



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

**Implementación del plan mantenimiento preventivo en
torres de iluminación RL4V2 Terex para aumentar la
disponibilidad operativa en Segectur, Moquegua**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Chama Cahuana, Diego (orcid.org/0009-0008-1483-6358)

Soto Gonzales, Leonard Paul (orcid.org/0000-0003-1779-6255)

ASESOR:

Mg, Cuadros Camposano, Edwin Huber (orcid.org/0000-0001-6478-8130)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

CHICLAYO – PERÚ

2024

Dedicatoria

La presente tesis está dedicada a nuestros padres, ya que sin su apoyo, paciencia y sabiduría no hubiésemos llegado a este punto tan importante en nuestras vidas.

A nuestras familias a cada uno de ellos por brindarnos sus palabras de aliento y motivación, supieron llegar en nosotros en los diferentes pasajes de este camino.

A mi esposa e hijas por ese apoyo incondicional constante, la fe, la paciencia que ellas tuvieron y por creer en mí.

A mi hijo, a quien le dedico cada uno de mis días, gracias por cambiar el argumento de mi vida Vasco.

Agradecimiento

Quisiera dar las gracias primero a Dios por haberme puesto las diferentes pruebas que tuve que vivir.

A mi familia que fueron la motivación y ejemplo de superación con ese apoyo incondicional.

A los docentes de la universidad que con su vocación de enseñanza sembraron en mí el deseo de aprender más, pero sobre todo el desinterés de ayudar al prójimo.

A mis amigos que me brindaron siempre su apoyo y contagiaron de sus ganas de aprender, a mi gran amigo Alfredo que tuvo mucha paciencia en responder mis preguntas de las asignaturas fuera de clases.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CUADROS CAMPOSANO EDWIN HUBER, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Implementación del Plan Mantenimiento Preventivo en Torres de Iluminación RL4V2 Terex Para Aumentar la Disponibilidad Operativa en Segectur, Moquegua", cuyos autores son CHAMA CAHUANA DIEGO, SOTO GONZALES LEONARD PAUL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 03 de Abril del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CUADROS CAMPOSANO EDWIN HUBER DNI: 09599387 ORCID: 0000-0001-6478-8130	Firmado electrónicamente por: EHCUADROS el 16- 05-2024 17:20:51

Código documento Trilce: TRI – 0741627



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, CHAMA CAHUANA DIEGO, SOTO GONZALES LEONARD PAUL estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC -CHICLAYO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompaña la Tesis titulada: "Implementación del Plan Mantenimiento Preventivo en Torres de Iluminación RL4V2 Terex Para Aumentar la Disponibilidad Operativa en Segectur, Moquegua", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
LEONARD PAUL SOTO GONZALES DNI: 41895644 ORCID: 0000-0003-1779-6255	Firmado electrónicamente por: LPSOTO el 03-04-2024 17:44:06
DIEGO CHAMA CAHUANA DNI: 47345426 ORCID: 0009-0008-1483-6358	Firmado electrónicamente por: DCHAMA el 03-04-2024 09:45:58

Código documento Trilce: ITRI - 0741628

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	ii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor	iv
Declaratoria de Originalidad de los Autores	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	16
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	16
3.2 Variables y operacionalización.	16
3.3 Población, muestra y muestreo.	16
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	17
3.5 Procedimientos.....	18
3.6 Método de análisis de datos.....	19
3.7 Aspectos éticos.	19
IV. RESULTADOS	21
V. DISCUSIÓN	41
VI. CONCLUSIONES.....	46
VII. RECOMENDACIONES	48
REFERENCIAS.....	49
ANEXOS	55

Índice de tablas

Tabla 1: Análisis de principales fallos en las torres de iluminación y su incidencia en 2022.	21
Tabla 2: Promedio por mes de paradas por fallas en las torres de iluminación en el 2022.	23
Tabla 3: Horas inoperativas mensuales por fallas de las torres de iluminación en el 2022.	24
Tabla 4: Tiempos netos de operación de las torres de iluminación en el 2022..	26
Tabla 5: MTBF y MTTR de las torres de iluminación mensuales en el año 2022	27
Tabla 6: Histórico de disponibilidad de las torres de iluminación mensuales en el año 2022.	29
Tabla 7 <i>Clasificación de la gravedad del modo de fallo según la repercusión del cliente / usuario</i>	30
Tabla 8: Clasificación de la frecuencia/probabilidad de ocurrencia del modo de fallo.....	31
Tabla 9: Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo	32
Tabla 10: AMEF al sistema mecánico de la torre de iluminación Terex 2022 ..	33
Tabla 11: AMEF al sistema eléctrico de la torre de iluminación Terex 2022. ...	34
Tabla 12: Disponibilidad de la torre luminaria SL-001, junio - noviembre 2023.	36
Tabla 13: Costos de Insumos utilizados en los mantenimientos.	37
Tabla 14: Análisis de disponibilidad de la torre de iluminación SL-001 entre los años 2022 y 2023.....	40

Índice de figuras

Figura 1 <i>Tipos de mantenimiento</i>	13
--	----

Resumen

Esta investigación abordó la problemática que tuvo la empresa SEGETSUR al tener inoperativas las torres de iluminación a consecuencia de una mala planificación en los mantenimientos; la justificación fue mejorar la disponibilidad de los mismos. Nuestro objetivo general fue la implementación del plan de mantenimiento preventivo para las torres de iluminación para incrementar la disponibilidad operativa, se empleó la metodología análisis de modos y efectos de falla (AMEF), los cuales identificaron áreas críticas y el número de prioridad de riesgo (NPR). La metodología de investigación utilizada fue del tipo aplicada y de diseño preexperimental.

El resultado fue el incremento de la disponibilidad en 5.64% luego de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, de acuerdo a la norma UNE-EN 13306 del 2018, luego de la implementación la confiabilidad y disponibilidad se incrementaron mejorando la productividad de la empresa.

Las conclusiones fueron: implementar el plan de mantenimiento, con un costo de 6,441 soles al año, pero obteniendo un beneficio por menor gasto en el mantenimiento correctivo de 21,369 soles al año y por tanto incremento de la disponibilidad a 95.5% en la torre de iluminación SL-001.

Palabras clave: Mantenimiento preventivo, Metodología AMEF, torres de iluminación, disponibilidad.

Abstract

This investigation addressed the problem that the company SEGETSUR had when its lighting towers were inoperative as a result of poor maintenance planning; The justification was to improve their availability. The general objective is the implementation of a preventive maintenance plan in the lighting towers to increase operational availability, for this; I used the FMEA methodology, which identified critical areas and the risk priority number (RPN) where the new MTBF and MTTR indicators were calculated, finding the monthly availability of the towers. The research methodology was applied and pre-experimental in design.

The result was an increase in availability by 5.64% after the implementation of the preventive maintenance plan, according to the standard (UNE-EN 13306, 2017), after the implementation reliability and availability tend to increase.

The most important conclusion was to implement the maintenance plan, with a cost of 6441 soles per month but obtaining a benefit for fewer hours of failure of 21,369 soles, this based on the analysis of the SL-001 lighting tower.

Keywords: Preventive maintenance, FMEA Methodology, Lighting towers, Availability.

I. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento adecuado de los equipos de alquiler fue crucial para el funcionamiento eficiente de cualquier empresa, y SEGETSUR no fue una excepción. La ausencia de un plan de mantenimiento adecuado generó desafíos significativos en la gestión de los equipos. Esta carencia llevó a una falta de control efectivo sobre los procedimientos de mantenimiento, lo que a su vez impactó negativamente en los costos operativos y en los indicadores de productividad. Como resultado, SEGETSUR experimentó dificultades para mantener la disponibilidad operativa de sus máquinas, lo que afectó la capacidad de brindar un servicio óptimo a sus clientes en diversos sectores del ámbito privado. La falta de una programación adecuada de los mantenimientos preventivos llevó a una priorización del servicio por encima de los planes de mantenimiento, comprometiendo así la vida útil de los equipos.

Luego de que se revisó la realidad problemática para nuestra investigación, se llegó a la siguiente formulación del problema, ¿Cómo incrementar la disponibilidad operativa de las torres de iluminación modelo RL4V2 marca TEREX?, lo que nos determinó la necesidad de recopilar información para investigar acerca de cómo implementar dicho plan de mantenimiento, esto fue de suma importancia ya que la empresa carecía de un correcto plan de mantenimiento para las torres de iluminación, ya que continuamente ingresaban a mantenimientos no programados, lo que realizaba un aumento en los costos de los mismos y reducía su vida útil.

Es relevante señalar que las torres de iluminación modelo RL4V2 marca TEREX eran dispositivos esenciales en la industria, proporcionando una fuente de iluminación móvil y potente para áreas de trabajo en diversos entornos. Estas torres desempeñaban un papel crítico en la eficiencia y en la seguridad de las operaciones, facilitando las condiciones del trabajo adecuadas durante períodos de baja visibilidad. Sin embargo, su efectividad se veía comprometida cuando no se llevaba a cabo un mantenimiento adecuado, lo que podía resultar en costosos tiempos de inactividad y una disminución de la productividad.

Luego de identificar el problema general, se presentó la siguiente hipótesis general: mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en torres de iluminación modelo RL4V2 marca TEREX, aumentará la disponibilidad operativa.

Para Justificar el trabajo de investigación, se procedió a la evaluación aplicativa, desde una perspectiva tecnológica, se contempló la prolongación de vida útil del equipo, lo que redujo mantenimientos correctivos. Desde el punto de vista laboral, fue un beneficio para el personal involucrado con el equipo, porque redujeron las fallas, disminuyendo las horas de trabajo no establecidos con anterioridad. Desde el punto de vista económico, redujo los costos por material o repuestos utilizados en los mantenimientos correctivos, de tal manera que en futuras investigaciones se proyecten mejoras continuas en las estrategias de mantenimientos preventivos, instructivos y/o manuales del operador, de las torres de iluminación.

Como limitaciones dentro de nuestra investigación, se tuvo que, debido a la falta de implementación de planes de mantenimiento, se tuvieron muchas interrupciones al momento de monitorear los indicadores; esto a causa de las paradas intempestivas de los mantenimientos no programados. Así mismo, tuvimos demora en el avance por los accesos a los repuestos y Equipamientos para las torres de iluminación modelo RL4V2 marca TEREX, otra de la limitación que tuvimos dentro de la investigación fue la de realizar un análisis de aceite debido a que no se contó con los recursos económicos necesarios para realizar dicho análisis. Por lo que solo nos centramos en indicadores APL (repuestos de alta rotación) y PRC (repuestos críticos) mencionados en los manuales de mantenimientos de los fabricantes. También tuvimos limitaciones a la hora de tomar muestreos con instrumentos de medición en la parte eléctrica de las torres de iluminación ya a que las torres de iluminación tienen un sello de garantía del fabricante, lo que nos impide interactuar en esa área.

En consecuencia, el objetivo general fue el de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa SEGETSUR para aumentar la disponibilidad operativa de las torres de iluminación RL4V2 TEREX. Además, se propusieron los siguientes objetivos específicos: a) Determinar la disponibilidad operativa de las torres de iluminación, b) Elaborar un análisis de modos y efectos

de fallas (AMEF) y el número de prioridad de riesgos (NPR) de las torres de iluminación c) Implementar un plan de mantenimiento preventivo en la empresa SEGETSUR para aumentar la disponibilidad operativa de las torres de iluminación RL4V2 TEREX. c.1) Implementación de un plan preventivo en las torres de iluminación RL4V2 TEREX, c.2) Evaluación de costos del plan de mantenimiento preventivo, c.3) Elaboración de la disponibilidad después su implementación.

En conclusión, esta investigación propuso abordar el problema de la disponibilidad operativa de las torres de iluminación mediante el plan de mantenimiento preventivo en la empresa SEGETSUR, a través de la aplicación de la metodología AMEF y NPR, las cuales contribuyeron significativamente al campo de los sistemas y planes de mantenimiento mejorando la disponibilidad operativa de las torres de iluminación RL4V2 TEREX.

Esta investigación no solo buscó resolver el problema de la mala disponibilidad operativas de las torres de iluminación, sino el de proporcionar información valiosa acerca de cómo se realizó una gestión efectiva en el mantenimiento de estos equipos a fin de que se pueda tomar como referencia en posteriores investigaciones.

II. MARCO TEÓRICO

Como parte del proceso de investigación se consultó con material nacional e internacional relacionado con la eficacia al implementar planes de mantenimiento preventivo en los procesos críticos y con la finalidad de mejorar la disponibilidad operativa.

Riveros (2022) presento ante la Universidad de Talca - Chile, la tesis titulada “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo a cintas transportadoras para optimizar las fallas y su disponibilidad en el proceso minero en mina Chépica”, la cual consistió en diseñar un plan de mantenimiento que prevenga fallas y así evaluar una mejora en la disponibilidad en el proceso minero. Donde obtuvo como resultado que el elaborar el diseño del plan organiza y estructura las actividades de mantenimiento mediante revisiones periódicas logrando obtener una disponibilidad promedio de 98.1% luego de su implementación.

Riff (2021) presento ante la Universidad de Atacama la tesis titulada “Mejoramiento de indicadores de disponibilidad de flota de camiones Freightliner, modelo Cascadia 113, a través de implementación de pauta intermedia de mantenimiento preventivo”, donde examinó la actual disponibilidad de su flota de camiones en funcionamiento y los indicadores de disponibilidad implementado una nueva Pauta de Mantenimiento Preventivo donde obtuvo como resultado que la totalidad de las unidades afectadas a la implementación de esta pauta de servicio intermedio de mantenimiento mejoraron la disponibilidad con una mínima disminución.

Moreano & Perez (2020), presentaron ante la revista Dominio de la Ciencia – Ecuador, el artículo de investigación titulado “Plan de Mantenimiento Preventivo para la mejora del índice de falla de un transporte neumático”, la cual consistió en proponer el plan de mantenimiento preventivo que busca evitar daños y/o reparaciones a corto plazo, que arrojó como resultado que al implementar el plan se facilitaba las actividades de mantenimiento y disminuye los gastos por recuperación.

Celis (2018), presento ante la Universidad Santo Tomas, Bucaramanga – Colombia la tesis titulada “Diseño de un Plan de Mantenimiento Productivo Total

en la Empresa Industrias Metales”, la cual consistió en diseñar un plan de mantenimiento productivo que aumente la eficiencia de los equipos y mejore la calidad de la producción, donde se demostró que, al seguir el plan de mantenimiento, se evitaban pérdidas de material debido a fallos en la maquinaria y se reducían los costos.

Como referencias nacionales, tenemos a la investigación de los tesisistas, Benites & Hidalgo (2023), presentaron ante la Universidad Cesar Vallejo la investigación acerca de una “Propuesta de plan de mantenimiento para mejorar disponibilidad de máquinas de la empresa Metalmecánica " Generando Soluciones Industriales SAC" Mediante la Metodología AMEF”, el cual ayudó a reducir las fallas y los tiempos de inactividad en la planta debido a un mantenimiento deficiente que ocasionaron retrasos en la productividad, donde se obtuvo como resultado que al implementar el plan la disponibilidad aumento y asegura la disponibilidad operativa evitando paradas.

Bances & Llontop (2022), presentaron ante la Universidad Cesar Vallejo la tesis titulada “Propuesta de Plan de Mantenimiento Preventivo para aumentar la disponibilidad de equipos en Nave Armado de una planta metalmecánica”, la cual consistió al desarrollar un plan de mantenimiento con enfoque preventivo para aumentar la disponibilidad de los equipos en el área de ensamblaje en una planta de fabricación de metal y reducir las incidencias de fallas, donde se obtuvo como resultado que al poner en funcionamiento dicho plan de mantenimiento, la disponibilidad actual mejoró demostrando que la propuesta es viable.

Angulo & Orellana (2021), presentaron ante la Universidad Privada del Norte la tesis titulada “Mantenimiento para aumentar la Disponibilidad de máquinas”, la cual consistió en demostrar la importancia de brindar mantenimiento a las máquinas y lograr evitar fallas que produzcan altos costos y menor disponibilidad de la maquina afectando la producción, obteniendo como resultado que una buena La implementación de un plan de mantenimiento preventivo contribuirá a incrementar la disponibilidad de las máquinas y garantizar la productividad.

Alba & Chinchay (2020), presento ante la Universidad Cesar Vallejo la Tesis titulada “Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos biomédicos-unidad cuidados intensivos, Hospital Víctor Ramos Guardia,

Huaraz, 2018”, la cual consistió en un análisis situacional de los equipos identificando la disponibilidad inicial y como variaría la misma si el hospital contara con el plan de mantenimiento preventivo, donde su resultado fue que, implementando un mantenimiento preventivo aumentó significativamente la disponibilidad operativa de los equipos.

Carraza & Rosales (2019) presento ante la Universidad Cesar Vallejo la tesis titulada “Aplicación del mantenimiento preventivo, para mejorar la Disponibilidad de flota de montacargas en la empresa grúas Luguensi - 2018”, que consistió en la evaluación del Impacto en el Mantenimiento Preventivo con respecto a la Disponibilidad de los equipos y obtuvo como resultado luego de aplicar la Auditoria Final al sistema de mantenimiento, que mostro un nivel de cumplimiento del 62.54%, evidenciando un buen índice de conformidad; consecuentemente al utilizar herramientas de disponibilidad final, se logró aumentar el porcentaje en un 89.87%, lo cual demuestra la viabilidad del estudio.

Espinoza (2018), presento ante la Universidad Tecnológica del Perú, la tesis titulada “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Cotahuasi” la cual consistió en implementar un plan de mantenimiento preventivo mejorando la atención de las obra con el equipamiento auxiliar, con la que obtuvo como resultado que, luego de la implementación tenía un impacto positivo ya que aumento su disponibilidad de unidades, reduciendo de costos en los mantenimientos y mejorando de la atención de las obras.

Campos (2018), presento ante la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo la tesis titulada “Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo centra centrado en la confiabilidad para incrementar la rentabilidad en la Empresa de Transporte SAYVAN E.I.R.L., fue la introducción de un plan de mantenimiento preventivo que impulsó la productividad de la empresa, y se observó que, al implementar este plan sugerido, se logró aumentar los beneficios de la empresa.

Alaveda & otros (2016) presentaron el ante la Universidad Cesar Vallejo el artículo de investigación titulado “ Gestión de Mantenimiento Preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013”, donde se analizó el estado actual de dichos equipos y estableció la relación entre

la disponibilidad de equipos y la gestión de mantenimiento preventivo en función a sus indicadores, donde se obtuvo como resultados que ante una tendencia decreciente que se presentó en el análisis, se implementó el plan de mantenimiento preventivo aumentando la disponibilidad y la confiabilidad en los camiones.

Criollo (2016), presento ante la Universidad Cesar Vallejo la tesis titulada "Elaboración de un Programa de Mantenimiento Preventivo en base a las fallas de las Torres de Iluminación de la empresa Miski Mayo S.R.L". la cual consistió en elaborar un programa de mantenimiento preventivo en base a las fallas de las torres de iluminación de la empresa Miski Mayo S.R.L, donde obtuvo como resultado la determinación de las circunstancias de las torres de iluminación realizando una evaluación principalmente en los sistemas de los equipos tales como: generación, transmisión y lubricación a fin de hallar los principales problemas y cuantificación de los mismos.

Como referencias locales, tenemos a los tesisistas Diestra & Olivitos (2023), presentó ante la universidad César Vallejo su tesis titulada: "Implementación del mantenimiento preventivo de los equipos para aumentar la disponibilidad en el área de enlatado de la empresa PANAFODS S.A.C., Santa - 2023", teniendo como objetivo principal cuidar el rendimiento de sus equipos, aplicando un mantenimiento preventivo, concluyendo un aumento del 7.26% en la disponibilidad de las máquinas del área de enlatado de la empresa PANAFODS S.A.C.

Saucedo (2022), presento ante la Universidad Cesar Vallejo su tesis titulada "Plan de mantenimiento preventivo y disponibilidad de generadores eléctricos en una empresa minera", la que consistió en la determinación de la disponibilidad de los generadores de la empresa, elaborando un análisis en función a la metodología de efectos de fallas (AMEF) y el número de prioridad de riesgos (NPR) en los generadores, elaborando un plan de mantenimiento preventivo para los generadores y estimando la disponibilidad con la implementación del plan. obteniendo como resultado que luego del análisis de modos con la metodología mencionada anteriormente, se encontró que existen, mayormente altos niveles de prioridad de riesgo que varían de crítico a moderado que afectaron principalmente las actividades de los generadores pertenecientes a la

empresa minera y su disponibilidad, aplicando dicha propuesta se obtuvo una disponibilidad de 87% cuando al momento de la investigación se encontraba en 78%; lo cual demostró una obvia mejora aplicando el plan de mantenimiento.

