

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Trabajo de Suficiencia Profesional

**Implementación de plan de mantenimiento y
diagnóstico de fallas eléctricas en equipos de
acarreo scoop modelo r1600h**

Jhon Felix Cardenas Gamarra

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electricista

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de suficiencia profesional



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Percy Javier Juan de Dios Ortiz
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 13 de mayo de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

IMPLEMENTACIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO Y DIAGNÓSTICO DE FALLAS ELÉCTRICAS EN EQUIPOS DE ACARREO SCOOP MODELO R1600H

Autor:

JHON FELIX CARDENAS GAMARRA – EAP. Ingeniería Eléctrica

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 17 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- | | | |
|---|-----------------------------|--|
| • Filtro de exclusión de bibliografía | SI ☐ | NO ☒ |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): | SI ☐ | NO ☒ |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante | SI ☐ | NO ☒ |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser un pilar fundamental, por haberme guiado, bendecido en el transcurso de mi vida.

A mi padre Félix Cárdenas y mi Madre Gregoria Gamarra por el apoyo incondicional en cada momento, para lograr esta meta trazada.

A la empresa Ferreyros S. A. por el apoyo brindado, la confianza depositada en mi persona, por las capacitaciones y haberme permitido crecer profesionalmente dentro de sus prestigiosas instalaciones así dejarnos aportar toda la experiencia que se obtuvo en diferentes proyectos.

A los compañeros por poner en práctica e implementar la Metodología de diagnosticas las fallas eléctricas en los mismos equipos en plena operación de interior mina en Cerro Lindo NEXA.

DEDICATORIA

El presente va dedicado con mucho afecto en especial a mis hijos Job y Emir, quienes me dieron el impulso y aliento en cada momento de mi carrera de estudiante el mismo que al final se tradujo en mi carrera profesional.

Jhon Félix

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Agradecimiento	IV
Dedicatoria	V
Índice de contenidos.....	VI
Lista de figuras.....	IX
Lista de tablas.....	X
Resumen ejecutivo	XI
Abstract.....	XII
Introducción	XIII
Capítulo I	14
Aspectos generales de la empresa.....	14
1.1. Datos generales de la institución	14
1.2. Actividades principales de la empresa.....	15
1.3. Reseña histórica de la empresa	15
1.4. Organigrama de la empresa	16
1.5. Visión y misión.....	16
1.5.1. Misión.....	16
1.5.2. Visión	16
1.5.3. Valores	16
1.6. Bases legales o documentos administrativos	16
1.7. Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales.....	17
1.7.1. Área de mantenimiento eléctrico.....	17
1.8. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa	17
Capítulo II:	19
Aspectos generales de las actividades profesionales.	19
2.1. Antecedentes o diagnóstico situacional	19
2.2. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional.....	19
2.3. Objetivos de la actividad profesional	20
2.3.1. Optimización Operacional.....	20
2.3.2. Gestión de Costos:.....	20
2.3.3. Mejora de la Seguridad:	21
2.4. Justificación de la actividad profesional.....	21
2.4.1 Reducción de costos y tiempos de inactividad	21
2.4.2 Mayor disponibilidad y confiabilidad del sistema:	21
2.4.3 Mejora de la seguridad y el entorno de trabajo:	22
2.4.4 Optimización del rendimiento y eficiencia del sistema:.....	22

2.5	Resultados esperados	22
2.5.1	Mejora de la disponibilidad y confiabilidad del sistema:	22
2.5.2	Optimización de costos y recursos	22
2.5.3	Mejora de la seguridad y el entorno de trabajo	23
2.5.4	Mayor vida útil de los equipos	23
2.5.5	Optimización del rendimiento del sistema	23
Capítulo III		24
Marco teórico.		24
3.1.	Bases teóricas de las metodologías o actividades	24
3.1.1.	Mantenimiento	24
3.1.2.	Generación del mantenimiento.....	26
3.1.3.	Objetivos de mantenimiento.....	32
3.1.4.	Mantenimiento productivo total	37
3.1.5.	Módulo de control electrónico.....	39
3.1.6.	Código de suceso.....	39
3.1.7.	Código de diagnostico.....	40
3.2.	Componentes de entrada.....	41
3.2.1.	Sensores.....	41
3.2.2.	Interruptores	44
3.3.	Componentes de salida	44
3.4.	Glosario	44
Capítulo IV		46
Descripción de las actividades profesionales		46
4.1.	Descripción de actividades profesionales	46
4.1.1.	Enfoque de las actividades profesionales	46
4.1.2.	Alcance de las actividades profesionales	48
4.1.3.	Entregables de las actividades profesionales.....	50
4.2.	Aspectos técnicos de la actividad profesional	54
4.2.1.	Metodologías.....	54
4.2.2.	Técnicas.....	54
4.2.3.	Instrumentos	54
4.2.4.	Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades	56
4.3.	Ejecución de las actividades profesionales	58
4.3.1.	Cronograma de actividades realizadas	58
Capítulo V		60
Resultados		60
5.1.	Resultados finales de las actividades realizadas	60

5.2. Logros alcanzados	60
5.3. Dificultades encontradas.....	61
5.4. Planteamiento de mejoras	61
5.4.1. Metodologías propuestas	61
5.4.2. Descripción de la implementación	61
5.5. Análisis	62
5.6. Aporte del bachiller en la empresa	62
Conclusiones	63
Recomendaciones.....	64
Bibliografía	65
Anexos	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Organigrama de la FERREYROS S.A	16
Figura 2. Análisis de vibraciones.....	33
Figura 3. Termodinámica.....	35
Figura 4. Análisis boroscópico realizado a las camisas de un motor de combustión interna. .	36
Figura 5. Inspección por ultrasonido a los pines de los rodillos en el lower de una pala eléctrica.	36
Figura 6. Módulo de control electrónico.....	39
Figura 7. Código de suceso.....	39
Figura 8. Código de diagnóstico.	40
Figura 9. Señal de presión.....	41
Figura 10. Señal digital de frecuencia.....	42
Figura 11. Señal de ancho de pulso modulado.....	42
Figura 12. Implementación de manual de operación y mantenimiento R1600H.....	50
Figura 13. componentes electrónicos de los equipos de acarreo SCOOP MODELO R1600H.	52
Figura 14. Metodología para dar solución en los equipos de acarreo SCOOP MODELO R1600H.	52
Figura 15. Evaluación del desempeño del plan.....	53
Figura 16. documentación de capacitación implementada	53

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Decretos y leyes	16
Tabla 2. Comparación del mantenimiento preventivo de clase real y clase mundial. .	28
Tabla 3. Comparación del mantenimiento predictivo de clase real y clase mundial para los diferentes tipos de industrias.	28
Tabla 4. Metas del cumplimiento en el mantenimiento preventivo de acuerdo con el nivel de criticidad	30
Tabla 5. Velocidad, tabla general - severidad de vibración según ISO 2372	34

RESUMEN EJECUTIVO

El sector minero es fundamental para el desempeño económico del Perú, ya que contribuye significativamente al producto bruto interno (PBI), a la generación de empleo y a las exportaciones nacionales. Representa un indicador económico clave con un impacto considerable en los principales índices macroeconómicos del país. Desde la extracción hasta la exportación, las operaciones mineras deben cumplir con estándares rigurosos en términos de eficiencia económica, calidad operativa y seguridad industrial.

El Perú se posiciona como el segundo mayor productor mundial de plata, cobre y zinc, y como el principal productor de oro, zinc, estaño, plomo y molibdeno en América Latina, lo que lo convierte en un actor relevante en la producción minera global. Los principales yacimientos minerales se ubican en la cordillera de los Andes, lo que hace indispensable la mecanización y automatización de los procesos extractivos para garantizar su continuidad y eficiencia.

En la actualidad, resulta crucial comprender los componentes eléctricos y mecánicos de la maquinaria y los equipos utilizados en minería. Para asegurar la continuidad de las operaciones, es esencial conocer sus partes, principios de funcionamiento y elementos constitutivos.

Por ello, es de gran importancia establecer directrices claras para el uso adecuado de los equipos y dispositivos, considerando tanto aspectos eléctricos como mecánicos. En este contexto, el presente trabajo se enfoca en la implementación de un plan de mantenimiento y diagnóstico de fallas eléctricas en los equipos de acarreo SCOOP modelo R1600H, en la unidad minera NEXA Cerro Lindo.

La metodología aplicada para diagnosticar fallas en los componentes eléctricos facilitará a la organización mantener altos niveles de disponibilidad y confiabilidad operativa en sus equipos. Asimismo, se enfatiza la importancia de reducir los tiempos de diagnóstico y brindar soporte técnico in situ, mejorando así los indicadores clave orientados a optimizar la eficiencia de los procesos de atención en la unidad NEXA Cerro Lindo.

Palabras claves: Minería, mantenimiento, diagnóstico, SCOOP R1600H, fallas eléctricas, disponibilidad operativa

ABSTRACT

The mining sector is fundamental to Peru's economic performance, as it contributes significantly to the gross domestic product (GDP), job creation, and national exports. It serves as a key economic indicator with a considerable impact on the country's main macroeconomic indices. From extraction to export, mining operations must meet strict standards in economic efficiency, operational quality, and industrial safety.

Peru ranks as the world's second-largest producer of silver, copper, and zinc, and the leading producer of gold, zinc, tin, lead, and molybdenum in Latin America, making it a major player in global mineral production. The main mineral deposits are located in the Andes Mountains, which makes mechanization and automation essential to ensure the continuity and efficiency of extraction processes.

Today, it is crucial to understand the electrical and mechanical components of the machinery and equipment used in mining. To guarantee operational continuity, it is essential to know their parts, operating principles, and constituent elements.

Therefore, it is highly important to establish clear guidelines for the proper use of equipment and devices, considering both electrical and mechanical aspects. In this context, the present work focuses on the implementation of a maintenance and electrical fault diagnosis plan for SCOOP haulage equipment, model R1600H, at the NEXA Cerro Lindo mining unit.

The methodology applied for diagnosing failures in electrical components will help the organization maintain high levels of equipment availability and operational reliability. Likewise, emphasis is placed on minimizing diagnostic times and providing in situ technical support, thus improving key indicators aimed at optimizing service process efficiency at the NEXA Cerro Lindo unit.

Keywords: Mining, maintenance, diagnosis, SCOOP R1600H, electrical faults, operational availability

INTRODUCCIÓN

La gestión del mantenimiento es crucial en el entorno global actual para garantizar la continuidad de las actividades operativas y prevenir paradas de procesos causadas por fallos en maquinaria y equipos. En consecuencia, uno de los componentes más cruciales para lograr la operatividad y competitividad empresarial es la implementación de un mantenimiento adecuado. Una variedad de equipos es necesaria para cada operación minera, dentro de ellos el más destacado es el cargador de bajo perfil R1600H, siendo este un elemento de alta importancia en la operación subterránea a causa de que deben acarrear una cierta cantidad de mineral de una zona a otra. (1)

La disponibilidad del equipo de operación y procesamiento de minerales está determinada por la finalización de las tareas de mantenimiento y diagnóstico en el sitio; en este sentido, la filosofía del Mantenimiento Productivo Total (TPM) busca aumentar significativamente la productividad al reducir las pérdidas y establecer una cultura de mejora continua (2). El TPM afecta a los indicadores operativos como la disponibilidad y la fiabilidad del equipo, que junto con el indicador de calidad producen la indicación universal de la eficiencia general del equipo (OEE)

El documento presentado a continuación hace exposición de la labor llevada a cabo en la empresa FERREYROS S.A en la unidad NEXA Cerro Lindo para lo cual se ha organizado el trabajo de suficiencia profesional en 5 capítulos, siendo tal como sigue:

SECCIÓN I. Trata de los Aspectos Generales de La Empresa.

SECCIÓN II. Se presenta los Aspectos Generales de las Actividades Profesionales.

SECCIÓN III. Se presentan las Bases Teóricas de las Metodologías o Actividades.

SECCIÓN IV. Se presentan la Descripción de Actividades Profesionales.

SECCIÓN V. Resultados finales de las actividades

Conclusiones y Recomendaciones.

Se presenta la referencia bibliográfica.

Finalmente estarán los Anexos.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA.

1.1. Datos generales de la institución

Razón social	:	FERREYCORP S.A.A
Tipo de Empresa	:	Sociedad Anónima
RUC	:	20100028698
Condición	:	Activo
Inicio de Actividades	:	11 de junio de 1998
Actividad Comercial	:	Comercialización de maquinaria y servicios
Central Telefónica	:	(51-1) 626-4000
FAX	:	626 8001
Ubicación		
Sede Lima	:	Jr. Cristóbal de Peralta Norte 820, Surco
Email	:	http://www.ferreyros.com.pe
Localización	:	En las instalaciones de NEXA Cerro Lindo
Distrito	:	Chavín
Provincia	:	Chincha
Departamento	:	Ica
Límites		
Este	:	Distrito de Chavín
Oeste	:	Distrito Pueblo Nuevo
Norte	:	Límite de Gobierno regional Lima
Sur	:	Pampa Chacra

1.2. Actividades principales de la empresa

La unidad Ferreyros S.A. NEXA Cerro Lindo actualmente opera en la comercialización y reparación de equipos de maquinaria pesada para las industrias de minería, construcción, pesca y agricultura. Basa sus operaciones en la representación de Caterpillar, una marca reconocida a nivel mundial.

1.3. Reseña histórica de la empresa

En 1922, Enrique Ferreyros y Cía fue fundada por Enrique Ferreyros Ayulo y algunos socios, como una Sociedad Comanditaria, orientada inicialmente a la comercialización de bienes de consumo masivo.

Un importante punto de inflexión para la empresa ocurrió veinte años después, cuando asumió la representación de la marca Caterpillar en el Perú. A partir de ese momento, la corporación se expandió a nuevos mercados y comenzó a reestructurar su cartera de clientes, lo cual marcó el inicio de un crecimiento sostenido.

En 1962, la empresa se convirtió en una compañía que cotiza en bolsa, tras completar su registro en la Bolsa de Valores de Lima. Posteriormente, en 1998, adoptó la figura de sociedad anónima abierta bajo la denominación Ferreyros S.A.A.

Como parte de una reorganización corporativa, en 2013 Ferreyros S.A.A. pasó a denominarse Ferreycorp S.A.A., asumiendo la función de empresa matriz del grupo y encargándose de la gestión de sus subsidiarias nacionales e internacionales.

Ferreyros S.A., por su parte, quedó a cargo exclusivo de la comercialización de maquinaria, equipos y servicios de soporte postventa para la línea Caterpillar y sus marcas afiliadas.

En 2022, Ferreycorp y su principal subsidiaria Ferreyros conmemoraron 80 años como distribuidores de Caterpillar y 100 años de operaciones en el Perú, alcanzando ventas combinadas superiores a US\$ 1.7 mil millones. Diez años después de la incorporación de los primeros camiones de 400 toneladas, así como de las palas y perforadoras más grandes, el país presencia en la actualidad el despliegue completo de su primera flota de camiones autónomos. Ferreycorp es la única empresa peruana presente en todas las ediciones del Índice de Sostenibilidad MILA-Alianza del Pacífico de Dow Jones y forma parte del Índice S&P/BVL Perú General ESG.

1.4. Organigrama de la empresa

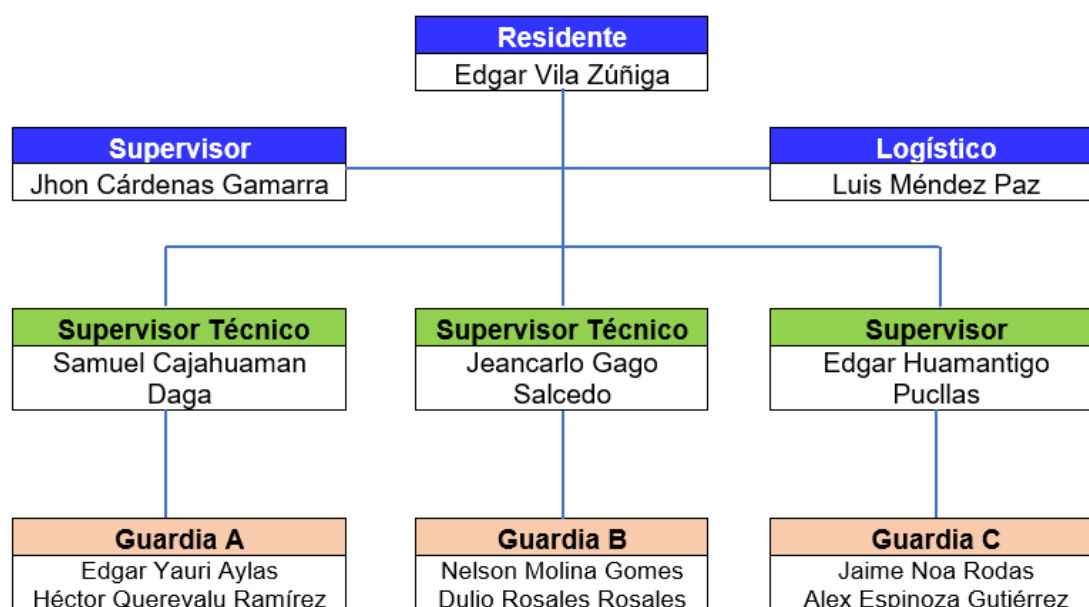


Figura 1 Organigrama de la FERREYROS S.A

Fuente. Empresa FERREYROS S.A

1.5. Visión y misión

1.5.1. Misión

Proveer las soluciones que cada cliente requiere, facilitándole los bienes de capital y servicios que necesita para crear valor en los mercados en los que actúa.

1.5.2. Visión

Fortalecer nuestro liderazgo siendo reconocidos por nuestros clientes como la mejor opción, de manera que podamos alcanzar las metas de crecimiento.

1.5.3. Valores

Integridad, Compromiso, Respeto y Equidad.

1.6. Bases legales o documentos administrativos

Ferreyros S.A. es la empresa líder en el Perú en la comercialización de bienes de capital y en la provisión de servicios para el sector minero. Es responsable de la comercialización de maquinaria pesada de la marca Caterpillar.

