 *Tipologías de Mantenimiento*

La tarea fundamental de los diversos tipos de mantenimiento es mitigar las fallas imprevistas y asegurar la durabilidad de máquinas y equipos. Estos procesos son más avanzados en la mejora de las técnicas industriales, proporcionando soluciones a los desafíos dentro de la empresa. Según Gómez (2006), señalado también en González y Andrade (2021), se identifican los siguientes tipos de mantenimiento:

- **Mantenimiento correctivo:**

Ejecutado cuando una máquina presenta fallas, buscando una solución inmediata para evitar interrupciones en actividades cruciales. Genera costos adicionales no planificados para el equipo y las piezas de cambio en el área de mantenimiento.

- **Mantenimiento correctivo no planificado:**

Actúa rápidamente ante fallas específicas para reducir el impacto en la producción y prevenir accidentes laborales o daños mayores.

- **Mantenimiento correctivo planificado:**

Relacionado con el análisis de fallas anteriores en la maquinaria para evitar la repetición de problemas. Se lleva a cabo en el menor tiempo posible, planificando la parada de la máquina y evaluando todos sus mecanismos y componentes.

- **Mantenimiento preventivo:**

Realizado de manera regular para preservar el funcionamiento de las máquinas y prolongar su vida útil. Se inicia con un programa de planificación para minimizar el aumento de averías y prevenir fallas que podrían causar pérdidas económicas. Requiere conocimiento interno de la organización, como técnicas, políticas y reglamentos internos.

- **Mantenimiento predictivo:**

Enfocado en la detección anticipada de averías o fallas antes de que ocurran, permitiendo realizar actividades de mantenimiento sin interrumpir la línea de producción. Requiere un seguimiento y análisis programados.

- **Mantenimiento programado:**

Similar a los mantenimientos preventivos y predictivos, combina aspectos clave de ambos para realizar actividades de mantenimiento programadas con antelación.

- **Mantenimiento productivo total (TPM):**

Metodología crucial en el sector industrial para optimizar la productividad. Busca tener todas las máquinas y equipos en condiciones óptimas para ser eficientes en la línea de producción, utilizando diversas técnicas de gestión

5.1.4 Aspectos relevantes en mantenimientos preventivos.

En relación con los aspectos relevantes del mantenimiento preventivo es posible conceptualizarlo considerando su capacidad para salvaguardar los elevados niveles de producción de máquinas y equipos en empresas o fábricas, asegurando el cumplimiento eficiente de todas las actividades diarias. La eficacia del proceso implica tener en cuenta diversos criterios, como el sector industrial, tamaño, normativas internas y la evaluación de los niveles de producción.

Gómez (2020) propone una serie de directrices para la asignación de actividades y la implementación del plan de mantenimiento, que la empresa debe abordar de manera exclusiva:

- Garantizar la disponibilidad y operatividad de la maquinaria en su totalidad.
- Realizar un seguimiento del funcionamiento de la maquinaria y analizar su disponibilidad.
- Establecer un cronograma de actividades de mantenimiento para prevenir daños inesperados.
- Rediseñar los formatos de los procesos en cada maquinaria y equipo.
- Cumplir con las tareas programadas para cada máquina en la planta.

La gestión efectiva del plan de mantenimiento es crucial para prolongar la vida útil de equipos y maquinaria. Martínez y Caballero (2018) identifican las siguientes oportunidades de mejora que deben ser reconocidas:

- La competencia diaria impone la necesidad de reducir costos, lo que implica optimizar el uso de la mano de obra y materiales.

- La constante evolución de técnicas debe ser evaluada para adoptar aquellas que mejoren los resultados.
- Mantener estrategias en las áreas de mantenimiento y aplicar normas alineadas con los objetivos de la dirección es esencial.
- Aspectos como calidad, seguridad y relaciones con el medio ambiente adquieren una importancia extraordinaria en la gestión industrial.

5.2 Marcos de referencia

5.2.1 Trancurrir historico del mantenimiento.

El mantenimiento, en sus diversas formas, ha sido una preocupación constante a lo largo de la historia industrial. Desde las primeras máquinas y dispositivos, la necesidad de mantener y mejorar su funcionamiento ha sido crucial para garantizar la eficiencia de los procesos productivos. A lo largo de los años, el mantenimiento ha evolucionado desde enfoques reactivos hasta estrategias más proactivas y sistemáticas.

La historia del mantenimiento se remonta a los albores de la Revolución Industrial en el siglo XVIII. En sus etapas iniciales, el enfoque predominante era el mantenimiento correctivo, donde las intervenciones se realizaban únicamente en respuesta a fallos y averías. De acuerdo con Garrido (2010), este enfoque, aunque simple, resultó costoso y generó pérdidas significativas de tiempo de producción.

Con el tiempo, se reconoció la necesidad de adoptar prácticas más preventivas. En la década de 1950, la idea de mantenimiento preventivo ganó prominencia. La obra de Hans J. Albrecht en 1950 marcó un hito al proponer el concepto de inspecciones periódicas para prevenir

fallas. Este cambio de paradigma contribuyó a reducir las interrupciones no planificadas y a prolongar la vida útil de los equipos (Albrecht, 1950).

No obstante, el mantenimiento aún enfrentaba desafíos, especialmente en términos de eficiencia y costos. La década de 1970 presencié la introducción del mantenimiento predictivo, una estrategia que incorpora tecnologías avanzadas para monitorear y prever fallos antes de que ocurran. La aplicación de técnicas como el análisis de vibraciones y termografía infrarroja permitió una gestión más eficaz de activos (Mobley, 2002).

En este contexto, surge el concepto de Mantenimiento Productivo Total (TPM). Desarrollado en Japón en la década de 1970, el TPM no solo representa una estrategia de mantenimiento, sino una filosofía de gestión empresarial integral. Su creador, Seiichi Nakajima, propuso el TPM como parte del sistema de producción Justo a Tiempo (JIT) en la empresa Nippondenso (Nakajima, 1988).

El TPM se fundamenta en la idea de que el mantenimiento no debe ser solo una función técnica, sino una responsabilidad de toda la organización. Se centra en la eliminación de pérdidas en la producción y promueve la participación activa de los empleados en la mejora continua. El TPM busca maximizar la eficiencia global del equipo y eliminar las pérdidas asociadas con tiempos de inactividad, defectos y accidentes.

Las ocho pilares del TPM incluyen la mejora autónoma, la gestión de los equipos pequeños, el mantenimiento planificado, la formación y educación, la mejora de la calidad, la mejora de los procesos, la seguridad y el TPM administrativo. Estos pilares están diseñados para abordar diversos aspectos del rendimiento y la eficiencia operativa (Nakajima, 1988).

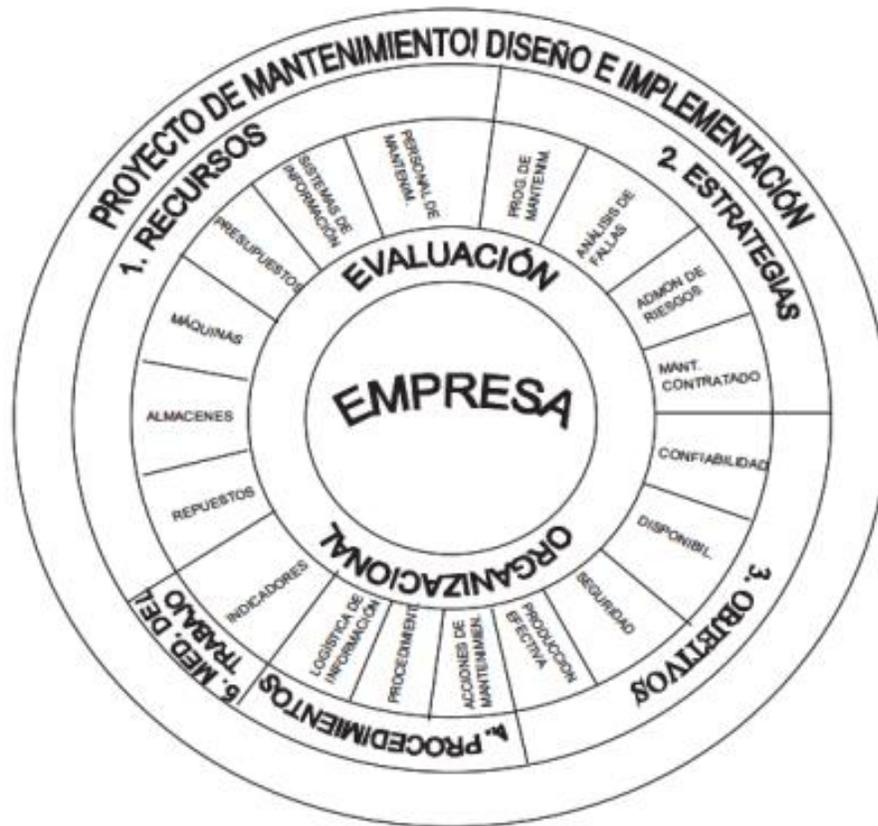
En conclusión, la historia del mantenimiento ha experimentado una evolución significativa desde enfoques puramente correctivos hasta estrategias proactivas y holísticas como el TPM. Este último, como filosofía de gestión, no solo ha transformado la forma en que se aborda el mantenimiento, sino que ha impactado la cultura organizacional y la eficiencia operativa en empresas de todo el mundo.

5.2.2 Metodología de Mantenimiento "5QS"

Esta metodología constituye una propuesta destinada al diseño e implementación de un programa exhaustivo de mantenimiento en los sectores de producción agroindustrial y minera en Colombia. La estructura de la metodología "5QS" que se observa en la figura 1, da prioridad a los aspectos relacionados con la administración, las técnicas de planificación, la organización y la ejecución del mantenimiento. Además, el personal encargado del mantenimiento en el área, que incluye ingenieros, directivos y operarios, tiene como objetivo principal enfocarse en la garantía, la confiabilidad y la rentabilidad de los equipos y maquinaria, con el propósito de reducir los costos asociados con intervenciones y tiempos improductivos, al tiempo que se busca aumentar los niveles de productividad y la calidad de la producción.

Por lo tanto, es imperativo tener en cuenta estos objetivos al gestionar el plan de mantenimiento, donde los indicadores son elementos clave para el éxito de tal gestión, como se enfatiza en el estudio de García, González y Cortes (2009)..

Figura 1. Evaluación integral del plan de mantenimiento mediante “5QS”.



Fuente: (García, 2006) en (González & Andrade, 2021)

5.2.3 Indicadores de gestión de mantenimiento

El proceso de gestión de calidad debe ir acompañado de una evaluación que identifique el cumplimiento de lo planeado con respecto a lo ejecutado en el tiempo en cualquier empresa. Así mismo permite evaluar la evolución y tener claro los objetivos hacia la mejora. Como lo explica Rodríguez (2008), dentro de los indicadores de gestión de mantenimiento se tienen:

- Disponibilidad.

