

Plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para los puentes grúa de la empresa TurboPreServices C.A.

Preventive maintenance plan based on reliability for the bridges cranes of the company TurboPreServices C.A.

Mariana de la Chiquinquirá Tallaferro Fernández

Universidad Rafael Urdaneta, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial. Maracaibo, Venezuela.

 <https://orcid.org/0009-0005-1367-1887> | Correo electrónico: mariana.30029715@uru.edu

Alejandra Noemi Valbuena González

Universidad Rafael Urdaneta, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial. Maracaibo, Venezuela.

 <https://orcid.org/0009-0003-3438-8971> | Correo electrónico: avalbuena17@gmail.com

Fernando Ignacio Inciarte González

Universidad Rafael Urdaneta, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial. Maracaibo, Venezuela.

 <https://orcid.org/0009-0009-6415-9022> | Correo electrónico: finciarte@gmail.com

Andrés Antonio Sánchez Semprún

Universidad Rafael Urdaneta, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial y Escuela de Ingeniería Eléctrica. Maracaibo, Venezuela

 <https://orcid.org/0000-0002-6918-224X> | Correo electrónico: ansaun730@gmail.com

Admitido: 30/04/2023

Aceptado: 01/06/2023

Resumen

En la realización de esta investigación se identificó la situación actual de los equipos pertenecientes a la empresa TurboPreServices C.A., con el fin de proponer un plan de mantenimiento preventivo para garantizar la seguridad y fiabilidad de los mismos. Para lo cual, se describieron las cualidades operativas y funcionales, los sistemas y el estado actual de los equipos, con el objetivo de analizar los modos, efectos y criticidad de las fallas que se pueden presentar. Como resultado se detectó un modo de falla crítico, 49 semi-críticos y 37 fallas no críticas, siendo esto la base para determinar las actividades de mantenimiento que ayudarán disminuir los defectos y ampliar la vida útil de los equipos. Esto brindará orientación al encargado de mantenimiento y a los operadores de los equipos para que realicen las tareas siguiendo los procedimientos establecidos, dentro de un plazo específico y manteniendo un registro organizado de los aspectos relacionados con el mantenimiento.

Palabras clave: Mantenimiento preventivo, Puentes grúa, Equipos.

Abstract

In carrying out this research, the current situation of the equipment belonging to the company TurboPre Services C.A. was identified, in order to propose a preventive maintenance plan to guarantee their safety and reliability. For this, the operational and functional qualities, the systems and the current state of the equipment were described, with the objective of analyzing the modes, effects and criticality of the failures that may occur. As a result, one critical failure mode, 49 semi-critical and 37 non-critical failures were detected, this being the basis for determining maintenance activities that will help reduce defects and extend the useful life of the equipment. This will provide guidance to the maintenance manager and equipment operators to perform tasks following established procedures, within a specific time frame, and maintaining an organized record of maintenance-related issues.

Keywords: Preventive maintenance, Bridge cranes, Equipment.

Introducción

La mayoría de las industrias cuentan con maquinaria y equipos que son utilizados en sus procesos productivos, si bien estos cumplen con sus funciones básicas, muchos de sus componentes requieren de mantenimiento para garantizar la seguridad de los operadores y el personal, así como la continuidad del funcionamiento de los equipos y prolongar sus servicios de vida útil.

Olarte, Botero y Cañón[1] señalan que “el mantenimiento industrial está definido como el conjunto de actividades encaminadas a garantizar el correcto funcionamiento de las máquinas e instalaciones que conforman un proceso de producción permitiendo que éste alcance su máximo rendimiento”.

Para determinar las actividades de mantenimiento, se inicia por conocer a profundidad los equipos de estudio, partiendo de las características funcionales y operacionales junto al estatus actual que serán la base para diseñar el plan de mantenimiento[2].

Siendo un plan de mantenimiento el conjunto de actividades y tareas rutinarias y/o programadas focalizadas en el mantenimiento de los equipos y sus componentes, estas actividades deben seguir las condiciones de los fabricantes para una mejor ejecución y diseño[2].

Los puentes grúa, de acuerdo con Villón Barona y Naranjo Ortiz [3] “son equipos utilizados para la elevación de cargas de gran volumen y peso que no pueden ser manipulados por una persona” (p.9). Es importante que estos equipos cuenten con un mantenimiento adecuado ya que son muy costosos y su mal funcionamiento puede afectar la seguridad, la productividad y la calidad de los servicios que ofrece la empresa TurboPreServices.

