



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

Implementación de un dispositivo para brazo aislado que realiza trabajos en caliente en redes de media tensión para aumentar la disponibilidad, Provincia de Trujillo, Región La Libertad, Perú

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

AUTORES:

Levano Yataco, Luis Carlos (ORCID: 0000-0002-0881-5373)

Reyna Pérez, Pedro Juan (ORCID: 0000-0001-9183-7313)

ASESOR:

Dr. Salazar Mendoza Anibal Jesus (ORCID: 0000-0003-4412-8789)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

Trujillo – Perú

2021

DEDICATORIA

A nuestros Padres: Isidoro, Pedro y Margarita, Elsira por ser un ejemplo de superación, por sus consejos y enseñanzas para asumir desafíos y responsabilidades.

A mis hermanos: Zoila y Lucia, por su apoyo, comprensión y amistad.

A mi Tio Benito, que en paz descanse, por su amor, su atención y su bondad.

A mis hijos, que solo con su existencia, me dan las fuerzas necesarias para seguir adelante y alcanzar mis objetivos.

A mi Familia por su amor y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

En especial a Dios por mantenerme firme en el camino de la vida, por darme las fuerzas y la capacidad que necesito para derribar cualquier obstáculo que se pone en frente.

A mis Padres, en especial a mi Madre por su amor y su apoyo incondicional, por sus buenos consejos, por hacer de mí una persona con valores y por acompañarme siempre, pues son parte fundamental en mi vida

Índice de contenidos

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación	12
3.2. Variables y operacionalización	12
3.3. Población, muestra y muestreo	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
3.5. Procedimientos.....	13
3.6. Método de análisis de datos.....	14
3.7. Aspectos éticos	14
IV. RESULTADOS	15
V. DISCUSIÓN	50
VI. CONCLUSIONES.....	52
VII. RECOMENDACIONES	53
REFERENCIAS.....	54
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1. Lista de Equipos	15
Tabla 2. Equipos vs Número Fallas.....	16
Tabla 3. Comparativo Meses x Cantidad de Fallas	19
Tabla 4. Disponibilidad actual	20
Tabla 5. Frecuencia de Fallas (FF)	22
Tabla 6. Determinación de la Consecuencia de Fallas	23
Tabla 7. Indicador de Criticidad (IC) de Brazos.....	23
Tabla 8. Resumen de IPR para Equipos	32
Tabla 9. Matriz de mejoras	32
Tabla 10. Acciones de Mantenimiento a realizar.....	33
Tabla 11. Cronograma de Actividades	34
Tabla 12. Inspecciones Programadas. Brazo 01	35
Tabla 13. Inspecciones ejecutadas. Brazo 01	35
Tabla 14. Fechas programadas de mediciones.....	37
Tabla 15. Fechas de mediciones ejecutadas	37
Tabla 16. Programación de Fechas de Cambio de Componentes	38
Tabla 17. Cambios ejecutados	39
Tabla 18. Capacitación programada	40
Tabla 19. Capacitación ejecutada	40
Tabla 20. Disponibilidad posterior a	41
Tabla 21. Impacto de la disponibilidad	42
Tabla 22. Estadísticos descriptivos	43
Tabla 23. Datos de la Prueba t-student.....	45
Tabla 24. Inversión inicial para realizar las mejoras.....	46
Tabla 25. Gastos en Mano de Obra antes de implementación de dispositivo	47
Tabla 26. Gastos en Mano de Obra posterior a la implementación de dispositivo.....	47
Tabla 27. Gastos por brazos no disponibles antes de implementación de	

dispositivo.....	48
Tabla 28. Gastos por brazos no disponibles posterior a la implementación de dispositivo.....	48
Tabla 29. Flujo de Caja	49
Tabla 30. Criterios y Valores para FF y CF	62
Tabla 31. Tabla de determinación de Criticidad	62
Tabla 32. Índice de Gravedad	65
Tabla 33. Índice de Frecuencia	65
Tabla 34. Índice de Detención.....	66
Tabla 35. Promedio IPR.	66

Índice de figuras

Figura 1. Gráfico de IC, de acuerdo a Frecuencia de Fallos	11
Figura 2. Matriz de Criticidad.....	11
Figura 3. Flujo actual de mantenimiento	16
Figura 4. Manteimientos sin brazos.....	17
Figura 5. Comparativo de Nro de Fallas y Tiempo de Fallas por Equipo	18
Figura 6. Brazos aislados	18
Figura 7. Mangueras en mal estado	19
Figura 8. %Disponibilidad de Equipos.....	21
Figura 9. IC de Brazos	24
Figura 10. Matriz de Criticidad.....	24
Figura 11. Revisión visual de mangueras aislantes los equipos	25
Figura 12. Descargas al no contar con niveles exactos de aislamiento	26
Figura 13. Cambios de mangueras	26
Figura 14. Inspecciones realizadas con el Brazo	36
Figura 15. Ajustes al brazo.....	36
Figura 16. Mediciones efectuadas.....	37
Figura 17. Brazo a realizar mediciones	38
Figura 18. Cambios de cables efectuados	39
Figura 19. Equipo Capapacitado con instructor.....	40
Figura 20. %Disponibilidad de Equipos.....	42
Figura 21. Comparativo de la Disponibilidad.....	43
Figura 22. t-student. Indicador de Disponibilidad	45
Figura 23. Diagrama de Pareto	60
Figura 24. Diagrama de Pareto en Tabla	60

RESUMEN

La presente investigación fue desarrollada y tuvo como objetivo aumentar la disponibilidad de un brazo aislado para trabajos en caliente en redes de media y alta tensión mediante la implementación de un dispositivo. El tipo de diseño de investigación fue pre-experimental y de nivel explicativo. Se usó como técnicas el análisis documental y la observación. La metodología usada correspondió al mantenimiento centrado en la confiabilidad. Dentro de los resultados, logrados por esta investigación tenemos la mejora de la disponibilidad en 3.57%, pasando del 91.57% antes de la implementación del dispositivo y llegando a 95.14% posterior a la implementación del dispositivo. Esto significa como conclusión que: la implementación de un dispositivo para brazo aislado que realiza trabajos en caliente en redes de media tensión aumentó la disponibilidad, Provincia de Trujillo, Región La Libertad, Perú

Palabras clave: disponibilidad, brazo aislado, mantenimiento

ABSTRACT

The present investigation was developed with the objective of increasing the availability of an insulated arm for hot work in medium and high voltage networks through the implementation of a device. The type of research design was pre-experimental and explanatory level. Documentary analysis and observation were used as techniques. The methodology used corresponded to maintenance focused on reliability. Among the results, achieved by this research, we have an improvement in availability of 3.57%, going from 91.57% before the implementation of the device and reaching 95.14% after the implementation of the device. This means in conclusion that: the implementation of a device for insulated arm that performs hot work in medium voltage networks increased availability, Trujillo Province, La Libertad Region, Peru

Keywords: availability, isolated arm, maintenance

I. INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica actualmente desempeña un papel importante para las empresas, como para las personas individuales. Por lo que es necesario que las instalaciones eléctricas que permiten distribuir la energía, se encuentren en buen estado de funcionamiento.

El Banco Interamericano de Desarrollo presenta datos para América Latina y el Caribe, con un crecimiento notable del consumo de energía eléctrica donde la tasa de electrificación de la región bordea en promedio el 97% de cobertura y recomienda a los países, que apliquen adecuados métodos y equipos de mantenimiento de las instalaciones eléctricas a fin de brindar un servicio de calidad a quienes lo demandan (BID, 2019).

Un estudio efectuado, sobre accidentes por mantenimiento de instalaciones, resalta que un 28% fueron por exposiciones eléctricas en redes de alta tensión, al momento de realizar las maniobras de mantenimiento en caliente del personal (Muñoz, 2015).

En nuestro país existe el Código Nacional de Electricidad, publicado por el Ministerio de Energía y Minas, que incluye una serie de recomendaciones para realizar tareas de mantenimiento a las instalaciones en alta y en media tensión, entre ellas la de contar con equipos e instrumentos adecuados que aseguren un óptimo uso en el mantenimiento y cuidado del personal (MEM, 2016).

