

Diseño de un plan de mantenimiento preventivo aplicado a la grúa GH de 10 Toneladas de la empresa Eternit Atlántico para el año 2024.

Fernán de Jesús Madrid Domínguez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director

Narciso Ernesto Camacho Bermúdez

Especialista en gerencia del mantenimiento.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Bucaramanga

2025.

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo a todas esas personas que desde el primer momento fueron pieza fundamental para su culminación y apoyo durante todo este periodo, en donde hubo momentos difíciles los cuales cada uno de ustedes ayudaron con el apoyo buscarle la mejor salida posible. El cariño incondicional de mi madre, que nunca faltó y fue un constante aliento para no desfallecer, siempre estoy en sus oraciones y siempre con una actitud positiva de que si puedo lograr las cosas de la mejor manera. La confianza de mi esposa y apoyo incondicional en lo cotidiano, a mis hijos que son la razón más fuerte de todo esto y que me motivan a diario a seguir luchando y ser un ejemplo de constancia y perseverancia. Los sabios consejos de mis jefes, que fueron un motivo constante para actuar. El cariño y el apoyo de todos mis técnicos a cargo que día a día me apoyan en todas mis labores siendo siempre ejemplo de perseverancia.

Agradecimientos

Quiero dedicar este trabajo a todas esas personas que desde el primer momento fueron pieza fundamental para su culminación y apoyo durante todo este periodo, en donde hubo momentos difíciles los cuales cada uno de ustedes ayudaron con el apoyo buscarle la mejor salida posible. El cariño incondicional de mi madre, que nunca faltó y fue un constante aliento para no desfallecer, siempre estoy en sus oraciones y siempre con una actitud positiva de que si puedo lograr las cosas de la mejor manera. La confianza de mi esposa y apoyo incondicional en lo cotidiano, a mis hijos que son la razón más fuerte de todo esto y que me motivan a diario a seguir luchando y ser un ejemplo de constancia y perseverancia. Los sabios consejos de mis jefes, que fueron un motivo constante para actuar. El cariño y el apoyo de todos mis técnicos a cargo que día a día me apoyan en todas mis labores siendo siempre ejemplo de perseverancia.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción.	14
1 Objetivos.	17
1.1 Objetivo General.	17
1.2 Objetivos Específicos.	17
2. Alcance y resultados.	18
3. Justificación del plan propuesto.	20
4. Hipótesis 21	
4.1 Impacto.	21
5. Análisis de la literatura recopilada.	23
6. Marco teórico	29
6.1 Tipos De Mantenimiento.	32
6.1.1 Mantenimiento Preventivo.	32
6.1.2 Mantenimiento Correctivo.	34
6.1.3 Mantenimiento Predictivo.	35
6.1.4 Mantenimiento Proactivo.	36
6.1.5 Mantenimiento Reactivo.	38
6.1.6 Mantenimiento Programado.	39
6.2 Análisis De Modos De Fallos, Efectos Y Su Criticidad (FMECA).	41
7. Marco conceptual.	46
8. Puente grúa.	49

8.1 El Polipasto.	49
8.2 Reductora	51
8.3 Electrofrenos.	52
8.4 Tambor y guía de cable.	54
8.5 Ganchos.	55
8.6 Telemandos (Botoneras).	57
8.7 Tablero eléctrico.....	58
8.8 Cable plano.....	60
8.9 Encoder.....	61
8.10 Celda de carga.	62
8.11 Cables para izaje.....	63
8.12 Ciclos de maniobra.....	64
8.13 Estado de carga de una grúa.	65
8.14 Clase de utilización.	67
9. Mantenimiento puente grúa 10 toneladas.....	68
9.1 Normas Generales Del Mantenimiento Del Puente Grúa.	68
9.2 Inspección De Los Puentes Grúas.	68
9.3 Datos De Paros Por Averías De La Grúa GH 10 Ton.	71
9.4 Matriz De Criticidad.....	72
9.5 Ejecución Y Control De Mantenimiento.....	77
9.5.1 Actividad: Evaluación de entradas para la planificación y priorización de mantenimientos.	77

9.5.2 Actividad: Mantenimiento predictivo (Mecánico / Eléctrico).	78
9.5.3 Actividad: Mantenimiento Preventivo (Mecánico / Eléctrico).	80
9.5.4 Actividad: Mantenimiento Correctivo (Mecánico / Eléctrico).	82
9.5.5 Actividades: Asignación de recursos a los equipos.	84
9.6 Documentación De Mantenimiento.	84
9.7 Refracciones Críticas.....	85
9.8 Ordenes De Trabajo.	88
9.9 Inspección Del Equipo.	90
9.9.1 Inspección después de una detención prolongada.....	90
9.9.2 Inspección diaria.	91
9.9.3 Inspección mensual.	92
9.9.4 Inspección anual.	93
9.9.5Lubricación.....	93
9.10 Acciones Correctivas.....	95
9.10.1 cambio de guaya.	96
9.11 Acciones Preventivas.	102
9.11.1 Lubricación de guayas.....	103
10.Gastos de paros de mantenimiento.....	105
10.1 Costos Por Paradas Relacionadas A La Grúa.....	105
11.Presupuesto.....	107
Conclusiones.	108
Referencias Bibliográficas.	111

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Definición de número de ciclos aparato.....	65
Tabla 2 Definición de estado de Carga Aparato	66
Tabla 3 Clasificación del Aparato Completo	66
Tabla 4 Definición clase de utilización Mecanismo	67

Lista de Figuras

	Pág.
Figura. 1 Incidente de Grúa.....	15
Figura. 2 Evolución del Mantenimiento.....	32
Figura. 3 Esquema del Mantenimiento Preventivo.	33
Figura. 4 Metodología FMECA	42
Figura. 5 Puente Grúa.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura. 6 Carro Transportador.....	50
Figura. 7 Caja Reductora.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura. 8 Electrofrenos	52
Figura. 9 Tambor.....	54
Figura. 10 Ganchos	55
Figura. 11 Telemando/Control Inalámbrico1	58
Figura. 12 Tablero Eléctrico.....	60
Figura. 13 Cable Plano	61
Figura. 14 Encoders.....	61
Figura. 15 Celda de Carga.....	63
Figura. 16 Cable para Izaje	64
Figura. 17 Check list de Preoperacional Grúa GH.....	70
Figura. 18 Tabla de Paros Grúa GH.....	72

Figura. 19 Determinación de Criticidad	73
Figura. 20 Criterios de Criticidad.....	74
Figura. 21 Taxonomía del Equipo.....	74
Figura. 22 Análisis de Criticidad Grúa GH 10 TON.....	76
Figura. 23 Ordenes de Trabajos Ejecutado.	85
Figura. 24 Listado de Equipos Creados en SAP	86
Figura. 25 Listado de Repuestos Creados en SAP con su Código.....	87
Figura. 26 Orden de Trabajo.	89
Figura. 27 Inspección Paro Prolongado.	90
Figura. 28 Check List.	91
Figura. 29 Actividades Inspecciones Mensuales.....	92
Figura. 30 Actividades de Lubricación.	93
Figura. 31 Averías.	95
Figura. 32 Desgaste y Roturas.....	97
Figura. 33 Desgaste.	97
Figura. 34 Corrosion.	98
Figura. 35 Rotura de Hilos	99
Figura. 36 Deformacion.	101
Figura. 37 Mantenimiento Mecánico.	102
Figura. 38 Mantenimiento Eléctrico.....	103
Figura. 39 Costos de paros de Mantenimiento Grúa GH 10 TON.....	105
Figura. 40 Costo de Implementación Grúa GH.....	106

Glosario.

AVERÍAS: Daño que impide el funcionamiento de un aparato, equipo o instalación

FMEA (siglas en inglés): Failure Mode and Effect Analysis o, en español, Análisis de Modos de Fallos y Efectos (AMFE).

FMECA (siglas en inglés): Failure Modes, Effects and Criticality Analysis (Análisis de Modos de Fallo, Efectos y Criticidad), consiste en la utilización de la distribución de Weibull para la estimación de la conducta de la tasa de fallas y el nivel de confianza

GRAFITADA: Término con el que se indica la aplicación de lubricantes y de algunos compuestos que contienen grafito.

GRÚA: un sistema de elevación o arrastre, destinado a transportar uno o más vehículos.

GUAYA: Alambre grueso de acero que une los pedales del automóvil con el sistema de la caja de cambios.

METODOLOGÍA: es la ciencia que nos enseña a dirigir determinado proceso de manera eficiente y eficaz para alcanzar los resultados deseados y tiene como objetivo darnos la estrategia a seguir en el proceso.

MTTF: (tiempo medio sin averías) es la media de tiempo que transcurre sin averías no reparables de un producto tecnológico.

MTTR: (tiempo medio de reparación) es la media de tiempo que se tarda en reparar un sistema (normalmente una cuestión técnica o mecánica). Incluye tanto el tiempo de reparación como el tiempo de prueba.

SAP (siglas en inglés): Systems Applications and Products in Data Processing

TONELADA: Unidad de peso equivalente a 1000 kg.

Resumen

Título: Diseño de un plan de mantenimiento preventivo aplicado a la grúa GH de 10 Toneladas de la empresa Eternit Atlántico para el año 2024.

Autor: Fernán de Jesús Madrid Domínguez

Palabras Clave: Disponibilidad, Seguridad, MTTF, MTTR.

Descripción: El mantenimiento preventivo de la grúa GH de 10 toneladas es esencial para mejorar su disponibilidad y seguridad. A través de inspecciones periódicas y tareas asignadas, se pueden detectar y corregir problemas antes de que se conviertan en fallas graves, lo que reduce el riesgo de accidentes y minimiza el tiempo de inactividad y los costos de reparaciones. Con la ayuda del equipo de mantenimiento y la documentación adquirida se logra implementar en el plan de mantenimiento de la empresa Eternit logrando así una implementación de datos y un registro continuo. En el primer mes, se identificaron elementos desgastados y pequeñas fallas que se resolvieron de manera continua, enfocándose principalmente en el área mecánica. Las inspecciones eléctricas se limitaron a mediciones de valores establecidos para el monitoreo a largo plazo. Como resultado, se logró dos meses de operatividad efectiva, garantizando una disponibilidad superior al 95% y mejorando indicadores clave como el MTTR y el MTTF, adicional se lograron hacer procedimientos de mantenimientos dirigidos hacia la grúa para que cualquier técnico pudiese realizar las actividades descritas en las ordenes de trabajos, al ser un equipo crítico, se observan varias condiciones de seguridad por ser trabajo en alturas que fueron corregidas gracias a las inspecciones que se hacían y a la dedicación de los técnicos en la recopilación de información. En conclusión, un programa de mantenimiento preventivo bien implementado es clave para la eficiencia y seguridad de la grúa GH.

Abstract

Title: Diseño de un plan de mantenimiento preventivo aplicado a la grúa GH de 10 Toneladas de la empresa Eternit Atlántico para el año 2024.

Author(s): Fernán de Jesús Madrid Domínguez

Key Words: Availability, Security, MTTF, MTTR.

Description: Preventive maintenance of the GH 10 ton crane is essential to improve its availability and safety. Through regular inspections and assigned tasks, problems can be detected and corrected before they become serious failures, reducing the risk of accidents and minimizing downtime and repair costs. With the help of the maintenance team and the acquired documentation, it is possible to implement it in the maintenance plan of the Eternit company, thus achieving data implementation and continuous registration. In the first month, worn elements and small faults were identified and resolved continuously, focusing mainly on the mechanical area. Electrical inspections were limited to measurements of values established for long-term monitoring. As a result, two months of effective operation were achieved, guaranteeing availability of more than 95% and improving key indicators such as MTTR and MTTF. In addition, maintenance procedures were carried out directed towards the crane so that any technician could carry out the activities described in the work orders, being a critical piece of equipment, several safety conditions are observed due to working at heights that were corrected thanks to the inspections that were carried out and the dedication of the technicians in collecting information. In conclusion, a well-implemented preventive maintenance program is key to the efficiency and safety of the GH crane.

Introducción.

El puente grúa GH de 10 TON de la empresa Eternit Atlántico desempeña una función muy importante para el proceso de fabricación del producto terminado. Este equipo de izaje es sometido a condiciones de operación muy demandante ya que el proceso de fabricación demanda que cada 8 minutos se deban sacar una plataforma de aproximadamente 6 toneladas de peso del proceso de fabricación y paralelo a ello se hagan otras actividades de izaje mientras una parte de la máquina está acumulando producto en otra parte de la máquina está desmoldando el producto ya terminado, el constante uso de la grúa hace que todos sus componentes sean sometidos también a un trabajo riguroso y que su disponibilidad sea alta, la falla de este equipo representa para la empresa un costo importante ya que no solo impacta el que el equipo este detenido si no también que en el proceso de materias primas se desperdicie el producto en preparación.

En la actualidad el plan de mantenimiento sigue una estrategia de mantenimiento preventivo y correctivo a los distintos equipos, pero por tener pocos conocimientos en este tipo de equipo como lo son los puentes grúas el tipo de mantenimiento que se le aplica no ha sido el suficiente, lo cual ha permitido que los indicadores de mantenimiento se disparen al igual que los costos de producción.

Pese a que existe un manual básico de mantenimiento de la grúa GH DE 10 TON no es muy eficiente en la aplicación de este, debido a los numerosos paros de este equipo se plantea diseñar una estrategia de mantenimiento preventivo más eficiente que nos permite acercarnos más a la disponibilidad requerida por producción.

El objetivo principal de este escrito es la de conocer las actividades de mantenimiento preventivo que se le deben realizar al puente grúa GH de 10 Ton, tomando como base la

información técnica que el fabricante entrega de los distintos equipos y como se deberían ejecutar de manera correcta, a continuación, se muestra el impacto que conlleva a no seguir las recomendaciones adecuadas e incluso a no anticiparse a un buen diagnóstico dentro de la ejecución del mantenimiento preventivo.



Figura. 1 Incidente de Grúa.¹

En la figura 1, se muestra el efecto final de una mala práctica de mantenimiento preventivo y a su vez el nivel de complejidad del equipo usado y como un componente del equipo usado puede provocar un incidente o accidente dentro de una industria, pero a su vez si se usara de manera correcta el mantenimiento se podrá evitar todo tipo de daños no previstos dentro del área de trabajo

¹ Nota: Incidente de grúa, elaboración propia, 17 de julio del 2024, fotografía tomada del evento en Eternit.

Por tal motivo se busca mejorar la calidad del mantenimiento, la metodología usada, el cómo se aplica y el impacto que esto finalmente beneficiara a la correcta protección de la vida en primer lugar y luego los demás activos de la compañía, y finalmente la productividad.

1. Objetivos.

1.1 Objetivo General.

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo aplicado al puente Grúa de 10 Ton de marca GH, de la empresa Eternit atlántico, mediante el uso de la metodología de mantenimiento programado, garantizando así la disponibilidad efectiva del equipo, evitando deterioro y alargar su vida útil.

1.2 Objetivos Específicos.

- Cuantificar los componentes críticos de la grúa, cuantificar los modos y las causas de falla para su prevención a través de una serie de acciones o tareas programadas.
- Recopilar y analizar la información existente de la Grúa GH de 10 toneladas para realizar una valoración de la situación actual en la que se encuentra sus componentes y las características especiales de los subsistemas.
- Diseñar un plan de rutinas de inspección de los subsistemas según las recomendaciones del fabricante en el cual se observen las condiciones del equipo.
- Realizar un análisis de modos de falla y efectos (FMEA) en los componentes de la grúa GH de 10 ton.
- Crear los distintos subsistemas en SAP para generar el plan de mantenimiento.
- Crear el stock de repuestos críticos en almacén para garantizar la funcionalidad de la grúa.

2. Alcance y resultados.

Un plan de mantenimiento preventivo es una estrategia que busca optimizar el rendimiento y la disponibilidad de los activos mediante un enfoque sistemático para identificar y gestionar fallas. A continuación, se detallan el alcance y los resultados esperados al diseñar este plan.

Alcance de un Plan de Mantenimiento preventivo aplicado a un puente Grúa de marca GH de 10 ton:

1. Identificación de los subsistemas y componentes de la grúa GH: se debe hacer una matriz de criticidad de los elementos instalados en la grúa con sus referencias correspondientes, crear los componentes en SAP y a su vez crear los stocks mínimos y máximos de almacén.
2. Análisis de Funciones y Fallas de la grúa: se debe Valorar las funciones de los elementos que componen la grúa y así como las posibles fallas que pueden ocurrir y sus posibles efectos.
3. Creación de ruta de inspecciones periódicas: se creará una ruta de inspección es mecánicas y eléctricas en las cuales se evaluará el estado de los subsistemas que se encuentran en el equipo a estudiar ese Barlocks debe ser notificado y si se encontrara alguna anomalía debería realizarse una OT correctiva de manera inmediata.
4. Clasificación de Riesgos de la grúa: Utilizar el análisis de modos de falla y efectos (FMEA) para priorizar las fallas según su impacto en la seguridad y la operación durante las horas productivas.

5. Tipos de Estrategias de Mantenimiento: se debe definir el tipo de mantenimiento que se realizara para cada una de las tareas que evitan los modos de falla identificados previamente.
6. Implementación: este trabajo culminará en el diseño del plan de mantenimiento preventivo y en la aplicación que ya se está ejecutando.

Resultados Esperados:

1. Mejorar la Seguridad del equipo: Identificar y mitigar los posibles riesgos asociados a las fallas de los subsistemas y componentes, aumentando la seguridad del equipo y a su vez la de los operadores y trabajadores.
2. Mejorar la Confiabilidad: Mejora en la confiabilidad del equipo, lo que se traduce en un mejor rendimiento general de la planta.
3. Mejorar las notificaciones por las distintas inspecciones del sistema evaluando así los resultados una vez se notifiquen las inspección semanales y mensuales esperando así adquirir más información del equipo.
4. Mejora de la Disponibilidad: Mejora en la disponibilidad operativa del equipo, reduciendo el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio de reparación (MTTF y MTTR).
5. Mejorar los Costos: Disminución de costos operativos, de producción por la reducción de desperdicio de materia prima y de mantenimiento al reducir las intervenciones y optimizando el uso de recursos humanos y componentes.

3. Justificación del plan propuesto.

Para la compañía ETERNIT ATLÁNTICO S.A una mayor disponibilidad y confiabilidad a la hora de fabricar el producto de fibrocemento, alcanzará a mejorar los estándares de seguridad, calidad e impacto ambiental de la empresa, adicionalmente mejorar la competitividad gracias al bajo costo de producción que genera la alta disponibilidad de los equipos, en este caso uno como lo es la Grúa GH de 10 ton.

Al mismo tiempo que se reduce los costos de mantenimiento, disminuirá el número de intervenciones y reparaciones no planificadas dentro del plan de mantenimiento preventivo de la grúa. Por lo tanto, es de gran importancia desarrollar un plan de mantenimiento preventivo que aumentará la confiabilidad y disponibilidad, disminuirá los gastos del mantenimiento, optimizará los gastos de inversión, aumentará la seguridad y extenderá la vida útil de los activos.

El programa de Mantenimiento preventivo tiene como objetivo asegurar la operatividad y eficiencia de los equipos y sistemas, minimizando el riesgo de fallos y prolongando su vida útil. Esto se logra mediante intervenciones programadas que incluyen inspecciones, limpieza, ajustes y reemplazos de piezas, lo que reduce costos operativos y mejora la seguridad.

4. Hipótesis.

El diseño y la implementación de un plan de mantenimiento preventivo aumentará significativamente la seguridad, disponibilidad, impacto ambiental, productividad, vida útil y el rendimiento del equipo y de sus subsistemas, al identificar y priorizar las funciones críticas y sus modos de fallo, lo que resultará en una disminución de las horas de paros no planificadas y bajo costo de mantenimiento a corto mediano y largo plazo.

4.1 Impacto.

El diseño del plan de mantenimiento preventivo generará un impacto positivo en varias áreas de la empresa Eternit Atlántico.

1. **Mejora en la seguridad laboral:** al ser un equipo crítico y bastante dócil para generar daños a las personas y a la propiedad este tipo de mantenimiento ayudará reduce el riesgo de accidentes y lesiones en la compañía.
2. **Reducción de costos:** Al prevenir y evitar los fallos, se disminuyen los gastos relacionados con reparaciones no planificadas y paradas imprevistas.
3. **Aumento de la eficiencia operativa:** Los equipos funcionan de manera más eficiente, lo que se traduce en una producción más fluida y un mejor rendimiento.
4. **Prolongación de la vida útil de los activos:** Un mantenimiento preventivo ayuda a conservar y alargar la vida útil de maquinaria y equipos.
5. **Mayor satisfacción del cliente:** La continuidad en la producción y la calidad del producto o servicio mejoran, lo que en nuestro proceso es de vital importancia logrando así aumentar la satisfacción del cliente.

6. **Planificación más efectiva:** Permite una mejor programación de la producción y gestión de recursos, evitando interrupciones inesperadas.
7. **Cumplimiento normativo:** Asegura que la empresa cumpla con las normativas de seguridad y medio ambiente, evitando sanciones e incidentes laborales.
8. **Datos para la toma de decisiones:** Un buen registro del mantenimiento preventivo proporciona información valiosa para la gestión y planificación a largo plazo.

5. Análisis de la literatura recopilada.

El mantenimiento de los puentes grúas es crucial en empresas de construcción e industria, ya que garantiza el funcionamiento seguro de la maquinaria y protege tanto a los operadores como a otros trabajadores. Este mantenimiento debe formar parte de las medidas de prevención de riesgos laborales y cumplir con normativas legales, siendo obligatorio y rutinario.

Se cuenta con varios tipos de Mantenimiento como lo son el preventivo que se realiza de forma regular para evitar fallos. Incluye inspecciones visuales, ajustes y revisiones de componentes críticos como frenos y sistemas de emergencia, normalmente se usa una lista de comprobación operacional que nos brinda una información primaria y diaria del estado del equipo antes de ser operado. El mantenimiento correctivo solo se lleva a cabo cuando se detectan problemas, es fundamental actuar rápidamente ante cualquier fallo, por pequeño que sea. Dentro de las tareas esenciales que se presentan antes de empezar a usar una grúa es:

- Realizar una revisión visual para comprobar el estado de componentes esenciales.
- Inspecciones periódicas, al menos anualmente, realizadas por técnicos especializados para verificar piezas susceptibles al desgaste.
- Inspección de elementos menos visibles pero críticos, como la cadena cinemática de elevación.

Es de muy alta importancia la documentación de todos los resultados del mantenimiento, ya sea positivo o negativo, deben ser archivados de tal manera que se puedan llegar a usar para buscar información que nos permita detectar y prever cualquier otra falla.

