

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	30-09-2024	C
	Dependencia	Aprobado	Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA		SUBDIRECTOR ACADEMICO	1(1)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Juan Sebastián Vergel Botello		
FACULTAD	Ingenierías		
PLAN DE ESTUDIOS	Ingeniería Mecánica		
DIRECTOR	Jhon Arévalo Toscano		
TÍTULO DE LA TESIS	Apoyo en la ejecución y control de actividades del área de mantenimiento en la empresa Agropecuaria Santa María.		
TITULO EN INGLES	Support in the execution and control of maintenance area activities at Agropecuaria Santa María.		
RESUMEN			
La pasantía se desarrolló en Agropecuaria Santa María, empresa del sector agroindustrial dedicada a la producción de palma de aceite. El trabajo consistió en apoyar las actividades del área de mantenimiento mediante el registro de horómetros, elaboración de órdenes de trabajo, análisis básicos de vibraciones y levantamiento de información técnica de activos. Estas acciones contribuyeron a mejorar la trazabilidad de la información, la planificación del mantenimiento y la confiabilidad operativa.			
RESUMEN EN INGLES			
The internship was carried out at Agropecuaria Santa María, an agroindustrial company dedicated to palm oil production. The work focused on supporting maintenance area activities through hour meter recording, preparation of work orders, basic vibration analysis, and technical asset data collection. These activities contributed to improving information traceability, maintenance planning, and operational reliability.			
PALABRAS CLAVES	Mantenimiento preventivo, Confiabilidad operativa, Mantenimiento predictivo, Gestión de activos, Termografía, Planificación del mantenimiento.		
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Preventive maintenance, Operational reliability, Predictive maintenance, Asset management, Thermography, Maintenance planning.		
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 58	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 16	CD-ROM: 0



SC-CER102673



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88
atencionalciudadano@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

Apoyo en la ejecución y control de actividades del área de mantenimiento en la empresa

Agropecuaria Santa María

Juan Sebastián Vergel Botello

Facultad de Ingeniería, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

Ingeniería Mecánica

Jhon Arévalo Toscano

29 de enero de 2026

Índice

Resumen.....	7
Introducción	9
Capítulo 1. Apoyo en la ejecución y control de actividades del área de mantenimiento en la empresa Agropecuaria Santa María	10
1.1. Descripción de la empresa.....	10
1.1.1. Misión	12
1.1.2. Visión.....	12
1.1.3. Objetivos de la empresa	13
1.1.4. Descripción de la estructura organizacional.	14
1.1.5. Descripción de la dependencia asignada.....	15
1.2. Diagnóstico inicial de la dependencia asignada.....	16
1.2.1. Planteamiento del problema.....	18
1.3. Objetivos de la pasantía	20
1.3.1. Objetivo general.....	20
1.3.2. Objetivos específicos	20
1.4. Descripción de las actividades a desarrollar	21
Capítulo 2. Enfoques referenciales	23
2.1 Enfoque conceptual.....	23
2.2 Enfoque legal	26
Capítulo 3. Informe de cumplimiento de trabajo	28
3.1 Presentación de resultados	28

3.1.1 Registrar la información operativa de los activos mediante el control de horómetros y órdenes de trabajo, para facilitar la planificación del mantenimiento.	29
3.1.1.1 Registrar diariamente las lecturas de los horómetros de los activos operativos de la planta extractora	31
3.1.1.2 Apoyar en la elaboración y diligenciamiento de órdenes de trabajo programadas y correctivas	32
3.1.1.3 Digitalizar y organizar la información recolectada en bases de datos o formatos establecidos por el área de mantenimiento	33
3.1.2 Identificar condiciones anómalas en los equipos mediante el análisis básico de termografía y vibraciones, contribuyendo a la detección temprana de fallas.	39
3.1.2.1 Realizar análisis de vibraciones en los activos críticos de la planta utilizando los equipos e instrumentos designados	39
3.1.2.2 Apoyar la ejecución de análisis de termografía para detectar puntos calientes, fugas o sobrecalentamientos en equipos eléctricos y mecánicos.....	39
3.1.2.3 Documentar los resultados obtenidos en cada análisis y reportar hallazgos al responsable de mantenimiento para su evaluación	41
3.1.3 Apoyar el levantamiento de información técnica de los activos en planta para fortalecer la base de datos del área de mantenimiento.....	48
3.1.3.1 Realizar inspecciones visuales y físicas para identificar las características técnicas de los activos (marca, modelo, capacidad, ubicación, estado).....	48
3.1.3.2 Tomar fotografías, registrar datos técnicos y recopilar documentación existente de los equipos	49

3.1.3.3 Ingresar la información recopilada en los formatos digitales del área de mantenimiento para consolidar el inventario técnico	50
Capítulo 4. Diagnóstico final	51
Capítulo 5. Conclusiones	53
Capítulo 6. Recomendaciones.....	55
Referencias.....	56

Lista de tablas

Tabla 1. Matriz DOFA.....	17
Tabla 2. Descripción de las actividades	21

Lista de figuras

Figura 1. Estructura organizacional de Grupo Empresarial Agropecuaria Santa María.....	14
Figura 2. Bienvenida a Agropecuaria Santa María	29
Figura 3. Formato físico para el control diario de horómetros	31
Figura 4. matriz utilizada para la elaboración y seguimiento de las órdenes de trabajo.....	32
Figura 5. Imagen del proceso de ingreso de datos en la plataforma SIGAIND 1.....	34
Figura 6. Imagen del proceso de ingreso de datos en la plataforma SIGAIND 2.....	35
Figura 7. Imagen del proceso de ingreso de datos en la plataforma SIGAIND 3.....	36
Figura 8. Imagen del proceso de ingreso de datos en la plataforma SIGAIND 4.....	36
Figura 9. Matriz de Excel utilizada para consolidar y procesar las lecturas diarias de horómetros	38
Figura 10. Resultado del análisis termográfico realizado a uno de los tableros eléctricos.....	40
Figura 11. Evaluación termográfica de interruptor de potencia y conexiones eléctricas asociadas	43
Figura 12. Evaluación termográfica de interruptor termomagnético en tablero de control eléctrico. Evaluación termográfica de interruptor termomagnético en tablero de control eléctrico	44
Figura 13. Evaluación termográfica de conexiones eléctricas en sistema de distribución de potencia. Evaluación termográfica de conexiones eléctricas en sistema de distribución	46
Figura 14. Evaluación termográfica de contactor en sistema de control eléctrico.	47
Figura 15. Placa de identificación del motoreductor del hidrociclón de almendra húmeda	49
Figura 16. Placa de identificación del motor de la bomba desarenadora.....	50

Resumen

La presente pasantía fue desarrollada en la empresa Agropecuaria Santa María, organización perteneciente al sector agroindustrial y dedicada a la producción y beneficio de palma de aceite. El trabajo se enfocó en el apoyo a la ejecución y control de actividades del área de mantenimiento, una dependencia estratégica para garantizar la confiabilidad operativa de los equipos y la continuidad del proceso productivo. La labor realizada tuvo como propósito fortalecer los procedimientos existentes, mejorar la trazabilidad de la información técnica y contribuir a un mantenimiento más eficiente y preventivo. Las actividades ejecutadas incluyeron el registro diario de horómetros en los equipos operativos de la planta extractora, con el fin de actualizar la información necesaria para la programación del mantenimiento preventivo. Asimismo, se brindó apoyo en la elaboración y diligenciamiento de órdenes de trabajo, tanto programadas como correctivas, asegurando la correcta documentación de las intervenciones realizadas en los activos.

Otro componente fundamental del proceso fue la participación en análisis básicos de vibraciones, técnica utilizada para identificar condiciones anómalas como sobrecalentamientos, desgaste prematuro o fallas potenciales. Estos diagnósticos permitieron detectar irregularidades tempranas y reportarlas oportunamente al personal encargado, contribuyendo así a reducir paradas no programadas y mejorar la confiabilidad de los equipos críticos. De igual forma, se ejecutó el levantamiento de información técnica de activos en planta, recolectando datos como marca, modelo, capacidad, ubicación y estado, además de documentación histórica asociada. Toda esta información fue sistematizada y organizada en bases de datos digitales, fortaleciendo el inventario técnico del área de mantenimiento. En

conjunto, las actividades desarrolladas permitieron mejorar la organización de la información operativa, apoyar la toma de decisiones técnicas, optimizar la planificación del mantenimiento y fomentar un enfoque más estructurado, preventivo y eficiente dentro de la dependencia. Esta experiencia permitió integrar conocimientos teóricos con prácticas reales en un entorno industrial, aportando al fortalecimiento continuo del sistema de mantenimiento de la empresa.

Introducción

La agroindustria de la palma de aceite se ha consolidado como uno de los sectores estratégicos para el desarrollo económico y social en Colombia, al generar empleo, impulsar la productividad rural y promover encadenamientos en la industria alimentaria y energética. En este contexto, la gestión eficiente del mantenimiento de los equipos e infraestructura productiva se convierte en un factor clave para garantizar la continuidad operativa, la reducción de costos y el cumplimiento de estándares de calidad y sostenibilidad. La empresa Agropecuaria Santa María, con más de dos décadas de experiencia en el sector, ha desarrollado un modelo de operación integral que articula procesos agrícolas, industriales y logísticos, orientados hacia la producción de aceite crudo de palma, aceite de palmiste y sus derivados. Dentro de esta estructura, el área de mantenimiento desempeña un papel estratégico, al asegurar la confiabilidad de los activos físicos, optimizar la disponibilidad de equipos críticos y contribuir directamente a los objetivos corporativos.

En este marco, la pasantía realizada tuvo como propósito apoyar la ejecución y control de actividades en el área de mantenimiento, mediante el registro de horómetros, la elaboración de órdenes de trabajo, el análisis de termografía, así como el levantamiento de información técnica de activos. Estas acciones fortalecieron la base de datos de mantenimiento y promovieron un enfoque más proactivo y preventivo en la gestión de los recursos técnicos de la planta.

Capítulo 1. Apoyo en la ejecución y control de actividades del área de mantenimiento en la empresa Agropecuaria Santa María.

1.1. Descripción de la empresa

Grupo Empresarial Agropecuaria Santa María (ASM) (2026), una organización con más de dos décadas de trayectoria en el sector agroindustrial colombiano, fundada en el año 2000.