El mantenimiento de los puentes grúa debe ser preventivo y correctivo, siguiendo las normas y protocolos establecidos para garantizar su óptimo rendimiento y durabilidad. Además, el mantenimiento de los puentes grúa debe ser realizado por personal cualificado y con experiencia, que pueda detectar y solucionar cualquier problema o anomalía que se presente en estos equipos. De esta forma, se evitan accidentes, retrasos, desperdicios y daños materiales o humanos que puedan perjudicar la reputación y la competitividad de la empresa.

El objetivo de este trabajo fue diseñar un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM, siglas en inglés) para los puentes grúa de la empresa TurboPreServices, C. A. El RCM es una metodología que busca optimizar las actividades de mantenimiento y mejorar la confiabilidad de los equipos, teniendo en cuenta el impacto de las fallas en los objetivos de la organización. Para ello, se analizaron las funciones, fallas funcionales, modos de falla y nivel de criticidad de los puentes grúa, se identificaron las frecuencias y tareas de mantenimiento adecuadas y se propusieron acciones de mejora para reducir los costes y el tiempo de inactividad. Con este plan se espera aumentar la disponibilidad, la seguridad y la eficiencia de los puentes grúa, así como prolongar su ciclo de vida útil.

Metodología

El presente estudio fue de tipo descriptivo y proyectivo y se enmarcó dentro de un diseño no experimental, puesto que la variable no fue objeto de manipulación alguna. También se ajustó a un diseño de investigación cualitativo-cuantitativo (de enfoque mixto) y transeccional [4, 5], donde la unidad de análisis estuvo representada por los equipos puentes grúa de la empresa TurboPreServices C. A, que abarcaron las grúas de 20, 16, 8, 5, 4.5 y 3.5 toneladas (Tabla 1):

Tabla 1. Lista de equipos a estudiar

Equipos	Cantidad
Puente grúa 20 ton	1
Puente grúa 16 ton	1

Cont. Tabla 1. Lista de equipos a estudiar

Equipos	Cantidad
Puente grúa 8 ton	1
Puente grúa 5 ton	1
Puente grúa 4.5 ton	1
Puente grúa 3.5 ton	1
Total de equipos operativos	6

Seguidamente, se presentan las actividades que se llevaron a cabo en el proceso de la investigación, las cuales son esenciales para cumplir con los objetivos específicos planteados en el estudio. Es importante destacar que cada actividad se llevó a cabo de manera rigurosa y sistemática, con el fin de garantizar la calidad y validez de los datos obtenidos. La investigación se dividió en cuatro fases como se muestra en la Figura 1:

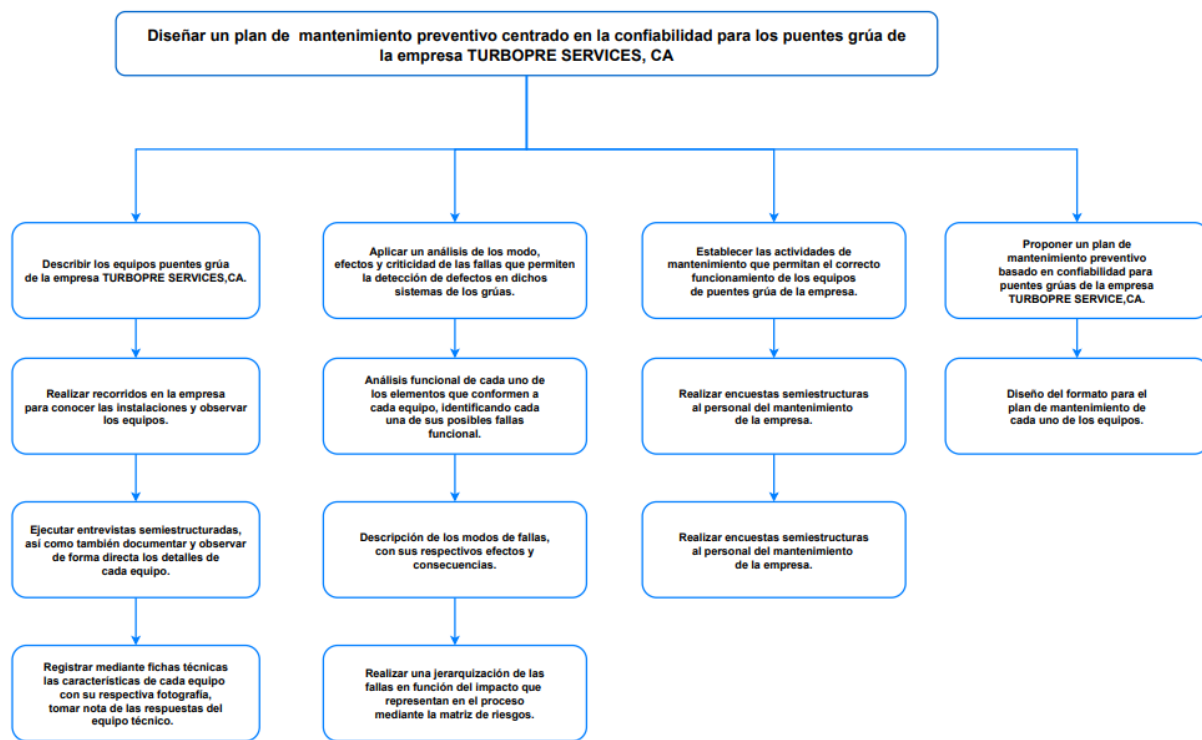


Figura 1. Procedimiento seguido en la investigación

En la Fase I se describieron los equipos puente grúa de la empresa TurboPreServices, C. A., para ello se utilizaron fichas técnicas[6], a fin de detallar las características de cada uno de ellos.

En la Fase II se aplicó el análisis de los modos, efectos y criticidad de las fallas mediante el formato AMFEC [7], lo que permitió la detección de defectos en dichos sistemas de los puentes grúas; con esta finalidad se elaboraron tablas descriptivas donde se identificaron los sistemas de los equipos, así como también los componentes y las partes. Seguidamente, se identificaron las fallas, modos y efectos, así como también se evaluó el nivel de criticidad de las mismas para jerarquizar la importancia de cada una de ellas.

Para la Fase III se establecieron actividades de mantenimiento preventivo para cada uno de los sistemas especificando si son de servicio o reemplazo.

La Fase IV consistió en la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para cada sistema tomando en cuenta las herramientas, la mano de obra a utilizar y la frecuencia de las actividades, entre otras.

Resultados y discusión

Descripción de los sistemas del puente grúa

Se presentan los resultados obtenidos del estudio realizado a cada uno de los equipos mediante las fichas técnicas y el AMFEC, seguido de la elaboración de los planes de mantenimiento para cada sistema de los puentes grúa. En la Tabla 2, se muestran los componentes y partes de los sistemas pertenecientes a los puentes grúa:

Tabla 2. Descripción de los sistemas pertenecientes a los puentes grúa

Área mantenimiento	Sistema	Componentes	Partes
Puente grúa	Estructura principal	Vigas principales	-
		Rieles guía	-
	Sistema de traslación del puente	Motor reductores	Motor eléctrico, reductor, engranajes, ejes, rodamientos.
		Ruedas conductoras	-
		Ruedas inducidas	-
		Tope de cabezal	-
	Estructura del puente	Vigas testeras	-
		Vista de carga	-
		Ruedas inducidas	-
	Polipasto	Motor izamiento	Carcaza, rotor, estator, etc.
		Reductor	Engranajes, carcaza, rodamientos.
		Eje de reductor	-
		Tambor guía cable	Cilindro, tapas, rodamientos
		Eje de tambor	-
		Gancho	-
	Carro transversal Estructura del Puente	Motor reductores	Motor eléctrico, reductor, engranajes, ejes, rodamientos
		Bastidor motriz	-
		Ruedas conductoras	-
	Sistema eléctrico	Contactores velocidad	-
		Guarda motores	-
		Rieles	-
		Rectificadores	-
		Botonera	Carcaza, botones

En la Figura 2 se presenta, como ejemplo, la ficha técnica del puente grúa de 20 toneladas, la cual describe características como: especificaciones técnicas y dimensiones, modelo y condiciones de riesgo, entre otras. Estas fichas técnicas se adaptaron a los elementos y características relevantes para esta investigación.