El mantenimiento regular y especializado de los puentes grúas no solo cumple con las normativas, sino que también es esencial para la seguridad, eficiencia y durabilidad de la maquinaria, minimizando riesgos en el lugar de trabajo.

A finales del siglo XVIII y principios del XIX, con la Revolución Industrial, surgieron las primeras máquinas y la necesidad de repararlas, iniciando la historia del mantenimiento. Durante este tiempo, se reconocieron conceptos como la competitividad y los costos, y se empezó a entender que el fracaso de las máquinas afectaba la producción. En la década de 1920, se comenzaron a recopilar estadísticas sobre tasas de fallas en motores y equipos de aviación.

Inicialmente, el mantenimiento era considerado secundario y realizado por el personal operativo. Sin embargo, la primera guerra mundial llevó a un aumento en la producción en serie, creando la necesidad de un mantenimiento más eficiente, lo que llevó al establecimiento del mantenimiento correctivo. A partir de 1950, ingenieros japoneses introdujeron el mantenimiento preventivo, basado en las recomendaciones de los fabricantes para el cuidado de las máquinas. Desde 1966, se desarrollaron métodos de mantenimiento predictivo, que utilizan análisis de variables para anticipar fallas, además de nuevas tendencias como el mantenimiento productivo y se plantean unos objetivos generales del mantenimiento.

- Prevenir fallas y mitigar sus consecuencias.
- Realizar comprobaciones y reparaciones en equipos en funcionamiento.
- Sustitución de piezas desgastadas y cambios de lubricante.

Importancia del Mantenimiento

- Previene accidentes laborales.
- Reduce pérdidas por paradas de producción.

- Facilita la documentación de mantenimiento.
- Evita daños irreparables.
- Permite un mejor presupuesto.
- Aumenta la vida útil del equipo.
- Mejora la calidad del trabajo.

Las empresas que implementan sistemas de mantenimiento tienen más posibilidades de conseguir ventajas competitivas a medio plazo. Es fundamental contar con profesionales especializados para garantizar la excelencia en estas tareas. El puente grúa GH es un equipo complejo y muy esencial en la planta de fabricación de teja de fibrocemento como lo es Eternit Atlántico s.a. Estos equipos tienen especificaciones técnicas específicas, con componentes principales y un funcionamiento que requieren un mantenimiento riguroso y efectivo. Su importancia en el proceso productivo de la planta es indiscutible, ya que contribuyen significativamente a la eficiencia y calidad de la producción. Sin embargo, estas máquinas están sujetas a modos de falla comunes, como el desgaste de componentes, fallos mecánicos y eléctricos, y problemas operacionales. Para crear un plan de mantenimiento efectivo, es necesario comprender estos modos de falla y así se garantice su operación continua y eficiente (Cornejo Barrera, 2022).

Las primeras grúas fueron creadas en Grecia y operaban mediante la fuerza de hombres o animales. En Egipto ya se utilizaban mecanismos para mover grandes piezas, y en Grecia, desde el siglo VI, se han encontrado indicios de su uso en la construcción de templos. Los romanos mejoraron estos diseños para facilitar la construcción. Durante la Edad Media, las grúas eran esenciales en puertos y catedrales góticas, actuando como sistemas de elevación. Con la revolución industrial, la evolución de las grúas se aceleró, surgiendo diversos modelos, como los puentes grúa,

para optimizar procesos industriales y de construcción. Hoy en día, se han implementado avanzados sistemas de seguridad y mantenimiento, y las grúas funcionan con motores de combustión interna, eléctricos o hidráulicos para mayor eficiencia.(Pigmen, 2020).

La falta de un plan de mantenimiento preventivo definido para los puentes-grúa determina su funcionamiento con una serie de riesgos que aumentan conforme transcurre el tiempo. El plan de mantenimiento preventivo ayudará a reducir riesgos. Las condiciones de instalación y el proceso de utilización de los equipos determinan el deterioro de los equipos.

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo mejora la confiabilidad de los equipos, reduce los costos por paros inesperados y prolonga su vida útil. Este enfoque optimiza los procesos de producción, incrementa la eficiencia y garantiza la seguridad de los operarios. Además, fomenta la concientización entre los trabajadores sobre la importancia de mantener los equipos en buen estado, y la observación constante de su funcionamiento permite implementar medidas efectivas para su cuidado. (Ovidio victor,2018).

Según Molina, la propuesta de un nuevo plan de mantenimiento ha logrado mejorar la disponibilidad de un sistema de 91% a 94%, a pesar de la existencia de tiempos muertos por paradas de máquina. Se identificaron las fallas de distintos equipos, destacando que el equipo con más incidencias es el GRT5, con 54 fallas anuales (38.57%), seguido por el GRT6 con 34 (24.29%) y otros. El subsistema más crítico es el de ganchos de 50 TM, con un índice de criticidad de 490 (54.34%). El plan incluye un diagrama de Gantt para el GRT5, reduciendo el tiempo de mantenimiento de 11.86 a 10.75 horas. Se optimizaron las tareas, estableciendo 15 semanales, 1 cada tres semanas, 8 mensuales y 5 trimestrales, en comparación con el sistema anterior que tenía 14 tareas, principalmente semanales. Además, el análisis económico muestra que el Valor Actual

Neto (VAN) del nuevo plan es superior al del actual, indicando su viabilidad. El objetivo es alcanzar un MTBF de 700 horas por falla, mejorando así los indicadores de disponibilidad del equipo. (Molina, 2015).

El texto destaca la importancia del mantenimiento en la industria ecuatoriana, especialmente en el contexto de las grúas. A medida que la capacidad de producción ha aumentado, también lo ha hecho la necesidad de proteger las inversiones en equipos mediante planes y procedimientos de mantenimiento adecuados. Este mantenimiento debe ser un esfuerzo colaborativo entre todos los involucrados, comenzando con un diagnóstico preciso del estado de la grúa. Las principales actividades de mantenimiento incluyen limpieza, reparaciones menores, lubricación y revisiones eléctricas, lo que requiere capacitación del personal. Se identifican puntos críticos en el mantenimiento del puente grúa, y se enfatiza que un buen plan puede prevenir problemas recurrentes y reducir el tiempo de inactividad. Las fallas comunes en las grúas se relacionan con el carro y el sistema de elevación, y el mantenimiento debe seguir normas internacionales para garantizar la seguridad y eficacia. Mediciones precisas y el uso de ensayos no destructivos son esenciales para detectar problemas estructurales a tiempo. En resumen, un mantenimiento efectivo es crucial para asegurar la operatividad y la vida útil de los equipos industriales. (Galarza, 2012).

La implementación del programa de mantenimiento preventivo por parte de la empresa Eternit Atlántico S.A generará un impacto significativo en la confiabilidad y disponibilidad de la grúa GH. La espera que esta medida reduzca las averías y los tiempos no productividad, lo que beneficiará en una optimización de los costos de mantenimiento y en una amplificación de la vida

útil de los equipos. Al aumentar la eficiencia productiva y cumplir con los plazos de entrega, la competitividad de la empresa en el mercado se verá incrementada.

En el ámbito del mantenimiento industrial, la investigación y aplicación de diversas metodologías han evolucionado significativamente, destacándose entre ellas el mantenimiento preventivo. Este análisis detallado de la literatura relevante proporciona una comprensión integral de los desarrollos en el mantenimiento preventivo de los equipos.

6. Marco teórico

El proceso de mantenimiento preventivo de una grúa de 10 toneladas en Eternit Barranquilla tiene como objetivo buscar un alto porcentaje de disponibilidad y confiabilidad del equipo y sus partes, teniendo como base el plan de mantenimiento preventivo y correctivo enlazado al conocimiento técnico calificado, herramientas y equipos, además de los procesos de gestión, con el fin de que el equipo cumpla con los objetivos de producción y los tiempos de ejecución de los mantenimientos programados incluyendo así las políticas de seguridad, salud, medio ambiente y calidad que abarca el buen funcionamiento del activo.

El Mantenimiento se puede concluir que son todas aquellas pequeñas y grandes acciones que deben ser ejecutadas en una secuencia que finalmente nos permita llegar al propósito principal que es la conservación y la mantenibilidad, de todas las condiciones de funcionamiento de los activos, equipos y sistemas que deben operar dentro de una planta de forma segura, que a su vez se enfoque también en la eficiencia, en la producción total, y en el uso correcto de todas las herramientas y demás elementos que nos permitan mantener todos los equipos de una empresa.

Con el paso del tiempo se ha evidenciado el desarrollo tecnológico de la industria como lo muestra en la figura 2 y a su vez la complejidad de los equipos y sus estructuras, cuyos tiempos de no productividad representa para las empresas llámense pequeñas, medianas o grandes un considerable impacto económico. El mantenimiento es crucial para asegurar que una organización pueda restablecer rápidamente las condiciones de trabajo de los equipos, logrando así minimizando las pérdidas de producción.

Desde la perspectiva de la administración del recurso del mantenimiento, su objetivo principal es conservar los activos y asegurar que las máquinas, equipos y herramientas funcionen correctamente dentro del proceso productivo, garantizando así el cumplimiento de sus funciones.

Un correcto control y uso del recurso del mantenimiento significa para la empresa

- La protección y conservación de las inversiones a mediano y largo plazo.
- La garantía de productividad total de la mano de los indicadores de disponibilidad.
- La seguridad de un servicio y que los equipos operen también de manera más segura.

El mantenimiento apropiado de los equipos o activos es costoso, pero es aún más costoso no mantenerlos, ya que sin mantenimiento no se podría producir. Por lo tanto, el objetivo general del mantenimiento es conservar todos los componentes de un sistema o subsistema productivo en condiciones óptimas de operación, maximizando su disponibilidad y controlando costos.

Este objetivo se puede subdividir en tres aspectos fundamentales:

- Conservación técnica: Asegurar que los equipos funcionen de manera eficiente y segura.
- Rendimiento óptimo: Maximizar la productividad y eficacia de los activos.
- Control de costos: Mantener los costos de mantenimiento dentro de límites razonables y compatibles con los objetivos económicos de la organización. (De la Cruz Hurtado, 2020)

El objetivo del mantenimiento no debe ser solo la conservación, sino alinearse con las demás actividades de la empresa para alcanzar la máxima capacidad de producción. El objetivo es desarrollar un modelo óptimo de mantenimiento para cada componente del sistema a un costo mínimo. Para lograr esto, cualquier plan de mejora en la función de mantenimiento debe incluir:

Análisis de necesidades: Evaluar el estado actual de los equipos y sus requerimientos específicos.

Definición de indicadores de rendimiento: Establecer métricas claras para medir la efectividad del mantenimiento.

Planificación estratégica: Desarrollar un plan que integre el mantenimiento con los objetivos generales de producción.

Capacitación del personal: Asegurar que el equipo de mantenimiento tenga las habilidades y conocimientos necesarios.

Implementación de tecnologías: Utilizar herramientas y software de mantenimiento que optimicen los procesos de mantenimiento.

Revisión y ajuste continuo: Monitorear y ajustar el plan de mantenimiento según los resultados y cambios en la producción.

Es fundamental crear conciencia en todas las áreas de la empresa sobre los beneficios del mantenimiento. Esto no solo contribuye a la prolongación de la vida útil de los equipos y a la mejora de la calidad de los productos, sino que también aumenta significativamente la seguridad de los operarios. La seguridad debe ser uno de los parámetros clave para evaluar la efectividad del sistema de mantenimiento.

Mantenimiento se define como el conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc. puedan seguir funcionando adecuadamente (Real Academia Española, 2015).



Figura. 2 Evolución del Mantenimiento.²

6.1 Tipos De Mantenimiento.

6.1.1 Mantenimiento Preventivo.

El mantenimiento preventivo implica intervenciones planificadas que buscan prevenir averías y reducir la probabilidad de fallos en los activos, incluso cuando estos siguen operativos. Este tipo de mantenimiento puede incluir tareas sencillas como la limpieza de filtros, inspecciones visuales y lubricación periódica, así como planes más complejos de inspección, calibración, detección de fugas y revisiones cíclicas. (Orrego, 2018)

Las tareas de mantenimiento preventivo solo son efectivas si se basan en un patrón de desgaste, donde la probabilidad de falla aumenta rápidamente al superar la vida útil del componente. Es crucial tener cuidado al seleccionar tareas de mantenimiento, asegurándose de no confundir lo que se puede hacer con lo que realmente conviene hacer.

² Nota: Esquema del mantenimiento preventivo, Mendoza, 2009, Página web <https://es.scribd.com/document/380572143/Evolucion-Del-Mantenimiento>

Ventajas del mantenimiento preventivo:

- Bajo costo en comparación con el mantenimiento predictivo.
- Reducción significativa del riesgo de fallas o fugas.
- Menor probabilidad de paros no programadas.
- Mejor control y planificación del mantenimiento aplicado a los equipos.

Desventajas del mantenimiento preventivo:

- Requiere práctica del personal de mantenimiento y seguir las recomendaciones del fabricante para elaborar el programa de mantenimiento.
- No permite determinar con precisión el desgaste o depreciación de las piezas de los equipos.

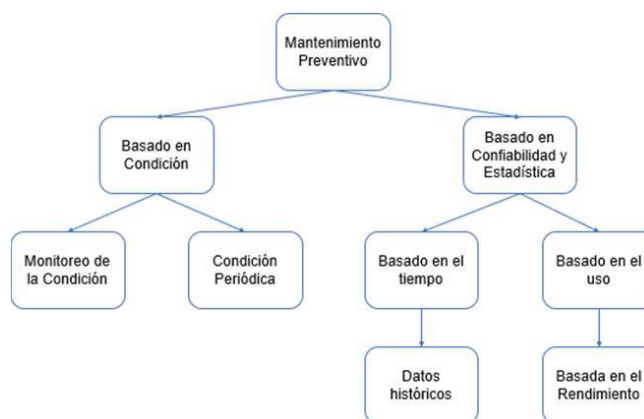


Figura. 3 Esquema del Mantenimiento Preventivo.³

³ Nota: Esquema del mantenimiento preventivo, Mendoza, 2009, Página web <https://es.scribd.com/document/380572143/Evolucion-Del-Mantenimiento>

6.1.2 Mantenimiento Correctivo.

El mantenimiento correctivo se refiere a la reparación de averías o fallas cuando estas se presentan, siendo la respuesta habitual tras una avería que detiene la instalación o máquina afectada.

Existen dos tipos de mantenimiento correctivo:

Correctivo no programado: Implica la reparación inmediata de la falla tan pronto como ocurre. Este enfoque es crítico cuando la avería afecta un equipo esencial, requiriendo una respuesta rápida.

Correctivo programado: Se realiza cuando se cuenta con el personal, herramientas, información y materiales necesarios, y se lleva a cabo en un momento que se adapta a las necesidades de producción. Esto permite planificar la reparación, minimizando el impacto en la producción. (Orrego, 2018)

La distinción entre ambos tipos de mantenimiento influye en la producción; el correctivo no programado puede causar paradas sorpresivas y afectar los compromisos con los clientes, mientras que el correctivo programado es menos disruptivo y permite una mejor gestión del tiempo y los recursos.

Ventajas del mantenimiento correctivo:

- Máximo aprovechamiento de la vida útil de los sistemas y subsistemas.
- No requiere gran infraestructura técnica ni alta capacidad de análisis; solo se necesita seguir los lineamientos establecidos.

Desventajas del mantenimiento correctivo:

- Los daños pueden ocurrir de forma imprevista, afectando la continuidad de la producción.
- Riesgo de fallos o daños en componentes que son difíciles de adquirir.
- Baja calidad del mantenimiento debido al poco tiempo disponible para realizar las reparaciones.

6.1.3 Mantenimiento Predictivo.

El mantenimiento predictivo es una técnica que utiliza herramientas y análisis de datos para detectar anomalías y posibles defectos en equipos y procesos antes de que ocurran fallos. Es una parte clave del Internet Industrial de las Cosas (IIoT). Estos son algunos elementos usados en el mantenimiento predictivo

- Sensores y dispositivos conectados: Instalados en las máquinas, envían datos en tiempo real sobre el estado y rendimiento, gracias a sistemas de comunicación como SCADA.
- Software y almacenamiento en la nube: Facilitan la minería de datos, recopilando y analizando grandes volúmenes de información mediante aplicaciones de Big data.
- Modelos predictivos: Se alimentan de los datos procesados y utilizan tecnologías de aprendizaje autónomo para identificar patrones, hacer predicciones de fallos y programar el cambio o reparación antes de que ocurran problemas.

Características del mantenimiento predictivo:

Permite una frecuencia de mantenimiento mínima, ajustándose a las necesidades reales de los equipos. Evita intervenciones innecesarias, ya que se basa en datos reales en lugar de programaciones fijas. Su objetivo es optimizar el uso de recursos de mantenimiento, maximizando la eficiencia.

Ventajas del mantenimiento predictivo:

- Apagado programado del equipo solo antes de un fallo inminente, lo que mejora la continuidad operativa.
- Reducción de costos operativos y minimización del tiempo de inactividad.
- Mejora del rendimiento general de la maquinaria al garantizar su funcionamiento óptimo.

Desventajas del mantenimiento predictivo:

- Inversión elevada en equipos de monitorización y tecnologías necesarias.
- Requiere un alto nivel de conocimiento y experiencia para interpretar correctamente los datos y tomar decisiones informadas.

6.1.4 Mantenimiento Proactivo.

El mantenimiento proactivo se puede definir como un enfoque de mantenimiento que se centra en detectar y abordar las causas raíz de los problemas de los equipos antes de que resulten en fallas. Esto puede implicar la identificación de áreas de mejora en los procesos de fabricación y operación, el rediseño de las piezas de los equipos para hacerlas más resistentes o fiables, y la

implementación de procedimientos operativos que minimicen el desgaste de los equipos. (Real Academia Española, 2015).

El objetivo del mantenimiento proactivo es transformar la mentalidad de la organización, pasando de una actitud de "reaccionar a los problemas" a una de "prevenir problemas antes de que ocurran." Aunque puede requerir una inversión significativa de tiempo y recursos, esta estrategia tiene el potencial de generar importantes ahorros a largo plazo al disminuir tanto la frecuencia como la gravedad de los fallos del equipo. (fractal, 2018)

Ventajas del mantenimiento proactivo:

- Aborda las causas raíz de los problemas: Se enfoca en eliminar las causas fundamentales de las fallas.
- Prevención de fallas: Al tratar las causas raíz, se evitan fallos antes de que ocurran.
- Fomenta una cultura de mejora continua: Estimula a la organización a buscar constantemente formas de mejorar procesos y equipos.
- Reducción de fallos a largo plazo: Disminuye los fallos recurrentes al prevenir sus causas.
- Mejora la eficiencia y la calidad: La eliminación de problemas incrementa el rendimiento general del equipo.

Desventajas del mantenimiento proactivo:

- Inversión de tiempo y recursos: Requiere una inversión significativa en tiempo, recursos y personal.

- Cambio cultural: La implementación puede necesitar un cambio de mentalidad dentro de la organización.
- Complejidad de implementación: Puede ser un proceso complicado que involucra a varios departamentos.
- Resultados a largo plazo: Los beneficios pueden tardar en materializarse.
- Requiere compromiso continuo: La mejora continua exige un compromiso constante de la organización.

6.1.5 Mantenimiento Reactivo.

El mantenimiento reactivo es un enfoque de mantenimiento que responde a los problemas a medida que ocurren. A diferencia del mantenimiento preventivo o predictivo, que intentan evitar los fallos antes de que ocurran, el mantenimiento reactivo se ocupa de los fallos después de que han ocurrido. Esencialmente, este es un enfoque de "esperar a que se rompa" para el mantenimiento.

Aunque puede sonar negativo, el mantenimiento reactivo puede ser una estrategia válida para ciertos tipos de equipos, especialmente aquellos que son menos críticos para las operaciones generales o aquellos cuyo fallo no resultaría en costos significativos. Sin embargo, para los equipos críticos, un enfoque puramente reactivo puede resultar en períodos de inactividad imprevistos y costos de reparación más altos. (Herde Armando, 2021)

Ventajas del mantenimiento reactivo:

- No requiere planificación o programación: No es necesario hacer preparativos o seguimiento.

- Simple y directo: Se aborda el problema de inmediato cuando ocurre.
- Adecuado para equipos no críticos: Útil para equipos de menor importancia o con bajo impacto en la producción.
- Sin tecnología de monitoreo: No se necesita invertir en tecnologías de monitoreo o capacitación especializada.
- Bajo costo inicial: No implica costos adicionales más allá de la reparación en sí.

Desventajas del mantenimiento reactivo:

- Mayor inactividad y fallas: Puede resultar en tiempos de inactividad más prolongados y más fallas.
- Inadecuado para equipos críticos: No es apropiado para equipos esenciales para las operaciones.
- Más caro a largo plazo: Puede llevar a costos de reparación más altos y a la pérdida de eficiencia con el tiempo.
- No previene el desgaste o degradación: No evita el desgaste normal de los equipos.
- Afecta negativamente la calidad y eficiencia: Puede impactar negativamente en la calidad del producto y en la eficiencia de la producción.

6.1.6 Mantenimiento Programado.

El mantenimiento programado, o mantenimiento cíclico, se lleva a cabo en intervalos regulares para asegurar el funcionamiento eficiente de los equipos y prevenir fallas. Estos

intervalos pueden establecerse en función del tiempo (mensual, anual) o del uso (después de un número específico de horas de operación)

El mantenimiento programado puede incluir tareas como la limpieza, la lubricación, la inspección y el reemplazo de piezas desgastadas. Aunque este tipo de mantenimiento puede resultar en alguna inactividad para el equipo, permite que las organizaciones planifiquen estas interrupciones en su horario de producción y reduzcan la posibilidad de averías imprevistas. (Herde Armando, 2021).

Ventajas del mantenimiento programado:

- Mejora la confiabilidad y eficiencia: Las revisiones regulares garantizan que los equipos funcionen de manera óptima.
- Permite la planificación del tiempo de inactividad: Se pueden programar actividades de mantenimiento durante períodos de menor actividad.
- Reduce la probabilidad de fallos inesperados: Disminuye la posibilidad de averías imprevistas.
- Personalización para necesidades específicas: El mantenimiento puede adaptarse a las necesidades particulares de cada equipo.
- Facilita la programación del personal: Mejora la coordinación entre el personal de mantenimiento y las operaciones.

Desventajas del mantenimiento programado:

- Mantenimiento innecesario: Puede resultar en intervenciones que no son necesarias si el plan no se ajusta adecuadamente.
- Requiere planificación cuidadosa: Necesita una planificación y programación precisas para ser efectivo.
- No detecta problemas emergentes: Puede pasar por alto problemas que no estaban previstos y que podrían surgir.
- Menos flexible que otros métodos: Puede ser menos adaptable a cambios imprevistos en el entorno operativo.
- Necesita seguimiento y ajustes regulares: Requiere un monitoreo continuo y ajustes al plan de mantenimiento.