Aybar & Brandich (2022), presentó ante la universidad César Vallejo su tesis titulada: "Implementación del mantenimiento Preventivo para mejorar la productividad en la flota vehicular de la empresa Trapsa, Campoy 2021", tuvo como objetivo general, fue determinar cómo benefició la aplicación de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad de la empresa Trapsa, teniendo como resultado una mejora porcentual en la productividad de un 40.43% esto en función a la productividad, así mismo en el punto de la eficiencia vehicular, aumento del 36.44%.

Neyra (2021), presento ante la Universidad San Pedro su tesis titulada "Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad y confiabilidad del motor generador marca Olympian modelo GEP88-1 de la empresa SERPETBOL 2018.", fue la aplicación de un programa de mantenimiento destinado a aumentar la disponibilidad y fiabilidad del motor generador. Después de evaluar la disponibilidad tras implementar este mantenimiento preventivo, se obtuvieron dos valores: el primero fue del 99.73 % y el segundo del 99.72 %

Figuroa (2021), señala que las empresas han reconocido la necesidad de anticiparse a los fallos para mantener los sistemas de infraestructuras, equipos e instalaciones de fabricación funcionando a niveles óptimos de eficiencia y evitar mayores costes como consecuencia de fallos en los componentes mecánicos y eléctricos en general. Ya no se trata de resolver rápidamente un fallo o de realizar un mantenimiento correctivo, sino de evitar que se produzcan, lo que reducirá los costes en producción y el tiempo de reparación durante las paradas programadas de la planta. Hoy en día hay muy pocas empresas que no valoren la capacidad de predecir errores mediante herramientas y técnicas de análisis, evitando así interrupciones inesperadas de las operaciones. Cualquier empresa minera, de celulosa o industrial que tenga procesos importantes debe realizar mantenimiento preventivo. (p.16)

Arpe & Arpe (2021), presentó ante la universidad César Vallejo su tesis titulada:" Aplicación de Lean Management para la mejora de la disponibilidad de unidades

de transporte en la empresa Galaga, Lima 2021”, el objetivo principal fue aplicar Lean Management para mejorar la disponibilidad de los vehículos de la empresa Galaga, lo que resultó en una reducción de 39 minutos en el tiempo de reparación.

Ahen & Morocho (2021), presentó ante la universidad César Vallejo su tesis titulada: “Características de la Gestión de Mantenimiento de la Maquinaria de la Empresa Komatsu-Mitsui Maquinarias Perú S.A., Sechura-2019”, concluyendo que el tiempo operativo de los equipos tienen un porcentaje de apenas el 50.8%, lo que conllevó con incumplimiento en las metas de producción, esto debido a que las máquinas llevan mucho tiempo detenidas en el área de mantenimiento.

Alvarez & Padilla (2021), señala una evaluación y cuantificación de la gestión de mantenimiento es efectiva siempre y cuando se tenga un extenso análisis de numerosos factores, que en conjunto fueron el aporte del mantenimiento al cumplimiento de los objetivos necesarios en la empresa. No hay reglas establecidas o formulas sencillas para medir un mantenimiento; por lo que un planeamiento para un análisis debe ser muy flexible para cubrir muchas áreas. (p. 06).

Ortiz & Reyes (2020), presentó ante la universidad César Vallejo su tesis titulada: “Aplicación del mantenimiento preventivo para aumentar la productividad de acopio de cilindro vacíos de GLP en la empresa Reparto Perú S.A.C, Ventanilla - 2019”, propone en su investigación que la aplicación de un mantenimiento, fue mejorada gracias que se tuvo una continua revisión por parte de los operadores de los equipo a fin de identificar fallas desprevenidas y define un control de mantenimiento como la realización de un reporte de trabajo el cual permite reforzar los trabajos de mantenimiento permitiendo incrementar la vida útil de las máquinas, optando por la reducción de fallas, minimizar el costo de mantenimiento aumentado la productividad en la operación; reflejándose en los índices de productividad después de los mantenimientos preventivos.

Toribio (2019), resume sus indicadores de estudio como un procedimiento que buscó la mejorar la diferencia de aquello que no agrega valor a los procedimientos de cada operación dentro de un ámbito laboral, planteando la

obtención de un valor de tiempo efectivo para la relación entre los tiempos reales de mantenimiento y los tiempos programados de los mantenimientos. (pág. 31)

Magaly (2019), presentó ante la universidad Cesar Vallejo su tesis titulada: "Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la rentabilidad de la empresa de transporte y turismo E.I.R.L,2018", El objetivo primordial es mejorar la rentabilidad de la empresa de transporte y turismo Emicer E.I.R.L. a través de la puesta en marcha de un plan de mantenimiento preventivo. Como resultado, se logró aumentar en un 37% la operatividad, confiabilidad y capacidad de mantenimiento de los autobuses. Este impacto positivo se debe a la exitosa implementación del plan de mantenimiento preventivo, lo que se refleja en un rendimiento financiero del 45% a favor de la empresa.

Mayorga & Olmedo (2019), señalaron que, con el crecimiento de la industria a nivel mundial, también ha cambiado la gestión y ejecución del mantenimiento. Diversas empresas a nivel global han perfeccionado sus métodos de mantenimiento, refiriéndose con ello a la organización de labores en equipos, la utilización de servicios externos enfocados en una producción eficiente, el respaldo de la dirección para la mejora constante, la administración de almacenes que involucra a los proveedores, la unificación de departamentos para planificar y coordinar de manera proactiva, y la producción fundamentada en la confiabilidad. (p. 26)

Montoya (2018), Se señala que, al reconocer la necesidad de mantener índices de calidad excelentes y al evaluar el elevado costo asociado a las fallas de las máquinas, se contempló la manera de prever los daños a los equipos, dado que la continuidad de la producción adquirió una gran importancia. Como resultado de esta reflexión, surgieron diversas técnicas que desempeñaron un papel fundamental en el desarrollo tecnológico actual. Entre ellas se encuentran la termografía y el análisis de vibraciones, entre otras, que se resumen bajo el término de mantenimiento predictivo. El objetivo final de estas prácticas es buscar la eficacia y el rendimiento óptimo de las máquinas. (p. 19).

Garcia (2017), señala que El mantenimiento predictivo se caracteriza como una modalidad de mantenimiento que establece una conexión entre una variable

física y el estado en el que esta una máquina. Este método se apoya en la evaluación, supervisión y control de sus parámetros y las condiciones de funcionamiento tanto de un equipo o en su instalación.

Muzo & Olivo (2019), señalaron que, en el ámbito nacional, la concepción del plan de mantenimiento preventivo se percibe como un sistema completo que conlleva diversas ventajas para fortalecer la capacidad organizativa, ser competitivo en el mercado y ofrecer servicios de alta calidad. Aunque las marcas de los equipos no son originarias del país, demuestran un rendimiento satisfactorio al llevar a cabo tareas en diversas áreas y condiciones climáticas presentes en la región.

Olivares (2017), Indicaron que establecer indicadores de rendimiento para la planta (KPI's) y utilizar la Ingeniería de Mantenimiento fomenta la capacidad de informar y dar seguimiento. Es fundamental crear sinergias entre divisiones y tener la oportunidad de obtener valores de referencia con los cuales realizar comparaciones. La implementación de un mantenimiento preventivo es esencial, avanzando hacia un enfoque proactivo centrado en la confiabilidad de los principales activos.

Sexto (2017), señala que el mantenimiento conlleva la realización de tareas como reparaciones y actualizaciones para mejorar determinados aspectos del rendimiento de una máquina, de modo que no parezca afectada por el paso del tiempo. El siguiente paso es recopilar toda la información necesaria y utilizar las herramientas que te ayudarán a entender y elegir la mejor manera de conseguir una buena y adecuada funcionalidad. (vol. 4, p. 14-17).

Gonzales (2016), Indica que el mantenimiento correctivo planificado anticipa las acciones a realizar antes de que ocurra una falla, de modo que cuando se detiene el equipo para llevar a cabo la reparación, ya se cuentan con los repuestos y el personal técnico previamente asignados en una programación de tareas. (p. 27).

Vega (2017), Indica que se trata del conjunto de acciones realizadas en un equipo, instrumento o estructura con el objetivo de garantizar su funcionamiento óptimo, evitando paradas no planificadas o imprevistas. Este sistema demanda un elevado nivel de conocimiento y una organización altamente eficiente.

Olarte (2010), El mantenimiento predictivo abarca una serie de pruebas no invasivas diseñadas para supervisar el desempeño de los equipos y detectar indicios que señalen un mal funcionamiento de sus componentes. Mediante este enfoque, una vez identificados los problemas, se pueden programar las reparaciones de manera oportuna, sin interrumpir el proceso productivo y extendiendo así la vida útil de las máquinas. (p. 2)

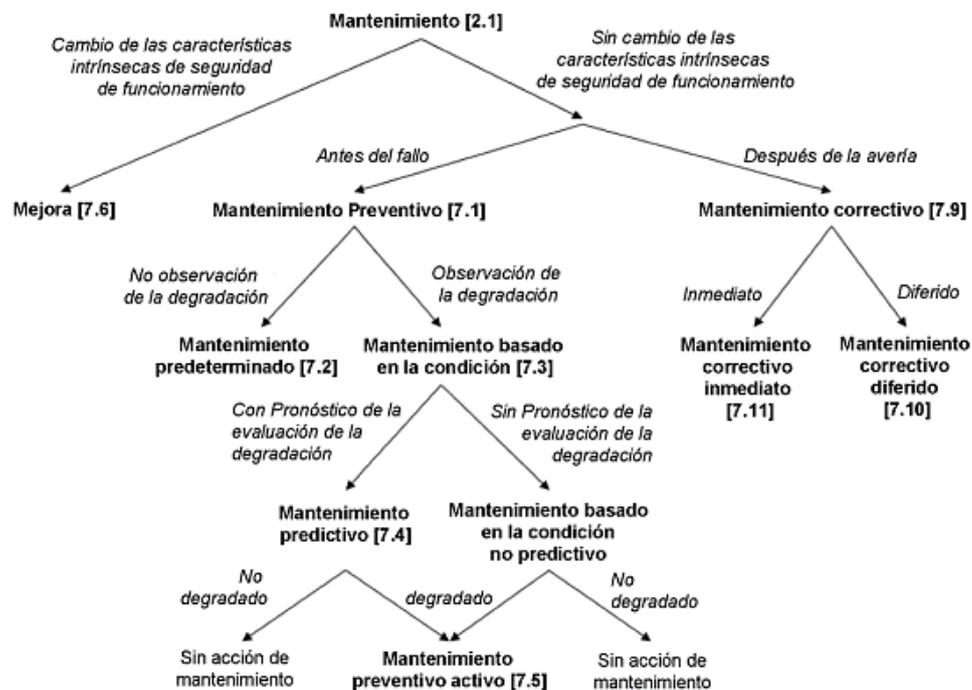
Moubray (2001), no define que el mantenimiento de equipos tiene como finalidad, “asegurar que los bienes físicos continúen cumpliendo las funciones que sus usuarios esperan”; esto ha debido a que cuando se implementan estos equipos, su finalidad es la recuperación de su capital de inversión la rentabilidad que puede dar con el mínimo mantenimiento posible. (pág. 11)

Tipos de mantenimiento:

Según la norma (UNE-EN 13306, 2017) define a los tipos de mantenimiento según la siguiente figura.

Figura 1

Tipos de mantenimiento



Nota. Obtenido de (UNE-EN 13306, 2017)

Según Flores (2016), el objetivo del mantenimiento preventivo era anticipar y evitar fallos en máquinas y equipos mediante el uso de datos sobre diversos sistemas, subsistemas e incluso piezas individuales. Para realizar un programa de mantenimiento preventivo este crea con una frecuencia basada en el calendario o en el uso del equipo, con el fin de realizar variaciones de subconjuntos, sustitución de piezas, ajustes, cambios del aceite y lubricación, entre otras actividades, en la maquinaria, equipos e instalaciones considerados críticos para evitar fallas.

Benites & Hidalgo (2023), señalan que el Mantenimiento que está Basado en la Condición, MBC, tiene como finalidad un mantenimiento en función a los resultados que arrojen, es decir, la disponibilidad, su fiabilidad, el coste de

mantenimiento, su vida útil de la instalación, la seguridad y el bajo impacto ambiental, en el diagnóstico previo de los equipos. (p. 63)

Bances & Llontop (2021), señalan que la disponibilidad de una herramienta es la probabilidad de que esté disponible para que se pueda usar durante un buen periodo de tiempo sin que lo impidan los fallos. El número de desperfectos y el tiempo necesario para su reparación determinan. (p. 15)

$$\% \text{ DISPONIBILIDAD} = \frac{\text{TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS}}{\text{TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS} + \text{TIEMPO MEDIO PARA REPARAR}} \quad (1)$$

Bances & Llontop (2021), señalan que los dos valores que componen el indicador de disponibilidad son el tiempo medio entre fallos (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR), ambos medidos en porcentajes. (p. 15)

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100\% \quad (2)$$

Quispe & Quispe (2023), señalan que el avance del tiempo entre fallos/averías del instrumento se conoce como tiempo entre fallos (MTBF). En consecuencia, indica la fiabilidad de la actividad. Cuanto mayor sea el MTBF, más fiable será el sistema. El MTBF se calcula dividiendo el tiempo total de funcionamiento de la actividad (el número de horas que habría funcionado si no hubiera fallado) por el número de fallos.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo Total Disponible} - \text{Tiempo de Inactividad}}{\text{Numero de reparaciones}} \quad (3)$$

Bances & Llontop (2021), señalan que el tiempo promedio entre reparación (MTTR) es el tiempo promedio que toma resolver identificar la incidencia y reparar la actividad para que pueda reanudar su funcionamiento normal. Cuando se produce una incidencia y el dispositivo reanuda su funcionamiento normal, comienza el tiempo total de mantenimiento. (p. 16)

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo Total de Mantenimiento}}{\text{Numero de reparaciones}} \quad (4)$$

Huaripata (2023), señalan que la relación entre los medios tecnológicos se conoce como productividad y humanos en la cual se aprovecha para la obtención de determinado fin, también se tiene que considerar que existe una relación directa con un seguimiento y mejora constante de la calidad. Que gracias a ellos se previene defectos de calidad de trabajo mejorando estándares empresariales.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación.

3.1.1 Tipo de investigación.

La presente investigación fue de tipo aplicada, pues la implementación del plan de mantenimiento toma consensos y bases teóricas que fueron llevadas a la solución real de la problemática existente.

3.1.2 Diseño de investigación.

La presente fue una investigación preexperimental puesto que, una investigación preexperimental se basó en el determinismo de los fenómenos, que se tuvo al obtener evidencias preliminares o exploratorias sobre la relación entre las variables, para este caso los fenómenos que se estudiaron fueron la disponibilidad de las torres de iluminación, la determinación de los fenómenos vino a asociarse con la observación en tiempo real de las lámparas y el historial de fallas.

3.2 Variables y operacionalización.

Variable independiente: Plan Mantenimiento Preventivo en torres de iluminación RL4V2 TEREX, según Campos (2018) Plan de mantenimiento se definió en un cronograma el cual indicaba actividades que se debieron realizar, cumpliendo las fechas establecidas y tomando en cuenta las horas y días de operación.

Variable dependiente: Disponibilidad operativa, según Angulo & Orellana (2021) definió disponibilidad como la garantía de que un componente o sistema que tuvo seguirá funcionando adecuadamente durante un determinado período de tiempo.

La tabla de operacionalización de las variables está ubicada en el Anexo1.

3.3 Población, muestra y muestreo.

En la investigación realizada en SEGETSUR, se analizaron las estrategias de mantenimiento de la empresa para optimizar el funcionamiento de sus torres de iluminación. A continuación, se definen la población, la muestra y la unidad del análisis.

3.1.3 Población

La población estuvo definida por las 10 torres de iluminación modelo RL4V2 marca TEREX, con los cuales cuenta la empresa SEGECTSUR.

- Criterios de inclusión: Para ser consideradas el tiempo de vida de las torres de iluminación y las horas de actividad de la empresa SEGECTSUR no superaron las 10.000 horas.
- Criterios de exclusión: Se considera fuera de la evaluación a todas las torres que no se encuentren en funcionamiento, es decir, que actualmente no están operando.

3.1.4 Muestra

Se consideraron como muestra a una torre de iluminación que es la de mayor relevancia en actividades siendo esta la representativa, puesto que pertenecen al mismo modelo RL4V2 y marca TEREX, y se encontraron sometida a las características temporales, ambientales y operacionales similares, representando así todas las áreas que enfocándose en la creación de un plan de mantenimiento predictivo.

3.1.5 Muestreo

Para realizar el muestreo se utilizó un modelo no probabilístico realizado por juicio de los investigadores.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Según Ñaupas, Valdivia, Romero, & Palacio (2018), Las técnicas de investigación se refieren a un conjunto de normas y métodos que posibilitan la adecuación de un proceso particular para lograr un objetivo en cada actividad, ya sea desde su inicio hasta su conclusión o desde la identificación del problema hasta la formulación y verificación de hipótesis en las teorías existentes.

Las técnicas utilizadas en esta investigación incluyeron:

- Observación: Esta se representó en la utilización de herramientas conceptuales o materiales, mediante los cuales se recopilaron datos e información histórica para resolver problemas actuales.
- Análisis de documentos y de contenido, estuvo representado en la revisión de históricos de la máquina, análisis de causa raíz Ishikawa e instructivos o manuales para el mantenimiento de estas.

Mis instrumentos utilizados en esta investigación fueron los siguientes:

- Informe de mantenimiento de las torres de iluminación generado por el área de ejecución. (Anexo 2 - A)
- Registro de atenciones de equipos generado por el área de planeamiento. (Anexo 2 - B)

Finalmente, y dentro de la exposición de resultados permitieron una recolección de datos bajo instrumentos computacionales de procesamiento de data estadística, procesadores de textos como:

- MS Office

3.5 Procedimientos

Podemos describir las fases en su proceso de desarrollo de la investigación de siguiente forma:

- Primero, se buscó información de tesis y libros relacionados con el tema elegido, donde estas referencias nos ayudaron a obtener más información.
- Segundo, se realizó los diagnósticos iniciales de los estados, funcionamientos y mantenimientos de las torres de iluminación en SEGETSUR. seguidamente se analizó las teorías más importantes y los pasos que se tuvieron que seguir en los planes de mantenimientos correctamente estructurados y procedimos a realizar la creación del plan de mantenimiento en el sistema de iluminación y generación estructurado que se ajuste acorde a los requerimientos y coyuntura de la empresa.

- Tercero, se determinó los resultados de la disponibilidad de las torres de iluminación ya aplicado el plan de mantenimiento preventivo.

3.6 Método de análisis de datos

Se recopiló información con el apoyo de las fichas de observación la recopilación de datos. Los datos fueron detallados, validados, representados gráficamente y luego almacenados en un archivo. Después de lo mencionado, se realizó el análisis de datos, obteniendo la información necesaria para el trabajo de investigación actual.

Haremos uso de herramientas como:

- MS WORD donde se registró las interpretaciones y análisis de estos datos, y se describieron los resultados, que permitieron la extracción de conclusiones y recomendaciones.
- MS EXCEL. Se determinó proyecciones y tabulaciones que determinó el detalle del modelo planteado que permitió el análisis en el aumento de la productividad y vida útil de los elementos de estudio.

3.7 Aspectos éticos.

Los aspectos de la ética se fundamentaron en el aspecto social, político y de sus actores, es así que pudimos determinar un desarrollo de la misma en la cual se respetó con firmeza en todas las fases del desarrollo los siguientes puntos.