Tabla 1: Decretos y leyes

Ley 29783	Ley de seguridad y salud en el trabajo
-----------	--

1.7. Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales

1.7.1. Área de mantenimiento eléctrico

Ferreyros opera como contratista en las instalaciones de la empresa NEXA Cerro Lindo, brindando el servicio de mantenimiento a flotas de cargadores de bajo perfil. En ese marco, las actividades profesionales se enfocan en la gestión y operación del mantenimiento, incluyendo diagnóstico y soporte técnico a los equipos de acarreo. El trabajo se orienta a garantizar la disponibilidad y confiabilidad del equipamiento en la unidad minera Cerro Lindo.

1.8. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa

- ✓ Ejecutar el planeamiento de trabajos de diagnóstico oportuno, mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de acarreo tipo SCOOP, modelo R1600H, en la unidad NEXA Cerro Lindo, en coordinación con el técnico encargado de la operación.
- ✓ Expedir reportes diarios conforme al formato y estándar establecido por la unidad minera Cerro Lindo.
- ✓ Realizar soporte técnico ante fallas en los sistemas eléctricos de los equipos cargadores de bajo perfil R1600H.
- ✓ Desarrollar el plan de mantenimiento de los componentes eléctricos, con el objetivo de evitar paradas inesperadas durante la operación y mantener la confiabilidad de los equipos.
- ✓ Gestionar la solicitud de repuestos eléctricos prioritarios, necesarios para evitar tiempos de inactividad en los equipos.
- ✓ Ejecutar rutas de inspección mediante el uso de listas de verificación (checklist), registrando los hallazgos correspondientes y participando en la implementación de planes de acción correctiva para eliminar causas de fallas potenciales.
- ✓ Apoyar en el análisis y solución de fallas en los equipos eléctricos, procurando reducir al mínimo el tiempo de inoperatividad.
- ✓ Implementar buenas prácticas de mantenimiento, emitiendo recomendaciones y observaciones en coordinación con el jefe o supervisor inmediato.
- ✓ Ejecutar el backlog de mantenimiento de acuerdo con la prioridad definida por el sistema de gestión.
- ✓ Generar órdenes de trabajo (OT) y realizar el cierre técnico o notificación correspondiente de cada una de ellas.
- ✓ Participar en iniciativas de mejora continua orientadas a reducir accidentes, aumentar la disponibilidad de equipos y disminuir los costos operativos.

- ✓ Elaborar y ejecutar Procedimientos Estándar de Trabajo Seguro (PETS), así como planes de acción correctiva, con el objetivo de alcanzar cero incidentes de seguridad y medio ambiente.
- ✓ Elaborar reportes rutinarios relacionados con las actividades de mantenimiento.
- ✓ Cumplir con otras funciones asignadas por el superior inmediato, en línea con los objetivos del área.

CAPÍTULO II:

ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES.

2.1. Antecedentes o diagnóstico situacional

Se identificó que la flota de equipos presentaba condiciones operativas deficientes, lo que la hacía inadecuada para su uso en el lugar de prestación de servicios. Se evidenció que fallas y malfunciones eléctricas ocasionaron la detención de equipos inoperativos durante las operaciones mineras en la U.M. Cerro Lindo, lo que requiere reparaciones inmediatas y mantenimiento especializado por parte de técnicos electricistas. El contratista de mantenimiento Ferreyros S.A. está directamente a cargo de estas paradas, las cuales interrumpen el proceso de producción en la unidad minera.

Los orígenes frecuentes de estas detenciones se relacionan con fallas eléctricas, cuya identificación solía demorarse, generando tiempos prolongados de inactividad en los equipos.

2.2. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional

En la actualidad, se presentan importantes oportunidades de desarrollo ingenieril enfocadas en incrementar la productividad, mediante la aplicación de técnicas de diagnóstico e investigación en cada etapa del proceso de extracción. Estas incluyen el uso de herramientas para diagnosticar, operar, mantener y parametrizar el equipo de transporte SCOOP R1600H en la unidad NEXA Cerro Lindo. Asimismo, se propone la integración de metodologías estadísticas y análisis de datos tanto básicos como avanzados, que permitan abordar y reducir las problemáticas detectadas. Las operaciones de extracción en la unidad minera se enmarcan así en una perspectiva de mejora continua respaldada por evidencia técnica.

2.3. Objetivos de la actividad profesional

El objetivo principal de la actividad profesional consiste en aplicar una técnica de diagnóstico de fallas en los equipos de acarreo de Ferreyros S.A., basada en indicadores que permitan evaluar el desempeño operativo de la flota en relación con la productividad de la unidad minera.

Como resultado, se espera incrementar progresivamente la disponibilidad de los equipos de acarreo, mes a mes, en la planificación operacional de la Unidad Minera Cerro Lindo.

2.3.1. Optimización Operacional

2.3.1.1. Reducción del tiempo de inactividad

Minimizar las interrupciones en el funcionamiento de los equipos de acarreo SCOOP modelo R1600H en la unidad NEXA Cerro Lindo.

2.3.1.2. Mejoría de la confiabilidad del sistema

Incrementar la disponibilidad y la confiabilidad de los equipos de acarreo SCOOP modelo R1600H asegurando un funcionamiento estable y eficiente.

2.3.1.3. Optimización del rendimiento del sistema

Mejorar la eficiencia en equipos de acarreo SCOOP modelo R1600H.

2.3.2. Gestión de Costos:

2.3.2.1. Reducción de costos de mantenimiento

Disminuir los gastos asociados a reparaciones de emergencia y mantenimiento correctivo, priorizando la prevención de fallas.

2.3.2.2. Optimización de la gestión de recursos

Mejorar la planificación y asignación de recursos de mantenimiento, enfocándolos en áreas críticas y evitando desperdicios de tiempo y dinero.

2.3.2.3. Aumento de la vida útil del equipamiento

Prolongar la vida útil de los equipos de acarreo, reduciendo el desgaste prematuro y la necesidad de reemplazos costosos.

2.3.3. Mejora de la Seguridad:

2.3.3.1. Prevención de accidentes

Identificar y abordar oportunamente los problemas en los equipos SCOOP modelo R1600H, evitando fallas que puedan causar accidentes o lesiones.

2.3.3.2. Mejora de las condiciones de trabajo

Crear un entorno laboral más seguro mediante la reducción de riesgos asociados a fallas imprevistas e interrupciones operativas.

2.3.3.3. Cumplimiento de normas de seguridad

Garantizar el cumplimiento de la normativa vigente relacionada con la operación segura de los equipos de acarreo SCOOP modelo R1600H.

2.4. Justificación de la actividad profesional

La justificación de la actividad se sustenta en diversos factores que impactan de manera directa en la eficiencia, seguridad y rentabilidad de la operación minera.

2.4.1 Reducción de costos y tiempos de inactividad

2.4.1.1. Prevención de fallas inesperadas

El mantenimiento predictivo permite anticipar y evitar fallas en los equipos SCOOP modelo R1600H, reduciendo los costos por reparaciones de emergencia y tiempos muertos no planificados.

2.4.1.2. Optimización de recursos

Al priorizar las áreas que realmente requieren intervención, se maximiza el uso eficiente de los recursos disponibles, evitando gastos innecesarios.

2.4.2 Mayor disponibilidad y confiabilidad del sistema:

2.4.2.1 Funcionamiento continuo

Un sistema operación de equipos de acarreo SCOOP modelo R1600H confiable permite operar sin interrupciones, asegurando la continuidad productiva de la unidad minera.

2.4.2.2 Aumento de la vida útil de los equipos

La detección temprana de fallas permite intervenciones preventivas que prolongan la vida útil de los equipos de acarreo SCOOP modelo R1600H y sus componentes, minimizando reemplazos onerosos.

2.4.3 Mejora de la seguridad y el entorno de trabajo:

2.4.3.1 Prevención de accidentes

La identificación oportuna de fallas potenciales en los equipos de acarreo SCOOP modelo R1600H reduce el riesgo de accidentes, promoviendo un entorno laboral más seguro.

2.4.3.2 Cumplimiento de normas

La ejecución de un plan de mantenimiento predictivo evidencia el compromiso con la seguridad y el cumplimiento normativo.

2.4.4 Optimización del rendimiento y eficiencia del sistema:

2.4.4.1 Funcionamiento óptimo

Mantener los equipos de acarreo SCOOP modelo R1600H en condiciones óptimas contribuye a una producción eficiente, reduciendo pérdidas energéticas y operativas.

2.5 Resultados esperados

Se proyecta la implementación de un plan de diagnóstico y mantenimiento oportuno para los equipos de acarreo SCOOP modelo R1600H, con los siguientes resultados:

2.5.1 Mejora de la disponibilidad y confiabilidad del sistema:

2.5.1.1 Reducción del tiempo de inactividad

Se espera una disminución significativa en los tiempos de inactividad en equipos de acarreo SCOOP modelo R1600H. Esto se traduce en un funcionamiento más continuo y una mayor productividad general.

2.5.1.2 Aumento de la confiabilidad:

El sistema de enfriamiento se volverá más confiable, con una reducción en la probabilidad de fallas inesperadas. Esto genera mayor seguridad en la operación y reduce la incertidumbre en la planificación.

2.5.2 Optimización de costos y recursos

2.5.2.1 Reducción de costos de mantenimiento

Se prevé una disminución en los costos asociados a reparaciones de emergencia y mantenimiento correctivo, al enfocarse en la prevención de fallas.

2.5.2.2 Optimización de la gestión de recursos

La implementación del plan de mantenimiento predictivo permitirá optimizar la asignación de recursos de mantenimiento, enfocándolos en las áreas que realmente lo necesitan y evitando el desperdicio de tiempo y dinero.

2.5.3 Mejora de la seguridad y el entorno de trabajo

2.5.3.1 Prevención de accidentes

Se espera una reducción en el riesgo de accidentes y lesiones relacionadas con fallas en equipos de acarreo SCOOP modelo R1600H. Esto creará un entorno de trabajo más seguro para los empleados.

2.5.3.2 Cumplimiento de normas

El plan de mantenimiento predictivo ayudará a cumplir con las normas de seguridad y las regulaciones relevantes, mejorando la seguridad general de la operación.

2.5.4 Mayor vida útil de los equipos

2.5.4.1 Prolongación de la vida útil

Se espera una prolongación de la vida útil de los equipos de acarreo SCOOP modelo R1600H y otros componentes del sistema, debido a la detección temprana de problemas y las intervenciones preventivas. Esto reducirá la necesidad de reemplazos costosos y contribuirá a la sostenibilidad de la operación.

2.5.5 Optimización del rendimiento del sistema

2.5.5.1 Funcionamiento eficiente

Se espera un funcionamiento más eficiente del sistema operación con los equipos de acarreo SCOOP modelo R1600H, contribuyendo notablemente en la mejora en el proceso de producción de la empresa.

CAPÍTULO III.

MARCO TEÓRICO.

3.1. Bases teóricas de las metodologías o actividades

3.1.1. Mantenimiento

Olarte et al. (3), afirman que el mantenimiento comprende los servicios que abarcan un conjunto de trabajos destinados a garantizar que el equipamiento, las máquinas, las construcciones civiles o las instalaciones eléctricas se conserven o restablezcan en condiciones óptimas para desempeñar sus funciones, subrayando su importancia tanto en la calidad de los productos como en su papel estratégico para lograr una competencia efectiva.

Existen múltiples enfoques para materializar las labores de mantenimiento. Entre ellos destacan el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM, por sus iniciales en inglés, *Reliability Centered Maintenance*) y el mantenimiento productivo total (TPM, por sus iniciales en inglés, *Total Productive Maintenance*) (4).

3.1.1.1 Función del mantenimiento

Funciones primarias:

Las funciones primarias abarcan las siguientes actividades esenciales:

- ✓ Realizar mantenimientos, reparaciones e inspecciones al equipamiento e instalación.
- ✓ Distribuir el servicio eléctrico en el sistema de concentración.
- ✓ Renovar y retirar equipamiento e instalación determinada.
- ✓ Implementar la programación anual de mantenimientos preventivos y predictivos.

Funciones secundarias:

Las funciones secundarias comprenden las siguientes tareas fundamentales:

- ✓ Administrar solicitudes de nuevo equipamiento para la optimización del proceso.
- ✓ Elaborar informes para adquirir repuestos, maquinaria y consumibles.
- ✓ Supervisar y asegurar el correcto suministro de la relación de “repuestos y consumibles”.
- ✓ Mantener en óptimas condiciones el equipamiento de seguridad y protección.
- ✓ Documentar el historial de utilización e inventarios de la maquinaria de la empresa.

3.1.1.2 Planes de mantenimiento

Cuando está bien estructurado, un plan de mantenimiento se basa en actividades diseñadas para abordar de manera anticipada las posibles fallas de la maquinaria. Este modelo abarca la totalidad de acciones necesarias para advertir los desperfectos más frecuentes que pueden afectar al equipamiento. Es esencial comprender el concepto clave asociado a un plan de mantenimiento, que se organiza en tareas agrupadas por secciones, cuyo principal objetivo es minimizar las paradas no programadas. Según Ponce y Campoverde (5), este enfoque es crucial para garantizar la continuidad operativa. En la elaboración de la planificación anual de mantenimiento, es fundamental incorporar las recomendaciones del fabricante, considerando diversos indicadores del servicio. En general, el equipamiento crítico debe ser priorizado dentro de estos planes debido a su impacto en la operación total.

La materialización de la planificación de mantenimiento predictivo requiere seguir una metodología estructurada que comprende cinco pasos fundamentales:

Paso 1: Identificar y registrar todos los equipos involucrados en los procesos productivos, asegurando un análisis exhaustivo de su interacción dentro del sistema operativo.

Paso 2: Sintetizar y priorizar las recomendaciones proporcionadas por los fabricantes, así como las directrices técnicas provenientes de la oficina correspondiente.

Paso 3: Organizar las actividades de mantenimiento de manera anticipada, seleccionando aquellas que puedan realizarse bajo condiciones seguras y alineadas con los objetivos operativos.

Paso 4: Determinar los materiales que se necesiten para la realización de los trabajos y delegar las responsabilidades correspondientes al personal técnico-operativo, asegurando claridad en las funciones.

Paso 5: Garantizar que todos los trabajos se den en estricta conformidad con los procedimientos y normas de seguridad establecidos.

Planes de mantenimiento y la recomendación de los fabricantes.

Las definiciones de los trabajos a incluir en la planificación de mantenimiento de un sistema industrial pueden basarse en diversos juicios; no obstante, el criterio más común es seguir las recomendaciones proporcionadas por los fabricantes. Aunque este enfoque resulta relativamente sencillo de implementar, presenta ciertas limitaciones que deben considerarse para garantizar la eficacia de la planificación.

Plan de mantenimiento basado en protocolos.

La planificación de trabajos específicos para todo activo en una planta industrial se formaliza en lo que se conoce como procedimiento de trabajo programado. Este procedimiento se desarrolla mediante la elaboración de un plan detallado que incluye el paso a paso de las tareas de mantenimiento asociadas a todas las actividades principales de la planta. Asimismo, se identifican y listan los activos más críticos. Una vez establecido, basta con seguir el procedimiento para cada activo, lo que permite registrar un historial completo y pormenorizado de las labores de mantenimiento llevadas a cabo.

3.1.1.3 Objetivos del mantenimiento

Esto representa la meta establecida y aceptada para guiar la actividad de los equipos de mantenimiento. Entre los objetivos principales se incluyen garantizar la disponibilidad de los activos, la reducción de costos, la excelencia en el servicio, la seguridad y la preservación del medio ambiente. Por el contrario, las normas de mantenimiento constituyen un método integral que dirige la logística de la prestación de servicios de mantenimiento. Estas políticas están fundamentadas en los objetivos establecidos y se adaptan al ciclo de vida de las industrias, así como a las expectativas de los propietarios, beneficiarios y consumidores.

3.1.2. Generación del mantenimiento

La evolución de las prácticas de mantenimiento industrial puede dividirse en cuatro generaciones principales, cada una marcada por cambios significativos en la tecnología, la gestión y las prioridades de la industria (6)

3.1.2.1. Primera generación

Esta etapa abarca hasta la II Guerra Mundial. Durante esta época, las industrias carecían de un alto grado de mecanización, lo que hacía que los tiempos de inactividad no fueran críticos.

Prevenir la falla del equipamiento no era prioritario para los niveles gerenciales, dado que la productividad no dependía significativamente de las máquinas.

Segunda generación

Posterior a la Segunda Guerra Mundial se produjo un cambio drástico, debido a la disminución de trabajadores disponibles, lo que impulsó un incremento significativo en la industria mecanizada. Para los años 1950–1960, la cantidad y la complejidad de las maquinarias habían crecido considerablemente, haciendo que la industria comenzara a depender de ellas, lo que resaltó la necesidad de estrategias de mantenimiento más avanzadas.

Tercera generación

A partir de 1975, la industria experimentó transformaciones aún más profundas. Este estadio se define por la llegada de nuevas expectativas, investigaciones y técnicas que ampliaron la capacidad de gestionar y mantener los equipos.

Cuarta generación

Desde la década de 1990 hasta la actualidad, el mantenimiento ha evolucionado hacia una gestión basada en grandes avances tecnológicos. En este periodo, se han desarrollado nuevas tendencias, metodologías y filosofías, todas orientadas a la prevención de fallas, con un enfoque en maximizar la fiabilidad y la eficiencia de los activos industriales.

3.1.2.1 Estrategias de mantenimiento

Las estrategias para mantener el equipamiento se definen como las decisiones estratégicas adoptada por el responsable de la gestionar una planta con el fin de guiar las actividades de mantenimiento. Esta estrategia establece un conjunto de trabajos fundamentales como pilar principal, mientras que el resto de actividades se subordinan a este conjunto básico.

Mantenimiento correctivo

Los mantenimientos correctivos se caracterizan por la ausencia de planificación y programación previa, enfocándose únicamente en corregir problemas imprevistos que surgen durante la operación. Este enfoque es adecuado para equipos de bajo costo, donde las interrupciones no generan impactos significativos en los procesos productivos.