6.2 Análisis De Modos De Fallos, Efectos Y Su Criticidad (FMECA).

El FMECA (Análisis de Modos de Falla, Efectos y Criticidad) es una técnica utilizada para identificar y analizar los modos de fallos potenciales en un sistema, así como los efectos que estos fallos pueden tener y las estrategias para evitar o mitigar sus consecuencias.

Componentes del FMECA:

Modos de fallo: Identifica los puntos donde un activo o sistema puede fallar. Cada equipo puede tener múltiples modos de fallo.

Efectos: Examina cómo cada fallo potencial impactará las operaciones. No todos los fallos tienen el mismo efecto; algunos pueden ser críticos y paralizar la producción, mientras que otros tienen un impacto menor.

Análisis de criticidad: Determina la gravedad de los modos de fallo en función de su efecto sobre la productividad, la seguridad y el medio ambiente. Esto permite priorizar los modos de fallo que representan un mayor riesgo.

El FMECA, al enfocarse en los modos de fallo más significativos, permite a las organizaciones concentrar sus esfuerzos en los activos y componentes que más lo necesitan, optimizando así el mantenimiento. Aunque originalmente se conocía como FMEA (Análisis de Modos de Fallo y Efectos), la inclusión de la "C" para "criticidad" resalta la importancia de priorizar los modos de fallo según su impacto. (Herde Armando, 2021)

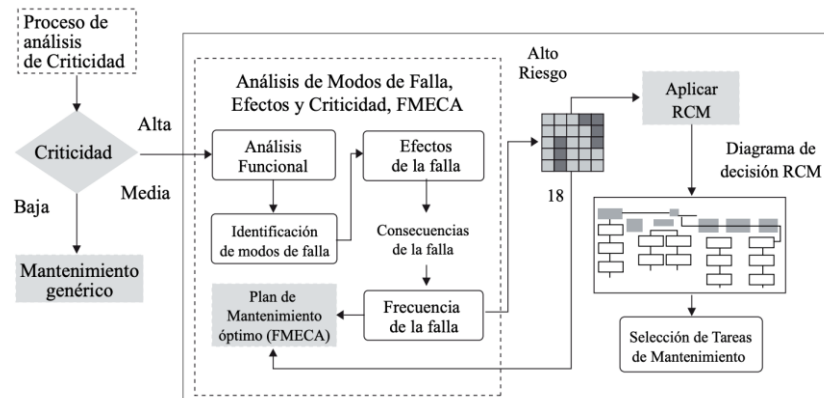


Figura. 4 Metodología FMECA⁴

⁴ Nota: Metodología fmecca, Mendoza, 2009, Página web [https://es.scribd.com/document/380572143/Evolucion-Del-](https://es.scribd.com/document/380572143/Evolucion-Del-Mantenimiento)

Utilización de la metodología FMECA

El FMECA es una herramienta valiosa en la gestión de riesgos y mejora de la fiabilidad de sistemas y productos. Aquí se presenta sus principales aplicaciones y pasos a seguir:

Aplicaciones del FMECA:

- Selección de alternativas de diseño: Ofrece criterios objetivos para evaluar opciones durante las fases iniciales del desarrollo de un producto o sistema.
- Consideración de modos de fallo: Proporciona un método para analizar todos los modos de fallo posibles y sus efectos.
- Listar fallos y su gravedad: Ayuda a identificar posibles fallos y evaluar la gravedad de sus consecuencias.
- Plan de pruebas robusto: Permite desarrollar criterios para un plan de pruebas eficaz que detecte problemáticas.
- Acumulación de conocimiento: Facilita la recopilación de información para futuros desarrollos y cambios de diseño.
- Planificación del mantenimiento: Proporciona una base sólida para la planificación del mantenimiento.
- Análisis de fiabilidad (RAMS): Sirve como fundamento para el análisis de fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad.

Pasos para implementar FMECA:

- Definir el alcance: Identifica el sistema o proceso a analizar, ya sea un activo específico o todo un proceso de fabricación.
- Identificar componentes: Descompón el sistema en partes o subsistemas.
- Identificar posibles fallos: Realiza una lluvia de ideas sobre todos los modos de fallo, desde los más pequeños a los más significativos.
- Identificar efectos de cada fallo: Determina los posibles efectos de cada fallo, como lesiones, daños a la maquinaria, paradas imprevistas, problemas de calidad, etc.
- Asignar puntuación de gravedad: Evalúa cada fallo en una escala del 1 al 10, donde 1 representa un problema menor y 10 un problema grave.
- Asignar índice de ocurrencia: Evalúa la probabilidad de ocurrencia de cada fallo en una escala del 1 al 10, donde 1 es poco probable y 10 es muy probable.
- Asignar grado de detección: Estima la probabilidad de detección de cada fallo, donde 1 indica alta probabilidad de detección y 10 baja.
- Calcular el Número de Prioridad de Riesgo (RPN): Multiplica los índices de gravedad, ocurrencia y detección ($RPN = \text{gravedad} \times \text{ocurrencia} \times \text{detección}$). Los valores más altos indican fallos de mayor impacto.
- Priorizar y ejecutar acciones: Desarrolla y prioriza acciones para mitigar o eliminar riesgos asociados a fallos con RPN altos. Esto puede incluir mejoras en el mantenimiento preventivo o la implementación de dispositivos de seguridad.

- Supervisar y revisar: Monitorea el sistema en busca de nuevos modos de fallo y evalúa la efectividad de las medidas implementadas.

7. Marco conceptual.

El planteamiento del estudio se basa en varias percepciones fundamentales teóricas prácticas necesarias para comprender y abordar de manera efectiva las preguntas de una investigación. De esta forma este marco conceptual se fundamenta en las distintas temáticas relacionadas con el estudio de un plan de mantenimiento preventivo para un puente grúa de marca GH de 10 toneladas de capacidad para la empresa Eternit Atlántico S.A.

En primer lugar, la estructura conceptual incluye los principios básicos del mantenimiento preventivo, definido como un camino estructurado para determinar las tareas básicas y específicas del mantenimiento preventivo. El mantenimiento preventivo se fundamenta en varios principios clave que buscan asegurar el funcionamiento continuo y eficiente de maquinaria y equipos. Se detallan de la siguiente manera, como primera instancia la anticipación de fallas que se basa en la idea de que, al realizar intervenciones programadas, se pueden identificar y corregir problemas antes de que se conviertan en fallas críticas.

La programación regular que implica la realización de tareas de mantenimiento en intervalos específicos, como cambios de lubricante, ajustes y reemplazos de piezas desgastadas, para prevenir el desgaste excesivo.

Las recomendaciones del fabricante que se fundamenta en las directrices y recomendaciones propias de los fabricantes, que especifican intervalos y procedimientos para el mantenimiento.

La documentación y registro que es mantener detalladamente todas las actividades de mantenimiento realizado es crucial para evaluar el rendimiento del equipo y planificar futuras intervenciones.

La confiabilidad del equipo que busca mantener los sistemas y subsistemas en condiciones óptimas, aumentando su fiabilidad y reduciendo el riesgo de fallos inesperados.

La mejora continua que busca la implementación de mantenimiento preventivo y se enmarca en un enfoque de mejora continua, donde se analizan los resultados y se ajustan los planes de mantenimiento según sea necesario. Y por último los costos a largo plazo que, aunque implica inversiones regulares, el mantenimiento preventivo reduce costos operativos a largo plazo al evitar reparaciones mayores y pérdidas de producción por paradas no planificadas.

En resumen, el mantenimiento preventivo se fundamenta en la anticipación, programación, recomendaciones técnicas y un enfoque sistemático que busca maximizar la disponibilidad y eficacia de los equipos industriales.

Asimismo los objetivos del mantenimiento preventivo son los resultados que la empresa Eternit atlántico busca para mejorar la confiabilidad y disponibilidad de la grúa GH, esto implica entender las tareas que se deben realizar , utilizando los recursos tecnológicos, la mano de obra especializadas de acuerdo a las capacitaciones correspondientes que permitan así entender los mecanismos que la componentes llevando todo esto hacer documentado en SAP y estandarizado para facilidad de conocimiento y así evaluar una vez aparezca una falla no planteada una solución posible de manera más rápida y eficiente permitiendo así evaluar el equipo de manera segura y llevándolo a la vida útil disponible.

El marco conceptual proporciona un panorama específico y estructurado que permite abordar y estandarizar todos aquellos conceptos estudiados anteriormente llegando a la conclusión de la aplicación de un buen mantenimiento preventivo en la grúa GH de 10 TON de la empresa Eternit Atlántico.

8. Puente grúa.

Los puentes grúa son máquinas diseñadas para elevar y transportar cargas en procesos de almacenamiento y fabricación. Consisten en una estructura doble con testers o motorreductores que se mueven sobre ruedas. Un carro automotor, que se desplaza a lo largo de esta estructura, está equipado con un polipasto para levantar las cargas. Gracias a la combinación de movimientos de la estructura y el carro, el puente grúa puede operar en cualquier punto entre los raíles de los testers. Estos raíles están casi al mismo nivel que el carro, lo que requiere una estructura de soporte, que puede ser parte de la nave en aplicaciones interiores o específica para exteriores.

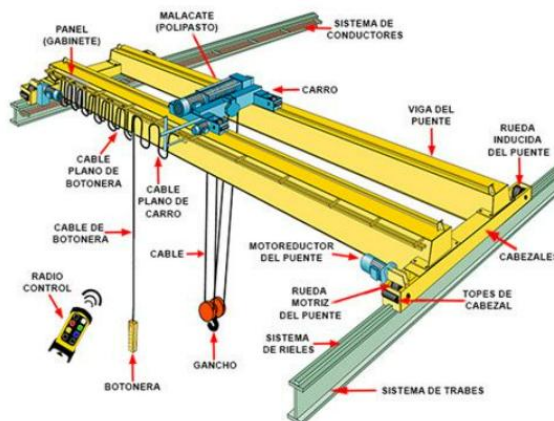


Figura. 5 Puente Grúa.⁵

8.1 El Polipasto.

⁵ Nota: Puente grúa, Alba, 2010, Página web <https://www.alba-consult.com/la-importancia-del- puente-grua-en-la-gestion-de-almacenes-y-logistica/>

El sistema de elevación de ganchos utiliza motores eléctricos que operan a través de una reductora, la cual acciona un tambor con ranuras para enrollar el cable. Además, el dispositivo de final de carrera asegura que los desplazamientos sean precisos y controlados.

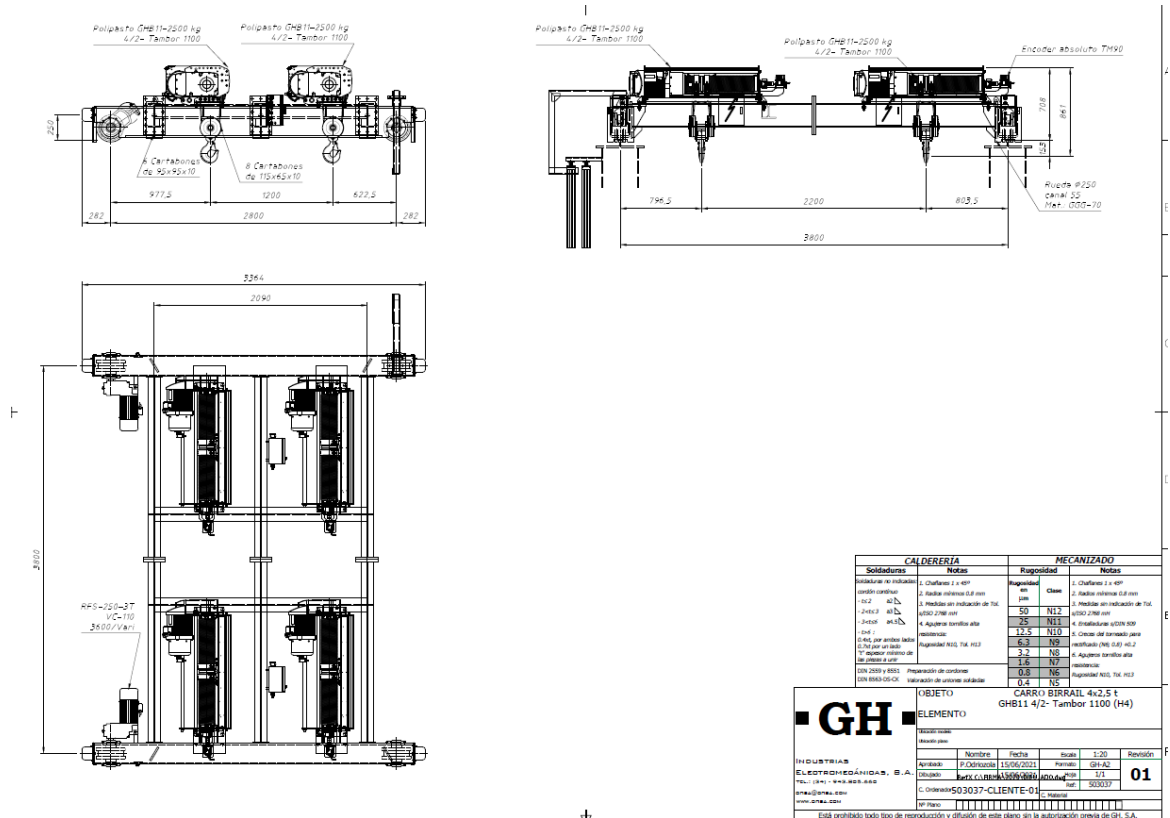


Figura. 6 Carro Transportador⁶

⁶ Nota: Carro transportador, elaboración propia, 17 de julio del 2024, planos realizados en SolidWorks en la empresa Eternit.

8.2 Reductora

Es una caja metálica engrasada con aceite que alberga engranajes de reducción montados sobre rodamientos y piñones. En la salida del reducto se encuentra un tambor para recoger la guaya, con una guía plástica que organiza su disposición. Este dispositivo es robusto, compacto y de fácil acceso. Los engranajes tienen un diseño dentado helicoidal, fabricados en acero de cementación, lo que garantiza un funcionamiento silencioso y duradero. El eje motor se acopla directamente a la reductora, eliminando piezas intermedias que podrían fallar. Además, los engranajes están lubricados en un cárter cerrado, mecanizado con alta precisión.

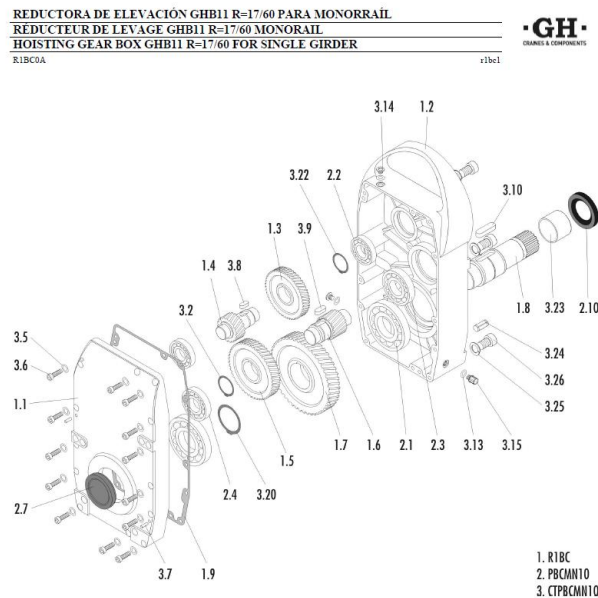


Figura. 7 Caja Reductora.⁷

⁷ Nota: Caja reductora, Manual de mantenimiento GH,10 de agosto del 2024, planos suministrados a la empresa Eternit.

8.3 Electrofrenos.

El sistema de motor con freno garantiza paradas rápidas y precisas al desconectar el motor de la red. Esto interrumpe la corriente en la bobina del freno, lo que permite que los resortes empujen la armadura hacia el motor, comprimiendo el disco de freno y deteniendo el motor. Al reiniciar, se enciende el motor y se energiza la bobina del freno simultáneamente. Esto atrae la armadura contra la carcasa de la bobina, superando la presión de los resortes y liberando el disco de freno, lo que permite que el motor arranque sin obstáculos.

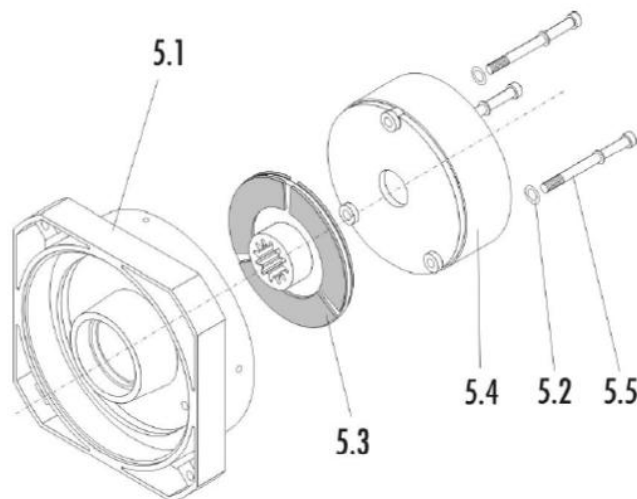


Figura. 8 Electrofrenos.⁸

⁸ Nota: Electrofrenos, Manual de mantenimiento GH,10 de agosto del 2024, planos suministrados a la empresa Eternit.

La alimentación de la bobina del freno se realiza mediante corriente continua (DC), que puede provenir de una fuente directa o de un puente rectificador que convierte corriente alternada (AC) en continua, además de filtrar picos de tensión. Esto garantiza un corte rápido de la corriente y mejora la rapidez y confiabilidad del freno. La corriente alterna para el puente rectificador puede obtenerse de una fuente independiente o de los terminales del motor, aunque esta última opción no es viable si el motor está alimentado por un variador. La bobina del freno opera correctamente dentro de un rango de +/- 10% de la tensión nominal del motor. En el caso de usar una alimentación DC externa, esta debe conectarse directamente a los terminales del freno.

Tipos de frenados:

Frenado normal: La alimentación del puente rectificador de la bobina del freno puede ser realizada directamente a partir de los terminales del motor, sin interrupción. La conmutación se realiza con los mismos contactos del contactor que alimenta el motor. Con este esquema de frenado, el eje del motor puede girar una o dos vueltas más antes de detenerse. Esta es la conexión con la que se entrega el producto original de fábrica y provee el frenado necesario para la mayoría de las aplicaciones fuera el caso de cargas suspendidas.

Frenado rápido: La alimentación del puente rectificador de la bobina del freno debe ser realizada conforme lo muestra el siguiente esquema de conexión. En este caso un contacto auxiliar del interruptor o del contactor que comanda el motor es usado para interrumpir el circuito de corriente alterna que alimenta el rectificador. Es esencial que este contacto posea contacto auxiliar

normal abierto (NA), actuando juntamente con el mando del motor para asegurar el accionamiento simultáneo del freno.

8.4 Tambor y guía de cable.

El tambor está diseñado conforme a la Norma FEM 966 y fabricado en tubo de acero laminado con ranurado según DIN-15061, adaptándose a la disposición de salidas del cable (1 o 2 salidas). Utiliza rodamientos de alta calidad, sin necesidad de mantenimiento gracias a su lubricación permanente. El sistema de ataque del reductor es centralizado y directo, con un eje estriado. La guía del tambor está hecha de Fundición Nodular (GGG-70), lo que proporciona auto lubricación y resistencia al desgaste. Esta guía, compuesta por dos piezas, facilita un montaje sencillo sin herramientas especiales, asegurando fiabilidad y durabilidad en su funcionamiento.

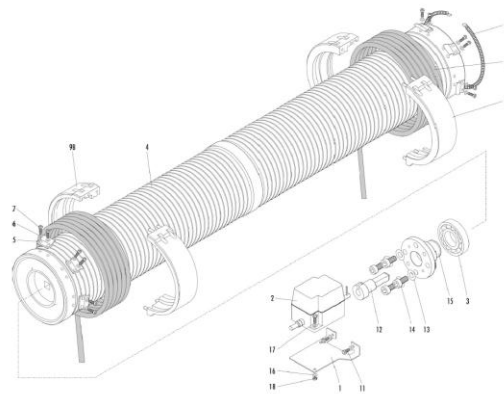


Figura. 9 Tambor.⁹

⁹ Nota: Tambor, Manual de mantenimiento GH,10 de agosto del 2024, planos suministrados a la empresa Eternit.

8.5 Ganchos.

Un gancho de grúa es una pieza fundamental del equipo de elevación para fijar cargas a una grúa o polipasto. Está diseñado para sujetar y elevar cargas pesadas con seguridad, al tiempo que permite conectarlas y desconectarlas con facilidad. Los ganchos de grúa suelen ser de acero de alta resistencia o aleación y están diseñados para soportar la tensión y el esfuerzo de las operaciones de elevación. Los hay de varias formas y tamaños, según la aplicación y el peso de la carga. Son de acero forjado, y utilizados para la suspensión de cargas. Van apoyados sobre un rodamiento, el cual se apoya sobre una barra de acero, en la que giran las poleas.

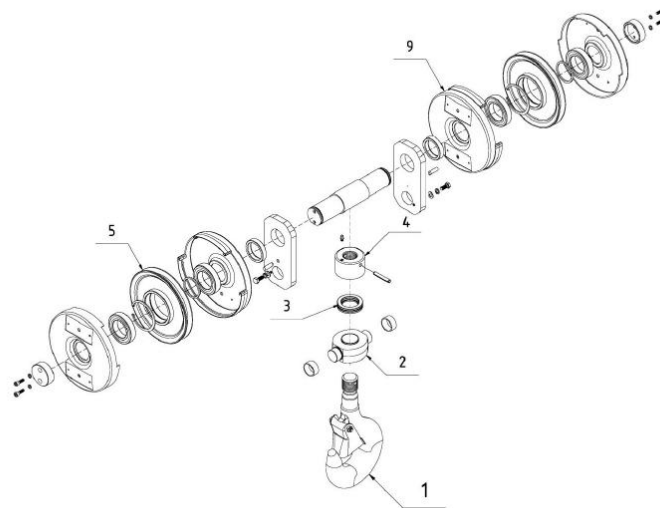


Figura. 10 Ganchos.¹⁰

¹⁰ Nota: Ganchos, Manual de mantenimiento GH,10 de agosto del 2024, planos suministrados a la empresa Eternit.