- Consentimiento informado: Fue crucial recibir el consentimiento informado de cada participante humanos en su estudio. Debió proporcionarles información clara sobre los objetivos, procedimientos, riesgos potenciales y beneficios, así como sobre su derecho a abandonarlo en cualquier momento sin que ello tuviera efectos negativos.
- Privacidad y confidencialidad: Debió asegurar lo confidencial y la privacidad de todos los datos recopilados. Se aseguró de que la información personal de los participantes estuvo protegida y de que

cualquier información confidencial se manejó de forma segura y sólo se utilizó para fines específicos de la investigación.

- Integridad relacionada con la ciencia: Mantuvo en todo momento un alto nivel de integridad científica. Se tuvo cuidado de no manipular o distorsionar los datos para apoyar sus conclusiones. Evitando fabricar o falsificar datos presentando sus conclusiones y resultados de forma precisa y transparente.
- Uso responsable de los recursos: Se hizo un uso responsable de tus recursos para evitar la desesperación. Esto incluyó hacer un uso adecuado de los fondos de investigación, materiales, equipos y cualquier otro recurso que pueda estar disponible.
- Reconocimiento y atribución: Se aseguró de reconocer adecuadamente las contribuciones de otros investigadores y autores citando correctamente su trabajo. Se evitó los tópicos y se aseguró de citar debidamente las fuentes que ha utilizado para su investigación.
- Revelación de conflictos de intereses: Si se tuvo algún conflicto de intereses que pueda afectar a las conclusiones o interpretaciones de su investigación, debe ser honesto al respecto. Esto incluye cualquier relación financiera, emocional o profesional que pueda causar fricciones en el trabajo.
- Cumplimiento de regulaciones y normativas: Se aseguró de cumplir con todas las regulaciones y normativas éticas establecidas por tu institución académica, comités de ética de la investigación u otras entidades relevantes. Esto pudo incluir obtener aprobaciones éticas antes de comenzar tu investigación y seguir los protocolos establecidos.

IV. RESULTADOS

Para encontrar los resultados, se tuvo como población las 10 torres de iluminación marca RL4V2 modelo TEREX de la empresa SEGETSUR y como muestra, para nuestra de investigación se tomó a la torre de iluminación SL-001, lo cual es representativo para toda la población.

5.1 Determinación de la disponibilidad de las torres de iluminación

Se realizó la recolección de los principales fallos del año 2022 de las torres de iluminación, así como su incidencia, estas principales fallas se observan a continuación en la tabla 1.

Tabla 1

Análisis de principales fallos en las torres de iluminación y su incidencia en 2022.

FALLOS Y PARADAS	N° INCIDENCIAS	CAUSAS
No se cambian las partes corroídas con el tiempo.	9	Fallas de conexión en el sistema eléctrico y mecánico
Fuga de aceite en Carter del motor	15	No se realizan cambios y/o inspecciones al sistema de cableado
Problemas con filtro de aceite	13	Ausencia de mantenimiento preventivo.
Dureza en partes móviles	20	Falta de lubricación en parte móviles
Errores en el mantenimiento	8	No se realiza una correcta capacitación al personal
Generador proporciona energía menor de 120V	7	No se brinda un adecuado mantenimiento a los generadores
Falta de potencia en el motor de arranque	10	Ausencia del cambio de batería.
Quemadura en lámparas	25	No se realiza una programación del cambio de lámparas.
Fallos en las botoneras del sistema eléctrico	22	Suciedad, presencia de polvo y/o desgaste de los botones
Contaminación y particulado en fluido del aceite de motor	11	Fallo por falta de cambio de aceite del motor
Fuga de refrigerante del motor	15	Paradas de la maquina por falta de refrigerante.

Nota. Elaboración propia

Los fallos en las torres de iluminación que se muestran en la tabla N°1, estuvieron definidos durante año 2022, se observó que las

causas identificadas se debieron a los desperfectos por la falta de un mantenimiento.

Como se pudo apreciar en la toma de información mencionada anteriormente, se logró identificar que una de las incidencias que se tuvo reiteradamente fue las quemaduras de lámparas con un valor de 25 veces, esto es debido a que las torres de iluminación no tienen un sistema automatizado de detección de objetos, así como un control del flujo de lumens para que no sea constante cuando se necesite iluminar un área determinada por presencia de personal, o caso contrario este vacía.

Seguidamente un gran número de incidencias de fallas se dio por los fallos en las botoneras del sistema eléctrico, esto se dio debido a que el sistema no está automatizado, por lo tanto, la ignición de la torre se debió hacer manualmente, lo que realizó desgastes constantemente, esto sumado a que estas torres de iluminación se encuentran en lugares a la intemperie, lugares donde se encuentra mucha polución; nos llevaron a acortar considerablemente la vida útil de dichas botoneras.

Así mismo, el que estuvieran en estas áreas llenas de polución, también ocasionaron que el polvo y el viento hayan realizado un desgaste en los sistemas de partes móviles, haciendo que no puedan tener la movilidad necesaria y aumentando la fricción entre las mismas, llegando a tener mantenimientos no programados por dicha falta de movilidad de las torres. Los siguientes fallos fueron por temas comunes en mantenimientos de equipos, sin embargo, no se dio un seguimiento para mejorar dichos mantenimientos, por lo que fue necesario programar un plan de mantenimiento preventivo planificado en lugar de realizar mantenimientos aleatorios, de modo que la empresa pueda obtener mayor disponibilidad en sus torres de iluminación.

Tabla 2

Promedio por mes de paradas por fallas en las torres de iluminación en el 2022.

PARADAS POR FALLAS DE LAS TORRES DE ILUMINACIÓN										
CODIGO	SL-001	SL-002	SL-003	SL-004	SL-005	SL-006	SL-007	SL-008	SL-009	SL-010
PROMEDIO MENSUAL	4	3	2	4	4	3	3	4	3	3

Nota. Elaboración propia

Horas de inoperatividad de las torres de iluminación, las definimos como las horas de reparación por fallas mensuales en el año 2022 como se muestra en la tabla N° 02, este valor nos indicó un promedio de cuantas horas estuvo fuera de servicio una torre de iluminación, por causa de la demora del personal técnico en el desmontaje, identificación del problema, solicitar los repuestos respectivos y el montaje del equipo. Como pudimos determinar este valor tiene como promedio 3.3 paradas por mes, lo que se ve directamente afectado a la hora de la valorización del servicio, así como del coste que se requirió el realizar dicho mantenimiento no programado. Esto es perjudicial ya que durante esas horas no se ve un retorno de la inversión al adquirir las torres de iluminación.

Es por eso que, sin un plan de mantenimiento efectivo y un seguimiento de las horas de mantenimiento recomendados por el fabricante, se incrementó de manera alarmante los mantenimientos no programados y la compra excesiva de repuestos que afectan directamente al retorno de inversión de la maquina ya que su vida útil disminuye considerablemente.

Tabla 3

Horas inoperativas mensuales por fallas de las torres de iluminación en el 2022.

HORAS INOPERATIVAS DE LAS TORRES DE ILUMINACIÓN										
MES	SL-001	SL-002	SL-003	SL-004	SL-005	SL-006	SL-007	SL-008	SL-009	SL-010
ENERO	12	04	12	14	18	21	07	34	08	12
FEBRERO	36	13	33	29	07	16	16	19	20	17
MARZO	09	07	25	24	37	09	20	47	30	04
ABRIL	27	35	16	37	33	18	27	43	24	24
MAYO	53	25	26	28	17	08	41	31	24	17
JUNIO	61	07	29	13	07	20	30	09	17	26
JULIO	13	30	12	25	33	16	06	23	33	29
AGOSTO	16	50	06	18	15	30	28	13	12	16
SEPTIEMBRE	40	34	04	21	34	07	08	47	24	08
OCTUBRE	51	20	04	25	31	23	05	13	08	15
NOVIEMBRE	45	26	06	32	32	16	12	48	05	33
DICIEMBRE	33	25	09	34	47	30	25	17	24	41
TOTAL	33	23	15	25	26	18	19	29	19	20

Nota. Elaboración propia.

Luego de la tabulación de la información muestreada durante el año 2022, se pudo determinar que, debido a la ubicación de la torre de iluminación SL-001, fue la que tiene mayor tiempo de horas inoperativas debido a fallas. El tiempo del cual se tuvo registro, fue en el mes de junio, con un valor de 61 horas, teniendo dicha torre de iluminación, un promedio de horas de inoperatividad de 33 durante el año 2022. La segunda en obtener más horas de inoperatividad fue la torre SL-008, esto debido a que no se tuvo un control adecuado de repuestos, se contabilizó un tiempo de 48 horas inoperativas en noviembre, obtuvimos un promedio de 29 horas inoperativas.

Calculamos el tiempo neto de operación de las torres de iluminación en el año 2022, el tiempo total de operación dispuesto para las torres

luminarias es de 12 hrs diarios y multiplicado por los dias de cada uno de los meses del año.

Como ejemplo para el mes de enero realizamos la siguiente operación en la torre de iluminación SL-001, sabiendo que el tiempo de operación total es de 372 hrs.

Tiempo de Operacion Neto

$$= (\textit{Tiempo operacion}) - (\textit{Tiempo reparaci3n de fallas})$$

$$\textit{T tiempo de Operacion Neto} = (372) - (12)$$

$$\textit{T tiempo de Operacion Neto} = \mathbf{360 Hrs}$$

Luego de realizar el calculo correspondiente, se procedió con el calculo de cada torre de iluminación durante cada mes del año 2022, esto a fin de que se hay recopilado la informaci3n de analizar posteriormente.

En la tabla n°4, se identificó todos los tiempo de operaciones efectivas de las torres de iluminación, esta informaci3n fue de vital, ya que nos ayudó a poder determinar los indicadores de mantenimiento mencionados en la tesis.

Luego de analizar los datos presentado en la tabla n°4, pudimos determinar que; la mayor cantidad de horas operativas que tuvo una torre de iluminación fue la torre SL-003, esto debido a que esta torre de iluminación, fue mas reciente de las que tambien formaron parte de la toma de muestra de esta investigaci3n. Asi mimo, las torres SL-006 y SL-007 tambien tuvieron horas efectivas debido a que la ubicaci3n de las mismas, fue dentro de un area en donde la contaminaci3n y el clima no eran tan agrestes como en otros lados, esto tambien produjo que no tuviera tanto desgaste como los otros ya que tuvieron menos exposici3n. Caso contrario tuvieron las torres SL-004 y SL-005 que estuvieron expuestas a zonas donde la contaminaci3n por polvo, la radiaci3n hicieron que las torres tuvieran mas desgaste a comparaci3n de las otras.

Tabla 4*Tiempos netos de operación de las torres de iluminación en el 2022.*

TIEMPO DE OPERACIÓN DE LAS TORRES DE ILUMINACIÓN										
MES	SL-001	SL-002	SL-003	SL-004	SL-005	SL-006	SL-007	SL-008	SL-009	SL-010
ENERO	360	368	360	358	354	351	365	338	364	360
FEBRERO	336	359	339	343	365	356	356	353	352	355
MARZO	363	365	347	348	335	363	352	325	342	368
ABRIL	345	337	356	335	339	354	345	329	348	348
MAYO	319	347	346	344	355	364	331	341	348	355
JUNIO	311	365	343	359	365	352	342	363	355	346
JULIO	359	342	360	347	339	356	366	349	339	343
AGOSTO	356	322	366	354	357	342	344	359	360	356
SEPTIEMBRE	332	338	368	351	338	365	364	325	348	364
OCTUBRE	321	352	368	347	341	349	367	359	364	357
NOVIEMBRE	327	346	366	340	340	356	360	324	367	339
DICIEMBRE	339	347	363	338	325	342	347	355	348	331
TOTAL	339	349	357	347	346	354	353	343	353	352

Nota. Elaboración propia

La determinación de estos indicadores **MTBF** y **MTTR**, se debió gracias a que pudimos encontrar los tiempos de operación y las paradas de cada torre de iluminación que están mencionadas en las tablas anteriores, como por ejemplo del cálculo, se utilizará los datos de la torre de iluminación SL-001 en el mes de enero, los cuales determinó los siguientes indicadores MTBF y MTTR:

MTBF = Cantidad de horas de operación / N.º paradas

$$MTBF = \frac{360}{3} = 119.93 \text{ Horas}$$

MTTR =Tiempo corrección de falla / N.º de reparaciones

$$MTTR = \frac{12}{3} = 4.07 \text{ Horas}$$

Tabla 5*MTBF y MTTR de las torres de iluminación mensuales en el año 2022.*

MTBF Y MTTR DE LAS TORRES DE ILUMINACIÓN EN EL AÑO 2022 (SL-001 AL SL-005)										
MES	SL-001		SL-002		SL-003		SL-004		SL-005	
	MTBF	MTTR								
Enero	119.93	4.07	367.84	4.16	179.97	6.03	119.23	4.77	117.94	6.06
Febrero	56.01	5.99	179.65	6.35	84.64	8.36	85.79	7.21	364.67	7.33
Marzo	181.34	4.66	364.68	7.32	86.78	6.22	57.95	4.05	55.90	6.10
Abril	86.24	6.76	67.31	7.09	177.93	8.07	55.79	6.21	56.49	5.51
Mayo	53.19	8.81	86.67	6.33	115.45	8.55	57.31	4.69	177.49	8.51
Junio	44.37	8.78	365.00	7.00	68.60	5.80	179.46	6.54	364.95	7.05
Julio	179.62	6.38	85.49	7.51	179.86	6.14	115.70	8.30	84.86	8.14
Agosto	178.09	7.91	53.67	8.33	366.09	5.91	118.10	5.90	178.43	7.57
Septiembre	47.49	5.65	84.51	8.49	367.88	4.12	116.90	7.10	56.34	5.66
Octubre	53.43	8.57	117.41	6.59	368.15	3.85	69.46	4.94	56.86	5.14
Noviembre	65.40	9.00	115.36	8.64	366.40	5.60	68.02	6.38	85.04	7.96
Diciembre	67.82	6.58	115.76	8.24	363.34	8.66	84.61	8.39	54.24	7.76

MTBF Y MTTR DE LAS TORRES DE ILUMINACIÓN EN EL AÑO 2022 (SL-006 AL SL-010)										
MES	SL-006		SL-007		SL-008		SL-009		SL-010	
	MTBF	MTTR								
Enero	70.19	4.21	364.68	7.32	84.62	8.38	364.25	7.75	179.87	6.13
Febrero	178.11	7.89	177.86	8.14	117.61	6.39	117.47	6.53	88.81	4.19
Marzo	181.47	4.53	88.10	4.90	54.17	7.83	85.39	7.61	368.08	3.92
Abril	177.00	9.00	86.24	6.76	54.81	7.19	87.02	5.98	116.08	7.92
Mayo	182.05	3.95	55.13	6.87	56.90	5.10	58.01	3.99	177.43	8.57
Junio	88.06	4.94	85.50	7.50	181.41	4.59	88.76	4.24	115.31	8.69
Julio	177.81	8.19	366.40	5.60	87.25	5.75	84.64	8.36	85.73	7.27
Agosto	56.99	5.01	57.39	4.61	179.52	6.48	120.09	3.91	118.82	5.18
Septiembre	365.00	7.00	364.48	7.52	54.09	7.91	86.97	6.03	182.09	3.91
Octubre	69.90	4.50	366.85	5.15	119.73	4.27	363.71	8.29	178.32	7.68
Noviembre	89.04	3.96	180.13	5.87	53.96	8.04	366.78	5.22	56.46	5.54
Diciembre	68.32	6.08	86.78	6.22	88.81	4.19	115.93	8.07	55.10	6.90

Nota. Elaboración propia

En la tabla 5, se recopiló todos los indicadores por mes de MTTR Y MTBF de las torres de iluminación, donde procedimos a realizar las operaciones de disponibilidad necesarios.

El análisis de la tabla mencionada anteriormente, determinó que de todas las muestras que se tomaron para el análisis, el mejor desempeño que se tuvo de tiempo entre las fallas consecutivas (MTBF) y la media de tiempo que se necesita para la reparación y prueba (MTTR), lo tuvieron las torres de iluminación las torres SL-003 y SL-007, caso contrario lo obtuvieron las torres de iluminación SL-001, SL-004 y SL-008, en donde sus indicadores de fallas fueron muchos más bajos. Esto como se explicó anteriormente, fue debido a malas condiciones de terreno y climáticas; así mismo, su falla de mejora en la operatividad de los mismos, ocasionaron que sus indicadores sean mayores. Sin embargo, sus indicadores de respuestas al tiempo de reparación y prueba (MTTR) fueron menos, debido a que sus fallas concurren en mantenimientos preventivos, a temas de contaminación por el medio en donde se encontraron.

Después de haber realizado los cálculos de los indicadores necesarios que determinaron los tiempos entre fallas y tiempo entre reparación, se procedió a realizar el cálculo de la disponibilidad mensual de las torres luminarias en el año 2022, con los datos hallados en la tabla 05, se calculó la disponibilidad con los datos obtenidos para todas las luminarias, se procedió a realizar y tabular la disponibilidad de todas las torres de iluminación durante todo el año 2022.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

Reemplazamos los valores:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{119.93 \text{ horas}}{119.93 \text{ horas} + 4.07 \text{ horas}} * 100 = \mathbf{96.72 \%}$$

Tabla 6

Histórico de disponibilidad de las torres de iluminación mensuales en el año 2022.

DISPONIBILIDAD DE TORRES DE ILUMINACION EN EL AÑO 2022										
MES	SL-001	SL-002	SL-003	SL-004	SL-005	SL-006	SL-007	SL-008	SL-009	SL-010
Enero	96.72	98.88	96.76	96.15	95.11	94.34	98.03	90.99	97.92	96.70
Febrero	90.33	96.59	91.01	92.25	98.03	95.76	95.62	94.85	94.74	95.50
Marzo	97.50	98.03	93.32	93.47	90.17	97.57	94.73	87.37	91.82	98.95
Abril	92.73	90.46	95.66	89.98	91.11	95.16	92.73	88.40	93.57	93.62
Mayo	85.79	93.20	93.10	92.44	95.42	97.88	88.92	91.77	93.57	95.39
Junio	83.49	98.12	92.20	96.48	98.10	94.69	91.94	97.53	95.44	92.99
Julio	96.57	91.92	96.70	93.30	91.24	95.59	98.49	93.82	91.01	92.19
Agosto	95.75	86.57	98.41	95.24	95.93	91.91	92.56	96.52	96.85	95.82
Septiembre	89.36	90.87	98.89	94.28	90.86	98.12	97.98	87.24	93.52	97.90
Octubre	86.17	94.69	98.96	93.36	91.71	93.95	98.61	96.55	97.77	95.87
Noviembre	87.91	93.03	98.49	91.43	91.44	95.74	96.84	87.03	98.60	91.06
Diciembre	91.15	93.35	97.67	90.98	87.48	91.82	93.31	95.50	93.50	88.87
MEDIA	91.12	93.81	95.93	93.28	93.05	95.21	94.98	92.30	94.86	94.57

Nota. Elaboración propia

Con los resultados obtenidos, se determinó que la torre luminaria SL-001 es la que presenta menor disponibilidad con un promedio de 91.12 % durante el año 2022, esto se debe a que tuvo un promedio alto en paradas, el tiempo de acción correctiva en los fallos fue mayor y el tiempo medio de reparación fue alto, caso contrario tuvo la SL-006 con una disponibilidad del 95.21%. Un análisis más minucioso acerca de estos datos, se realizará durante en el desarrollo del siguiente objetivo específico utilizando el método AMEF.

5.2 Elaboración del análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) y el número de prioridad de riesgos (NPR) de las torres luminarias.

Se utilizó el análisis AMEF para determinar las causas de las fallas y su acción correctiva. Las siguientes figuras mostraron los criterios utilizados para el AMEF en esta investigación. Estos criterios nos apoyaron para determinar, identificar, evaluar y priorizar los posibles modos de falla en un proceso o sistema. Lo utilizamos durante la evaluación de la falla, su severidad, ocurrencia y eso nos conllevó a calcular el índice de Riesgo (IR). Primando la minimización de algún efecto negativo o alguna falla que perjudicando la nueva tasa de confiabilidad que fue hallada en el objetivo anterior. Para el desarrollo de este objetivo, se tuvo en consideración metodología AMEF de la normativa española, a fin de que pudiéramos parametrizar los criterios para las fallas y las probabilidades que se encontraron en los mantenimientos del equipo.