		TurboPre Services, C.A.		Fecha	abril 2023	
				Realizado por		Tallaferro, M. Valbuena, A.
PUENTE GRÚA 20 TONELADAS						
Foto Referencial						
						
Función y Descripción del Equipo						
Puentes Grúa de Viga doble sobre viga carrilera de 20 toneladas de capacidad, 16.5 m de Luz y 63 m de recorrido del puente . Viga carrilera en estructura metálica fabricada en acero estructural ASTM A-36						
Información Básica						
Marca	R&M		Cantidad	1		
Modelo	SHAW-BOX		Ubicación	NAVE A		
Voltaje	440 V		Tipo	Birrail		
Especificaciones y Dimensiones			Condiciones de Riesgo			
Dimensiones	Alto	10 m	Ruido	X	Eléctrico	X
	Ancho	16.5 m	Vibración	X	Temperatura	
	Largo	63 m	Golpe	X	Otros	X

Figura 2. Ficha técnica del puente grúa de 20 toneladas

Análisis de Modos de Fallas, Efectos y Criticidad (AMFEC)

Una vez que se tuvo conocimiento de los equipos de la empresa que fueron objeto de estudio, se inició el análisis de los modos, efectos y criticidad de las fallas que pudieran presentarse en dichos equipos. Para llevar a cabo este análisis, se realizó una evaluación funcional de cada uno de los elementos que conforman los equipos, con el fin de identificar los posibles modos de falla, conocer sus efectos y consecuencias, y establecer una jerarquía en función del riesgo que representan.

A continuación, se presenta un gráfico con los modos de fallas de todos los sistemas analizados en los puentes grúa, mostrando que el sistema eléctrico fue el que exhibió el mayor número de fallas (Figura 3).

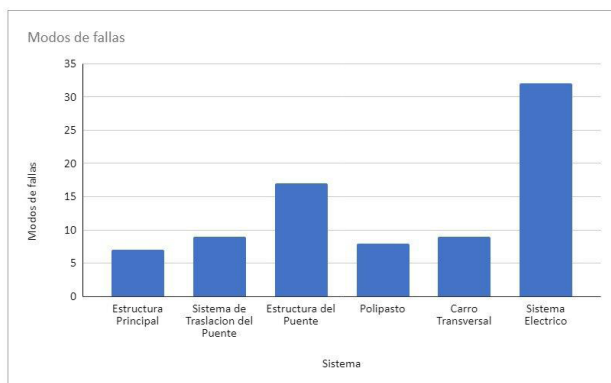


Figura3. Modos de fallas por sistema

En la Tabla 3, se tomó como ejemplo el sistema eléctrico de los puentes grúa, para mostrar los modos y efectos de fallas.

Tabla 3. Modo y efectos de fallas del sistema eléctrico

Sistema eléctrico						
Sistema	Componente		Función Principal	Falla Funcional (FF)		
F	Sistema Eléctrico	F1	Contactores	Es un dispositivo eléctrico que cumple la función de apertura y cierre de circuitos eléctricos, mediante la conexión y desconexión de sus contactos a través de una señal externa.	F1.1	Mal cierre de contactos
					F1.2	Daño en la bobina
		F2	Relé de tiempo	Un relé de tiempo es un tipo de relé que abre y cierra un circuito eléctrico de forma automática y durante un tiempo determinado.	F2.1	Falla del temporizador
					F2.2	Cableado defectuoso o inadecuado
					F2.3	Falla mecánica
					F2.4	Voltaje insuficiente
		F3	Guardamotores	Un guardamotor es un dispositivo eléctrico que se usa para proteger los motores de posibles daños causados por sobrecargas, cortocircuitos o fallas de fase.	F3.1	Configuración incorrecta
					F3.2	Voltaje insuficiente
					F3.3	Daño de bobina
					F3.4	Daño interno de mecanismo de acción
		F4	Relés	La función principal de un relé es controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, actuando como un amplificador eléctrico	F4.1	Daño en la bobina
					F4.2	Falla mecánica
					F4.3	Mala conexión
		F5	Rectificadores	Un rectificador es un dispositivo electrónico que permite convertir la corriente alterna en corriente continua.	F5.1	Diodo abierto
					F5.2	Mala conexión
		F6	Botoneras	La función principal de las botoneras de los puentes grúa es controlar los movimientos de la grúa y la carga que se eleva o transporta.	F6.1	Falla en el mecanismo de los pulsadores
					F6.2	Falla en la transmisión de señales
					F6.3	Luz piloto averiada
		F7	Variador de frecuencia	Regular la velocidad de operación de los motores de la grúa	F7.1	Fallo en sistema rectificador
					F7.2	Fallo del inversor
					F7.3	Falla del microprocesador

Por su parte, en la Tabla 4 se muestra la matriz de riesgo para los modos de falla del sistema eléctrico de los puentes grúa.