En ese contexto la concesionaria de servicio público de electricidad, para el mantenimiento de redes de media y alta tensión, a incorporado en el área de Redes Energizadas el uso del Brazo Hidroelevador aislado para realizar Trabajos en Caliente en instalaciones eléctricas, el mismo que debe de mantener un aislamiento eléctrico adecuado para su correcto funcionamiento y operatividad. Cada vez que se desea realizar mantenimientos del equipo Brazo Hidroelevador: estos se realizan fuera de fecha y son realizados en la ciudad de Lima, con un tiempo largo de mantenimiento dado que debe desarmarse todo

el equipo. En ocasiones los mantenimientos son innecesarios dado que los componentes, están en buen estado, además los riesgos de inseguridad en las maniobras por pérdida de aislamiento eléctrico son muy elevados, no contando con un protocolo de protección del equipo brazo hidroelevador, aunado a los elevados costos de mantenimiento, dado que es terciario. Lo expresado indica que el mantenimiento no apropiado de los Brazos Hidroelevadores reducen su disponibilidad y obliga al uso de equipos alternativos con los riesgos del caso.

De acuerdo a lo anteriormente expresado, urge mantener la disponibilidad de los equipos que aseguren un correcto mantenimiento de las instalaciones en condiciones adecuadas.

Por lo mencionado anteriormente, la formulación del problema es la siguiente:
¿Cómo aumentar la disponibilidad de un brazo aislado para trabajos en caliente en redes de media y alta tensión, Provincia de Trujillo, Región La Libertad, Perú?

En cuanto a la **justificación** de la investigación desde el punto de vista técnico, se justifica, dado que se aplicó la metodología centrada en la confiabilidad a fin de solucionar el problema de la disponibilidad existente. Desde el punto de vista social, se argumenta, dado que al mantener disponible el servicio eléctrico ayudará que la población continúe en forma ininterrumpida sus labores que realiza. Finalmente en el aspecto económico, se reducen los gastos en pago de personal de mantenimiento, al reducirse los tiempos de parada de equipos.

La hipótesis planteada para la investigación es: la implementación de un dispositivo para brazo aislado que realiza trabajos en caliente en redes de media tensión aumenta la disponibilidad, Provincia de Trujillo, Región La Libertad, Perú.

Se plantea el **objetivo** general siguiente: aumentar la disponibilidad de un brazo aislado para trabajos en caliente en redes de media y alta tensión mediante la implementación de un dispositivo.

Con el propósito de lograr el objetivo general se plantea los siguientes objetivos específicos: i) Realizar un diagnóstico de la disponibilidad actual del brazo aislado, ii) Analizar la criticidad del brazo aislado para trabajos en caliente en redes de media y alta tensión, iii) Implementar el dispositivo de un brazo aislado para trabajos en caliente en redes de media y alta tensión, iv) Revisar el impacto de la disponibilidad luego de la implementación del dispositivo de un brazo aislado, v) Realizar la evaluación económica para la implementación del dispositivo de un brazo aislado.

II. MARCO TEÓRICO

En el presente proyecto se revisaron los siguientes antecedentes relacionados al tema propuesto:

En un trabajo de investigación los autores buscaron mejorar los indicadores de Disponibilidad de las máquinas, reduciendo las paradas no programadas (Esteves & Azabache, 2020). Para ello analizaron las fallas mediante Pareto. Realizaron el análisis de criticidad y aplicaron el instrumento AMFE a los equipos críticos encontrados. Luego elaboraron el plan de mantenimiento aplicando la norma ISO 9001:2015 y al implementar el plan, obteniendo los siguientes resultados: disminuyeron la cantidad de fallas de 56 a 36, el MTTR bajó de 98 a 33 horas, aumentando el MTBF de 1343 a 1389 horas, y mejorando la disponibilidad de 93.20% a 97.72%.

En otro estudio, se evalúa mejorar la disponibilidad de los equipos (Alba & Chinchay, 2019). Donde los autores realizaron un diagnóstico de la situación actual, de los equipos y de su disponibilidad. Además el registro de fallas existentes y aplicaron el análisis de Pareto, identificando los equipos con mayor porcentaje de fallas. Luego prepararon el plan de mantenimiento preventivo, que incluyó acciones, tiempos y responsables e implementaron el plan de mantenimiento e inspecciones y correctivos en 8 equipos. Como resultado lograron un incremento en la disponibilidad del 8%, pasando del 86% al 94% luego de la implementación del plan de mantenimiento.

En este trabajo los autores analizaron la situación de disponibilidad de los equipos Komatsu (Luna & Pineda, 2016). Procedieron al análisis de la data histórica de los equipos, mediante los indicadores MTBF y MTTR. Observando luego el comportamiento individual de cada uno de ellos, encontrando una línea de tendencia a la baja del MTBF y en el caso del MTTR se presenta un descenso en el tiempo, lo que muestra que los mantenimientos preventivos no se realizaron de forma correcta, luego analizaron la disponibilidad y el mantenimiento preventivo, teniendo como resultado un 79.1%,

incrementándose en 2.32%.

En otra investigación el autor buscó mejorar la disponibilidad de las subestaciones de la infraestructura eléctrica, dada las constantes fallas (Albarado, 2017). Inició su investigación con un diagnóstico del área, encontró una serie de deficiencias como: escasa planificación del mantenimiento de equipos, personal especializado, falta de procedimientos, etc. Elaboró el análisis de criticidad de los equipos con mayor frecuencia de fallas. Luego preparó un plan de mantenimiento preventivo, mejorando la disponibilidad de los componentes, como mejoras en la continuidad de las baterías que pasó de 8 horas de durabilidad a 10 horas.

En cuanto a la tesis siguiente el autor buscó mejorar la disponibilidad de la maquinaria (Vega, 2017). Inició la investigación, con la búsqueda de información técnica e información entregada por trabajadores del área de mantenimiento. Procedió a la revisión de las fallas y preparó el análisis de criticidad, donde encontró 3 equipos con alta criticidad. Esto le sirvió para elaborar el plan de mantenimiento preventivo, que incluyó un cronograma con el uso de cartillas de inspección. Se obtuvo como resultado final un aumento de la disponibilidad de un 7.6%, pasando de 0.893 a 0.961.

Así como en la investigación de tesis de otro autor que buscó aumentar la disponibilidad operacional de sus maquinas excavadoras (Alayo, 2019). Elaboró el análisis de Pareto a toda la maquinaria, en función a las fallas obtenidas, donde resaltó el modelo 345-DL con un 61.33% de fallas frente a todas las máquinas. Procedió a preparar la matriz de criticidad obteniendo que la mayor cantidad de fallas descansó en el componente uñas de implemento. Luego elaboró el plan de mantenimiento preventivo para 6 meses, que una vez implementado, realizó los correctivos e inspecciones de acuerdo al cronograma establecido. Como resultado que logró el autor se notó una mejora en la disponibilidad de 2% pasando de un 95% antes del plan a un 97% posterior al plan de mantenimiento.

En un artículo los autores analizaron la disponibilidad de un sistema, basado en

tres técnicas de mantenimiento: confiabilidad, riesgo y condición. Establecieron una revisión de los datos en plantas de energía y lo aplicaron al: mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), mantenimiento basado en riesgo (RBM) y mantenimiento basado en condiciones (CBM). Diseñaron técnicas de mantenimiento que se usan para centrales eléctricas y propusieron un modelo matemático en base a los programas de mantenimiento y a cada técnica de mantenimiento. En cuanto a los resultados obtenidos referidos a la disponibilidad de las plantas de energía tenemos: del RCM 81.56%, del RBM 81.02% y del CBM 90,07%.

En su artículo los autores pretendieron mitigar la pérdida de continuidad del suministro de energía eléctrica (Viteri & Bustos, 2016). Para ello realizaron un estudio a un transformador de tensión con núcleo de potencia. Esto lo hicieron en 2 etapas. La etapa inicial fue un análisis de confiabilidad en cada subestación y la segunda etapa la realizaron una simulación con el software ATP para determinar la funcionalidad del equipo. Obtuvieron como resultado: un aumento en la confiabilidad de los servicios pasando de 0,31 de fallas/año con el actual sistema, a 0,0025 de fallas/año con la implementación de la propuesta.