Tabla 7
Clasificación de la gravedad del modo de fallo según la repercusión del cliente / usuario

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, este observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. EL cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema.	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

Nota. Tomado de Bestratén, Orriols, & Mat(2004)

En la tabla 7, tenemos una clasificación de gravedad en los fallos de los equipos, esto nos fue de gran utilidad para hacer el análisis de los fallos que se tuvieron en las torres de iluminación durante su tiempo de servicio en el año 2022.

Así mismo, se tuvo que determinar la frecuencia de ocurrencia de estos fallos, para lo cual también se utilizó normativa española, a fin de que pudiéramos determinar el tipo de frecuencia y los criterios avalados para aplicarlos en la implementación de nuestro plan de mantenimiento desarrollado en esta investigación, como se determinó en la tabla 8.

Tabla 8.

Clasificación de la frecuencia/probabilidad de ocurrencia del modo de fallo

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonable esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

Nota. Tom Nota. Tomado de Bestratén, Orriols, & Mat(2004)

En la tabla 9, perteneciente a la fuente de consulta mencionada anteriormente, se representó una clasificación para la detección del modo de fallo. Estas detecciones fueron necesarias para que se pueda clasificar y cuantificar cuan detectable fue un fallo durante la operatividad de los equipos, así mismo saber cómo clasificarlo y

determinar su importancia para la implementación en el plan de mantenimiento.

Para esta investigación y conociendo las definiciones y la capacidad de poder calificar y cuantificar la facilidad, la frecuencia y la gravedad con la que ocurrieron las fallas de las torres de iluminación y luego de la recopilación de datos, se tuvo que la mejor forma de aplicación de la metodología AMEF, fue en aplicarlos para el sistema eléctrico y sistema mecánico de los equipos.

Tabla 9.

Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio, resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque ser la detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse, casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

Nota. Tomado de (Nota. Tomado de Bestratén, Oriols, & Mata (2004)

Luego de haber obtenido conceptos más claros acerca de los modos de fallos, se procedió a realizar un análisis AMEF (Análisis modal de efectos de fallo), para el sistema mecánico en el cual vamos a identificar todos los fallos reportados durante la toma de muestras de esta investigación, así mismo, se contempló las fallas y se dedujo el motivo de las mismas. Luego de eso, se cuantificó la gravedad de las mismas y de determinó un sistema de control para dichas fallas.

Tabla 10

AMEF al sistema mecánico de la torre de iluminación Terex 2022.

ANÁLISIS MODAL DE EFECTOS Y FALLO (A.M.E.F) SISTEMA MECÁNICO

Falla Funcional	Modos de fallo	Efecto de las fallas	Causas de las fallas	Valoración			NPR	Controles
				Gravedad	Ocurrencia	Detección		
Sistema de combustible	Corrosión de algunas partes del sistema de combustible.	Fuga de aceite en Tubería Fuga de aceite en Carter del motor	No se cambias las partes corroídas con el tiempo.	6	4	3	72	Inspección del nivel de corrosión.
	Deterioro en partes del sistema de filtros	Problemas con filtro de Aceite	Ausencia de mantenimiento preventivo.	3	5	10	150	Eventualmente se realiza los cambios de filtros de aceite.
	No existe una programación del sistema de control de mando	Desgaste en la bomba de transferencia de combustible.	La máquina no se encuentra aceitada	3	4	5	60	Realización de mantenimiento preventivo.
Sistema de lubricación	Errores de medición en cambio de aceite	Paros en las actividades de extracción de la minera	No se realiza una correcta capacitación al personal	5	2	3	30	Registro de mantenimiento.
	Deterioro en partes del sistema de filtros	Problemas de corrosión en filtro de aceite	No se brinda un adecuado mantenimiento a los filtros	3	5	3	45	Se revisa el sistema de filtros semestralmente.

Nota. Elaboración propia

En el tema mecánico mencionado en la tabla 10, pudimos determinar que, durante la toma de datos para el AMEF del sistemas mecánico de la torre de iluminación, encontramos que un deterioro común fue el deterioro de partes en el sistemas de filtros, para ser más específico se encontró problemas con el filtro de aceite, ya que no se encontró una gestión para los planes de mantenimiento y solo se realizaban los cambios de estos filtros eventualmente o ante la comunicación de una falla por parte del área de operación. Esto fue parte importante de este análisis ya que determinamos que la gravedad de esta falla se debe principalmente a una falta de planificación en el mantenimiento de lubricación, lo que minimiza la vida útil del equipo.

Es por esto que se tuvo que realizar una planificación para los equipos cada 250 horas, realizando una verificación del sistema de lubricación y sus componentes, esto según las recomendaciones del fabricante del equipo.

Tabla 11

AMEF al sistema eléctrico de la torre de iluminación Terex 2022.

ANÁLISIS MODAL DE EFECTOS Y FALLO (A.M.E.F) SISTEMA ELÉCTRICO

Falla Funcional	Modos de fallo	Efecto de las fallas	Causas de las fallas	Valoración			NPR	Controles
				Gravedad	Ocurrencia	Detección		
Sistema de generación	Corrosión de partes del generador	La exposición a lugares húmedos Polución excesiva	Oxidación de generador, obstrucción de ingreso de aire para enfriamiento del equipo	4	6	3	72	Inspección del cableado eléctrico.
	No existe una programación del sistema de generación.	Deterioro del generador	Acortamiento de vida del repuesto	4	4	6	96	Realización de mantenimiento preventivo.
Sistema eléctrico	Quemaduras por cortocircuito	Paros en las actividades	Desajustes de puntos de conexión o sobre carga	10	5	4	200	Registro de mantenimiento.
	Deterioro de puntos de conexión	Problemas de corrosión	No se brinda un adecuado mantenimiento	6	6	3	108	Se revisa el sistema inspección

De igual manera, se realizó un análisis AMEF para el sistema eléctrico mostrado en la tabla 11, luego de la recopilación de los datos para realizar el AMEF correspondiente, se determinó que debido a la mala operatividad del equipo, se tuvo un alto índice en el número prioritario de riesgo NPR, de 200 en el ítem de modo de fallas determinado como quemaduras hechas por cortos circuitos, esto se determinó teniendo como causa, el que se haya encontrado las borneras de los terminales desajustadas y sulfatadas debido a que las vibraciones producidas por el generador, las lluvias y la falta de controles en mantenimientos anteriores, ocasionaron que existiera desajustes en las borneras y consecuentemente esto provocara cortocircuitos en los sistemas. Para la solución de estos problemas, se propuso un control mucho más

exhaustivo acerca de todos los mantenimientos programados que se realicen en la unidad de análisis.

5.3 Implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa SEGETSUR para aumentar la disponibilidad operativa de las torres de iluminación RL4V2 TEREX

Durante el desarrollo de este objetivo general, se determinó que para la implementación del plan de mantenimiento preventivo fuese en función a la unidad de análisis, la cual fue la torre de iluminación SL-001, esto bajo la supervisión del supervisor de mantenimiento; debido a que fue la unidad con más indicadores de mantenibilidad críticos durante toda la muestra de datos en la investigación.

5.3.1 implementación del plan preventivo en las torres de iluminación

Se implementó un plan de mantenimiento preventivo en base al análisis de causa raíz, donde el principal objetivo del plan de mantenimiento preventivo es gestionar y optimizar la operatividad de las torres de iluminación con el mantenimiento anticipado para prevenir y controlar la ocurrencia de falla de equipos e inoperatividad que afecten al funcionamiento durante el desarrollo de sus actividades en la empresa, se utilizó de muestra la torre SL-001; debido a que esta torre de iluminación fue la que tuvo un mayor número de intervenciones para mantenimientos no programados, ya que sus indicadores de MTBF y MTTR, tuvieron como resultados 119.93 y 4.07, así como un tiempo de operativo de 339 horas. En resumen, esta torre de iluminación fue la que menos desempeño tuvo durante el año 2022, lo que fue tomado como muestreo para la investigación a fin de mejorar los indicadores y su tiempo de operatividad, determinando cuanta mejora hubo después de la implementación de un plan de mantenimiento.

De acuerdo con el AMEF en el capítulo anterior, las recomendaciones del fabricante y los datos recopilados durante esta investigación se logró un Programa de Mantenimiento Preventivo en función a objetivos operativos.

El plan de mantenimiento preventivo de la torre de iluminación Terex, mostrado en el Anexo 13, fue realizado con la intención de determinar los métodos necesarios que se utilizaron durante el mantenimiento del equipo. En este formato, se muestra los objetivos específicos para realizar un correcto mantenimiento y minimizar la ocurrencia de mantenimientos no programados.

Luego de la implementación del programa de mantenimiento, se tuvo que capacitar al personal encargado de realizarlos, esto en coordinación del gerente general de la empresa. La implementación del plan de mantenimiento partió en el mes de junio del 2023 y su estudio finaliza en noviembre del 2023. A continuación, se tabuló todos los datos recopilados de la torre de iluminación SL-001.

Tabla 12

Disponibilidad de la torre luminaria SL-001, junio - noviembre 2023.

ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD DE LA TORRE LUMINARIA SL-001					
MES EVALUADO	Tiempo neto de operación (Horas)	Tiempo de reparación (Horas)	MTBF (Tiempo de operación- Tiempo reparación /N° fallos)	MTTR (horas de reparación /N° fallos)	Disponibilidad (MTBF/ (MTBF+ MTTR))
JUNIO	338	34	112.76	11.24	90.94
JULIO	348	24	115.99	8.01	93.54
AGOSTO	363	09	120.88	3.12	97.49
SETIEMBRE	365	07	72.96	1.44	98.06
OCTUBRE	352	20	352.00	19.84	94.67
NOVIEMBRE	366	06	121.98	2.02	98.37
DISPONIBILIDAD PROMEDIO (junio - noviembre)					95.51

Nota. Elaboración Propia.

5.3.2 Evaluación del costo del plan de mantenimiento preventivo.

Para tener una mejor referencia del impacto en la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, se realizó una evaluación costo-beneficio para enfatizar si es viable o no económicamente la implementación de dicho plan. Para esto, se debió cuantificar, primeramente, cuanto es el costo que resulta las horas detenidas, esto viene a definirse como el costo directo (técnicos, repuestos, área operativa) y los costos indirectos (área administrativa y servicios relacionados), así mismo; se debe cuantificar cuanto es el costo de cada mantenimiento no programado y todo esto compáralo con el costo en su implementación del mantenimiento preventivo.

Tabla 13.

Costos de Insumos utilizados en los mantenimientos.

DESCRIPCION	N° PARTE	UNIDADES	COSTO	PM1	PM2	PM3	PM4
ACEITE 15W40	15W40	GLN	240	240	240	240	240
FILTRO DE ACEITE	866050	UND	193.28	193.28	193.28	193.28	193.28
FILTRO DE COMBUSTIBLE	839200	UND	209.96	209.96	209.96	209.96	209.96
FILTRO DE AIRE	866127	UND	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20
FILTRO EN LINEA	740620	UND	162.56	--	--	162.56	162.56
CORREA V-BELT	839209	UND	532.44	--	--	--	532.44
EMPAQUE DE TAPA DE BALANCINES	16261-14524	UND	160.04	--	--	--	160.04
LAMPARA BREAKER,30A 250VAC 2P,CSA	160077	UND	843.20			CONDICIÓN	
SWITCH PUSH-BUTTON	T106193	UND	1,766.84			CONDICIÓN	
ALTERNATOR	1263483	UND	462.08			CONDICIÓN	
BALASTRO	866090	UND	12,469.40			CONDICIÓN	
CAPACITOR 24uF MH	1255539	UND	4190.16			CONDICIÓN	
RADIADOR	160032	UND	639.12			CONDICIÓN	
	866120	UND	1,000.72			CONDICIÓN	

Nota. El costo mencionado es en Soles (S/.), elaboración Propia

En la tabla 13, se especifica qué tipo de insumos se utiliza en los mantenimientos que se realizaron en la unidad de análisis SL-001,

estos mantenimientos denominados PM van desde cambios preventivos de mantenimiento de aceites, hasta cambio de empaques de motor en la tapa de balancines, así mismo, se puede determinar algunos componentes que solo se cambian cuando existen ciertas condiciones críticas para el área de generación.

Como se puede apreciar en el Anexo 10, se observa una tabla relacionada al costo total de cada mantenimiento, dicho mantenimiento va desde el PM1 hasta el PM4, el cual es un mantenimiento más crítico. Para un mantenimiento PM1, el costo total, incluyendo costos directos e indirectos y añadiéndole un factor de 25% el cual puede ser definido por alguna emergencia suscitada, pudo llegar a costar en promedio S/ 2,237.70 soles, de igual manera, con las mismas condiciones un PM4 pudo llegar a costar S/ 5,265.00 soles.

Para el análisis que se realizó en la evaluación de costo beneficio de nuestro plan de mantenimiento, se tomó como referencia el mantenimiento no programado PM1, el cual según nuestra toma de datos es el más recurrente en comparación con el PM4 es por eso que toda la comparación es en función de este mantenimiento, a fin de cuantificar los gastos de los mantenimientos preventivos con mantenimientos recurrentes.

En el Anexo 09, se presenta los ingresos y egresos que se percibe de la unidad de análisis, la torre de iluminación SL-001, en la cual nos representa un muestreo de información recopilada durante 7 meses, esto mensualmente, vendría a ser S/ 9,270.40 soles los cuales son referentes a los mantenimientos PM1 no programados, sin embargo; la implementación de nuestro plan de mantenimiento en función al mantenimiento PM1, nos costaría S/ 2,237.70 soles; lo que nos da un ahorro de S/ 7,032.70 soles por mantenimiento no programado, esto es un ahorro del 314.28%. Dicho esto, es un ahorro muy relevante a la hora de cuantificar la implementación del plan de mantenimiento reduciendo drásticamente los mantenimientos no programados.

5.3.3 Elaboración de la disponibilidad después de la implementación.

Durante la elaboración de este objetivo general, se implementó efectivamente de un plan de mantenimiento, que mejoró los indicadores de la unidad de análisis que se evaluó en esta investigación, obteniendo como resultado; la mejoría de los indicadores de mantenimiento MTBF, MTTR, tiempo neto de operación, tiempo de reparación de horas.

En la tabla 12, podemos apreciar la comparación de la disponibilidad antes de después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, esto fue muestreado en un tiempo de 6 meses luego de la implementación, en donde pudimos apreciar un aumento en las horas de la disponibilidad, así como la reducción en el tiempo de horas de mantenimiento y un aumento en los indicadores de mantenibilidad.

Durante el mes de Julio, se vio un aumento de 7 horas en tiempo de disponibilidad de equipos, esto se debió a la implementación y a su vez del tiempo climático que se tuvo durante esos meses, ya que esa temporada es de invierno y las condiciones son de tiempos con muy baja humedad. En cambio, en el mes de noviembre, se tuvo un aumento de 39 horas, esto en función a que la nueva ubicación de la torre de iluminación y que la temporada que se tuvo en ese tiempo fue con menos vientos lo que contribuía a realizar menos desgastes en el equipo.

Después de todas estas comparaciones, y realizando un promedio total durante todo el tiempo de toma de muestra, se obtuvo una mejora en la disponibilidad del equipo en un 5.64% a comparación de la disponibilidad sin un plan de mantenimiento.

Tabla 14

Análisis de disponibilidad de la torre de iluminación SL-001 entre los años 2022 y 2023.

MES EVALUADO	AÑO (2022)					AÑO (2023)					
	Tiempo neto de operación (Horas)	Tiempo de reparación (horas)	MTBF (Tiempo de operación- Tiempo reparación /N° fallos)	MTTR (horas de reparación / N° fallos)	Disponibilidad	Tiempo neto de operación (Horas)	Tiempo de reparación (horas)	MTBF (Tiempo de operación- Tiempo reparación /N° fallos)	MTTR (horas de reparación / N° fallos)	Disponibilidad	
<i>JUNIO</i>	311	61	44.37	8.78	83.49	338	34	112.76	11.24	90.94 %	
<i>JULIO</i>	359	13	179.62	6.38	96.57	348	24	115.99	8.01	93.54 %	
<i>AGOSTO</i>	356	16	178.09	7.91	95.75	363	09	120.88	3.12	97.49 %	
<i>SETIEMBRE</i>	332	40	47.49	5.65	89.36	365	07	72.96	1.44	98.06 %	
<i>OCTUBRE</i>	321	51	53.43	8.57	86.17	352	20	352.00	19.84	94.67 %	
<i>NOVIEMBRE</i>	327	45	65.40	9.00	87.91	366	06	121.98	2.02	98.37 %	
PROMEDIO DE DISPONIBILIDAD					89.87 %	PROMEDIO DE DISPONIBILIDAD					95.51 %

Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

En este capítulo de esta investigación, se presentó las comparaciones con teorías y literaturas científicas actuales, mediante los antecedentes de referencia.

Luego de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, de la torre de iluminación SL-001, perteneciente a la empresa Segectur, nuestro principal indicador, variable dependiente fue la disponibilidad la cual logramos incrementar de un valor inicial de 89.87% a un nivel de 95.51%, es decir se tuvo incremento del 5.64%, utilizando el análisis de modos y efectos de falla (AMEF) para determinar el plan de mantenimiento preventivo, aumentando la vida del motor; lo que genero mayores tiempos operativos para el alquiler de las torres de iluminación. Así mismo Saucedo Abanto (2022), presento ante la Universidad Cesar Vallejo su tesis titulada “Plan de mantenimiento preventivo y disponibilidad de generadores eléctricos en una empresa minera”, la que consistía en Determinar la disponibilidad de los generadores de la empresa, realizar el análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) y el cálculo del número de prioridad de riesgos (NPR) de los generadores, elaborar un plan de mantenimiento preventivo para los generadores de la empresa y estimar la disponibilidad de los mismos con la implementación del plan de mantenimiento. Según el estudio, tras el análisis de AMEF y NPR de los generadores, se identificaron predominantemente niveles de prioridad de riesgo que varían de moderado a crítico, los cuales podrían afectar directamente la continuidad de las actividades de la empresa minera que dependen de los generadores y su disponibilidad. Después de aplicar la mejora propuesta, se logró una disponibilidad promedio del 87%, en comparación con el 78% registrado durante la investigación, evidenciando una mejora sustancial al implementar el plan de mantenimiento. En cuanto al objetivo general de implementar un plan de mantenimiento para las torres de iluminación, los resultados obtenidos en esta referencia no fueron concordantes. Esto se debió a la consideración de todos los aspectos operativos y de planificación de mantenimientos, se llegó a la conclusión de que las condiciones dadas para cada investigación influenciaron mucho para la obtención de estos resultados. Una de las fortalezas que se tuvo cuando se inició con el desarrollo de este objetivo, fue que se tuvo un monitoreo de cada uno de

los mantenimientos que se programaron, para determinar si los indicadores mejoraban o no después de la implementación del mantenimiento, esto fue durante 7 meses de investigación y puesta en ejecución del plan de mantenimiento. En cambio, la debilidad que se tuvo durante esta investigación fue solo se tuvo una unidad de análisis, se optó por este equipo, debido a que fue la que tuvo peor desempeño en los indicadores de mantenimiento, así mismo se debió realizar un estudio más amplio de torres de iluminación a fin de encontrar patrones consistentes en fallas comunes que se repitieron en los equipos. Para poder mejorar o incluir en el manual del fabricante fallas que se producen por el medio en donde se encuentran operando dichos equipos. Así como también, Diestra & Olivitos (2023), presentó ante la universidad César Vallejo su tesis titulada: "Implementación del mantenimiento preventivo de los equipos para aumentar la disponibilidad en el área de enlatado de la empresa PANAFODS S.A.C., Santa - 2023", teniendo como objetivo principal cuidar el rendimiento de sus equipos, aplicando un mantenimiento preventivo, concluyendo un aumento del 7.26% en la disponibilidad de las máquinas del área de enlatado de la empresa PANAFODS S.A.C., esto vuelve a confirmarnos qué; gracias a una implementación de plan de mantenimiento se puede aumentar las disponibilidad de equipos y esto repercute directamente en la recuperación de la inversión del capital en la adquisición de los equipos que se tiene, mejorar su vida útil, lo que conlleva a mejorar la rentabilidad de las empresas que necesitan disminuir considerablemente los gastos recurrentes debido a los mantenimientos no programados debido a la mala o nula implementación de los mismos, Es por eso, que es de suma importancia dentro del área de mantenimiento, una oficina especializada en planeamiento para realizar este tipo de investigaciones a fin de realizar estas continuas mejoras en beneficio de las empresas.