Tabla 4. Matriz de riesgo para los modos de falla del sistema eléctrico

Consecuencia Frecuencia	Baja	Media	Grave	Catastrófica
Muy Alta				
Alta		F7.1.1 - F7.3.2		
Media				
Baja	F2.1.1 - F2.4.1 - F3.1.1 - F3.2.1 - F7.3.3	F1.1.2 - F2.1.2 - F4.2.1 - F4.3.1 - F5.1.1 - F5.2.1 - F6.1.1 - F7.3.1	F1.1.3 - F1.2.1, F2.2.2 - F2.3.2 - F2.3.3 - F3.3.1 - F3.4.1 - F4.2.2 - F4.2.3 - F6.2.1 - F6.3.1 - F7.2.1	

Como se puede observar en la matriz de riesgo de los modos de falla para el sistema eléctrico, se presentaron 14 modos de fallas semi-críticos (color amarillo) y 13 modos de fallas no críticos (color verde). Adicionalmente, en la Figura 4 se muestra el nivel de criticidad de las fallas del sistema eléctrico de los puentes grúa.

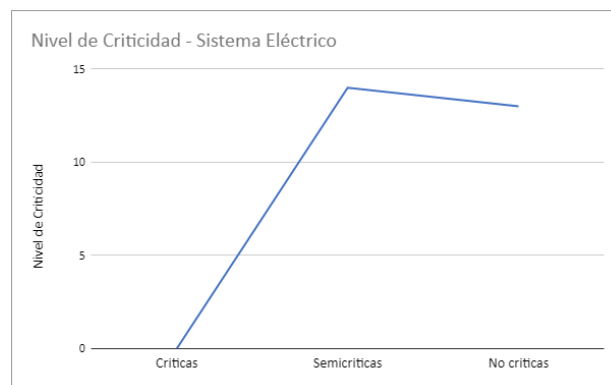


Figura 4. Nivel de criticidad de las fallas del sistema eléctrico

Actividades de mantenimiento

Una vez recopilada la información pertinente a los modos de fallas, efectos consecuencias y criticidad de éstos, se asignaron actividades de mantenimiento, las cuales son necesarias para evitar o reducir la probabilidad de ocurrencia de dichas fallas. Para determinar las actividades de mantenimiento preventivo, se deben tener en cuenta factores como el tiempo de vida útil del equipo, las condiciones operativas, el entorno en el que se encuentra el equipo y la disponibilidad de recursos para llevar a cabo las tareas. A continuación, se presentan las actividades de mantenimiento sugeridas para el sistema eléctrico de los puentes grúa (Tabla 5).

Tabla 5. Plan de actividades de mantenimiento para el sistema eléctrico

Sistema		Modo de Falla (MF)	Descripción de la Actividad	Frecuencia	Tipo	
F	Sistema Eléctrico	F1.1.1	Acumulación de contaminantes en mecanismo	Limpieza de contactos	Semestral	Servicio
		F1.1.2	Contactos soldados por arco de tensión	Revisión de niveles de corriente en equipo	Trimestral	Servicio
		F1.1.3	Rotura de piezas internas	Inspección visual	Trimestral	Servicio
		F1.2.1	Deterioro del aislamiento	Inspección visual	Trimestral	Servicio
		F2.1.1	Temporizador mal configurado	X	X	X
		F2.1.2	Temporizador defectuoso	X	X	X
		F2.2.2	Deterioro del aislamiento por sobrecorriente o sobretensión	Inspección visual	Trimestral	Servicio
		F2.3.1	Acumulación de contaminantes en mecanismo	Limpieza de contactos	Semestral	Servicio
		F2.3.2	Contactos soldados por arco de tensión	Revisión de niveles de corriente en equipo	Trimestral	Servicio
		F2.3.3	Rotura de piezas internas	Inspección visual	Trimestral	Servicio
		F2.4.1	Alimentación insuficiente para la bobina de campo	X	X	X
		F3.1.1	Ajuste incorrecto de corriente y tiempo	X	X	X
		F3.3.1	Desgaste de Solenoide	Inspección visual	Trimestral	Servicio
		F3.4.1	Deformación por temperatura y esfuerzo mecánico	X	X	X
		F3.4.2	Conexiones Flojas	Inspección visual	Trimestral	Servicio
		F4.1.1	Deterioro del aislamiento	Inspección visual	Trimestral	Servicio
		F4.2.1	Acumulación de contaminantes en mecanismo	Limpieza de contactos	Semestral	Servicio
		F4.2.2	Contactos soldados por arco de tensión	Revisión de niveles de corriente en equipo	Trimestral	Servicio
		F4.2.3	Rotura de piezas internas	Inspección visual	Trimestral	Servicio
		F4.3.1	Mal contacto	Inspección visual	Trimestral	Servicio
		F5.1.1	Sobrevoltaje en reversa	X	X	X
		F5.2.1	Mal contacto	Inspección visual	Trimestral	Servicio
		F6.1.1	Atascamiento del botón	X	X	X
		F6.2.1	Daño en la placa integrada	X	X	X
		F6.3.1	Rotura de filamento por sobrecorriente o sobretensión	X	X	X
		F7.1.1	Sobrevoltaje de entrada	X	X	X
		F7.1.2	Exceso de carga	X	X	X
		F7.2.1	Tiristor averiado	X	X	X