Tenemos también el artículo de los autores que evaluaron la disponibilidad y confiabilidad de sus equipos (Pareja & Amado, 2017). Tomaron en cuenta la data histórica y midieron los indicadores del MTBF con el tiempo de paradas existentes. Luego procedieron a analizar la gestión del mantenimiento preventivo tomando como referencia cuatro aspectos: gestión de lubricación, infraestructura, método y entrenamiento. Obtuvieron como resultado, que el MTBF del 2016, en comparación con el año anterior, toleró una caída de 39,51%, con una varianza de 34,07 horas.

Además en un artículo el autor propone una metodología para gestionar el mantenimiento asistido por computador, por medio del desarrollo de un programa de mantenimiento (Herrera, 2016). Su propuesta estuvo basada en el método de Kant y presentó estas fases: inicial, formación, desarrollo y optimización; incorporó en su propuesta el software GMAC que le permitió realizar seguimiento y control al mantenimiento. Dentro de los resultados que

obtuvo, luego que aplicó su propuesta, resaltan: el 35% del mantenimiento preventivo se distribuye en 25% para atender equipos, 5%, para atender sistemas de distribución y 5% para el mantenimiento de entorno.

Finalmente podemos destacar el artículo de los autores que propusieron una serie de recomendaciones para desarrollar la gestión de mantenimiento en equipos de alta tensión y asegurar la continuidad del servicio eléctrico (Gondres, Lajes, & Del Castillo, 2017). Aplicaron la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad y definieron como puntos cruciales del mantenimiento, las revisiones e inspecciones programadas. Además propusieron una revisión del estado general de los equipos, el stock de repuestos, desgaste de componentes, entre otros. Finalmente indicaron que la disponibilidad de equipos mejoró en un 13.7%, aplicando el plan de mantenimiento.

Así mismo también se muestra a continuación las **teorías relacionadas** con la problemática en estudio.

Redes eléctricas son objetos importantes de diagnóstico basado en modelos. Estos modelos son dinámicos y de estado estacionario y se utilizan para fines de diagnóstico de diferentes tipos. (Takano, 2020). También es considerada como un sistema de componentes diversos eléctricos; resistencias, baterías, condensadores, inductores, transistores, etc (Ning & Du, 2021).

Trabajos en Caliente: son labores desarrolladas por personas, para el mantenimiento de equipos eléctricos y accesorios de aislamiento en redes eléctricas de media y alta tensión, sin dejar de operar el servicio eléctrico. Para ello deberá de contarse con protocolos de seguridad y personas de alto nivel de instrucción en el tema (AEP, 2018)

La Tensión eléctrica: es una magnitud física que determina la diferencia entre 2 puntos de la potencia eléctrica. En otros términos es el voltaje en que la electricidad va desde un cuerpo a otro cuerpo y es medido en Voltios (EuroInnova, 2017).

Factor de seguridad:

Con respecto a las redes de media y alta tensión eléctrica, en donde la media tensión es usada para distribuir la energía eléctrica. Las instalaciones de media tensión suelen tener un voltaje de 1 a 36 kV, dependiendo del país, estas líneas pueden ser subterráneas y aéreas, por cuestiones de seguridad cumplirán una serie de requisitos. La red de alta tensión permiten transportar electricidad a grandes distancias dentro de un país se distribuyen en cuatro niveles como por ejemplo alta tensión mayor o igual a 57,5kV o menores e iguales a 230kV, media tensión son tensiones superiores a 1000v e inferior a 57,5kV y las tensiones de baja tensión son mayor o igual 25v o menor e igual a 1000v. (EuroInnova, 2017).

Brazo aislado: es un equipo mecánico con brazo articulado para permitir ubicar a una persona y sus herramientas a una determinada altura, para realizar diferentes labores, el montaje se ubica en el lado posterior del vehículo (CFE, 2014)

Un dispositivo es un aparato o mecanismo para desarrollar acciones específicos. Se crean como complemento de otro dispositivo o equipo para cumplir un determinado objetivo. Incluye una función estratégica específica (Agamben, 2013)

Mantenimiento: procedimiento por el cual se trata a un equipo o bien específico a fin de que al pasar el tiempo, o por el uso o motivos de orden externa no afecten su rendimiento y disponibilidad (Stegmaier, Viveros, Kristjanpoller, & Crespo, 2013).

En cuanto a las metodologías de mantenimiento podemos citar al del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) ayuda en la selección de la estrategia de mantenimiento más adecuada de acuerdo a su valor de criticidad e indicadores de confiabilidad.(Vishnua & Regikumar, 2016).

Indicadores de medición de la disponibilidad: tenemos a los indicadores de: disponibilidad, MTBF y el MTTR (Tebaldi, 2015).

La disponibilidad: es una medida para evaluar el rendimiento de los de la

continuidad de un equipo, en un período específico, teniendo en cuenta la confiabilidad, soporte y mantenibilidad para el mantenimiento (Alberti, 2020).

Se calcula de la siguiente forma:

$$\%DISPONIBILIDAD = 100 \times \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \dots (\text{ecuación 01})$$

MTBF (Mean Time Between Failures): es el tiempo promedio entre fallas. Estas fallas se relacionan con factores de mantenimiento directo. Es conveniente tener un valor menor (Rodrigo, 2017).

Se calcula de la siguiente forma :

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo máquina disponible}}{\text{Total paradas}} \dots (\text{ecuación02})$$

MTTR (Mean Time To Repair), el tiempo medio para efectuar una reparación, posterior después de producida la falla. Es conveniente tener un valor menor para tener una eficiencia mayor (Gasca & Camargo, 2017)

Se calcula de la siguiente forma:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de fallas}} \dots (\text{ecuación03})$$

Adicionalmente podemos indicar que el MTBF (Mean Time Between Failures), es una metrica que calcula el tiempo promedio que ocurre entre una falla y la siguiente vez que ocurre una nueva falla (Torell & Avela, 20). En cuanto al MTBF constituye uno de los principales indicadores que permiten determinar la fiabilidad operativa de un equipo o de un sistema en general (Correa & Chihuahua, 2019)

Análisis de Modo y Efecto de Fallos (AMFE): conjunto de normas, método y formas de identificar problemas potenciales y efectos posibles en un sistema. Permite priorizar y concentrar esfuerzos basado en planes de prevención y supervisión; respondiendo a incidentes que puedan presentarse (LeanSolutions, 2014).

El AMFE se considera una técnica para realizar un análisis prospectivo y sistemático, con la finalidad de determinar los escenarios donde un proceso podría fallar, las causas por las que falla, y poder realizar una evaluación de efectos de algún potencial error, a fin de poder establecer una priorización de las medidas correctivas de ser el caso (Aranaz & Bermejo, 2017).

El índice de prioridad de riesgo (IPR) es un dato que define una jerarquía sobre las fallas de un equipo; se obtiene multiplicando el grado de ocurrencia, severidad y detección (CMMS, 2018)

El **análisis de criticidad** busca definir un método que sea una herramienta de ayuda para poder determinar la priorización de los equipos de una industria, a fin de mantenerlos disponibles para cuando sean requeridos y trabajen de manera normal al operar (Reliabilityweb, 2017)

Este método resulta de una importancia enorme, dado que al identificar los equipos críticos, permite desarrollar los esfuerzos para realizar un plan de mantenimiento y realizar los correctivos necesarios a fin de mantener disponible el equipo para desarrollar las operaciones en forma continua.

A fin de cuantificar el valor crítico de cada equipo, se establece su valor mediante el índice de criticidad, de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$\text{Índice de Criticidad (IC)} = \text{Frecuencia Fallas (FF)} \times \text{Consecuencia (CF)}$$

La Frecuencia de Fallas (FF) se determina de la tabla del Anexo 05 (valores van de 1 a 4) y está en función al número de fallas de los equipos.