Es definida como la capacidad que tiene la maquinaria o equipo para funcionamiento óptimo de circunstancias en el instante que sea requerido en un periodo de tiempo determinado Ecuación.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Tiempo total de operación} + \text{tiempo total de parada}}$$

La disponibilidad por fallas se delimita de forma práctica a través de los tiempos medios entre fallos, la sumatoria del tiempo de paradas imprevistas e incidentes de la maquinaria.

$$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMDR}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo medio entre fallos}}{\text{Tiempo medio entre fallos} + \text{tiempo medio de reparación}}$$

- Confiabilidad

“Es la probabilidad que un equipo se desempeñe satisfactoriamente las funciones para el cual fue diseñado, durante el periodo de tiempo especificado y bajo las condiciones de operaciones dadas. El análisis de fallas constituye otra medida del desempeño de los sistemas, para ello se utiliza lo que denominamos la tasa de falla, por tanto, la media de tiempos entre fallas (TPEF) caracteriza la fiabilidad de la máquina. El tiempo promedio entre falla: mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad, sin interrupciones dentro de un periodo considerado de estudio” (Ángel y Olaya 2014) Donde:

- TMEF = Tiempo promedio entre fallas (Confiabilidad)

- HROP= Horas de reparación
- Σ NTFALLAS = Número de fallas detectadas

$$TMEF = \frac{HROP}{\Sigma NTFALLAS}$$

- Mantenibilidad.

“Es la probabilidad que en un tiempo determinado un equipo en situación de fallo proceda a la reparación utilizando unos recursos determinados, la media de tiempos de reparación (TPPR) caracteriza la mantenibilidad del equipo. Tiempo promedio para reparación: Relación entre el tiempo total de intervención correctiva y el número total de fallas detectadas, en el periodo observado. La relación existente entre el tiempo promedio entre fallas debe estar asociada con el cálculo del tiempo promedio para la reparación.” (García, González y Cortés, 2009), Donde:

- TPPR = Tiempo promedio para reparación
- TTF = Tiempo total de fallas
- Σ NTFALLAS = Número de fallas detectadas

$$(4) TPPR = \frac{TTF}{\Sigma NTFALLAS}$$

5.2.4 Indicadores de gestión “5QS”.

Evidencian el ambiente de los trabajos de mantenimiento en determinado período de tiempo, de acuerdo con González & Andrade (2021), los indicadores a tener en cuenta para el diseño de maquinaria son los siguientes.

$$\text{Horas de mantenimiento} = \frac{\text{Horas hombre de mantenimiento planeado}}{\text{Horas hombre totales de mantenimiento}}$$

$$\text{Costo de mantenimiento} = \frac{\text{Costo total de mantenimiento planeado}}{\text{Costo total de mantenimiento}}$$

- Indicadores de planeación.

Son equipos para la planeación y para la evaluación de los programas realizados, teniendo el indicador

$$\text{Trabajos terminados} = \frac{\text{Trabajos terminados}}{H\text{Trabajos programados}}$$

$$\text{Indice de rendimiento} = \frac{\text{Horas hombre prevista}}{\text{Horas hombre reales}}$$

- Indicadores de fiabilidad y mantenimiento

De acuerdo con García, González y Cortés (2009), estos indicadores se utilizan para tener confiabilidad en el proceso

$$\text{Frecuencia de fallos} = \frac{\text{Numero total de paradas por}}{\text{Tiempo de carga}}$$

$$\text{Tiempo medio entre fallos (mtbf)} = \frac{\text{Tiempo total de parada}}{\text{Numero de paradas}}$$

$$\text{Tiempo medio para la reparación (mttr)} = \frac{\text{Tiempo total de parada}}{\text{Numero de paradas}}$$

5.3 Marco contextual

5.3.1 Generalidades de la empresa

Metal partes SAS, ubicación de la empresa. Carrera 8 sur n 64 52, Ibagué, Tolima, es una empresa creada con el objeto social principal: fabricación de productos de metal, mantenimiento y reparación especializada de maquinaria y equipo; que con el tiempo se fue inclinando hacia el aprovisionamiento y mantenimiento de maquinaria del sector avícola. Fue fundada en la ciudad de Ibagué el 2017/02/23, y actualmente su dirección Empresarial se basa en constituirse como una empresa líder, enfocada en comprender las dinámicas específicas del sector apícola y las necesidades del mercado de camiones graneleros, abarcando valores fundamentales, como la calidad, la innovación y la sostenibilidad. La adopción de prácticas éticas y responsabilidad social en el suministro y mantenimiento de sus equipos.

- Misión.

Metal partes SAS es una empresa Nacional que, con sentido social y haciendo las cosas bien, contribuye a la productividad de sus clientes y al desarrollo de las personas, ofreciendo productos y servicios innovadores, competitivos y rentables para garantizar un desarrollo sostenible.

- Visión.

Consolidarnos como empresa líder en el Departamento del Tolima y ser el proveedor preferido de productos y servicios de mecanizado, manteniendo un excelente nivel de calidad

5.3.2 Características generales, productos y servicios

En la siguiente figura se observa una cisterna granelera típica de las que se venden y alquilan en la empresa

Figura 2. Cisternas graneleras disponibles en la empresa.



Fuente: Los autores

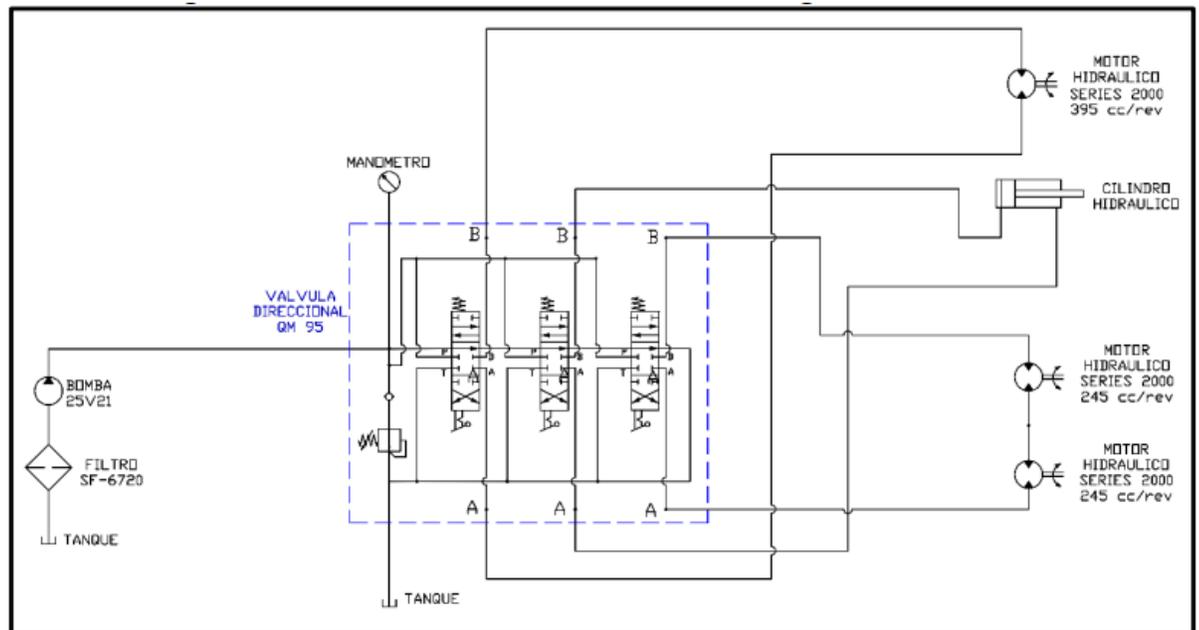
Los componentes críticos los caminos graneleros, dado que los remolques tipo graneleros transportan materiales pesados y muy abrasivos, requieren un mantenimiento regular. Por esta razón se requiere un plan de mantenimiento productivo total (TPM), que mediante la metodología permita diagnosticar los requerimientos de conservación de la maquinaria anticipadamente para gestionar los recursos, plantear estrategias e identificar objetivos y procedimientos controlados por medio de indicadores como se explicó en la sección de metodología 5gs

Las características generales de los equipos que se venden o alquilan al sector avícola son los siguientes:

Los actuadores hidráulicos son dispositivos mecánicos que utilizan la fuerza generada por la presión de un fluido hidráulico, generalmente aceite, para realizar un trabajo mecánico, como mover, levantar, girar o comprimir objetos o componentes en una variedad de aplicaciones industriales y móviles. Los actuadores hidráulicos son comunes en sistemas de maquinaria pesada, equipos de construcción, sistemas de automatización industrial, vehículos y más. Los componentes clave de un actuador hidráulico son:

- **Cilindro hidráulico:** El cilindro es la parte principal del actuador hidráulico. Consiste en un tubo o carcasa que aloja un pistón móvil. Cuando se aplica presión hidráulica al pistón, este se mueve linealmente dentro del cilindro, generando fuerza o movimiento.
- **Fluido hidráulico:** El fluido hidráulico (generalmente aceite) se utiliza para transmitir la presión a través del sistema. La presión del fluido se genera mediante una bomba hidráulica y se controla mediante válvulas.
- **Válvulas:** Las válvulas se utilizan para controlar el flujo del fluido hidráulico y, por lo tanto, la dirección y velocidad del movimiento del actuador. Las válvulas pueden ser de varios tipos, como válvulas de control direccional y válvulas de control de caudal.

Figura 3. Diagrama Hidráulico



Fuente: Los autores

Cuando se aplica presión al fluido hidráulico, este actúa sobre el pistón dentro del cilindro, creando una fuerza que impulsa el pistón hacia adelante o hacia atrás. El movimiento lineal del pistón se convierte en un movimiento mecánico que se utiliza para realizar un trabajo útil. La magnitud de la fuerza generada depende de la presión hidráulica y del área del pistón. Las ventajas de los actuadores hidráulicos son las siguientes:

- Alta fuerza y torque: Los actuadores hidráulicos pueden generar una alta fuerza y torque, lo que los hace ideales para aplicaciones que requieren una gran potencia.
- Precisión y control: Son conocidos por su capacidad para proporcionar un control preciso del movimiento y la velocidad.

- Durabilidad: Los componentes hidráulicos están diseñados para ser resistentes y duraderos en entornos industriales y condiciones severas.

Los actuadores hidráulicos son una opción común en aplicaciones industriales en este caso se usan para elevar el sistema de tornillos sin fin basculante que nos permiten elevar el material granulado a silos muy altos, en este proceso se requieren fuerza, precisión y control, por eso son óptimos en el proceso y por condiciones operativas.

Evidentemente, por el esfuerzo al que es sometido se requiere hacer un mantenimiento periódico por fugas de aceite y pérdidas de presión, por ende, se le estima una vida útil 5200 horas de trabajo

Otra parte del equipo, que requiere mantenimiento periódico es el sistema de abrazaderas de giro que se observa en la siguiente figura:

Figura 4. Abrazadera de giro.



Fuente: Los autores

Estos tienen varios propósitos importantes, como son:

- **Conexión Segura:** Los flanges permiten una conexión segura entre dos componentes, como un eje y una rueda, una polea o cualquier otro dispositivo que necesite girar o rotar.
- **Transmisión de Movimiento:** Facilitan la transmisión del movimiento desde un componente giratorio, como un motor o un generador, al componente conectado, como una rueda o una hélice.
- **Soporte y Estabilidad:** Los flanges también pueden proporcionar soporte y estabilidad al eje o al componente que gira, lo que evita la vibración excesiva y ayuda a mantener una rotación suave.
- **Alineación:** Ayudan a alinear de manera precisa los componentes conectados, lo que es esencial para un funcionamiento eficiente y seguro.