La Disponibilidad es relevante en nuestro objetivo específico número 1, desarrollado en el capítulo anterior, ya que, para diseñar un plan de mantenimiento, es necesario determinar la disponibilidad del equipo, la disponibilidad inicial fue de 89.87%, tener la data inicial nos posiciona e indica de cómo era el comportamiento antes de la implementación de los planes de mantenimiento preventivo. Según Celis (2018), presento ante la Universidad

Santo Tomas, Bucaramanga – Colombia la tesis titulada “Diseño de un Plan de Mantenimiento Productivo Total en la Empresa Industrias Metales”, la cual consistió en diseñar un plan de mantenimiento productivo que aumente la eficiencia de los equipos y mejore la calidad de la producción, donde se obtuvo como resultado que al implementar el plan de mantenimiento evitaba pérdidas de material por fallas en la maquinaria y disminución de costos, Si bien es cierto, se tenía una referencia sobre los mantenimientos no programados de las torres de iluminación, no se encontró información acerca de cómo se programaban y realizaban los mantenimientos, solo se tenía en cuenta las recomendaciones del fabricante a fin de determinar fallas correctivas del sistema. Sin embargo, no se tenía un registro de cuáles eran los tipos de fallas comunes durante el tiempo de servicio de los equipos, es por eso que, para la resolución de nuestro primer objetivo, se tuvo como finalidad el determinar las causas más comunes que ocasionan paradas imprevistas de los equipos. Una de las fortalezas más relevantes en el desarrollo de este objetivo, fue que se tuvo la recopilación durante un año acerca del comportamiento de los fallos de los equipos, a fin de obtener un registro detallado de todas las fallas y el análisis para cuantificar las incidencias en ellas. También se pudo llevar un registro de cuantas incidencias de fallas tuvieron al mes y su tiempo inoperativo para luego determinar los indicadores que se necesitaron para obtener la disponibilidad de los equipos mencionados. Una debilidad encontrada cuando se realizó esta investigación fue la de esperar al llamado del operador comunicando que se averió el equipo, esto era un limitante debido a que se dependía mucho del operador, esto al no tener una señal directa del equipo para saber la avería, se perdió horas para realizar el mantenimiento del mismo, lo que conllevó a afectar también en el tiempo entre mantenimientos. Esto hacía que la variación en los indicadores MTTR y MTBF tengan un margen de error que se podía evitar si se tuviese un control en tiempo real de los equipos, esto a fin de mejorar dichos indicadores. Es por eso que esta metodología tuvo mucha importancia para determinar los factores que afectaban en el desempeño de la operatividad de los equipos.

En el desarrollo del objetivo específico 2, se determinó implementar un plan de mantenimiento preventivo para minimizar las fallas que se encontraron cuyo costo mensual es de 536.72 soles mensuales, que incrementan el gasto de

mantenimiento en 6,440.64 soles anuales. Según Benites Callacna & Hidalgo Vega (2023), presentaron ante la Universidad Cesar Vallejo la tesis titulada "Propuesta de plan de mantenimiento para mejorar disponibilidad de máquinas de la empresa Metalmecánica " Generando Soluciones Industriales SAC" Mediante la Metodología AMEF", que consiste en implementar un plan de mantenimiento que minimice las fallas o paradas por falta de mantenimiento que ocasionen retrasos en la productividad, donde se obtuvo como resultado que al implementar el plan la disponibilidad, aumentó y aseguró la disponibilidad operativa evitando paradas. Luego del desarrollo de nuestro siguiente objetivo, se estuvo de acuerdo con el objetivo planteado en la referencia mencionada, ya que luego de determinar los indicadores y los tipos de fallas más comunes durante la operatividad de los equipos, se tomó como referencia la metodología AMEF y los índices de los números prioritarios de riesgos (NPR) tomados también de referencias de estándares de seguridad internacionales, se pudo determinar un AMEF para cada sistema perteneciente a las torres de iluminación (sistema mecánico y sistema eléctrico). Después de realizar dicho análisis, se determinó cual fue la falla predominante, esto fue de suma importancia para cuantificar y saber qué tipo de falla es la que necesitó con suma urgencia una implementación de un plan de mantenimiento. Se demostró que las fallas (deterioro de fallas en los sistemas de filtro y quemaduras por corto circuito), fueron las fallas más relevantes que ocurrieron durante la toma de muestras que se realizó en esta investigación.

La metodología utilizada en la presente tesis tiene fortalezas que logró el desarrollo de los objetivos, al ser aplicada nos soporta en la obtención de obtener la información necesaria para calificar las fallas y cuantificar la gravedad que se observaron durante la toma de datos, así mismo tener el personal calificado para analizar los fallos que se encontró, determinando la gravedad y proponiendo las posibles causas de estos. Una debilidad importante que se encontró al momento del desarrollo de la tesis fue que no se realizó un análisis más exhaustivo de los problemas mencionados, al ser preexperimental, como por ejemplo realizar un análisis de aceite, un análisis de combustible, y un análisis de refrigerante, a fin de determinar cómo es la contaminación de estos fluidos y como afectan en los mantenimientos no previstos realizados por el personal a cargo. Esto también es

un limitante, ya que solo se avocó a realizar un plan de mantenimiento sin considerar un análisis de los fluidos, solo encargándose del cambio de los filtros y cambio de los mismos fluidos. Sin embargo, esta limitante no disminuyó los indicadores de mantenimiento hallados en el capítulo anterior.

La relevancia social de la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la empresa Segectsur tiene un impacto positivo con la rentabilidad de la organización, y por tanto una disminución en los desperdicios, contaminación. Esta implementación logra satisfacer las necesidades de la organización de manera sostenible, técnicamente con evidencias que se pueden verificar a través de los indicadores de la gestión de mantenimiento como el MTBF, MTTR, Disponibilidad y el gasto de mantenimiento de la torre de iluminación.

VI. CONCLUSIONES

1. Para el desarrollo del objetivo general, se elaboró e implementó un plan de mantenimiento preventivo, tomando en cuenta los indicadores desarrollados en los capítulos anteriores, así como actividades de mantenimiento del fabricante de las torres de iluminación y con esto se pudo planificar actividades relacionadas a los mantenimientos preventivos, enfocados en las fallas mencionadas en la conclusión anterior. Luego de la implementación del programa de mantenimiento para los equipos, tomando en cuenta las recomendaciones de fabricante y su aplicación a fin de comparar como influye en la operatividad de los equipos, concluyó que, se permitió incrementar los valores de disponibilidad de inicialmente 89.87 % a un valor de 95.51 %, a raíz de que se encontró fallas en los mantenimientos realizados a los motores de las torres de iluminación, teniendo como base teórica la metodología AMEF, pudiendo realizar dicho plan de mantenimiento preventivo, lo que mejoró la operatividad y disponibilidad de los equipos en la empresa, confirmando la necesidad de implementar un efectivo plan de mantenimiento, ya que es de suma importancia para no deteriorar los equipos y aprovechar la rentabilidad que se debe aprovechar para incrementar los ingresos de la empresa.
2. Se determinó inicialmente en el año 2022 la disponibilidad de las torres de iluminación mediante la recolección de datos, mostrando una disponibilidad promedio bajo; por tal motivo se realizó un análisis donde se determinó que, la vida útil y la operatividad de los equipos era muy bajo, debido a que existían demasiados mantenimientos preventivos no programados, una excesiva compra de repuestos y un desgaste de mano de obra para satisfacer estas necesidades.

Para remediar esto, se realizó una tabla, en la cual se concentraban los principales fallos reportados por el área operativa, fallos tanto mecánicos, eléctricos como estructurales. Así mismo, se cuantificó cuantas veces estos fallos tenían incidencias, a fin de que se pudiera determinar las horas operativas, horas paradas por fallas y horas de operación neta de cada una de las torres de iluminación tomadas como universo para esta investigación.

Esto conllevó a determinar los indicadores MTBF y MTTR, los cuales son capaces de determinar cuánto tiempo tienen en mantenimiento y cuánto tiempo se demora en solucionar la falla, dándonos un indicativo de que la torre de iluminación SL-001 fue la que menor disponibilidad tuvo en la operación con un porcentaje de 91.12, el cual a comparación de las otras unidades fue el más bajo.

3. Luego de determinar cuáles fueron las causas principales de los mantenimientos no programados y cuantificar las horas tanto operativas como horas de parada en los equipos; resolvió por qué la torre de iluminación SL-001 fue nuestra unidad de análisis. No obstante, se encontró la necesidad de realizar un análisis más exhaustivo, utilizando el análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) y el número de prioridad de riesgos (NPR). Utilizando la metodología descrita durante el desarrollo de este capítulo, de determinó que las fallas donde se engloban los mantenimientos no programados, los cuales fueron el sistema mecánico y el sistema eléctrico. Pudiendo agrupar de mejor manera las fallas más comunes de las torres de iluminación, se realizó un AMEF para los dos sistemas, encontrando que en el área mecánica, el número de prioridad de riesgo mayor es en el deterioro de parte del sistemas de filtro, obteniendo un valor de 150; el cual nos indica que, una falla muy común y muy seguida en el sistema mecánico es el área de combustión, ya que es muy continuo la alimentación de combustible debido a sus extensas horas de operación lo que ocasiona un desgaste prematuro en los filtros y en la parte de combustión del motor, como lo son las válvulas de admisión, escape y cámara de combustión. Para el área del sistema eléctrico, siguiendo la misma de análisis, se determinó que el mayor número de prioridad de riesgo se dio como falla funcional en el sistema eléctrico, para ser precisos, en quemaduras por cortocircuito, teniendo como calificación 200 puntos. Es por esos motivos que se realizó la implementación de un plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos de la empresa mencionada en este informe de investigación.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda ampliar mucho más las unidades de análisis para futuras investigaciones, a fin de que se pueda tener una base de dato más amplia. Así mismo, aplicar mejores tecnologías como por ejemplo las tomas de muestras de fluidos de los equipos a fin de obtener una respuesta más precisa a la hora de determinar las fallas, ya que el hacer un análisis de aceites y refrigerantes nos determinará cuanto de esfuerzo realizó la máquina, cuanto tiempo es el más recomendable para hacer la sustitución de los mismo, según la ubicación del equipo y los problemas que se encuentran en su área de trabajo. En temas eléctricos también se necesita realizar una automatización de la ignición de equipo a fin de no realizar tanto desgaste de los pulsadores y mejorar el uso de los equipos de iluminación.

Para el tema de análisis de modos de fallas, se recomienda que se pueda tener en campo, personal calificado para analizar cada falla que se encuentre después de realizar los mantenimientos correctivos, a fin de obtener nuevas causas de fallas e incidir en una cultura de mejora continua que los anime a desarrollar todo su potencial, mejorando así las condiciones de operatividad y resaltar su productividad dentro de la empresa.

Se recomienda la utilización de softwares que permitan que el plan de mantenimiento se cumpla en cada torre de iluminación, según las sus horas programadas, para esto es necesario la capacitación de los coordinadores de operaciones en el tema de mantenimientos programados, así mismo, se necesita que en el área de planeamiento se pueda tener personal calificado para determinar las fallas en dichos equipos. Esto a fin de mejorar la ingeniería en los planes de mantenimiento.

REFERENCIAS

- Ahen Valladares, A. A., & Morocho Acela, S. C. (04 de Mayo de 2021). *Características de la gestión de mantenimiento de la maquinaria de la empresa Komatsu-Mitsui Maquinarias Perú S.A., Sechura-2019*. Recuperado el 9 de December de 2023, de repositorio de la UCV: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/59128>
- Alaveda Flores, C., Gastelu Pinedo, Y., Mendez Orellana, G., Minaya Luna, C., Pineda Ocas, B., Prieto Gilio, K., & Rios Mejia, K. (10 de Julio de 2016). *Repositorio Institucional Universidad de Lima*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad de Lima: <http://repositorio.ulima.edu.pe/handle/ulima/3837>
- Alba Rosales, F. Y., & Chinchay Guerrero, W. E. (03 de Marzo de 2020). *Repositorio Universidad Cesar Vallejo*. Obtenido de Repositorio Universidad Cesar Vallejo: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/41227>
- Alvarez Coello, G. A., & Padilla Guarnizo, J. L. (08 de Marzo de 2021). *Repositorio Universidad del Azuay*. Obtenido de Repositorio Universidad del Azuay: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10592>
- Angulo Vigo, E. R., & Orellana Yañez, G. R. (04 de Febrero de 2021). *Repositorio Universidad Privada del Norte*. Obtenido de Repositorio Universidad Privada del Norte: <https://hdl.handle.net/11537/25690>
- Angulo, E., & Orellana, G. (2021). MANTENIMIENTO PARA AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE MÁQUINAS. (*Tesis de Grado*). Universidad Privada del Norte, Trujillo.
- Arencibia Fernandez, J. M. (17 de Abril de 2007). *Revista de Arquitectura e Ingeniería*. Obtenido de Revista de Arquitectura e Ingeniería: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193915927005>
- Bances Enriquez, G. A., & Llontop Paredes, L. G. (23 de Mayo de 2022). *Repositorio Universidad Cesar Vallejo*. Obtenido de Repositorio Universidad Cesar Vallejo: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/89003>

- Bances, G., & Llontop, L. (2021). Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de equipos en Nave Armado de una planta metalmeccánica. (*Tesis de Grado*). Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo.
- Benites Callacna, M. M., & Hidalgo Vega, C. E. (28 de Junio de 2023). *Repositorio Universidad Cesar Vallejo*. Obtenido de Repositorio Universidad Cesar Vallejo: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/117168>
- Benites, M., & Hidalgo, C. (2023). Propuesta de plan de mantenimiento para mejorar disponibilidad de máquinas de la empresa Metalmeccánica "Generando Soluciones Industriales SAC" Mediante la Metodología AMEF. (*Tesis de Grado*). Universidad César Vallejo, Trujillo.
- Bestratén, M., Orriols, R., & Mata, C. (2004). NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE. *Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España*, 4-7.
- Campos Vera, I. A. (16 de Julio de 2018). *Repositorio Universidad Santo Toribio de Mogrovejo*. Obtenido de Repositorio Universidad Santo Toribio de Mogrovejo: <http://hdl.handle.net/20.500.12423/1751>
- Campos, I. (2018). PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA INCREMENTAR LA RENTABILIDAD EN LA EMPRESA DE TRANSPORTE SAYVAN E.I.R.L. (*Tesis de Grado*). UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO, Chiclayo.
- Carraza Solis, C. d., & Rosales Lozano, Y. A. (22 de Febrero de 2019). *Repositorio Universidad Cesar Vallejo*. Obtenido de Repositorio Universidad Cesar Vallejo: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/27822>
- Celis Guerra, L. C. (2018). *Diseño de un plan de mantenimiento productivo total en la empresa industrias Metalex S.A.S.*
- Celis Guerra, L. C. (09 de Abril de 2018). *Repositorio Universidad Santo Tomas*. Obtenido de Repositorio Universidad Santo Tomas: <http://hdl.handle.net/11634/11610>

- Criollo Peña, L. H. (25 de Noviembre de 2016). *Repositorio ucv*. Obtenido de Repositorio ucv: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/49302>
- Espinoza Gamarra, C. F. (27 de Setiembre de 2018). *Repositorio Universidad Tecnologica del Peru*. Obtenido de Repositorio Universidad Tecnologica del Peru: <https://hdl.handle.net/20.500.12867/1295>
- Espinoza, C. (2018). Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Curahuasi. (*Tesis de Grado*). Universidad Tecnológica del Perú, Lima.
- Figuroa Aguilar, P. R. (09 de Febrero de 2021). *Universidad Señor de Sipan*. Obtenido de Universidad Señor de Sipan: <https://hdl.handle.net/20.500.12802/7689>
- Figuroa, P. (2019). Sistema de gestión Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia del servicio de mantenimiento de la empresa Casip S.A. Lima 2019. (*Tesis de Grado*). Universidad Señor de Sipán, Pimentel.
- Garcia Cordova, M. (08 de Junio de 2017). *Revista Investigaciones Sociales*. Obtenido de Revista Investigaciones Sociales: https://www.ecorfan.org/republicofnicaragua/researchjournal/investigacionessociales/journal/vol3num8/Revista_de_Investigaciones_Sociales_V3_N8.pdf#page=8
- Gonzales Guzman, J. L. (22 de Agosto de 2016). *Repositorio Universidad Catolica Santo Toribio de Mogrovejo*. Obtenido de Repositorio Universidad Catolica Santo Toribio de Mogrovejo: <http://hdl.handle.net/20.500.12423/830>
- Gupta, P., & Vardhan, S. (2016). *Optimizacion de indicadores de eficiencia total de los equipos* .
- Huaripata Diaz, J. L. (08 de Mayo de 2023). *Repositorio Universidad Cesar Vallejo*. Obtenido de Repositorio Universidad Cesar Vallejo: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/113361>

- Huaripata, J., & León, E. (2022). Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos industriales – La Libertad. (*Tesis de Grado*). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo.
- Mayorga Mayorga, O. O., & Olmedo Jumbo, W. J. (2019). *Optimización del plan de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada, en los talleres del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba, aplicando la metodología (PMO)*. Chimborazo: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Mayorga Mayorga, O. O., & Olmedo Jumbo, W. J. (15 de Enero de 2019). *Repositorio Escuela Superior Politecnica de Chimborazo*. Obtenido de Repositorio Escuela Superior Politecnica de Chimborazo: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10632>
- Maza Ancajima, A. A. (04 de Diciembre de 2017). *Repositorio Universidad Cesar Vallejo*. Obtenido de Repositorio Universidad Cesar Vallejo: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/8098>
- Montoya Garcia, S. (01 de Febrero de 2018). *Repositorio Universidad Tecnológica de Pereira*. Obtenido de Repositorio Universidad Tecnológica de Pereira: <https://hdl.handle.net/11059/8460>
- Moreano Castillo, F. R., & Perez Vega, E. (16 de Octubre de 2020). *Revista Dominio de las Ciencias*. Obtenido de Revista Dominio de las Ciencias: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i4.1469>
- Muzo Villacis, S. P., & Olivo Moya, J. G. (27 de Julio de 2019). *Repositorio Universidad Tecnológica Indoamerica*. Obtenido de Repositorio Universidad Tecnológica Indoamerica: <https://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/1072>
- Muzo, S., & Olivo, J. (2018). Diseño del plan de mantenimiento preventivo para maquinaria pesada del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Baños de Agua Santa. (*Tesis de Grado*). Universidad Indoamerica.
- Neyra Asian, C. F. (26 de Mayo de 2021). *Repositorio Universidad San Pedro*. Obtenido de Repositorio Universidad San Pedro: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/20.500.129076/20121>

- Olarte C., W. (13 de Agosto de 2010). *Repositorio Universidad Tecnologica de Pereira*. Obtenido de Repositorio Universidad Tecnologica de Pereira: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4546591>
- Olivares Olivares, A. A. (01 de Diciembre de 2017). *Repositorio Universidad de Chile*. Obtenido de Repositorio Universidad de Chile: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/145977>
- Quispe Villata, E. J., & Quispe Villalta, R. (13 de Julio de 2023). *Repositorio Universidad Cesar Vallejo*. Obtenido de Repositorio Universidad Cesar Vallejo: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/118205>
- Quispe, E., & Quispe, R. (2023). Implementación de plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad del sistema hidráulico de la planta METSO “Empresa Cal y Cemento sur” – Puno. (*Tesis de Grado*). Universidad Cesar Vallejo, Puno.
- Ramirez Casco, A. d., Ramirez Garrido, R. G., & Calderon Moran, E. V. (02 de Enero de 2017). *Gestion Administrativa en el Desarrollo Empresarial*. Obtenido de Gestion Administrativa en el Desarrollo Empresarial: <http://eumed.net/ce/2017/1/gestion.html>
- Riff Silva, R. S. (09 de Agosto de 2021). *Repositorio Academico Universidad de Atacama*. Obtenido de Repositorio Academico Universidad de Atacama: <https://repositorioacademico.uda.cl/bitstream/handle/20.500.12740/16641/Bib%2029.727.pdf?sequence=1>
- Riveros Arcos, G. A. (09 de junio de 2022). *Biblioteca Universidad de Talca*. Obtenido de Biblioteca Universidad de Talca: <http://dspace.otalca.cl/handle/1950/12833>
- Rizzo Velasquez, M. (10 de Abril de 2012). *Repositorio Universidad Fransisco de Paula Santander*. Obtenido de Repositorio Universidad Fransisco de Paula Santander: <https://repositorioinstitucional.ufpso.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.14167/1059/Cuerpo%20del%20trabajo%20PLAN%20DE%20MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO%20DE%20VEHICULOS%20Y%20%20MA>

QUINARIA%20PESADA%20PARA%20LA%20EMPRESA%20DE%20TRANSPORTE%20Y%20SERVICIOS%20

- Rizzo Velasquez, M. (2019). *Plan de mantenimiento preventivo de vehiculos y maquinaria pesada para la empresa de transporte y servicio de Colombia Tracercol S.A.S, ubicada en San Martin Cesar*. San Martin Cesar.
- Roncal Medina, J. A. (16 de Mayo de 2018). *Repositorio Universidad Cesar Vallejo*. Obtenido de Repositorio Universidad Cesar Vallejo: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/12078>
- Saucedo Abanto, E. R. (12 de Setiembre de 2022). *Repositorio Universidad Cesar Vallejo*. Obtenido de Repositorio Universidad Cesar Vallejo: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/94861>
- Sexto, L. (25 de Setiembre de 2017). *Revista Mantenimiento en Latinoamerica*. Obtenido de Revista Mantenimiento en Latinoamerica: https://www.mantenimientomundial.com/notas/sexto_tipos-mantenimiento.pdf
- Simon Villegas, E. L. (25 de Mayo de 2018). *Repositoio Universidad Cesar Vallejo*. Obtenido de Repositroio Universidad Cesar Vallejo: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/12577>
- Simón, E. (2017). Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en la empresa Metalmeccanica Emeca SAC, Comas – Diciembre 2017. (*Tesis de Grado*). Universidad Cesar Vallejo, Lima.
- Vega, A. (2017). Implementación del Mantenimiento Preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria en la Empresa Grúas América S.A.C. Santa Anita, 2017. (*Tesis de Grado*). Universidad Cesar Vallejo, Lima.