Para determinar la **Consecuencia de Fallas (CF)**, se utiliza la fórmula siguiente:

$$\text{CF} = \text{IP} + \text{SS} + \text{CR} + \text{TR} + \text{TO}$$

Donde los criterios son:

IP: Impacto en la Producción

SS: Seguridad y Salud

CR: Costos de Reparación

TR: Tiempo de Reparación

TO: Tiempo de Operación

Los valores aplicables a cada criterio (que van desde 1 a 4), los puede observar en el Anexo 05

De acuerdo al valor del IC, los equipos pueden ser de Alta Criticidad, Mediana Criticidad o Baja Criticidad (Ver Anexo 05)

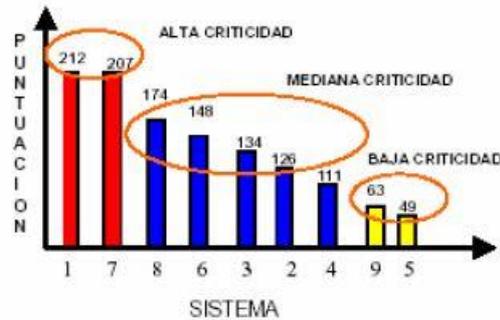


Figura 1. Gráfico de IC, de acuerdo a Frecuencia de Fallos

Fuente: (Díaz, 2016)

Como resultado final se tiene una matriz de criticidad, tal como se muestra a continuación, para ello cada IC obtenido se contrasta con los valores del Anexo 05.

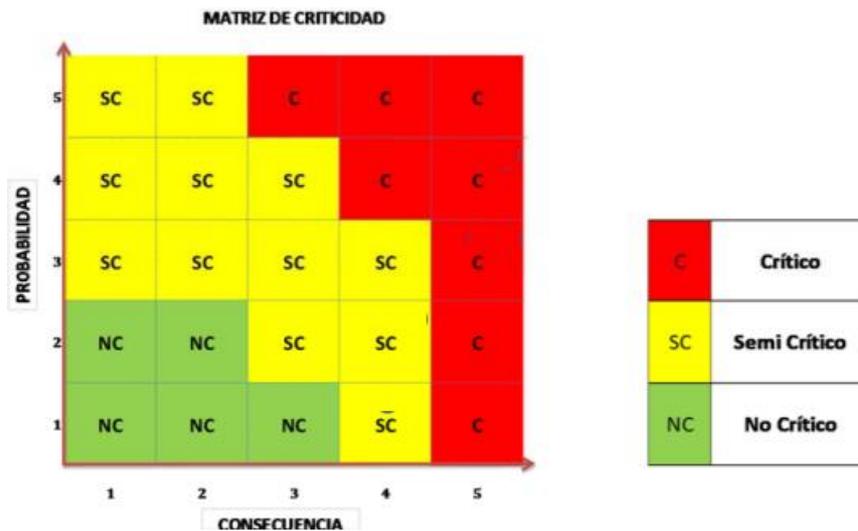


Figura 2. Matriz de Criticidad

Fuente:(Díaz, 2016)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación: será aplicada, dado que se trabajó con teorías de tensión eléctrica, trabajos en caliente, ciclo de mantenimiento e indicadores de la disponibilidad (SANCHEZ GÓMEZ, 2017).

3.1.2. Diseño de Investigación: será descriptivo, no experimental. Dado que se observó y describió el comportamiento del dispositivo y no realizará ninguna manipulación de las variable de investigación (SANCHEZ GÓMEZ, 2017).

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1 Variables:

Variable Independiente: **Implementación de dispositivo**

Variable dependiente: **Disponibilidad**

3.2.2. Matriz de operacionalización:

La tabla de operacionalización de variables está ubicada en anexo1.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población: Brazos aislados Marca ALTEC.

3.3.2. Muestra: 05 Brazos aislados Marca ALTEC, ubicado en la Esperanza, Trujillo, Perú.

3.3.3. Muestreo: no probabilístico. Permite elegir elementos de una muestra (Kinnear & Taylor, 1998).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas

Son consideradas como un grupo de acciones, que ayudan a la obtención, de manera adecuada, de datos que permiten el estudio de algún tipo de problema existente (Bernal, 2016).

Para el desarrollo de esta investigación se usó como técnica la entrevista, análisis documental y mediciones con los datos históricos que mantiene la Empresa Eléctrica.

3.4.2 Instrumentos

Son elementos de orden físico que ayudan, en la recolección y consignación de datos que se requieren para conocer cual es el estado situacional de un determinado problema (Bernal, 2016). Se usó como instrumentos entrevista estructurada, hoja de registro de fallas, hoja de registro de mediciones y el software app inventor

Un resumen de la tabla de técnicas e instrumentos está ubicada en el anexo 6.

3.5. Procedimientos

Paso 1: La investigación realizada, tuvo el siguiente procedimiento para efectuar un diagnóstico de la disponibilidad actual del brazo aislado, se recurrió a la hoja de registro de incidencias, procediéndose al cálculo de los indicadores: MTBF, MTTR y de disponibilidad de cada equipo o componente actual: a fin de preparar el análisis de criticidad del brazo aislado para trabajos en caliente en redes de media y alta tensión.

Paso 2: Se desarrolló el Análisis de criticidad de los equipos en estudio tomando como referencia el número de interrupciones de cada equipo y se priorizaron los equipos que en la actualidad generen mayor impacto en las interrupciones.

Paso 3: Se realizó la implementación del dispositivo de un brazo aislado, en donde se efectuaron las pruebas y ajustes necesarios al dispositivo acoplado al brazo aislado, tomando como referencia el análisis de criticidad encontrado. Para ello se registró en una hoja de medición, las mediciones efectuadas en la implementación.

Paso 4: Se revisará el impacto en la disponibilidad que ha tenido la implementación del dispositivo del brazo aislado para trabajos en caliente en redes de media y alta tensión por medio del análisis de las mediciones tenidas.

Paso 5: Se realizó la evaluación económica que demandó la implementación del dispositivo de un brazo aislado, utilizando el flujo de caja, el VAN, TIR y B/C.

3.6. **Método de análisis de datos**

Con los datos obtenidos, estos se analizaron en tablas de frecuencias y gráficos, calculándose la media y la desviación estándar. Se obtuvieron valores antes de implementar el plan de mantenimiento (pretest) y valores posterior a la aplicación del plan de mantenimiento (postest). Se realizó el análisis de los datos obtenidos en el análisis estadístico descriptivo. Teniendo 3 instrumentos de recolección de datos: la encuesta se analizó con el Excel a fin de obtener los resultados que se requieren; para el caso de los datos de las fallas, una vez tabuladas permitió conocer los equipos críticos actuales, finalmente con la Hoja de Mediciones fueron tabulados en el Excel y se identificaron los inconvenientes de aislamiento.

3.7. **Aspectos éticos**

Los autores asumen el compromiso de confidencialidad sobre los datos encontrados, y se mostrarán tal cual fueron obtenidos. Así mismo se respeta la autoría y se mantiene anónimamente la identidad de las personas entrevistadas.

IV. RESULTADOS

4.1 Diagnóstico de la disponibilidad actual del brazo aislado para trabajos en caliente en redes de media y alta tensión.

a. Lista de Equipos

Esta es la lista de equipos que permitió realizar la investigación. Se observa que son 5 Brazos

Tabla 1. Lista de Equipos

Codigo	idMarca	Marca	Fabricación	Modelo
BRAZO 05	EUF576	Internacional	2016	4300 SBA
BRAZO 04	EUF578	Internacional	2016	4300 SBA
BRAZO 03	EGW663	Internacional	2015	1HTM MMA
BRAZO 02	EGF034	Volkswagen	2003	9BWAC52
BRAZO 01	ERJ123	Volkswagen	2005	9BWAC52

Fuente: elaboración propia

El equipo más reciente corresponde al año 2017

b. Flujograma de mantenimiento actual

Para asegurar la disponibilidad actual de los brazos, se realizaron mantenimientos preventivos en la ciudad de Lima, lo cual significa un embalaje y traslado del mismo.