Es importante seleccionar el tipo adecuado de flange para una aplicación específica, teniendo en cuenta factores como el tamaño del eje, la carga, la velocidad de rotación y las condiciones de funcionamiento. También es fundamental asegurarse de que los flanges se instalen correctamente para garantizar una conexión segura y una operación confiable.

Las abrazaderas de giro, también conocidas como bridas, o flanges son elementos mecánicos que utilizamos para proporcionar una conexión segura entre el tubo vertical y el basculante del sistema de sin fines transportadores. Su otra función es actuar como eje de rotación.

Como hay fricción por el constante movimiento tienen graseras para su debida lubricación. Por el trabajo que realiza, y los esfuerzos que son sometidos su durabilidad es de 2500 horas de trabajo aproximadamente. Las bombas hidráulicas son dispositivos mecánicos utilizados para generar flujo de fluido a través de un sistema hidráulico. Estos sistemas hidráulicos se basan en la transferencia de fuerza a través de un fluido presurizado, generalmente aceite hidráulico, para realizar diversas tareas. Aquí te explico qué son, para qué se utilizan y cómo se realiza el mantenimiento de bombas hidráulicas:

El mantenimiento adecuado de las bombas hidráulicas es esencial para garantizar su funcionamiento eficiente y prolongar su vida útil. Aquí algunos pasos básicos para el mantenimiento de bombas hidráulicas:

- Inspección regular: Realiza inspecciones visuales periódicas para detectar fugas, corrosión, daños en las conexiones y signos de desgaste en las piezas.
- Cambio de aceite: Controla y cambia regularmente el aceite hidráulico de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. El aceite debe mantenerse limpio y con la viscosidad adecuada.
- Filtros: Verifica y reemplaza los filtros de aceite según el programa de mantenimiento. Los filtros evitan la contaminación del fluido y protegen la bomba.
- Alineación: Asegúrate de que la bomba esté alineada adecuadamente con el motor o el motor eléctrico para evitar vibraciones y desgaste prematuro.
- Sistema de sellado: Verifica y reemplaza los sellos y juntas según sea necesario para prevenir fugas.

- Reapriete y lubricación: Aprieta los pernos y tuercas de montaje y proporciona lubricación según las recomendaciones del fabricante.
- Pruebas y ajustes: Realiza pruebas de rendimiento periódicas para asegurarte de que la bomba funcione dentro de los parámetros especificados.
- Capacitación del personal: Asegura que el personal encargado del mantenimiento esté capacitado en el mantenimiento y reparación de bombas hidráulicas.

Se deben seguir las recomendaciones específicas del fabricante de la bomba y del sistema hidráulico en el que se encuentra para garantizar un mantenimiento adecuado y seguro. El mantenimiento preventivo regular puede evitar costosas averías y tiempo de inactividad no planificado en las aplicaciones hidráulicas. Estas bombas tienen una larga durabilidad haciéndole un correcto mantenimiento preventivo

Los sistemas transportadores son componentes clave en una amplia variedad de industrias, y los tornillos utilizados en estos sistemas desempeñan un papel importante en su funcionamiento. Estos tornillos están diseñados específicamente para su uso en transportadores y se conocen como "tornillos transportadores" o "tornillos sinfín". A continuación, te proporciono información sobre estos tornillos y sus aplicaciones:

Un tornillo transportador, también conocido como tornillo sinfín o tornillo helicoidal, es un dispositivo mecánico que consta de una hélice continua o espiral que gira dentro de un conducto o tubo. La rotación de la hélice transporta materiales a lo largo del tubo o conducto. Los tornillos transportadores se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones industriales

para el manejo de materiales a granel, líquidos o productos a granel secos. Algunas de las aplicaciones comunes incluyen:

- Transporte de grano, harina, cemento, polvos y productos químicos en plantas de procesamiento.
- Elevación de materiales a diferentes alturas en sistemas de transporte vertical.
- Alimentación y dosificación de materiales en máquinas de procesamiento.
- Traslado de aguas residuales y lodos en plantas de tratamiento de aguas.
- Transporte de materiales en la industria agrícola, minera y de fabricación.

La elección del tornillo transportador adecuado depende de factores como el tipo de material que se transportará, la distancia que debe recorrer, la capacidad requerida y las condiciones de operación (por ejemplo, temperatura y entorno corrosivo). Los tornillos transportadores están disponibles en una variedad de diámetros, longitudes y materiales de construcción, como acero inoxidable y acero al carbono.

El mantenimiento adecuado de los tornillos transportadores es esencial para garantizar su funcionamiento eficiente y confiable. Algunas consideraciones para el mantenimiento incluyen:

- Inspección regular para detectar desgaste, daños o acumulación de materiales.
- Lubricación de cojinetes y partes móviles según las recomendaciones del fabricante.
- Limpieza periódica para evitar obstrucciones o acumulación de materiales.
- Reemplazo de piezas desgastadas o dañadas, como la hélice o los cojinetes.

Los tornillos transportadores son una parte esencial de muchos procesos industriales y de manipulación de materiales, y su correcto funcionamiento es crucial para mantener la eficiencia y la productividad en diversas aplicaciones. El diseño y el mantenimiento adecuados de estos componentes son esenciales para garantizar un rendimiento óptimo y evitar tiempos de inactividad no planificados.

El mantenimiento de chumaceras o rodamientos utilizados en sistemas de tornillo sin fin (también conocidos como husillos sin fin), a menudo se encuentran en aplicaciones industriales y maquinaria, y su mantenimiento es esencial para un funcionamiento eficiente y duradero. Algunos consejos generales de mantenimiento para rodamientos, como el que se observa en la siguiente figura que son utilizados en sistemas de tornillo sin fin se enuncian a continuación.

Figura 5. Rodamientos utilizados en los tornillos sin fin



Fuente: (Grupo TME, 2018)

- **Lubricación adecuada:** La lubricación es esencial para el buen funcionamiento de los rodamientos en sistemas de tornillo sin fin. Utiliza el tipo y la cantidad de lubricante recomendados por el fabricante. La lubricación excesiva o insuficiente puede causar problemas.
- **Intervalos de lubricación:** Sigue el programa de lubricación recomendado por el fabricante. Esto puede variar según la aplicación y la carga de trabajo, pero en general, los rodamientos en sistemas de tornillo sin fin suelen requerir lubricación regular.
- **Inspección visual:** Realiza inspecciones regulares para verificar el estado de los rodamientos. Busca signos de desgaste, corrosión o daño en las superficies de los rodamientos y en las pistas de rodadura del tornillo sin fin. Si encuentras algún problema, reemplaza los rodamientos de inmediato.
- **Limpieza:** Antes de aplicar nueva lubricación, asegúrate de limpiar los rodamientos y las superficies relacionadas para eliminar la suciedad y los residuos. La suciedad puede acelerar el desgaste de los rodamientos.
- **Control de la temperatura:** Controla la temperatura de funcionamiento de los rodamientos. Un aumento significativo de la temperatura puede ser un indicio de un problema. Si los rodamientos se sobrecalientan de manera constante, es necesario investigar y solucionar la causa.
- **Reemplazo oportuno:** Si los rodamientos en el sistema de tornillo sin fin muestran signos de desgaste significativo o falla, es fundamental reemplazarlos de inmediato para evitar daños adicionales en el sistema.

- Mantenimiento preventivo: Considera establecer un programa de mantenimiento preventivo que incluya inspecciones periódicas, lubricación regular y reemplazo programado de rodamientos según el uso y las recomendaciones del fabricante.
- Capacitación del personal: Asegúrate de que el personal encargado del mantenimiento esté capacitado y sea consciente de la importancia del mantenimiento adecuado de los rodamientos en sistemas de tornillo sin fin.

Un hidrómetro, también conocido como motor hidráulico, es un dispositivo que convierte la energía hidráulica, proporcionada por un fluido presurizado, en energía mecánica en forma de rotación. Estos motores, como el que se aprecia en la siguiente figura, son componentes esenciales en sistemas hidráulicos y se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones industriales y móviles donde se requiere movimiento rotativo.

Figura 6. Hidrómetro típico



Fuente: (Grupo TME, 2018)

Los hidro motores funcionan mediante la aplicación de un fluido presurizado, generalmente aceite hidráulico, al motor. El fluido presurizado ingresa al motor y ejerce fuerza

sobre una serie de paletas, engranajes u otro mecanismo interno. Esta fuerza hace que el mecanismo interno se mueva y genere una rotación en el eje de salida del motor.

Los hidro motores se utilizan en una variedad de aplicaciones, incluyendo maquinaria industrial, herramienta, equipos de procesamiento de alimentos, sistemas de transporte y más.

El mantenimiento adecuado de los hidro motores es esencial para garantizar su funcionamiento eficiente y duradero. Esto puede incluir:

- Cambio regular de aceite hidráulico.
- Inspección y limpieza periódica para evitar obstrucciones.
- Lubricación de partes móviles según las recomendaciones del fabricante.
- Reemplazo de piezas desgastadas o dañadas.

En resumen, los hidro motores son componentes esenciales en sistemas hidráulicos utilizados en una amplia gama de aplicaciones industriales y móviles. Su capacidad para convertir la energía hidráulica en movimiento rotativo los hace fundamentales para el funcionamiento eficiente de maquinaria y equipos en diversos sectores.

6. Diseño metodológico

6.1 Tipo de investigación

La metodología de investigación cualitativa experimental que se presenta en este capítulo se inicia con un diagnóstico de la realidad actual, efectuado en base a la observación directa de del estado de las máquinas de la empresa durante visitas periódicas en las que se puede observar el estado de mantenimiento de actuadores hidráulicos, tornillos transportadores, chumaceras o rodamientos, hidro motores con el fin de dar un concepto del estado para su correcto funcionamiento, estableciendo los requerimientos necesarios para realizar el programa de mantenimiento que permitirá la prestación eficiente de los servicios de alquileres efectuados por la empresa Metal partes SAS.

Tal diagnóstico se realiza con fines propositivos , donde se manifiesta la forma de mejorar mediante el establecimiento del programa productivo de mantenimiento total que facilite la disposición oportuna y eficiente de las máquinas para las empresas del sector avícola.

Lo anterior implica la inclusión de estrategias, que se dejan planteadas para que se planifiquen los objetivos y procedimientos, estableciendo también los indicadores que posteriormente sean adoptadas por la empresa para dar solución la disponibilidad de maquinaria propias de la problemática, llevando a una cognición más elaborada de las características propias en la actualidad como para esta clase de proyectos lo indica (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

Para el proceso metodológico del cuerpo del documento, inicialmente se ejecuta una planeación de recopilación de información relacionando los temas de programas utilizados para archivos digitales en libros, artículos, revistas y páginas web, se concretan el objetivo primario de diseñar un plan de mantenimiento basado en la metodología L.E.M y en la gestión 5QS, para vehículos graneleros que son críticos en la industria avícola..

6.2 Fases de la investigación

La metodología “5QS” se cimienta con base en las respuestas dadas a los interrogantes planteados en cada una de las cinco fases que las constituyen: fase de diagnóstico, fase de diseño, fase de implementación, fase de medición y fase de mejoras. Además, se proponen las siguientes actividades suplementarias como requisitos en su ejecución. Indicando las fases, de acuerdo con García, González y Cortes (2009), las cuales se identifican a continuación:

- Fase de diagnóstico o fase uno.