Este grupo está conformado por diversas empresas interrelacionadas que desarrollan actividades clave dentro de la cadena de producción del aceite de palma, abarcando tanto procesos agrícolas como industriales y logísticos. Dentro del grupo, destacan las siguientes compañías:

Agropecuaria Santa María, empresa principal del grupo, con plantas extractoras de aceite de palma ubicadas en San Martín y Puerto Rico (Meta); Extractora El Estero, situada en Maní (Casanare); Vitis Olei S.A.S., dedicada al manejo agronómico de plantaciones en Maní (Casanare); Palmeras Las Marías, orientada también al cultivo de palma en Puerto Rico (Meta); Aceites Cimarrones, extractora de aceite de palma en Puerto Rico (Meta); Agroweb, responsable de las áreas administrativas y ubicada en Villavicencio (Meta); y TLC, empresa de transporte encargada del traslado de productos. El grupo empresarial ASM centra su actividad económica en la explotación y administración de cultivos de palma africana, el beneficio primario de fruta fresca y la comercialización de productos derivados como el Aceite Crudo de Palma (CPO), el Aceite de Palmiste (CKO) y la Torta de Palmiste. Todo esto se realiza bajo un enfoque de agroindustria sostenible, competitiva y ambientalmente responsable. La capacidad inicial de procesamiento de sus extractoras fue de 15 toneladas por hora (T/h), y actualmente han diversificado sus líneas de negocio incluyendo la venta de viveros e insumos agrícolas, la

prestación de servicios técnicos y la operación de siembras de palma a terceros. Además, el grupo está inscrito ante el Ministerio de Agricultura como una Empresa de Prestación de Servicios Agrícolas (EPSAGRO). (Grupo Empresarial Agropecuaria Santa María, 2026)

En la actualidad, el grupo cuenta con una planta de personal conformada por 88 empleados. En el marco de sus operaciones, el Grupo ASM ha establecido un compromiso firme con la sostenibilidad, formalizado a través de su Política de Sostenibilidad, la cual se fundamenta en tres pilares: ambiental, social y de gobernanza corporativa. En el ámbito ambiental, la empresa promueve la conservación de la biodiversidad mediante la protección de Altos Valores de Conservación (AVC), Áreas de Alto Valor de Carbono (ARC) y ecosistemas naturales. Implementa estrategias de manejo sostenible de recursos naturales como el agua y el suelo, y fomenta prácticas responsables que minimizan residuos y emisiones de gases de efecto invernadero. Está prohibido el uso de sustancias altamente tóxicas como el Paraquat y pesticidas clasificados como 1A/1B por la OMS, así como el establecimiento de nuevas siembras en suelos de turba o áreas protegidas. En el eje social, el grupo se adhiere a principios fundamentales de derechos humanos, respetando los convenios de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la legislación nacional. Se compromete con la eliminación del trabajo infantil, la prohibición del trabajo forzoso, la no discriminación, la protección de los derechos reproductivos y el respeto por los derechos de las comunidades locales e indígenas. Igualmente, fomenta entornos laborales seguros, inclusivos, y equitativos, y promueve el desarrollo comunitario a través de iniciativas educativas, ambientales y económicas. En cuanto a la gobernanza, se destaca el compromiso con la ética empresarial, la transparencia y la participación activa de los grupos de interés. Se asegura el cumplimiento de normativas nacionales e internacionales y se implementan estándares

reconocidos como RSPO (Mesa Redonda sobre Aceite de Palma Sostenible) e ISCC (Certificación Internacional de Sostenibilidad y Carbono), lo cual garantiza la trazabilidad y sostenibilidad de su cadena de suministro. Así mismo, el grupo empresarial cuenta con una sólida Política de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), orientada a proporcionar condiciones laborales seguras y saludables para todos sus colaboradores. Esta política se apoya en el cumplimiento estricto de la legislación nacional, la identificación y control de riesgos laborales, la provisión adecuada de Elementos de Protección Personal (EPP), la realización periódica de evaluaciones médicas ocupacionales y la promoción de estilos de vida saludables. Se resalta el compromiso con la mejora continua y la participación activa de los trabajadores a través del Comité Paritario de Seguridad y Salud en el Trabajo (COPASST). (Grupo Empresarial Agropecuaria Santa María, 2026)

1.1.1. Misión

Generar progreso y bienestar en nuestros grupos de interés, mediante el beneficio de la palma de aceite, obteniendo productos de excelente calidad y garantizando la sostenibilidad de la organización. (Grupo Empresarial Agropecuaria Santa María, 2026)

1.1.2. Visión

En el 2028, seremos reconocidos en los mercados nacionales e internacionales del aceite de palma, aceite de palmiste y sus derivados, por la excelente calidad de nuestros productos, el uso eficiente y sostenibilidad de los recursos. (Grupo Empresarial Agropecuaria Santa María,

2026)

1.1.3. Objetivos de la empresa

- Obtener una extracción promedio de aceite de palma y garantizar que las pérdidas se encuentren de acuerdo con los presupuestos mensuales / anuales establecidos por la alta dirección.
- Obtener un porcentaje de extracción de almendra de acuerdo con los presupuestos mensuales / anuales establecidos por la alta dirección.
- Proteger el medio ambiente y conservar el ecosistema racionalizando el uso de los recursos naturales en el proceso agronómico e industrial, aplicando buenas prácticas agrícolas e industriales e implementando acciones que favorezcan la prevención de la contaminación y la mejora continua de nuestras operaciones y procesos.
- Proteger el medio ambiente y conservar el ecosistema racionalizando el uso de los recursos naturales en el proceso agronómico e industrial, aplicando buenas prácticas agrícolas e industriales e implementando acciones que favorezcan la prevención de la contaminación y la mejora continua de nuestras operaciones y procesos.
- Generar viabilidad económica y sostenible para la compañía y sus accionistas, maximizando la relación costo – beneficio, enmarcados en el cumplimiento de las normas sociales, laborales y ambientales.
- Promover el bienestar social de todos los empleados de la organización, mejorando su calidad de vida dentro de un marco de principios éticos, manteniendo relaciones de mutuo respeto y confianza.

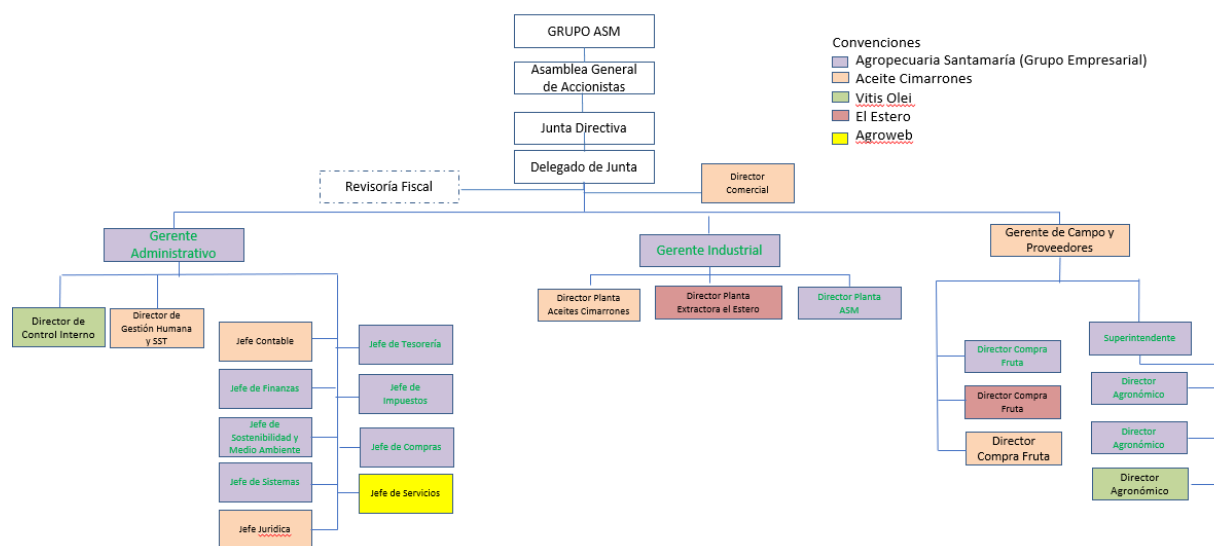
- Mejorar las competencias del personal de la empresa, con el fin de garantizar su pleno desarrollo como personas, profesionales y el desempeño efectivo de sus funciones.
- Promover una cultura de autocuidado que permita mitigar los riesgos de accidentalidad y enfermedades laborales significativas de nuestras operaciones, dando cumplimiento a la normatividad en Seguridad y Salud en el Trabajo

1.1.4. Descripción de la estructura organizacional.

En la Figura 1 puede ser observada la estructura organizacional de Grupo Empresarial Agropecuaria Santa María.

Figura 1

Estructura organizacional de Grupo Empresarial Agropecuaria Santa María.



Nota. Este grafico corresponde a la estructura organizacional de Grupo Empresarial

Agropecuaria Santa María. Tomado de (Grupo Empresarial Agropecuaria Santa María, 2026)

1.1.5. Descripción de la dependencia asignada.

La dependencia de mantenimiento es una unidad operativa clave dentro de la estructura organizacional, responsable de asegurar la disponibilidad, confiabilidad y funcionamiento óptimo de los equipos, maquinarias e infraestructura, tanto en el área industrial como en el ámbito agronómico. Su objetivo principal es garantizar que todos los activos físicos se encuentren en condiciones técnicas adecuadas para evitar interrupciones en los procesos productivos, reducir al mínimo las paradas no programadas y contribuir directamente al cumplimiento eficiente de las metas institucionales. Esta dependencia tiene a su cargo la planificación, ejecución, control y documentación de todas las actividades relacionadas con el mantenimiento preventivo y correctivo, estableciendo procedimientos estandarizados, frecuencias definidas y asignación de recursos adecuados. Para ello, se apoya en herramientas de gestión como la matriz de criticidad de maquinaria y equipos, la cual permite priorizar las intervenciones con base en el impacto operativo y la vulnerabilidad de cada activo. A partir de esta matriz, se diseña un plan de mantenimiento técnico que incluye tareas como lubricación, inspecciones, limpieza, ajustes, reemplazo de repuestos y reparaciones menores, todas ellas programadas para prevenir fallas y prolongar la vida útil de los componentes.

El mantenimiento correctivo, por su parte, se ejecuta de manera reactiva ante fallas imprevistas que afectan parcial o totalmente la operación de equipos en la planta de beneficio o en los procesos de campo. En estos casos, se activa un protocolo de atención inmediata que incluye la evaluación del impacto, la autorización del servicio, la asignación de personal técnico o proveedores externos, y el registro completo del procedimiento a través de plataformas como

AgroWeb, asegurando trazabilidad y control documental. Entre las funciones operativas de la dependencia se encuentra la coordinación y supervisión de las órdenes de trabajo, la solicitud y seguimiento de materiales y repuestos mediante el software Agrowin, y la gestión de entradas y salidas de almacén. Cada intervención técnica es debidamente registrada y archivada en el historial del equipo, incluyendo información detallada sobre las tareas realizadas, los repuestos utilizados, las condiciones encontradas, y las garantías aplicables según la vida útil estimada de los componentes sustituidos. Además, esta área se encarga de la verificación de stock en bodegas, la elaboración de previsiones de necesidades en caso de faltantes, la disposición adecuada de residuos peligrosos y repuestos usados, y la devolución de materiales no utilizados dentro de un plazo operativo de ocho días. También actúa como enlace técnico con los responsables de proceso y dirección de área, informando sobre fallas críticas, proponiendo acciones correctivas, y participando en decisiones que permitan evitar la recurrencia de eventos no deseados.