ANEXOS

Anexo 1

Tabla de Operacionalización de variables

Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo en torres de iluminación	Padilla (2021) un plan de mantenimiento preventivo consiste en realizar tareas de mantenimiento programadas en intervalos regulares para prevenir problemas futuros. En pocas palabras, se trata de reparar los dispositivos antes de que fallen.	Tareas que vendrán determinadas por los métodos de mantenimiento preventivo para proteger y/o conservar las torres de iluminación.	Diagnostico	- Fallos y paradas	Nominal
				- Frecuencia de fallas	Razón
				- Horas inoperativas	Razón
			Planificación	- Plan de mantenimiento preventivo basado en condición.	frecuencia
Variable Dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Disponibilidad operativa	Benites & Hidalgo, (2023) Disponibilidad es la probabilidad de que esté disponible para su uso durante un tiempo excesivamente determinado mientras no se detenga por fallas. La cantidad de fallas y el tiempo de reparación determinan.	Es el porcentaje que las torres de iluminación estarán disponibles para su operación.	Disponibilidad	$\frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$	Porcentaje
			Tiempo medio entre fallas (MTBF)	$\frac{\sum \text{horas de operacion}}{\text{numero de fallas}}$	Numérico
			Tiempo medio de reparación (MTTR)	$\frac{\sum \text{horas de reparacion}}{\text{numero de fallas}}$	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2

Tabla de Instrumentos

Anexo 2-A

	INFORME DE MANTENIMIENTO		N° _____
	Tipo Atención: _____		Fecha Actividad: _____
ID EQUIPO: _____ HOROMETRO: _____ UBICACIÓN: _____			
Descripción de Actividad:			
Observaciones Y/O Comentarios:			
Materiales y Herramientas			
Cantidad	Descripción	Código Repuesto	Marca Fabricante
Personal			
Apellidos y Nombres	Cargo	Firma	Qty Horas
Apellidos Y Nombres	Cargo	Firma Conformidad Actividad	

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2-B

		REGISTRO DE ATENCIONES LUMINARIAS DE EQUIPOS SEGETSUR								
ITEM	EQUIPO	TIEMPO DE OPERACIÓN	HORAS DE INACTIVIDAD	TIEMPO DE PARADAS MANTTO (Hrs)	# DE FALLAS (Qty)	MTTR (Hrs/Falla)	MTBF (Hrs/Falla)	DISPONIBILIDAD %	MES	OBSERVACION
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3

Juicio de Expertos.



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo ... EDWIN HUBER CUADROS CAMPOSANO ... con DNI N° ... 09599387.... MAGISTER... EN ... ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE NEGOCIOS ... CIP N° 208704 ... de profesión ... INGENIERO MECÁNICO ... desempeñándome como ... DOCENTE UNIVERSITARIO ... en ... LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO ...

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los Instrumentos:

- FICHA DE INFORME DE MANTENIMIENTO
- REGISTRO MENSUAL DE MEDICIÓN DE LA DISPONIBILIDAD

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: "Implementación, plan mantenimiento preventivo en torres de iluminación para aumentar la disponibilidad operativa del taller de mantenimiento Segectaur, Moquegua 2023". Elaborado y presentado por los estudiantes:

- CHAMA CAHUANA DIEGO
- SOTO GONZALES LEONAR PAUL

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		
3. Actualidad			X		
4. Organización			X		
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia			X		
8. Coherencia			X		
9. Metodología			X		

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de ... Trujillo ... el día ... 6 ... del mes de ... Agosto ... del año ... 2023 ...

Mg. : EDWIN HUBER CUADROS CAMPOSANO
DNI : 09599387
Especialidad : INGENIERÍA MECÁNICA
E-mail : ecudros@pucp.pe

Edwin Huber Cuadros Camposano
ING. MECÁNICO
R. CIP. N° 208704

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo **ANTHONY ALFARO YANAHUAYA** con DNI N° 46273606, COLEGIADO con N° CIP 227929 de profesión **INGENIERO INDUSTRIAL**, desempeñándome como **ESPECIALISTA EN ING. DE MANTENIMIENTO Y SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO** en **UNIMAQ S.A.**

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- VALIDACIÓN DE ANEXO 2A INFORME DE MANTENIMIENTO
- VALIDACIÓN DE ANEXO 2B REGISTRO MENSUAL DE MEDICIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LAS TORRES RL4V2

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: **Implementación del Plan Mantenimiento Preventivo en Torres de Iluminación RL4V2 TEREX Para Aumentar la Disponibilidad Operativa en Segectsur, Moquegua**

Elaborado y presentado por los estudiantes:

1ro Chama Cahuana, Diego

2do Soto Gonzales Leonard Paul

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				x	
2. Objetividad					x
3. Actualidad				x	
4. Organización				x	
5. Suficiencia				x	
6. Intencionalidad					x
7. Consistencia				x	
8. Coherencia				x	
9. Metodología				x	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Arequipa el día 10 del mes de septiembre del año 2023.

ING. : Anthony Alfaro Yanahuaya
DNI : 46273606
Especialidad : Ingeniero Industrial
E-mail : Anthony.Alfaro@unimaq.com.pe



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo **FRANK MERELLO PORTOCARRERO** con DNI N° 72397726, COLEGIADO con N° CIP 316653 de profesión **INGENIERO MECÁNICO**, desempeñándome como **SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO** en **UNIMAQ S.A.**

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- VALIDACIÓN DE ANEXO 2A INFORME DE MANTENIMIENTO
- VALIDACIÓN DE ANEXO 2B REGISTRO MENSUAL DE MEDICIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LAS TORRES RL4V2

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: **"Implementación del Plan Mantenimiento Preventivo en Torres de Iluminación RL4V2 TEREX Para Aumentar la Disponibilidad Operativa en Segectsur, Moquegua"**

Elaborado y presentado por los estudiantes:

1ro Chama Cahuana, Diego

2do Soto Gonzales Leonard Paul

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				x	
2. Objetividad					x
3. Actualidad			x		
4. Organización			x		
5. Suficiencia				x	
6. Intencionalidad					x
7. Consistencia				x	
8. Coherencia				x	
9. Metodología			x		

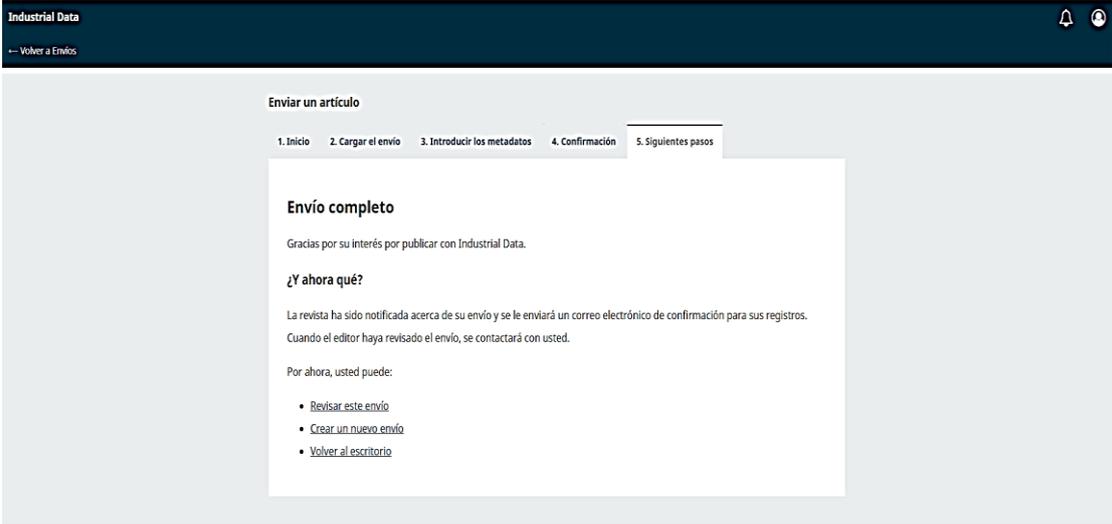
En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Arequipa el día 10 del mes de septiembre del año 2023.

ING. : Frank Merello Portocarrero
DNI : 72397726
Especialidad : Ingeniero Mecánico
E-mail : frank.merello@unimaq.com.pe



Anexo 4

Evidencia del envío a la revista científica.



The screenshot shows a web interface for 'Industrial Data' with a dark blue header. The main content area is titled 'Enviar un artículo' and features a progress bar with five steps: 1. Inicio, 2. Cargar el envío, 3. Introducir los metadatos, 4. Confirmación, and 5. Sigüientes pasos. The fifth step is active. Below the progress bar, a white box contains the following text:

Envío completo

Gracias por su interés por publicar con Industrial Data.

¿Y ahora qué?

La revista ha sido notificada acerca de su envío y se le enviará un correo electrónico de confirmación para sus registros. Cuando el editor haya revisado el envío, se contactará con usted.

Por ahora, usted puede:

- [Revisar este envío](#)
- [Crear un nuevo envío](#)
- [Volver al escritorio](#)

Anexo 05

Autorización de la empresa Segectsur para elaboración de la tesis



Anexo 06

Programa de Mantenimiento preventivo

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO												
Objetivo	Gestionar y optimizar la operatividad de las torres de iluminación con el mantenimiento anticipado para prevenir y controlar la ocurrencia de falla de equipos e inoperatividad que afecten al funcionamiento durante el desarrollo de las actividades de la empresa.											
Meta 1	Reducir las ocurrencia de fallos en el motor											
Recursos	Presupuesto de Mantenimiento											
N°	ACTIVIDAD	RESPONSABLE DE EJECUCION	PLAZO								ESTADO (Realizado, En Proceso)	OBSERVACIONES
			TRIM I		TRIM II		TRIM III		TRIM IV			
			PROG	EJEC	PROG	EJEC	PROG	EJEC	PROG	EJEC		
1	Cambio de aceite	Jefe de Mantenimiento.	1	1	1	1	1	1	1	1	Realizado	
2	Cambio de filtro de aceite	Jefe de Mantenimiento.	1	1	1	1	1	1	1	1	Realizado	
3	Cambio de filtro de aire	Jefe de Mantenimiento.	1	1	1	1	1	1	1	1	Realizado	
4	Inspeccion del motor(nivel de aceite, nivel refrigerante, radiador, tubo de escape, bomba de agua y combustible)	Jefe de Mantenimiento.	3	3	3	3	3	3	3	3	Realizado	
5	Mantenimiento general al sistema de combustión(Calibración de valvulas de admisión y escape)	Jefe de Mantenimiento.	1	1	1	1	1	1	1	1	Realizado	
6	Inspección al sistema de hermeticidad del motor(Inspección de fugas por resequedad de los empaques en la culata)	Jefe de Mantenimiento.	1	1	1	1	1	1	1	1	Realizado	
Meta 2	Reducir las ocurrencia de fallos en la Unidad de Generacion											
Recursos	Presupuesto de Mantenimiento											
1	Prueba funcional del generador	Jefe de Mantenimiento.			1	1			1	1	Realizado	
Meta 3	Reducir las ocurrencia de fallos en la estructura											
Recursos	Presupuesto de Mantenimiento											
1	Inspeccion de estructura (tapas laterales, soturas, winche de izaje seguros, pemos de lanta, aros)	Jefe de Mantenimiento.	3	3	3	3	3	3	3	3	Realizado	
Meta 4	Reducir las ocurrencia de fallos en los componentes de control electrico y montaje											
Recursos	Presupuesto de Mantenimiento											
1	Inspeccion de componentes (bateria, bornes de bateria)	Jefe de Mantenimiento.	3	3	3	3	3	3	3	3	Realizado	
2	Limpeza de caja de fusibles	Jefe de Mantenimiento.	3	3	3	3	3	3	3	3	Realizado	
3	Pruebas funcionales (switch de bloqueo, chapa de encendido)	Jefe de Mantenimiento.	1	1	1	1	1	1	1	1	Realizado	
Meta 5	Reducir las ocurrencia de fallos en el juego de luces											
Recursos	Presupuesto de Mantenimiento											
1	Prueba funcional de focos	Jefe de Mantenimiento.	3	3	3	3	3	3	3	3	Realizado	
2	Inspeccion conectores	Jefe de Mantenimiento.	3	3	3	3	3	3	3	3	Realizado	
META TRIMESTRAL			12.00%		40.00%		70.00%		100.00%			
RESULTADO			24.49%		50.00%		74.49%		100.00%			

Mas detalle del plan de mantenimiento lo podemos observar en el **Anexo 13**.

Anexo 07

Formato de mantenimiento preventivo 250 Hrs

HOROMETRO: _____ ID EQUIPO: _____ UBICACIÓN: _____	250 HRS PREV PM1 RL4V2		
	Generado por:	Fecha Revisión:	

 Personas		
Cantidad	Horas Hombre	Especialidad
2	2	<i>Servicio Externo Soporte</i>

 Materiales			
Cantidad	Descripción	Código Repuesto	Código Fabricante
1.5 Gal	ACEITE DE MOTOR RIMULA R4X 15W40	AM2102564	CI4-15W40-M-G2
1 EA	FILTRO, MOTOR	AM2162140	866050
1 EA	FILTRO	AM2162139	839200
1 EA	FILTRO	AM2162141	866127

 Herramientas		
Cantidad	Horas	Descripción

 Maquinaria		
Cantidad	Horas	Descripción

Anexo 08 Tabla de Costos totales de mantenimientos

preventivos

	HORAS PM	COSTO POR PM	HORAS HOMBRES TRABAJOS	COSTO DE PERSONAL EN 1 HORA	TOTAL, COSTO HORAS HOMBRES POR TIEMPO	COSTO MOVILIDAD POR HORA	TOTAL, COSTO MOVILIDAD POR HORAS PM	COSTO HERRAMIENTAS	TOTAL, SUMA COSTO HORAS POR TIEMPO + COSTO MOVILIDAD POR HORAS PM. COSTO POR PM + COSTO HERRAMIENTA	COSTO EMERGENCIA + 0.25
PM1	2	1083.44	6	91.12	546.72	10	20	20	1790.26	2237.70
PM2	3	1083.44	9	91.12	820.08	10	30	20	2103.52	2629.40
PM3	4	1246.00	12	91.12	1093.44	10	40	20	2579.44	3224.30
PM4	7	1938.48	21	91.12	1913.52	10	70	20	4212.00	6465.00

Nota. Elaboración Propia

Anexo 9

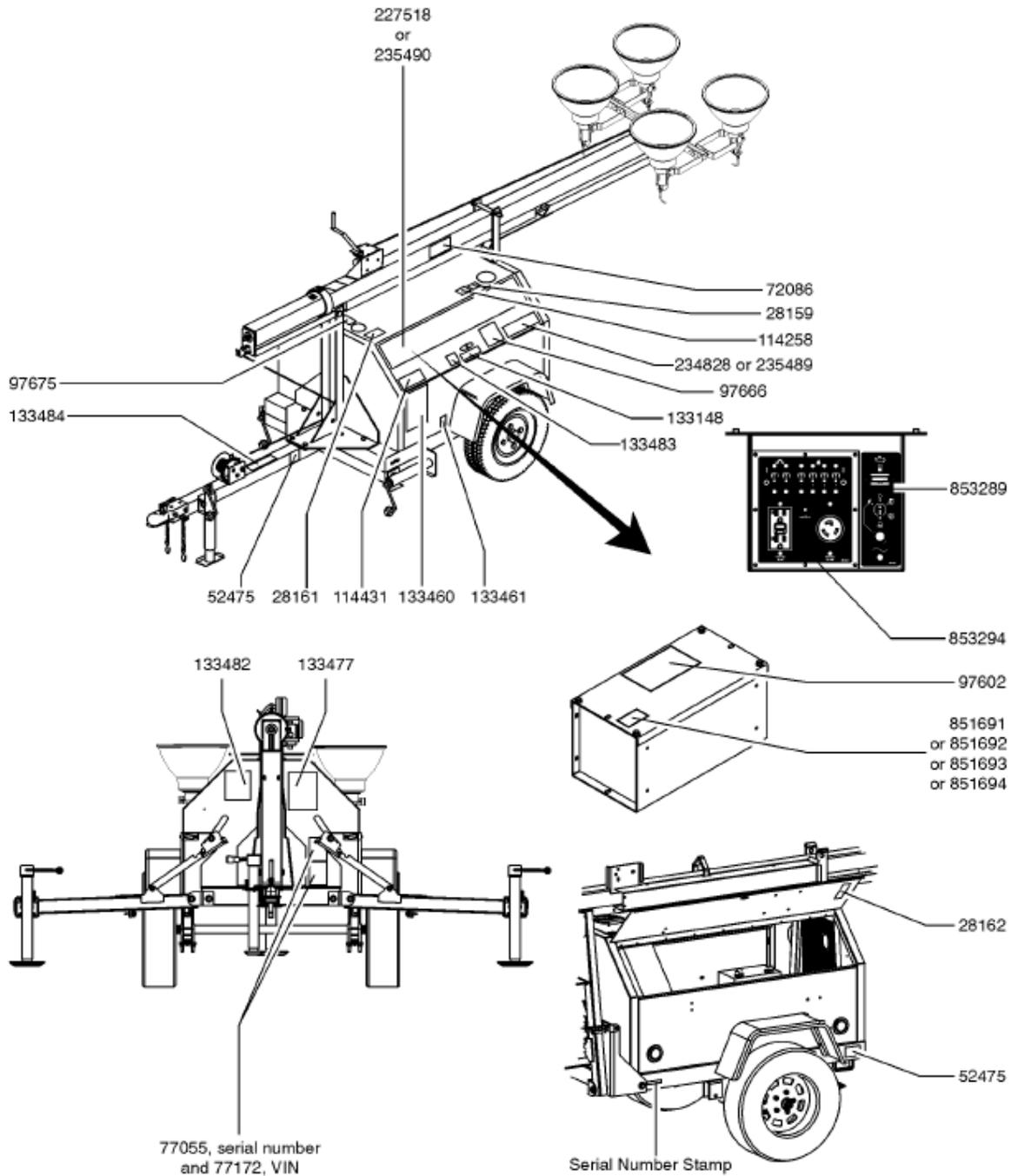
Tabla de comparación entre los ingresos y los egresos de la torre de iluminación SL-001