En esta se realiza un estudio y evaluación inicial de los recursos viables de la empresa como lo son: equipos, maquinaria, almacenes, inversiones, repuestos, y personal, igualmente evaluar las políticas, objetivos, alcances, visión, misión, para manifestar la realidad de la empresa y también destinar la organización para el mantenimiento de sus activos fijos (García, González y Cortes, 2009).

- Fase de estrategias y diseño o fase dos.

Posterior de ser ejecutado el diagnóstico para tener conocimiento en los recursos potenciales de la empresa se realiza el diseño, este permite diseñar o seleccionar un plan

adecuado para la gestión de mantenimiento, herramientas de gestión técnica y administrativas como los son las estrategias de mantenimiento. Así mismo se puede manifestar coherencia con las políticas y visión de la empresa, para la ejecución correcta en la actividad de mantenimiento (García, González y Cortes, 2009).

- Fase de implementación o fase tres.

Se aborda con la indagación de toda la información técnica disponible para los equipos, máquinas, instalaciones, personal, repuestos, reparaciones, etc. Así mismo se transforman los documentos de trabajo como historiales, informes periódicos de gestión, fichas técnicas, preoperacionales, procedimientos, solicitud de repuestos, costos de mantenimiento, ordenes de trabajo, otros reportes de mantenimiento, programación, etc (García, González y Cortes, 2009).

- Fase de medición o fase cuatro.

En se lleva a cabo concretar los indicadores de gestión, tales como. Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad para su medición por parte de la empresa (García, González y Cortes, 2009). El procesamiento de datos de estos indicadores es clave para alcanzar el desempeño de un equipo y un área productiva.

- Fase de mejoramiento o fase cinco.

En esta se realiza una evaluación global a las herramientas gerenciales que tiene la organización, donde se verifican los indicadores de gestión y conlleva a hacer ajustes completos al proyecto, para mejorar de forma incesante el proceso de mantenimiento. En la

industria el proceso de mejoramiento son las auditorías internas o externas de mantenimiento (García, González y Cortes, 2009).

7. Resultados y análisis de resultados

7.1 Diagnóstico del estado de los tanques en los vehículos y sus componentes motrices

Un diagnóstico detallado de camiones es esencial para garantizar su operatividad y seguridad, en este caso específico, durante las visitas de los autores de la presente investigación se han identificado diversas fallas que requieren atención inmediata en diferentes aspectos clave de los camiones.

Inicialmente, en la estructura misma de los camiones se evidencian fallas en las latas, el sistema de enganche y acoplamiento, los ejes y ruedas, el sistema de frenado de emergencia y la limpieza de los camiones transportadores de granos.

Las latas, siendo componentes cruciales de la estructura de los camiones, deben garantizar resistencia y durabilidad. La detección de fallas en estas estructuras podría indicar desgaste excesivo, corrosión u otros problemas estructurales, haciendo necesario llevar a cabo inspecciones minuciosas para determinar la magnitud de los daños y tomar medidas correctivas, ya sea mediante reparaciones o el reemplazo de las latas afectadas.

Los sistemas de enganche y acoplamiento son esenciales para la conexión segura entre las tobas y los sistemas de descargue, se evidenciaron fallas en este sistema que podrían resultar en las desconexiones peligrosas durante las operaciones de descargue de los concentrados avícolas. Se deben realizar inspecciones detalladas para identificar y abordar cualquier desgaste, holgura o deterioro en los elementos de enganche y acoplamiento. La

reparación o sustitución de partes defectuosas garantizará la integridad estructural y operativa los graneleros.

Los ejes y las ruedas son componentes fundamentales para la movilidad y estabilidad del camión, sin embargo, se evidenciaron fallas en estos elementos podría comprometer la seguridad y la eficiencia del vehículo, en la siguiente fotografía se observa uno de los camiones de la empresa que tuvo que ser remolcado por fallas en un eje trasero. La inspección de los ejes en busca de desalineaciones, desgaste irregular o daños, así como la evaluación de las ruedas en términos de desgaste de la banda de rodadura y balance, son esenciales, puesto que la reparación o reemplazo oportuno de ejes y ruedas garantiza un rendimiento óptimo y la prevención de posibles accidentes.

Figura 7. Registro fotográfico de un tanque de la empresa transportado por grúa

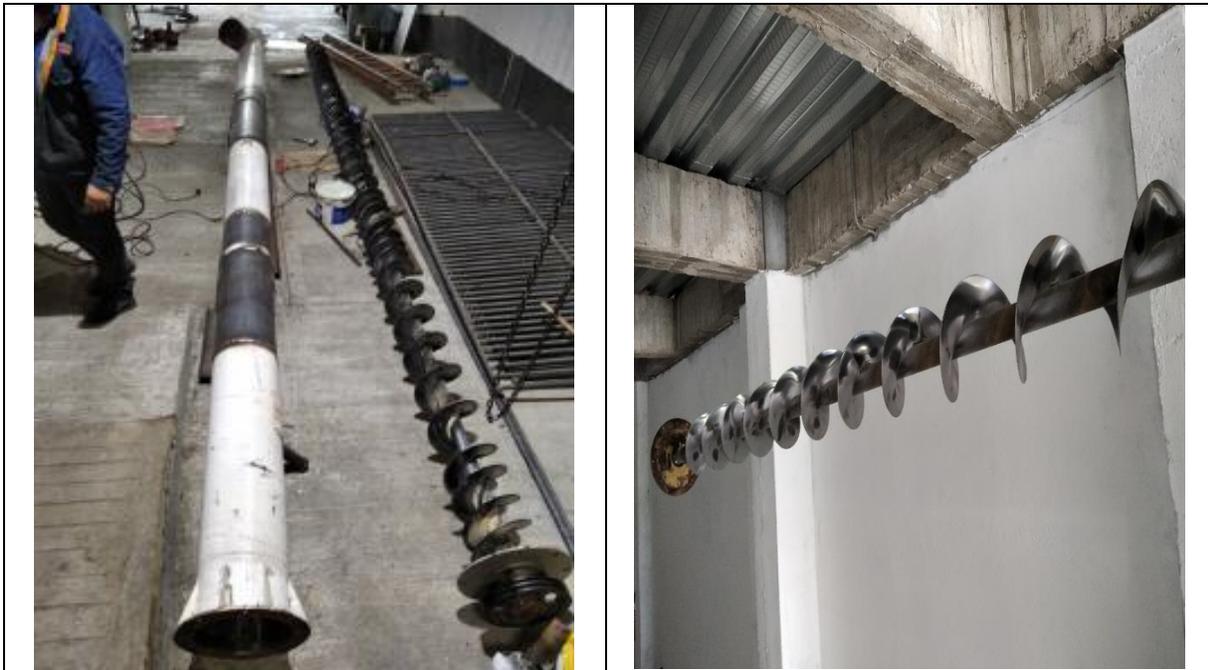


Fuente: Los autores

El sistema de frenado de emergencia es crítico para la seguridad de los camiones, especialmente al transportar cargas pesadas como granos. Cualquier falla en este sistema podría resultar en situaciones peligrosas. La revisión completa de componentes como discos, pastillas y el sistema hidráulico se hace esencial, puesto que la reparación y ajuste adecuado garantizarán la capacidad de frenado efectiva en situaciones de emergencia. Igualmente, la limpieza de los camiones transportadores de granos es crucial para prevenir la contaminación y garantizar la calidad del producto transportado. La presencia de residuos de granos anteriores puede dar lugar a problemas de higiene y calidad, donde la implementación de procedimientos de limpieza regulares y exhaustivos es fundamental para cumplir con los estándares de seguridad alimentaria y mantener la integridad del producto transportado.

Con respecto al sistema mecánico del tornillo transportador en el análisis y diagnóstico evidencia de los camiones graneleros y durante la evaluación se han identificado tres áreas críticas de preocupación que corresponden a problemas de lubricación, alineación deficiente y la necesidad de revisar sellos y juntas. En la siguiente figura se observa el registro fotográfico de uno de los tornillos que debe se alineados y el proceso de alineación.

Figura 8. Registro fotográfico de tornillo trasportador



Fuente: Los autores

La lubricación adecuada es esencial para el funcionamiento eficiente y la vida útil prolongada del sistema de tornillo sin fin. Se ha observado un deterioro en la lubricación, indicado por señales de desgaste y fricción en los componentes. Esto puede deberse a una cantidad insuficiente de lubricante o a un sistema de lubricación mal diseñado. La alineación precisa del sistema de tornillo sin fin es crucial para prevenir desgaste irregular, vibraciones y

pérdida de eficiencia. Durante la inspección, se ha observado una alineación deficiente, lo que puede deberse a desajustes en los componentes o desgaste en las partes de soporte.

Los sellos y juntas desempeñan un papel crucial en la prevención de la entrada de contaminantes y la fuga de lubricantes en el sistema. La inspección reveló la presencia de sellos desgastados y juntas deterioradas. En la siguiente figura se observan algunos problemas en las juntas bridadas.

Figura 9. Registro fotográfico de conexiones hidráulicas y bridas en mal estado



Fuente: Los autores

Esto podría resultar en la contaminación del grano y la pérdida de lubricación esencial. Igualmente, la observación continua del sistema hidráulico efectuado por los autores reveló una serie de problemas que afectan el rendimiento y la eficiencia de dicho sistema.

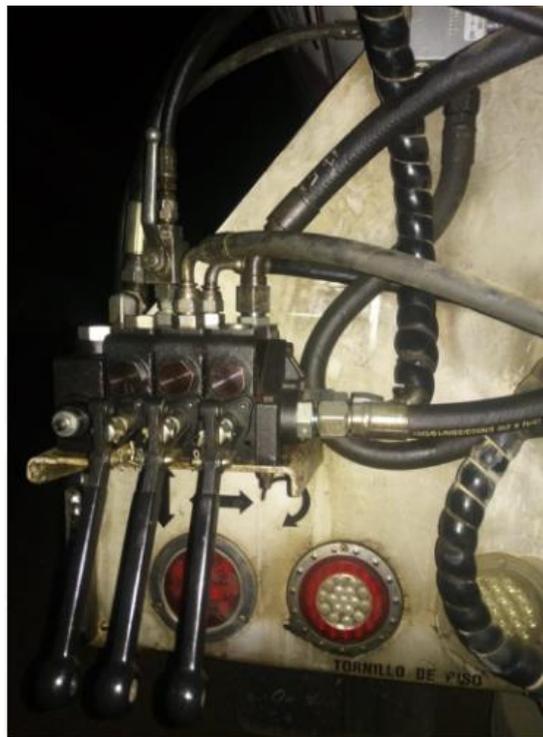
En cuanto al sistema hidráulico, las áreas de preocupación identificadas incluyen el nivel de fluido, la calidad del fluido, los filtros, las mangueras y conexiones, los cilindros hidráulicos, las válvulas, la bomba hidráulica, el depósito y respiradero, la presión y temperatura, el sistema de filtración auxiliar, y la falta de pruebas de funcionamiento periódicas y regulares.

Se observó que varios camiones graneleros presentan problemas en el nivel de fluido hidráulico. Esta deficiencia puede resultar en un rendimiento no óptimo del sistema, donde a largo plazo se pueden causar daños a los componentes. Se recomienda realizar revisiones periódicas del nivel de fluido y establecer protocolos para rellenar y mantener el nivel adecuado. La gravedad de los hallazgos radica en que la calidad del fluido hidráulico es esencial para garantizar el funcionamiento óptimo del sistema, y la presencia de contaminantes, como partículas sólidas o agua, puede afectar la eficiencia y la vida útil de los componentes hidráulicos.