1.2. Diagnóstico inicial de la dependencia asignada

Con base en la observación directa, la revisión documental y el análisis funcional, se elaboró un diagnóstico inicial de la dependencia asignada en Agropecuaria Santa María, mediante la herramienta estratégica de matriz DOFA. Esta permitió identificar los factores internos (fortalezas y debilidades) y externos (oportunidades y amenazas) que inciden directamente en la gestión del mantenimiento. A continuación, se presenta la matriz como lo muestra la Tabla 1.

Tabla 1*Matriz DOFA*

Debilidades (D)	Oportunidades (O)	Fortalezas (F)	Amenazas (A)
Posible deficiencia en el equipo de mantenimiento debido a la falta de recursos y/o capacitación.	Fortalecimiento en las actividades de capacitación y formación del personal.	Personal técnico capacitado, con experiencia en el mantenimiento de plantas extractoras.	Incumplimiento en la entrega de los materiales y herramientas para la ejecución del mantenimiento.
Falta de comunicación con el área de compras, lo que conlleva a retrasos en la entrega de repuestos.	Adquirir un software de mantenimiento que permita mejorar la gestión del área de mantenimiento.	Programa de mantenimiento implementado para disminuir tiempos de parada no planificados.	Disminución del presupuesto previsto para las actividades de mantenimiento
Falta de comunicación asertiva del área de mantenimiento con otros departamentos.	Desarrollo de nuevas estrategias de mantenimiento para implementar un plan de mantenimiento predictivo y proactivo.	Equipo de mantenimiento altamente motivado y comprometido con la mejora continua	Antigüedad de los equipos e instalaciones
Falta de herramientas especiales para el correcto desempeño del personal ante fallas críticas.	Aprovechar los servicios de capacitaciones que ofrecen los proveedores por las compras de repuestos e insumos de mantenimiento.	Presencia de proveedores locales de repuestos y servicios de mantenimiento	Fluctuación en los precios de los repuestos y piezas de maquinaria.
Actualmente no se cuenta con un stock			Cambios en las regulaciones ambientales que podrían requerir

de repuestos
mínimo en almacén
para la
implementación de
mejoras en planta.

actualizaciones
costosas en la planta.

Riesgos de
seguridad y salud en
el trabajo asociados
con las actividades de
mantenimiento de la
planta.

Nota. La matriz DOFA muestra los factores internos (fortalezas y debilidades) y externos (oportunidades y amenazas) del trabajo de grado apoyo en la ejecución y control de actividades en el área de mantenimiento en la empresa Agropecuaria Santa María.

1.2.1. Planteamiento del problema.

En el contexto industrial, la gestión eficiente del mantenimiento de activos es un factor determinante para garantizar la continuidad operativa, la optimización de recursos y el cumplimiento de los estándares de calidad, seguridad y sostenibilidad. En la planta extractora donde se desarrollan operaciones de alta exigencia técnica, la dependencia de mantenimiento desempeña un rol crucial en la preservación del rendimiento de equipos críticos como bombas, motores, sistemas de transmisión y componentes rotativos. No obstante, se ha identificado que, a pesar del compromiso institucional con la mejora continua, existen desafíos relevantes que limitan el alcance de una gestión de mantenimiento verdaderamente proactiva y estratégica. Entre estos desafíos, destaca la ausencia de un sistema integral de planificación, inspección,

monitoreo y control de activos, lo que impide anticiparse a fallas potenciales y reducir los tiempos de inactividad no programados. Las actividades de mantenimiento aún se desarrollan, en muchos casos, bajo un enfoque reactivo, donde las acciones correctivas superan las preventivas y predictivas, elevando los costos operativos y afectando la disponibilidad de los equipos.

(OxMaint, s.f.)

Adicionalmente, las tareas de recolección y análisis de datos técnicos como el registro de horómetros, la termografía infrarroja, la elaboración de órdenes de trabajo, el levantamiento de información en planta y las previsiones de mantenimiento carecen de una sistematización robusta que permita la trazabilidad, el análisis histórico y la toma de decisiones basadas en información confiable. Esta falta de integración dificulta la generación de indicadores clave de desempeño (KPI) y limita el cumplimiento de normativas internacionales asociadas a la gestión de activos, como la ISO 55001 (2014). La no implementación de un enfoque estructurado, basado en metodologías de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y soportado por herramientas tecnológicas, puede comprometer no solo la vida útil de los activos, sino también la eficiencia energética, la seguridad operativa y la sostenibilidad del proceso productivo. Además, en un entorno industrial cada vez más exigente y regulado, la falta de alineación con estándares internacionales podría representar una barrera para la mejora continua y la competitividad de la organización en futuros proyectos estratégicos. Frente a esta situación, surge la necesidad de fortalecer los procesos de mantenimiento mediante la implementación de prácticas sistemáticas de inspección, monitoreo, análisis y planificación, apoyadas en la tecnología y el talento humano capacitado. Esta mejora permitirá elevar la confiabilidad operativa, reducir fallas inesperadas, optimizar los recursos técnicos y cumplir con los objetivos estratégicos de la planta extractora,

asegurando así la sostenibilidad y productividad del sistema en el largo plazo. (Geisbush & Ariaratnam, 2023)

1.3. Objetivos de la pasantía

1.3.1. Objetivo general

Apoyar en la ejecución y control de actividades del área de mantenimiento en la empresa Agropecuaria Santa María

1.3.2. Objetivos específicos

Consolidar la información operativa de los activos a través del control de horómetros y órdenes de trabajo, con el fin de optimizar la planificación del mantenimiento.

Identificar condiciones anómalas en los equipos mediante el análisis básico de termografía y vibraciones, contribuyendo a la detección temprana de fallas.

Levantar información técnica de los activos en planta para fortalecer la base de datos del área de mantenimiento.

1.4. Descripción de las actividades a desarrollar

Tabla 2

Descripción de las actividades

Objetivo general	Objetivos específicos	Actividades a desarrollar en la empresa para cumplir objetivos específicos
Apoyar en la ejecución y control de actividades del área de mantenimiento en la empresa Agropecuaria Santa María	Registrar la información operativa de los activos mediante el control de horómetros y órdenes de trabajo, para facilitar la planificación del mantenimiento.	Registrar diariamente las lecturas de los horómetros de los activos operativos de la planta extractora. Apoyar en la elaboración y diligenciamiento de órdenes de trabajo programadas y correctivas.
	Identificar condiciones anómalas en los equipos mediante el análisis básico de termografía y vibraciones, contribuyendo a la detección temprana de fallas.	Digitalizar y organizar la información recolectada en bases de datos o formatos establecidos por el área de mantenimiento. Realizar análisis de vibraciones en los activos críticos de la planta utilizando los equipos e instrumentos designados.
		Apoyar la ejecución de análisis de termografía para detectar puntos calientes, fugas o sobrecalentamientos en equipos eléctricos y mecánicos.

Documentar los resultados obtenidos en cada análisis y reportar hallazgos al responsable de mantenimiento para su evaluación.

Apoyar el levantamiento de información técnica de los activos en planta para fortalecer la base de datos del área de mantenimiento.

Realizar inspecciones visuales y físicas para identificar las características técnicas de los activos (marca, modelo, capacidad, ubicación, estado).
Tomar fotografías, registrar datos técnicos y recopilar documentación existente de los equipos.

Ingresar la información recopilada en los formatos digitales del área de mantenimiento para consolidar el inventario técnico.

Capítulo 2. Enfoques referenciales

2.1 Enfoque conceptual

- Mantenimiento Preventivo

Actividad programada orientada a inspeccionar, ajustar o sustituir componentes antes de que ocurra una falla, con el fin de prolongar la vida útil de los equipos. (Moubray, 1977)

- Mantenimiento Correctivo

Acciones realizadas para corregir una falla ya ocurrida, restaurando el funcionamiento normal del equipo. (Kelly, 2006)

- Horómetro

Dispositivo que registra las horas de operación de un equipo, permitiendo programar mantenimientos basados en tiempo o uso. (Moble, 2002)

- Orden de Trabajo (OT)

Documento que formaliza y registra una actividad de mantenimiento, detallando tareas, recursos y resultados de la intervención. (Wireman, 2010)

- Análisis de Vibraciones

Técnica predictiva que evalúa la condición de maquinaria mediante la medición de

patrones vibratorios para identificar fallas como desalineamientos o desgaste. (Eisenmann, 1998)

- Termografía Infrarroja

Método de diagnóstico basado en imágenes térmicas que permite identificar puntos calientes, fugas y sobrecalentamientos en equipos. (Flir Systems, 2011)

- Activo Fijo

Bien tangible utilizado en operaciones productivas, con vida útil prolongada, que no está destinado para la venta. (International Accounting Standards Board (IASB), 2014)

- Confiabilidad Operativa

Probabilidad de que un equipo cumpla su función bajo condiciones específicas durante un tiempo determinado. (Smith & Hinchcliffe, 2004)

- Disponibilidad

Indicador que expresa la proporción de tiempo en que un equipo se encuentra operativo respecto al tiempo total. (ISO, 2006)

- Falla Mecánica

Interrupción del funcionamiento de un componente debido a desgaste, daño, rotura o pérdida de integridad. (Bloch & Geitner, 1999)

- Lubricación

Proceso mediante el cual se aplica lubricante para reducir fricción, desgaste y acumulación de calor entre superficies en movimiento. (Neale, 1995)

- Criticidad de Equipos

Método de priorización que evalúa la importancia de un activo según su impacto en la producción, seguridad y costos. (Palmer, 1999)

- Base de Datos de Mantenimiento

Sistema organizado que almacena información técnica, historial de fallas, órdenes de trabajo y repuestos para optimizar la gestión del mantenimiento. (Braglia & Frosolini, 2014)

- Inspección Técnica

Revisión detallada del estado físico y funcional de un equipo, realizada para identificar defectos, riesgos o necesidades de intervención. (Mobley, Maintenance Fundamentals, 2004)

- Fiabilidad (Reliability)

Capacidad de un sistema o componente para desempeñar su función sin fallas dentro de un periodo especificado. (O'Connor & Kleyner, 2012)

2.2 Enfoque legal

El desarrollo de actividades de mantenimiento industrial en el sector agroindustrial colombiano se encuentra regulado por un conjunto de normas técnicas, laborales, ambientales y de gestión que garantizan la seguridad de las operaciones, la confiabilidad de los equipos y el cumplimiento de estándares de sostenibilidad. Estas disposiciones constituyen el marco jurídico bajo el cual se ejecutaron las actividades realizadas durante la pasantía en Agropecuaria Santa María.