Tipos de ganchos:

- Los ganchos de argolla presentan un bucle u «ojo» en la parte superior para facilitar la conexión a eslingas y otros accesorios de elevación. Son ideales para aplicaciones de elevación generales y pueden utilizarse con diversos equipos de aparejo.
- Los ganchos de horquilla tienen un punto de enganche en forma de U con un pasador extraíble, lo que permite conexiones rápidas y seguras. Se utilizan habitualmente en eslingas de cadena y de cable, ofreciendo versatilidad y facilidad de uso.
- Los ganchos giratorios incorporan un mecanismo de rotación que permite que el gancho gire libremente, reduciendo la torsión y la tensión sobre la carga y el aparejo. Esta característica los hace ideales para aplicaciones en las que las cargas deben girar o maniobrar durante la elevación.
- Los ganchos clasificadores están diseñados con una punta larga y estrecha para deslizarse con facilidad y clasificar cargas como troncos, tuberías o materiales agrupados. Se utilizan habitualmente en los sectores forestal, de la construcción y de la manipulación de materiales.
- Los ganchos para fundición tienen una garganta ancha y una punta dentada o aplanada, lo que les permite manipular cargas grandes y voluminosas sin resbalar. Se utilizan con frecuencia en fundiciones, acerías y otras industrias pesadas.

- Los ganchos en J tienen un diseño en forma de J, lo que los hace muy adecuados para elevar y sujetar cargas con superficies curvas o redondeadas, como tuberías, tubos o neumáticos. Suelen utilizarse en aplicaciones de transporte y automoción.
- Los ganchos de agarre tienen una garganta estrecha y un enganche de horquilla, diseñados para agarrar y sujetar firmemente una cadena. Suelen utilizarse en eslingas de cadena y para sujetar cargas en aplicaciones de transporte.
- Ganchos para bidones / barriles: están especialmente diseñados para elevar y manipular bidones, barriles y objetos cilíndricos similares. Agarran firmemente el borde o el carillón del recipiente, lo que permite una manipulación segura y eficaz del material.

8.6 Telemandos (Botoneras).

Se trata de un sistema de frecuencias de radio diseñado para operar a distancia puentes grúa mediante maniobras eléctricas. Funciona con transmisión digital síncrona y codificación bifase. Cuando el operador selecciona maniobras en el transmisor, se genera un mensaje compuesto por bits de datos y bits de protocolo, que se emite a través de una antena tras una modulación de frecuencia. El receptor recibe esta señal de alta frecuencia, verifica los datos y reconstruye el mensaje, extrayendo las órdenes para activar los relés correspondientes.

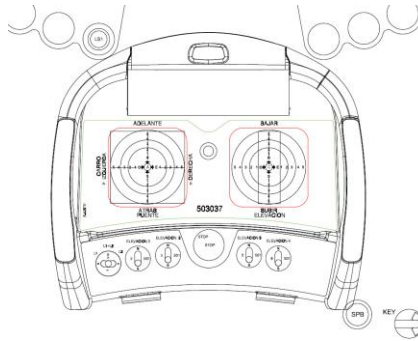


Figura. 11 Telemando/Control Inalámbrico.¹¹

8.7 Tablero eléctrico

Un tablero eléctrico industrial es un gabinete que alberga componentes esenciales para el funcionamiento seguro y eficiente de una instalación eléctrica. Incluye dispositivos de conexión, control, maniobra, protección, medición, señalización y distribución. Actúa como el centro de control, distribuyendo energía a diferentes circuitos y equipos, y permite la monitorización y protección de la instalación mediante interruptores, fusibles, relés y medidores.

El tablero eléctrico permite tener dividida la energía eléctrica proveniente de una fuente principal en diferentes circuitos y equipos de una instalación. Esto garantiza que cada componente o dispositivo reciba la cantidad adecuada de electricidad para su funcionamiento. Además, proporciona los mecanismos necesarios para encender, apagar o regular la energía eléctrica suministrada a los diferentes circuitos. De esta manera, se puede controlar de forma precisa la alimentación eléctrica de equipos y sistemas según sus necesidades específicas.

¹¹ Nota: Telemando, Manual de mantenimiento GH, 10 de agosto del 2024, planos suministrados a la empresa Eternit.

Protección contra sobrecargas y cortocircuitos los gabinetes de distribución eléctrica están equipados con dispositivos de protección, como interruptores, fusibles y relés, que actúan como mecanismo de seguridad ante situaciones de sobrecarga o cortocircuito. Estos dispositivos detectan anomalías en el flujo de corriente y desconectan automáticamente el circuito afectado para prevenir daños significativos.

Para llevar un control preciso de la energía utilizada e implementar acciones correctivas en caso de cualquier inconveniente, el gabinete de control eléctrico incluye medidores y dispositivos de monitoreo que permiten registrar:

- Consumo de energía
- Supervisar los niveles de voltaje
- Detectar irregularidades
- Señalización y visualización

Algunos tableros eléctricos cuentan con elementos de señalización, como luces indicadoras y paneles de visualización, que proporcionan información visual sobre el estado de los circuitos, la presencia de problemas o alarmas, y facilitan la identificación de fallas para una intervención oportuna. En resumen, la función de un tablero eléctrico es gestionar y controlar la energía eléctrica en una instalación industrial. Principalmente, se encarga de distribuir la electricidad a fin de proteger los circuitos de sobrecargas y proporciona la información necesaria para el monitoreo y mantenimiento de la instalación eléctrica.



Figura. 12 Tablero Eléctrico.¹²

8.8 Cable plano.

Es una solución económica y confiable para la alimentación en Puente grúas y de polipastos pequeños y medianos. Es comúnmente utilizado en la viga puente de los Puente grúas, en los monorrieles, brazos giratorios y pórticos. También conocida como cables multiplanares, es un cable delgado compuesto de múltiples pequeños ubicados paralelos entre sí. Con cada núcleo situado lateralmente, forman un amplio cable plano que se asemeja a una cinta.

¹² Nota: Tablero eléctrico del puente grúa, Fotografía propia, 10 de agosto del 2024, planos suministrados a la empresa Eternit.



Figura. 13 Cable Plano.¹³

8.9 Encoder.

Un Encoder es un dispositivo que convierte el movimiento en una señal eléctrica, utilizada en sistemas de control de movimiento para determinar posición, conteo, velocidad y dirección. Emplea diversas tecnologías, siendo la óptica la más común. En un Encoder óptico, un LED emite un haz de luz que pasa a través de un disco codificado con líneas opacas. Al girar el eje del Encoder,

¹³ Nota: Cableado del puente grúa, Fotografía propia, 10 de agosto del 2024, fotografía tomada desde la grúa de la empresa Eternit.

la luz es interrumpida, generando señales de pulso (luz = encendido, sin luz = apagado) que son enviadas a un controlador para ejecutar funciones específicas.



Figura. 14 Encoders.¹⁴

8.10 Celda de carga.

Una célula de carga es un sensor que convierte la fuerza aplicada en una señal eléctrica, permitiendo medir el peso de objetos sólidos. Está compuesta por una estructura que soporta cargas y sensores de deformación internos que detectan el peso. Se clasifican según el tipo de señal que transmiten (neumática, hidráulica o eléctrica) y el método de medición (flexión, tensión o compresión). Son fundamentales en dispositivos de medición de peso, como básculas, y son esenciales para garantizar precisión en entornos industriales. Elegir una célula de carga de calidad es crucial para obtener resultados exactos.

¹⁴ Nota: Encoders, Manual de mantenimiento GH, 14 de agosto del 2024, planos suministrados a la empresa Eternit.



Figura. 15 Celda de Carga.¹⁵

8.11 Cables para izaje.

Los cables de acero se consideran componentes críticos de un equipo de elevación y deben ser capaces de satisfacer las variadas demandas que se les imponen, ya sean relacionadas con la fuerza de rotura, la resistencia a la flexión, la abrasión o la resistencia a la rotación. Con el fin de satisfacer estas demandas, la construcción de cables especiales significa que son capaces de trabajar bajo las condiciones de carga más exigentes y por supuesto, la vida útil por encima de la media trae beneficios económicos también.

Los cables de acero especiales están diseñados y fabricados para proporcionar un mayor nivel de seguridad y fiabilidad en el servicio, especialmente cuando están operando en situaciones donde se requiere alta carga y / o condiciones críticas de operación. El interior de los hilos y el cable son puntos críticos en la estructura de la guaya. Esta es la razón por la que se llenan de

¹⁵ Nota: Celda de carga del puente grúa, Fotografía propia, 14 de agosto del 2024, fotografía tomada desde la grúa de la empresa Eternit.

lubricante especial durante la operación de trenzado individual en sí. Esto sirve para inhibir el inicio de la corrosión interna, algo especialmente importante para un servicio prolongado.

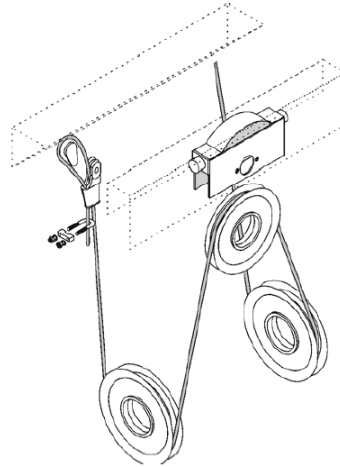


Figura. 16 Cable para Izaje¹⁶

8.12 Ciclos de maniobra

Un ciclo de maniobra comienza en el momento en que la carga está dispuesta para ser izada y acaba cuando el aparato está dispuesto para izar la carga siguiente. El número total de ciclos de maniobra es la suma de todos los ciclos de maniobra efectuados durante la vida útil del aparato de elevación, este número está ligado al factor de utilización. (Jennifer, plan de mantenimiento de un puente grúa con Capacidad de diez toneladas, 2015).

¹⁶ Nota: cable de izaje, Manual de mantenimiento GH,14 de agosto del 2024, planos suministrados a la empresa Eternit.

Clase de utilización	Número máximo de ciclos de maniobra	Observaciones
U ₀	1,6 × 10 ⁴	Utilización ocasional
U ₁	3,2 × 10 ⁴	
U ₂	6,3 × 10 ⁴	
U ₃	1,25 × 10 ⁵	
U ₄	2,5 × 10 ⁵	Utilización regular en servicio ligero
U ₅	5 × 10 ⁵	Utilización regular en servicio intermitente
U ₆	1 × 10 ⁶	Utilización regular en servicio intensivo
U ₇	2 × 10 ⁶	Utilización intensiva
U ₈	4 × 10 ⁶	
U ₉	Más de 4 × 10 ⁶	

Tabla 1 Definición de número de ciclos aparato.

La tabla numero 1 muestra de forma muy clara los ciclos de maniobra vs las observaciones que se deben tener con el uso continuo del equipo.

8.13 Estado de carga de una grúa.

El estado de carga representa el número de veces que es elevada una carga, de un orden de magnitud determinado correspondiente a la capacidad del aparato.

Dependiendo de la información disponible sobre el número y masa de las cargas a levantar durante la vida del aparato.

$$K_p = \frac{C_i}{C_T} \frac{P_i}{P_{max}}^3$$

K_p: coeficiente nominal del espectro de carga

C_i: representa el número medio de ciclos de maniobra para cada nivel de carga

CT: es el total de ciclos de carga individuales para todos los niveles

Pi: representa las magnitudes individuales de las cargas características del servicio

Pmax: es la carga mayor que el aparato está autorizado en levantar

Estado de carga	Coefficiente nominal del espectro de las cargas K_p	Observaciones
Q1 – Ligero	0,125	Aparato que levanta raramente la carga máxima de servicio y corrientemente cargas muy pequeñas
Q2 – Moderado	0,25	Aparato que levanta con bastante frecuencia la carga máxima de servicio y corrientemente cargas pequeñas
Q3 – Pesado	0,50	Aparato que levanta con bastante frecuencia la carga máxima de servicio y corrientemente cargas medianas
Q4 – Muy pesado	1,00	Aparato que corrientemente maneja cargas próximas a la carga máxima de servicio

Tabla 2 Definición de estado de Carga Aparato

Construcciones metálicas, caminos de rodaduras de puentes grúas. Bases de cálculo.

La clasificación del aparato entonces depende del coeficiente nominal de espectro de las cargas KP y del número máximo de ciclos.

Estado de carga	Coefficiente nominal del espectro de las cargas K_p	Clases de utilización y número máximo de ciclos de maniobra del aparato									
		U ₀	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₆	U ₇	U ₈	U ₉
Q1 – Ligero	0,125	A1	A1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Q2 – Moderado	0,25	A1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8
Q3 – Pesado	0,5	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8	A8
Q4 – Muy pesado	1,0	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8	A8	A8

Tabla 3 Clasificación del Aparato Completo.

8.14 Clase de utilización.

Se determina por la duración del servicio previsto en horas; un mecanismo se considera en servicio, cuando está en movimiento.

Clase de utilización	Duración total de servicio h	Observaciones
T ₀	200	Utilización ocasional
T ₁	400	
T ₂	800	
T ₃	1600	
T ₄	3200	Utilización regular en servicio ligero
T ₅	6 300	Utilización regular en servicio intermitente
T ₆	12 000	Utilización regular en servicio intensivo
T ₇	25 000	Utilización intensiva
T ₈	50 000	
T ₉	100 000	

Tabla 4 Definición clase de utilización Mecanismo.

9. Mantenimiento puente grúa 10 toneladas.

9.1 Normas Generales Del Mantenimiento Del Puente Grúa.

Debemos tener en cuenta unas normas básicas para realizar el mantenimiento de un puente grúa.

- Llevar a un sitio seguro o zona en donde se puedan realizar trabajos de desplazamiento sin que los demás equipos o personas corran riesgo.
- Se debe revisar si es necesario o no desenergizar y bloquear el equipo
- Se debe llevar un registro de las intervenciones donde se anoten las fechas y tipo de mantenimiento que se realiza.
- No se debe arrancar el equipo o grúa con objetos izados o fijados a los ganchos
- No se debe izar o levantar cargas de manera no vertical
- Está prohibido transportar o levantar personas
- No se debe exceder la carga nominal establecida por el fabricante.

9.2 Inspección De Los Puentes Grúas.

La frecuencia de inspección y la calidad del mantenimiento dependerá siempre del uso que se le esté dando al equipo y así mismo sus horas de funcionamiento entre mayor sea el uso de una grúa mayor debe ser el grado de inspecciones preoperacionales en la figura 17 se encuentra el preoperacional que se diseñó para que cada operador en su turno correspondiente debe llenar de manera que se consiga un control del estado de la grúa, por ejemplo en caso de que en algún turno se encuentra la guaya en mal estado automáticamente debe para el equipo así mismo en las

condiciones de : ruido, iluminación, intermitencia, desnivel y otros factores plasmados en el preoperacional así mismo este formato es diligenciado por el operario semana tras semana, adicional se debe cumplir con la inspección mensuales, que deben ser realizadas por los técnicos e inspecciones anuales que deben ser realizadas por personal externo certificado en grúas.

Es recomendable realizar inspecciones periódicas diarias y/o mensuales, las cuales son realizadas por los operadores y estas deben incluir:

- Inspección visual del cable por posibles roturas o daños en los alambres de este
- Inspección visual del gancho por posibles deformaciones, roturas desgaste excesivo.
- Operación de los límites de izaje y de desplazamientos
- Cualquier ruido o vibración anormal.

CHECK LIST PRE-USO DE PUENTE GRÚA

<Fecha: _____ Supervisor: _____
 Operador: _____ Turno: _____

Nº	LISTA DE COMPROBACION	CONDICION	
		BIEN	MAL
1.0	Inspección del cable		
1.1	Observe que no existe aplastamiento, corrosión, cables e hilos rotos en el cable.		
1.2	Observe que el cable se encuentre arrollado correctamente en las guías del tambor.		
1.3	Comprobar que el cable de acero este lubricado.		
2.0	Inspección de la pasteca (Gancho)	BIEN	MAL
2.1	Compruebe que el gancho se mueva libremente en todas las direcciones permitidas.		
2.2	Comprobar que existe el seguro de gancho y que este funciona correctamente.		
2.3	Comprobar que las poleas giren libremente.		
3.0	Inspección del interruptor de final de carrera.	BIEN	MAL
3.1	Compruebe que los interruptores de final de carrera superior funcionen correctamente.		
3.2	Compruebe que el interruptor de final de carrera inferior funcione correctamente.		
3.3	Compruebe que los interruptores de final de carrera del trolley funcionen correctamente.		
3.4	Compruebe que los interruptores de final de carrera del puente funcionen correctamente.		
4.0	Inspección de mandos	BIEN	MAL
4.1	Compruebe que no existan daños en la carcasa, ni botones rotos o dañados en el control.		
4.3	Compruebe que todos los pulsadores corresponden con sus funciones y direcciones.		
	Comprobar el funcionamiento de los pulsadores de parada de emergencia.		
4.4	La comprobación correcta del funcionamiento del pulsador de emergencia se realiza presionando el pulsador y comprobando que no es posible activar ningún movimiento con los pulsadores.		
5.0	Misceláneos	BIEN	MAL
5.1	Compruebe el funcionamiento de los frenos (carro, puente y polipasto).		
5.2	Compruebe el movimiento de traslación del carro y puente.		
5.3	Comprobar que la vía de rodadura del puente. Está libre de obstáculos.		
5.4	Comprobar que no existan ruidos anormales en los sistemas de engranajes de elevación.		
5.5	Comprobar que no existan fugas de lubricantes.		
5.6	Comprobar que los equipo de izaje se encuentren en buen estado (eslingas, aparejos)		
6.0	Sistemas de seguridad y señalización grúa puente	BIEN	MAL
6.1	Comprobar que funcionan pulsadores de parada de emergencia en las patas del puente.		
6.2	Comprobar que funcionan los sensores de presencia.		
6.3	Comprobar que funcionan los dispositivos de señalación visual.		
6.4	Comprobar que funcionan los dispositivos de señalación auditiva.		

Es imperativo llenar este documento antes de cada inicio de la operación

Observaciones: _____

Figura. 17 Check list de Preoperacional Grúa GH.¹⁷

La inspección anual que es realizada por personal calificado:

- Conexiones flojas, apriete de bulones, tuercas, etc.
- Rotura, desgaste, deformación o corrosión en bridas de vigas, rieles, ruedas.
- Rotura, desgaste o deformación mecánica en ejes, cojines, piñones, cadenas.
 - Desgaste en los frenos.

¹⁷ Nota: Check list de preoperacional de la grúa GH, elaboración propia, 22 de agosto del 2024, documento elaborado para la empresa Eternit.

- Tambor de arrollamiento, poleas, verificar desgaste.
- Verificar correcto funcionamiento de motores y desgaste en sistemas de troyller.
- Verificación del gancho y sus accesorios por fisuras o deterioro.
- Límite de seguridad, límite de carga.
- Sistema eléctrico (desgaste de contactos de contadores, relés, cableado, protecciones térmicas y colectores de energía)
- Revisión de estado de variadores de velocidad Schneider electric, revisión de números de horas de trabajo para futuros mantenimientos por horas.

9.3 Datos De Paros Por Averías De La Grúa GH 10 Ton.

Se hace la revisión de los distintos paros por averías y daños en el equipo para evaluar luego la criticidad de cada uno de los elementos que lo conforman y así tomar las decisiones pertinentes para mejorar la disponibilidad y seguridad del equipo, en la figura 18 se recopila todas las paradas o fallas que le ocurrieron a la grúa en producción, estas fallas son tomadas del reporte diario de producción y así se lleva una trazabilidad de los Down del equipo y evaluar así los tiempos de reparación de mantenimiento.