Mantenimiento preventivo

De acuerdo Dounce (7), los mantenimientos preventivos consisten en realizar trabajos de inspección y servicio previamente planificados, ejecutados en intervalos específicos, con la meta de preservar las capacidades funcionales del equipamiento y de los sistemas operativos.

Esta idea puede ampliarse al diferenciar los mantenimientos preventivos de clase real y de clase mundial, cuyos detalles se ilustran en la Tabla 2.

Nota: Otros sectores utilizan el ámbito automotriz como referencia; la empresa General Motors es un ejemplo representativo, el cual se presenta a continuación.

Tabla 2. Comparación del mantenimiento preventivo de clase real y clase mundial.

Tipo industria	Real	Clase mundial
Montaje	29 %	53 %
Distribución	56 %	54 %
Fabrica grande	29 %	51 %
Fabrica pequeña	34 %	52 %
Proceso	34 %	42 %
Consultor	25 %	44 %
Promedio ponderado	33 %	47 %

Fuente: Dounce

Mantenimiento predictivo

Este es un enfoque que establece una relación directa entre variables físicas y el nivel de desgaste de la maquinaria. Este tipo de mantenimiento se fundamenta en medir, seguir y monitorear continuamente los indicadores de los equipos o instalaciones.

Los datos más relevantes proporcionados por este método son las tendencias de las variables medidas, ya que permiten estimar y prever, con un margen de error aceptable, posibles fallas en los equipos. Esta capacidad predictiva es esencial para minimizar interrupciones y optimizar el rendimiento de los activos. En la Tabla 2, se detalla este tipo de mantenimiento en dos niveles: clase real y clase mundial.

Tabla 3. Comparación del mantenimiento predictivo de clase real y clase mundial para los diferentes tipos de industrias.

Tipo industria	Real	Clase mundial
Montaje	7 %	39 %
Distribución	10 %	30 %
Fabrica grande	12 %	30 %
Fabrica pequeña	12 %	32 %
Proceso	15 %	42 %
Consultor	15 %	38 %
Promedio	13 %	35 %

Fuente: Dounce

3.1.2.2. Análisis de Criticidad

FMECA, (*Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*) es una metodología diseñada para simplificar la toma de decisiones en una organización, considerando su impacto global. Esta herramienta permite identificar que no todos los activos tienen el mismo nivel de importancia, y reconoce que los recursos disponibles, como horas-hombre y presupuesto, son

limitados. Asimismo, un mismo activo puede requerir distintas formas de mantenimiento dependiendo de su función y estado.

El FMECA se enfoca en asignar un valor numérico a la consecuencia de la falla de los equipos dentro de un complejo, así como a la frecuencia con que estas fallas ocurren, con el objetivo de priorizar la actividad de mantenimiento en aquellos procesos que representen un riesgo significativo de interrupción de las operaciones. Esta metodología es esencial para optimizar los recursos y garantizar la continuidad operativa de los sistemas críticos de una organización.

Clasificación del sistema de criticidad

Dado su valor en el proceso de la planta de concentración, así como el riesgo de daños o accidentes potenciales en caso de fallas, los equipos críticos deben ser gestionados con estrategias de mantenimiento altamente efectivas. Esto asegura la continuidad operativa, minimiza los riesgos para la seguridad y evita interrupciones que podrían comprometer la productividad y los resultados de la planta.

Nivel de criticidad de los equipos

En concordancia con los estándares de la industria, el trabajo presentado establece tres escalas de criticidad para clasificar los activos de una planta:

Criticidad 1

Corresponde al equipamiento que no debe fallar, es decir, aquel cuyo mal funcionamiento podría resultar en la paralización del complejo o de un ramal productivo, generando pérdidas financieras significativas. Además, la falla de estos equipos podría causar accidentes graves tanto al personal de mantenimiento como a los operadores. Ejemplos de estos equipos críticos incluyen calderas, grúas, elevadores, entre otros.

La falla de estos equipos no solo comprometería la operación, sino que también podría generar impactos ambientales importantes, como fugas de aceite, liberación de productos contaminantes o desechos peligrosos, lo que aumentaría el riesgo de daños al entorno y a la salud pública. En consecuencia, la gestión y el mantenimiento preventivo de este equipamiento son cruciales para evitar interrupciones operativas y minimizar los riesgos asociados.

Criticidad 2

Comprende los equipos que no deberían fallar, aunque siguen siendo importantes para la operación. Se refiere a aquellos cuyo desperfecto no ocasionaría un efecto significativo en el

proceso del complejo. Esto puede deberse a que existen equipos similares disponibles para tomar su lugar o porque las averías en estos equipos suelen ser de corta duración, permitiendo que la planta continúe operando sin interrupciones mayores. Estos equipos, aunque relevantes, no representan un riesgo grave para la producción ni para la seguridad, y su mantenimiento se prioriza de acuerdo con la disponibilidad de recursos y el impacto potencial de su falla.

Criticidad 3

Incluye los equipos que rara vez se utilizan, es decir, maquinaria que no opera de manera constante. Si bien una falla de estos equipos puede interrumpir las operaciones, no tiene un impacto importante en los trabajos productivos del complejo. Por lo general, a este tipo de equipos se les asigna una prioridad menor en las órdenes de trabajo, ya que las tareas más urgentes deben abordarse primero. En consecuencia, puede que no siempre sea posible finalizar todas las órdenes de mantenimiento preventivo dentro del cronograma designado.

Con el fin de mejorar la gestión del mantenimiento, es recomendable que las órdenes de trabajo incluyan un componente que indique claramente la criticidad del equipo que requiere intervención. Esta categorización permitirá la priorización de las tareas de mantenimiento en función del posible efecto que cada equipo tenga en las operaciones. La Tabla 3 ilustra los objetivos de cumplimiento alineados con los niveles de criticidad, lo que contribuye a una organización eficaz de las actividades de mantenimiento.

Nota: En otros sectores, como el automotriz, se emplean metodologías similares. Un ejemplo representativo es el caso de la empresa General Motors, que se presenta aquí.

Tabla 4. Metas del cumplimiento en el mantenimiento preventivo de acuerdo con el nivel de criticidad

Metas del mantenimiento preventivo	
Criticidad 1	100 % de Cumplimiento
Criticidad 2	90 % de Cumplimiento
Criticidad 3	80 % de Cumplimiento

Fuente. Dounce.

3.1.2.3. Pasos para realizar análisis de criticidad

Los procedimientos para llevar a cabo un análisis de riesgo en el mantenimiento de activos comprenden:

Delimitar el alcance y los objetivos del análisis:

Es fundamental especificar de manera precisa qué aspectos se van a examinar, los fines que se pretenden alcanzar y la manera en que se usará el resultado para optimizar la gestión del mantenimiento.

Definir criterios de relevancia:

Es necesario establecer los parámetros que determinarán cuáles equipos o sistemas son más críticos, considerando aspectos como la disponibilidad, la seguridad, el impacto ambiental y los costos operativos.

Elegir un método de evaluación para clasificar los sistemas objeto del análisis (basado en riesgo):

Siguiendo la norma ISO 55000, se debe adoptar un enfoque fundamentado en el análisis de riesgo para priorizar los activos que requieren mayor atención, en función de su nivel de criticidad.

El riesgo se conceptualiza, según la API RP 580, como la combinación de la probabilidad de que un suceso ocurra dentro de un intervalo de tiempo específico y las repercusiones de que dicho evento se materialice. Desde un punto de vista matemático, el riesgo puede expresarse de la siguiente manera:

$$RIESGO = PROBABILIDAD \times CONSECUENCIA$$

En el marco del análisis de criticidad, se aplican diversos criterios para determinar la relevancia de los equipos y sistemas, considerando su posible impacto. Los criterios más destacados son:

- Criterio de seguridad
- Criterio ambiental
- Criterio de producción
- Criterio de costo (operación y mantenimientos)
- Criterio de periodicidad de fallas

3.1.3. Objetivos de mantenimiento

De acuerdo con **Ponce y Campoverde (5)**, los propósitos esenciales del mantenimiento industrial pueden resumirse en los siguientes aspectos:

- ✓ Minimizar, reducir y, de ser necesario, reparar los desperfectos en los activos.
- ✓ Mitigar la severidad de los desperfectos inevitables.
- ✓ Prevenir paradas de maquinaria.
- ✓ Prevenir accidentes.
- ✓ Proteger la integridad de las personas y aumentar la seguridad.
- ✓ Conservar el activo productivo en condiciones seguras y conforme a los estándares operativos.
- ✓ Reducir gastos.
- ✓ Extender la vida útil de los activos.

Estos objetivos son cruciales para asegurar una operación eficiente y segura, mejorando la productividad y disminuyendo riesgos y costos a largo plazo (8).

3.1.3.1. Tipos de mantenimiento.

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento predictivo.
- Mantenimiento productivo total.
- Mantenimiento basado en la confiabilidad.

Mantenimiento Predictivo:

También denominado mantenimiento fundamentado en la condición surge como una solución para optimizar los costos en comparación con los enfoques tradicionales, como el mantenimiento correctivo y preventivo. La esencia de esta filosofía se centra en el entendimiento detallado del estado de los equipos. Este enfoque permite reemplazar los componentes únicamente cuando no se encuentran en condiciones operativas adecuadas, eliminando así la necesidad de paradas por inspecciones innecesarias. Además, busca prevenir fallas inesperadas mediante la identificación temprana de cualquier anomalía funcional y el rastreo de su avance, lo que facilita la implementación de acciones preventivas antes de la ocurrencia de una falla crítica (9).

La adopción del mantenimiento predictivo requiere la formación del personal en técnicas avanzadas y en el uso de herramientas especializadas. Esto otorga al personal las

competencias necesarias para evaluar, a través de datos y parámetros reales, la situación actualizada de las distintas partes de los equipos, lo que permite tomar decisiones informadas y oportunas para asegurar una operación eficiente y segura.

Principales técnicas usadas en el mantenimiento predictivo

a) Análisis de vibraciones

El estudio de vibraciones consiste en la identificación de irregularidades en maquinaria rotativa mediante el examen de las escalas de vibración, desplazamiento y aceleración. El propósito principal es crear un perfil espectral que ilustre la aceleración, velocidad y desplazamiento del equipo en operación. Este proceso facilita un análisis exhaustivo por parte de personal especializado, permitiendo determinar si los parámetros medidos se encuentran dentro de los límites establecidos, lo que indica si el equipo funciona adecuadamente o si requiere atención. Un caso de análisis de vibraciones se puede visualizar en la Figura 4.

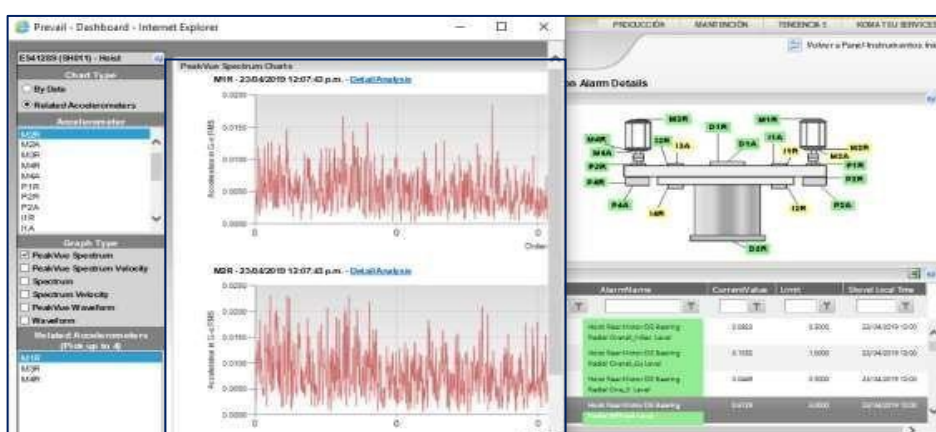


Figura 2. Análisis de vibraciones
Fuente: Villegas

«Es fundamental, al realizar la medición de las vibraciones, considerar el tipo de análisis que se ejecutará y las unidades en las que se cuantificará la amplitud de las señales. La elección del análisis y de las unidades para la representación de los resultados influye en la capacidad de diagnosticar diferentes tipos de fallos» (1).

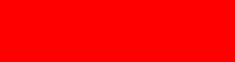
Asimismo, con el fin de definir los valores de alarma y realizar elecciones fundamentadas respecto a la intervención, se recurre a la tabla siguiente que presenta los límites de vibración, lo que permite detectar anomalías y planificar acciones correctivas de manera efectiva.

Tabla 5. Velocidad, tabla general - severidad de vibración según ISO 2372

Velocidad (mm/s, rms)	Tipos de máquinas > 600 < 12000 RPM			
	Clase I < 15 KW	Clase II > 15 < 75 KW	Clase III > 75 < 300 KW	Clase IV >300 KW
0,18 a 0,28				
0,28 a 0,45				
0,45 a 0,71				
0,71 a 1,12				
1,12 a 1,8				
1,8 a 2,8				
2,8 a 4,5				
4,5 a 7,1				
7,1 a 11,2				
11,2 a 18				
18 a 28				

 nueva
 crítica

Maquina
Situación

 limitada
 inminente

Operación
Falla

Velocidad, Tabla general - Severidad de Vibración según ISO 2372

b) Termografía

La termografía constituye una metodología que facilita la detección de fallas mediante la identificación de variaciones térmicas sin requerir contacto físico. Este procedimiento se lleva a cabo mediante la medición de niveles de radiación en el espectro infrarrojo, lo que permite visualizar cambios de temperatura que podrían señalar inconvenientes en los equipos. Un caso de análisis termográfico aplicado a fusibles se ilustra en la Figura 5.

El análisis termográfico posibilita establecer una relación entre el aumento de temperatura en una ubicación determinada y el desperfecto de las partes que la integran. Esta técnica es aplicable tanto a elementos dinámicos como estáticos. La clase de materiales a estudiar para los elementos sin movimiento y los límites de temperatura permitidos para los elementos con movimiento son consideraciones importantes, ya que determinan la salud operativa del equipo y la necesidad de intervenciones. Debido a que permite la identificación temprana de fallos antes de que se transformen en una problemática grave, la termografía ha llegado a ser un instrumento decisivo en el mantenimiento predictivo (2).

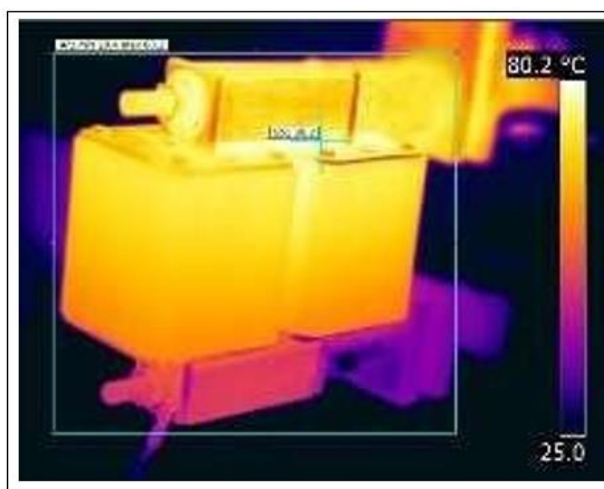


Figura 3. Termodinámica

Para el caso de las inspecciones termográficas en motores, se considerarán las tablas de temperaturas nominales de cada motor según su clase de aislamiento, a fin de establecer un valor de alarma.

Tabla 7: temperatura máxima de motores según clase de aislamiento

Clase de aislamiento	Temperatura límite de operación (°C)
E	120
B	130
F	155
H	180
N	200
R	220
S	240

c) Inspecciones boroscópica

Esta clase de mantenimiento predictivo se fundamenta en la evaluación del estado de componentes y piezas de difícil accesibilidad mediante una videocámara de pequeño tamaño, lo que posibilita realizar inspecciones sin necesidad de desensamblar o abrir los equipos. Esta técnica no solo mejora la eficiencia del mantenimiento, sino que también disminuye el tiempo de inactividad de los equipos.

El boroscopio, también conocido como videoscopio o video boroscópico, es un sistema que incluye una pantalla donde se pueden visualizar y grabar las imágenes obtenidas por la cámara. Esta cámara se encuentra montada en un tubo flexible que permite su movimiento en diversas direcciones, controlado generalmente desde el *display*. Esto facilita la inspección de

áreas de difícil acceso sin requerir el desensamblaje del equipo. En la Figura 6 se pueden observar los fotogramas internos de las camisas, capturados mediante esta técnica (10).

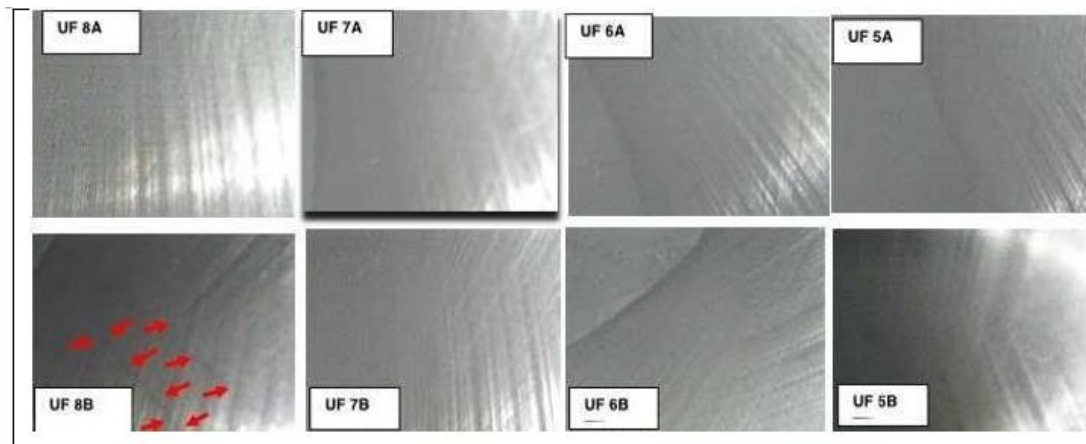


Figura 4. Análisis boroscópico realizado a las camisas de un motor de combustión interna.
Fuente: Villegas (2020).

d) Inspecciones por ultrasonido

Constituyen una técnica avanzada de ensayos volumétricos que permite la identificación de situaciones anómalas en el interior de un elemento. Esta metodología es particularmente eficaz para detectar defectos internos que no son perceptibles a simple vista. En la Figura 7 se ilustra la discontinuidad hallada en los pines de rodillos mediante esta técnica.