En primer lugar, la Ley 9 de 1979 (1979), también conocida como el Código Sanitario Nacional, establece lineamientos para garantizar condiciones adecuadas de higiene y seguridad en ambientes laborales, especialmente en actividades con riesgo mecánico, eléctrico y térmico. Esta norma es complementada por el Decreto 1072 de 2015, que compila y reglamenta el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), obligatorio para todas las empresas y aplicable a labores como inspecciones, termografía y análisis de vibraciones.

En materia de mantenimiento, la Norma ISO 55001 (2014), adoptada en Colombia mediante el ICONTEC, proporciona directrices para la gestión eficiente de activos físicos, promoviendo prácticas de planificación, control y trazabilidad, fundamentales en el registro de horómetros, órdenes de trabajo y levantamiento de datos técnicos.

Asimismo, la Resolución 1409 de 2012 establece los requisitos para trabajos seguros en alturas, aplicable cuando las intervenciones de mantenimiento requieren acceso a plataformas

elevadas o estructuras altas. También, la Resolución 0312 de 2019 define estándares mínimos del SG-SST que todas las áreas, incluido mantenimiento, deben cumplir.

A nivel ambiental, el marco normativo está respaldado por la Ley 99 de 1993 (1993), que regula la protección de los recursos naturales y la adecuada gestión de residuos, incluidos los residuos peligrosos (RESPEL) generados por lubricantes, grasas y componentes desgastados. Finalmente, la Norma ISO 9001 (2015) respalda la importancia del control documental y la mejora continua en procesos como las órdenes de trabajo y el seguimiento de equipos, promoviendo un sistema de gestión confiable y transparente.

- Decreto 1072 de 2015. (2015). Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo. Ministerio del Trabajo de Colombia.
- ICONTEC. (2014). ISO 55001:2014 – Sistema de Gestión de Activos. Instituto Colombiano de Normas Técnicas.
- Ley 9 de 1979. (1979). Código Sanitario Nacional. Ministerio de Salud de Colombia.
- Ley 99 de 1993. (1993). Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se organiza el SINA. Diario Oficial.
- Ministerio del Trabajo. (2012). Resolución 1409 de 2012 – Reglamento de Trabajo Seguro en Alturas.
- Ministerio del Trabajo. (2019). Resolución 0312 de 2019 – Estándares mínimos del SG-SST.
- ICONTEC. (2015). ISO 9001:2015 – Sistemas de Gestión de Calidad. Instituto Colombiano de Normas Técnicas.

Capítulo 3. Informe de cumplimiento de trabajo

3.1 Presentación de resultados

La pasantía desarrollada en la empresa Agropecuaria Santa María inició con una calurosa bienvenida por parte del personal directivo y operativo, quienes realizaron una presentación general de la organización, sus procesos productivos y las responsabilidades de cada área. Desde el primer día se generó un ambiente de acompañamiento y aprendizaje, lo que facilitó la integración al equipo de trabajo y permitió comprender la importancia estratégica del área de mantenimiento en la operación de la planta extractora. Como parte del proceso de inducción, se llevó a cabo un recorrido guiado por todas las instalaciones industriales, donde se explicaron los flujos de operación, los equipos críticos, las zonas de riesgo y los procedimientos establecidos para la ejecución segura de las actividades técnicas. Este reconocimiento inicial fue fundamental para familiarizarme con la infraestructura, los protocolos de seguridad y el funcionamiento general de los sistemas mecánicos que componen el proceso de beneficio de la palma.

Figura 2*Bienvenida a Agropecuaria Santa María*

Nota. Bienvenida a la empresa (Grupo Empresarial Agropecuaria Santa María, 2026)

3.1.1 Registrar la información operativa de los activos mediante el control de horómetros y órdenes de trabajo, para facilitar la planificación del mantenimiento.

Con el propósito de consolidar la información operativa de los activos y optimizar la planificación del mantenimiento, se llevó a cabo un control sistemático de los horómetros y de las órdenes de trabajo correspondientes a los equipos críticos de la planta extractora. Esta actividad consistió en la toma diaria de registros de horas de funcionamiento en un horario previamente establecido, lo que permitió generar datos precisos y confiables para el seguimiento técnico de la operación. Los equipos monitoreados incluían los digestores, prensas de extracción, centrífugas, ripples o rompedores, prensa tusa, compresor, tractores, cargadores y demás maquinaria pesada utilizada en el proceso. Adicionalmente, se realizó el registro diario del

consumo de energía eléctrica y del consumo de agua, variables de alto impacto en la operación industrial y esenciales para el análisis de eficiencia energética.

Los horómetros podían visualizarse desde diferentes puntos según el tipo de activo: en la maquinaria directamente, en los tableros o paneles del cuarto de control, y en los contadores oficiales de energía y agua. Una vez recopilada la información correspondiente, esta se registraba en un informe físico, donde se analizaban las horas trabajadas por cada equipo, permitiendo identificar patrones de uso, posibles sobrecargas de trabajo o aumento en la demanda operativa. Posteriormente, toda la información recolectada se cargaba en el sistema corporativo SIGAIND, plataforma utilizada por los directivos y el equipo gerencial para el seguimiento de indicadores operativos y de mantenimiento. La digitalización de estos datos permitió garantizar la trazabilidad, facilitar la consulta remota y apoyar la toma de decisiones estratégicas.

La finalidad principal de esta actividad fue asegurar un control riguroso de las horas de operación de cada activo, dado que estos valores constituyen la base para programar y generar las órdenes de trabajo correspondientes a los mantenimientos preventivos. Además del registro físico y la carga de información en el sistema SIGAIND, los datos recopilados se ingresaban en una matriz de Excel automatizada, diseñada para calcular de manera inmediata el historial de horas trabajadas por cada equipo. Esta herramienta cuenta con funciones y condicionales que permiten generar alertas automáticas cuando un activo se aproxima al intervalo de mantenimiento establecido, facilitando la planificación anticipada de las intervenciones. Gracias a este proceso sistematizado, fue posible mejorar la precisión en la programación del

mantenimiento preventivo, anticipar fallas potenciales y contribuir a la eficiencia operativa y prolongación de la vida útil de la maquinaria.

3.1.1.1 Registrar diariamente las lecturas de los horómetros de los activos operativos de la planta extractora. En la Figura 3 se muestra el formato físico utilizado para el control diario de horómetros de los equipos críticos de la planta. En este registro se consignaban las lecturas tomadas durante la jornada y se comparaban con las del día anterior, permitiendo calcular el consumo diario y las horas efectivamente trabajadas por cada activo. Este procedimiento constituía la base para el análisis operativo y la programación de los mantenimientos preventivos.

Figura 3

Formato físico para el control diario de horómetros

Agropecuaria Santamaría		INFORME DIARIO DE PROCESO		ELABORADO:	NO FORNIST
				VERSIÓN:	SI
				FECHA:	NO/NO/NO
DATOS HORÓMETROS					
HR P1:	95,40	HORAS:	0.0	HR D1:	32755,02
HR P2:	2526,51	HORAS:	0.0	HR D2:	2609,27
HR P3:	1113,27	HORAS:	14,96	HR D3:	1161,12
HR C1:	55154,73	HORAS:	0.0	HR C2:	372,32
HR RIPLE N° 1:	2218,17	HORAS:	15,86	HR RIPLE N° 2:	2273,19
HR RIPLE N° 3:	294,24	HORAS:	0.0	HR RIPLE N° 4:	2014,28
HR COMPRESOR:	74,15	HORAS:	14,57	HR PUNTA TUSA:	2930,27
HR PICADORA TUSA:	54778,42	HORAS:	15	HR TRACTOR 2:	3690,6
HR TRACTOR 1:	3135,65	HORAS:	15,3	HR TRACTOR 2:	3690,6
HR CARGADOR:	2392,02	HORAS:	3,22	HR TRACTOR 2:	3690,6
HR GENERADOR CAT:	5848	HORAS:	1	HR TRACTOR 2:	3690,6
HR SEM:	2232,2	HORAS:	12,1	HR TRACTOR 2:	3690,6
CONSUMO DE AGUA					
CONT. GENERAL POZO 1 M³	37344	CONSUMO:	259	CONTADOR AGUA CALDERA:	62146
CONT. GENERAL POZO 2 M³	0	CONSUMO:	0.0	MEDIDOR 1 (CHONAS):	6261
CONSUMO ENERGÍA					
CONT. EMISA	5248,279	KW EMISA:	8,843	MEDIDOR 2 (PORTERÍA):	2955
CONT. PLANTA ELEC.	889447	KW PLANTA ELÉCTRICA:	248	Tanque elevado:	184035
CONT. CCM	4446500	KW INTERNO RED PÚBLICA:	3800		
OBSERVACIONES:					
REVISAR:		APRUEBA:			
FIRMA:		FIRMA:			
CARGO:		CARGO:			

Nota. Imagen de formato fisco del Grupo Empresarial Agropecuaria Santa María utilizado para el control diario de horómetros.

3.1.1.2 Apoyar en la elaboración y diligenciamiento de órdenes de trabajo programadas y correctivas. En la Figura 4 se presenta la matriz utilizada para la elaboración y seguimiento de las órdenes de trabajo correspondientes a los mantenimientos preventivos y correctivos de los activos. Esta herramienta permite registrar, organizar y actualizar el historial de intervenciones realizadas a cada equipo, facilitando la trazabilidad de fallas, la programación de futuras actividades y el análisis del comportamiento operativo de los activos a lo largo del tiempo. Gracias a esta matriz, el área de mantenimiento cuenta con un control detallado y sistematizado del ciclo completo de gestión del mantenimiento.