Veamos el flujo de mantenimiento que siguen los equipos, en la figura mostrada:

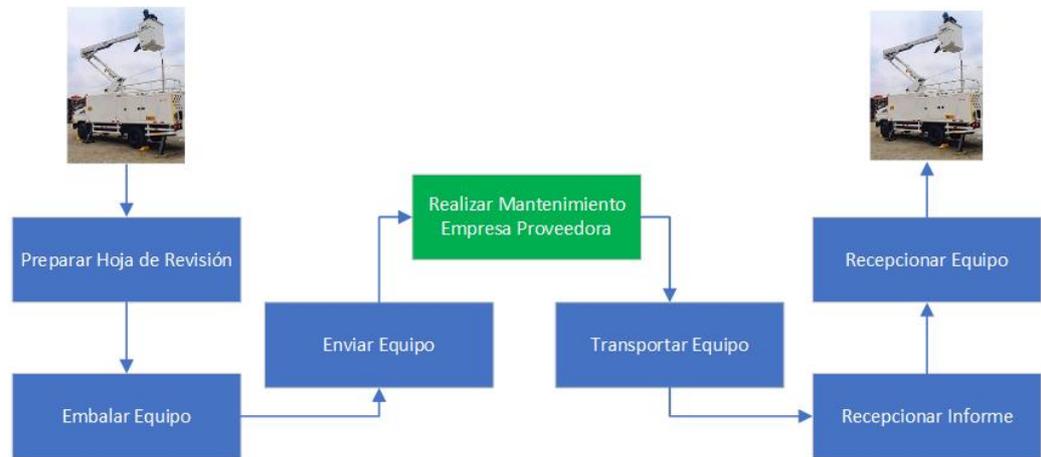


Figura 3. Flujo actual de mantenimiento

Fuente: elaboración propia

c. Datos de Fallas existentes

La información proporcionada, por la institución, corresponde al período 2020, y se visualizan las fallas registradas (Ver Anexo 9).

Se pueden observar distintos reportes de fallas

- Equipos y Fallas existentes

A continuación mostramos un resumen de fallas que ha tenido cada uno de los equipos en estudio

Tabla 2. Equipos vs Número Fallas

Equipo	# Fallas					Total
	BRAZO 01	BRAZO 02	BRAZO 03	BRAZO 04	BRAZO 05	
Barquillas CON descargas eléctricas	5	4	6	1		16
Canastillas aisladas esfuerzo mecánico	5	2	5	1	1	14
Mangueras aisladas contaminada	12	15	6	12	12	57
Mangueras aislantes con descargas electricas	14	14	12	12		52
Varillas de fibra aislantes contaminados	8	8	6	3	1	26
Varillas de fibra descargas eléctricas	12	9	8	5	1	35
Total	56	52	43	34	15	200

Fuente: Anexo 4

Observe que los equipos con mayor cantidad de fallas corresponde al BRAZO 01 y al BRAZO 02.

Cuando los equipos se encuentran en falla, los mantenimientos corren riesgos de inseguridad, tal como se puede apreciar en la gráfica siguiente:



Figura 4. Manteimientos sin brazos

Las actividades tienden a ser más complicadas y los tiempos de mantenimiento son más prolongados.

- Fallas y Tiempos de Fallas

A continuación se muestra en forma gráfica, los tiempos de no disponibilidad de cada equipo y el número de fallas tenidas en el mismo período de tiempo.

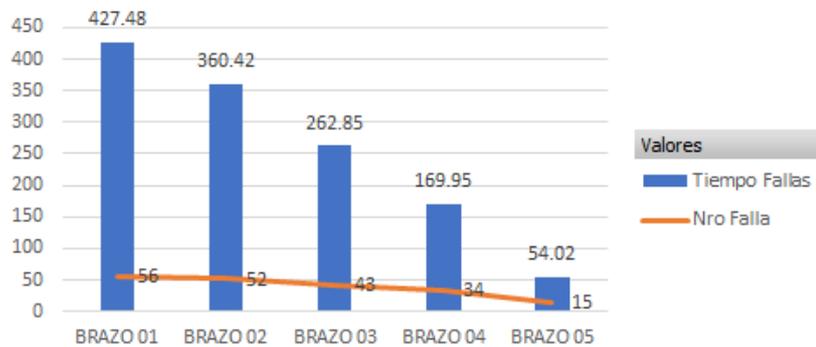


Figura 5. Comparativo de Nro de Fallas y Tiempo de Fallas por Equipo

Fuente: Anexo 4

Note que el equipo con mayor tiempo no disponible (en horas) es el BRAZO1 y en el otro lado el más disponible fue el BRAZO 05.

A fin de que los operarios puedan manipular adecuadamente los brazos, estos deben estar correctamente aislados.



Figura 6. Brazos aislados

- Fallas por Mes

En la presente tabla de puede observar la cantidad de fallas detectadas en forma mensual.

Tabla 3. Comparativo Meses x Cantidad de Fallas

Equipo	# Fallas												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
BRAZO 01	3	7	7	6	6	6	4	4	4	3	3	3	56
BRAZO 02	2	8	8	6	5	4	4	4	4	3	2	2	52
BRAZO 03	1	6	6	6	6	6	5	2	2	1	1	1	43
BRAZO 04	2	6	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	34
BRAZO 05	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15
Total	9	31	26	23	21	20	16	13	13	10	9	9	200

Fuente: Anexo 4

Los meses con más cantidad de fallas, correspondieron a febrero y marzo del período en estudio

Se puede observar que una de las causas de las fallas, se debe a las mangueras en mal estado

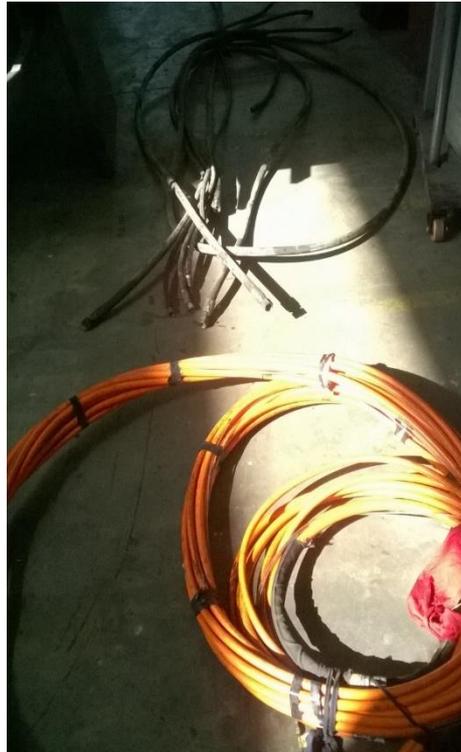


Figura 7. Mangueras en mal estado

d. Disponibilidad actual de equipos

Luego de revisar los registros de información, correspondientes a 12 meses, proporcionados por la empresa, se realizó el respectivo cálculo de los indicadores de disponibilidad, los mismos que se muestran a continuación:

- Para el cálculo del MTBF, se aplicó la siguiente formula

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo máquina disponible}}{\text{Total paradas}}$$

- Para el cálculo del MTTR, se aplicó la siguiente formula

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de fallas}}$$

- Para el cálculo de la Disponibilidad, se aplicó la siguiente formula

$$\%DISPONIBILIDAD = 100 \times \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Los resultados de los indicadores se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 4. Disponibilidad actual

No.	VEHICULO	Tiempo de paradas (Hrs)	Nº de fallas	Mantenimiento preventivo programado	Disponibilidad	MTTR (Hrs / Falla)	MP + TTR (Mant. Prog + Tiempo de paradas)	MTBF (Hrs Fallas)
1	BRAZO 01	427.48	56	720	85.86%	7.63	1147.48	46.37
2	BRAZO 02	360.42	52	720	88.08%	6.93	1080.42	51.22
3	BRAZO 03	262.85	43	720	91.31%	6.11	982.85	64.21
4	BRAZO 04	169.95	34	720	94.38%	5.00	889.95	83.94
5	BRAZO 05	54.02	15	720	98.21%	3.60	774.02	198.00
TOTAL		1274.72	200	3600	91.57%	5.86		88.75

Fuente: Anexo 5

Note que el BRAZO 01 contiene una menor disponibilidad (85.86%)

Veamos en forma gráfica la disponibilidad de cada equipo, antes de realizar el análisis de criticidad.