MES	FECHA	TURNO	HORA INICIO	HORA FINAL	COD	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	HORAS DE P/ MINUTOS	FRA-MEC	FRA-ELE
FEBRER	28/02/2023	1	4:20:00 a.m.	4:30:00 a.m.	4028	MALA OPERACIÓN	MALA OPERACIÓN EN LA GRUA GH EQUIPO SE BLOQUEA	0,166667	10	
ABRIL	20/04/2023	3	9:00:00 p.m.	9:20:00 p.m.	2062	OTROS	GRUA GH BLOQUEADA EN DESMOLDADORA	0,333333	20	20
MAYO 2	16/05/2023	3	4:00:00 p.m.	4:15:00 p.m.	2062	OTROS	GRUA GH SE BLOQUEÓ	0,25	15	15
AGOSTO	23/08/2023	1	3:00:00 a.m.	3:30:00 a.m.	2041	FALLA MOTOR ELÉCTRICO	GRUA GH NO BAJABA CARGA	0,5	30	30
SEPTIE	27/09/2023	3	6:10:00 p.m.	6:17:00 p.m.	2062	OTROS	GRUA GH SE BLOQUEO	0,116667	7	7
OCTUBR	3/10/2023	3	4:35:00 p.m.	6:40:00 p.m.	2007	CONEXIONES ELÉCTRICAS	INTERVENCIÓN DE GRUA GH CAMBIO DE ESCOBILLA	2,083333	125	125
OCTUBR	3/10/2023	2	9:00:00 a.m.	9:30:00 a.m.	4002	AJUSTE CORTE LONGITUDINAL	GH BLOQUEADA QUEDA EN MITAD DE LA LINEA	0,5	30	
OCTUBR	5/10/2023	2	10:20:00 a.m.	1:45:00 p.m.	2062	OTROS	GRUA GH BLOQUEADA	3,416667	205	205
OCTUBR	5/10/2023	1	7:10:00 a.m.	7:30:00 a.m.	2050	FALLA VARIADOR DE VELOCIDAD	GRUA GH BLOQUEADA, VARIADOR DE LOS GANCHOS DISPARADO	0,333333	20	20
OCTUBR	5/10/2023	1	12:00:00 a.m.	12:10:00 a.m.	2050	FALLA VARIADOR DE VELOCIDAD	GRUA GH BLOQUEADA, VARIADOR DE LOS GANCHOS DISPARADO	0,166667	10	10
OCTUBR	6/10/2023	2	8:00:00 a.m.	10:55:00 a.m.	2062	OTROS	DAÑO EN COLECTOR DE LA GRUA GH	2,916667	175	175
OCTUBR	6/10/2023	1	6:55:00 a.m.	8:00:00 a.m.	2062	OTROS	DAÑO EN COLECTOR DE LA GRUA GH	1,083333	65	65
OCTUBR	6/10/2023	3	10:00:00 p.m.	10:20:00 p.m.	2062	OTROS	GRUA DEMAG ATASCADA EN COLUMNA 14 Y GRUA GH NO ENCENDIA PARA MOVER LA DEMA	0,333333	20	20
ENERO	6/01/2024	2	10:40:00 a.m.	11:00:00 a.m.	2062	OTROS	GRUA GH PRESENTA BLOQUEO	0,333333	20	20
FEBRER	26/02/2024	1	2:30:00 a.m.	5:20:00 a.m.	4031	OTROS	GRUA GH BLOQUEADA	2,833333	170	
MARZO	3/03/2024	3	5:40:00 p.m.	7:10:00 p.m.	2007	CONEXIONES ELÉCTRICAS	CORTO EN ESCOBILLAS DE LA GRUA GH	1,5	90	90
MARZO	11/03/2024	3	11:35:00 p.m.	11:59:00 p.m.	2007	CONEXIONES ELÉCTRICAS	FALLA EN ARANA DE LA GRUA GH	0,4	24	24
MARZO	12/03/2024	1	12:00:00 a.m.	12:50:00 a.m.	2007	CONEXIONES ELÉCTRICAS	FALLA EN ARANA DE LA GRUA GH	0,833333	50	50
MARZO	16/03/2024	3	6:50:00 p.m.	8:10:00 p.m.	2006	CONEXIÓN FLOJA/SUELTA	FALLA EN GRUA GH	1,333333	80	80
MARZO	18/03/2024	2	1:00:00 p.m.	1:30:00 p.m.	2006	CONEXIÓN FLOJA/SUELTA	GRUA GH SE LE SALE UNA ESCOBILLA	0,5	30	30
MARZO	19/03/2024	3	4:00:00 p.m.	6:00:00 p.m.	2006	CONEXIÓN FLOJA/SUELTA	GRUA GH SE LE SALE UNA ESCOBILLA	2	120	120
MARZO	19/03/2024	2	2:35:00 p.m.	4:00:00 p.m.	2006	CONEXIÓN FLOJA/SUELTA	GRUA GH SE LE SALE UNA ESCOBILLA	1,416667	85	85
MARZO	19/03/2024	2	9:00:00 a.m.	9:30:00 a.m.	2006	CONEXIÓN FLOJA/SUELTA	GRUA GH SE LE SALE UNA ESCOBILLA	0,5	30	30
MARZO	19/03/2024	2	10:50:00 a.m.	11:10:00 a.m.	2006	CONEXIÓN FLOJA/SUELTA	GRUA GH SE LE SALE UNA ESCOBILLA	0,333333	20	20
MAYO 2	15/05/2024	1	12:50:00 a.m.	1:20:00 a.m.	1051	FALLA BALEROS / RODAMIENTO GUIAS	GRUA GH CON PROBLEMAS DE RODAMIENTO RUEDA MOTRIZ LADO OFICINA	0,5	30	30
JUNIO	20/06/2024	3	4:20:00 p.m.	4:50:00 p.m.	2041	FALLA MOTOR ELÉCTRICO	BLOQUEO GRUA GH	0,5	30	30
JUNIO	24/06/2024	2	8:00:00 a.m.	2:00:00 p.m.	1037	DESGASTE DE ELEMENTOS	CAMBIO RUEDAS GRUA GH	6	360	360
JUNIO	25/06/2024	2	NA	NA	1037	DESGASTE DE ELEMENTOS	DAÑO EN REDUCTORES TESTEROS	110	6600	6600
JULIO	15/07/2024	1	5:40:00 a.m.	6:10:00 a.m.	2062	OTROS	GRUA GH NO ENCENDIA	0,5	30	30
JULIO	23/07/2024	1	12:00:00 a.m.	5:00:00 a.m.	1149	SISTEMA DE AJUSTE CON FALLA	GRUA GH INCLINADA EN EL GANCHO 1 SE CORRIGE LA GUAYA	5	300	300
							TOTAL DE HORAS PARADAS DESDE SU HABILITACION	146,68333	8801	
							TOTAL DE HORAS PARADAS EN DIAS	6,1118058		

Figura. 18 Tabla de Paros Grúa GH.¹⁸

Fuente: registros SAP Eternit atlántico.

Según la figura 18 se puede revisar el número de paros y la cantidad de horas de paros y deducir que el mayor impacto fue el daño de los reductores de los testers los cuales llevaron a 110 horas de paros para un equipo que su disponibilidad debe estar por encima de los 95%.

9.4 Matriz De Criticidad.

Según los objetivos planteando en el trabajo se dedujo que se debe aplicar una matriz de criticidad para evaluar los diferentes subsistemas que componen el equipo principal y así asignarle las distintas actividades de mantenimiento que se deben realizar para mejorar el mantenimiento de los equipos.

¹⁸ Nota: Tabla de paros de la grúa GH, elaboración propia, 02 septiembre del 2024, documento extraído de los registros de SAP para la empresa Eternit.

En la figura 19 se observa la matriz de criticidad de la empresa Eternit, documento que es auditable y adicional es ingresado en el sistema de gestión documental de la empresa ayudando así que se evalúen más equipos dentro de la planta. Siguiendo con el cumplimiento de los objetivos Se realiza matriz con un equipo interdisciplinario de las distintas áreas de la empresa para tener un mejor panorama de acuerdo con el área en que se le aplica, en la figura 20 se observa los criterios de criticidad para que cada usuario tenga un soporte para la evaluación y en la figura 21 se encuentra discriminado la taxonomía o desglose de los componentes principales de la grúa de 10 toneladas de la empresa Eternit. Ya por último se obtiene la suma de las evaluaciones que hicieron cada usuario y se promedió mediante fórmulas para sacar el total de datos y así determinar qué tan crítico es cada uno de los equipos.

Eternit		DETERMINACIÓN DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS				CÓDIGO: For- MTT-004
						VERSIÓN: 01
						ACTUALIZACIÓN: 23/03/2023
TABLA DE DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO LÍNEA						
SECCIÓN	ACTIVO	EDAD (MES)	TIEMPO USO HORAS *SEMANA	TIEMPO USO HORAS *MESES	IMPORTANCIA	FUNCIONAMIENTO
GENERALES PLACAS	PUENTE GRUA GH 10T P2	17	168	408	ALTA	Izaje y transporte de plataformas de placas en el proceso de fabricación de las láminas de fibrocemento

Figura. 19 Determinación de Criticidad.¹⁹

¹⁹ Nota: Determinación de criticidad, elaboración propia, 02 septiembre del 2024, documento elaborado para los registros de la empresa Eternit.

Eternit		DETERMINACIÓN DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS				CÓDIGO: For- MTT-004	
						VERSIÓN: 01	
						ACTUALIZACIÓN: 23/03/2023	
CRITERIOS DE CRITICIDAD							
FACTOR	ALTO	Val.	MEDIO	Val.	BAJO	Val.	DESPRECIABLE
Seguridad	Riesgo alto de accidente (Lesiones con incapacidad parcial o permanente, fatalidad o alto potencial de pérdida)	5	Riesgo Alto (accidente grave) (incapacidad entre 1 a 4 semanas)	4	Riesgo de accidente (incapacidad <1 semana)	2	Despreciable riesgo de accidente
Calidad	Alto potencial de causa de pérdidas o reclamaciones	4	Material de rechazo sin opción de recuperar.	3	Material de rechazo con opción de recuperar.	2	No genera reproceso
Disponibilidad	24H/ día Disponible para producción	4	16 - 24 H/ DIA disponible para producción	3	8-16 H/día disponible para producción	2	<8 H/día disponible para producción
Severidad	Falla produce parada de mas de una línea de producción.	4	Línea parada por falla de una máquina	3	La máquina falla pero no interrumpe proceso	2	La máquina falla pero no interrumpe proceso o hay otra maq de repuesto
Impacto Ambiental	Cierre temporal o definitivo del establecimiento	5	Sanciones pecuniarias de hasta 5000SMMLV	4	Amonestación/requerimientos a través de procesos Administrativos	2	Observaciones a cumplir
Frecuencia	>1 Falla/ semana	4	1 Falla entre 1 y 4 semanas	3	Falla> 1 Falla/ 1 a 2 Meses	2	Falla> 1 Falla/ 2 -6 Meses
Mantenibilidad	MTTR >3 Hr	4	1<MTTR <3 Hr	3	0,5<MTTR <1 Hr	2	MTTR <0,5 Hr
ALTO	>45		ACCION:				
MEDIO	25<X<45		predictivo, preventivo, inspecciones				
BAJO	<25		preventivo, inspeccion				
			inspeccion				

Figura. 20 Criterios de Criticidad.²⁰

²⁰ Nota: Criterios de criticidad, elaboración propia, 02 septiembre del 2024, documento elaborado para los registros de la empresa Eternit.

Eternit		DETERMINACIÓN DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS			CODIGO: Fer- MTT-004
					VERSION: 01
					ACTUALIZACIÓN: 23/03/2023
TAXONOMIA DEL EQUIPO					
Planta	Linea	Componentes principales	Componente secundario	Elemento	Cantidad
ETERMIT ATLÁNTICO	PLACAS	Trolley Puente Grúa GH 10T	Motor eléctrico 1 Trolley	Motor traslación VC-110 440V MOC07LOV1	1
			Reductor 1 Trolley	Reductor de traslación RFS250VC-3T R=23/49C	1
			Motor eléctrico 2 Trolley	Motor traslación VC-110 440V MOC07LOV1	1
			Reductor 2 Trolley	Reductor de traslación RFS250VC-3T R=23/49C	1
			Juego rueda conducidas	Juego rueda conducida Ø250 GG370	2
			Juego ruedas motrices	Juego rueda motriz Ø250 GG370	2
		Izaje Puente Grúa GH 10T	Polipasto 1	Motor elevación GHB11 M1C0B0V1T	1
				Freno motor elevación GHB11 380V F1B111	1
				Cable acero Ø8,7 SUPER8CS-K8XK215+EPIWRC	1
			Polipasto 2	Motor elevación GHB11 M1C0B0V1T	1
				Freno motor elevación GHB11 380V F1B111	1
				Cable acero Ø8,7 SUPER8CS-K8XK215+EPIWRC	1
			Polipasto 3	Motor elevación GHB11 M1C0B0V1T	1
				Freno motor elevación GHB11 380V F1B111	1
				Cable acero Ø8,7 SUPER8CS-K8XK215+EPIWRC	1
			Polipasto 4	Motor elevación GHB11 M1C0B0V1T	1
				Freno motor elevación GHB11 380V F1B111	1
				Cable acero Ø8,7 SUPER8CS-K8XK215+EPIWRC	1
		Traslado Puente Grúa GH 10T	Motor eléctrico 1 Traslado	Motor traslación VC-110 440V MOC07LOV1	1
			Reductor 1 Traslado	Reductor de traslación RFS315VC-3T R=20/52C	1
			Motor eléctrico 2 Traslado	Motor traslación VC-110 440V MOC07LOV1	1
			Reductor 2 Traslado	Reductor de traslación RFS315VC-3T R=20/52C	1
			Juego rueda conducidas	Juego rueda conducida Ø315 F1252T	2
			Juego ruedas motrices	Juego rueda motriz Ø315 F1252T	2
Tablero Electrico puente grúa GH 10T			1		

Figura. 21 Taxonomía del Equipo.²¹

²¹ Nota: Taxonomía del equipo, elaboración propia, 02 septiembre del 2024, documento elaborado para los registros de la empresa Eternit.


	DETERMINACIÓN	CÓDIGO:	For- MTT-004										
	DE CRITICIDAD	VERSIÓN:	01										
	DE LOS EQUIPOS	ACTUALIZACIÓN:	23/03/2023										
Análisis de criticidad Grúa GH 10T													
Componentes secundarios	Cantidad instalada	Mantenibilidad	ÁREAS										Criticidad
			GER	MTTO	PLST	PLCS	SEG	AMB	CAL	ALM	SPMC	SPEL	
Motor eléctrico 1 Trolley	1		100	44	84	132	78	112	17	152	55	42	82
Reductor 1 Trolley	1		100	46	84	132	100	112	17	152	46	42	83
Motor eléctrico 2 Trolley	1		100	44	84	132	104	112	17	152	48	42	84
Reductor 2 Trolley	1		100	46	84	132	96	112	17	152	46	42	83
Juego rueda conducidas Trolley	2		92	17	58	132	78	64	17	152	55	42	71
Juego ruedas motrices Trolley	2		92	17	58	132	104	64	17	152	55	42	73
Polipasto 1	1		100	46	116	132	75	108	17	152	48	45	84
Polipasto 2	1		100	46	116	132	104	108	17	152	55	45	88
Polipasto 3	1		100	46	116	132	104	108	17	152	60	45	88
Polipasto 4	1		100	46	116	132	104	108	17	152	65	45	89
Motor eléctrico 1 Traslado	1		84	44	84	132	90	112	31	152	58	39	83
Reductor 1 Traslado	1		84	25	84	132	120	112	31	152	100	39	88
Motor eléctrico 2 Traslado	1		84	44	84	132	90	112	31	152	100	39	87
Reductor 2 Traslado	1		84	25	84	132	120	112	19	152	120	39	89
Juego rueda conducidas Traslado	2		92	34	58	132	100	64	17	152	120	42	81
Juego ruedas motrices Traslado	2		92	34	58	132	96	64	17	152	120	42	81
GER: GERENCIA			ALM: JEFE DE ALMACEN										
MTTO: JEFE DE MANTENIMIENTO			SPMC: SUPERVISOR MECÁNICO										
PLST: JEFE PRODUCCIÓN PLÁSTICOS			SPEL: SUPERVISOR ELÉCTRICO										

Figura. 22 Análisis de Criticidad Grúa GH 10 TON.²²

Con todos estos datos se establecieron una serie de actividades en conjunto con lo que me recomienda el fabricante y se unificaron para proceder hacer el plan de mantenimiento preventivo y predictivo de la grúa GH de 10 toneladas.

²² Nota: Análisis de criticidad, elaboración propia, 02 septiembre del 2024, documento elaborado para los registros de la empresa Eternit.

9.5 Ejecución Y Control De Mantenimiento.

El mantenimiento efectivo requiere de una planificación adecuada basada en información precisa. La gestión de esta información es fundamental para asegurar que las actividades de mantenimiento logren los resultados deseados.

9.5.1 Actividad: Evaluación de entradas para la planificación y priorización de mantenimientos.

Descripción de las actividades:

Se realiza revisión de cada una de las entradas y necesidades de mantenimiento presentadas por los procesos de la organización, para la planificación y terminación de los programas de mantenimiento preventivo, predictivo. Entre otras se consideran: avisos de mantenimiento en SAP, rutinas de inspección y lubricación de máquinas y equipos, Informe de pruebas predictivas, máquinas y equipos críticos, Inventario de máquinas y equipos, stock de repuestos, materiales e insumos, programación de la producción y disponibilidad de máquina, presupuesto de mantenimiento, disponibilidad de proveedores y contratistas, proyectos de mejora y adecuaciones requeridas a maquinas

Responsables: Supervisores de mantenimiento, Analista de mantenimiento (Barranquilla).

Registros: Rutinas de inspección por equipos, For-MTT-008 órdenes de trabajo SAP, avisos de SAP, informe de terceros.

9.5.2 Actividad: Mantenimiento predictivo (Mecánico / Eléctrico).

Descripción de la actividad:

El programa de mantenimiento preventivo actualmente se corre en el módulo de mantenimiento del SAP; en este software, el jefe de mantenimiento junto al equipo de trabajo tiene identificados todos los equipos de la planta, los de mayor criticidad, tienen definidas las actividades de mantenimiento preventivo, rutinas de vibración con personal interno y externo, termografías aplicadas a los equipos de mayor prioridad y a los tableros eléctricos, las frecuencias de realización y los recursos necesarios. Mensualmente (o según sea requerido) el planeador/analista de mantenimiento realiza una revisión de los planes de mantenimiento abiertos en SAP y se generan las ordenes de trabajo (OT's) correspondiente a cada mes en particular, las cuales imprime y hace entrega a cada uno de los supervisores de mantenimiento de la compañía, los cuales realizan una programación semanal de las órdenes de acuerdo con su prioridad, tiempo de intervención y recursos necesarios para cada orden en particular. Esta información y otras necesidades de mantenimiento se consolidan semanalmente diligenciando el formato de planeación de mantenimiento código XXXX el cual es compartido a todas las personas interesadas. En caso de que alguna actividad sea necesaria y no se encuentre relacionada en el listado de órdenes de trabajo (OT's) que se entregan semanal o mensualmente, el planeador/analista de mantenimiento realizará esta orden en el sistema y entrega a los supervisores responsables para que todas las intervenciones queden completamente documentadas en el sistema. Después de la ejecución de las órdenes de trabajo (OT's) los técnicos y/o contratistas deben diligenciar las órdenes de trabajo, documentar las labores realizadas, documentar repuestos usados, documentar

pendientes o alertas, documentar el tiempo de ejecución de la tarea y firmar. Los técnicos y contratistas deben informar al supervisor de mantenimiento (eléctrico/mecánico) y al supervisor de turno encargado del equipo las condiciones en que éste se encuentra después del mantenimiento. Esta información se debe diligenciar en la bitácora de Mantenimiento y/o en la orden de trabajo entregada por el supervisor. El supervisor de mantenimiento (mecánico y/o eléctrico) valida la conformidad de los trabajos y entrega al planeador/analista de Mantenimiento las Órdenes firmadas para cierre en el sistema SAP, registró en el historial del equipo y archive los soportes físicos firmados en las carpetas correspondientes. Con la información resultante de las OT's se podrán ajustar las rutinas en cuanto a actividades, frecuencia y/o repuestos; dependiendo necesidad e importancia.

Responsables: jefe de mantenimiento, Supervisores de mantenimiento, Analista de mantenimiento, Supervisores de mantenimiento, Técnicos de mantenimiento, Contratistas

Registros: OT SAP, informe de terceros, Programación de mantenimiento.

9.5.3 Actividad: Mantenimiento Preventivo (Mecánico / Eléctrico).

Descripción:

El programa de mantenimiento preventivo actualmente se corre en el módulo de Mantenimiento del SAP; en este software, el jefe de Mantenimiento junto al equipo de trabajo tiene identificados todos los equipos de la planta, los de mayor criticidad, tienen definidas las actividades de mantenimiento preventivo, las de mayor prioridad, las frecuencias de realización y los recursos necesarios. Mensualmente (o según sea requerido) el planeador/analista de mantenimiento realiza una revisión de los planes de mantenimiento abiertos en SAP y se generan las ordenes de trabajo (OT's) correspondiente a cada mes en particular, las cuales imprime y hace entrega a cada uno de los supervisores de mantenimiento de la compañía, los cuales realizan una programación semanal de las órdenes de acuerdo con su prioridad, tiempo de intervención y recursos necesarios para cada orden en particular. Esta información y otras necesidades de mantenimiento se consolidan semanalmente diligenciando el formato de planeación de mantenimiento código XXXX el cual es compartido a todas las personas interesadas. En caso de que alguna actividad sea necesaria y no se encuentre relacionada en el listado de órdenes de trabajo (OT's) que se entregan semanal o mensualmente, el planeador/analista de mantenimiento realizará esta orden en el sistema y entrega a los supervisores responsables para que todas las intervenciones queden completamente documentadas en el sistema. Después de la ejecución de las órdenes de trabajo (OT's) los técnicos y/o contratistas deben diligenciar las órdenes de trabajo, documentar las labores realizadas, documentar repuestos usados, documentar pendientes o alertas, documentar el tiempo de ejecución de la tarea y firmar. Los técnicos y contratistas deben informar al supervisor de mantenimiento (Eléctrico/mecánico) y al supervisor de turno encargado del equipo

las condiciones en que éste se encuentra después del mantenimiento. Esta información se debe diligenciar en la bitácora de Mantenimiento y/o en la orden de trabajo entregada por el supervisor. El supervisor de mantenimiento (mecánico y/o eléctrico) valida la conformidad de los trabajos y entrega al planeador/analista de Mantenimiento las Órdenes firmadas para cierre en el sistema SAP, registró en el historial del equipo y archive los soportes físicos firmados en las carpetas correspondientes. Con la información resultante de las OT's se podrán ajustar las rutinas en cuanto a actividades, frecuencia y/o repuestos; dependiendo necesidad e importancia.

Responsables: jefe de Mto, Supervisores de mto, Informe técnico terceros, Técnicos de mto, Contratistas.

Registros: OT- SAP, Rutinas de inspección, Informe técnico terceros.

9.5.4 Actividad: Mantenimiento Correctivo (Mecánico / Eléctrico).**Descripción:**

Toda actividad de mantenimiento correctivo debe ser ejecutada con solicitud de intervención FR-MT-XXX Y/o orden de trabajo (OT's) generada desde SAP siempre y cuando genere gastos por repuestos y/o reparaciones. La copia de este documento se entrega al supervisor para conciliar los tiempos de parada de la línea. Las averías que generen parada de línea deberán corregirse de forma inmediata, además de las que generen: 1) tiempo perdido representativo en máquina, 2) altos costos de inversión, 3) no conformidad en los productos, 4) incidentes de seguridad 5) impacto significativo al medio ambiente. Deben contar con un análisis con el propósito de identificar la(s) causa(s) raíz y tomar las acciones correctivas apropiadas y preventivas desde el plan de mantenimiento o las mejoras a que den lugar. El responsable del proceso o área donde se presente la falla en el equipo maquina o instalación, deberá crear el aviso de mantenimiento en el módulo de mantenimiento de SAP e informar al área de Mantenimiento sobre la avería que se está presentando. El planeador/analista de mantenimiento revisa los avisos en SAP y programa la intervención de acuerdo con la prioridad de las fallas reportadas; crea las ordenes de trabajo, imprime y entrega al supervisor de mantenimiento Mecánico/Eléctrico, quien se encarga de coordinar a los técnicos y recursos necesarios para su ejecución. El supervisor de mantenimiento junto a los técnicos Eléctrico/Mecánico deberán acudir a los lugares donde se están presentando las fallas y determinar las causas, actividades y recursos adicionales para la reparación. El supervisor de mantenimiento se encargará de asignar las órdenes de trabajo al personal técnico y supervisar la ejecución de las reparaciones. Los técnicos dialogarán con el operario encargado del funcionamiento del equipo con el fin de conocer las características que se

presentaban durante el funcionamiento del equipo antes de que éste fallara, realizarán la reparación correspondiente y registrarán en la orden de trabajo (OT's) las labores realizadas, observaciones adicionales que sirvan para mejorar en los programas preventivos y firmar. Él supervisor de mantenimiento Mecánico/Eléctrico deberá validar la conformidad de los trabajos realizados, informar al supervisor de turno encargado del equipo las condiciones en que se entregan después de realizada la reparación y entrega al planeador/analista de Mantenimiento las ordenes firmadas para cierre en el sistema SAP, registró en el historial del equipo y archive los soportes físicos firmados en las carpetas correspondientes. Con la información resultante de las OT's se podrán ajustar las rutinas en cuanto a actividades, frecuencia y/o repuestos, dependiendo necesidad e importancia.