Figura 4

Matriz utilizada para la elaboración y seguimiento de las órdenes de trabajo

SECCIÓN	EQUIPO	CLASE PARADA	PARADA	CAUSA	TIPO	FECHA ELABORACIÓN	ORDEN DE TRABAJO	DESCRIPCIÓN DE LA CAUSA DEL PARO O CORRECTIVO	TRABAJO A REALIZAR
Desfrutado	Elevador cangilones de fruto suelto	Mantenimiento	PROGRAMADA	Mecánica	Preventivo	17/08/2025	4793	MANTENIMIENTO	1.1 Revisión de la cadena del elevador. Verificar el estado de los pines, que se encuentren completos y en buen estado. 1.2 Revisión de los piñones, superior e inferior, revisar que se encuentren alineados y centrados. 1.3 Revisar el estado de los cangilones, ajustar tornillería y completar en caso de ser necesario 1.4 Revisión de las chumaceras. retirar la tapa superior y verificar el estado del rodamiento, retirar la grasa vieja y engrasar nuevamente. verificar que el manguito este correctamente ajustado.
Desfrutado	Mesa de volteo	Mantenimiento	PROGRAMADA	Mecánica	Preventivo	17/08/2025	4794	MANTENIMIENTO	1.1 Revision de aros verificar que la soldadura del aro y el cuerpo se encuentre en buen estado. Aplicar soldadura en caso de ser necesario. 1.2 Revision de cuerpo, verificar si hay fracturas o grietas corregir si es necesario. 1.3 revision de los rieles. Verificar su correcta alineacion y que no presente fracturas si tiene fracturas reparar.

Nota. Imagen de Matriz del Grupo Empresarial Agropecuaria Santa María utilizada la elaboración y seguimiento de las órdenes de trabajo.

3.1.1.3 Digitalizar y organizar la información recolectada en bases de datos o formatos establecidos por el área de mantenimiento. Las Figuras evidencian el proceso de ingreso de datos en la plataforma SIGAIND, sistema institucional utilizado para centralizar y gestionar la información operativa de los activos. En este módulo se registraban diariamente las lecturas de horómetros, consumo energético y demás variables relevantes, permitiendo que la dirección y el equipo gerencial visualizaran en tiempo real el estado de los equipos y los indicadores necesarios para la toma de decisiones. La integración de esta información garantizaba trazabilidad, actualización oportuna y soporte documental para la programación del mantenimiento preventivo.

La Figura 5 muestra el módulo del sistema SIGAIND destinado al registro diario del consumo de agua proveniente de los pozos, así como el control de los horómetros asociados a estos equipos. En esta interfaz se consignan variables como la fecha de proceso, el estado operativo, el consumo calculado y el consumo total, lo cual permite realizar el seguimiento del comportamiento operativo de los sistemas de bombeo. Esta información facilita la identificación de variaciones en el consumo, el análisis de desempeño y la planificación de actividades de mantenimiento preventivo en los equipos involucrados.

Figura 5

Imagen del proceso de ingreso de datos en la plataforma SIGAIND 1

Filtro: Desde : 2025-10-23 | Hasta : 2025-10-30 |

[Borrar](#) # ITEMS : 8 [Borrar filtros](#) [Exportar](#) [Cargar](#)

ESTADO	FECHA DE PROCESO	CONSUMO DE AGUA POZO 1	DESEA REINICIAR EL HORÓMETRO	CONSUMO DE AGUA POZO 1	CONSUMO DE AGUA POZO 1 CALCULADO	CONSUMO DE AGUA POZO 1 TOTAL	CONSUMO DE AGUA POZO 2	DESEA REINICIAR EL HORÓMETRO	CONSUMO DE AGUA POZO 2	CONSUMO DE AGUA POZO 2 CALCULADO	CONSUMO DE AGUA POZO 2 TOTAL	CONSUMO DE AGUA TOTAL	FECHA CREACIÓN
Activo	2025-10-23		NO	59787	59787.00	317.00		NO	0	0.00	0.00	317.00	2025/10/27 02:30
Activo	2025-10-24		NO	60145	60145.00	358.00		NO	0	0.00	0.00	358.00	2025/10/27 02:43
Activo	2025-10-25		NO	60527	60527.00	382.00		NO	0	0.00	0.00	382.00	2025/10/27 02:49
Activo	2025-10-26		NO	60565	60565.00	38.00		NO	0	0.00	0.00	38.00	2025/10/27 03:03
Activo	2025-10-27		NO	60813	60813.00	248.00			0	0.00	0.00	248.00	2025/10/28 01:53
Activo	2025-10-28		NO	61232	61232.00	419.00			0	0.00	0.00	419.00	2025/10/30 10:56
Activo	2025-10-29		NO	61573	61573.00	341.00		NO	0	0.00	0.00	341.00	2025/10/30 11:02
Activo	2025-10-30		NO	61909	61909.00	336.00		NO	0	0.00	0.00	336.00	2025/10/31 10:26

Nota. Plataforma SIGAIND del Grupo Empresarial Agropecuaria Santa María, sistema institucional utilizado para centralizar y gestionar la información operativa de los activos.

La Figura 6 presenta el módulo utilizado para el control y registro del consumo energético generado por las plantas y el suministro proveniente de la red externa. En esta sección se documentan variables relacionadas con el total de energía generada, el consumo calculado y los valores acumulados, permitiendo evaluar la eficiencia energética del sistema y el comportamiento de las fuentes de suministro. La sistematización de estos datos contribuye a la toma de decisiones orientadas a la optimización del consumo energético y al control de costos operativos.

Figura 6

Imagen del proceso de ingreso de datos en la plataforma SIGAIND 2

Filtro: Desde : 2025-10-23 Hasta : 2025-10-30												
Borrar # ITEMS : 8 Borrar filtros Ex												
ESTADO	FECHA DE PROCESO	CONSUMO DE ENERGÍA PLANTAS	PLANTA	DESEA REINICIAR EL HORÓMETRO	PLANTA	PLANTA CALCULADO	PLANTA TOTAL GENERADOS	RED EXTERNA	DESEA REINICIAR EL HORÓMETRO	RED EXTERNA	RED EXTERNA GENERADO CALCULADO	RED EXTERNA GENERADO TOTAL
Activo	2025-10-23			NO	915852	915852.00	0		NO	4610979.293	4610979.293	5800
Activo	2025-10-24			NO	915852	915852.00	0		NO	4616679.293	4616679.293	5700
Activo	2025-10-25			NO	915852	915852.00	0		NO	4622779.293	4622779.293	6100
Activo	2025-10-26			NO	915852	915852.00	0		NO	4622879.293	4622879.293	100
Activo	2025-10-27			NO	915852	915852.00	0		NO	4626479.293	4626479.293	3600
Activo	2025-10-28			NO	915852	915852.00	0		NO	4632579.293	4632579.293	6100
Activo	2025-10-29			NO	915852	915852.00	0		NO	4638579.293	4638579.293	6000
Activo	2025-10-30			NO	916147	916147.00	295		NO	4644884.293	4644884.293	6305

Nota. Plataforma SIGAIND del Grupo Empresarial Agropecuaria Santa María, sistema institucional utilizado para centralizar y gestionar la información operativa de los activos.

La Figura 7 evidencia el módulo destinado al seguimiento de las paradas en el proceso productivo, donde se registran las horas programadas y no programadas asociadas a mantenimiento y producción. Este registro permite cuantificar los tiempos de indisponibilidad de los equipos, evaluar la eficiencia operativa y analizar las causas de interrupciones en el proceso. La información recopilada constituye un insumo fundamental para la generación de indicadores de mantenimiento y la implementación de estrategias orientadas a la mejora de la confiabilidad operacional.

Figura 7

Imagen del proceso de ingreso de datos en la plataforma SIGAIND 3

Filtro: Desde : 2025-10-23 Hasta : 2025-10-30										
 Borrar		# ITEMS : 8  Borrar filtros  Exportar								
ESTADO	FECHA DE PROCESO	PARADAS EN PROCESO DE CPO	HORAS PROGRAMADAS	HORAS P. PROGRAMADAS (MANT.)	HORAS P. NO PROGRAMADAS (MANT.)	TOTAL HORAS P. MANTENIMIENTO	HORAS P. PROGRAMADAS (PROD.)	HORAS P. NO PROGRAMADAS (PROD.)	TOTAL HORAS P. PRODUCCIÓN	HORAS P. PROGRAMADAS (EXT.)
Activo	2025-10-23		24	0	1.08	1.08	1	0	1.00	0
Activo	2025-10-24		24	0.42	0	0.42	0.90	0	0.90	0
Activo	2025-10-25		24	0	0	0.00	0.43	0	0.43	0.33
Activo	2025-10-26		8	0	0	0.00	8	0	8.00	0
Activo	2025-10-27		15	0	1.63	1.63	1.13	0	1.13	0.70
Activo	2025-10-28		24	0	0	0.00	0.95	0	0.95	0
Activo	2025-10-29		24	0	0	0.00	1.25	0.250	1.50	0
Activo	2025-10-30		24	0	1.47	1.47	0.37	0	0.37	0.08

Nota. Plataforma SIGAIND del Grupo Empresarial Agropecuaria Santa María, sistema institucional utilizado para centralizar y gestionar la información operativa de los activos.

La Figura 8 muestra el módulo de registro de las horas de operación de las prensas utilizadas en el proceso productivo. En esta sección se consignan las lecturas de horómetros individuales, los valores calculados y el total de horas de operación acumuladas. Este seguimiento permite controlar el desgaste operativo de los equipos, programar intervenciones de mantenimiento basadas en condición y garantizar la continuidad del proceso productivo mediante la planificación oportuna de actividades técnicas.

Figura 8

Imagen del proceso de ingreso de datos en la plataforma SIGAIND 4

Filtro: Desde : 2025-10-23 | Hasta : 2025-10-30 |

[Borrar](#) **# ITEMS : 8** [Borrar filtros](#) [Exportar](#) [Cancelar](#)

SA	DESEA REINICIAR EL HORÓMETRO	HORAS PRENSA 1	HORAS PRENSA 1 CALCULADO	TOTAL HORAS PRENSA 1	PRENSA 2	DESEA REINICIAR EL HORÓMETRO	HORAS PRENSA 2	HORAS PRENSA 2 CALCULADO	TOTAL HORAS PRENSA 2	PRENSA 3	DESEA REINICIAR EL HORÓMETRO	HORAS PRENSA 3	HORAS PRENSA 3 CALCULADO	TOTAL HORAS PRENSA 3	TOTAL HORAS OPERACIÓN
	NO	20036.73	20036.73	5.44		NO	31723.82	31723.82	10.61		NO	9668.74	9668.74	11.48	21.92
	NO	20041.3	20041.30	4.57		NO	31743.95	31743.95	20.13		NO	9672.47	9672.47	3.73	22.68
	NO	20041.3	20041.30	0.00		NO	31767.17	31767.17	23.22		NO	9672.47	9672.47	0.00	23.24
	NO	20041.3	20041.30	0.00		NO	31767.17	31767.17	0.00		NO	9672.47	9672.47	0.00	0.00
	NO	20041.3	20041.30	0.00		NO	31778.72	31778.72	11.55		NO	9672.47	9672.47	0.00	11.54
	NO	20041.3	20041.30	0.00		NO	31801.18	31801.18	22.46		NO	9672.47	9672.47	0.00	23.05
	NO	20041.300	20041.30	0.00		NO	31823.99	31823.99	22.81		NO	9672.47	9672.47	0.00	22.50
	NO	20048.83	20048.83	7.53		NO	31827.17	31827.17	3.18		NO	9691.5	9691.50	19.03	22.08

Nota. Plataforma SIGAIND del Grupo Empresarial Agropecuaria Santa María, sistema institucional utilizado para centralizar y gestionar la información operativa de los activos.