Los dispositivos empleados en este procedimiento para transformar las ondas ultrasónicas en señales audibles se conocen como sensores ultrasónicos. A través de estos instrumentos, la información ultrasónica convertida puede ser escuchada mediante auriculares o visualizada en una pantalla, lo que facilita la detección de defectos y la evaluación del estado estructural de los elementos (11).

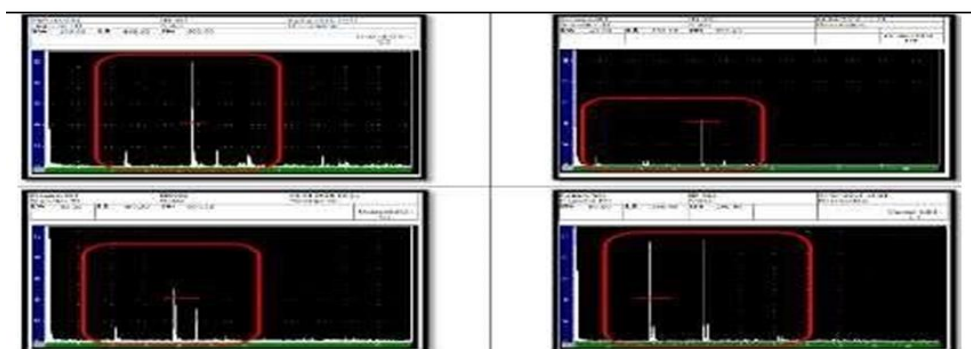


Figura 5. Inspección por ultrasonido a los pines de los rodillos en el lower de una pala eléctrica.
Fuente. Villegas

e) Análisis de aceites

El análisis de aceites es primordial para establecer el estado del lubricante, identificar la presencia de contaminantes y las partículas que desgastan el mecanismo, lo que facilita la detección de posibles fallos en los componentes internos o la predicción de un deterioro anticipado.

El aceite desempeña una función vital en el funcionamiento de las máquinas, ya que actúa como protector contra el desgaste, regula la temperatura y elimina impurezas. No obstante, cuando el aceite presenta niveles elevados de contaminación o degradación, su capacidad para cumplir estas funciones esenciales se ve comprometida, lo que puede resultar en un funcionamiento inadecuado de la máquina y, en última instancia, en fallas mecánicas (3).

3.1.4. Mantenimiento productivo total

Constituye una estrategia de mejoramiento orientada a confirmar la disponibilidad y la fiabilidad deseadas en las operaciones, equipos y sistemas. Esta técnica se fundamenta en la aplicación de principios esenciales como la prevención, la eliminación de defectos, la ausencia de accidentes y la inclusión activa de todo el personal. El enfoque del TPM promueve la colaboración de la totalidad del personal, desde los operarios hasta los niveles más altos de la dirección, en el proceso de mantenimiento, con el objetivo de optimizar la eficiencia y reducir al máximo posible las fallas y las interrupciones no programadas.

3.1.4.1. Costos asociados al mantenimiento

A continuación, se explican brevemente los costos asociados al mantenimiento:

Mano de obra

Se refiere a las horas de trabajo humano dedicadas a la planificación y ejecución del mantenimiento.

Maquinaria o equipos

Son los activos y herramientas requeridos para realizar las actividades estipuladas en la planificación del mantenimiento.

Materiales

Engloba todas las piezas, dispositivos, lubricantes, herramientas, repuestos y otros insumos necesarios para llevar a cabo el mantenimiento del equipamiento.

Tiempo de indisponibilidad operacional

Se define como el intervalo durante el cual la producción se ve afectada debido a que los equipos están fuera de funcionamiento mientras se efectúa el mantenimiento.

Gastos generales

Incluye los costos relacionados con servicios, logística, talleres, formación y otros recursos indirectos vinculados al mantenimiento.

Costos indirectos

Son los gastos adicionales que se generan por la necesidad de equipos complementarios para asegurar la correcta realización del mantenimiento.

Asimismo, es crucial tener en cuenta el costo o pérdida ocasionada por una planificación de mantenimiento deficiente o su ausencia, los cuales comprenden:

Incremento de la inversión

Un mantenimiento inadecuado del equipamiento acorta su vida útil, lo que a su vez retrasa el retorno de la inversión inicial.

Pérdidas de calidad

Se producen cuando los equipos no reciben el mantenimiento necesario. Al modificar el esquema de mantenimiento, es esencial analizar los posibles efectos en la calidad del proceso o del producto.

Costos de capital

Un mantenimiento ineficaz provoca un aumento en las fallas imprevistas, lo que genera sobrecostos en el sistema productivo y afecta la rentabilidad.

Pérdidas de energía

Los equipos que no son mantenidos adecuadamente pueden tener un mayor consumo energético, incrementando así los costos operativos.

Ambiente laboral:

Un entorno de trabajo limpio y bien mantenido es fundamental para un rendimiento laboral óptimo. La adecuada limpieza y mantenimiento de los equipos contribuyen a mejorar las condiciones laborales, lo que repercute positivamente en la productividad (10).

3.1.5. Módulo de control electrónico

El Módulo de Control del Motor (ECM) de la máquina calcula la información basada en la configuración de programación y los datos de entrada que se han cargado en su memoria a través de un archivo Flash. Luego de determinar la reacción adecuada a partir de los datos de entrada, el ECM transmite una señal de salida al dispositivo correspondiente.

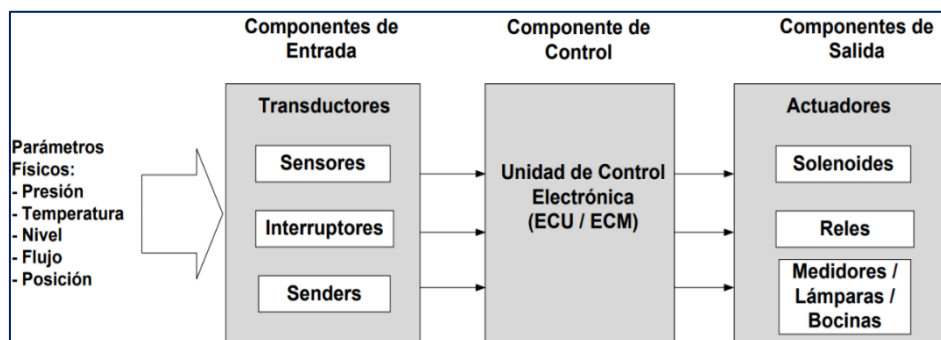


Figura 6. Módulo de control electrónico.

Fuente: SISCAT CATARPILLAR (2024)

3.1.6. Código de suceso

Si se detecta un estado de funcionamiento anómalo en uno de los sistemas de la máquina, y este se encuentra dentro del rango operativo del sensor utilizado para monitorear dicho sistema, los códigos de evento notifican al operador o técnico.

Se activa un código de diagnóstico cuando el ECM recibe una señal del sensor que está fuera de su rango operativo.

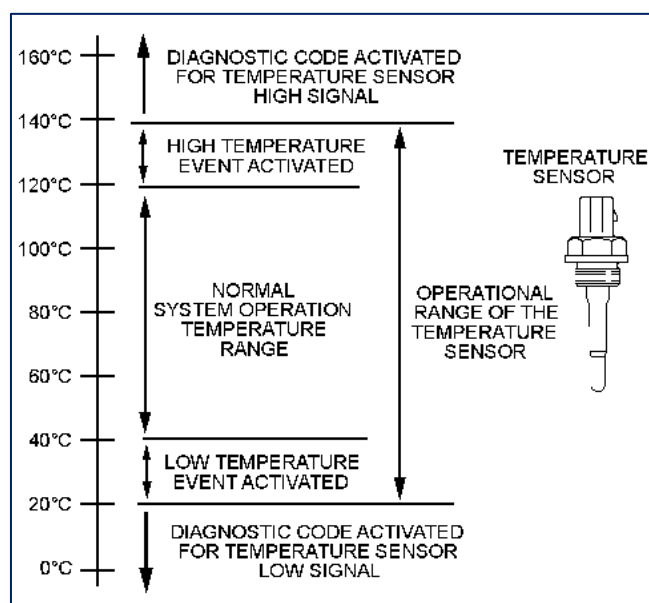


Figura 7. Código de suceso.

Fuente: SISCAT CATARPILLAR

Por lo general, la señal aún se encuentra dentro del rango de funcionamiento del sensor; por lo tanto, ni el circuito ni el sensor son responsables del evento activo. Las condiciones de la máquina que resultan en una condición anormal del sistema son la fuente más probable del evento activo.

3.1.7. Código de diagnóstico

Los códigos de diagnóstico informan al operador sobre la existencia de un problema en el sistema electrónico. Asimismo, permiten al técnico de servicio determinar el tipo de falla al observar los códigos emitidos. La aplicación de software conocida como Caterpillar Electronic Technician (ET) está diseñada para ejecutarse en una computadora personal.

Los códigos de diagnóstico pueden visualizarse en una PC que tenga instalado el Caterpillar Monitor y el software ET Cat. La Identificación del Componente (CID) y el Identificador del Modo de Falla (FMI) constituyen los elementos del código de diagnóstico.

- FMI 03 Voltaje superior al normal o cortocircuito de alto voltaje.
- FMI 04 Voltaje inferior al normal o cortocircuito de bajo voltaje.
- FMI 05 Corriente inferior a la normal o circuito abierto.
- FMI 06 Corriente superior a la normal o circuito conectado a tierra.
- FMI 08 Frecuencia, duración de impulso o período anormales.

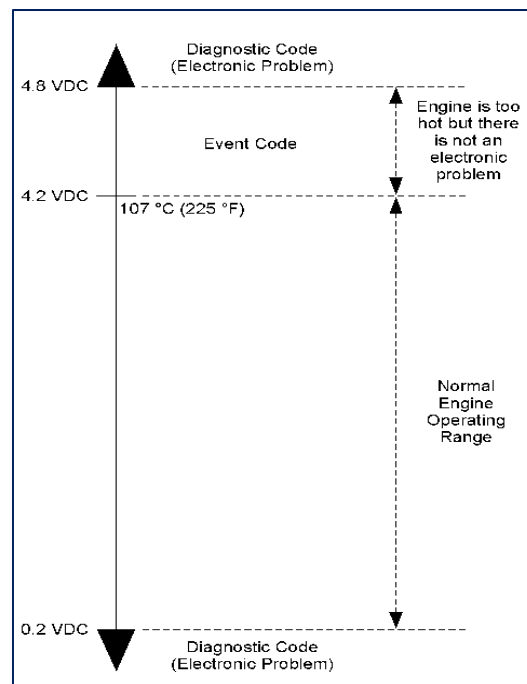


Figura 8. Código de diagnóstico.
Fuente: SISCAT CATARPILLAR

3.2. Componentes de entrada

Hay múltiples dispositivos de entrada en la máquina. La información sobre el estado de los dispositivos de entrada de la máquina se envía al ECM.

Con base en la memoria y los parámetros del software, el ECM utiliza los datos para identificar la acción de salida adecuada, necesaria para regular las operaciones de la máquina. La máquina emplea los siguientes tipos de entrada:

3.2.1. Sensores

Los sensores proporcionan señales al ECM sobre condiciones. Dichas señales varían de forma proporcional, reflejando así los cambios en las condiciones monitoreadas. A continuación, se describen los tipos de señales reconocidas por el ECM:

Señales análogas

Los cambios en el parámetro físico generan variaciones en el voltaje de la señal. Las alteraciones constantes en la señal a lo largo del tiempo se deben a los cambios en las condiciones que se están midiendo.

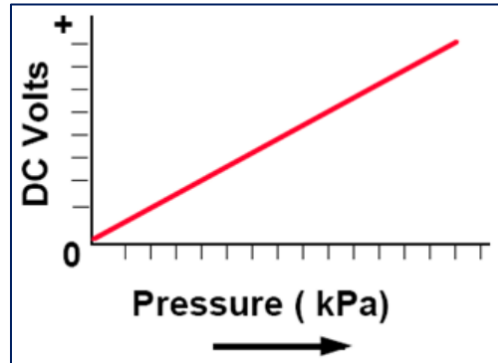


Figura 9. Señal de presión.
Fuente: SISCAT CATARPILLAR

Señal digital de frecuencia

se modifica la relación entre los tiempos de alta y baja tensión; lo que varía es el número de ciclos que se repiten por segundo (Hz).

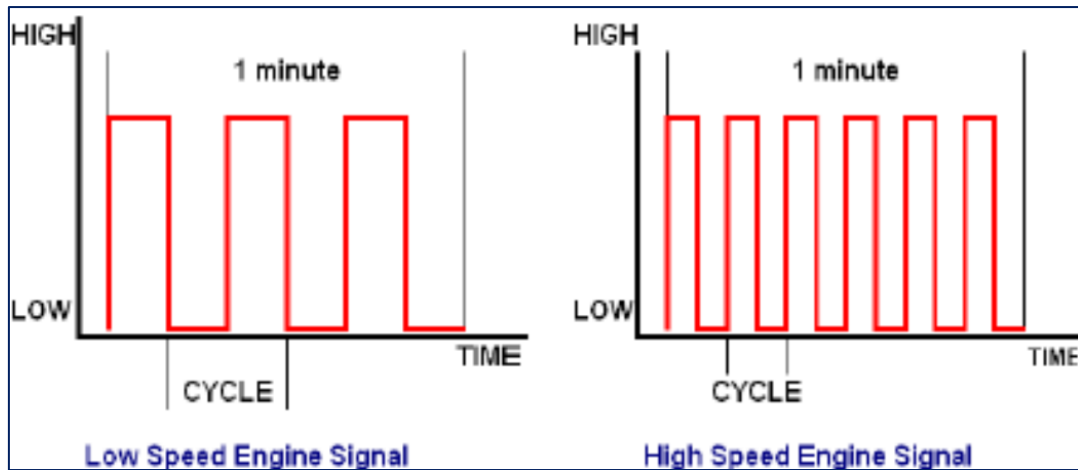


Figura 10. Señal digital de frecuencia.

Fuente: SISCAT CATARPILLAR

Señal de ancho de pulso modulado (PWM)

El porcentaje de tiempo en que la señal está (respecto al tiempo que está baja) fluctúa, mientras que la frecuencia se mantiene constante.

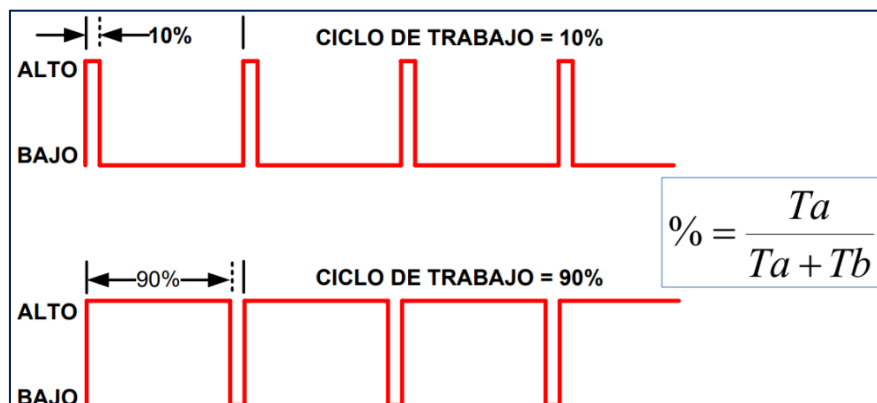


Figura 11. Señal de ancho de pulso modulado.

Fuente: SISCAT CATARPILLAR

3.2.1.1. Sensor de presión

Este sensor emite una señal cuyo ciclo de trabajo varía conforme cambian las condiciones, aunque la frecuencia permanece constante.

Sensor de presión del combustible

- MID 036 CID 0094 FMI 03
- MID 036 CID 0094 FMI 04

Sensor de presión del aceite motor

- MID 036 CID 0100 FMI 03
- MID 036 CID 0100 FMI 04

Sensor de presión atmosférica

- MID 036 CID 0274 FMI 03
- MID 036 CID 0274 FMI 04

Sensor de presión de admisión

- MID 036 CID 1785 FMI 03
- MID 036 CID 1785 FMI 04

3.2.1.2. Sensor de temperatura

Un evento de alta temperatura activado en un subsistema monitoreado por un sensor de temperatura puede ser consecuencia de varios factores, como niveles bajos de refrigerante, filtros obstruidos, tomas de aire bloqueadas o fallas en el ventilador de enfriamiento. Si se activa un evento sin que haya un código de diagnóstico activo, se deben examinar las condiciones de la máquina que podrían haberlo originado.

Sensor de temperatura del refrigerante

- MID 036 CID 0110 FMI 03
- MID 036 CID 0110 FMI 04

Sensor de temperatura del aire de admisión

- MID 036 CID 0172 FMI 03 El ECM detecta un voltaje de señal por encima de lo normal, o la temperatura del aire de admisión está por debajo de los -35°C (-31°F).
- MID 036 CID 0172 FMI 04 El ECM detecta un voltaje de señal por debajo de lo normal y el motor puede tener dificultades para arrancar o funcionar de manera irregular.

Sensor de temperatura del combustible.

- MID 036 CID 0174 FMI 03 El ECM detecta una señal de voltaje superior al normal o una temperatura del combustible inferior a los -30°C (-22°F).
- MID 036 CID 0174 FMI 04 El ECM detecta una señal de voltaje inferior al normal o una temperatura del motor superior a los 140°C (284°F).

3.2.1.3. Sensor de posición

Este sensor transmite una frecuencia que varía desde el 5 % (mínimo) hasta el 95 % (máximo) para informar a la ECU sobre la posición del pedal del acelerador. El módulo detecta

el cambio en la frecuencia y la ECU retransmite la señal a los inyectores para incrementar la inyección de diésel en la cámara de combustión.