La eficacia de los filtros en la retención de impurezas es fundamental para la integridad del sistema hidráulico. En algunos camiones graneleros, se detectaron problemas en los filtros, indicando la necesidad de una revisión y sustitución oportuna. Un programa de mantenimiento preventivo debe incluir la verificación y reemplazo periódico de los filtros, pues se identificaron fugas en algunas mangueras y conexiones hidráulicas, que fugas pueden dar lugar a la pérdida de fluido, disminuyendo la eficiencia del sistema y aumentando el riesgo de daño a los componentes.

Los cilindros hidráulicos son esenciales para el funcionamiento de diversos mecanismos en los camiones graneleros, donde la detección de fugas o desgaste en los cilindros indica la necesidad de inspecciones y reparaciones detalladas y el mantenimiento proactivo de los cilindros asegurará un rendimiento constante y evitará interrupciones operativas. El análisis reveló problemas en las válvulas y la bomba hidráulica, estos defectos pueden afectar el control del sistema, mientras que una bomba ineficiente reduce la capacidad de generar la presión hidráulica necesaria. En la siguiente figura se observa el registro fotográfico de un sistema de válvulas donde se encontraron pequeñas fugas de aceite.

Figura 10. Registro fotográfico del estado de válvulas y mangueras hidráulicas



Fuente: Los autores

Figura 11. Sistema horizontal



Fuente: los Autores

Figura 12.sistema vertical



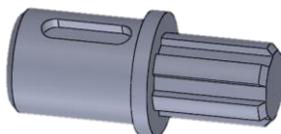
Fuente: los Autores

Figura 13.Sistema basculante



Fuente: Los Autores

Figura 14. acople macho



Fuente: Los Autores

La presencia de contaminantes en el depósito y la obstrucción del respiradero pueden afectar la circulación del fluido hidráulico, sin embargo en el monitoreo de la presión y temperatura que esencial para prevenir daños al sistema, se observaron problemas en los indicadores de presión y temperatura, haciendo necesario implementar sistemas de monitoreo continuo y realizar ajustes o reparaciones cuando sea necesario es crucial para evitar fallas catastróficas, puesto que la falta de un sistema de filtración auxiliar en algunos camiones

graneleros aumenta el riesgo de contaminación del fluido hidráulico. Finalmente se observó una falta de pruebas de funcionamiento periódicas y regulares en algunos camiones graneleros. La ausencia de estas pruebas puede ocultar problemas latentes y contribuir a fallas inesperadas.

En resumen, se evidencia que abordar estas fallas detectadas en la estructura de los camiones y en los sistemas mecánicos e hidráulicos es crucial para mantener la seguridad, eficiencia y calidad en la operación de los camiones. La intervención oportuna y efectiva asegurará un rendimiento confiable y la prevención de posibles riesgos operativos. La implementación de un programa de mantenimiento preventivo, que abarque las revisiones periódicas resulta igualmente esencial

Tabla 1. inspección inicial

	Observación	Actividad correctiva	sugerencia
chasis	Se evidencia abolladuras en el tanque y signos de corrosión, algunas soldaduras estructurales se encuentran fisuradas por las vibraciones.	Se procede a biselar la fisura para poder aplicar la soldadura nuevamente, se pule la corrosión y se procede a pintar con anticorrosivo.	Se sugiere en la próxima intervención proceder a enderezar el tornillo sinfín y cambiar rodamientos
Sistema de enganche y acoplamiento	Se verifica el sistema de enganche y se nota que él toma fuerza está en óptimas condiciones, algo sucio externamente	Se procede a limpiar	inspecciona regularmente las conexiones, pernos y componentes asociados con la toma de fuerza. Aprieta los pernos según las especificaciones del fabricante. Verifica que la toma de fuerza esté alineada correctamente

			con el equipo que va a ser accionado. Asegúrate de que el acoplamiento sea adecuado y seguro.
Sistema de descarga	El sistema de descarga comprende los 3 tornillos sinfín que transportan el producto desde el interior del tanque a los silos. se evidencia que presentan un desgaste normal, el tubo del sinfín tenía abolladuras	las cuales se les cambio la parte afectada	Mantener las partes móviles lubricadas para evitar desgaste anormal en rodamientos y cojinetes
Ejes y ruedas	Se evidencia perdida de ajuste en uno de sus ejes	Se reparo el eje, se cambió rodamientos y se balanceo.	Verificar el estado de las ruedas, revisar presión de aire y alineación.
Sistema hidráulico	Se evidencio varias perdidas de fluido hidráulico, filtros sucios y desgaste en los acoples de los motores hidráulicos.	A las válvulas multidireccionales se les cambio sello y empaques, se cambió mangueras que estaban fugando aceite y se cambio los acoples de los motores hidráulicos	Esta lubricando los acoples de los motores hidráulicos para evitar el desgaste prematuro, verificar siempre el nivel del fluido hidráulico,

Fuente: los Autores

Componentes críticos de un granelero

Dado que los remolques tipo graneleros transporta materiales pesados y muy abrasivos por ende requieren un mantenimiento regular, en nuestro plan de mantenimiento debemos identificar las piezas críticas, en los graneleros cada elemento es esencial para el correcto

funcionamiento de los vehículos, por ende el criterio de criticidad se dará por la disponibilidad del repuesto en temas económicos o complejidad de la fabricación.

Sistemas integrados de nuestro remolque tipo granelero y sus respectivas partes.

Tabla 2. Repuestos y componentes

Sistema	Repuesto/Componente
Hidráulico	<ul style="list-style-type: none"> • Tanque de aceite • Toma fuerza • bomba hidráulica • cilindro hidráulico • abrazadera de giro • mangueras hidráulicas • mando hidráulico
Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> • Tornillo Sin-Fin Horizontal • Acople Macho • Acople Piñón Hembra • Acople Sin Fin Hembra • Hidro motor • Carcasa Tornillo Sin Fin • Chumacera 2" • Cremallera Compuertas • Piñón Cremallera • Catarina
Vertical	<ul style="list-style-type: none"> • Tornillo Sin-Fin Vertical • Acople Macho • Acople Catarina Hembra • Acople Sin Fin Hembra • hidro motor • Carcasa Tornillo Sin Fin • Chumacera 2" • Catarina • Cadena Doble Catarina • Cuñas

Basculante	<ul style="list-style-type: none"> • Tornillos Sin Fin Seccionados • Acople Macho • Acople Piñón Hembra • Acople Sin Fin Hembra • Hidro motor • Carcasa Tornillo Sin Fin

Fuente: Los Autores

7.2 Plan de Mantenimiento Preventivo incluyendo cronogramas preventivos, listas de verificación, inspección, lubricación y ajustes, según la metodología 5QS

7.2.1 *Objetivos actividades y estrategias*

Después del diagnóstico efectuado y sus hallazgos se presenta el siguiente Plan de Mantenimiento Preventivo L.E.M para Vehículos Graneleros Avícolas que se basará en la una metodología para garantizar sistemas de lubricación, exámenes y monitoreo eficientes basados en la Gestión 5QS sobre calidad, planificación, organización, ejecución y evaluación.

Este plan se basa en la metodología L.E.M., que prioriza la lubricación, exámenes y monitoreo para prevenir fallas, y la gestión 5QS, que se centra en la calidad, planificación, organización, ejecución y evaluación para un mantenimiento efectivo. La implementación cuidadosa de este plan asegurará la eficiencia operativa y la prolongación de la vida útil de los vehículos graneleros avícolas.

Los **objetivos Principales** del plan serán mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los vehículos graneleros avícolas y garantizar la seguridad operativa y la producción efectiva.

Las **estrategias clave serán**: implementar programas de mantenimiento preventivo, realizar análisis de fallas y administración de riesgos y contratar mantenimientos. Inicialmente se plantean actividades relativamente sencillas, para las cuales se debe disponer de recursos monetarios y de talento humano asignando a cada actividad la estrategia a seguir. En la siguiente tabla se presentan las actividades preventivas asignando recursos y estrategias a cada una de ella

Tabla 3. Actividades Preventivas

Actividad	Recursos	Estrategias
Inspección del Nivel de Fluido	Personal de Mantenimiento	Programa de Mantenimiento Preventivo
Cambio Regular de Filtros	Repuestos, Almacenes	Análisis de Fallas
Inspección y Ajuste de Cilindros	Maquinaria, Presupuestos	Administración de Riesgos
Monitoreo de Presión y Temperatura	Sistemas de Información	Mantenimientos Contratados
Lubricación de Componentes	Personal de Mantenimiento	Análisis de Fallas
Inspección de Mangueras y Conexiones	Repuestos, Maquinaria	Análisis de Fallas

Fuente: Los autores

Estas actividades se inician, identificando el camión granelero que requiere con más urgencia el plan de mantenimiento que seguramente será una actividad correctiva y asignando un numero de prioridad a cada uno de los camiones, consecuentemente al segundo día el plan inicia para el siguiente camión con más urgencia hasta completar las posibles actividades correctivas para todos los camiones, Cuando termina esta actividad para el ultimo camión empieza el plan Plan de Mantenimiento Preventivo L.E.M para el primer camión. En la

siguiente tabla se presentan las fechas de inicio tentativo, las actividades y la periodicidad de cada una de estas actividades

Tabla 4. Cronograma de Actividades Preventivas

Fecha tentativa de inicio	Actividad	Periodicidad
viernes, 01 de diciembre de 2023	Inspección del Nivel de Fluido	Semanalmente
sábado, 02 de diciembre de 2023	Cambio Regular de Filtros	Mensualmente
domingo, 03 de diciembre de 2023	Inspección y Ajuste de Cilindros	Día de por medio
lunes, 04 de diciembre de 2023	Monitoreo de Presión y Temperatura	diariamente
martes, 05 de diciembre de 2023	Lubricación de Componentes	Semanalmente
miércoles, 06 de diciembre de 2023	Inspección de Mangueras y Conexiones	Semanalmente

Fuente: Los autores

En cuanto al presupuesto debe contemplar los recursos necesarios para la asignación específica para repuestos, mantenimientos contratados y entrenamiento del personal.

Una lista más detallada para las actividades correspondientes al plan para la estructura de los camiones que garantizan la movilidad, así como la disponibilidad de cada camión se presenta en la siguiente tabla, donde se debe tener presente la funcionalidad y la importación de cada repuesto. Independientemente se debe garantizar, tanto la movilidad del vehículo, como su uso en el transporte, cargue y descargue efectivo de la materia prima

Tabla 5. Lista de chequeo para los componentes del chasis de un camión granelero

CHASIS	Chequeo	cumple		Observaciones
		Si	No	

Estructura	<ul style="list-style-type: none"> • Se verificar el estado general de su estructura busca signos de corrosión, abolladuras o daños en la pintura o grietas en sus uniones. 			
Enganche y acoplamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Asegurar de que el sistema de enganche esté en buenas condiciones y bien lubricado. 			
	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que el acoplamiento y el perno de seguridad estén en su lugar y funcionando correctamente. 			
Ejes y ruedas	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar los ejes en busca de desgaste o daños. 			
	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que las ruedas estén bien sujetas y que los pernos estén apretados. 			
Sistema de frenado de emergencia	<ul style="list-style-type: none"> • Probar el freno de emergencia para asegurarte de que funcione correctamente. 			
Limpieza	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar el remolque tanto por dentro como por fuera para prevenir la acumulación de suciedad y corrosión 			

Fuente: Los autores

Las latas, el sistema de enganche y acoplamiento, los ejes y ruedas, el sistema de frenado de emergencia y la limpieza de caminos transportadores de granos.