ID EQUIPO	POR HORA	POR DIA	MES	INGRESOS	EGRESOS POR 7 MESES			GANACIA	
				POR 7 MESES	COSTO POR CANTIDAD DE PM	COSTO DE PERSONAL MANTTO	OTROS GASTOS ADMINISTRATIVOS	TOTAL, POR 7 MESES	TOTAL, POR MES
SL001	50.0	1200	36000	252000	22052.80	33040.00	9800.00	187107.20	26729.60

Fuente: Elaboración propia

Anexo 10

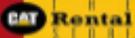
DETALLE DE INGENIERIA DE TORRE DE ILUMINACION RL4V2 TEREX



Item	Part No.	Description	Qty.
--	216590GT	DECAL KIT, WORD, RL4 <i>(from RL412-101)</i>	
1	28159GT	DECAL, DIESEL.....	1
2	28161GT	DECAL, WARN, CRUSH HAZARD HAND.....	1
3	28162GT	DECAL, WARNING, CRUSHING.....	2
4	52475GT	DECAL, LABEL, TRANSPORT TIEDOWN*.....	4
5	72086GT	DECAL, LABEL, LIFTING EYE.....	1
6	77172GT	LABEL, BLANK, 4X5, CHROME POLY***..... <i>(to order, call Genie Parts and Service Department with model and serial number of unit)</i>	1
7	77055GT	SERIAL LABEL, BLANK, 4X8, CHROME*..... <i>(This is a blank label. Contact Service Parts to order; the model and serial number of the machine will be required.)</i>	1
--	77183GT	FILM, POLY, CLEAR, 4.5 X 8.75.....	1
8	97602GT	DECAL, EXPLOSION HAZARD.....	2
9	97666GT	DECAL, WARN, READ MANUAL.....	1
10	97675GT	DECAL, WARN, EXPLSION/BURN HAZ...	1
11	114258GT	DECAL, DANGER, NO SMOKING.....	1
12	114431GT	DECAL, DANGER, ELECTROCUTION HZD.....	2
13	133148GT	DECAL, DANGER, HAZARD VOLTAGE...	3
14	133460GT	DECAL, OPERATING INSTRUCTIONS...	1
15	133461GT	DECAL, TIRE SPECIFICATION.....	2
16	133477GT	DECAL, WARNING COLLISION HAZ....	1
17	133482GT	DECAL, WARNING TIP-OVER HAZ.....	1
18	133483GT	DECAL, WARNING BURN HAZ.....	2
19	133484GT	DECAL, WARNING TOW SPEED.....	1
20	227518GT	DECAL, COSMETIC TEREX, AL4, AL4L...	2
21	234828GT	DECAL, COSMETIC, RL4.....	1
22	235489GT	COSMETIC DECAL, BLACK/WHT RL4...	1
23	235490GT	DECAL, COSMETIC, GENIE LOGO.....	1
24	851691GT	DECAL- 1 (10/CARD BRADY.....)	1
25	851692GT	DECAL- 2 (10/CARD BRADY.....)	1
26	851693GT	DECAL- 3 (10/CARD BRADY.....)	1
27	851694GT	DECAL - 4 (10/CARD BRADY.....)	1
28	853289GT	DECAL, AL/RL CONTROL BOX DC.....	1
29	853294GT	DECAL, AL/RL, CONTROL BOX, AC.....	1

Anexo 11

LISTA DE TAREAS ANTE UNA INSPECCION SUGERIDA POR EL OPERADOR

UNIMAQ  		LISTA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO DE TORRE DE ILUMINACION					
una empresa Ferreycorp							
FAMILIA EQUIPO	IDENTIFICACIÓN EQUIPO		MODELO	SERIE	HOROMETRO	PROG / NO PROG <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
FECHA	HORA DE INICIO	HORA DE FIN	TOTAL HRS	USUARIO - PERSONA DE CONTACTO		LUGAR DE ATENCIÓN	
PM1 - 250 HR ____	PM2 - 500 HR ____	PM3 - 1000 HR ____	PM4 - 2000 HR ____	INSPECCIÓN ____			
AL INICIAR LA LABOR EL EQUIPO SE ENCUENTRA:							
INOPERATIVO ____		OPERATIVO ____		OPERATIVO CON OBSERVACIONES ____			
INSP	250 hrs.	500 hrs.	1000 hrs.	2000 hrs.	SISTEMA	PROCEDIMIENTO	CHECK [OK/OBS]
X	X	X	X	X	MOTOR	Revisar nivel de aceite y refrigerante.	
X	X	X	X	X		Revisar estado del radiador.	
X	X	X	X	X		Revisar líneas de admisión de aire	
X	X	X	X	X		Revisar tubo de escape.	
X	X	X	X	X		Revisar fugas de aceite.	
X	X	X	X	X		Inspeccion de la faja del ventilador (cambio si fuera necesario).	
X	X	X	X	X		Verificar estado de ventilador.	
X	X	X	X	X		Inspeccion del arrancador.	
X	X	X	X	X		Inspeccion del alternador.	
X	X	X	X	X		Verificar mangueras del radiador y abrazaderas (cambio de ser necesario).	
X	X	X	X	X	Inspeccion de las cañerías de combustible y abrazaderas		
X	X	X	X	X	SISTEMA ELECTRICO	Revisión del estado de la batería.	
X	X	X	X	X		Inspeccion de bornes de batería.	
X	X	X	X	X		Limpieza de caja de fusibles (cambio si corresponde).	
X	X	X	X	X		Revisión de switch de bloqueo eléctrico de conexión de tierra.	
X	X	X	X	X		Limpieza de instrumentos de tablero de control.	
X	X	X	X	X		Revisión del estado de los focos (cambio si es necesario).	
X	X	X	X	X		Revisión de conectores hembra/macho de focos	
X	X	X	X	X		Revisar el estado/funcionamiento de la chapa corta corriente.	
X	X	X	X	X		Revisar el estado/funcionamiento de chapa de encendido.	
X	X	X	X	X		Inspeccion de balastro.	
X	X	X	X	X	Revisar el estado/funcionamiento del generador.		
X	X	X	X	X	FRAME	Inspeccionar la existencia de partes dañadas, flojas o perdidas, corregir defectos.	
X	X	X	X	X		Revisar winche de izaje y seguros.	
X	X	X	X	X		Inspeccionar llantas y aros.	
X	X	X	X	X		Inspeccionar cable de izaje y poleas.	
X	X	X	X	X		Inspeccionar patas estabilizadoras.	
X	X	X	X	X		Inspeccionar estado de tiro de remolque y cadenas.	
X	X	X	X	X	Revisión de seguro de mastil.		
X	X	X	X	X	MOTOR	Cambio de aceite de motor.	
X	X	X	X	X		Toma de Muestra de Aceite de motor	
X	X	X	X	X		Cambio de filtro de aceite.	
X	X	X	X	X		Cambio de filtro de combustible.	
X	X	X	X	X	FRAME	Cambio de filtro de aire.	
X	X	X	X	X		Limpieza de los sedimentos del tanque de combustible.	
X	X	X	X	X	MOTOR	Calibracion de valvulas de admision y escape.	
X	X	X	X	X		Cambio filtro de linea de combustible.	
X	X	X	X	X		Cambio de refrigerante.	
AL FINALIZAR LA LABOR EL EQUIPO SE ENCUENTRA:							
INOPERATIVO ____		OPERATIVO ____		OPERATIVO CON OBSERVACIONES ____			
CONCLUSIONES/ RECOMENDACIONES							

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN TORRES DE ILUMINACION RL4V2 TEREX EN SEGETSUR

Elaborado por:

Chama Cahuana, Diego

Soto Gonzales, Leonard Paul

2023

ÍNDICE

1. Introducción.....	02
2. Objetivos	02
3. Política de Calidad.....	03
4. Responsabilidades Administrativas del plan de mantenimiento.....	04
5. Principios fundamentales en el desarrollo del plan de mantenimiento.....	05
6. Estructuración del plan de mantenimiento.....	06
7. Clasificación de cada elemento del equipo	10
8. Recursos.....	13
9. Documentación y formatos a usar en el plan de Mantenimiento.....	15
10. Hoja de Vida de los elementos del Equipo.....	18

1. Introducción.

Mantenimiento se define como el conjunto de actividades destinadas a mantener o restablecer un bien a un estado o condiciones dadas de buen funcionamiento. Cualquier maquina o equipo sufre a la largo de su vida útil una serie de degradaciones, desperfectos o averías debido a la frecuencia de uso, los largos periodos de utilización, desgaste de las partes móviles, mala manipulación, operación, etc.

Si no se evitan estas degradaciones, desperfectos una vez aparecidas, dichos bienes no alcanzarían plenamente el objetivo para el que se crearon y como consecuencia, su rendimiento va a disminuir y su vida útil se va a reducir. Esto va a conducir que cualquier instalación además de necesitar que alguien la maneje va a necesitar que alguien la mantenga.

SEGETSUR es una empresa que experimento dificultades en mantener la disponibilidad operativa de sus torres de iluminación, lo que afecto en la capacidad de brindar un servicio optimo a sus clientes, es por ello que se ve en la necesidad de programar mantenimientos preventivos que prioricen la vida útil de sus equipos y aumente la disponibilidad operativa de las torres de iluminación RL4V2 TEREX.

2. Objetivos.

2.1. Objetivo Principal.

Asegurar la disponibilidad de las torres de iluminación, para su optima utilización y cumplir con su óptimo funcionamiento.

2.2. Objetivos Secundarios.

- Elaborar un Programa de Mantenimiento Preventivo para reducir los Mantenimiento correctivos
- Asegurar la disponibilidad de las torres de iluminación asegurando la operatividad
- Proponer y diseñar formatos necesarios que ayuden a la administración y control para llevar una correcta gestión
- Gestionar los recursos necesarios para cumplir el Programa de Mantenimiento Preventivo

3. Política de Calidad.

POLITICA DE CALIDAD

SEGETSUR es una empresa especializada en instalaciones eléctricas en todo tipo de edificios y estructuras de ingeniería civil, con el objetivo de ofrecer servicios de alta calidad a sus clientes, se compromete a:

- Identificar los requisitos de calidad de nuestros clientes y otras partes interesadas, en referencia al cumplimiento de compromisos legales.
- Promover una cultura de calidad y satisfacción por el trabajo ofrecido.
- Mantener con garantía de calidad.
- Contar con el personal más idóneo, competente y capacitado para la ejecución del servicio.
- Mejorar la eficacia, eficiencia y gestión de los servicios ofrecidos.

Moquegua, 15 de noviembre del 2023

SEGETSUR E.S.P.A.

Eddy G. Colque Toledo
GERENTE

Colque Toledo Eddy Godofredo

4. Responsabilidades Administrativas del plan de mantenimiento.

El departamento de mantenimiento es responsable de la implementación y seguimiento del plan. Un encargado de mantenimiento supervisará el cumplimiento de los procedimientos, registrará las actividades y coordinará con otros departamentos para asegurar la disponibilidad de los recursos necesarios.

- Ingeniero encargado
- Técnicos

CARGO	DESCRIPCION
Ingeniero encargado	<ul style="list-style-type: none">• Organizar los trabajos a realizarse en el área de mantenimiento.• Destinar los diferentes trabajos a la mano de obra, según sus competencias y habilidades.• Revisar, vigilar e inspeccionar el normal desarrollo de las tareas de mantenimiento.• Realizar el control de calidad de los trabajos efectuados.• Llevar los registros de cada vehículo y actualizarlos periódicamente.• Coordinar con la Gerencia la reposición de los repuestos y suministros de mayor consumo, con el fin de evitar la paralización de los equipos.• Emitir sugerencias relacionadas con el mejoramiento de algún aspecto que presente anomalías o deficiencias a la Gerencia.
Técnico de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none">• Diagnosticar fallas y desarrollar las tareas de mantenimiento en la flota y montacargas.• Realizar las tareas de mantenimiento y reparación encomendadas por el jefe de mantenimiento.• Velar por el cuidado de las herramientas y equipo especial a su cargo.• Emplear correctamente las instalaciones e infraestructura del área.• Gestionar la reposición de repuestos y suministros.• Informar al Ingeniero encargado de Mantenimiento sobre algún inconveniente

	<p>que se presente en el transcurso de una tarea de mantenimiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ejecutar autónomamente trabajos sencillos de mantenimiento. • Correcto manejo y disposición de los residuos de mantenimiento.
--	---

5. Principios fundamentales en el desarrollo del plan de mantenimiento.

5.1. Principios fundamentales.

- **Preventivo vs. Correctivo:** Priorizar el mantenimiento preventivo sobre el correctivo.
- **Documentación:** Mantener un registro detallado de todas las actividades de mantenimiento.
- **Capacitación:** Asegurar que el personal esté debidamente capacitado.
- **Seguridad:** Implementar medidas de seguridad en todas las operaciones de mantenimiento.
- **Mejora Continua:** Evaluar y mejorar continuamente los procedimientos de mantenimiento.

5.2. Inventario de activos.

Los activos relacionados al Programa de Mantenimiento Preventivo son los siguientes:

TORRES DE ILUMINACION	
Descripción	Código
Torre N° 1	SL-001
Torre N° 2	SL-002
Torre N° 3	SL-003
Torre N° 4	SL-004
Torre N° 5	SL-005

Torre N° 6	SL-006
Torre N° 7	SL-007
Torre N° 8	SL-008
Torre N° 9	SL-009
Torre N° 10	SL-0010

6. Estructuración del plan de mantenimiento.

6.1.1. Capacitación.

Como recurso primordial se identificó al personal competente por lo que se debe incluir la capacitación al personal identificado ya que una capacitación adecuada, ayuda al personal de mantenimiento a conocer cómo realizar sus tareas de manera eficaz y satisfactoria; siempre procurando la optimización en el uso de recursos, agilidad en los procesos, seguridad laboral y la calidad de los trabajos terminados.

El objetivo de la capacitación dentro del Plan de Mantenimiento para las torres de iluminación es:

- Comunicar la implementación de un Plan de Mantenimiento para las torres de iluminación.
- Solicitar el compromiso del personal de la sección, para a través de sus acciones obtener los resultados esperados.
- Capacitar y familiarizar al personal con los términos, contenidos y procesos del plan de mantenimiento.
- Capacitar a los Técnicos de Mantenimiento en:
 - ✓ En sus respectivas funciones.
 - ✓ Métodos de mantenimiento a ejecutar.
 - ✓ Mecánica.
 - ✓ Uso de equipos y herramientas nuevas.
 - ✓ Seguridad industrial.
 - ✓ Evaluar periódicamente las competencias de los técnicos de mantenimiento.

6.1.2. Administración y Control del Mantenimiento.

Es importante disponer de información como:

- Formato de registro de inventario de la torres, equipos y herramientas que se tenga en la empresa.
- Tabla de las características particulares de servicios y clientes de la empresa.
- Programa de mantenimiento preventivo, basado en las especificaciones técnicas de las torres de iluminación.
- Lista de materiales y repuestos para consumo anual.
- Tipo y numero de personal con el que se cuenta.
- Mantenimientos correctivos ante averías, más el registro de las Ordenes de Trabajo y el registro de un mantenimiento desarrollado fuera de las instalaciones.

6.1.3. Programa de Mantenimiento Preventivo Anual.

Como parte de la gestión de recursos y prioridades se plantea un Programa de Mantenimiento donde se detallan las actividades anuales a realizar en cumplimiento de este.

El mismo se basará en el cumplimiento de actividades en base a las metas planteadas. Adicionalmente, se asignó una meta trimestral del cumplimiento del Programa, que ayudara a llevar un control de las actividades que se realizaron en el tiempo planificado.

El Programa se presenta a continuación:

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Objetivo	Gestionar y optimizar la operatividad de las torres de iluminación con el mantenimiento anticipado para prevenir y controlar la ocurrencia de fallas de equipos e inoperatividad que afecten al funcionamiento durante el desarrollo de las actividades de la empresa.												
Meta 1	Reducir las ocurrencias de fallos en el motor												
Recursos	Presupuesto de Mantenimiento												
N°	ACTIVIDAD	RESPONSABLE DE EJECUCION	PLAZO								ESTADO (Realizado, En Proceso)	OBSERVACIONES	
			TRIM I		TRIM II		TRIM III		TRIM IV				
			PROG	EJEC	PROG	EJEC	PROG	EJEC	PROG	EJEC			
1	Cambio de aceite	Técnico de Mantenimiento	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Realizado	
2	Cambio de filtro de aceite	Técnico de Mantenimiento	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Realizado	
3	Cambio de filtro de aire	Técnico de Mantenimiento	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Realizado	
4	Inspección del motor(nivel de aceite, nivel refrigerante, radiador, tubo de escape, bomba de agua y combustible)	Técnico de Mantenimiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Realizado	
5	Mantenimiento general al sistema de combustión(Calibración de valvulas de admisión y escape)	Técnico de Mantenimiento	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Realizado	
6	Inspección al sistema de hermeticidad del motor(Inspección de fugas por resqueada de los empaques en la culata)	Técnico de Mantenimiento	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Realizado	
Meta 2	Reducir las ocurrencias de fallos en la Unidad de Generación												
Recursos	Presupuesto de Mantenimiento												
1	Prueba funcional del generador	Técnico de Mantenimiento			1	1				1	1	Realizado	
Meta 3	Reducir las ocurrencias de fallos en la estructura												
Recursos	Presupuesto de Mantenimiento												
1	Inspección de estructura (tapas laterales,,soturas,,winche de izaje seguros, pernos de llanta, sros)	Técnico de Mantenimiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Realizado	
2	Inspección de estructura y recubrimiento con resina Epoxica anticorrosiva (perfiles estructurales, suspensión, muelles, barras transversales)	Técnico de Mantenimiento	1	1					1	1		Realizado	
Meta 4	Reducir las ocurrencias de fallos en los componentes de control eléctrico y montaje												
Recursos	Presupuesto de Mantenimiento												
1	Inspección de componentes (batería, bornes de batería)	Técnico de Mantenimiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Realizado	
2	Limpieza de caja de fusibles	Técnico de Mantenimiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Realizado	
3	Pruebas funcionales (switch de bloqueo, chapa de encendido)	Técnico de Mantenimiento	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Realizado	
Meta 5	Reducir las ocurrencias de fallos en el juego de luces												
Recursos	Presupuesto de Mantenimiento												
1	Prueba funcional de focos	Técnico de Mantenimiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Realizado	
2	Inspección conectores	Técnico de Mantenimiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Realizado	

META TRIMESTRAL	12.00%	40.00%	70.00%	100.00%
RESULTADO	25.00%	50.00%	75.00%	100.00%

6.2. Indicadores.

Los indicadores del Plan de Mantenimiento son:

6.2.1. Tiempo medio entre fallas.

$$\text{TMF} = \frac{\text{Horas Hombre trabajadas}}{\# \text{ de averías con mantenimiento}}$$

6.2.2. Tiempo de Reparación.

$$\text{TR} = \frac{\text{Tiempo de reparación}}{\# \text{ de intervenciones realizadas}}$$

6.2.3. Disponibilidad.

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{\text{TMF}}{\text{TMF} + \text{TR}} * 100$$