Responsable: jefe de Mtto, Supervisores de mtto, Informe técnico terceros, Técnicos de mtto, Contratistas.

Registro. OT- SAP, Rutinas de inspección, Informe técnico terceros.

9.5.5 Actividades: Asignación de recursos a los equipos.

Descripción:

Toda refacción (Repuesto), sea por medio de reserva de almacén (Stock) o por medio de solicitud de pedido (Compra de bienes / Servicios / Repuesto externo), al igual que los servicios externos que sean requeridos para los trabajos a realizar a los equipos, deben de ir mediante una orden de trabajo, la cual es la que asigna los gastos al equipo intervenido.

Responsables: Supervisores de mantenimiento, jefes de mantenimiento.

Registros: Reservas Formato generado SAP.

9.6 Documentación De Mantenimiento.

Para realizar un control efectivo en cualquier mantenimiento y en este caso el de una grúa se debe documentar todas las inspecciones y mantenimiento realizados. Estos datos como lo muestra la figura 23 deben ser cargados o guardados en alguna plataforma digital o físico, en este caso la empresa Eternit cuenta con SAP que permite tener la información en tiempo real permitiendo así saber cuándo se realizó el mantenimiento, tiempo de reparación, remisiones, uso de repuesto, que persona hizo el mantenimiento y cuanto costo el mantenimiento, en el sistema se realiza una búsqueda de todas las órdenes y se baja la información logrando así un informe que nos permita realizar un análisis detallado e incluso una rápida ayuda de que se realizó cuando ocurrió un fallo específico.

Fecha entrada	Orden	Clase de orden	Fe.inic.extre	Fe.fin.extrema	Ubicac.técnica	Pto.tbjo.r	Equipo	Denominación10	Texto breve	Status sistema	Status usuario
20230109	71106806	ET02	08/01/2023	08/01/2023	CO72-PP2-GEN-GRUA	MECANIC	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2	MTTO PREV MEC BIMENSUAL GRUA 10 TON GH	CERR NOTP KKMP NLIQ PREC	TERM
20230109	71106807	ET02	08/01/2023	08/01/2023	CO72-PP2-GEN-GRUA	MECANIC	40141774	PUENTE GRUA DEMAG P2	MTTO PREV MEC BIMENSUAL GRUA DEMAG	CERR NOTI MOVIM NLIQ PREC	TERM
20230201	71107612	ET02	12/02/2023	12/02/2023	CO72-PP2-GEN-GRUA	ELECTRIC	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2	PLAN MTTO ELECTRICO MEN GRUA 10 TON	CERR NOTI KKMP NLIQ PREC	TERM
20230201	71107613	ET02	12/02/2023	12/02/2023	CO72-PP2-GEN-GRUA	ELECTRIC	40141774	PUENTE GRUA DEMAG P2	PLAN MTTO ELECTRICO MEN GRUA DEMAG	CERR NOTI KKMP NLIQ PREC	TERM
20230314	71108710	ET02	09/03/2023	30/03/2023	CO72-PP2-GEN-GRUA	MECANIC	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2	MTTO PREV MEC BIMENSUAL GRUA 10 TON GH	CERR NOTI KKMP NLIQ PREC	TERM
20230314	71108711	ET02	09/03/2023	30/03/2023	CO72-PP2-GEN-GRUA	MECANIC	40141774	PUENTE GRUA DEMAG P2	MTTO PREV MEC BIMENSUAL GRUA DEMAG	CERR NOTI MOVIM NLIQ PREC	TERM
20230509	71110146	ET02	08/05/2023	08/05/2023	CO72-PP2-GEN-GRUA	MECANIC	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2	MTTO PREV MEC BIMENSUAL GRUA 10 TON	CERR NOTI KKMP NLIQ PREC	TERM
20230509	71110147	ET02	08/05/2023	08/05/2023	CO72-PP2-GEN-GRUA	MECANIC	40141774	PUENTE GRUA DEMAG P2	MTTO PREV MEC BIMENSUAL GRUA DEMAG	CERR NOTI FENA KKMP MOVIM N TERM	TERM
20230608	71110793	ET02	07/06/2023	07/06/2023	CO72-PP2-GEN-GRUA	ELECTRIC	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2	PLAN MTTO ELECTRICO MEN GRUA GH 10 TON	CERR NOTI FENA KKMP NLIQ PR TERM	TERM
20230608	71110794	ET02	07/06/2023	07/06/2023	CO72-PP2-GEN-GRUA	ELECTRIC	40141774	PUENTE GRUA DEMAG P2	PLAN MTTO ELECTRICO MEN GRUA DEMAG	CERR NOTI MOVIM NLIQ PREC	TERM
20230707	71113349	ET02	07/07/2023	07/07/2023	CO72-PP2-GEN-GRUA	MECANIC	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2	MTTO PREV MEC BIMENSUAL GRUA 10 TON GH	CERR KKMP NLIQ PREC	TERM
20230707	71113350	ET02	07/07/2023	07/07/2023	CO72-PP2-GEN-GRUA	MECANIC	40141774	PUENTE GRUA DEMAG P2	MTTO PREV MEC BIMENSUAL GRUA DEMAG	CERR NOTI KKMP NLIQ PREC	TERM
20230724	71113669	ET02	06/08/2023	06/08/2023	CO72-PP2-GEN-GRUA	ELECTRIC	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2	PLAN MTTO ELECTRICO MEN 10 TON	CERR NOTI MOVIM NLIQ PREC	TERM
20230724	71113670	ET02	06/08/2023	06/08/2023	CO72-PP2-GEN-GRUA	ELECTRIC	40141774	PUENTE GRUA DEMAG P2	PLAN MTTO ELECTRICO MEN GRUA DEMAG	CERR NOTI KKMP NLIQ PREC	TERM
20230831	71114615	ET02	05/09/2023	30/09/2023	CO72-PP2-GEN-GRUA	MECANIC	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2	MTTO PREV MEC BIMENSUAL GRUA 10 TON GH	CERR NOTI KKMP NLIQ PREC	TERM
20230831	71114616	ET02	05/09/2023	30/09/2023	CO72-PP2-GEN-GRUA	MECANIC	40141774	PUENTE GRUA DEMAG P2	MTTO PREV MEC BIMENSUAL GRUA DEMAG	CERR KKMP NLIQ PREC	TERM
20231003	71115468	ET02	05/10/2023	05/10/2023	CO72-PP2-GEN-GRUA	ELECTRIC	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2	PLAN MTTO ELECTRICO MEN GRUA GH 10 TON	CERR NOTI KKMP NLIQ PREC	TERM
20231003	71115469	ET02	05/10/2023	05/10/2023	CO72-PP2-GEN-GRUA	ELECTRIC	40141774	PUENTE GRUA DEMAG P2	PLAN MTTO ELECTRICO MEN GRUA DEMAG	CERR NOTI KKMP NLIQ PREC	TERM
20231031	71116173	ET02	04/11/2023	04/11/2023	CO72-PP2-GEN-GRUA	MECANIC	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2	MTTO PREV MEC BIMENSUAL GRUA 10 TON GH	CERR NOTI MOVIM NLIQ PREC	TERM
20231031	71116174	ET02	04/11/2023	04/11/2023	CO72-PP2-GEN-GRUA	MECANIC	40141774	PUENTE GRUA DEMAG P2	MTTO PREV MEC BIMENSUAL GRUA DEMAG	CERR NOTI KKMP NLIQ PREC	TERM
20231123	71116716	ET02	04/12/2023	04/12/2023	CO72-PP2-GEN-GRUA	ELECTRIC	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2	PLAN MTTO ELECTRICO MEN GRUA GH 10 TON	CERR KKMP NLIQ PREC	EIEC
20231123	71116717	ET02	04/12/2023	04/12/2023	CO72-PP2-GEN-GRUA	ELECTRIC	40141774	PUENTE GRUA DEMAG P2	PLAN MTTO ELECTRICO MEN GRUA DEMAG	LIB. NOTI MACO MOVIM NLIQ P TERM	TERM
20240109	71118577	ET02	01/01/2024	01/01/2024	CO72-PP2-GEN-GRUA	ELECTRIC	40141774	PUENTE GRUA DEMAG P2	INSPECCIÓN PUENTE GRUA DEMAG	LIB. NOTI FENA KKMP NLIQ PREC	TERM
20240109	71118578	ET02	01/01/2024	01/01/2024	CO72-PP2-GEN-GRUA	ELECTRIC	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2	INSPECCIÓN PUENTE GRUA 10 TON	LIB. NOTI FENA MACO MOVIM N TERM	TERM
20240105	71118845	ET02	28/02/2024	28/02/2024	CO72-PP2-GEN-GRUA	MECANIC	40141774	PUENTE GRUA DEMAG P2	PLAN MTTO MECA ANUAL GRUA DEMAG	LIB. KKMP NLIQ PREC	EIEC
20240109	71119540	ET02	03/01/2024	03/01/2024	CO72-PP2-GEN-GRUA	MECANIC	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2	MTTO PREV MEC BIMENSUAL GRUA 10 TON GH	LIB. NOTI KKMP NLIQ PREC	TERM
20240109	71119541	ET02	03/01/2024	03/01/2024	CO72-PP2-GEN-GRUA	MECANIC	40141774	PUENTE GRUA DEMAG P2	MTTO PREV MEC BIMENSUAL GRUA DEMAG	LIB. NOTI KKMP NLIQ PREC	TERM
20240201	71120043	ET02	02/02/2024	02/02/2024	CO72-PP2-GEN-GRUA	ELECTRIC	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2	PLAN MTTO ELECTRICO MEN GRUA GH 10 TON	LIB. KKMP NLIQ PREC	EIEC
20240201	71120044	ET02	02/02/2024	02/02/2024	CO72-PP2-GEN-GRUA	ELECTRIC	40141774	PUENTE GRUA DEMAG P2	PLAN MTTO ELECTRICO MEN GRUA DEMAG	LIB. KKMP NLIQ PREC	EIEC
20240229	71120823	ET02	03/03/2024	30/03/2024	CO72-PP2-GEN-GRUA	MECANIC	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2	MTTO PREV MEC BIMENSUAL GRUA 10 TON GH	LIB. KKMP NLIQ PREC	EIEC
20240229	71120824	ET02	03/03/2024	30/03/2024	CO72-PP2-GEN-GRUA	MECANIC	40141774	PUENTE GRUA DEMAG P2	MTTO PREV MEC BIMENSUAL GRUA DEMAG	LIB. NOTI FENA KKMP NLIQ PREC	TERM
20240405	71121582	ET02	02/04/2024	30/04/2024	CO72-PP2-GEN-GRUA	ELECTRIC	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2	PLAN MTTO ELECTRICO MEN GRUA GH 10 TON	CERR KKMP NLIQ PREC	EIEC
20240405	71121583	ET02	02/04/2024	30/04/2024	CO72-PP2-GEN-GRUA	ELECTRIC	40141774	PUENTE GRUA DEMAG P2	PLAN MTTO ELECTRICO MEN GRUA DEMAG	CERR KKMP NLIQ PREC	TERM
20240516	71122395	ET02	02/05/2024	30/05/2024	CO72-PP2-GEN-GRUA	MECANIC	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2	MTTO PREV MEC BIMENSUAL GRUA 10 TON GH	LIB. KKMP NLIQ PREC	EIEC
20240516	71122396	ET02	02/05/2024	30/05/2024	CO72-PP2-GEN-GRUA	MECANIC	40141774	PUENTE GRUA DEMAG P2	MTTO PREV MEC BIMENSUAL GRUA DEMAG	LIB. FMAT MOVIM NLIQ PREC	EIEC
20240604	71123315	ET02	06/06/2024	29/06/2024	CO72-PP2-GEN-GRUA	ELECTRIC	40141774	PUENTE GRUA DEMAG P2	INSPECCIÓN PUENTE GRUA DEMAG	LIB. FENA KKMP NLIQ PREC	EPED
20240604	71123316	ET02	06/06/2024	29/06/2024	CO72-PP2-GEN-GRUA	ELECTRIC	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2	INSPECCIÓN PUENTE GRUA 10 TON	LIB. FENA KKMP NLIQ PREC	EPED
20240604	71123557	ET02	01/06/2024	30/06/2024	CO72-PP2-GEN-GRUA	ELECTRIC	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2	PLAN MTTO ELECTRICO MEN GRUA GH 10 TON	LIB. KKMP NLIQ PREC	EIEC
20240604	71123558	ET02	01/06/2024	30/06/2024	CO72-PP2-GEN-GRUA	ELECTRIC	40141774	PUENTE GRUA DEMAG P2	PLAN MTTO ELECTRICO MEN GRUA DEMAG	LIB. FMAT MOVIM NLIQ PREC	EIEC
20240701	71125146	ET02	01/07/2024	30/07/2024	CO72-PP2-GEN-GRUA	MECANIC	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2	MTTO PREV MEC BIMENSUAL GRUA 10 TON GH	LIB. KKMP NLIQ PREC	EIEC
20240701	71125147	ET02	01/07/2024	30/07/2024	CO72-PP2-GEN-GRUA	MECANIC	40141774	PUENTE GRUA DEMAG P2	MTTO PREV MEC BIMENSUAL GRUA DEMAG	LIB. KKMP NLIQ PREC	EIEC

Figura. 23 Ordenes de Trabajos Ejecutado.²³

9.7 Refracciones Críticas.

Son los componentes esenciales para el funcionamiento continuo de la maquinaria en cualquier línea de producción industrial. Estas refacciones son aquellas cuya falla puede causar una detención parcial o total en la producción, lo que resulta en pérdidas financieras significativas para cualquier empresa.

En la figura 24 se pueden ver los equipos que fueron creados en SAP y en la figura 25 los repuestos de estos equipos que deben estar en almacén y que son críticos para su funcionamiento en caso de que se presente una falla, por tal motivo se pueda sacar de almacén siendo reemplazado, logrando así la ejecución del mantenimiento correctivo eficientemente.

²³ Nota: Ordenes de trabajo ejecutadas, elaboración propia, 14 septiembre del 2024, documento elaborado para los registros de la empresa Eternit.

EQUIPO	40141272	TROLLEY PUENTE GRUA GH 10T P2	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2
EQUIPO	40141273	TABLERO PUENTE GRUA GH 10T P2	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2
EQUIPO	40141290	MOTOR ELEC 1 TROLLEY PUENTE GRUA GH 10T	40141272	TROLLEY PUENTE GRUA GH 10T P2
EQUIPO	40141291	REDUCTOR 1 TROLLEY PUENTE GRUA GH 10T P2	40141272	TROLLEY PUENTE GRUA GH 10T P2
EQUIPO	40182981	MOTOR ELEC 2 TROLLEY PUENTE GRUA GH 10T	40141272	TROLLEY PUENTE GRUA GH 10T P2
EQUIPO	40182982	REDUCTOR 2 TROLLEY PUENTE GRUA GH 10T P2	40141272	TROLLEY PUENTE GRUA GH 10T P2
EQUIPO	40141274	IZAJE PUENTE GRUA GH 10T P2	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2
EQUIPO	40182983	POLIPASTO 1 GRUA GH 10T P2	40141274	IZAJE PUENTE GRUA GH 10T P2
EQUIPO	40182984	POLIPASTO 2 GRUA GH 10T P2	40141274	IZAJE PUENTE GRUA GH 10T P2
EQUIPO	40182985	POLIPASTO 3 GRUA GH 10T P2	40141274	IZAJE PUENTE GRUA GH 10T P2
EQUIPO	40182986	POLIPASTO 4 GRUA GH 10T P2	40141274	IZAJE PUENTE GRUA GH 10T P2
EQUIPO	40141292	MOTOR ELEC POLIPASTO 1 GRUA GH 10T	40141274	IZAJE PUENTE GRUA GH 10T P2
EQUIPO	40141293	REDUCTOR POLIPASTO 1 GRUA GH 10T P2	40141274	IZAJE PUENTE GRUA GH 10T P2
EQUIPO	40182987	MOTOR ELEC POLIPASTO 2 GRUA GH 10T P2	40141274	IZAJE PUENTE GRUA GH 10T P2
EQUIPO	40182988	REDUCTOR POLIPASTO 2 GRUA GH 10T P2	40141274	IZAJE PUENTE GRUA GH 10T P2
EQUIPO	40182989	MOTOR ELEC POLIPASTO 3 GRUA GH 10T P2	40141274	IZAJE PUENTE GRUA GH 10T P2
EQUIPO	40182990	REDUCTOR POLIPASTO 3 GRUA GH 10T P2	40141274	IZAJE PUENTE GRUA GH 10T P2
EQUIPO	40182991	MOTOR ELEC POLIPASTO 4 GRUA GH 10T P2	40141274	IZAJE PUENTE GRUA GH 10T P2
EQUIPO	40182992	REDUCTOR POLIPASTO 4 GRUA GH 10T P2	40141274	IZAJE PUENTE GRUA GH 10T P2
EQUIPO	40141276	TRASLADO PUENTE GRUA GH 10T P2	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2
EQUIPO	40141294	MOTOR ELEC 1 TRASLADO GRUA GH 10T P2	40141276	TRASLADO PUENTE GRUA GH 10T P2
EQUIPO	40141295	REDUCTOR 1 TRASLADO GRUA GH 10T P2	40141276	TRASLADO PUENTE GRUA GH 10T P2
EQUIPO	40182992	MOTOR ELEC 2 TRASLADO GRUA GH 10T P2	40141276	TRASLADO PUENTE GRUA GH 10T P2
EQUIPO	40182993	REDUCTOR 2 TRASLADO GRUA GH 10T P2	40141276	TRASLADO PUENTE GRUA GH 10T P2

REPUESTO	1168156	DISCO DE FRENO GHB/VHB/GHB11 ELEVACION	40141274	IZAJE PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1168157	DISCO DE FRENO KC/HC/VC TRASLACION	40141294	MOTOR ELEC 1 TRASLADO GRUA GH 10T P2
			40182993	MOTOR ELEC 2 TRASLADO GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1168155	CABLE ACERO Ø8,7 SUPER8CS-K8XK21S+EPIWRC	40141274	IZAJE PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1168518	RECTIFICADOR ELEV TRIFAS UL REF:GH010601	40141274	IZAJE PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1168519	RECTIFICADOR TRASLACION MOD. V	40141294	MOTOR ELEC 1 TRASLADO GRUA GH 10T P2
REPUESTO			40182993	MOTOR ELEC 2 TRASLADO GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1168520	ELECTROIMAN GHB/GH-4 ELEVACION 380V-180v	40141274	IZAJE PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1168521	ELECTROIMAN VC TRASLACION 220V C/C	40141294	MOTOR ELEC 1 TRASLADO GRUA GH 10T P2
REPUESTO			40182993	MOTOR ELEC 2 TRASLADO GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1168522	SENSOR FOTOELECTRICO REF: XUJX1ARCNT16	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1168523	ELEMENTO LUM. FLASH 120V AC REF: XVBC8G5	40141273	TABLERO PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	860748	MODULO SONORO REF. XVBC9B MARCA TELEMCA	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	331583	RELEVADOR CONT 24VCD 3NO-CA4KN31BW3	40141273	TABLERO PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	767835	CONTACTOR AUXILIAR CAD32 F7 MCA TELEMCA	40141273	TABLERO PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1126238	LC1D32F7 CONTACTOR MAG. 3P 32A 110VCA	40141273	TABLERO PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1128657	INTERRUPTOR TER BN20-2RZM16 SCHMERSAL	40141273	TABLERO PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	334009	SENSOR MAGNETICO BP21N SCHMERSAL	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1169397	IMAN SCHMERSAL REFERENCIA: BP21S	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1169599	BLOQUE CONTACTO AUX 3NA+1NC REF: LADN31	40141273	TABLERO PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1169600	CONTACTOR 20A 2NC+2NO 110V REF:LC1DT20F7	40141273	TABLERO PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1169601	CONTACTOR 25A 2NC+2NO 110V REF:LC1D128F7	40141273	TABLERO PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1169602	CONTACTOR 9A 3P 110V REF: LC1D09F7	40141273	TABLERO PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1169603	FUSIBLE 100A AM FERRAZ T-2 C-02 Y217693	40141273	TABLERO PUENTE GRUA GH 10T P2

Figura. 24 Listado de Equipos Creados en SAP.²⁴

²⁴ Nota: Listados de Equipos creados en SAP, elaboración propia, 30 septiembre del 2024, documento elaborado para los registros de la empresa Eternit.

REPUESTO	1169604	CONTACTO AUX FRONTAL 2 NAC REF: GVAE20	40141273	TABLERO PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1169605	INTERRUPTOR SECCIONADOR 3P 32A REF: V1	40141273	TABLERO PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1169606	MANETA SECCIONADOR 32A REF: KCF1PZ	40141273	TABLERO PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1171360	RODAMIENTO 6220 2RS SKF	40141276	TRASLADO PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1171610	JUEGO RUEDA COND Ø250 GGG70 GRUA GH 10T	40141276	TRASLADO PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1171611	RODAMIENTO 6218 2RS1 SKF	40141276	TRASLADO PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1171612	JUEGO RUEDA COND Ø315 F1252T GRUA GH 10T	40141276	TRASLADO PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1171613	JUEGO RUEDA MOTRIZ Ø250 GGG70 GRUA GH10T	40141276	TRASLADO PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1171614	JUEGO RUEDA MOTRIZ Ø315 GGG70 GRUA GH10T	40141276	TRASLADO PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1173193	PALANCA CONTROL MANDO DANFOSS GRUA GH10T	40141773	PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1178235	MOTOR ELEVACION GHB11 M1C0B0V1T POLIPAST	40141292	MOTOR ELEC POLIPASTO 1 GRUA GH 10T P2
REPUESTO			40182987	MOTOR ELEC POLIPASTO 2 GRUA GH 10T P2
REPUESTO			40182989	MOTOR ELEC POLIPASTO 3 GRUA GH 10T P2
REPUESTO			40182991	MOTOR ELEC POLIPASTO 4 GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1178236	FRENO MOTOR ELEVACION GHB11 380V F1B111	40141292	MOTOR ELEC POLIPASTO 1 GRUA GH 10T P2
REPUESTO			40182987	MOTOR ELEC POLIPASTO 2 GRUA GH 10T P2
REPUESTO			40182989	MOTOR ELEC POLIPASTO 3 GRUA GH 10T P2
REPUESTO			40182991	MOTOR ELEC POLIPASTO 4 GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1178237	REDUCTOR ELEVACION GHB11 R=17/60 R1BC0A	40141293	REDUCTOR POLIPASTO 1 GRUA GH 10T P2
REPUESTO			40182988	REDUCTOR POLIPASTO 2 GRUA GH 10T P2
REPUESTO			40182990	REDUCTOR POLIPASTO 3 GRUA GH 10T P2
REPUESTO			40182992	REDUCTOR POLIPASTO 4 GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1178238	FRENO MOTOR TRASLACION VC VAR. F0C1	40141294	MOTOR ELEC 1 TRASLADO GRUA GH 10T P2
REPUESTO			40182993	MOTOR ELEC 2 TRASLADO GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1178239	MOTOR TRASLACION VC-110 440V M0C07L0V1	40141294	MOTOR ELEC 1 TRASLADO GRUA GH 10T P2
REPUESTO			40182993	MOTOR ELEC 2 TRASLADO GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1179017	REDUCTOR TRASLACION RFS315VC-3T R=20/52C	40141295	REDUCTOR 1 TRASLADO PUENTE GRUA GH 10T
REPUESTO			40182994	REDUCTOR 2 TRASLADO PUENTE GRUA GH 10T
REPUESTO	1179018	REDUCTOR TRASLACION RFS250VC-3T R=23/49C	40141291	REDUCTOR 1 TROLLEY PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO			40182982	REDUCTOR 2 TROLLEY PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1179033	GUIA CABLE GHB11 ROSCA IZQUIERDA PASO 10	40141274	IZAJE PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1179034	GUIA CABLE GHB11 ROSCA DERECHA PASO 10	40141274	IZAJE PUENTE GRUA GH 10T P2
REPUESTO	1179035	MUELLE DE GUIA GHB #14 (Ø0,6x47)	40141274	IZAJE PUENTE GRUA GH 10T P2

Figura. 25 Listado de Repuestos Creados en SAP con su Código.²⁵

²⁵ Nota: Listados de Equipos creados en SAP, elaboración propia, 30 septiembre del 2024, documento elaborado para los registros de la empresa Eternit.