3.2.1.4. Sensor *sensors*

El sensor *sensors* se caracteriza por contar con una resistencia variable, la cual se modifica según el parámetro que se esté midiendo. A medida que cambia el nivel de combustible, varía la resistencia del dispositivo. Por ejemplo, cuando el tanque está vacío, la resistencia es de 240 ohmios, y cuando está lleno, la resistencia es de 28 ohmios.

3.2.2. Interruptores

Los interruptores proporcionan los siguientes tipos de entradas al ECM de la máquina.

- No se transmite señal a la entrada correspondiente del ECM mientras el interruptor esté abierto.
- El ECM recibe una señal positiva o de tierra de la batería cuando el interruptor está cerrado.

3.3. Componentes de salida

Controla todas las funciones del sistema de la máquina. Un solenoide es una bobina utilizada para generar un campo magnético.

- FMI 05 – Corriente por debajo de lo normal.
- FMI 06 – Corriente por encima de lo normal.

3.4. Glosario

Sensor:

Dispositivo que mide movimiento, temperatura o presión. El ECM interpreta la señal eléctrica enviada por este componente para evaluar las condiciones operativas.

Cortocircuito:

Situación en la que el flujo eléctrico se desvía de su curso previsto debido al contacto entre dos secciones del mismo circuito o con otro circuito.

Señal:

Indicador del estado de las entradas al ECM.

Tipos de señal:

- La conexión a tierra del chasis y una señal a tierra son continuas.

- El nivel de voltaje de una señal abierta (no conectada a tierra del chasis) es aproximadamente 5 V CC.
- El voltaje de una señal de +batería equivale al de la batería.

Mazo de cables:

Conjunto de cables que conforman un circuito eléctrico.

CAPÍTULO IV

DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

4.1. Descripción de actividades profesionales

4.1.1. Enfoque de las actividades profesionales

La puesta en marcha de un plan de mantenimiento predictivo y diagnóstico de fallas eléctricas en equipos de acarreo SCOOP modelo R1600H requiere un enfoque profesional y sistemático. Este enfoque abarca desde la planificación estratégica hasta la ejecución y el seguimiento constante del plan, con el objetivo de optimizar el rendimiento del sistema y minimizar las interrupciones en su funcionamiento.

Las actividades del bachiller están circunscritas a la programación, el control y el monitoreo del mantenimiento y diagnóstico de fallas en equipos de acarreo SCOOP modelo R1600H. Este trabajo se lleva a cabo con el respaldo de la documentación pertinente, además de identificar las escalas de urgencia necesarias en la ejecución del mantenimiento y brindar soporte especializado y oportuno ante cualquier dificultad que se presente en la operación diaria.

El primer paso es realizar un análisis exhaustivo del sistema de sensores e identificar el código de falla en el monitor del equipo de acarreo SCOOP modelo R1600H, incluyendo los avisos luminosos o auditivos que podrían presentarse en una etapa crítica. Este análisis debe considerar:

Identificación de los componentes críticos

Se debe determinar qué sensores son primordiales para el trabajo del mecanismo y cuáles tienen mayor probabilidad de fallo.

Evaluación de la criticidad

Se debe establecer la importancia de cada componente para la operación del sistema. Los componentes críticos requieren mayor atención y un plan de mantenimiento más exhaustivo.

Recopilación de datos históricos

Se deben analizar los datos históricos de mantenimiento, incluyendo las averías y las intervenciones realizadas, para identificar patrones y tendencias.

Definición de objetivos

Se deben establecer metas claras y factibles de ser medidas para el plan de mantenimiento predictivo, como la mitigación del tiempo de inactividad, la mejoría de lo confiable del mecanismo y la optimización de los costos de mantenimiento.

Una vez que se ha efectuado el análisis del sistema, se debe seleccionar las técnicas de mantenimiento predictivo más adecuadas para cada componente. Algunas de las técnicas más comunes incluyen:

La implementación del plan de mantenimiento predictivo implica:

Identificación de sensores

Se deben identificar y revisar los sensores en los diversos puntos para recopilar datos relevantes sobre su funcionamiento.

Desarrollo de un sistema de monitoreo

Se debe desarrollar un sistema para recopilar, analizar y visualizar los datos de los sensores.

Establecimiento de umbrales de alerta

Se deben definir umbrales de alerta para cada parámetro monitoreado, que indiquen cuándo un parámetro eléctrico, hidráulico, neumático y/o mecánico está fuera de los límites aceptables.

Planificación de intervenciones:

Se deben prever las intervenciones de mantenimiento en relación a los datos recopilados y los umbrales de alerta.

Documentación y registro:

Todos los tratamientos de mantenimiento deben ser documentados meticulosamente, en la fecha prevista, con fichas de trabajo realizado y resultados registrados.

El seguimiento la evaluación y la planificación de mantenimiento predictivo son esenciales para garantizar su efectividad. Esto implica:

Análisis de los datos recopilados:

Se deben analizar los datos de los sensores para identificar tendencias y patrones que puedan indicar problemas potenciales.

Evaluación del desempeño del plan:

Se deben evaluar los resultados del plan de mantenimiento predictivo en términos de reducción del tiempo de inactividad, mejora de la confiabilidad del mecanismo y optimización de los costos de mantenimiento.

Ajustes y mejoras:

Se deben realizar ajustes y mejoras a la planificación de mantenimiento predictivo en relación a los resultados de la evaluación.

4.1.2. Alcance de las actividades profesionales

El alcance de la implementación de un plan de mantenimiento predictivo y diagnóstico de fallas para equipos de acarreo SCOOP MODELO R1600H es amplio y abarca múltiples áreas de especialización. Este alcance se extiende desde la planificación estratégica hasta la ejecución y el seguimiento del plan, involucrando diversas disciplinas y roles profesionales.

4.1.2.1. Planificación estratégica**Análisis del sistema**

Un ingeniero de mantenimiento eléctrico debe realizar un análisis exhaustivo del sistema, incluyendo sensores, motores y otros componentes, con el fin de identificar los elementos críticos, evaluar su nivel de criticidad y recopilar datos históricos de mantenimiento.

Definición de objetivos

Se requiere la participación de la gerencia de mantenimiento y de la directiva de la organización para definir objetivos claros y medibles para el plan de mantenimiento predictivo,

tales como la mitigación del tiempo de inactividad, la mejora de la confiabilidad del mecanismo y la optimización de los costos de mantenimiento.

Selección de técnicas

Un ingeniero de mantenimiento o un especialista en mantenimiento predictivo debe seleccionar las técnicas más adecuadas para cada componente, considerando factores como el tipo de sensor, la criticidad del componente y los recursos disponibles.

4.1.2.2. Implementación del plan

Instalación de sensores

Un técnico especializado en instrumentación o un ingeniero de automatización debe instalar, reemplazar y/o evaluar los diversos sensores en los equipos de acarreo SCOOP MODELO R1600H, con el fin de recopilar datos relevantes sobre su funcionamiento.

Desarrollo de un sistema de monitoreo

Se requiere la participación de un ingeniero de software o un especialista en análisis de datos para desarrollar un sistema de monitoreo que permita recopilar, analizar y visualizar los datos generados por los sensores.

Establecimiento de umbrales de alerta

Un ingeniero de mantenimiento debe definir umbrales de alerta para cada parámetro monitoreado, que indiquen cuándo un dispositivo presenta alertas menores o mayores debido a valores fuera de los límites aceptables.

Planificación de intervenciones

Un planificador de mantenimiento o un ingeniero de mantenimiento debe programar las intervenciones en función de los datos recopilados y los umbrales de alerta establecidos.

Documentación y registro

El especialista en gestión de activos debe garantizar que todos los tratamientos de mantenimiento sean documentados meticulosamente en la fecha prevista, mediante fichas de trabajo y registros detallados de los resultados obtenidos.

4.1.2.3. Seguimiento y Evaluación

Análisis de datos

Un analista de datos o un ingeniero de mantenimiento debe analizar la información recopilada por los sensores para identificar tendencias y patrones que puedan evidenciar problemas potenciales.

Evaluación del desempeño

Se requiere la participación de la gerencia de mantenimiento y de la dirección de la organización para evaluar los resultados de la planificación del mantenimiento predictivo, en términos de reducción del tiempo de inactividad, mejora de la confiabilidad del mecanismo y optimización de los costos.

Ajustes y mejoras

Un ingeniero especialista debe efectuar los ajustes y mejoras necesarios en la planificación del mantenimiento predictivo, de acuerdo con los resultados obtenidos en la evaluación del desempeño.

4.1.3. Entregables de las actividades profesionales

Los entregables de la implementación de un plan de mantenimiento predictivo y diagnóstico de fallas para equipos de acarreo SCOOP MODELO R1600H constituyen el resultado tangible de la actividad profesional realizada. Estos entregables son esenciales para asegurar el logro del proyecto y garantizar la efectividad de la planificación de mantenimiento predictivo.



Figura 12. Implementación de manual de operación y mantenimiento R1600H

4.1.3.1 Documentación del plan de mantenimiento predictivo

Análisis del sistema

Se presentó informe detallado que describe el análisis del sistema de monitorización para equipos de acarreo SCOOP MODELO R1600H., incluyendo la identificación de los componentes críticos, la evaluación de su criticidad y los datos históricos de mantenimiento recopilados.

Un documento que establece las metas específicas, susceptibles de ser medidas, que se puedan alcanzar, que tengan relevancia y tengan periodos bien establecidos (SMART) para el plan de mantenimiento predictivo.

Selección de técnicas

El documento detalla las técnicas de mantenimiento predictivo seleccionadas para cada componente, incluyendo la justificación de su elección y los criterios utilizados para su evaluación.

Plan de implementación

El plan describe de manera estructurada las etapas de implementación del mantenimiento predictivo, especificando los recursos necesarios, los plazos establecidos y las responsabilidades asignadas a cada equipo involucrado.

4.1.3.2. Sistema de Monitoreo y Gestión de Datos

Sistema de Monitoreo:

Se desarrolló un sistema funcional que recopila, analiza y visualiza los datos generados por los sensores instalados en los equipos de acarreo SCOOP MODELO R1600H.

Base de datos

Se implementó una base de datos para almacenar los registros históricos de los sensores, las intervenciones de mantenimiento y los resultados obtenidos.

Informes de análisis

Se generaron informes periódicos que analizan los datos recopilados, identifican tendencias y patrones, y proporcionan reportes sobre la situación operativa de los equipos SCOOP MODELO R1600H.

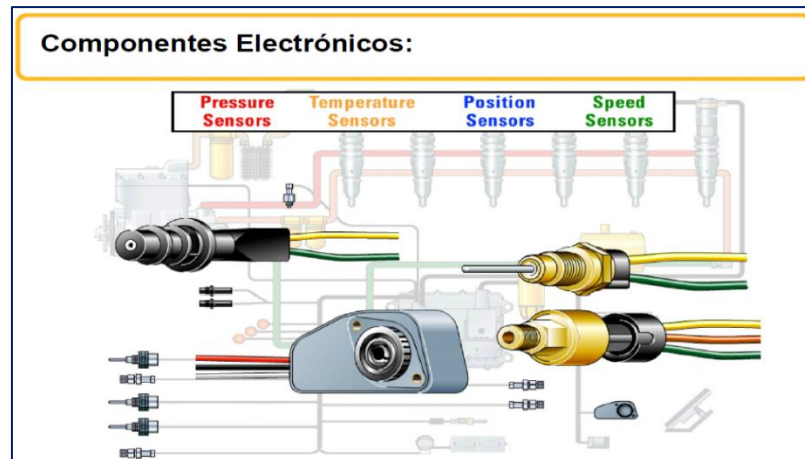


Figura 13. componentes electrónicos de los equipos de acarreo SCOOP MODELO R1600H.

4.1.3.3. Procedimientos de mantenimiento predictivo

Manual de procedimientos

Se presentó un manual que detalla los procedimientos de mantenimiento predictivo para cada componente, incluyendo las técnicas a aplicar, los umbrales de alerta, las acciones a ejecutar ante una alerta y los registros correspondientes.

Planificación de intervenciones

Se elaboró un plan de intervenciones que define las acciones de mantenimiento a realizar, con base en la información recopilada y los umbrales establecidos.

Registro de intervenciones

Todas las intervenciones de mantenimiento fueron documentadas meticulosamente en la fecha correspondiente, mediante fichas técnicas con el detalle del trabajo realizado y los resultados obtenidos.



Figura 14. Metodología para dar solución en los equipos de acarreo SCOOP MODELO R1600H.

4.1.3.4. Evaluación del desempeño del plan

Informe de evaluación

Se elaboró un informe que evalúa el desempeño del plan de mantenimiento predictivo en términos de reducción del tiempo de inactividad, incremento de la confiabilidad del mecanismo y optimización de los costos de mantenimiento.

Análisis de costo-beneficio

Se efectuó una evaluación comparativa que pondera las ventajas del mantenimiento predictivo —como la reducción de costos operativos y el aumento de disponibilidad del sistema— frente a los gastos de implementación y operación.

Recomendaciones para la mejora continua

Se propusieron recomendaciones específicas para la mejora continua del plan de mantenimiento predictivo, fundamentadas en los resultados de la evaluación realizada.

PASO 9:
DOCUMENTAR LO QUE SE ENCONTRÓ Y CÓMO SE SOLUCIONÓ

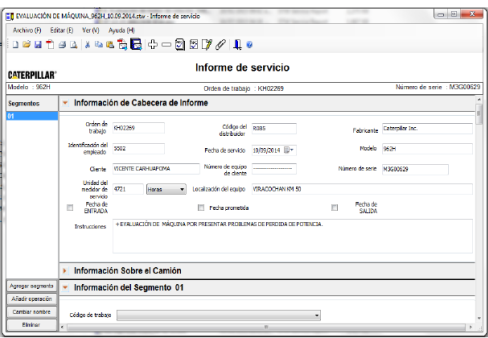


Figura 15. Evaluación del desempeño del plan

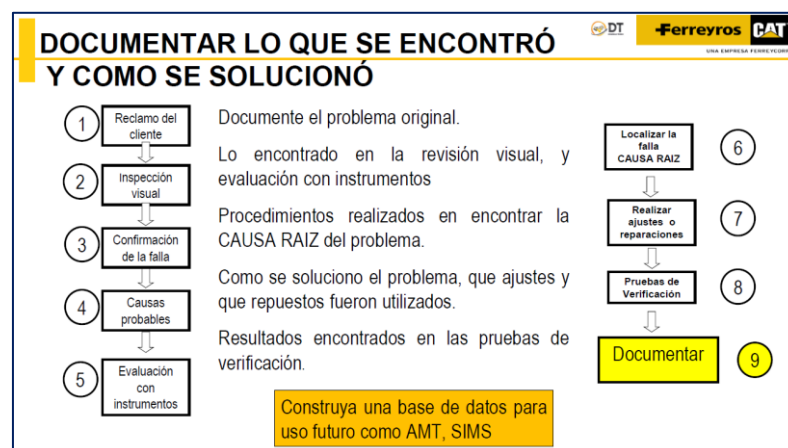


Figura 16. documentación de capacitación implementada

4.2. Aspectos técnicos de la actividad profesional

4.2.1. Metodologías

Este enfoque tuvo un carácter aplicado, ya que su objetivo es tratar directamente los problemas detectados, vinculando la teoría con los resultados obtenidos. Para ello, esta metodología exige un marco teórico que respalde la formulación de una solución al problema específico que se desea resolver.

4.2.2. Técnicas

Las técnicas se describen como el conjunto de instrumentos y recursos utilizados para los cuales se lleva a cabo el método.

4.2.2.1. Técnica de la observación

Este enfoque se aplicó desde el inicio hasta la conclusión del trabajo, con una reflexión continua sobre los recursos disponibles y las necesidades a satisfacer. Este método se destacó por encima de los demás que aplicamos. A continuación, se presentan las observaciones realizadas:

- Elección del sitio y de las personas objeto de observación.
- Inserción al área de trabajo.
- Evaluación del riesgo asociado a la actividad laboral, considerando las características de las instalaciones, la naturaleza del trabajo y el entorno en el que se desarrollará.
- Toda actividad en una red eléctrica o en sus proximidades que represente un riesgo debe realizarse sin voltaje.
- Se deben seguir procedimientos similares, incluyendo la apertura y cierre de interruptores o seccionadores, la medición de variables y la realización de pruebas de aislamiento, entre otras acciones, mediciones, pruebas y verificaciones requeridas.
- Uso de Internet: la información disponible en línea fue fundamental para la recolección de datos, así como para la localización y codificación de subestaciones eléctricas de distribución y postes de media y baja tensión.
- Técnica documental: se caracteriza por la utilización preponderante del registro impreso que detalla el cronograma de actividades, así como de representaciones gráficas que ilustran la ubicación del plan a implementar.

4.2.3. Instrumentos

En la materialización de la planificación e implementación del diagnóstico y mantenimiento de los equipos de acarreo SCOOP modelo R1600H, se requiere una variedad de

instrumentos para recopilar datos, analizarlos y tomar decisiones. La instrumentación utilizada es la siguiente:

4.2.3.1 Instrumentos para la recopilación de datos:

Sensores de temperatura

Estos sensores miden la temperatura del motor y de otros dispositivos conectados, permitiendo detectar sobrecalentamientos y posibles fallos en el sistema.

Sensores de corriente

Estos sensores miden la intensidad eléctrica que circula en el sistema, permitiendo detectar sobrecargas, cortocircuitos y problemas de aislamiento.

Sensores de presión

Se utilizan para determinar la presión del aceite lubricante o del refrigerante, lo que puede indicar fallos en el sistema de lubricación o refrigeración.

Analizadores de aceite

Estos instrumentos permiten analizar el aceite lubricante para detectar la presencia de partículas metálicas, desgaste y contaminación, lo que puede evidenciar fallos en el motor.

4.2.3.2 Instrumentos para análisis de datos:

Coletores de Datos:

Estos dispositivos recopilan los datos de los sensores y los almacenan para su posterior análisis.