Figura 8. %Disponibilidad de Equipos

Fuente: Tabla 1

El equipo con mayor disponibilidad es el BRAZO 05, que tiene un valor de 98.21%

4.2. Análisis de la criticidad del brazo aislado para trabajos en caliente en redes de media y alta tensión

De acuerdo a los datos de fallas analizadas, en el punto anterior, se procede a realizar el análisis de criticidad de cada uno de los equipos, la cual se realiza usando las ecuaciones siguientes:

Para realizar el cálculo del Índice de Criticidad, se tiene la fórmula siguiente:

$$\text{Índice de Criticidad (IC)} = \text{Frecuencia Fallas (FF)} \times \text{Consecuencia (CF)}$$

a. Determinando la Frecuencia de Fallas

De acuerdo a los valores existentes en el anexo 05, se obtuvo el valor respectivo

Tabla 5. Frecuencia de Fallas (FF)

<i>Criterio</i>	<i>BRAZOS</i>				
	<i>BRAZO01</i>	<i>BRAZO02</i>	<i>BRAZO03</i>	<i>BRAZO04</i>	<i>BRAZO05</i>
<i>Nro de Fallas</i>	56	5	43	34	25
FRECUENCIA DE FALLAS (FF)	4	4	3	3	2

Fuente: Anexo 05

b. Determinando la Consecuencia de las fallas (CF)

Se calcula con la formula siguiente:

$$CF=IP +SS +CR + TR +TO$$

Donde los criterios son:

IP: Impacto en la Producción

SS: Seguridad y Salud

CR: Costos de Reparación

TR: Tiempo de Reparación

TO: Tiempo de Operación

Cada uno de los valores se obtienen desde el Anexo 05, con datos que oscilan entre 1 a 4.

Veamos los valores obtenidos de acuerdo al responsable de mantenimiento de la organización.

Tabla 6. Determinación de la Consecuencia de Fallas

Criterio	BRAZO				
	BRAZO01	BRAZO02	BRAZO03	BRAZO04	BRAZO05
CONSECUENCIA FALLOS (CF)	19	18	16	16	11
Impacto en la Producción (IP)	4	4	3	3	3
Seguridad y Salud (SS)	3	2	2	2	2
Costos de Reparación (CR)	4	4	3	3	3
Tiempo de Reparación (TR)	4	4	4	4	3
Tiempo de Operación (TO)	4	4	4	4	3

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a lo indicado el 40% de los equipos tiene valores desde 18 a más entre las consecuencia que dejan las fallas de disponibilidad.

c. Determinando el Índice de Criticidad (IC)

Luego de obtener los valores de la FF y de la CF, se realiza el cálculo del indicador de criticidad, y los resultados se pueden observar en la tabla siguiente:

Tabla 7. Indicador de Criticidad (IC) de Brazos

Criterio	BRAZOS				
	BRAZO01	BRAZO02	BRAZO03	BRAZO04	BRAZO05
FRECUENCIA DE FALLAS (FF)	4	4	3	3	2
CONSECUENCIA FALLOS (CF)	19	18	16	16	11
INDICE CRITICIDAD (IC)	78	72	48	48	22

Fuente: Tabla 5 y Tabla 6

Veamos en forma gráfica los valores obtenidos del IC, en los equipos en estudio.

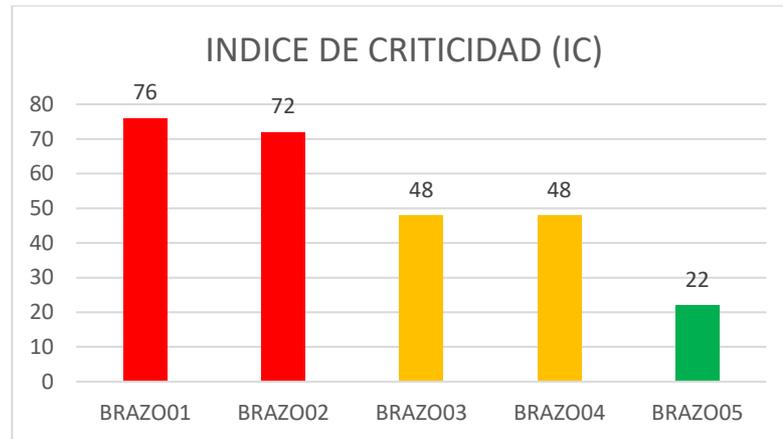


Figura 9. IC de Brazos

Fuente: elaboración propia

Como puede observarse existieron 2 equipos con un IC superior a 50, lo cual indica que tienen una elevada criticidad (Ver Anexo 05) Finalmente, veamos como queda la matriz de criticidad

78	72
48	48
	22

Figura 10. Matriz de Criticidad

Fuente: elaboración propia

Se puede observar que 2 equipos se encuentran en un nivel alto de criticidad (BRAZO 01 y BRAZO 02), 2 equipos se encuentran en estado Semi crítico (BRAZO 03 Y BRAZO 04) y equipo se encuentra en estado no crítico (BRAZO 05).

Los equipos actuales no tienen ningún tipo de medición, solo es una revisión visual la que se realiza, esto puede aumentar el nivel de

criticidad de los equipos.



Figura 11. Revisión visual de mangueras aislantes los equipos

Así mismo en la gráfica siguiente se puede observar descargas en las uniones del brazo



Figura 12. Descargas al no contar con niveles exactos de aislamiento
Como en el caso anterior esto aumenta la criticidad de los equipos.

Finalmente al no tener un dispositivo de medición, algunos cambios, como el de mangueras se realizan sin tener la prioridad del caso



Figura 13. Cambios de mangueras

4.3. Implementación del dispositivo de un brazo aislado para trabajos en caliente en redes de media y alta tensión

4.3.1. Realizando el Análisis Modal de Efectos y Fallos (AMEF)

Para determinar las acciones proactivas que se realizarán en cada uno de los brazos, se efectuó el AMEF, el cual permite calcular el IPR (Índice Prioridad de Riesgo) a partir de 3 criterios: Gravedad, Ocurrencia y Detección (Ver Anexo 8)

$$\text{El IPR} = \text{Gravedad} * \text{Ocurrencia} * \text{Detección}$$

Veamos el análisis de cada uno de los brazos en las tablas siguientes:

ANÁLISIS MODAL DE EFECTOS Y FALLO (A.M.E.F)										Código: A.1	
AREA:		CAMPO									
DPTO:		MANTENIMIENTO									
EQUIPO:		BRAZO 01									
										N° AMEF:	
Descripción del proceso	Falla Funcional	Modo de Fallas	Efecto de las fallas	Tipo Falla	Causas de las fallas	Gravedad	Ocurrencia	Detección	IPR	Acciones Proactivas	
Labores diversas de Campo	Averías	Mangueras aisladas contaminadas	Condiciones inseguridad de	Eléctricas	Desgaste	7	4	6	168	Medición, Cambio, Capacitación	
	Averías	Mangueras aisladas con descargas eléctricas	Desperfecto del brazo	Eléctricas	Desgaste	7	3	6	126	Medición, Cambio, Capacitación	
	Averías	Varillas de fibra aislantes contaminados	Condiciones inseguridad de	Mecánicas	Uso excesivo	7	5	6	126	Medición, Cambio, Capacitación	
	Averías	Varillas de fibra descargas eléctricas	Condiciones inseguridad de	Mecánicas	Uso excesivo	7	3	5	105	Medición, Cambio, Capacitación	
	Averías	Barquillas con descargas eléctricas	Disminuye aislamiento en canastilla	Eléctricas	Desgaste	6	5	5	150	Inspección, medición, cambio	
	Averías	Canastillas aisladas esfuerzo mecánico	Condiciones inseguridad de	Eléctricas	Desgaste	6	5	5	150	Medición, cambio	
									825		

Para el BRAZO 01, el valor del IPR (Índice Prioridad de Riesgo), fue de 825, lo cual lo ubica con un nivel de Alto riesgo de fallas, dado que es mayor a 500