9.8 Ordenes De Trabajo.

SAP genera una Orden de Trabajo en el módulo de PM (Mantenimiento de las Plantas) para organizar actividades relacionadas con el mantenimiento. Como se muestra en la figura 26 Estas órdenes tienen descritas distintos puntos los cuales son input para la trazabilidad de la planeación y documentación detallada de acciones en mantenimiento y servicio al cliente.

En la imagen se observa que hay puntos importantes como son la ubicación específica en la planta, si es una orden eléctrica o mecánica, la prioridad, horas hombres a utilizar y a quien se le va a cargar la orden de trabajo.

Orden	ET02	123316	INSPECCIÓN PUENTE GRUA 10 TON	
Stat.sist.	LIB. FENA KKMP MOVN NLIQ PREC		EPED	

Datos cab.	Oper.	Componentes	Costes	Objetos	Datos adic.	Emplaz.	Planific.	Control
-------------------	-------	-------------	--------	---------	-------------	---------	-----------	---------

Responsable	
Gpo.plan.	SPM / C072 Planeador Mantto.
Rs.pto.tr.	ELECTRIC / C072 ELECTRICISTA
Aviso	
Costes	0 COP
Cl.activ.PM	002 Mantenimiento
EstdInstal	0 EQUIPO F. SERV

Fechas	
Inic.extr.	06.06.2024
Fin extr.	29.06.2024
Prioridad	IMPORTANTE
Revisión	

Objeto de referencia	
Ubic.téc.	C072-PP2-GEN-GRUA GRUAS
Equipo	40141773 PUENTE GRUA GH 10T P2

Primera operación	
Operación	PREOPERACIONALES Y HOUSEKEEPING ClvCá
PtoTrab/Ce	ELECTRIC / C072 ClvCtrl PM01 Cl.activ. MAF
TrabInvert	0,0 Cantidad 0 Dur.oper. 0,0 Comp.
Nº pers	

9.9 Inspección Del Equipo.

9.9.1 Inspección después de una detención prolongada.

Si el puente grúa GH de 10 T no se utiliza durante 2 meses o más, es necesario realizar una inspección de sus componentes antes de volver a ponerlo en funcionamiento, en la figura 27 se observa un atabla que describe los componentes y los pasos a seguir para la evaluación del equipo.

COMPONENTES	PROCESO POR SEGUIR
Nivel de aceite en los reductores.	Verificar el nivel de aceite que contengan los reductores, esto evitara problemas futuros como lo son el desgaste de material, recalentamiento o el daño en componentes de la máquina.
Engrasado de los tambores y frenos de la máquina.	Verificar el estado de todos los componentes que conforman el tambor del polipasto y los frenos que contengan el equipo, se debe verificar la guaya de manera muy especial y que se encuentre totalmente enrollada en el tambor y antes de probar se debe verificar el funcionamiento de los frenos.
Engrase de rodamientos	Verificar el estado en los que se encuentra el lubricante del rodamiento, en caso de mal estado retirar y limpiar adecuadamente.

Figura. 27 Inspección Paro Prolongado.²⁷

²⁷ Nota: Inspección de paro prolongado, elaboración propia, 10 octubre del 2024, documento elaborado para los registros de la empresa Eternit.

9.9.2 Inspección diaria.

Es importante realizar una preoperacional rutinaria antes de iniciar la operación de la máquina, la figura 28 describe que componentes se valoran en cada turno de operación, este debe ser liderado por el operador y en caso de encontrar alguna anomalía no se podrá operar y se tendrá que dar aviso al supervisor y al área de mantenimiento.

CHECK LIST PRE-USO DE PUENTE GRÚA

<Fecha: _____ Supervisor: _____
 Operador: _____ Turno: _____

Nº	LISTA DE COMPROBACION	CONDICION	
1.0	Inspección del cable	BIEN	MAL
1.1	Observe que no existe aplastamiento, corrosión, cables e hilos rotos en el cable.		
1.2	Observe que el cable se encuentre arrollado correctamente en las guías del tambor.		
1.3	Comprobar que el cable de acero este lubricado.		
2.0	Inspección de la pasteca (Gancho)	BIEN	MAL
2.1	Compruebe que el gancho se mueva libremente en todas las direcciones permitidas.		
2.2	Comprobar que existe el seguro de gancho y que este funciona correctamente.		
2.3	Comprobar que las poleas giren libremente.		
3.0	Inspección del interruptor de final de carrera.	BIEN	MAL
3.1	Compruebe que los interruptores de final de carrera superior funcionen correctamente.		
3.2	Compruebe que el interruptor de final de carrera inferior funcione correctamente.		
3.3	Compruebe que los interruptores de final de carrera del trolley funcionen correctamente.		
3.4	Compruebe que los interruptores de final de carrera del puente funcionen correctamente.		
4.0	Inspección de mandos	BIEN	MAL
4.1	Compruebe que no existan daños en la carcasa, ni botones rotos o dañados en el control.		
4.3	Compruebe que todos los pulsadores corresponden con sus funciones y direcciones.		
4.4	Comprobar el funcionamiento de los pulsadores de parada de emergencia. La comprobación correcta del funcionamiento del pulsador de emergencia se realiza presionando el pulsador y comprobando que no es posible activar ningún movimiento con los pulsadores.		
5.0	Misceláneos	BIEN	MAL
5.1	Compruebe el funcionamiento de los frenos (carro, puente y polipasto).		
5.2	Compruebe el movimiento de traslación del carro y puente.		
5.3	Comprobar que la vía de rodadura del puente. Esté libre de obstáculos.		
5.4	Comprobar que no existan ruidos anormales en los sistemas de engranajes de elevación.		
5.5	Comprobar que no existan fugas de lubricantes.		
5.6	Comprobar que los equipo de izaje se encuentren en buen estado (eslingas, aparejos)		
6.0	Sistemas de seguridad y señalización grúa puente	BIEN	MAL
6.1	Comprobar que funcionan pulsadores de parada de emergencia en las patas del puente.		
6.2	Comprobar que funcionan los sensores de presencia.		
6.3	Comprobar que funcionan los dispositivos de señalación visual.		
6.4	Comprobar que funcionan los dispositivos de señalación auditiva.		
*Es imperativo llenar este documento antes de cada inicio de la operacion			
Observaciones:			

Figura. 28 Check Lista.²⁸

²⁸ Nota: Check list, elaboración propia, 10 octubre del 2024, documento elaborado para los registros de la empresa Eternit.

9.9.3 Inspección mensual.

Son aquellas inspecciones más profundas del equipo que se hacen mes a mes, como se representa en la figura 29 en donde se describen los componentes y el paso a paso a seguir por el equipo de mantenimiento quien es el que va a ejecutar esta inspección mensualmente dando así mantenimiento a los mecanismos de la máquina según las ordenes de mantenimiento que se arrojan por sistema y que se basan en las actividades de inspecciones antes realizadas.

Componente	Proceso a seguir
Frenos	Para realizar la revisión del funcionamiento de los frenos, se puede considerar el procedimiento de izar la carga, observando que al momento de frenar no exista deslizamiento y el freno mantenga su posición, además cuando se inspeccionan los frenos se deben mirar los discos y el material antifricción el cual debe tener un espesor superior a la marca expuesta por el fabricante
Ruedas	Se debe comprobar el tamaño que tienen las ruedas, considerando que si el desgaste es muy grande, estas deberán ser cambiadas, ver las recomendaciones del fabricante
Termografía	se debe utilizar camara termografía de marca FLIR E8 (listados de equipos a analizar)
Análisis de Vibraciones	se debe utilizar Estetoscopio TKST 11 o SKF Pulse (listados de equipos a analizar)

Figura. 29 Actividades Inspecciones Mensuales.²⁹

²⁹ Nota: Actividades de inspecciones mensuales, elaboración propia, 18 octubre del 2024, documento elaborado para los registros de la empresa Eternit.

9.9.4 Inspección anual.

Se debe realizar una inspección anual conjunta con un mantenimiento del mismo tiempo por parte de personal externo certificado que avale todos los equipos y que garantice que estos se encuentran en buen estado óptimos para el funcionamiento garantice que estos se encuentran en buen estado.

9.9.5 Lubricación.

Los puentes grúas requieren un mantenimiento adecuado, especialmente en el uso de lubricantes para sus múltiples piezas. En la figura 30 se describen algunas actividades de lubricación que son claves para el desempeño:

Selección del lubricante: Utilizar el tipo de lubricante recomendado por el fabricante para cada componente. Frecuencia de lubricación: Establecer un calendario de mantenimiento regular para asegurar que todas las partes móviles estén bien lubricadas. Inspección: Revisar periódicamente las piezas para detectar signos de desgaste o falta de lubricación. Limpieza: Limpiar las superficies antes de aplicar nuevos lubricantes para evitar la acumulación de suciedad. Almacenamiento adecuado: Guardar los lubricantes en un lugar fresco y seco, evitando la contaminación. Siguiendo estas pautas, se puede prolongar la vida útil de la maquinaria y garantizar su correcto funcionamiento.

COMPONENTES	PROCESO A SEGUIR
Lubricacion.	<p>En caso de que los rodamientos presenten temperaturas fuera de lo comun , se debera detener el funcionamini del puente grua e inspeccionad detalladamente el nivel del lubricante que contengtan los elementos.</p> <p>En el momento en que se procedan a lubricar componentes como lo son cadenas , rodaminetis , y demas accesorios, se deben utilizar prodcutos que aconsenjan los fabricantes en caso de que esta informacion sea desconocida se debe recurrir a una opinion de un experto.</p>
Lubricacion.	<p>Cuando se vaya a retir el luibrant egastado esimponente que se retire todo el exceso de este y se lave muy bien las partes del equipo, para eliminar cualquier posible contaminacion</p> <p>Se recomienda hace cambio de lubricantes cada 300 horas de servicio o 2 meses de operacion.</p>

Figura. 30 Actividades de Lubricación.³⁰

³⁰ Nota: Actividades de lubricación, elaboración propia, 18 octubre del 2024, documento elaborado para los registros de la empresa Eternit.

9.10 Acciones Correctivas.

Son todas aquellas que se deben hacer el reemplazo de los componentes por tiempo de uso o por avería prematura adicional en la siguiente figura 31 se mostrara las averías más comunes y como resolverlas.

Mecanismos	Averías	Posibles Causas	Soluciones
Elevación	El Polipasto no hace ningún movimiento	Fallo en la alimentación eléctrica Fusibles de entrada Fallo en la instalación Fusibles de mando Limitador F. C. de Seguridad	Comprobar: Tensión entrada amañeo Comprobar: Fusibles de entrada Comprobar: La instalación Comprobar: Fusibles de mando Comprobar: Seta de emergencia Mirar posición del F. C. de Seguridad
	El motor de Elevación del Polipasto zumba pero no gira	Algún fusible quemado Electroimán no funciona Contactor falla en una fase	Comprobar: Fusibles de elevación Comprobar: Electroimán Comprobar: Tensión salida contactores
	Salta el diferencial magnetotérmico al pulsar Subida ó Bajada	Posible derivación a tierra del motor Posible derivación a tierra del electroimán	Comprobar: Derivación al motor Comprobar: Derivación al electroimán
	El motor funciona, pero muy despacio	Magnetotérmico de Elev. disparado Fallo del Control de freno	Comprobar: Magnetotérmico de elev. Comprobar: Control de freno
	En bajada se desliza la carga	Fallo del freno de Elevación	Comprobar: Estado disco de freno
	El gancho sube en exceso y bloquea todo	Disparo F. C. de Seguridad	Comprobar: F. C. de subida Comprobar: Contactor subida(pegado)
	El gancho al suspender la carga dispara en eleva. Pero funciona en bajada	Disparo del limitador de sobrecarga	Comprobar: La carga Comprobar: Regul. F.C.de sobrecarga
	Se ha torcido el aparejo del gancho y el cable	El cable tiene una torsión	Quitar la torsión al cable Cambiar el cable en caso de deterioro
Trasl. Carro	Se ha desenrollado el cable en el tambor	Fallo de guía Fallo de cable	Comprobar: Guía de cable Comprobar: Cable de acero
	El carro no se desplaza	Fallo en el motor Fallo en la instalación F. C. disparado	Comprobar: Tensión en el motor, si no llega comprobar: La instalación Comprobar: F. C. posición
	El carro se desplaza muy lento	Fallo en fases del motor Fallo del freno Fallo posición F. C.	Comprobar: Tensión en el motor Comprobar: Electroimán Comprobar: Rectificador de freno Comprobar: Posición del F. C.
	La frenada es larga	Disco de freno	Comprobar: Ferodo de freno Comprobar: Muelles de freno Regular: Tuerca de reglaje freno
	El carro solo va en lenta en un sentido ó en 1 velocidad solo va en un sentido	Final de carrera actuado	Corregir la posición del F. C..
	El motor gira, pero no transmite movimiento	Avería en Caja Reductora	Comprobar: Estado de la Reductora

Figura. 31 Averías.³¹

³¹ Nota: Averias, elaboración propia, 18 octubre del 2024, documento elaborado para los registros de la empresa Eternit.

9.10.1 cambio de guaya.

En la figura 32 que se muestra al final, se seleccionaron un numero de imágenes que permiten revisar cuando y por qué se debería cambiar una guaya de manera inmediata.

- Naturaleza y número de roturas de alambres;
- Roturas de alambres en la zona de la terminación;
- Nidos de roturas de hilo;
- Escalonamiento en el tiempo del número de las roturas de alambres;
- Rotura de un cordón;
- Educción del diámetro del cable debido a la rotura del alma;
- Disminución de la elasticidad;
- Desgaste externo e interno;
- Corrosión externa e interna;
- Deformación;

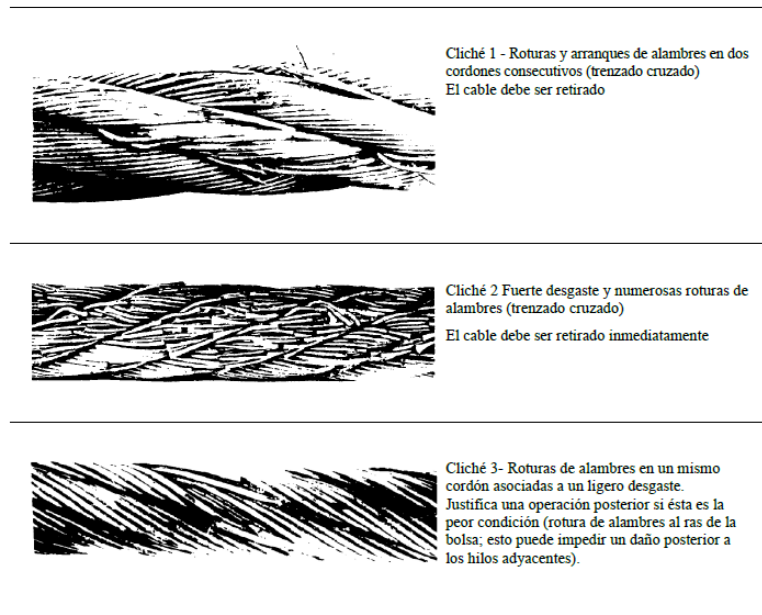


Figura. 32 Desgaste y Roturas.³²

³² Nota: Desgastes y Roturas, GH Crane, 2022, Manual de instrucciones 503037t.






Desgaste	
Ligeras diferencias de espesor en los alambres de relleno. Ligeras reducción del diámetro del cable.	
Las diferencias de espesor se acentúan en los hilos de relleno.	
Las diferencias de espesor se alargan, afectando a todos los hilos de cada cordón. La reducción de sección del cable es notable. <i>Examinar atentamente los otros criterios.</i>	
Las diferencias de espesor aparecen casi juntas, los cordones aparecen ligeramente aplastados, algunos alambres están muy adelgazados. Puede justificar una retirada. Tener en cuenta los otros criterios y aumentar la frecuencia de las inspecciones.	
Las diferencias de espesor se tocan, los alambres se aflojan y la reducción media del diámetro puede estimarse en el 40%. <i>Retirada inmediata.</i>	

Figura. 33 Desgaste.³³

³³ Nota: Desgastes y Roturas, GH Crane, 2022, Manual de instrucciones 503037t.

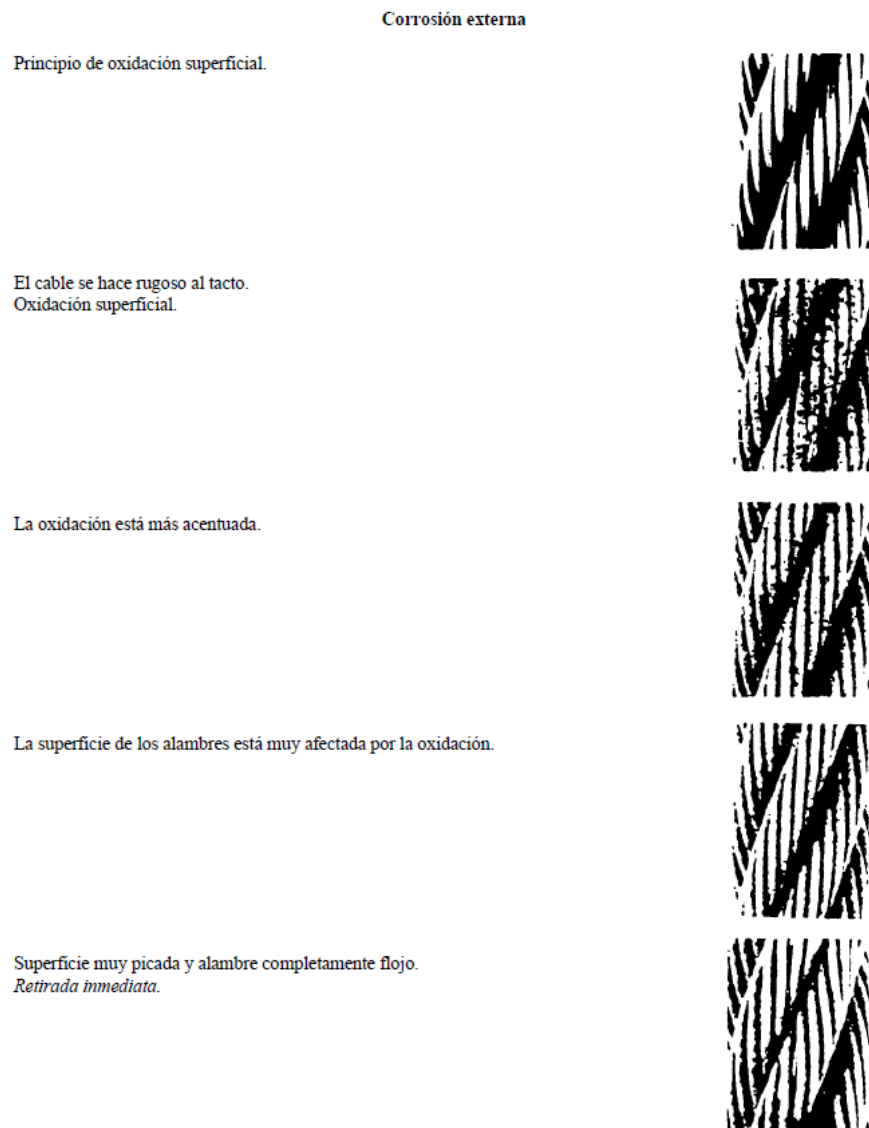


Figura. 34 Corrosión.³⁴

³⁴ Nota: Corrosión, GH Crane, 2022, Manual de instrucciones 503037t.

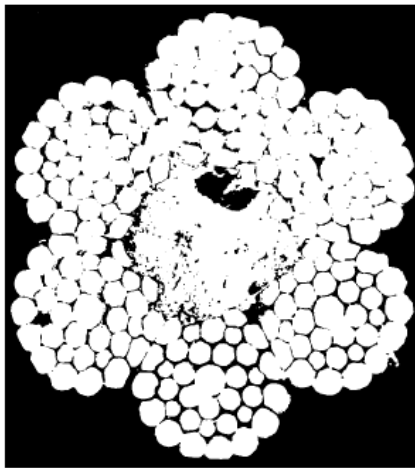


Cliché 5- Numerosas roturas de alambres a la altura de la polea de compensación (y a veces oculta por ésta). El cable debe ser retirado.



Cliché 6- Roturas de alambres a la altura de la polea de compensación y asociadas con un desgaste profundo sobre una pequeña longitud ocasionado por el bloqueo de la polea.

El cable debe ser retirado.



Cliché 7- Ejemplo de un cable que presenta una fuerte corrosión interna. Es de notar la desaparición de los alambres de relleno de los cordones en contacto con el alma (observación posible abriendo el cable). Observar también una fuerte constricción y una deformación de los alambres de los cordones. El cable debe ser retirado inmediatamente.



Cliché 8- Deformación en tirabuzón: el eje longitudinal del cable toma la forma de una hélice.

Si la deformación excede del valor indicado en el apartado 6.4.5.10.1, el cable debe ser retirado

Figura. 35 Rotura de Hilos.³⁵

³⁵ Nota: Rotura de hilos, GH Crane, 2022, Manual de instrucciones 503037t.