La Figura 9 corresponde a la matriz de Excel utilizada para consolidar y procesar las lecturas diarias de horómetros. Esta herramienta fue diseñada con fórmulas y condicionales que permiten calcular automáticamente el historial de horas trabajadas por cada equipo y generar alertas cuando se aproxima el intervalo de mantenimiento preventivo.

Figura 9

Matriz de Excel utilizada para consolidar y procesar las lecturas diarias de horómetros

Prensa de Extracción N°1		TORNILLO		CANASTA			Prensa de Extracción N°2		TORNILLO		CANASTA
CAPACIDAD P9 AVM	CÓDIGO: PEA-001	FRECUENCIA	700 Hr	FRECUENCIA	1400 Hr		CAPACIDAD P10 CT	CÓDIGO: PEA-002	FRECUENCIA	600 Hr	FRECUENCIA
FECHA	HORÓMETRO ACTUAL	HORÓMETRO BASE	CONTADOR FRECUENCIA	HORÓMETRO BASE	CONTADOR FRECUENCIA	OT	FECHA	HORÓMETRO ACTUAL	HORÓMETRO BASE	CONTADOR FRECUENCIA	HORÓMETRO BASE
16/07/2024	17068,5	16483	586	16483	586		16/07/2024	26957,19	26255	702	25559
20/10/2025	20015,73	19643,14	373	19643,14	373		20/10/2025	31713,21	31254,78	458	31254,78
21/10/2025	20022,4	19644,14	378	19644,14	378		21/10/2025	31713,21	31255,78	457	31255,78
22/10/2025	20031,29	19645,14	386	19645,14	386		22/10/2025	31713,21	31256,78	456	31256,78
23/10/2025	20036,73	19646,14	391	19646,14	391		23/10/2025	31723,82	31723,82	0	31723,82
24/10/2025	20041,3	19647,14	394	19647,14	394		24/10/2025	31743,95	31723,82	20	31723,82
25/10/2025	20041,3	19648,14	393	19648,14	393		25/10/2025	31767,17	31723,82	43	31723,82
26/10/2025	20041,3	19649,14	392	19649,14	392		26/10/2025	31767,17	31723,82	43	31723,82
27/10/2025	20041,3	19650,14	391	19650,14	391		27/10/2025	31767,17	31723,82	43	31723,82
28/10/2025	20041,3	19651,14	390	19651,14	390		28/10/2025	31778,72	31723,82	55	31723,82
29/10/2025	20041,3	19652,14	389	19652,14	389		29/10/2025	31801,18	31723,82	77	31723,82
30/10/2025	20041,3	19653,14	388	19653,14	388		30/10/2025	31823,99	31723,82	100	31723,82
31/10/2025	20048,83	19654,14	395	19654,14	395		31/10/2025	31827,17	31723,82	103	31723,82
01/11/2025	20058,32	19655,14	403	19655,14	403		01/11/2025	31827,17	31723,82	103	31723,82

Nota. Matriz de Excel del Grupo Empresarial Agropecuaria Santa María utilizada para consolidar y procesar las lecturas diarias de horómetros.

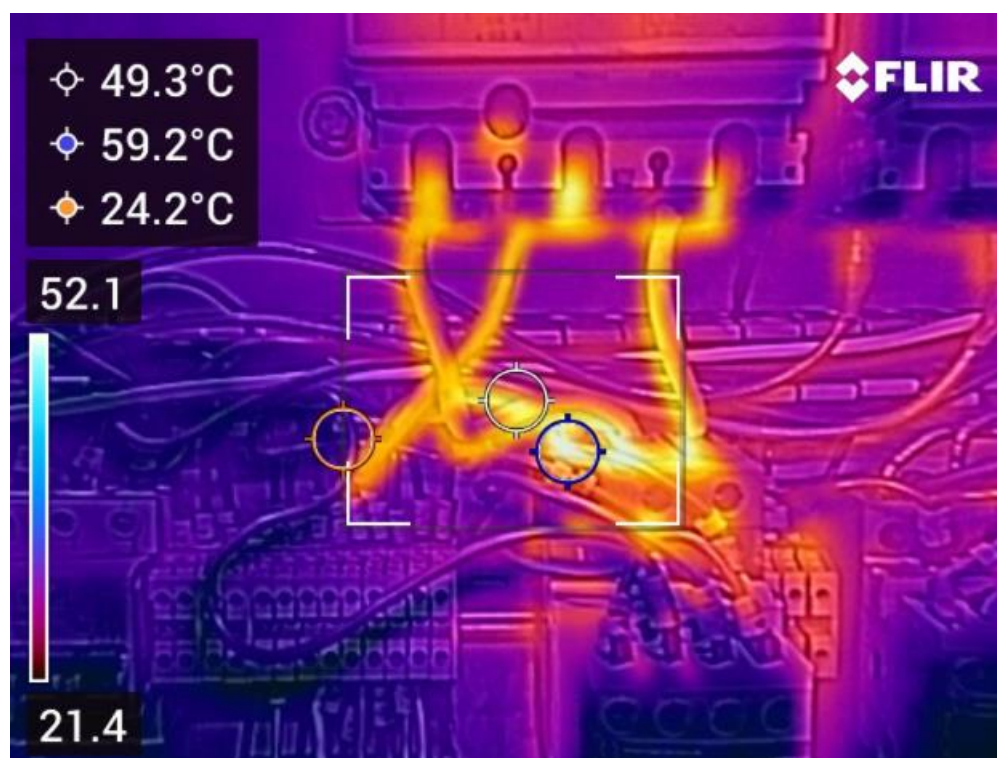
3.1.2 Identificar condiciones anómalas en los equipos mediante el análisis básico de termografía y vibraciones, contribuyendo a la detección temprana de fallas.

3.1.2.1 Realizar análisis de vibraciones en los activos críticos de la planta utilizando los equipos e instrumentos designados. Para dar cumplimiento al segundo objetivo específico, se desarrollaron actividades orientadas a la identificación temprana de condiciones anómalas en los equipos críticos de la planta extractora mediante inspecciones técnicas y análisis básico de termografía. Aunque inicialmente se tenía previsto realizar análisis de vibraciones, esta actividad no pudo ejecutarse debido a que el equipo de medición se encontraba fuera de servicio durante el periodo de la pasantía. No obstante, se reforzaron las labores de inspección visual y termográfica con el fin de obtener información confiable sobre el estado operativo de los activos.

3.1.2.2 Apoyar la ejecución de análisis de termografía para detectar puntos calientes, fugas o sobrecalentamientos en equipos eléctricos y mecánicos. La Figura 10 presenta el resultado del análisis termográfico realizado a uno de los tableros eléctricos ubicados en el cuarto de control de la planta extractora. En la captura se evidencian conexiones con temperaturas elevadas, identificadas mediante contrastes térmicos propios de la cámara infrarroja. Estas variaciones indican posibles puntos calientes asociados a sobrecarga, deficiencias en las conexiones, deterioro de los conductores o incremento en la resistencia eléctrica. La detección temprana de estas anomalías permite prevenir fallas mayores, reducir riesgos operativos y programar intervenciones correctivas oportunas dentro del plan de mantenimiento.

Figura 10

Resultado del análisis termográfico realizado a uno de los tableros eléctricos



Nota. Imagen por cámara infrarroja del Grupo Empresarial Agropecuaria Santa María.

El análisis termográfico se llevó a cabo empleando una cámara infrarroja destinada a identificar aumentos inusuales de temperatura, puntos calientes, fricción excesiva y posibles fallas incipientes tanto en equipos mecánicos como en tableros eléctricos. Este procedimiento permitió detectar condiciones anómalas como sobrecalentamientos en motores, diferencias térmicas en líneas de conducción, conexiones eléctricas deficientes y zonas con potencial riesgo de falla. Las

imágenes térmicas obtenidas facilitaron la evaluación del comportamiento térmico de los equipos sin necesidad de interrumpir la operación.

3.1.2.3 Documentar los resultados obtenidos en cada análisis y reportar hallazgos al responsable de mantenimiento para su evaluación. se realizaron inspecciones visuales y físicas de los activos, verificando aspectos como fugas, ruidos anormales, vibraciones perceptibles, desgastes visibles, holguras mecánicas, condiciones de lubricación y estado general de componentes críticos. Estas inspecciones fueron fundamentales para complementar la información generada por la termografía y proporcionar un diagnóstico preliminar del funcionamiento de cada equipo.

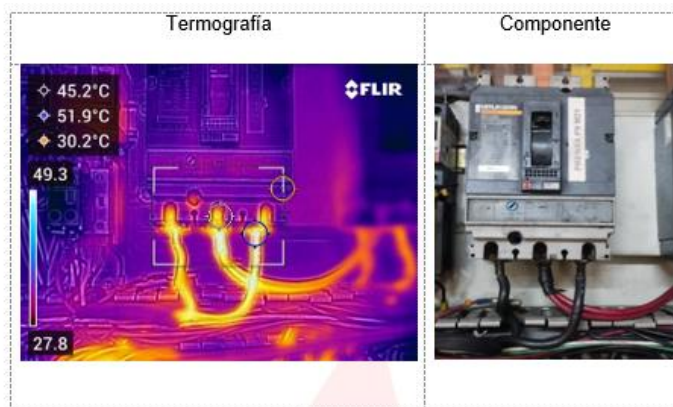
Todos los hallazgos fueron registrados en informes detallados que incluían fotografías, observaciones técnicas y recomendaciones para su revisión por parte del personal de mantenimiento. Dichos informes sirvieron como base para la generación de órdenes de trabajo correctivas o preventivas, dependiendo de la criticidad de la anomalía detectada.

Las Figuras 11 a 14 corresponden a capturas obtenidas de un informe técnico de inspección termográfica desarrollado para la empresa, elaborado como parte del programa de mantenimiento predictivo aplicado a los sistemas eléctricos. Estas imágenes evidencian el comportamiento térmico de diversos componentes críticos evaluados durante las inspecciones, permitiendo identificar posibles anomalías, condiciones de alerta y oportunidades de mejora en la confiabilidad operativa. A continuación, se presenta el análisis e interpretación técnica de cada una de estas evaluaciones termográficas.