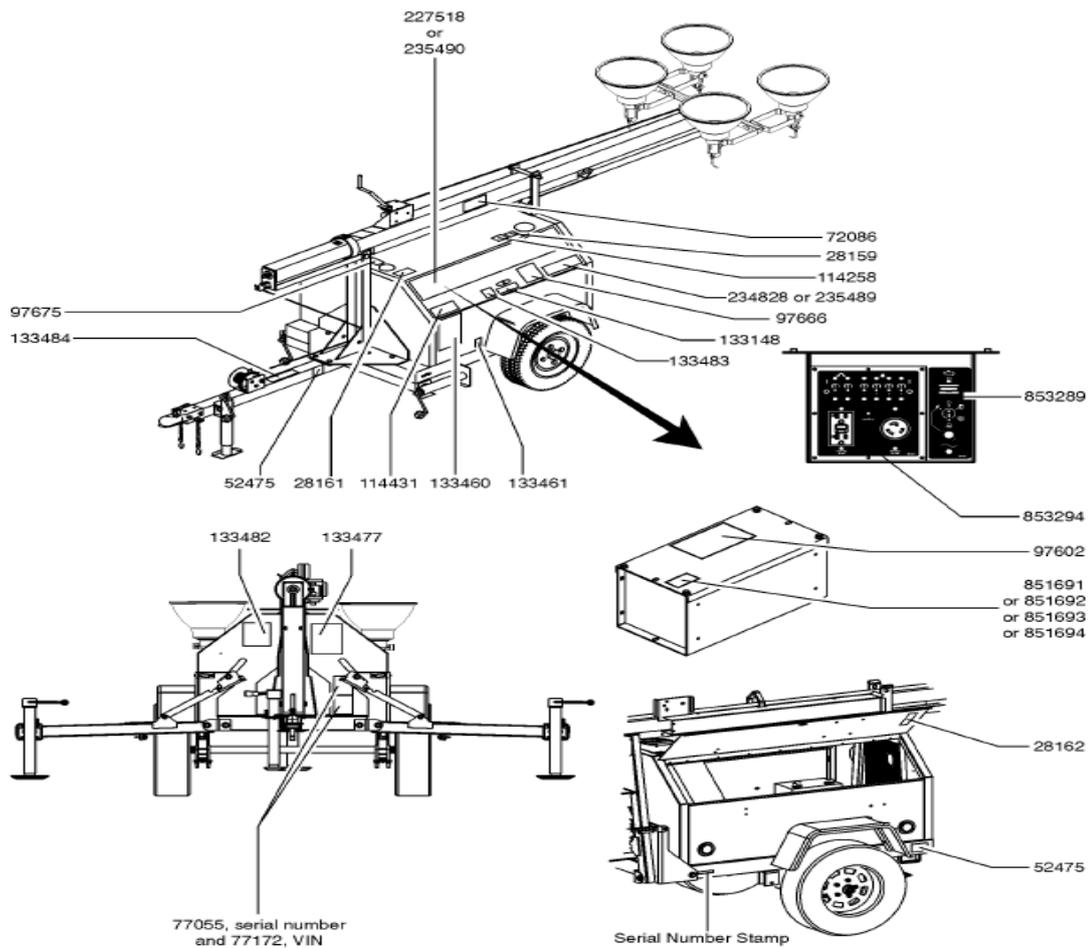
6.2.4. Costo de Mantenimiento

$$\text{COSTO MANT} = \frac{\text{Costo total de Mantenimiento}}{\text{Facturación}} * 100$$

7. Clasificación de cada elemento del equipo.

- **Motor y generador**
 - **Función:** El motor proporciona la energía mecánica necesaria para el generador, que convierte esta energía en electricidad para alimentar las luces.
 - **Clasificación:** Crítico. La falla de estos componentes detiene completamente el funcionamiento de la torre de iluminación.
- **Sistema de iluminación**
 - **Función:** Consiste en las lámparas y el sistema de montaje que proporcionan la iluminación necesaria.
 - **Clasificación:** Importante. La falla afecta significativamente el rendimiento de la torre de iluminación.
- **Torre telescópica**
 - **Función:** Estructura extensible que eleva las luces a la altura deseada.
 - **Clasificación:** Importante. La falla puede limitar la altura de la iluminación, afectando la cobertura y efectividad.
- **Chasis y remolque**
 - **Función:** Proporciona la movilidad y la estabilidad necesarias para transportar y posicionar la torre de iluminación.
 - **Clasificación:** Menor. La falla afecta la movilidad y la facilidad de posicionamiento, pero no detiene el funcionamiento.
- **Sistema de combustible**
 - **Función:** Almacena y suministra el combustible necesario para el motor.
 - **Clasificación:** Crítico. La falla puede detener el suministro de combustible, apagando el motor y, por lo tanto, la iluminación.
- **Sistema eléctrico y de control**

- **Función:** Incluye todo el cableado, controles y paneles eléctricos necesarios para operar la torre de iluminación.
- **Clasificación:** Importante. La falla puede causar problemas operacionales o de seguridad, afectando el rendimiento del equipo.



Item	Part No.	Description	Qty.
--	218590GT	DECAL KIT, WORD, RL4 <i>(from RL412-101)</i>	
1	28159GT	DECAL,DIESEL.....	1
2	28161GT	DECAL,WARN,CRUSH HAZARD HAND.....	1
3	28162GT	DECAL,WARNING,CRUSHING.....	2
4	52475GT	DECAL,LABEL,TRANSPORT TIEDOWN*.....	4
5	72086GT	DECAL,LABEL,LIFTING EYE.....	1
6	77172GT	LABEL,BLANK,4X5,CHROME POLY***..... <i>(to order, call Genie Parts and Service Department with model and serial number of unit)</i>	1
7	77055GT	SERIAL LABEL,BLANK,4X8,CHROME*..... <i>(This is a blank label. Contact Service Parts to order; the model and serial number of the machine will be required.)</i>	1
--	77183GT	FILM,POLY,CLEAR,4.5 X 8.75.....	1
8	97802GT	DECAL,EXPLOSION HAZARD.....	2
9	97866GT	DECAL,WARN,READ MANUAL.....	1
10	97875GT	DECAL,WARN,EXPLSION/BURN HAZ.....	1
11	114258GT	DECAL,DANGER,NO SMOKING.....	1
12	114431GT	DECAL,DANGER,ELECTROCUTION HZD.....	2
13	133148GT	DECAL,DANGER,HAZARD VOLTAGE.....	3
14	133460GT	DECAL,OPERATING INSTRUCTIONS.....	1
15	133461GT	DECAL,TIRE SPECIFICATION.....	2
16	133477GT	DECAL,WARNING COLLISION HAZ.....	1
17	133482GT	DECAL,WARNING TIP-OVER HAZ.....	1
18	133483GT	DECAL,WARNING BURN HAZ.....	2
19	133484GT	DECAL,WARNING TOW SPEED.....	1
20	227518GT	DECAL,COSMETIC TEREX,AL4,AL4L.....	2
21	234828GT	DECAL, COSMETIC, RL4.....	1
22	235489GT	COSMETIC DECAL, BLACK/WHT RL4.....	1
23	235490GT	DECAL,COSMETIC, GENIE LOGO.....	1
24	851691GT	DECAL- 1 (10/CARD BRADY.....	1
25	851692GT	DECAL- 2 (10/CARD BRADY.....	1
26	851693GT	DECAL- 3 (10/CARD BRADY.....	1
27	851694GT	DECAL - 4 (10/CARD BRADY.....	1
28	853289GT	DECAL, AL/RL CONTROL BOX DC.....	1
29	853294GT	DECAL,AL/RL,CONTROL BOX,AC.....	1

8. Recursos.

El presupuesto de costos totales de mantenimiento se presenta a continuación:

	HORAS PM	COSTO POR PM	HORAS HOMBR ES TRABAJOS	COSTO DE PERSONAL EN 1 HORA	TOTAL, COSTO HORAS HOMBRES POR TIEMPO	COSTO MOVILIDAD POR HORA	TOTAL, COSTO MOVILIDAD POR HORAS PM	COSTO HERRAMIENTAS	TOTAL, SUMA COSTO HORAS POR TIEMPO + COSTO MOVILIDAD POR HORAS PM. COSTO POR PM + COSTO HERRAMIENTAS	COSTO EMERGENCIA + 0.25
P		1083.			546.7					
M1	2	44	6	91.12	2	10	20	20	1790.26	2237.70
PM		1083.								
2	3	44	9	91.12	820.08	10	30	20	2103.52	2629.40
PM		1246.			1093.4					
3	4	00	12	91.12	4	10	40	20	2579.44	3224.30
PM		1938.			1913.5					
4	7	48	21	91.12	2	10	70	20	4212.00	6465.00

8.1. Humanos.

Se trata del capital humano que está vinculado a las tareas de mantenimiento. Cada miembro del equipo es un recurso ilimitado en su capacidad de adquirir conocimientos y demostrar talentos.

El personal vinculado en el desarrollo del Mantenimiento Preventivo consta de 3 colaboradores, un Ingeniero Encargado de Mantenimiento y dos técnicos en mantenimiento.

8.2. Técnicos.

Para que se realice un óptimo trabajo, es primordial contar con los conocimientos en materia de mantenimiento, procedimientos que se adquieren con la experiencia y los errores, que generen una base de información y datos técnicos que se verán plasmados en todos sus procedimientos.

Dentro de los conocimientos técnicos se espera tener:

- Normativa de seguridad.
- Conocimiento de filosofía y prácticas de mantenimiento.

- Poder de gestión y planificación.
- Implementación de metodologías técnicas y software.

Adicionalmente, es fundamental crear vínculos y/o conexiones con organizaciones vinculadas al mantenimiento, vinculo que podría ayudar al cumplimiento del Plan de Mantenimiento Preventivo.

8.3. Económicos.

Como parte del cumplimiento del Plan de Mantenimiento se requieren recursos económicos que permitan cumplir con los requerimientos de Programa de Mantenimiento.



REGISTRO DE ATENCIONES LUMINARIAS DE EQUIPOS SEGETSUR

ITEM	EQUIPO	TIEMPO DE OPERACIÓN	HORAS DE INACTIVIDAD	TIEMPO DE PARADAS MANTTO (Hrs)	# DE FALLAS (Qty)	MTTR (Hrs/Falla)	MTBF (Hrs/Falla)	DISPONIBILIDAD %	MES	OBSERVACION
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

HOROMETRO: _____ ID EQUIPO: _____ UBICACIÓN: _____	250 HRS PREV PM1 RL4V2		
	Generado por:	Fecha Revisión:	

Personas		
Cantidad	Horas Hombre	Especialidad
2	2	<i>Servicio Externo Soporte</i>

Materiales			
Cantidad	Descripción	Código Repuesto	Código Fabricante
1.5 Gal	ACEITE DE MOTOR RIMULA R4X 15W40	AM2102564	C14-15W40-M-G2
1 EA	FILTRO, MOTOR	AM2162140	866050
1 EA	FILTRO	AM2162139	839200
1 EA	FILTRO	AM2162141	866127

Herramientas		
Cantidad	Horas	Descripción

Maquinaria		
Cantidad	Horas	Descripción

10. Hoja de Vida de los elementos del Equipo.

La ficha técnica de las torres de iluminación es la siguiente:

TORRE DE ILUMINACIÓN TEREX® RL™ 4

La torre de iluminación Terex RL4 es una solución duradera y rentable para cualquier necesidad de iluminación, ya sea para proyectos de construcción, eventos deportivos, aplicaciones en campamentos petroleros y mineros.

ESPECIFICACIONES

MEDICIONES

Lámparas cuadradas	4x1000w de haluro metálico
Generadores	Brushless 60 Hz, 6.0 kW
Motor	Kubota de 13.6Hp.
Receptáculos	One GH duplex 20 A / 120 V
Capacidad de Combustible	45 gal (170 L)
Peso total	1,461 lbs (663 kg)
Ancho	1.24 m
Altura	2.59 m
Largo total	2.86 m
Lumens	420,000
Procedencia	EE.UU.

Altura torre:
23 ft 5 in (7.13 m)
Ancho:
59 in (150 cm)
Peso:
1,461 lbs (663 kg)



CARACTERÍSTICAS

● MÁSTIL DE TORRE

Fabricado en acero estructural de tres secciones, altura de mástil hasta 2.13 m, con guías auto lubricantes sobre una base de teflón.

● REMOLQUE

Fabricado en acero estructural con 03 gatas de nivelación galvanizadas con capacidad de 2,000 libras. Montas sin cámara aro #13. Eje que soporta 2,000 libras con resortes de tipo hojas. Tamaño compacto ideal para transportar 17 unidades en un remolque de 48ft.

● ENCAPSULADO

Fabricado en polímero especial para trabajos pesados.

● REFLECTORES (LUMINARIAS)

04 reflectores con lámparas de 1000 watts / 1 kw cada uno, de haluro metálico (Luz blanca), conectados para operación con caja de accesorios de aluminio, balastos. Empaquetadura de silicona para protección contra polvo y humedad.

● LENTES DE VIDRIO TEMPLADO PARA RESISTENCIA DE CHOQUES TÉRMICOS E IMPACTOS CONTUNDENTES.

● SISTEMA ELÉCTRICO

Contómetro de horas (horómetro) no reseteable. Salida de tomacorriente de 220V/30 Amp. Cable de alimentación eléctrico retráctil con mango protectora.

● MOTOR

Marca Kubota D1105, de 13.6 hp. @ 1800 rpm, de 03 cilindros, aspiración natural, inyección directa, combustible diesel n° 02, enfriado por agua con radiador y arranque eléctrico de 12 voltios, con batería y cables. Tanque de combustible incorporado con boca de entrada de 03" ,con capacidad de 45 gal., que permiten 90 horas de operación continua aprox., parada automática por alta temperatura de agua refrigerante o baja presión de aceite de motor.

APORTAMOS SOLUCIONES INTEGRALES

Lima - Arequipa - Cajamarca - Chiclayo - Cusco - Huancayo - Ica - Piura - Tumbes

T: (+511) 202-1300 / (+511) 202-1400

contacto@unimaq.com.pe

www.unimaq.com.pe / www.orientacionunimaq.com.pe

Descripción del Componente:

Tipo de Motor: Diésel, marca TEREX, modelo RL4V2

Tipo de Generador: Alternador síncrono, marca TEREX, modelo RL4V2

Fecha de Instalación: 20/12/2022

Instalado el: 20/12/2022

Historial de Mantenimiento:

Fecha: 18/01/2023

Actividad: Cambio de aceite y filtros

Realizado por: Hernandez Meneses Juan

Observaciones: Sin anomalías

Fecha: 18/02/2023

Actividad: Inspección y ajuste de correas

Realizado por: Alcázar Güiza, Raul

Observaciones: Correas en buen estado

Incidencias y Reparaciones: se encontró deficiencias en el sistema de filtros, se encontraron con películas de polvo entre los filtros y manchas de aceites cerca a los conductos de alimentación, se procedió a realizar requerimiento de verificación en el cambio de filtros y verificación de tuberías

Fecha: 25/02/2023

Problema: Fallo en el arranque del motor

Solución: Sustitución del motor de arranque

Realizado por: Osnayo Vilca, Alex

Costo: S/.1800.00

Reemplazos y Actualizaciones: se realizó la limpieza de los terminales, así como una inspección en el conexionado, actualizando a un motor de arranque con mejor eficiencia y realizando pruebas de arranques exitosas

Hoja de Vida: Sistema de Iluminación

Descripción del Componente:

Tipo de Lámparas: Halógenas, marca TEREX, modelo RL4V2

Cantidad de Lámparas: 4

Fecha de Instalación:20/12/2022

Instalado el: 20/12/2022

Historial de Mantenimiento:

Fecha: 18/02/2023

Actividad: Reemplazo de lámparas

Realizado por: Osnayo Vilca, Alex

Observaciones: Lámparas quemadas por sobreuso

Fecha: 18/02/2023

Actividad: Limpieza de reflectores y lentes

Realizado por: Alcazar Güiza, Raul

Observaciones: Reflectores en buen estado

Incidencias y Reparaciones: se observa la presencia de pequeñas manchas oscuras en los balastros, quiere decir que su vida útil está llegando a su término, se recomienda un cambio a luces LED para aumentar la vida útil del equipo.

Anexo 13 Tabla de viabilidad de los equipos

Luego de la inserción del programa de mantenimiento, seguimiento del cumplimiento de este, la evaluación físico y financiero del mismo; comparándose con los datos que se tenían antes de la implementación con lo cual se pueden identificar criterios de evaluación relevantes para el programa de mantenimiento, los cuales son:

- Costos Iniciales
- Costos Operativos
- Disponibilidad de Recursos
- Frecuencia de Mantenimiento
- Tecnología y Herramientas
- Impacto en la Operación
- Riesgos
- Beneficios a Largo Plazo
- Regulación
- Sostenibilidad
- Evaluación del Impacto Ambiental

Criterio	Descripción	Puntuación	Comentario
Costos Iniciales	Inversión inicial necesaria para implementar el programa	6/10	Costos iniciales altos para capacitación y herramientas
Costos Operativos	Gastos recurrentes para mantener el programa	8/10	Costos de personal y materiales de mantenimiento
Disponibilidad de Recursos	Personal y equipos necesarios para el mantenimiento	9/10	Equipo y personal disponibles y capacitados
Frecuencia de Mantenimiento	Intervalo recomendado para las actividades de mantenimiento	8/10	Frecuencia adecuada para prevenir fallos
Tecnología y Herramientas	Disponibilidad y adecuación de herramientas y tecnologías	7/10	Requiere algunas herramientas especializadas
Impacto en la Operación	Efecto del mantenimiento en la operación de las torres	6/10	Puede requerir apagones temporales durante el mantenimiento
Riesgos	Identificación y gestión de posibles riesgos	7/10	Riesgos controlables con planificación adecuada
Beneficios a Largo Plazo	Mejora en la eficiencia y vida útil de las torres	9/10	Incremento significativo en la vida útil y eficiencia
Regulación	Cumplimiento de normas y regulaciones	8/10	Cumple con las normativas de seguridad y funcionamiento

Sostenibilidad	Impacto ambiental y sostenibilidad del programa	8/10	Programa diseñado para ser sostenible y eco-amigable
Evaluación del Impacto Ambiental	Evaluar el impacto ambiental del programa de mantenimiento	6/10	Medidas para minimizar el impacto ambiental

Fuente. Elaboración Propia

Luego de la puntuación de criterios que se tuvo por parte de los autores del programa de mantenimiento, se determinó una puntuación promedio de 7.72, la cual indica que este programa de mantenimiento es viable; sin embargo, hay algunas áreas que se necesitan mejoras.

Se recomienda a la empresa, el mejorar el flujo de caja para optimizar los costos iniciales, debido a que se necesita una movilización logística para la adquisición de los repuestos, así como las capacitaciones mínimas para el personal que ejecutará los trabajos en campo. Otro punto importante para mejorar sería el impacto en la operación ya que la planificación de tareas reduciría el tiempo de apagones intempestivos de los equipos, y por último una mejora en el impacto ambiental se podría dar con las capacitaciones para el mejor manejo de residuos que se produzcan en los mantenimientos; para disminuir la segregación de desechos nocivos para el ambiente.

Anexo 14 Ilustraciones de Mantenimientos

Cambio de terminales de encendido del tablero eléctrico



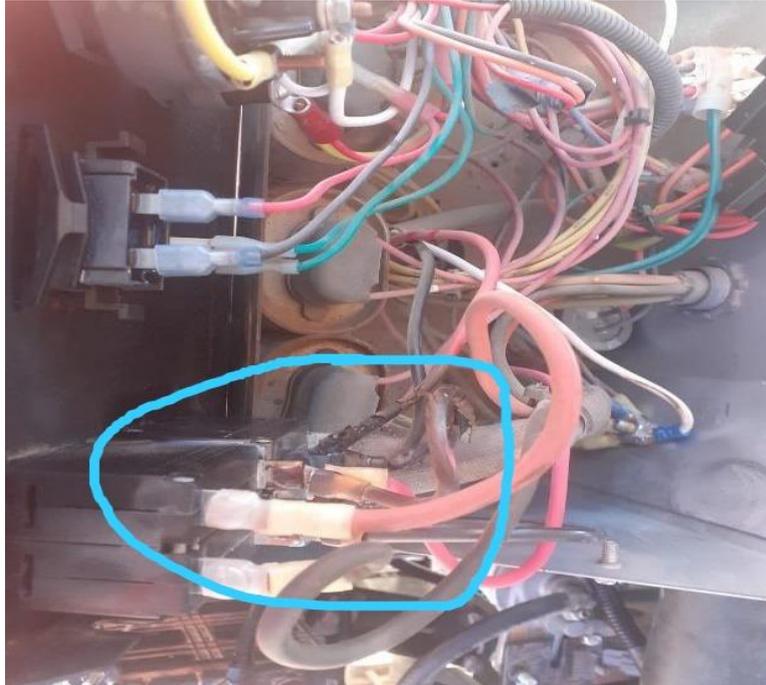
Nota. Elaboración Propia

Cambio de Aceite de motor e Instalación de Filtros nuevos



Nota. Elaboración Propia

Verificación de corto circuito eléctrico por deterioro de material aislante del conductor.



Nota. Elaboración Propia

Manipulación de materiales peligrosos (aceite sintético usado) para su cambio e inspección



Nota. Elaboración Propia

Verificación de los interruptores del tablero eléctrico para su puesta en servicio



Nota. Elaboración Propia

Prueba y puesta en servicio de la torre de iluminación SL-001



Nota. Elaboración Propia