Tabla 6. Lista de chequeo para el sistema mecánico, tornillo sin fin de los camines graneleros

SISTEMA MECÁNICO (Tornillos Sin-fin)	Chequeo	Cumple		Observaciones
		Si	No	
Inspección visual	• Examinar visualmente el tornillo sin fin en busca de desgaste, daños o deformaciones.			
	• Verificar si hay acumulación de residuos, como granos o polvo, en el tornillo.			
	• Inspeccionar las aspas del tornillo en busca de desgaste excesivo o roturas.			
Lubricación	• Asegurar de que el sistema de lubricación esté funcionando correctamente.			
	• Lubricar las partes móviles			
Alineación	• Asegurar de que el tornillo sin fin esté alineado correctamente y no presente desalineación.			
	• Verificar que los soportes y los soportes estén en buen estado			
Revisión de sellos y juntas	• Inspeccionar los sellos y juntas en busca de fugas de grasa o material transportado			
	• Reemplazar los sellos y juntas dañados			
Limpieza	• Realizar pruebas de funcionamiento para asegurarse de que el tornillo sin fin gire de manera suave y sin obstrucciones			

Fuente: Los autores

El sistema de tornillo sin fin con problemas de lubricación, Alineación y Revisión de sellos y juntas de camiones graneleros o de transporte de granos.

Tabla 7 Lista de chequeo para el sistema hidraulico de los camines graneleros

SISTEMA HIDRÁULICO	Observaciones	Cumple		Observaciones
		Si	No	
Inspección general	• Verificar visualmente todo el sistema hidráulico en busca de fugas de fluido, conexiones sueltas o daños en las mangueras y tuberías.			
	• Asegurar de que no haya objetos extraños o acumulación de suciedad en las áreas del sistema hidráulico.			
Nivel de fluido	• Comprobar el nivel de fluido en el depósito del sistema hidráulico y ajústelo según las especificaciones del fabricante.			
Calidad del fluido	• Verificar la calidad del fluido hidráulico. Si el fluido está contaminado o presenta signos de desgaste, considerar el reemplazo			
Filtros	• Inspeccionar y reemplazar los filtros de acuerdo con el programa de mantenimiento recomendado por el fabricante.			
Mangueras y conexiones	• Revisar todas las mangueras y conexiones en busca de desgaste, grietas o signos de envejecimiento.			
	• Apretar cualquier conexión suelta.			
Cilindros hidráulicos	• Inspeccionar los cilindros hidráulicos en busca de fugas de aceite.			
	• Verificar que los sellos de los cilindros estén en buen estado y reemplace los dañados.			
Válvulas y bomba hidráulica	• Asegurar de que las válvulas y la bomba hidráulica funcionen correctamente.			
	• Verificar que no haya fugas en las válvulas y que todas las palancas y controles sean operativos.			
Depósito y respiradero	• Limpiar el depósito de fluido y asegúrese de que el respiradero esté libre de obstrucciones.			
Presión y temperatura	• Verifique los medidores de presión y temperatura, y asegurar de que estén dentro de los rangos especificados por el fabricante.			

Sistema de filtración auxiliar	• El sistema hidráulico utiliza un sistema de filtración auxiliar, inspeccionar y reemplazar los elementos filtrantes según sea necesario.			
Pruebas de funcionamiento	• Realizar pruebas de funcionamiento en el sistema hidráulico para asegurarse de que todas las funciones operen correctamente.			

Fuente: Los autores

El sistema el sistema hidráulico de los camiones graneleros, donde se evidenciaron fallas o problemas sobre el Nivel de fluido, la Calidad del fluido, los Filtros, las Mangueras y conexiones, los Cilindros hidráulicos, las válvulas, las bomba hidráulica, el depósito y respiradero, la Presión y temperatura, el Sistema de filtración auxiliar y las Pruebas de funcionamiento que no se hacen periódica y regularmente.

En cuanto a los métodos de Evaluación, estos se diseñan con base en los indicadores de gestión, cuyo plan se presenta en el siguiente subcapítulo, teniendo en cuenta los indicadores de desempeño que se diseña para monitorizar mensualmente a los indicadores de confiabilidad, disponibilidad, seguridad y producción efectiva para evaluar el impacto del plan.

Igualmente se programan mediante un pan de auditorías periódicas, las revisiones del mantenimiento, para evaluar la implementación correcta de las actividades preventivas, la calidad de los trabajos realizados y la eficiencia en el uso de los recursos. Se planean encuestas de satisfacción del personal de mantenimiento para obtener retroalimentación del equipo de mantenimiento para evaluar la efectividad del plan desde su perspectiva y recopilar sugerencias para mejoras.

Los participantes en las Actividades de Evaluación y Control serán principalmente el personal de Mantenimiento, quienes están encargados de la ejecución de las actividades preventivas y reporte de observaciones y hallazgos durante las inspecciones. Conformados por supervisores de Mantenimiento, quienes serán responsables de supervisar las actividades del personal de mantenimiento y asegurar la calidad en la ejecución de las tareas. Ellos también pueden conformar un equipo de Gestión de Riesgos para colaborar en la identificación y evaluación de riesgos potenciales asociados al mantenimiento y propondrán medidas correctivas y el comité de Revisión de Resultados, que se conformará para revisar mensualmente los resultados de los indicadores y evaluará el cumplimiento de las metas establecidas.

Personal de Mantenimiento realizará las actividades preventivas según el cronograma establecido y reportará cualquier anomalía detectada durante la ejecución, encabezados por los supervisores de mantenimiento, quienes examinarán la correcta ejecución de las actividades y asegurarán que se cumplan los estándares de calidad y seguridad, para que el equipo de gestión de riesgos participe en la identificación de posibles riesgos y proponga medidas correctivas y/o preventivas, que son igualmente revisadas por el Comité de Revisión de Resultados, quienes analizarán los informes mensuales de desempeño, proponiendo ajustes y mejoras según sea necesario.

Finalmente son estos comités de revisión de resultados, quienes planificarán reuniones mensuales para revisar los informes de desempeño y ajustar el plan según sea necesario, para convocar a los miembros del Comité, conformado por representantes de la alta dirección, supervisores de mantenimiento, personal de gestión de riesgos y, si es necesario, expertos

externos en ingeniería mecánica. Las funciones del Comité serán evaluar el cumplimiento de los indicadores, revisar observaciones y sugerencias del personal, proponer ajustes en el plan de mantenimiento y asegurar que se alinee con los objetivos estratégicos de la empresa. Para lo cual también se programan Métodos de Auditorías en las que los Checklists de Auditoría se utilizan para evaluar la ejecución de actividades preventivas, la calidad de los trabajos y el estado de los equipos después de cada mantenimiento.

Ahora bien, los informes a la Empresa serán mensualmente, basados en los desempeños: detallados, dirigidos al comité de revisión de resultados, incluyendo análisis de indicadores, observaciones del personal, propuestas de mejora y ajustes al plan de mantenimiento. En el informe anual de Evaluación se deben resumir los resultados de cada mes, destacando logros y áreas de mejora, y proponiendo ajustes estratégicos para el próximo año, puesto que la implementación de estos métodos de evaluación y control garantizará que el plan de mantenimiento preventivo para vehículos graneleros avícolas se mantenga efectivo, adaptándose a las necesidades cambiantes y asegurando la excelencia en las operaciones de mantenimiento.

7.3 Actividades de control y seguimiento con base en indicadores del mantenimiento, disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad

Como se ha dicho anteriormente el eje del funcionamiento del plan está dado por los indicadores y para cerrar el ciclo 5QS, en el plan de gestión de indicadores que se presenta a continuación se incluye los responsables, conformados, tanto por quienes van a participar en dichas actividades, como por los distintos comités de revisión de resultados. Los formatos

utilizados en las actividades y en el seguimiento responsable de auditorías auditorias se incorporan el anexo A incluyendo perfiles y competencia de cada puesto de trabajo, capacitaciones, entrenamiento, calibraciones de pesaje, programa de limpieza y desinfección de los camiones, seguridad industrial en el mantenimiento, propuestas de mejoramiento. Finalmente en el 'anexo B se presenta el bosquejo y adelanto del manual de funciones.

El plan de indicadores de desempeño que se presenta en la siguiente tabla incluye confiabilidad, disponibilidad, seguridad, producción efectiva, entre otros; y su evaluación continua consistirá en la revisión mensual de los indicadores, el ajuste del plan según los resultados obtenidos y la incorporación de nuevas tecnologías y mejores prácticas.

Tabla 8. Indicadores de mantenimiento

Indicador	Procedimiento de Cálculo	Frecuencia de Toma de Datos	Meta	Resultado Presente	Promedio Actual
Disponibilidad	(Tiempo total de operación) / (Tiempo total de operación + tiempo total de parada)	Mensual	> 95%		
Confiabilidad	Horas de reparación / Número de fallas detectadas	Mensual	> 90%		
Mantenibilidad	Tiempo total de fallas / Número de fallas detectadas	Mensual	< 10%		
Horas de Mantenimiento	(Horas hombre de mantenimiento planeado) / (Horas hombre totales de mantenimiento)	Mensual	< 20%		
Costo de Mantenimiento	(Costo total de mantenimiento planeado) / (Costo total de mantenimiento)	Mensual	< 15%		

Trabajos Terminados	(Trabajos terminados) / (Trabajos programados)	Mensual	> 90%		
Índice de Rendimiento	(Horas hombre prevista) / (Horas hombre reales)	Mensual	> 95%		
Frecuencia de Fallos	(Número total de paradas) / (Tiempo de carga)	Mensual	< 5%		
Tiempo Medio entre Fallos	(Tiempo total de parada) / (Número de paradas)	Mensual	> 1500 horas		
Tiempo Medio para Reparación	(Tiempo total de parada) / (Número de paradas)	Mensual	< 8 horas		

Fuente: Los autores

La frecuencia de toma de datos se establece como mensual para todos los indicadores, pero puede ajustarse según las necesidades y la criticidad de cada indicador. La meta y el resultado presente deben ser llenados con valores específicos basados en los objetivos de la empresa y los estándares de la industria. El promedio actual se actualizará conforme se tomen los datos mensuales y se calculará al final del período establecido para la evaluación del plan.

7.4 Base de datos para la gestión del mantenimiento según la metodología 5QS

Para cumplir con los objetivos propuestos, en el anexo se pueden observar los pantallazos de una base de datos que evidencia que la gestión eficiente del mantenimiento de graneleros es esencial para garantizar la operación fluida y confiable de estos vehículos. La implementación de una base de datos en Excel, siguiendo la metodología 5QS, proporciona una herramienta práctica y accesible para registrar y analizar información clave sobre los vehículos y los servicios de mantenimiento. La base de datos se estructura con una pantalla

principal que incluye un formulario de entrada con dos botones principales: "Registro de Vehículos" y "Registro de Servicios".