Veamos el AMEF del BRAZO 02

ANÁLISIS MODAL DE EFECTOS Y FALLO (A.M.E.F)										Código: A.2	
AREA:		CAMPO									
DPTO:		MANTENIMIENTO									
EQUIPO:		BRAZO 02									
Descripción del proceso	Falla Funcional	Modo de Fallas	Efecto de las fallas	Consecuencia	Causas de las fallas	N° AMEF:				Acciones Proactivas	
						Gravedad	Ocurrencia	Detección	IPR		
Labores diversas de Campo	Avería	Mangueras aisladas contaminadas	Condiciones inseguridad de	Eléctricas	Desgaste	7	4	4	112	Medición, Cambio, Capacitación	
		Mangueras aisladas con descargas eléctricas	Desperfecto del brazo	Eléctricas	Desgaste	6	4	6	144	Medición, Cambio, Capacitación	
		Varillas de fibra aislantes contaminados	Condiciones inseguridad de	Mecánicas	Uso excesivo	6	4	4	96	Medición, Cambio, Capacitación	
		Varillas de fibra descargas eléctricas	Condiciones inseguridad de	Mecánicas	Uso excesivo	6	4	5	120	Medición, Cambio, Capacitación	
	Avería	Barquillas con descargas eléctricas	Disminuye aislamiento canastilla en	Eléctricas	Desgaste	6	5	5	120	Capacitar al personal en parámetros de configuración	
	Avería	Canastillas aisladas esfuerzo mecánico	Condiciones inseguridad de	Eléctricas	Desgaste	6	4	5	120	Capacitar al personal en parámetros de configuración	
									712		

Para el BRAZO 02, el valor del IPR (Índice Prioridad de Riesgo), fue de 712, lo cual lo ubica con un nivel de Alto riesgo de fallas, dado que es mayor a 500

De momento estos 2 equipos son los que se consideran en nivel alto de riesgo en la obtención de fallas.

Veamos el AMEF del BRAZO 03

		ANÁLISIS MODAL DE EFECTOS Y FALLO (A.M.E.F)					Código: A.3				
AREA:		CAMPO									
DPTO:		MANTENIMIENTO									
EQUIPO:		BRAZO 03									
Descripción del proceso	Falla Funcional	Modo de Fallas	Efecto de las fallas	Consecuencia	Causas de las fallas	N° AMEF:				Acciones Proactivas	
						Gravedad	Ocurrencia	Detección	IPR		
Labores diversas de Campo	Avería	Mangueras aisladas contaminadas	Condiciones inseguridad	de	Eléctricas	Desgaste	4	3	3	36	Medición, Cambio, Capacitación
		Varillas de fibra aislantes contaminados	Condiciones inseguridad	de	Mecánicas	Uso excesivo	3	3	4	36	Medición, Cambio, Capacitación
		Varillas de fibra descargas eléctricas	Condiciones inseguridad	de	Mecánicas	Uso excesivo	5	4	5	100	Medición, Cambio, Capacitación
	Avería	Barquillas con descargas eléctricas	Condiciones inseguridad	de	Operativa	Desgaste	4	4	5	80	Inspección, medición, cambio
	Avería	Canastillas aisladas esfuerzo mecánico	Condiciones inseguridad	de	Eléctricas	Desgaste	3	4	3	36	Medición, cambio
										288	

Para el BRAZO 03, el valor del IPR (Índice Prioridad de Riesgo), fue de 288, lo cual lo ubica con un nivel Medio de riesgo de fallas, dado que está en el rango de 125 a 500.

Veamos el AMEF del BRAZO 03

ANÁLISIS MODAL DE EFECTOS Y FALLO (A.M.E.F)							Código: A.4				
AREA:	CAMPO						Preparado por:				
DEPARTAMENTO:	MANTENIMIENTO						Revisado por:				
EQUIPO:	BRAZO 04						Aprobado O.T.:				
							N° AMEF:				
Descripción del proceso	Falla Funcional	Modo de Fallas	Efecto de las fallas	Consecuencia	Causas de las fallas	Gravedad	Ocurrencia	Detección	IPR	Acciones Proactivas	
Labores diversas de Campo	Avería	Mangueras aisladas contaminadas	Condiciones inseguridad	de	Mecánicas	Desgaste	5	3	4	60	Medición, Cambio, Capacitación
		Mangueras aisladas contaminadas	Condiciones inseguridad	de	Mecánicas	Desgaste	3	4	4	48	Medición, Cambio, Capacitación
	Avería	Varillas de fibra aislantes contaminados	Condiciones inseguridad	de	Eléctricas	Uso excesivo	2	4	3	75	Medición, Cambio, Capacitación
	Avería	Varillas de fibra descargas eléctricas	Condiciones inseguridad	de	Eléctricas	Uso excesivo	4	3	5	60	Medición, Cambio, Capacitación
							243				

Para el BRAZO 04, el valor del IPR (Índice Prioridad de Riesgo), fue de 243, lo cual lo ubica con un nivel Medio de riesgo de fallas, dado que está en el rango de 125 a 500.

Veamos el AMEF del BRAZO 05

ANÁLISIS MODAL DE EFECTOS Y FALLO (A.M.E.F)							Código:A.5			
AREA:	CAMPO						Preparado por:			
DEPARTAMENTO:	MANTENIMIENTO						Revisado por:			
EQUIPO:	BRAZO 05						Aprobado O.T.:			
N° AMEF:										
Descripción del proceso	Falla Funcional	Modo de Fallas	Efecto de las fallas	Tipo Falla	Consecuencia	Gravedad	Ocurrencia	Detección	IPR	Acciones Proactivas
Labores diversas de Campo	Avería	Mangueras aisladas contaminadas	Condiciones inseguridad	de Mecánicas	Desgaste	3	2	2	12	Establecer frecuencias de los análisis de vibraciones.
	Avería	Mangueras aisladas contaminadas	Condiciones inseguridad	de Mecánicas	Desgaste	3	2	3	18	Alineamiento de Sprockets
	Avería	Varillas de fibra aislantes contaminados	Condiciones inseguridad	de Eléctricas	Uso excesivo	2	3	3	18	Capacitar al personal sobre los parámetros de producción
	Avería	Varillas de fibra descargas eléctricas	Condiciones inseguridad	de Eléctricas	Uso excesivo	3	2	4	18	Realizar mediciones de temperaturas por termografía.
									66	

Para el BRAZO 05, el valor del IPR (Índice Prioridad de Riesgo), fue de 66, lo cual lo ubica con un nivel bajo de riesgo de fallas, dado que está en el rango de 0 a 125.

Con los datos del IPR por cada equipo se procede a realizar un resumen de la matriz del IPR

4.3.2. Resumen del Índice Prioridad de Riesgo (IPR)

Tabla 8. Resumen de IPR para Equipos

EQUIPOS	IPR	ESTADO DE FALLA
BRAZO 01	825	ALTO RIESGO DE FALLA
BRAZO 02	712	ALTO RIESGO DE FALLA
BRAZO 03	288	RIESGO DE FALLA MEDIA
BRAZO 04	243	RIESGO DE FALLA MEDIA
BRAZO 05	66	RIESGO DE FALLA BAJO

Se puede observar que existen 2 equipos con Alto Riesgo de Ocurrencia de fallas (Ver Anexo 8 – Tabla 15)

4.3.3. Lista de Propuestas de Mantenimiento

a. Propuestas de Mejora

Dentro de las mejoras identificadas para asegurar la disponibilidad de los equipos tenemos:

Tabla 9. Matriz de mejoras

Fallas	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO			
	Capacitacion	Inspeccion	Medición	Cambio
Barquillas con descargas eléctricas		x	x	
Canastillas aisladas esfuerzo mecánico		x	x	x
Mangueras aisladas contaminada	x		x	x
Mangueras aislantes con descargas electricas			x	x
Varillas de fibra aislantes contaminados	x		x	x
Varillas de fibra descargas eléctricas	x		x	x
	3	2	6	5

Fuente: elaboración propia

Como puede observarse, la medición es un correctivo clave en la consecución de la disponibilidad de los equipos y prevenir las fallas que actualmente sufren los equipos.