Cont. Tabla 5. Plan de actividades de mantenimiento para el sistema eléctrico


Sistema		Modo de Falla (MF)		Descripción de la Actividad	Frecuencia	Tipo
F	Sistema Eléctrico	F7.3.1	Mala soldadura en placa	X	X	X
		F7.3.2	Sobrevoltaje	Revisión de niveles de tensión en equipo	Trimestral	Servicio
		F7.3.3	Sobrecorriente	Revisión de niveles de corriente en equipo	Trimestral	Servicio

Plan de mantenimiento preventivo de los puentes grúa

La estructuración del plan de mantenimiento preventivo es una fase crucial en la investigación actual, dado que busca dar solución a las diversas fallas que pueden presentarse en los equipos. Estas fallas han sido estudiadas minuciosamente y se ha determinado que representan un gran riesgo para el correcto funcionamiento de los mismos. Por ello, se han definido una serie de actividades preventivas de mantenimiento que buscan prevenir la aparición de dichas fallas y prolongar la vida útil de los equipos.

La descripción detallada de estas actividades ha sido realizada en función de las fallas específicas que se buscan prevenir. Asimismo, se han identificado los recursos necesarios para llevar a cabo cada una de estas actividades, utilizando la información obtenida de los análisis realizados a los equipos. De esta manera, se asegura que la asignación de recursos sea acertada y eficiente en la prevención de las fallas, para evitar reparaciones costosas o reemplazos prematuros. De este modo se presentan en las siguientes tablas los planes de mantenimiento preventivo para los distintos sistemas (Tablas 6 a 11).

Tabla 6. Plan de mantenimiento preventivo para la estructura principal

				TURBOPRE SERVICE C.A.			
				PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
Cod. Formato				MP-PG-001			
Equipo				Puente Grúa			
Sistema				Estructura Principal	Elaborado por:	Tallaferro, M. Valbuena, A.	
Item	Cod.	Descripción	Tipo	Equipos o Herramientas	Materiales / Consumibles	Mano de Obra	Frecuencia
1	A1.1.1	Limpieza Manual Mecánica	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
2	A1.1.2	Limpieza Manual Mecánica + Reparaciones Mecánicas	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
3	A1.1.3	Reparaciones Mecánicas + Soldadura	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Anual
4	A2.1.1	Alineación de rieles	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral

Cont. Tabla 6. Plan de mantenimiento preventivo para la estructura principal

Item	Cod.	Descripción	Tipo	Equipos o Herramientas	Materiales / Consumibles	Mano de Obra	Frecuencia
5	A2.1.2	Limpieza MM y lubricación de rieles	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Mensual
6	A2.2.1	Limpieza Manual Mecánica	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
7	A2.2.2	Limpieza Manual Mecánica + Reparaciones Mecánicas	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral

Tabla 7. Plan de mantenimiento preventivo para el sistema de traslación



				TURBOPRE SERVICE C.A.			
				PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
Cod. Formato				MP-PG-002			
Equipo				Puente Grúa			
Sistema				Sistemas de Traslación del Puente	Elaborado por:	Tallaferro, M. Valbuena, A.	
Item	Cod.	Descripción	Tipo	Equipos o Herramientas	Materiales / Consumibles	Mano de Obra	Frecuencia
1	B1.1.1	Inspección de nivel de lubricante	Servicio	HM - HS	MB - EI - ML	MM - CEL - SHA	Mensual
2	B1.1.2	Inspección o reemplazo de engranajes	Reemplazo	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
3	B2.1.1	Reemplazo de ruedas	Reemplazo	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
4	B2.2.1	Limpieza manual mecánica de rieles	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Mensual
5	B3.1.1	Reemplazo de ruedas	Reemplazo	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
6	B3.2.1	Limpieza manual mecánica de rieles	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Mensual
7	B4.1.1	Reemplazo de topes	Reemplazo	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral

Tabla 8. Plan de mantenimiento preventivo para el polipasto

				TURBOPRE SERVICE C.A.			
				PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
Cod. Formato				MP-PG-003			
Equipo				Puente Grúa			
Sistema				Polipasto	Elaborado por:	Tallaferro, M. Valbuena, A.	
Item	Cod.	Descripción	Tipo	Equipos o Herramientas	Materiales / Consumibles	Mano de Obra	Frecuencia
1	C1.1.1	Pruebas de relé, del disyuntor, CA, CC y la carga de la batería	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
2	C1.1.2	Inspección del Sistema Eléctrico.	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Mensual
3	C1.2.1	Pruebas de relé, del disyuntor, CA, CC y la carga de la batería	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
4	C1.3.1	Reemplazo de bobinado	Reemplazo	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Anual
5	C1.3.2	Inspección de rodamientos	Reemplazo	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
6	C1.3.3	Alineación de ejes	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
7	C2.1.1	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
8	C2.2.1	Inspección y limpieza anti-corrosión	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
9	C3.1.1	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
10	C3.2.1	Inspección y limpieza anti-corrosión	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
11	C4.1.1	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
12	C4.2.1	Inspección y limpieza anti-corrosión	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral

Cont. Tabla 8. Plan de mantenimiento preventivo para el polipasto

Item	Cod.	Descripción	Tipo	Equipos o Herramientas	Materiales / Consumibles	Mano de Obra	Frecuencia
13	C5.1.1	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
14	C5.2.1	Inspección y limpieza anti-corrosión	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
15	C5.3.1.	Alineación de ejes del tambor	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
16	C6.1.1	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
17	C6.2.1	Inspección y limpieza anti-corrosión	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral

Tabla 9. Plan de mantenimiento preventivo para la estructura del puente

				TURBOPRE SERVICE C.A.			
				PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
Cod. Formato				MP-PG-004			
Equipo				Puente Grúa			
Sistema				Estructura del Puente	Elaborado por:	Tallaferro, M. Valbuena, A.	
Item	Cod.	Descripción	Tipo	Equipos o Herramientas	Materiales / Consumibles	Mano de Obra	Frecuencia
1	D1.1.1	Inspección y limpieza anti-corrosión	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
2	D1.1.2	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
3	D1.1.3	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
4	D2.1.1	Inspección y limpieza anti-corrosión	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
5	D2.1.2	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
6	D2.1.3	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
7	D3.1.1	Reemplazo de ruedas	Reemplazo	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Anual
8	D3.2.1	Limpieza manual mecánica	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Mensual

Tabla 10. Plan de mantenimiento preventivo del carro transversal



			TURBOPRE SERVICE C.A.				
			PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
Cod. Formato			MP-PG-005				
Equipo			Puente Grúa				
Sistema			Carro Transversal		Elaborado por:	Tallaferro, M. Valbuena, A.	
Item	Cod.	Descripción	Tipo	Equipos o Herramientas	Materiales / Consumibles	Mano de Obra	Frecuencia
1	E1.1.1	Inspección de nivel de lubricante	Servicio	HM - HS	MB - EI - ML	MM - CEL - SHA	Mensual
2	E1.1.2	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
3	E2.1.1	Inspección y limpieza anti-corrosión	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
4	E2.1.2	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
5	E2.1.3	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
6	E2.2.1	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
7	E3.1.1	Reemplazo de elementos	Reemplazo	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Annual
8	E3.2.1	Limpieza manual mecánica	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Mensual

Tabla 11. Plan de mantenimiento preventivo para el sistema eléctrico

			TURBOPRE SERVICE C.A.				
			PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
Cod. Formato			MP-PG-006				
Equipo			Puente Grúa				
Sistema			Sistema Eléctrico		Elaborado por:	Tallaferro, M. Valbuena, A.	
Item	Cod.	Descripción	Tipo	Equipos o Herramientas	Materiales / Consumibles	Mano de Obra	Frecuencia
1	F1.1.1	Limpieza de contactos	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
2	F1.1.2	Revisión de niveles de corriente en equipo	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral

Cont. Tabla 11. Plan de mantenimiento preventivo para el sistema eléctrico

Item	Cod.	Descripción	Tipo	Equipos o Herramientas	Materiales / Consumibles	Mano de Obra	Frecuencia
3	F1.1.3	Inspección visual	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
4	F1.2.1	Inspección visual	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
5	F2.2.2	Inspección visual	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
6	F2.3.1	Limpieza de contactos	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
7	F2.3.2	Revisión de niveles de corriente en equipo	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
8	F2.3.3	Inspección visual	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
9	F3.3.1	Inspección visual	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
10	F3.4.2	Inspección visual	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
11	F4.1.1	Inspección visual	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
12	F4.2.1	Limpieza de contactos	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
13	F4.2.2	Revisión de niveles de corriente en equipo	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
14	F4.2.3	Inspección visual	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
15	F4.3.1	Inspección visual	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
16	F5.2.1	Inspección visual	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
17	F7.3.2	Revisión de niveles de tensión en equipo	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
18	F7.3.3	Revisión de niveles de corriente en equipo	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral

Para una mayor comprensión, se muestra la leyenda a continuación:

- Equipos o herramientas: HM (herramientas mecánicas) y HS (herramientas de seguridad)
- Materiales y consumibles: MB (materiales básicos), EI (equipos de izaje) y ML (materiales de lubricación)
- Mano de obra: MM (mantenimiento mecánico), CEL (cuadrillas de estructura y limpieza) y SHA (seguridad, higiene y ambiente).

La implementación de este plan de mantenimiento preventivo trae consigo una serie de beneficios significativos para la empresa, dado que se reduce el número de intervenciones necesarias para solucionar averías, lo que se traduce en un menor número de horas empleadas y, por tanto, en una disminución de los costos asociados al mantenimiento correctivo.

Conclusiones

Se describieron los seis (6) equipos de puentes grúa, pertenecientes a la empresa TurboPreServices C.A., estos fueron especificados por medio de fichas técnicas detallando la información relacionada a los elementos pertenecientes a estos, colocando las características de cada uno como nombre, marca, modelo, capacidad, voltaje, entre otros aspectos de interés.

Se determinaron las funciones principales de cada equipo y se identificaron las fallas funcionales y sus causas, mediante el análisis de modos, efectos y criticidad de fallas. Aplicando los criterios para determinar los modos de fallas más críticos, siendo estos el cálculo del número de prioridad de riesgo y la jerarquización de los riesgos mediante la matriz de riesgo en la cual se consideró la frecuencia de ocurrencia y las consecuencias producidas. De esta manera, se obtuvo una clasificación de la criticidad para cada modo de falla.

Después de definir los planes de mantenimiento, se procedió a plantear las actividades correspondientes para cada uno de ellos. En total, se identificaron 82 modos de falla siendo el sistema eléctrico el que presentó el mayor número de modos de falla. Para ello, se señaló un total de 65 actividades de mantenimiento para los sistemas de los puentes grúa.

Posteriormente, se diseñó el plan de mantenimiento preventivo para los seis (6) sistemas pertenecientes a los puentes grúa. A cada uno de estos sistemas, se determinaron y estructuraron las actividades de mantenimiento correspondientes. Cada actividad se estuvo asociada a un modo de fallas encontradas en el AMEF, obteniendo de esta forma un listado de tareas preventivas que ayuden a aminorar las consecuencias de cada uno de ellos. Asimismo, se elaboró un listado con las herramientas y materiales para efectuar las tareas de mantenimiento junto a la mano de obra necesaria para llevar a cabo dichas actividades.

Referencias bibliográficas

- [1] Olarte, W., Botero, M., & Cañon, B. “**Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción**”. Scientia et Technica, Vol. XVI, No. 44, 354-356. Abril, (2010). <https://www.redalyc.org/pdf/849/84917316066.pdf>
- [2] García Garrido, S. “**Organización y gestión integral de mantenimiento**”. Editorial Díaz de Santos S.A. Madrid, España, (2010).
- [3] Villón Barona, R. J., Naranjo Ortiz, N. E. “**Diseño de un puente grúa curvo para optimización de espacios en lugares abovedados**”. Trabajo de Grado de Ingeniería Mecánica. ESPOL. Guayaquil, Ecuador, (2016).
- [4] Arias, F. G. “**El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica**”. 6ta Edición. Editorial Episteme, C.A. Caracas, Venezuela, 2012.
- [5] Hurtado, J. “**Metodología de la investigación holística**”. Fundación Sypal. Caracas, Venezuela. (1998).

[6] Rivas Castillo, H. **“La importancia de la ficha técnica”**. Revista Especificar. TBM Publicatios, México C. A. de C. V. (2022).

[7] Aguilar-Otero, J., Torres-Arcique, R., Magaña-Jiménez, D. **“Análisis de modos de falla y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad”**. Tecnología, Ciencia, Educación. Vol. 25, No. 1, 15-26, (2010).