Esta pantalla principal se presenta como un panel de control desde el cual se accede a las funcionalidades esenciales de la base de datos. Dos botones destacan en esta pantalla, cada uno dirigido a una tarea específica de registro de vehículos y registro de Servicios. Al hacer clic en este botón, se despliega un nuevo formulario destinado a la introducción de datos sobre los graneleros. Los campos a completar incluyen la placa o referencia del vehículo, tipo de vehículo, planta o granja asociada, conductor y otros detalles relevantes. Este formulario presenta botones para "Generar Registro", "Ingresar Nuevo Registro", "Ir a la Base de Datos" e "Ir al Registro". Estos facilitan la navegación y gestión eficiente de la información.

En registro de servicios se activa un formulario específico para el registro detallado de servicios de mantenimiento. Se ingresan datos como la placa o referencia del vehículo, tipo de mantenimiento, sistema abordado, repuestos utilizados, fecha del servicio, horas de trabajo, entre otros. Los botones en este formulario permiten acciones similares a los del Registro de Vehículos, como "Generar Registro", "Ingresar Nuevo Registro", "Ir al Inicio".

Las ventajas de la Base de Datos radican en que permiten el registro centralizado, puesto que todos los datos relacionados con vehículos y servicios de mantenimiento se almacenan en una ubicación agrupada, facilitando la consulta, el análisis y la facilidad de Acceso a la interfaz amigable permite a los usuarios introducir información de manera sencilla y acceder rápidamente a los registros. El seguimiento Detallado permite la inclusión de campos específicos, como horas de trabajo, fechas y sistemas involucrados

9. Conclusiones

Se identifica la necesidad de un proceso de jerarquización de equipos mediante el análisis de criticidad, para el diagnóstico productivo de Metal Partes SAS, en lo referente al estado de sus vehículos, los cuales desempeñan un papel fundamental como punto de partida para la producción avícola, por esto la implementación del plan preventivo propuesto, que incluye la evaluación y selección cuidadosa de estos equipos críticos permitirá centrar los esfuerzos preventivos en áreas estratégicas de este proceso productivo.

Como parte integral de la propuesta del plan preventivo, se idearon y definieron actividades preventivas alineadas con la metodología LEM. La creación de formatos específicos necesarios para la ejecución de estas actividades se materializó a través de una integración eficiente con una base de datos en Excel. Este enfoque no solo simplifica la introducción de datos, sino que también mejora la planificación y programación del plan preventivo de mantenimiento, garantizando un seguimiento preciso y una ejecución eficiente.

Con miras al mediano y largo plazo, se recomienda a Metal Partes SAS la consideración de adquirir un software de mantenimiento más robusto y avanzado disponible en el mercado. Este tipo de herramienta permitirá estandarizar y optimizar la planificación de actividades de mantenimiento, abarcando aspectos preventivos, correctivos y de mejoras. La inversión en un software especializado proporcionaría a la empresa un marco más completo y sofisticado para la gestión integral de su mantenimiento.

En la evaluación continuada del plan de mantenimiento, que se propone a Metal Partes SAS, la implementación de indicadores de gestión específicos para el mantenimiento

preventivo, derivados de las actividades del plan, servirán como herramientas fundamentales para motivar el mejoramiento continuo de los estos procesos productivos los resultados obtenidos pueden ser evaluados por el comité de mantenimiento, que se puede encargar de llevar a cabo su implementación y ajustes necesarios.

Para concluir la implementación del plan de mantenimiento, se sugiere a Metal Partes SAS la creación de un comité dedicado a la organización del área de mantenimiento. Este comité estaría compuesto por cinco integrantes con diversas habilidades y experiencias, incluyendo un ingeniero mecánico, un tecnólogo en mantenimiento industrial y tres técnicos en mecánica industrial y automotriz. La función principal de este comité sería realizar ajustes continuos durante el proceso, mediante reuniones periódicas y auditorías anuales, con el objetivo de mejorar constantemente el plan de mantenimiento y asegurar su eficacia a lo largo del tiempo. Este enfoque colaborativo y proactivo garantizaría una adaptación constante a las necesidades cambiantes de Metal Partes SAS en el ámbito del mantenimiento.

Con respecto a la base de datos, los botones de navegación y gestión permiten una experiencia de usuario intuitiva, facilitando la transición entre funciones, donde los beneficios para la Metodología 5QS como son la Calidad, la planificación, la organización y la Evaluación son evidentes.

En cuanto a la calidad, la base de datos asegura la calidad de la información al estandarizar la entrada de datos y evitar redundancias. Por su parte la planificación, permite la planificación efectiva al proporcionar información sobre la frecuencia y tipos de mantenimiento requeridos. La organización facilita la distribución de datos, permitiendo una

rápida identificación de vehículos, conductores y servicios específicos. Finalmente, la evaluación mediante los indicadores clave, como la disponibilidad y la frecuencia de fallos, pueden evaluarse fácilmente a través de análisis de datos.

La implementación de una base de datos en Excel para la gestión de mantenimiento de graneleros según la metodología 5QS brinda una herramienta efectiva y accesible. Facilita la entrada de datos, asegura la calidad de la información y proporciona una visión detallada de las operaciones de mantenimiento. Esta iniciativa promueve una gestión proactiva y eficiente, alineada con los principios de la metodología 5QS para la mejora continua en la industria del transporte en graneleros.

Referencias Bibliográficas

- Alberto, M. G. (2009). *Mantenimiento, planeacion, ejecucion y control. mexico tecnico* primera edicion.
- Albrecht, H. J. (1950). "Maintenance prevention." *Chemical Engineering*, 57(18), 97-126.
- Ángel y H. M. Olaya, 2014. «Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Empresa AgroAngel,» [Trabajo de grado]
- Armando, J. C. (2010). *Plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada en funcionamiento de la zona vial N°14. Sancarlos, Guatemala: Trabajo de grado Ing mecanico.*
- B. D. Gómez, (2020) «Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para Molinos Arroceros Estadares con una Capacidad de 15 Toneladas/hora,» [Tesis de Grado].
- Cabrera Bekker, R. I. (2022). *Diseño de investigación de un plan de mantenimiento preventivo para elevador de dos plazas para automóviles ubicado en un estacionamiento en ciudad de Guatemala (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).*
- Chávez, J. J. (2012). *Diseño e implementación de in sistema de mantenimiento industrial asistido por computador para la empresa cubiertas del Ecuador KUBIEK SA, en la planta Esthela. Escuela Politécnica del Ejército (ESPE).*
- C. A. Martínez y S. P. Caballero, 2018 «Propuesta de Plan de Mantenimiento Preventivo a la Empresa de Fertilizantes Agro Orgánicos S.A.S,» [Tesis de Grado].
- García Monsalve German, G. H. (2009). *Metodología de mantenimiento con posible aplicacion agroindustrial. CES Medicina veterinaria y zootecnia.*
- G, C. B. (1993). *Manual de mantenimiento . Informador tecnico, 36.*
- García Monsalve German, G. H. (2009). *Metodología de mantenimiento con posible aplicacion agroindustrial. CES Medicina veterinaria y zootecnia.*
- García Monsalve, H. González S y E. Cortés M, 2009 «Metodología de Mantenimiento con Posible Aplicación en el Sector Agroindustrial,» *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, vol. 4, n° 2, pp. 137-150.
- García Monsalve, H. González S y E. Cortés M, 2009. «Metodología de Mantenimiento con Posible Aplicación en el Sector Agroindustrial,» *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, vol. 4, n° 2, pp. 137-150.
- Garrido, S. G. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento. Ediciones Diaz de santos.*
- González, J. P., & Andrade, J. (2021). *Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo Basado en la Metodología 5qs para los Equipos y Maquinaria de la Planta de Trituración Esgamo S.A.S. Universidad Antonio Nariño, Facultad de Ingeniería*

Mecánica, Electrónica y Biomédica. Ibagué, Colombia: Programa Ingeniería Mecánica.

Grupo TME. (22 de Febrero de 2018). grupotmeuio.blogspot.com. Obtenido de Equipo granelero: <https://grupotmeuio.blogspot.com/2018/02/equipo-granelero-grupo-tme-empresa.html>

Hernandez. C. (2010). Plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada en funcionamiento de la zona vial N°14. Sancarlos, Guatemala: Trabajo de grado Ing mecanico.

Herrera Galan, Michael Y. D. (2014). Sisitema Automatizado para la gestion de mantenimiento. Tendencian en la ingenieria , 5.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (sexta ed.). México: McGRAW-HILL. Obtenido de https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampie

Flores Carballo Alba Nohemi, P. O. (2017). Sistema de ayuda a la gestion del mantenimientode maquinaria y vehiculos en un distrito de riego, metodologia 5qs. Invencion Tecnica.

I. D. Gómez L,2006, Introducción al Mantenimiento Estratégico, Bogotá: Universidad Libre,

J. Rodríguez,2008. Gestión del Mantenimiento: Introducción a la Teoría del Mantenimiento.

Mobley, R. K. (2002). Root Cause Failure Analysis. Butterworth-Heinemann.

Nakajima, S. (1988). Introduction to Total Productive Maintenance (TPM). Productivity Press.

Anexo A. Formatos propuestos

Metal Partes SAS	INFORME DE NO CONFORMIDAD Y ACCIONES DE MEJORA (SAC- SAP)
-------------------------	--

PARA SER DILIGENCIADO POR QUIÉN DETECTA LA NO CONFORMIDAD

1. GENERALIDADES			
No.	Fecha	Proceso y Actividad a mejorar	Nombre y Cargo de quien detecta la no conformidad

Nota: Solicitar número consecutivo al Depto. de Calidad

2. ORIGEN DE LA NO CONFORMIDAD							
Auditorías		Cliente		Proveedores	Procesos internos	Constructivo	Otros (indique)
Internas	Externas	Queja	Garantías				
•							

3. DESCRIPCIÓN DE LA NO CONFORMIDAD:	REAL: <input type="checkbox"/>	POTENCIAL: <input type="checkbox"/>
HALLAZGO: Describa el hecho o situación		

PARA SER DILIGENCIADO POR EL RESPONSABLE DEL PROCESO A MEJORAR

4. DIAGNÓSTICO DE LA NO CONFORMIDAD	
CAUSA (S) REAL(ES)	1. ELABORADO POR

2. 5. PLAN DE ACCION CORRECTIVO O PREVENTIVO			
CORRECCION (1)	3. PLAN DE MEJORA (2) (AC ---- O AP -----)	4. RESPO NSABLE	5. ECHA LÍMITE

(1) Acción inmediata para eliminar una no conformidad detectada (reprocesar, reemplazar, devolver, diligenciar, etc.)

(2) Acción tomada para eliminar la causa de la no conformidad real o potencial identificada en el numeral 4 de este registro

6. MÉTODO PROPUESTO PARA VERIFICAR LA EFICACIA DEL PLAN DE MEJORA DESPUÉS DE SU EJECUCIÓN	
6. DESCRIPCIÓN	FECHA PREVISTA
7. Análisis de datos sobre desempeño de los procesos	
8. Encuesta de satisfacción del cliente	
9. Auditorias al sistema de calidad	
10. Revisión mensual de proyectos por parte de la Alta Dirección	
11. Otro (especifique)	

12. PARA SER DILIGENCIADO POR LA GERENCIA DE CALIDAD

7. VERIFICACIÓN EFICACIA DEL PLAN DE MEJORA				
13. Causas Eliminadas		14. Método de verificación	Fecha verificación	Fecha próxima verificación
SI	NO			

Observaciones:

C: CREACIÓN

M: MODIFICACIÓN

A: ANULACIÓN

Metal Partes SAS	
PLAN DE AUDITORÍA INTERNA No.	