Software de Análisis de Corriente:

Este software permite analizar las señales de corriente para detectar anomalías que indiquen problemas en el motor.

4.2.3.3 Instrumentos de Intervención:

Herramientas de mantenimiento

Se requiere el uso de herramientas estándar y de marcas reconocidas, acompañadas de su respectiva ficha de calibración actualizada, para realizar tareas de mantenimiento y/o reparaciones necesarias.

Equipos de diagnóstico

Se utilizan para identificar el origen de los fallos y efectuar las reparaciones correspondientes.

4.2.3.4 Sensores específicos

Utilizados para el diagnóstico de fallas en los equipos de acarreo SCOOP modelo R1600H:

Sensores de temperatura

Permiten determinar la temperatura del motor, del refrigerante y del aire de refrigeración.

Sensores de presión

Monitorean la presión del refrigerante y permiten detectar posibles fugas.

Sensores de flujo

Sirven para monitorear el flujo del refrigerante y detectar obstrucciones.

Software de análisis de datos

Se emplea para procesar la información recopilada por los sensores y generar alertas ante posibles fallos.

4.2.4. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades

4.2.4.1 Equipos de Monitoreo

Sensores

Sensores de Temperatura

Miden la temperatura del motor y otros componentes, incluyendo el bobinado, el rodamiento y la superficie del motor. Pueden ser termopares, RTDs o sensores infrarrojos.

Sensores de Corriente

Miden la intensidad de corriente eléctrica que circula en el sistema. Pueden ser pinzas amperimétricas o sensores de efecto Hall.

Sensores de Presión

Se emplean para medir la presión del aceite lubricante o del refrigerante.

Sensores de Flujo

Detectan el flujo del refrigerante con el fin de identificar posibles obstrucciones.

Colectores de Datos

Sistemas de Adquisición de Datos (DAS)

Estos sistemas recopilan información de los sensores y la almacenan para su posterior análisis. Pueden ser portátiles o fijos.

Dispositivos de Registro de Datos

Registran la información de los sensores en forma de gráficos o tablas.

4.2.4.2 Equipos de análisis de datos

Software de análisis de vibraciones

Permite analizar las señales de vibración para identificar patrones que indiquen posibles fallos.

Software de análisis de termografía

Permite analizar las imágenes termográficas para identificar puntos calientes en el motor.

Software de análisis de corriente

Permite analizar las señales de corriente para detectar anomalías que indiquen problemas en el motor.

Software de análisis de datos

Estudia la información recopilada por los sensores y genera alertas sobre posibles fallos.

4.2.4.3 Equipos de intervención

Herramientas de mantenimiento

Se requieren herramientas estándar, tales como destornilladores, llaves, alicates, entre otras, para efectuar las reparaciones necesarias..

Equipos de Diagnóstico:

Se utilizan para identificar el origen de los fallos y realizar las reparaciones correspondientes. Incluyen analizadores de espectro de vibraciones, analizadores de corriente, entre otros.

4.2.4.4 Materiales

Aceite lubricante

Utilizado para lubricar los rodamientos del motor.

Refrigerante

Empleado para enfriar el motor.

Materiales de reparación

Se utilizan para ejecutar las reparaciones necesarias e incluyen terminales, interruptores (switches), cables, conectores, entre otros.

4.3. Ejecución de las actividades profesionales

4.3.1. Cronograma de actividades realizadas

4.3.1.1 Fase 1: Planificación (1er mes)

- ✓ Recopilación de información y análisis preliminar del sistema en general de los equipos de acarreo SCOOP MODLEO R1600H, incluyendo:
- ✓ Revisión de la documentación existente (manuales, planos, históricos de mantenimiento).
- ✓ Entrevistas con operadores y personal de mantenimiento.
- ✓ Identificación de las averías frecuentes del sistema y su criticidad.
- ✓ Análisis de datos históricos de mantenimiento (averías, intervenciones, etc.).

4.3.1.2 Fase 2: Implementación (2do mes)

- ✓ Definición de los objetivos del plan de mantenimiento predictivo.
- ✓ Discusión con la gerencia de mantenimiento y la dirección de la empresa.
- ✓ Establecimiento de objetivos SMART (específicos, medibles, alcanzables, relevantes y con plazos definidos).
- ✓ Priorización de los objetivos en función de la criticidad del sistema.

4.3.1.3 Fase 3: Puesta en marcha y seguimiento (3er mes)

- ✓ Selección de las técnicas de mantenimiento predictivo.
- ✓ Evaluación de las diferentes técnicas disponibles para cada tipo de motor.
- ✓ Selección de las técnicas más adecuadas considerando la criticidad del componente, los recursos disponibles y la experiencia del equipo.
- ✓ Desarrollo de una matriz de técnicas por componente.

4.3.1.4 Fase 4: Mejora continua (en curso actualmente – 4to mes)

Monitoreo y análisis

Monitoreo continuo del sistema, análisis de datos y ajuste de los umbrales de alerta.

Intervenciones

Realización de las intervenciones de mantenimiento predictivo según sea necesario.

Evaluación

Evaluación periódica del desempeño del plan de mantenimiento predictivo y ejecución de mejora continua.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Resultados finales de las actividades realizadas

Se logró una mejora significativa en la eficiencia de las horas productivas de la operación gracias a la actividad realizada, ya que la modificación implementada permitió reducir considerablemente las paradas inesperadas de los equipos. Es importante señalar que, durante la implementación, se cumplieron todos los requisitos técnicos exigidos para este tipo de intervenciones. En cuanto al resultado final, se inició y estandarizó un procedimiento para el mantenimiento predictivo de los equipos de acarreo SCOOP MODELO R1600H, garantizando así una ejecución segura y eficiente de la tarea, con un enfoque prioritario.

5.2. Logros alcanzados

Esta medida, dentro del mantenimiento predictivo de los equipos de acarreo SCOOP MODELO R1600H, implica un ajuste en la frecuencia de intervención de dichos equipos. Desde el punto de vista de un ingeniero electricista, la coordinación del mantenimiento con los responsables de las áreas involucradas es fundamental y satisfactoria, ya que garantiza la entrega de un equipo en óptimas condiciones para el proceso productivo.

En el ámbito del proyecto, se alcanzaron las siguientes metas:

- Se comprobó que la ejecución de estas actividades puede realizarse sin necesidad de detener la operación, favoreciendo su continuidad.

- Esta tarea puede llevarse a cabo durante la operación normal sin representar un riesgo para el personal, siempre que se realice una evaluación de riesgos. La evaluación del entorno laboral es indispensable para garantizar la seguridad del personal.
- El tiempo previsto para la implementación en todos los circuitos es de cuatro meses.
- A nivel personal, mi objetivo es ejercer mi profesión y fortalecer mis conocimientos prácticos y teóricos adquiridos en la Universidad Continental, cumpliendo con las normativas, procedimientos de trabajo y principios de gestión ambiental que he asimilado a lo de mi trayectoria profesional.

5.3. Dificultades encontradas

Las dificultades encontradas fueron las siguientes:

- No contar con un plan de mantenimiento por horas ni correctivos
- No contar con la información técnica de los equipos
- No contar con los manuales del equipo
 - Manual de operación y mantenimiento
 - Manual de partes
- No contar con planos del equipo
 - Planos hidráulicos
 - Planos eléctricos
- Falta de información de historial de averías por cada equipo
- Demora en Diagnosticar de parte de personal técnico, por desconocimiento de principios de funcionamiento

5.4. Planteamiento de mejoras

5.4.1. Metodologías propuestas

Aplicación de métodos de mantenimiento predictivo y diagnóstico de fallas para mejorar la eficiencia en los equipos de acarreo SCOOP MODLEO R1600H y así dar continuidad a la operación.

5.4.2. Descripción de la implementación

El método de mantenimiento predictivo y diagnóstico de fallas será la toma de datos de las diversas intervenciones en los equipos de acarreo SCOOP R1600H. Entre ellas, se incluye el análisis de temperatura en los dispositivos de mando y control mediante el uso del pirómetro. Con ello, se generará una base de datos que permitirá mejorar el control del diagnóstico y del mantenimiento preventivo en los equipos, lo que sin duda contribuirá a prevenir paradas intempestivas en la operación.

5.5. Análisis

relación con el rendimiento del mecanismo de operación de los equipos de acarreo SCOOP MODELO R1600H, se observa que es posible lograr una mejora significativa, la cual permitiría obtener un diagnóstico más adecuado, rápido y respaldado por una variedad de procedimientos implementados de forma paulatina. Esto se traduciría en un incremento de la disponibilidad general del equipo, mejorando así su confiabilidad.

Asimismo, la facilidad para ejecutar las actividades contempladas en este método contribuiría a que los operadores puedan participar activamente en el proceso de diagnóstico. De esta manera, el personal capacitado del área de mantenimiento eléctrico podrá llevar a cabo la intervención correspondiente con mayor celeridad y eficacia.

5.6. Aporte del bachiller en la empresa

Los aportes realizados se detallan a continuación:

- Se diseñó e implementó un plan de mantenimiento exhaustivo y especializado, estructurado de manera puntual por tipo de equipo.
- Se diseñaron e implementaron cartillas de mantenimiento específicas por equipo.
- Se diseñó e implementó el manual técnico del equipo R1600H, que incluye:
 - Manual de operaciones y mantenimiento
 - Manual de partes
- Se diseñaron e implementaron los planos técnicos del equipo R1600H:
 - Planos Hidráulico
 - Plano Eléctrico
- Se estableció un sistema de monitoreo en tiempo real del estado de los componentes de cada equipo, mediante el uso de códigos QR.
- Se realizó la adquisición y almacenamiento de un stock suficiente de repuestos consumibles, necesarios para mantener la operatividad de los equipos.
- Se reorganizaron las actividades conexas del personal operativo, agrupándolas por equipos de trabajo según los conocimientos y experiencias identificados en una evaluación previa.

CONCLUSIONES

- De acuerdo con el enfoque metodológico aplicado, se identifica una oportunidad clara para mejorar el plan de mantenimiento y diagnóstico de fallas aplicado a los equipos de acarreo SCOOP MODELO R1600H. La evidencia sugiere que una optimización basada en el análisis de datos puede incrementar significativamente la disponibilidad de dichos equipos. Esta mejora, fundamentada en un estudio riguroso de datos, tiene el potencial de aumentar la producción de los equipos al reducir los tiempos de inactividad.
- La implementación de este plan de mantenimiento ha demostrado ser efectiva, ya que permitió reducir costos asociados al riesgo operativo. Además, propuso mejoras sustanciales en el procesamiento de los datos recopilados durante su ejecución. La inversión inicial requerida se justifica plenamente por los beneficios obtenidos, los cuales se reflejan en un incremento de la disponibilidad del equipo y, en consecuencia, en una mejora de la productividad.
- El diagnóstico situacional de los equipos de acarreo SCOOP MODELO R1600H permitió analizar los indicadores de disponibilidad a través del estudio detallado de los eventos clave que influyen en las paradas intempestivas. Esta información ha sido fundamental para comprender el comportamiento operativo de los equipos.
- Durante el análisis de la información se procesaron tanto los datos recolectados en campo como los registros históricos, lo que permitió determinar la disponibilidad inicial de los equipos, identificar patrones comunes de fallas y realizar un análisis de criticidad. Estos elementos resultan esenciales para la formulación de propuestas de mejora integrales, orientadas a la optimización continua durante y después de la gestión del mantenimiento.

RECOMENDACIONES.

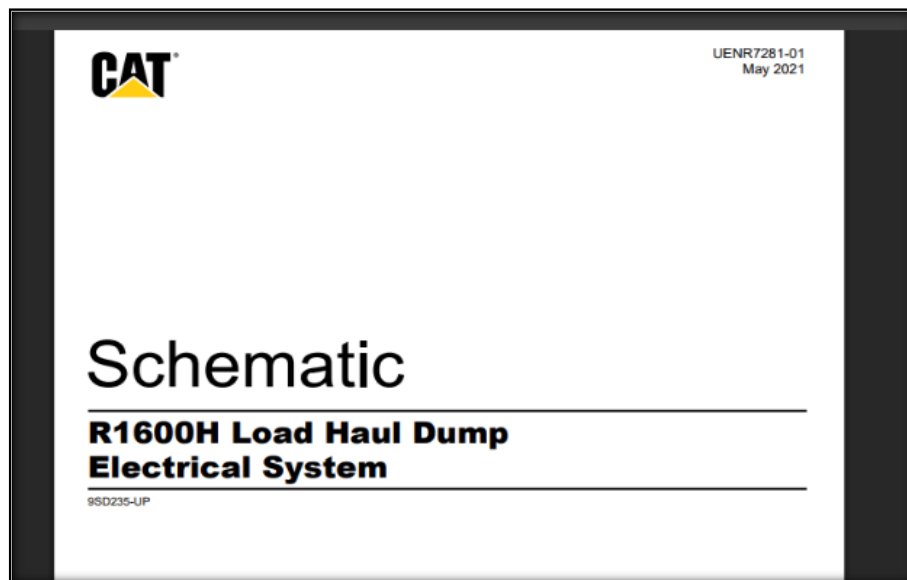
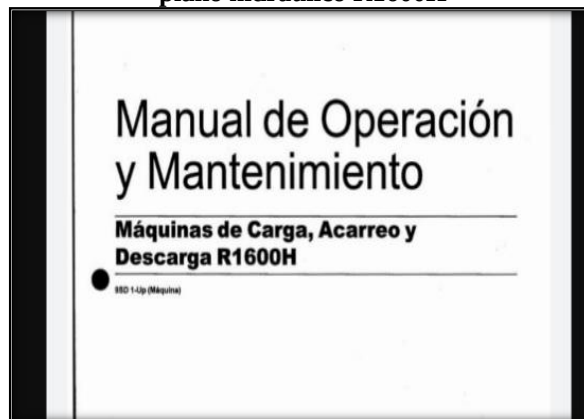
- Se recomienda la implementación de un plan de mantenimiento enfocado en los motores del sistema de los equipos de acarreo SCOOP MODELO R1600H, con el propósito de mitigar las posibles fallas identificadas en este documento. Esto permitirá garantizar la confiabilidad y disponibilidad del equipo, contribuyendo a una mejora en la productividad.
- Se recomienda realizar un estudio de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para el sistema, dado que ha sido identificado como un componente crítico en el presente estudio.
- Es esencial capacitar tanto a los técnicos como al personal de supervisión para garantizar la correcta implementación de mejores técnicas de diagnóstico de fallas y mantenimiento, junto con el uso adecuado de los formatos correspondientes.
- Respecto al personal capacitado, se sugiere que la organización fortalezca aún más la formación del equipo, ya que es fundamental contar con un grupo altamente calificado para evitar interrupciones en el trabajo que puedan afectar el desarrollo de las labores asignadas.
- Dentro de la organización, el uso de equipamiento, herramientas y materiales de alta calidad, o con las especificaciones adecuadas, resulta fundamental para la realización del trabajo especializado en el taller de Trackless. Este componente ha sido implementado con éxito hasta la fecha de presentación de este documento, obteniendo la certificación ISO 45001, un estándar internacional para sistemas de gestión de salud y seguridad ocupacional, cuyo objetivo es proteger a los empleados y visitantes contra enfermedades y accidentes relacionados con el trabajo.

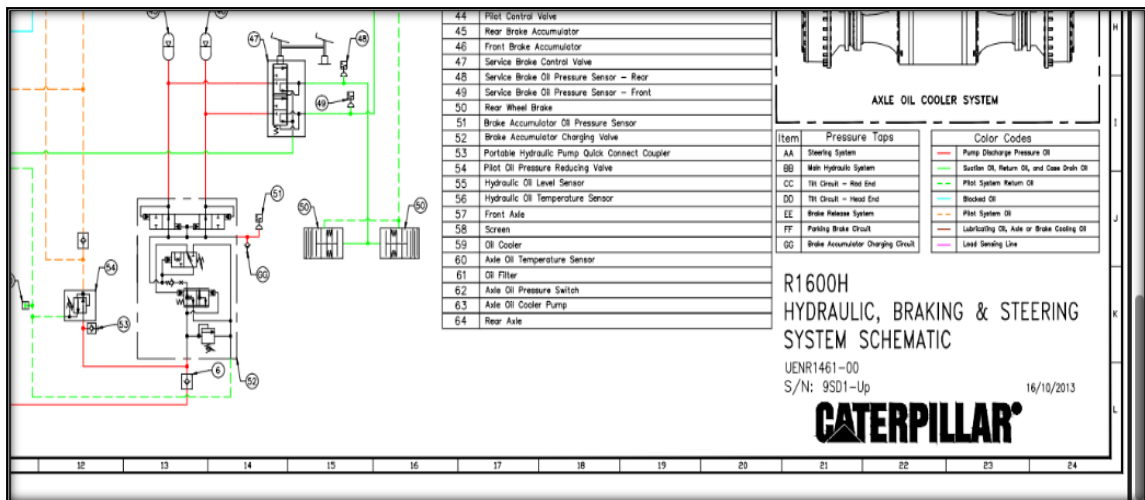
BIBLIOGRAFÍA

1. **Chávez, Waldo.** *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de la planta de inyecciones de la empresa industrial Plásticas.* Universidad Privada del Norte. 2022. Tesis de pregrado.
2. **Ávila, Rubén.** *Fundamento de mantenimiento: Guías económicas técnicas y administrativas.* México : Limusa, 2018. ISBN: 9681825284, 9789681825287.
3. **Olarte C., William, Botero A., Marcela y Cañon A., Benhur.** *Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria.* s.l. : Scientia Et Technica, 2010. ISSN: 0122-1701.
4. **Ly Cindy, Mescua Raúl.** *Propuesta de plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad aplicado a una flota de camiones fuera de carretera en una mina de tajo abierto.* Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. 2016. Tesis de pregrado.
5. **Ponce, Ítalo y Campoverde, José.** *Estudio para un programa de mantenimiento preventivo para reducir el elevado nivel de parásitos imprevistos en los motores eléctricos del departamento de tosti6n en la empresa GUSNOBE S.A.* Universidad Estatal de Milagro. 2019. Tesis de pregrado.
6. **Zavala, Crist6bal.** *Plan de mantenimiento preventivo basado en RCM para el chancador primario Fuller, operaci6n Manto Verde.* Universidad T6cnica Federico Santa María. Valparaíso, Chile : s.n., 2018.
7. **Dounce, Enrique.** *La productividad en el mantenimiento industrial.* México : Larousse - Grupo Editorial Patria, 2022. ISBN: 978-968-26-1089-9.
8. **Godínez, Jairo.** *Diseño de un programa de mantenimiento preventivo basado en RCM para los equipos de bombeo off site.* Tecnol6gico de Costa Rica. 2015. Tesis de pre grado.
9. **Geldres, Ronald.** *Propuesta de mejora del sistema de gesti6n de mantenimiento basado en RCM, para aumentar la disponibilidad del mezclador de dosificaci6n de una empresa de alimentos balanceados Acuicola.* Universidad Privada del Norte. 2019. Tesis de pregrado.
10. **Barreda, Salvador.** *Plan de Mantenimiento centrado en la confiabilidad en la Edar de Nules - Vile Vella.* Universidad Jaume I. 2020. Tesis de pregrado.
11. **Olarte C., William, Botero A., Marcela y Cañon A., Benhur.** *Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producci6n.* s.l. : Scientia Et Technica, 2010. ISSN: 0122-1701.
12. **SISCAT CATARPILLAR.** *Capacitaci6n sobre evaluaci6n de sensores.* SISCAT CATARPILLAR. 2024.
13. **Villegas, Darío.** *Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los motores eléctricos de palas P&H, caso: empresa minera del sur del Perú.* Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa. 2020. Tesis de maestría.