La Figura 11 presenta la inspección termográfica realizada a un interruptor de potencia y sus conexiones eléctricas. La imagen térmica evidencia un incremento de temperatura en los conductores y puntos de conexión, registrándose una diferencia térmica significativa respecto a la temperatura ambiente. Según los criterios establecidos en la norma ANSI/NETA ATS, esta condición corresponde a una anomalía térmica que requiere seguimiento, ya que puede estar asociada a deficiencias en los contactos eléctricos, presencia de resistencia adicional en los conductores o condiciones de carga elevadas. El análisis permite priorizar acciones de mantenimiento preventivo orientadas a evitar deterioro progresivo del componente.

Figura 11

Evaluación termográfica de interruptor de potencia y conexiones eléctricas asociadas.



Análisis y Diagnóstico

Interpretación: De acuerdo con los criterios establecidos en la norma ANSI/NETAATS – 2017, la diferencia de temperatura observada entre el componente y la temperatura ambiente es de 24.1 °C, ubicándose en el rango de 21 °C a 40 °C. Este ΔT indica una anomalía significativa que requiere atención. Aunque el nivel térmico aún no exige una intervención inmediata, sí representa una condición de alerta que podría evolucionar a una falla si no se atiende en un tiempo razonable.

Acción sugerida: Monitorear el componente de manera frecuente hasta que se puedan aplicar medidas correctivas.

Recomendaciones:

1. Verificar apriete y estado de las conexiones: Especial atención a los terminales de entrada y salida del totalizador.
2. Revisión de carga eléctrica: Evaluar si el equipo está operando cerca o por encima de su capacidad nominal.
3. Inspección de aislamiento: Considerar pruebas eléctricas si el sobrecalentamiento persiste.

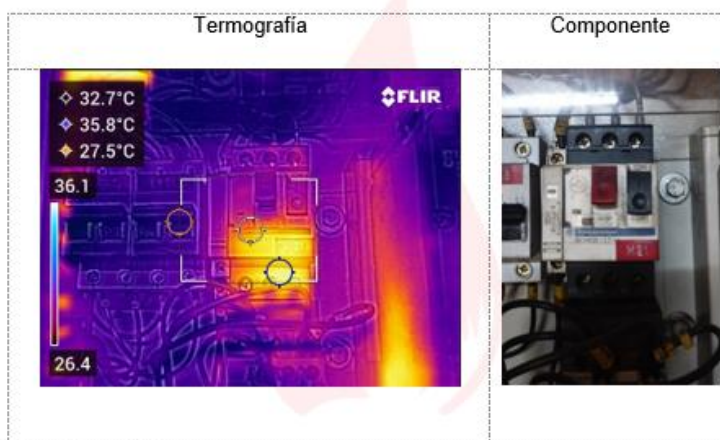
Nota. Captura obtenida a partir del informe técnico de inspección termográfica realizado en la empresa.

La Figura 12 muestra el análisis termográfico aplicado a un interruptor termomagnético instalado en un tablero de control eléctrico. La distribución térmica observada indica un aumento moderado de temperatura localizado en el cuerpo del componente, lo que sugiere una posible deficiencia térmica en estado inicial. De acuerdo con la clasificación de severidad establecida en

la norma ANSI/NETA ATS, esta condición no representa una falla crítica inmediata, pero sí requiere monitoreo periódico para prevenir el deterioro funcional del equipo y garantizar la confiabilidad del sistema eléctrico.

Figura 12

Evaluación termográfica de interruptor termomagnético en tablero de control eléctrico.



Análisis y Diagnóstico

Interpretación: Según la tabla de referencia de la norma ANSI/NETA ATS – 2017, la diferencia de temperatura registrada entre el componente y el ambiente es de 9.4 °C, ubicándose dentro del rango de 1 °C a 10 °C. El resultado indica una posible deficiencia térmica, que podría estar en sus etapas iniciales. Aunque el valor de ΔT no representa una amenaza crítica para el funcionamiento inmediato del sistema, se recomienda realizar seguimiento para evitar deterioro progresivo del componente.

Acción sugerida: Investigar según orden de trabajo o planificación de mantenimiento.

Recomendaciones:

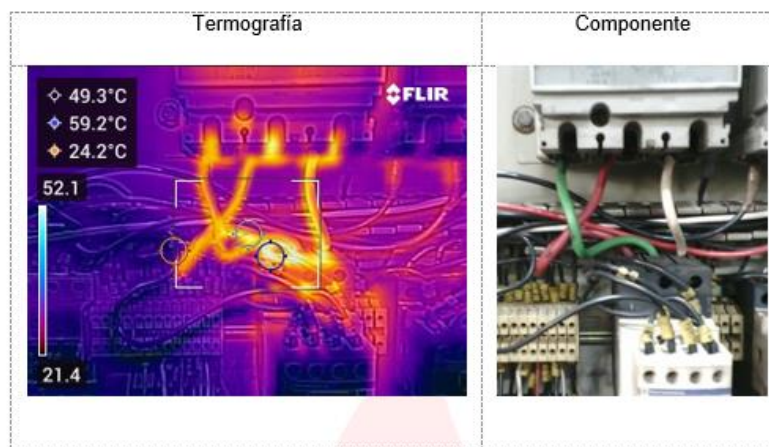
1. Inspección visual del guardamotor: Verificar la integridad física del componente (cables, terminales, cubierta).
2. Revisión de conexiones eléctricas: Confirmar que los bornes estén bien ajustados, sin señales de corrosión o sobrecalentamiento.
3. Verificación de ventilación o disipación térmica: Asegurarse de que no haya obstrucciones o acumulación de polvo que afecten la disipación del calor.
4. Seguimiento periódico: Programar inspección termográfica posterior para verificar si hay tendencia creciente en la temperatura.

Nota. Captura obtenida a partir del informe técnico de inspección termográfica realizado en la empresa.

La Figura 13 presenta la inspección termográfica de un conjunto de conexiones eléctricas pertenecientes a un sistema de distribución de potencia. La imagen térmica evidencia un patrón de sobrecalentamiento localizado en los conductores, con diferencias térmicas considerables respecto al entorno. Este comportamiento puede estar asociado a conexiones flojas, acumulación de contaminantes o sobrecarga del circuito. La identificación temprana de estas anomalías permite establecer estrategias de mantenimiento predictivo orientadas a la reducción de riesgos operativos y fallas inesperadas.

Figura 13

Evaluación termográfica de conexiones eléctricas en sistema de distribución de potencia.



Análisis y Diagnóstico

Interpretación: Según la tabla de criterios de la norma ANSI/NETA ATS – 2017, una diferencia térmica (ΔT) de 25.5 °C con respecto al ambiente se clasifica dentro del rango de 21 °C a 40 °C, lo cual indica una anomalía térmica considerable. El valor de ΔT sugiere que el componente presenta una condición anómala de importancia, aunque no crítica. Este tipo de sobrecalentamiento puede ser señal de conexiones deficientes, exceso de carga o acumulación de suciedad interna que limita la disipación térmica.

Acción sugerida: Monitorear el componente de manera periódica hasta que se puedan realizar las acciones correctivas. Esta condición no exige intervención inmediata, pero debe ser atendida con oportunidad para evitar degradación o falla en el sistema.

Recomendaciones:

1. Verificar estado de las conexiones eléctricas: Realizar apriete de terminales y limpieza en los puntos de contacto.
2. Inspección de carga: Confirmar que el guardamotor no esté operando fuera de su rango de trabajo.
3. Verificar ventilación y limpieza del tablero: Identificar si hay obstrucciones o suciedad acumulada.
4. Reprogramar inspección térmica: Evaluar nuevamente en 7 a 15 días.

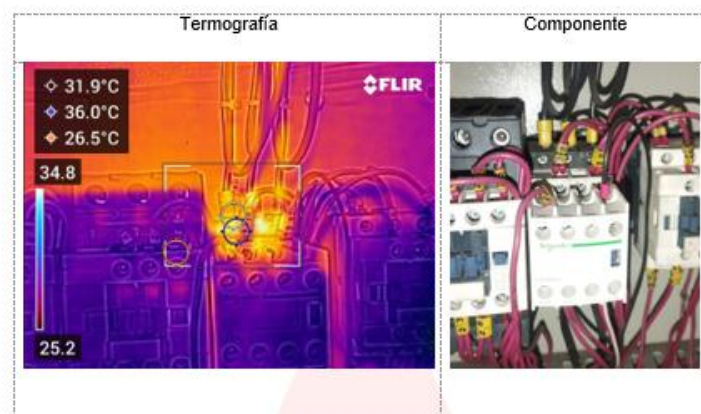
Nota. Captura obtenida a partir del informe técnico de inspección termográfica realizado en la empresa.

La Figura 14 muestra el análisis termográfico realizado a un contactor perteneciente a un sistema de control eléctrico. El comportamiento térmico registrado evidencia un incremento leve

de temperatura en los terminales de conexión, ubicándose dentro del rango de alerta establecido por los estándares de inspección termográfica. Aunque la condición no representa un riesgo inmediato para la operación, su monitoreo es necesario debido a que podría evolucionar hacia fallas relacionadas con deficiencias en el torque de apriete, desgaste de contactos o variaciones en las condiciones de carga.

Figura 14

Evaluación termográfica de contactor en sistema de control eléctrico.



Análisis y Diagnóstico

Interpretación: La diferencia de temperatura con respecto al ambiente es de 10.8 °C, lo que lo sitúa en el límite superior del primer rango definido por la norma ANSI/NETA ATS – 2017 La temperatura observada no representa una condición crítica en este momento, pero sí justifica vigilancia y revisión preventiva, ya que puede estar relacionada con una conexión floja o un inicio de sobrecarga.

Acción sugerida: Investigar y hacer seguimiento. Evaluar la posibilidad de intervención en próxima ventana de mantenimiento si se detecta causa confirmada.

Recomendaciones:

1. Inspección visual del componente y sus terminales: Buscar indicios de daño, acumulación de polvo o coloración anormal.
2. Apriete de conexiones eléctricas: Verificar torque correcto de los terminales. Revisión de carga: Confirmar que el equipo no esté trabajando fuera de especificación.
3. Programar próxima termografía: Repetir inspección en un periodo máximo de 30 días.

Nota. Captura obtenida a partir del informe técnico de inspección termográfica realizado en la empresa.

El cumplimiento de este objetivo permitió fortalecer la detección temprana de fallas, mejorar la confiabilidad de los equipos y aportar información valiosa para la toma de decisiones técnicas dentro del área de mantenimiento.

3.1.3 Apoyar el levantamiento de información técnica de los activos en planta para fortalecer la base de datos del área de mantenimiento.