Fecha:	
Aspecto a Auditar:	
Objetivo:	
Alcance:	
Vehículos auditados :	
Auditor:	
Fecha de ejecución auditoría:	
Fecha de Entrega Informe	

1. PLAN A REALIZAR

FECHA	2. H ORA	PROCESO Y/O PROCEDIMIENTO POR AUDITAR	Proceso de mantenimieto	NOMBRE AUDITOR	NOMBRE AUDITADO Y CARGO
Firma Auditor Principal			Fecha y recibido:		
Firma y fecha de Auditados					OBSERVACIÓN:
Firma y fecha de Auditados					OBSERVACIÓN:
Firma y fecha de Auditados					OBSERVACIÓN:
Firma y fecha de Auditados					OBSERVACIÓN:
Firma y fecha de Auditados					OBSERVACIÓN:

Metal Partes SAS

**INFORME DE
AUDITORÍA INTERNA**

3. Fecha de Entrega	Lugar de Entrega	
Nombre y Cargo del Auditor Principal	Firma Auditor Principal	
Objetivo de la Auditoría.	Alcance de la Auditoría	
Vehículos auditados	Nombre responsable y cargo	
Fecha de la Auditoría	Lugar	
Lugar y hora reunión de apertura:		
Documentos Consultados		
Fortalezas Encontradas		
Observaciones y Hallazgos		
No Conformidades encontradas		
Plan de Mejora		
Lugar y hora reunión de cierre		
Fecha de Radicación:	Nombre y cargo de quién recibe:	4. Firma

Metal Partes SAS
ENCUESTA DE SATISFACCIÓN A OPERARIOS

*“Usted es uno de nuestros más destacados aliados, su apoyo ha sido fundamental para el desarrollo de **nuestro proyecto**, hoy lo hacemos participe del compromiso de brindarle un producto con la calidad y el servicio que siempre nos ha caracterizado. Como nuestra prioridad es su satisfacción, hemos diseñado esta encuesta, herramienta para identificar sus expectativas, por lo que su opinión es muy importante”*

CIUDAD Y FECHA:	VEHICULO:
NOMBRE DE QUIÉN DILIGENCIA LA ENCUESTA:	DIRECCIÓN Y TELÉFONO:

INSTRUCCIONES PARA DETERMINAR LA CALIFICACIÓN:

De acuerdo a la tabla siguiente evalúe cada enunciado. Defina en la casilla de observaciones sus sugerencias. Favor devolver la encuesta diligenciada por correo electrónico o al Fax **347 9066** en Bogotá.

ASPECTO A EVALUAR					
1. PROCESOS DE LA DIRECCIÓN	EXCELENTE	BUENA	REGULAR	DEFICIENTE	NA
Comunicación con el cliente					
Disponibilidad y atención de la dirección cuando es requerida.					
Solución a las inquietudes y requerimientos					
Documentación e información suministradas					
OBSERVACIONES					

2. PROCESOS DE MANTENIMIENTOS	EXCELENTE	BUENA	REGULAR	DEFICIENTE	NA
Cumplimiento de los compromisos pactados					
Cumplimiento de especificaciones esperadas de la obra hasta el momento.					
Eficiencia de la gestión ambiental					
Cumplimiento en la programación de mantenimiento					
OBSERVACIONES:					

3. ATENCIÓN DE LAS QUEJAS Y RECLAMOS	SI	NO	NA
Las quejas y reclamos han sido atendidos rápidamente?			
OBSERVACIONES:			

4. PERCEPCIÓN DEL CLIENTE	EXCELENTE	BUENA	REGULAR	DEFICIENTE	NA
Cual es su percepción de CONYEQUIPOS LTDA., frente a los servicios y productos ofrecidos					
OBSERVACIONES:					

“su colaboración ha sido valiosa, gracias”

Metal Partes SAS

REGISTRO DE CAPACITACIÓN

Datos quien efectua la capacitación

TEMA DE LA CAPACITACIÓN	DIRIGIDO A QUE AREA(S)	Nº DE INVITADOS	Nº DE ASISTENTES
FECHA DE LA CAPACITACIÓN	HORA	LUGAR	

Datos quien efectua la capacitación

Nombre	Cargo

Lista de asistentes a la capacitación

Nº	NOMBRE	CARGO O FUNCIÓN	La capacitación cumplio con sus expectativas	
			SI	NO

Observaciones y Necesidades de capacitación observadas

ELABORÓ

APROBO

CARGO:

CARGO:

Metal Partes SAS		EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO		
Datos del Evaluado				
Nombre	Cargo	Fecha	Firma	
Datos del Jefe Inmediato				
Nombre	Cargo	Firma		
Puntaje de la Evaluación				
Califique cada aspecto de acuerdo a la siguiente escala				
Siempre (5) La Mayoría de las veces (4) Algunas Veces (3) Pocas Veces (2) Casi Nunca (1)				
Factores a Evaluar		Evaluación		
		Trabajador	Jefe Inmediato	Consenso
1.COMPROMISO Y RESULTADOS				
1.1 Calidad: Desarrolla su labor de manera cuidadosa y precisa, sin cometer errores. 1.2 Rendimiento: Habilidad para ejecutar su trabajo con prontitud y precisión, es decir en el tiempo establecido. 1.3 Organización: Planea, distribuye y ejecuta la labor con orden y siguiendo los procedimientos establecidos. 1.4 Conocimiento del cargo: Se puede confiar plenamente en la ejecución del trabajo y los mantenimientos al vehículo 1.5 Puntualidad: Cumple compromisos (horarios, reuniones, entrega de trabajos). 1.6 Información: proporciona la información con calidad (Contenido, forma y tiempo)				
TOTAL				
2. CONDUCTA ORGANIZACIONAL				
2.1 Principios Organizacionales: Identificación y cumplimiento de las políticas, objetivos, normas, instrucciones y reglamentos. 2.2 Eficacia: Las personas que reciben su trabajo están satisfechas con la calidad del mismo (producto cliente). 2.3 Eficiencia: Utiliza adecuadamente los recursos y procesos. 2.4 Actitud: Muestra disposición de servicio a los requerimientos y los cumple. 2.5 Trato: Es respetuoso, amable y cordial.				
TOTAL				
Califique cada aspecto de acuerdo a la siguiente escala				
Excelente 3, Bueno 2, Regular 1, Deficiente 0				
3. Habilidades: (Ha mejorado las habilidades de manejo propio de su trabajo?)				
Describalas: 1. 2. 3. 4.				
TOTAL				
Calificación				
Observaciones y/o Necesidades de Capacitación				
Observaciones Jefe Recursos Humanos				
			Fecha (d/m/a)	
			Firma	

Anexo B. Funciones

Este manual proporciona un marco claro de responsabilidades y requisitos para cada posición en el departamento de mantenimiento. Cada miembro del equipo tiene un papel crucial para garantizar el funcionamiento eficiente y confiable de los equipos e instalaciones de Metal Partes SAS

1. Ingeniero Mecánico

Responsabilidades:

Diseñar, planificar y supervisar proyectos de mantenimiento mecánico.

Desarrollar estrategias para optimizar el rendimiento y la confiabilidad de los equipos.

Liderar equipos de técnicos y supervisar la ejecución de actividades de mantenimiento.

Realizar análisis de fallos y proponer soluciones técnicas.

Colaborar en la selección y adquisición de repuestos y equipos.

Requisitos:

Título universitario en Ingeniería Mecánica.

Experiencia en gestión de proyectos de mantenimiento.

Conocimiento avanzado de herramientas de diseño y análisis.

2. Tecnólogo en Mantenimiento Industrial

Responsabilidades:

Ejecutar actividades de mantenimiento preventivo y correctivo.

Coordinar con el equipo de ingenieros para implementar las estrategias de mantenimiento.

Supervisar la ejecución de trabajos por parte de los técnicos.

Registrar y analizar datos de mantenimiento para informes regulares.

Colaborar en la formación técnica del personal a cargo.

Requisitos:

Título de tecnólogo en Mantenimiento Industrial.

Experiencia práctica en actividades de mantenimiento.

Habilidades de coordinación y comunicación efectiva.

3. Técnico en Mecánica Industrial y Automotriz

Responsabilidades:

Realizar mantenimiento preventivo y correctivo en maquinaria industrial.

Diagnosticar y reparar averías mecánicas en equipos.

Colaborar en la instalación y puesta en marcha de maquinaria.

Realizar inspecciones regulares y generar informes técnicos.

Cumplir con estándares de seguridad y calidad en el trabajo.

Requisitos:

Título técnico en Mecánica Industrial y Automotriz.

Experiencia práctica en mantenimiento de maquinaria industrial.

Conocimientos sólidos en lectura de planos y manuales técnicos.

4. Ayudante de Mecánica

Responsabilidades:

Asistir en la ejecución de tareas de mantenimiento asignadas.

Colaborar en la preparación de equipos y herramientas para trabajos.

Aprender y seguir las instrucciones del personal técnico.

Mantener limpio y organizado el área de trabajo.

Participar en programas de formación y capacitación.

Requisitos:

Educación secundaria completa.

Interés en la mecánica industrial.

Habilidad para seguir instrucciones y aprender rápidamente.

5. Supervisor de Maquinaria

Responsabilidades:

Coordinar y supervisar las actividades diarias del equipo de mantenimiento.

Planificar y programar tareas de mantenimiento preventivo y correctivo.

Colaborar en la evaluación del desempeño del personal a cargo.

Participar en la toma de decisiones estratégicas para optimizar la eficiencia.

Garantizar el cumplimiento de estándares de seguridad y calidad.

Requisitos:

Experiencia previa en roles de supervisión en mantenimiento.

Conocimientos sólidos en gestión de mantenimiento y programación de tareas.

Habilidades de liderazgo y resolución de problemas.

Anexo C. Imágenes de la base de datos

Entrada



REGISTRO DE GRANELEROS

PLACA O REFERENCIA DEL VEHICULO

TIPO DE VEHICULO

PLANTA O GRANJA

CONDUCTOR

NUEVO

REGISTRAR

IR BASE DE DATOS

INICIO

SERVICIOS

PLACA O REFERENCIA	TIPO DE MANTENIMIENTO	SISTEMA	REPUESTOS	FECHA	horas de trabajo	FECHA ACTUAL	DIAS TRABAJADOS	HORAS DE TRABAJO DIAR	DURACION EN DIAS	Proximo cambio
					#N/A	24/10/2023	45223,00		#N/A	#N/A
MGS 316	CORRECTIVO	HORIZONTAL	CREMALLERA COMPUERTAS	10/04/2023	2700	24/10/2023	197,00	8	338	12/03/2024
MGS 316	CORRECTIVO	BASUCA	CARCASA TORNILLO SIN FIN	21/04/2023	1500	24/10/2023	186,00	8	188	25/10/2023
MGS 318	PREVENTIVO	HORIZONTAL	TORNILLO SIN-FIN HORIZONTAL	15/02/2023	2000	24/10/2023	251,00	8	250	23/10/2023
MGS 318	PREVENTIVO	VERTICAL	ACOPLE MACHO	15/03/2023	2100	24/10/2023	223,00	8	263	02/12/2023
MGS 318	PREVENTIVO	HORIZONTAL	ACOPLE MACHO	18/04/2023	2100	24/10/2023	189,00	8	263	05/01/2024