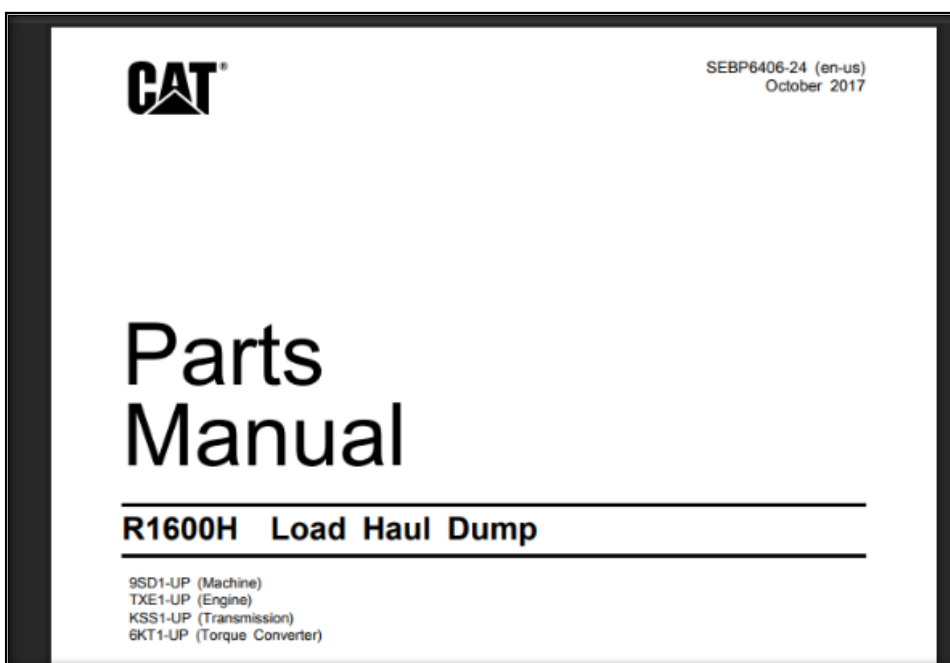
ANEXOS

Anexo 1. Implementación de manual de operación y mantenimiento R1600H, implementación de manual de partes de R1600H, implementación de plano eléctrico R1600H e implementación de plano hidráulico R1600H





Anexo 2. Se implementó manual de operación y mantenimiento, se implementó manual parte R1600H



Anexo 3. Se dictó curso de diagnóstico de fallas para equipo CAT a personal técnico; se dictó curso de electricidad 1 evaluación de sensores; se implementó manual de especificaciones técnicas del equipo R1600H



OBJETIVOS ESPECÍFICOS



DT
DESARROLLO TÉCNICO

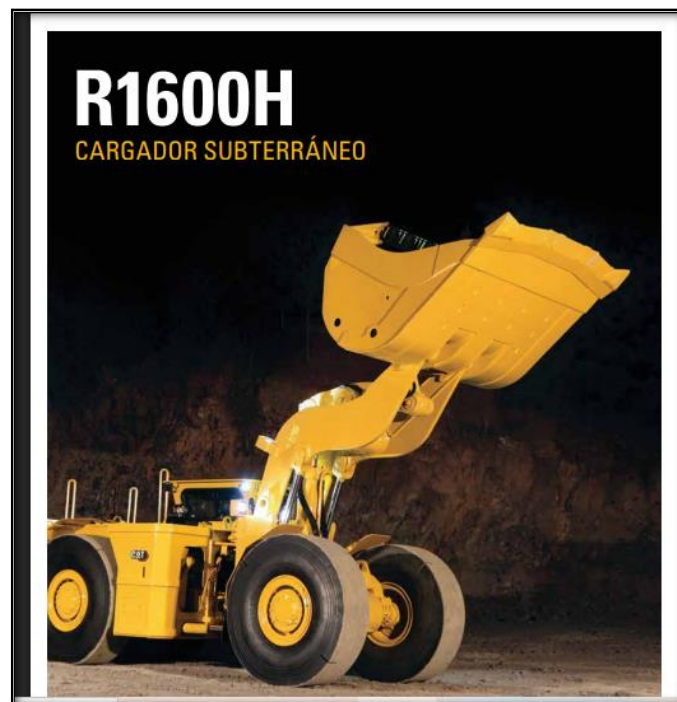
Ferreyros

CAT

una empresa Ferreycorp

Al finalizar este módulo, el participante estará en la capacidad de:

- Identificar sensores analógicos, digitales, speed/timing y sus diferencias.
- Realizar las pruebas de evaluación de estos componentes, así como identificar los códigos de fallas relacionados a estos.



Anexo 4. Registro de asistencia a los cursos; se da órdenes a los técnicos para la evaluación del sistema de arranque para Scoop R1600H; se libera el área de trabajo según estándares de la empresa NEXA; Se realizó una observación planeada de la tarea OPT al técnico si cumple con los procedimientos

ORDEN DE TRABAJO

FECHA: 20-01-25 LUGAR: DIA

JEFE DE OBRA: Juan Felix Cantoral Comara

1. OBJETIVO DEL TRABAJO: *Revisión de la pila de arranque Scoop-23*

2. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO: *Revisión de la pila de arranque Scoop-23*

3. EVALUACIÓN DE LA PILETA Y RIESGO PARA INTERVENIR EL SCOOP 23

4. OBSERVACIONES: *Se realizó una observación planeada de la tarea OPT al técnico si cumple con los procedimientos*

Juan F. Cantoral Comara

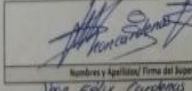
REGISTRO DE ASISTENCIA

CURSO DIAGNOSTICO DE FALLAS ELÉCTRICAS R1600H

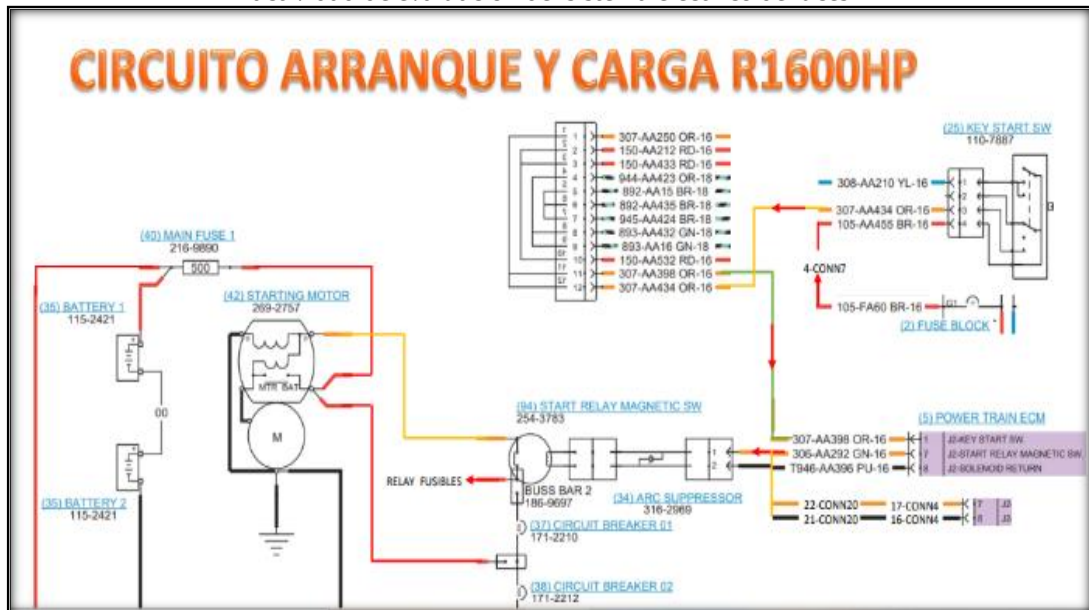
NOMBRE	FECHA	TIPO DE CURSO	FECHA
<i>Montaje de los 10 días</i>	<i>20-01-25</i>	<i>Revisión de la pila de arranque</i>	<i>20-01-25</i>
<i>Montaje de la pila de arranque</i>	<i>20-01-25</i>	<i>Revisión de la pila de arranque</i>	<i>20-01-25</i>
<i>Substitución de la pila de arranque</i>	<i>20-01-25</i>	<i>Revisión de la pila de arranque</i>	<i>20-01-25</i>

NOMBRE	FECHA	TIPO DE CURSO	FECHA
<i>Juan Felix Cantoral Comara</i>	<i>20-01-25</i>	<i>Revisión de la pila de arranque</i>	<i>20-01-25</i>
<i>Samuel Ramirez Quereza</i>	<i>20-01-25</i>	<i>Revisión de la pila de arranque</i>	<i>20-01-25</i>
<i>Edgar Ramirez Quereza</i>	<i>20-01-25</i>	<i>Revisión de la pila de arranque</i>	<i>20-01-25</i>
<i>Samuel Ramirez Quereza</i>	<i>20-01-25</i>	<i>Revisión de la pila de arranque</i>	<i>20-01-25</i>
<i>Samuel Ramirez Quereza</i>	<i>20-01-25</i>	<i>Revisión de la pila de arranque</i>	<i>20-01-25</i>

Juan Felix Cantoral Comara

Ferreyros MAY		FERREYROS S.A.		Código		RS/FE/CL/SG/	
		OBSERVACIÓN PLANEADA DE LA TAREA (OPT)		Versión		1	
				Fecha		15-01	
				Página		1 de 1	
Área: <u>Manifto</u>		Lugar: <u>M/150 taller Ferreyros</u>		Turno: <u>DIA</u>		Fecha: <u>20-01-25</u>	
Nombre del Trabajador Observado: <u>Samuel Cajanahuan Daga</u>		Ocupación: <u>Técnico electricista</u>		Tiempo en la función actual: <u>6 meses</u>		Hora: <u>9:00 am</u>	
Motivos de la Observación:		☐ Actualización de datos ☐ Actualización de documentos de control (PETS, etc.) ☐ Actualización de equipos, herramientas, etc.		☒ Actualización de datos ☐ Actualización de documentos de control (PETS, etc.) ☐ Actualización de equipos, herramientas, etc.			
Nombre del Supervisor Observador: <u>Juan Félix Cardenas Gamarró</u>							
PETS: <u>CORRECTIVOS SISTEMA ELECTRICO SICOOP R1600H</u>		Código: <u>PETS-FE-MAN-01-25</u>		Versión: <u>2025</u>			
1. Verificación de recursos observados		Cumple		Observación		Acción correctiva	
1.1. ¿Herramientas necesarias observadas?		Si / No					
1.2. ¿Las OPIs definidas para este acto observadas?		Si / No					
<u>Indicador R01 253+</u>		Si / No					
2. Verificación de los pasos de la tarea (Pasos operacionales)		Cumple		Observación / Desviación observada (Acto / Condición)		Acción correctiva	
Paso N°		Paso de la Tarea Observada		Si / No			
01		<u>realizar limpieza con aire</u>		Si / No			
02		<u>realizar una inspección visual</u>		Si / No			
03		<u>eliminar sedimentos para evaluar</u>		Si / No			
04		<u>realizar cambio del componente</u>		Si / No			
05		<u>realizar orden y limpieza</u>		Si / No			
				aplicar el bloque de cambio C.			
				después correcto los residuos			
				quitar los residuos de los		Se realiza <u>limpieza</u> <u>seguridad</u>	
3. Verificación de calidad del documento		Cumple		Observación		Acción Correctiva	
3.1. ¿Está actualizado?		Si / No					
3.2. ¿Está completo?		Si / No					
3.3. ¿Está claro para leerlo?		Si / No					
				Falta implementar Fichas en taller		Se realiza la impresión de los PETS (correctivo) 20-01-25	
4. Verificación de la eficacia en el cumplimiento de la tarea		Cumple		Observación		Acción correctiva	
4.1. ¿Cumple con la realidad observada?		Si / No					
5. Verificación de restricciones		Cumple		Observación		Acción correctiva	
El área de trabajo es libre de obstáculos		Si / No					
Cada vez que se realiza el bloqueo		Si / No					
6. Retroalimentación		Cumple		Observación		Acción correctiva	
¿Se facilitó a los trabajadores por algún comportamiento seguro?		Si / No					
¿Se explicó las oportunidades de mejora a los trabajadores?		Si / No					
¿Se revisó la ejecución de la OPI en retroalimentación según comportamiento inseguro?		Si / No					
 Nombre y Apellido / Firma del Trabajador <u>SAMUEL CAJANAHUAN DAGA</u>		 Nombre y Apellido / Firma del Supervisor <u>JUAN FÉLIX CARDENAS GAMARRÓ</u>					

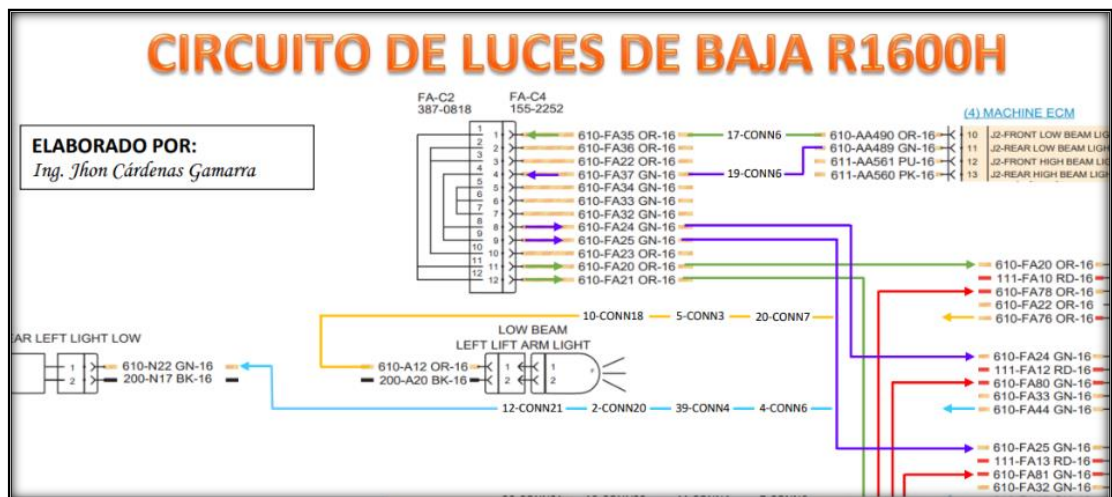
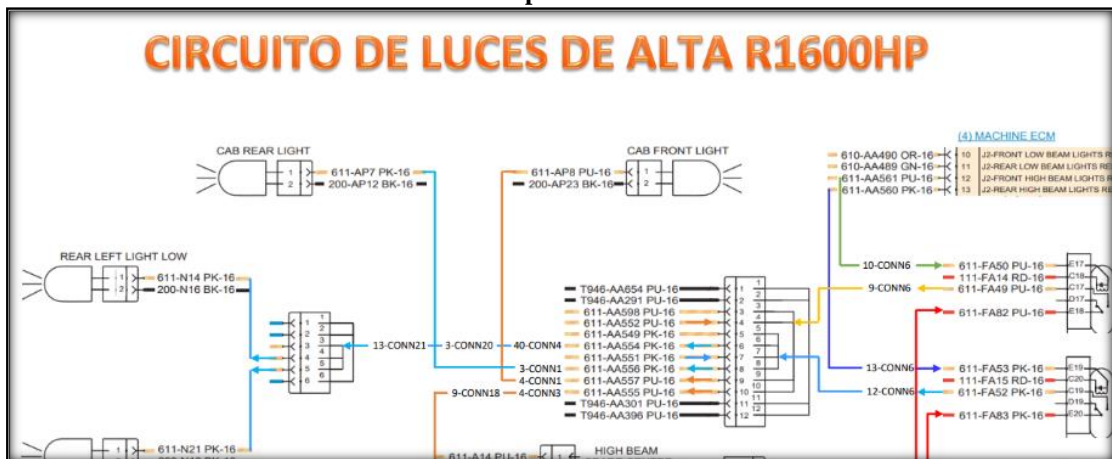
Anexo 5. Se le proporciona al técnico resumido el plano eléctrico para evaluar el sistema de arranque; se da otra orden de trabajo para evaluar el problema de luces delanteras que no prenden en Scoop R1600H; se evalúa al técnico en el rellenado correcto del IPERC para la actividad de evaluación del sistema eléctrico de luces