3.1.3.1 Realizar inspecciones visuales y físicas para identificar las características técnicas de los activos (marca, modelo, capacidad, ubicación, estado). Para dar cumplimiento a este objetivo, se realizó un proceso de levantamiento y actualización de la información técnica de los activos instalados en las diferentes áreas de la planta, con el fin de fortalecer la base de datos del área de mantenimiento y mejorar la gestión de los equipos. Esta actividad inició con recorridos en campo para la identificación de los activos y la verificación de su ubicación, función y estado general dentro del proceso productivo.

Durante las inspecciones se recopilaban datos técnicos relevantes como marca, modelo, número de serie, capacidad, potencia, tipo de accionamiento y demás características propias de cada equipo, información obtenida principalmente a partir de la revisión de placas de identificación y documentación técnica disponible. De igual manera, se realizó el registro fotográfico de los activos, lo cual permitió contar con un respaldo visual de su condición actual y facilitar su identificación futura.

tales como el fabricante, potencia nominal, tensión de operación, corriente, velocidad de giro, grado de protección y factor de servicio.

Figura 16

Placa de identificación del motor de la bomba desarenadora



Nota. Foto tomada a Bomba desarenadora del Grupo Empresarial Agropecuaria Santa María.

3.1.3.3 Ingresar la información recopilada en los formatos digitales del área de mantenimiento para consolidar el inventario técnico. Toda la información recolectada fue registrada en los formatos establecidos por el área de mantenimiento y posteriormente digitalizada e incorporada a la base de datos correspondiente, permitiendo actualizar el inventario técnico de los equipos. Este proceso contribuyó a mejorar la rastreabilidad de los activos, optimizar la planificación de mantenimientos preventivos y correctivos, y fortalecer la toma de decisiones técnicas orientadas a incrementar la confiabilidad y eficiencia operativa de la planta.

Capítulo 4. Diagnóstico final

Como resultado de las actividades desarrolladas durante la pasantía en el área de mantenimiento de la empresa Agropecuaria Santa María, se realizó un diagnóstico final con el propósito de evaluar el impacto de las acciones ejecutadas frente a las debilidades identificadas en el diagnóstico inicial, así como el aprovechamiento de las fortalezas y oportunidades detectadas mediante la matriz DOFA.

En comparación con la situación inicial, se evidenció una mejora significativa en la organización, registro y control de la información operativa de los activos. El control sistemático de horómetros, la estandarización y diligenciamiento adecuado de órdenes de trabajo, así como la digitalización de datos en plataformas institucionales como SIGAIND y matrices automatizadas en Excel, permitieron fortalecer la trazabilidad de la información y mejorar la planificación del mantenimiento preventivo. Estas acciones contribuyeron a reducir la dependencia de registros dispersos o incompletos y facilitaron el acceso oportuno a datos históricos para la toma de decisiones técnicas. Desde el punto de vista técnico, el apoyo en las inspecciones visuales, físicas y termográficas permitió identificar condiciones anómalas en equipos críticos, tales como sobrecalentamientos, conexiones eléctricas deficientes y desgastes visibles en componentes mecánicos. Aunque no fue posible realizar análisis de vibraciones debido a la indisponibilidad del equipo de medición, las técnicas aplicadas permitieron fortalecer el enfoque preventivo del área, aportando información clave para la generación de órdenes de trabajo correctivas y la mitigación de fallas potenciales antes de que derivaran en paradas no programadas.

Asimismo, se evidenció un fortalecimiento del trabajo colaborativo entre el personal de mantenimiento y otras áreas de la organización, lo cual contribuyó a mejorar la comunicación interna, el flujo de información y la coordinación de actividades técnicas. El acompañamiento constante del personal operativo y administrativo permitió un mejor entendimiento de los procesos productivos y de las necesidades reales de la planta, favoreciendo una visión integral del mantenimiento como una función estratégica y no únicamente reactiva. No obstante, el diagnóstico final también permitió identificar oportunidades de mejora que persisten en el área, tales como la necesidad de fortalecer el mantenimiento predictivo mediante la disponibilidad permanente de equipos de medición especializados, la implementación de indicadores clave de desempeño (KPI) asociados a confiabilidad y disponibilidad, y la adopción de un software especializado de gestión de mantenimiento (CMMS) que integre de manera más robusta la información técnica, documental y operativa.

Las actividades desarrolladas durante la pasantía generaron un impacto positivo en la gestión del mantenimiento de Agropecuaria Santa María, al mejorar la organización de la información, apoyar la detección temprana de fallas y fortalecer la planificación del mantenimiento preventivo. Se evidencia un avance hacia un enfoque más sistemático, preventivo y orientado a la confiabilidad operativa, dejando bases sólidas para la mejora continua del área de mantenimiento.

Capítulo 5. Conclusiones

La consolidación de la información operativa de los activos mediante el control diario de horómetros y el diligenciamiento adecuado de las órdenes de trabajo permitió mejorar de manera significativa la planificación del mantenimiento preventivo en la planta extractora. El registro sistemático y la digitalización de los datos en plataformas institucionales y matrices automatizadas facilitaron la trazabilidad del historial de operación de los equipos, optimizando la programación de intervenciones técnicas y contribuyendo a una gestión del mantenimiento más organizada y confiable.

La identificación de condiciones anómalas en los equipos, a través de inspecciones visuales, físicas y análisis termográficos, fortaleció el enfoque preventivo del área de mantenimiento y aportó información clave para la detección temprana de fallas. A pesar de la imposibilidad de realizar análisis de vibraciones por indisponibilidad del equipo de medición, las técnicas aplicadas permitieron reconocer riesgos operativos asociados a sobrecalentamientos, conexiones deficientes y desgastes visibles, contribuyendo a la generación oportuna de acciones correctivas y a la mejora de la confiabilidad de los activos.

El levantamiento y la actualización de la información técnica de los activos en planta permitieron fortalecer la base de datos del área de mantenimiento, mejorando el inventario técnico y la identificación de los equipos. La recopilación de datos como marca, modelo, capacidad, estado y registro fotográfico facilitó la trazabilidad de los activos, apoyó la toma de

decisiones técnicas y sentó bases para una gestión de mantenimiento más estructurada, alineada con buenas prácticas de gestión de activos y mejora continua.

Capítulo 6. Recomendaciones

Se recomienda a la empresa Agropecuaria Santa María fortalecer y mantener el control sistemático de horómetros y órdenes de trabajo mediante la estandarización definitiva de los formatos digitales y la capacitación continua del personal encargado de su diligenciamiento. Asimismo, se sugiere integrar esta información con indicadores clave de desempeño (KPI), como cumplimiento del mantenimiento preventivo y disponibilidad de equipos, con el fin de optimizar la planificación, el seguimiento y la toma de decisiones en el área de mantenimiento.

Se recomienda ampliar las actividades de mantenimiento predictivo mediante la adquisición, disponibilidad permanente y uso sistemático de equipos de medición especializados, como analizadores de vibraciones, complementando las inspecciones termográficas y visuales realizadas. La implementación regular de estas técnicas permitirá anticipar fallas mecánicas y eléctricas con mayor precisión, reducir paradas no programadas y mejorar la confiabilidad operativa de los activos críticos de la planta.

Se recomienda continuar con la actualización periódica del inventario técnico de los activos, asegurando que toda la información recopilada (datos técnicos, historial de mantenimiento y registros fotográficos) se mantenga organizada, completa y digitalizada. Adicionalmente, se sugiere evaluar la implementación de un software especializado de gestión de mantenimiento (CMMS) que permita centralizar la información, mejorar la rastreabilidad de los activos y alinearse con estándares internacionales de gestión de activos, como la norma ISO 55001.

Referencias

- Bloch, H. P., & Geitner, F. (1999). *Machinery Failure Analysis and Troubleshooting*. Gulf Professional Publishing.
- Braglia, M., & Frosolini, M. (2014). *The Maintenance Management Framework*. Springer.
- Congreso de la República de Colombia . (1979). *Ley 9 de 1979, por la cual se dictan medidas sanitarias*. Congreso de la República de Colombia. Bogotá, Colombia: Diario Oficial de la República de Colombia.
- Congreso de la República de Colombia. (1993). *Ley 99 de 1993, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se organiza el Sistema Nacional Ambiental*. Congreso de la República de Colombia. Bogotá, Colombia: Diario Oficial de la República de Colombia.
- Eisenmann, R. (1998). *Machinery Malfunction Diagnosis and Correction*. Prentice Hall.
- Flir Systems. (2011). *Infrared Thermography Guidebook for Industrial Applications*.
- Geisbush, J., & Ariaratnam, S. T. (2023). Reliability centered maintenance (RCM): literature review of current industry state of practice. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 29(2), 313-337. <https://doi.org/10.1108/JQME-02-2021-0018>
- Grupo Empresarial Agropecuaria Santa María. (2026). *Agroweb (Software donde se maneja la información privada de la empresa)*. Obtenido de Agroweb (Software donde se maneja la información privada de la empresa)
- International Accounting Standards Board (IASB). (2014). *NIC 16 – Propiedad, Planta y Equipo*.

- International Organization for Standardization. (2014). *ISO 55001:2014. Gestión de activos — Sistemas de gestión — Requisitos*. ISO.
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 9001:2015 Quality management systems — Requirements*. International Organization for Standardization. Ginebra, Suiza: ISO.
- ISO. (2006). *ISO 20815: Petroleum, petrochemical and natural gas industries – Production assurance and reliability management*.
- Kelly, A. (2006). *Maintenance Strategy: Business-Centered Maintenance*. Butterworth-Heinemann.
- Mobley, R. (2002). *An Introduction to Predictive Maintenance*. Butterworth-Heinemann.
- Mobley, R. (2004). *Maintenance Fundamentals*. Butterworth-Heinemann.
- Moubray, J. (1977). *Reliability-Centered Maintenance (RCM II)*. Butterworth-Heinemann.
- Neale, M. J. (1995). *The Tribology Handbook*. Butterworth-Heinemann.
- O'Connor, P., & Kleyner, A. (2012). *Practical Reliability Engineering (5th ed.)*. Wiley.
- OxMaint. (s.f.). *Evolution of maintenance management: From reactive to predictive maintenance*. Obtenido de OxMaint: <https://oxmaint.com/article/evolution-maintenance-management-reactive-predictive>
- Palmer, D. (1999). *Maintenance Planning and Scheduling Handbook*. McGraw-Hill.
- Smith, D., & Hinchcliffe, G. (2004). *RCM — Gateway to World Class Maintenance*. Elsevier.
- Wireman, T. (2010). *Work Management in Maintenance and Reliability*. Industrial Press.