Cliché 9 - Deformación en cesta de un cable de varias capas de cordones.
El cable debe ser retirado inmediatamente.



Cliché 10- Quebradura o extrusión del alma de acero generalmente como consecuencia de una deformación en cesta en una zona próxima.
El cable debe ser retirado inmediatamente



Cliché 11- Un sólo cordón es afectado por la extrusión de los hilos, aunque el examen de una mayor longitud del cable muestra que el defecto se repite regularmente sobre el mismo cordón a distancias de un paso.



Cliché 12- Agravación del defecto anterior en un grado justifican la retirada inmediata del cable.

Figura. 36 Deformación.³⁶

³⁶ Nota: Deformación, GH Crane, 2022, Manual de instrucciones 503037t.

9.11 Acciones Preventivas.

En la figura 37 se realiza un listado de todas aquellas actividades que se deben realizar por parte del equipo de mantenimiento mecánico y en la figura 38 se describen todas aquellas actividades eléctricas, las cuales son tomadas de un informe previo realizado con los técnicos que realizan el mantenimiento.

1	INSPECCION DE RUEDAS VIGA PUENTE	7	30.1 REALICE REVISION DE ESTADO DE CORREAS, CAMBIAR EN CASO DE SER NECESARIO, CORREA 5VX 600	13	40.3 REVISAR ESTADO DE PINES Y BROCHES DE SEGURIDAD PARA SUJECCION DE RUEDAS DEL TROLLEY	19	60.2 REALICE REVISION DE TORNILLERIA DE ANCLAJE DE LA VIGA PUENTE
2	20.1 VERIFIQUE EL EXPESOR DE LAS PESTAÑAS DE LAS RUEDAS DEBE ESTAR ENTRE 23.5 Y 13.5 MM	8	30.2 REALICE INSPECCION DE NIVEL DE ACEITE DEL REDUCTOR DE TRASLACION, COMPLETE EN CASO DE SER NECESARIO,	14	INSPECCION DE CABLES DE IZAJE	20	REVISION DE NIVELES DE ACEITE
3	20.2 REALICE INSPECCION DE CHUMACERAS Y RODAMIENTOS, GARANTICE BUEN ESTADO Y LUBRICACION	9	30.3 REALICE REVISION Y LUBRICACION DE ACOPLEROS (ACOPLES DE CADENA Y TIPO BRIDA), NOTIFIQUE ANORMALIDADES ENCONTRADA	15	50.1 REVISAR QUE EL CABLE NO PRESENTE DESGASTE EXCESIVO, NI ROTURA DE ALAMBRES EN CASO CONTRARIO PROGRAMAR EL CAMBIO	21	COMPROBAR EL NIVEL DE ACEITE DE TODOS LOS REDUCTORES Y COMPLETAR EN CASO DE SER NECESARIO
4	20.3 REALICE REVISION DE SEGURO DE LA CHUMACERA, GARANTIZAR BUEN ESTADO, NOTIFIQUE ANORMALIDADES ENCONTRADAS	10	INSPECCION DE RUEDAS TROLLEY	16	50.2 ENGRASAR EL CABLE, EL TAMBOR Y LA GUIA TENSORA DEL CABLE	22	REVISION DE ZAPATA FRENO ESTATICO
5	20.4 INSPECCION CONTRA EJE TRANSMISION	11	40.1 VERIFIQUE EL EXPESOR DE LAS PESTALLAS DE LAS RUEDAS DEBE ESTAR ENTRE 14 Y 6 MM, EN CASO CONTRARIO INFORMAR NOVEDADES PARA PROGRAMAR CAMBIO	17	INSPECCION GENERAL DE ESTRUCTURA	23	010 REVISAR ESTADO DE ZAPATA Y TAMBOR GARANTIZAR CORRECTO FUNCIONAMIENTO.
6	20.5 INSPECCION CONTRA EJE TRANSMISION RUEDAS MOTRICES VIGA PUENTE	12	40.2 REALICE REVISION DE NIVEL DE ACEITE DE LOS REDUCTORES DE TRASLACION DEL TROLLEY, COMPLETAR EN CASO DE SER NECESARIO	18	60.1 REALICE REVISION GENERAL DE ESTADO DE SOLDADURA	24	020 REVISAR ESTADO DE CILINDRO NEUMATICO DEL FRENO, REVISAR SI PRESENTA FUGAS ENTRE RECAMARAS, EN CASO TAL CAMBIAR.

Figura. 37 Mantenimiento Mecánico.³⁷

³⁷ Nota: Mantenimiento mecánico, GH Crane, 2022, Manual de instrucciones 503037t.

1	010 INSPECCION DE COLECTORES	8	040 INSPECCION TABLERO TROLLEY	15	051 REAPRETAR CINEXIONES SISTEMA ELECTRONICO VDF Y RELEVOS VELOCIDADES	22	070 REVISION PALANCAS Y REAPRETAR CONEXIONES
2	020 INSPECCION DE BREAKER PRINCIPAL (REAPRETAR CONEXIONES)	9	041 REAPETAR SISTEMA ELECTRONICO VDF Y RELEVOS VELOCIDADES	16	052 INSPECCION CONEXIONES MOTOR	24	081 REVISAR CONEXIONES
3	030 INSPECCION DE TABLERO PUENTE	10	042 INSPECCION CONEXIONES MOTOR	17	053 REVISAR ESCOBILLAS MOTOR	25	REVISION DE CABLEADO PLANO
4	031 REAPETAR SISTEMA ELECTRONICO VDF Y RELEVOS VELOCIDADES	11	043 REVISAR ESCOBILLAS MOTOR	18	054 MEGUEAR MOTOR	26	REVISION DE LIMITADORES
5	032 INSPECCION CONEXIONES MOTOR	12	044 MEGUEAR MOTOR	19	055 VERIFICAR FINAL DE CARRERA	27	MEDICION DE RESISTENCIA DE FRENOS
6	033 REVISAR ESCOBILLAS MOTOR	13	045 VERIFICAR FINALES DE CARRERA (ADAPTAR)	20	060 INSPECCIONAR CABLE PLANOS DE FUERZA Y CONTROL	28	MEDICION DE RESISTENCIAS DE RECTIFICADORES.
7	034 MEGUEAR MOTORES	14	050 INSPECCION TABLERO GANCHO	21	061 INSPECCIONAR CARRITOS Y PERFILES		

Figura. 38 Mantenimiento Eléctrico.³⁸

9.11.1 Lubricación de guayas.

la importancia del engrase regular de los cables para mejorar su rendimiento y prolongar su vida útil. Se recomienda reponer la grasa cada tres meses, utilizando grasa Cálcica Grafitada de BEROL o un producto similar. Las funciones principales del lubricante son reducir la fricción, prevenir la corrosión y proteger la estructura interna del cable. Antes de engrasar, es necesario

³⁸ Nota: Mantenimiento Eléctrico, GH Crane, 2022, Manual de instrucciones 503037t.

limpiar los restos de grasa y polvo con una escoba de acero. Se sugiere aplicar el lubricante con un trapo impregnado de aceite caliente, asegurándose de que sea fluido, adherente y libre de residuos ácidos. En caso de utilizar productos de alta viscosidad, se debe consultar al fabricante.

Además, se aconseja llevar un registro en cada instalación con detalles como la fecha de instalación, características del cable, intervalos de engrase y el tipo de grasa utilizada.

10. Gastos de paros de mantenimiento.

10.1 Costos Por Paradas Relacionadas A La Grúa.

Según nuestros objetivos que es la mejora del mantenimiento de la grúa GH de 10 toneladas de la planta Eternit barranquilla, se deduce que se pueden lograr los objetivos de manera acertada si se sigue a rigurosidad el nuevo plan de mantenimiento y las actividades descritas en este trabajo, que su objetivo principal es bajar las horas de paros y que la confiabilidad del equipo mejore con el tiempo, a continuación, en la figura 39 se observa una tabla de costos de paradas de mantenimiento.

DESCRIPCIÓN	HORAS DE PARO	MINUTOS	FRA-MEC	FRA-ELE	
MALA OPERACIÓN EN LA GRUA GH EQUIPO SE BLOQUEA	0,16666667	10			\$ 280.000,00
GRUA GH BLOQUEADA EN DESMOLDADORA	0,33333333	20		20	\$ 560.000,00
GRUA GH SE BLOQUEÓ	0,25	15		15	\$ 420.000,00
GRUA GH NO BAJABA CARGA	0,5	30		30	\$ 840.000,00
GRUA GH SE BLOQUEO	0,11666667	7		7	\$ 196.000,00
INTERVENCION DE GRUA GH CAMBIO DE ESCOBILLA	2,08333333	125		125	\$ 3.500.000,00
GH BLOQUEADA QUEDA EN MITAD DE LA LINEA	0,5	30			\$ 840.000,00
GRUA GH BLOQUEADA	3,41666667	205		205	\$ 5.740.000,00
GRUA GH BLOQUEADA, VARIADOR DE LOS GANCHOS DISPARADO	0,33333333	20		20	\$ 560.000,00
GRUA GH BLOQUEADA, VARIADOR DE LOS GANCHOS DISPARADO	0,16666667	10		10	\$ 280.000,00
DAÑO EN COLECTOR DE LA GRUA GH	2,91666667	175		175	\$ 4.900.000,00
DAÑO EN COLECTOR DE LA GRUA GH	1,08333333	65		65	\$ 1.820.000,00
GRUA DEMAG ATASCADA EN COLUMNA 14 Y GRUA GH NO ENCENDIA PARA MOVER LA DEMAG	0,33333333	20		20	\$ 560.000,00
GRUA GH PRESENTA BLOQUEO	0,33333333	20		20	\$ 560.000,00
GRUA GH BLOQUEADA	2,83333333	170			\$ 4.760.000,00
CORTO EN ESCOBILLAS DE LA GRUA GH	1,5	90		90	\$ 2.520.000,00
FALLA EN ARAÑA DE LA GRUA GH	0,4	24		24	\$ 672.000,00
FALLA EN ARAÑA DE LA GRUA GH	0,83333333	50		50	\$ 1.400.000,00
FALLA EN GRUA GH	1,33333333	80		80	\$ 2.240.000,00
GRUA GH SE LE SALE UNA ESCOBILLA	0,5	30		30	\$ 840.000,00
GRUA GH SE LE SALE UNA ESCOBILLA	2	120		120	\$ 3.360.000,00
GRUA GH SE LE SALE UNA ESCOBILLA	1,41666667	85		85	\$ 2.380.000,00
GRUA GH SE LE SALE UNA ESCOBILLA	0,5	30		30	\$ 840.000,00
GRUA GH SE LE SALE UNA ESCOBILLA	0,33333333	20		20	\$ 560.000,00
GRUA GH CON PROBLEMAS DE RODAMIENTO RUEDA MOTRIZ LADO OFICINA	0,5	30	30		\$ 840.000,00
BLOQUEO GRUA GH	0,5	30		30	\$ 840.000,00
CAMBIO RUEDAS GRUA GH	6	360	360		\$ 10.080.000,00
DAÑO EN LOS REDUCTORES DE LOSTESTEROS	110	6600			\$ 184.800.000,00
GRUA GH NO ENCENDIA	0,5	30		30	\$ 840.000,00
GRUA GH INCLINADA EN EL GANCHO 1 SE CORRIGE LA GUAYA	5	300	300		\$ 8.400.000,00
TOTAL DE HORAS PARADAS	146,6833333				
TOTAL DE DIAS PARADOS	6,111805556				
COSTO DE PARADA DE MANTENIMINETO	\$ 1.680.000,00				
			TOTAL DE COSTOS DE PAROS GRUA		\$ 246.428.000,00

Figura. 39 Costos de paros de Mantenimiento Grúa GH 10 TON.³⁹

³⁹ Nota: Costos de paros de mantenimiento, Ordenes y solicitudes de compras extraídas de SAP, 2022, SAP

Si comparamos el costo de la grúa estamos casi cerca al costo inicial de una grúa nueva por lo que vemos viable seguir estrictamente las recomendaciones y todo los mecanismos expuestos para el correcto mantenimiento y mejorar así la disponibilidad que es el objetivo final de este trabajo, a continuación se muestra el costo del equipo nuevo en dólares que al pasar esto a pesos da un aproximado de lo que se ha gastado el equipo en paros no programados sin contar las reparaciones e insumos que se han cambiado.



1.2 Oferta económica

Kit para grúa puente birraíl 4 x 2500 kg de capacidad de elevación con 20404 mm de luz

El Kit irá provisto de:

- ◆ Carro con 4 polipastos GHB11
- ◆ Testeros de dirección del carro
- ◆ Mandos por medio de botonera de pulsadores desplazable a lo largo del puente e independientemente del carro polipasto
- ◆ Limitador de carga. Caja negra por celulas de carga.
- ◆ Variador en carro
- ◆ Variador en puente
- ◆ Armarios y aparellaje eléctrico del puente grúa
- ◆ Avisador acústico y luminiso
- ◆ Célula anticolidión por grúa existente

CANTIDAD: 1

PRECIO: US \$ 55.852,50

Menos descuento 2 % US \$ 54.182,73

- ◆ Testeros de traslación diámetro 315 mm 2 x 2,85 kW

Figura. 40 Costo de Implementación Grúa GH.⁴⁰

⁴⁰ Nota: Costos de implementación de la grúa , cotización de compras extraídas de SAP, 2022, SAP ERP Eternit.

11. Presupuesto.

Se actualiza el presupuesto ajustado a las intervenciones que realiza el personal de mantenimiento durante sus horas laborales, además de los registros y todo el tiempo empleado por el personal de apoyo dentro del grupo de mantenimiento los cuales ayudan a la recopilación de información del plan de mantenimiento.

	CONCEPTO	MES 1 X HORAS	COSTO	MES 2 X HORAS	COSTO	MES 3 X HORAS	COSTO	MES 4 X HORAS	COSTO	MES 5 X HORAS	COSTO	MES 6 X HORAS	COSTO
1	PAPELERIA Y UTILES DE OFICINA	1	\$ 25.000,00	1	\$ 25.000,00	1	\$ 25.000,00	1	\$ 25.000,00	1	\$ 25.000,00	2	\$ 50.000,00
2	HORAS DE TRABAJO DE INGENIERO	18	\$ 273.750,00	18	\$ 273.750,00	16	\$ 243.333,33	18	\$ 273.750,00	12	\$ 182.500,00	18	\$ 273.750,00
3	HORAS DE TRABAJO DE TECNICO	8	\$ 65.000,00	8	\$ 65.000,00	5	\$ 40.625,00	8	\$ 65.000,00	7	\$ 56.875,00	8	\$ 65.000,00
4	HORAS DE TRABAJO DE PLANEADOR	8	\$ 73.333,33	8	\$ 73.333,33	5	\$ 45.833,33	5	\$ 45.833,33	5	\$ 45.833,33	8	\$ 73.333,33
5	HORAS DE TRABJO DEL JEFE DE MTTO	9	\$ 600.000,00	2	\$ 133.333,33	2	\$ 133.333,33	2	\$ 133.333,33	2	\$ 133.333,33	3	\$ 200.000,00
6	HORAS DE TRABAJO DE HSG	9	\$ 243.750,00	2	\$ 54.166,67	2	\$ 54.166,67	2	\$ 54.166,67	2	\$ 54.166,67	3	\$ 81.250,00
7													
8													
9													
10													
11													
		53	\$ 1.280.833,33	39	\$ 624.583,33	31	\$ 542.291,67	36,00	\$ 597.083,33	29	\$ 497.708,33	\$ 42,00	\$ 743.333,33
						X DIAS	X HORAS						
				SUELDO BASICO INGENIERO	\$ 3.650.000,00	\$ 121.666,67	\$ 15.208,33			PRESUPUESTO TOTAL \$ 4.285.833,33			
				SUELDO BASICO TECNICO	\$ 1.950.000,00	\$ 65.000,00	\$ 8.125,00						
				SUELDO BASICO HSG	\$ 6.500.000,00	\$ 216.666,67	\$ 27.083,33						
				SUELDO BASICO JEFE MTTO	\$ 16.000.000,00	\$ 533.333,33	\$ 66.666,67						
				SUELDO BASICO PLANEADOR	\$ 2.200.000,00	\$ 73.333,33	\$ 9.166,67						
				PAPELERIA Y UTILES DE OFICINA	\$ 25.000,00								

Conclusiones.

En busca de mejorar la disponibilidad y la seguridad de la grúa GH podemos concluir que el mantenimiento preventivo de una grúa es fundamental para garantizar su operatividad, seguridad y prolongar su vida útil. Al realizar inspecciones periódicas y las tareas de mantenimiento asignadas según el plan de mantenimiento de la empresa, se pueden identificar y corregir problemas potenciales antes de que se conviertan en fallas graves que conlleven a la no operatividad del equipo. Esto no solo reduce el riesgo de accidentes que fue el hecho principal que forjó el objetivo de esta monografía, sino que también minimiza el tiempo de inactividad y los costos asociados a reparaciones inesperadas. En conclusión, el programa de mantenimiento preventivo propuesto con sus inspecciones mencionadas y bien implementado es clave para la eficiencia y la seguridad en las operaciones de la grúa GH.

Se identificó que en el primer mes de las inspecciones antes mencionadas se da a conocer los hallazgos de elementos desgastados y de mínimas fallas del equipo que se fueron registrando y resolviendo de forma continua, cabe aclarar que la mayoría de las inspecciones se aplicaron al área de mantenimiento mecánica y que las inspecciones del área de mantenimiento eléctrico dan como resultado la documentación de mediciones de valores establecidos que con el tiempo deben ser registrados para lograr obtener un set y unos límites de funcionamiento.

Todos estos análisis llevaron a lograr que en 2 meses de operatividad se lograra una disponibilidad por encima del 95 %, esto ayudando a los indicadores de mantenimiento como lo son el MTTO y el MTTF. Esto solo se mejora realizando las inspecciones adecuadas y en tiempos no productivos que nos permitan recopilar la información de mejor calidad.

Con respecto a los objetivos podemos concluir los siguiente:

- Cuantificar los componentes críticos de la grúa, cuantificar los modos y las causas de falla para su prevención a través de una serie de acciones o tareas programadas, se realiza la identificación y la cantidad de componentes de la grúa además apoyados con los planos e información del fabricante se logran obtener los modos y causas de falla los componentes.
- Recopilar y analizar la información existente de la Grúa GH de 10 toneladas para realizar una valoración de la situación actual en la que se encuentra sus componentes y las características especiales de los subsistemas, con el personal técnico se valora el estado actual de la grúa y 2 meses después de funcionamiento eficiente y junto a las rutinas se evidencia sostenibilidad del equipo.
- Diseñar un plan de rutinas de inspección de los subsistemas según las recomendaciones del fabricante en el cual se observen las condiciones del equipo, con la información dada por los técnicos y la investigad con los manuales se ajusta las rutinas de inspecciones de los equipos que componen la grúa y se realizan, diaria, semanal, mensual y anual.
- Realizar un análisis de modos de falla y efectos (FMECA) en la producción y calidad de las tejas de fibrocemento, se reúne personal interdisciplinario de la empresa y se califican según su criterio la criticidad de los equipos que componen la grúa GH.

- Crear los distintos subsistemas en SAP para generar el plan de mantenimiento, con el auxiliar de mantenimiento se crea los repuestos y los subequipos en el sistema, así como los mínimos y máximos que deben tener en stock de almacén
- Crear el stock de repuestos críticos en almacén para garantizar la funcionalidad de la grúa.

Referencias Bibliográficas.

- MENDOZA, Pedro. DISEÑO DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO BASADA EN LA CONFIABILIDAD, RPM, E INSPECCIÓN BASADA EN EL RIESGO, FBI. [Libro]. Monografía de grado, especialización en gerencia de mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2009.
- CRUZ, S., & CARDOSO, A. Estator winding fault diagnosis in three-phase synchronous and asynchronous motors, by the extended park's vector approach. IEEE Trans. Ind. Appl. 2001, 37, 2001 1227–1233.
- CUI, J., TANG, J., SHI, G., & ZHANG, Z. Generator rotating rectifier fault detection method based on stacked auto-encoder. In Proceedings of the 2017 IEEE Workshop on Electrical Machines Design, Control and Diagnosis (WEMDCD 2017), 2017 256– 261.
- GH. GH CRANES Puente Grúas: <https://www.ghcranes.com/pdfs/catalogos/GH-Catalogo-corporativo-2023.pdf>.
- GH. GH CRANES Manual Instrucciones 503037-A;503037-B;503037-C CEM01E_8.
- ABUS. Kransysteme Gmbh. [En línea]. [Consulta: 28 de agosto de 2017].
- 2 _____. Manual de operación de puentes-grúa. Guatemala: CONTEC INDUSTRIAL, 2016. 115 p.
3. BAUMEINSTER, Theodore. Manual del ingeniero mecánico. México: McGraw-Hill, 1988. 189
4. Eficiencia y productividad de maquinaria y equipo. [En línea]. [Consulta: 28 de agosto de 2017].

5. Grúas y polipastos, puentes-grúa. [En línea]. [Consulta: 28 de agosto de 2017].

6. GUERRA AYALA, Sergio Leonardo. Implementación de un programa de mantenimiento para la maquinaria y equipo del centro de servicio automotriz, El ingenio, S.A. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 188 p.

ERNST, H. Aparatos de Elevación y Transporte. Tomo 1, Editorial Blume, Barcelona, 1961.

ERNST, H. Aparatos de Elevación y Transporte. Tomo 2 Tornos y grúas, Editorial Blume, Barcelona, 1961.

ERNST, H. Aparatos de Elevación y Transporte. Tomo 3 Ejecuciones especiales, Editorial Blume, Barcelona, 1961.

MIRAVETE, A. Aparatos de Elevación y Transporte. Antonio Miravete, Zaragoza, 1994.

LARRODE, E., MIRAVETE, A. Grúas. Servicio de Publicaciones. Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 1996.

Normativa sobre aparatos de elevación

UNE 58-101-92 Parte 1 Aparatos pesados de elevación. Condiciones de resistencia y seguridad en las grúas torre desmontables para obra. Parte1: Condiciones de diseño y fabricación

UNE 58-101-92 Parte 2 Aparatos pesados de elevación. Condiciones de resistencia y seguridad en las grúas torre desmontables para obra. Parte2: Condiciones de instalación y utilización

UNE 58-101-92 Parte 3 Aparatos pesados de elevación. Condiciones de resistencia y seguridad en las grúas torre desmontables para obra. Parte3:

Documentación

UNE 58-101-92 Parte 4 Aparatos pesados de elevación. Condiciones de resistencia y seguridad en las grúas torre desmontables para obra. Parte4:

Vida de la grúa