ORDEN DE TRABAJO		CÓDIGO TÉCNICO DE CLASIFICACIÓN	
UN. CORRELACIONES		CÓDIGO DE ACTIVIDADES	
AREA	Mantto	FECHA	28-01-25
TURNO	DIA		
NOMBRE DEL TRABAJADOR: Jhon Felix Cardenas Gamara			
1. DESCRIPCION DEL TRABAJO		2. DIAGRAMA DE LA ACTIVIDAD	
1. Estandar Cubierta Plus Caudal 2. Estandar Normativa Peltus Caudal 3. 4. 5.			
3. DESCRIPCION DE LAS TAREAS A REALIZAR			
Nº	FECHA	DESCRIPCION DE LAS TAREAS A REALIZAR	
01	15/01/2020	Cx. Evaluación del sistema eléctrico, luces de trabajo, Scoop	
4. DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES			
- Identificar los peligros en tuberías y evaluar el riesgo. - Evaluar el impacto y bloquear. - Utilizar los GPR para la actividad.			
5. DESCRIPCION DE LAS TAREAS			
6. DESCRIPCION DE LAS TAREAS			
7. DESCRIPCION DE LAS TAREAS			
8. DESCRIPCION DE LAS TAREAS			
9. DESCRIPCION DE LAS TAREAS			
10. DESCRIPCION DE LAS TAREAS			

ORDEN DE TRABAJO		CÓDIGO TÉCNICO DE CLASIFICACIÓN	
UN. CORRELACIONES		CÓDIGO DE ACTIVIDADES	
AREA	Mantto	FECHA	28-01-25
TURNO	DIA		
NOMBRE DEL TRABAJADOR: Jhon Felix Cardenas Gamara			
1. DESCRIPCION DEL TRABAJO		2. DIAGRAMA DE LA ACTIVIDAD	
1. Estandar Cubierta Plus Caudal 2. Estandar Normativa Peltus Caudal 3. 4. 5.			
3. DESCRIPCION DE LAS TAREAS A REALIZAR			
Nº	FECHA	DESCRIPCION DE LAS TAREAS A REALIZAR	
01	15/01/2020	Cx. Evaluación del sistema eléctrico, luces de trabajo, Scoop	
4. DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES			
- Identificar los peligros en tuberías y evaluar el riesgo. - Evaluar el impacto y bloquear. - Utilizar los GPR para la actividad.			
5. DESCRIPCION DE LAS TAREAS			
6. DESCRIPCION DE LAS TAREAS			
7. DESCRIPCION DE LAS TAREAS			
8. DESCRIPCION DE LAS TAREAS			
9. DESCRIPCION DE LAS TAREAS			
10. DESCRIPCION DE LAS TAREAS			

Anexo 6. Se le proporciona al técnico, el plano resumido para identificar la falla el sistema eléctrico de luces; se realizó un PETS procedimiento escrito de trabajo seguro figuro como supervisor

[illegible]

 INCIMMET		TAREAS PENDIENTES - BACKLOG		C.C. (C) SM FECHA: 28/05/2016 VERSION: 02 PAGINA: 1 DE 1	
U.M. CORANTURNO		SISTEMA P/ORDEN DE SECCION			
AREA: MANTENIMIENTO		SECCION: 23		TRABAJO PROGRAMADO: ☒ SI ☐ NO	
MECANICO: <i>Juan Carlos Gago Salazar</i> SISTEMA: <i>Electrico</i>		TURNO: (X) (N) (N)		FECHA: 30.01.25 COMPONENTE: <i>Transformadores</i>	
PROBLEMA:		CANTIDAD BIC: <i>01</i> HORAS ESTIMADAS: <i>04 hrs.</i>			
FUENTE DE GENERACION					
Operador: ☒		Operador: ☐		Planner: ☐	
Supervisor: ☐		Supervisor: ☒			
PROBLEMA DE LA MAQUINA:			ACCION A TOMAR:		
<i>- Se detecta que el transformador presenta problemas, tambien hay perdida de fuerza en el cable linea!</i>			<i>- Se realiza mantenimiento del sistema electrico y se pora en marcha por falta</i>		
ESPECIFICACIONES DEL TRABAJO Y RESPUESTOS					
DESCRIPCION DEL TRABAJO		N° PARTE	DESCRIPCION DEL REPUESTO	CANTIDAD	
<i>Se hace el mantenimiento</i>		<i>266-1166</i>	<i>Se hace el cable de fuerza</i>	<i>01</i>	
<i>Se hace el mantenimiento</i>		<i>224-1473</i>	<i>Se hace el cable de fuerza</i>	<i>01</i>	
<i>Se hace el mantenimiento</i>		<i>224-6453</i>	<i>Se hace el cable de fuerza</i>	<i>01</i>	
<i>Se hace el mantenimiento</i>		<i>193-2350</i>	<i>Se hace el cable de fuerza</i>	<i>01</i>	
HERRAMIENTAS ESPECIALES					
N° PARTE	DESCRIPCION	CANTIDAD			
APROBACION:					
					
TECNICO RESPONSABLE <i>Juan Carlos Gago S.</i>		SUPERVISOR RESPONSABLE <i>Juan Carlos Gago S.</i>			

Anexo 8. Se realizó un informe de cambio de motor a R1600H



INFORME DE SERVICIO DEL SCOOP – 093

PARTICIPANTE: SUPERVISOR JHON CARDENAS GAMARRA
TECNICO HECTOR RAMIREZ QUEREVALU
TECNICO EDGAR YAURI AYLAS

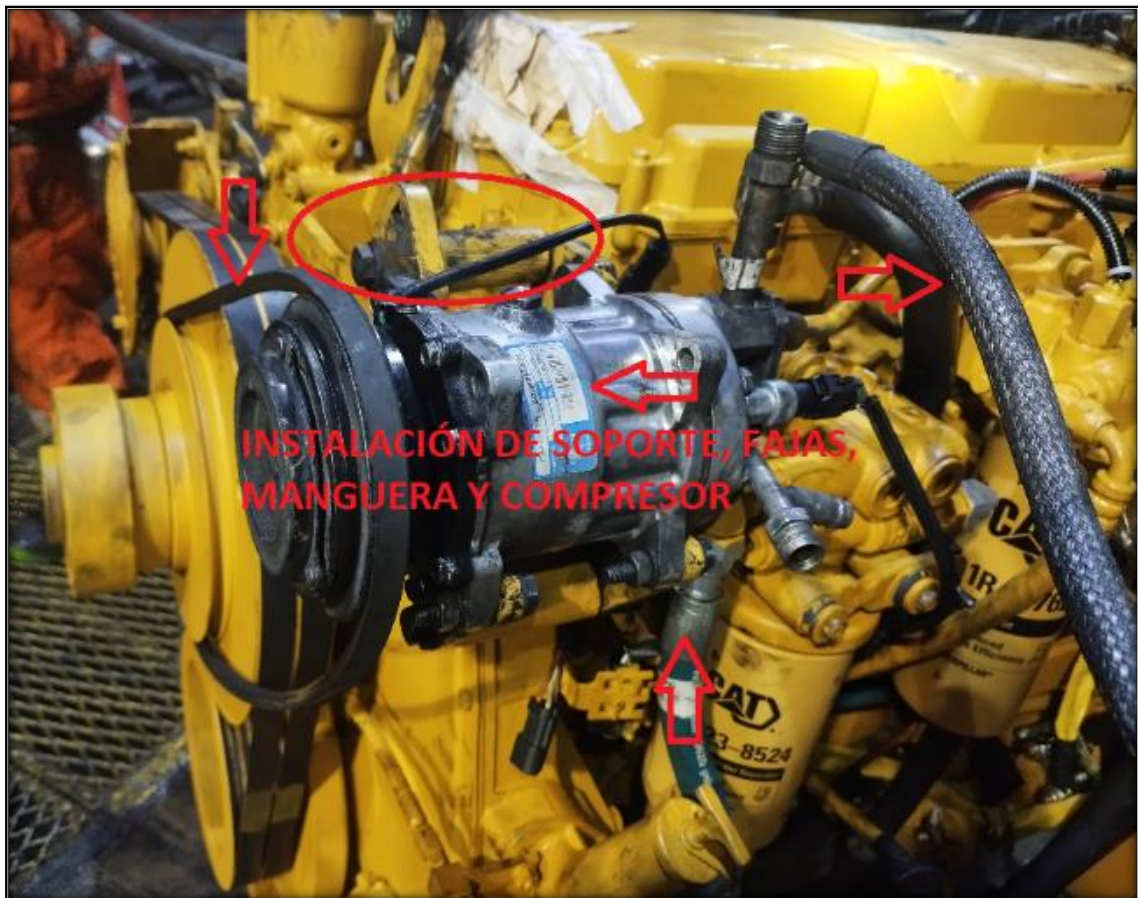
MODELO DE MAQUINA: R1600H
MODELO DE MOTOR: C11
HORAS DE MAQUINA: 10770.5

SERIE DE MAQUINA: 9SD00452
SERIE DE MOTOR: TXE13730
FECHA DE INSPECCIÓN: 09-01-2025

El día 06-01-2025 Según Orden de Trabajo se comienza con el cambio de Motor Dese del HSC-93 en interior mina taller NV. 480



El día 07-01-2025 Se instala varios componentes que falta en el motor



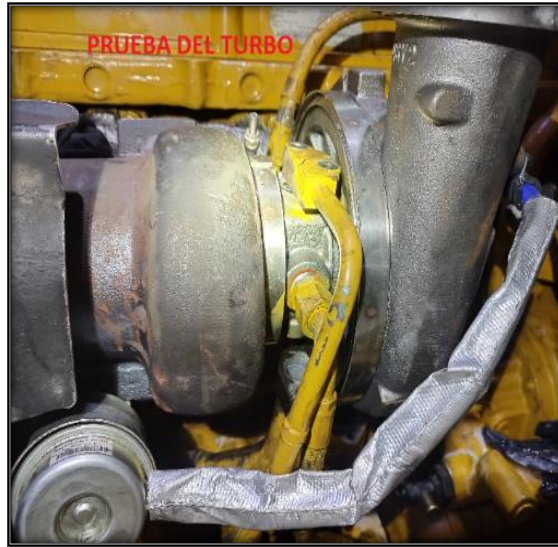
El día 08-01-2025 Se culmina con el montaje del Motor Diesel en el equipo

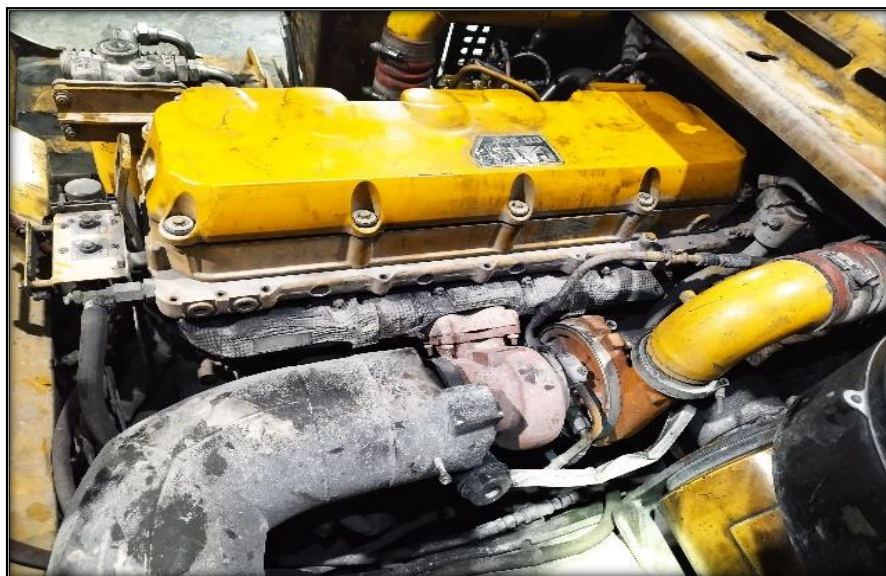


El día 09-01-2025 Se arranca el Motor Diesel, normal arranca, ya verificando los parametros en la cabina del operador, se apaga solo el motor protegiendose y manda una señal en la pantalla **BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE**. Luego se procede a verificar todo el nivel y se observa que por la varilla del nivel de aceite motor sale refrigerante

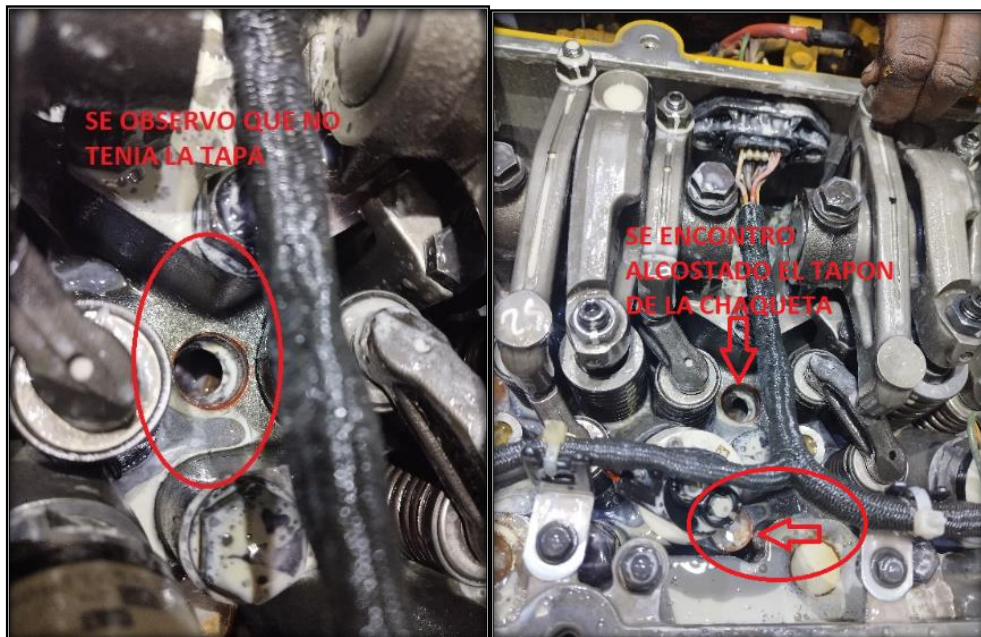


El día 10-01-2025 Se evalúa en ingreso de refrigerante al Carter, por turbocompresor, bomba de agua, enfriador de aceite motor





Se evaluo y se observo que una tapa de la chaquetas del refrigerante del motor diesel se habia salido.



Se realiza luego el lavado del Motor Diesel con petroleo pulverizado, desmontando el carter, tapa de balancines, y el enfriador de motor. Se coloco el tapon y se pone a prueba el motor.





Conclusiones de la actividad especializada

- ✓ Se requiere de contar con el ET para un informe detallado del Motor Diesel como, Estado de producto, Código activos, Códigos Registrados, Eventos, Parámetros de Presiones, de temperaturas, posición del acelerador,
- ✓ Se requiere de un Flasheo del ECM del motor para que reconozca la máquina y no tengamos parámetros que salgan *** lo cual es de suma importancia para el operador.
- ✓ Se necesita flashear los Inyectores con el ET, para que reconozca ECM y se calibre el combustible de ingreso a la cámara de combustión y no tener exceso de monóxido por el equipo.
- ✓ Se necesita urgente de Manómetro con toma rápida para verificar presiones físicamente.

Anexo 9. Uso de software especializado, sis2.0 caterpillar

The screenshot shows the CAT SIS 2.0 web application interface. The top navigation bar includes the CAT logo, the text 'SIS 2.0', and a search bar. Below the navigation bar, there's a breadcrumb trail: 'Load, Haul, Dump > Load Haul Dump > R1600H > 9SD'. The left sidebar contains a 'Filtros' (Filters) section with options for 'Fecha' (Date) and 'Tipo de información' (Type of information). The main content area displays a list of specifications, including 'Sensor De Temperatura De Refrigerante', 'Sensor De Temperatura Del Combustible', 'Sensor De Presión De Aceite Del Motor', and 'Sensor De Presión Atmosférica'.

The screenshot shows the 'Medición de la presión de aceite del motor' (Engine Oil Pressure Measurement) section of the CAT SIS 2.0 web application. The top navigation bar includes the CAT logo, the text 'SIS 2.0', and a search bar. Below the navigation bar, there's a breadcrumb trail: 'Load, Haul, Dump > Load Haul Dump > R1600H > 9SD'. The left sidebar contains a 'Filtros' (Filters) section with options for 'Fecha' (Date) and 'Tipo de información' (Type of information). The main content area displays the 'Medición de la presión de aceite del motor' section, which includes a warning box labeled 'ADVERTENCIA' and a section titled 'Medición de la presión de aceite del motor'.

Cat Electronic Technician 2024A v1.1 - Códigos de diagnóstico registrados - Trainer activo

Código	Descripción	Veces	Primera	Última
Transmisión 980H (JMS000001) - Reloj de diagnóstico = 1400 horas				
621-3	Sensor de posición de la palanca de cambios - Datos irregulares, intermitentes o incorrectos	1	621	621
1401-5	Solenoid N° 1 de transmisión: Corriente bajo lo normal	4	555	621
Sistema de monitor de Cat 980H (JMS000001) - Reloj de diagnóstico = 1401 horas				
821-3	Suministro de corriente de despliegue: Voltaje sobre normal	1	21	21
C15 980H (LHX000001) - Reloj de diagnóstico = 1067 horas				
94-3	Sensor de presión de entrega de combustible: Voltaje sobre normal	1	678	678
Implemento 980H (JMS000001) - Reloj de diagnóstico = 1402 horas				
350-4	Sensor de posición de varillaje de levantamiento: Voltaje bajo normal	1	555	555
1818-0	Interruptor de presión de diferencial de filtro de aceite de implemento: Alto	2	62	69

Eliminar(C) Cód localiz y soluc prob Síntoma de localiz(B) Incluir todos los ECM(A)

Anexo 10. Evidencia fotográfica

Se realizó una evaluación Especializada brindando soporte profesional a los técnicos de campo en el mismo equipo R1600H, el mismo que fue condecorado por la empresa FERREYROS CAT