Por lo que se procedió a incorporar un equipo de medición como parte de las acciones de mantenimiento propuestas.

b. Acciones a realizar

Estas son las acciones propuestas para disminuir las fallas y asegurar una mayor disponibilidad de los equipos

Tabla 10. Acciones de Mantenimiento a realizar

Acciones	Documento de uso
Inspección	Hojas de Inspección
Medición	Equipo de Medición
Cambio	Hoja de Cambios
Capacitación	Plan de Capacitación

c. Dispositivo de Brazo Aislado para Mediciones

Dentro de los tipos de mediciones que el Dispositivo permitió medir, tenemos los siguientes items:

Verificar tipos de mediciones

Item	Tipo de Medición	Valores permisibles
1	Voltaje	10,000 v
2	Frecuencia	60 hz
3	Impedancia	100 μ A

d. Cronograma de Actividades

Las actividades a realizar, de acuerdo a lo indicado en la tabla 9, y con la finalidad de aumentar la disponibilidad de los equipos criticos, se estableció el siguiente cronograma de actividades, el cual puede verse a continuación:

Tabla 11. Cronograma de Actividades

		FECHAS DE ACTIVIDADES PROGRAMADAS																														
Actividades		6-Oct	7-Oct	8-Oct	9-Oct	10-Oct	11-Oct	12-Oct	13-Oct	14-Oct	15-Oct	16-Oct	17-Oct	18-Oct	19-Oct	20-Oct	21-Oct	22-Oct	23-Oct	24-Oct	25-Oct	26-Oct	27-Oct	28-Oct	29-Oct	30-Oct	31-Oct	1-Nov	2-Nov	3-Nov	4-Nov	
BRAZO 01	Realizar Inspección al BRAZO 01	■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		
	Efectuar Medición al BRAZO 01													■								■							■			
	Realizar Cambios de componentes BRAZO 01						■									■							■								■	
BRAZO 02	Realizar Inspección el BRAZO 02		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■	
	Efectuar Medición al BRAZO 02														■								■							■		
	Realizar Cambios de componentes BRAZO 02						■																	■								
CAPACITACION	Capacitar al personal en operación de los vehiculos										■										■											

Fuente: elaboración propia

e. Actividades realizadas

Inspecciones

De acuerdo al instrumento de la Hoja de Inspección se procedió a realizar las inspecciones respectivas.

Estas son las fechas programadas:

Tabla 12. Inspecciones Programadas. Brazo 01

Equipo	Fecha Programada	Elementos a inspeccionar	Observaciones
BRAZO 01	07-10-2021	02	Revisión de layner
	09-10-2021	02	Revisión de canastilla
	11-10-2021	01 juego	Revisión de mangueras aislantes
	13-10-2021	03	Revisión de fibra de vidrio

Fuente: elaboración propia

Estas son las fechas de inspección ejecutada

Tabla 13. Inspecciones ejecutadas. Brazo 01

Equipo	Fecha Ejecutada	Elementos inspeccionados	Observaciones
BRAZO 01	07-10-2021	02	Layner en buen estado
	09-10-2021	02	Canastilla rayadas
	11-10-2021	01 juego	Mangueras en buen estado
	13-20-2021	03	Fibra de vidrio deteriorado

Fuente: elaboración propia



Figura 14. Inspecciones realizadas con el Brazo

Fuente: elaboración propia



Figura 15. Ajustes al brazo

Fuente: elaboración propia

Mediciones

De acuerdo al instrumento de la Hoja de Medición se procedió a realizar las inspecciones respectivas.

Estas fueron las fechas programadas:

Tabla 14. Fechas programadas de mediciones

Equipo	Fecha Programada	Elementos a Medir	Observaciones
BRAZO 01	18-10-2021	02	Layner
	01-11-2021	04	Canastillas y brazo

Fuente: elaboración propia

Estas fueron las fechas de mediciones ejecutadas

Tabla 15. Fechas de mediciones ejecutadas

Equipo	Fecha Ejecutada	Elementos inspeccionados	Observaciones
BRAZO 01	18-10-2021	3	8 uA
	02-11-2021	4	Se cambió fecha por ser feriado.

Fuente: elaboración propia

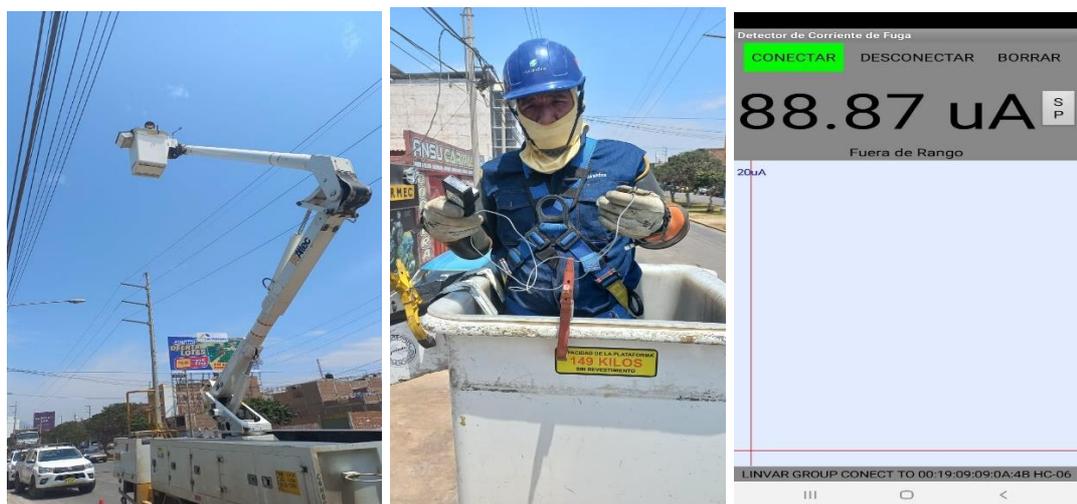


Figura 16. Mediciones efectuadas

Fuente: elaboración propia



Figura 17. Brazo a realizar mediciones

Fuente: elaboración propia

Cambio de componentes

De acuerdo al instrumento de la Hoja de Cambio de Componentes se procedió a realizar las inspecciones respectivas (Anexo 12).

Estas fueron las fechas programadas:

Tabla 16. Programación de Fechas de Cambio de Componentes

Equipo	Fecha Programada	Elementos programados para cambio	Observaciones
BRAZO 01	11-10-2021	2	Cambio de terminales de la manguera
	20-10-2021	1	Cambio de layner
	27-10-2021	1	Cambio de aceite hidráulico aislante
	03-11-2021	2	Cambio de varillas de fibra de vidrio

Fuente: elaboración propia

Estas fueron las fechas de cambios ejecutados

Tabla 17. Cambios ejecutados

Equipo	Fecha Ejecutada	Elementos inspeccionados	Observaciones
BRAZO 01	11-10-2021	2	No se cambio
	20-10-2021	1	No se cambio
	27-10-2021	1	Se cambio
	03-11-2021	2	No se cambio

Fuente:elaboración propia

Veamos algunos cambios ejecutados en las figuras siguientes:



Figura 18. Cambios de cables efectuados

Fuente: elaboración propia

Capacitaciones

Se desarrolló la capacitación en buenas prácticas de mantenimiento, en la fecha programada, por un experto designado por la empresa, quien instruyó a un equipo de 4 técnicos. Dicha capacitación fue eminentemente práctica y en las instalaciones de la empresa (Anexo 11)

Tabla 18. Capacitación programada

Equipo	Fecha Programada	Número de personas a capacitar	Observaciones
BRAZO 01	16-10-2021	4	Reciclaje anual

Fuente: elaboración propia

Esta es la fecha de capacitación ejecutada

Tabla 19. Capacitación ejecutada

Equipo	Fecha Ejecutada	Número de personas capacitadas	Observaciones
BRAZO 01	08-11-2021	4	Se realizó reciclaje

Fuente: elaboración propia

Veamos algunas fotos de la capacitación realizada:



Figura 19. Equipo Capacitado con instructor

Fuente: elaboración propia

4.4. Revisión del impacto de la disponibilidad luego de la implementación del dispositivo de un brazo aislado.

a. Impacto de la disponibilidad

Luego de revisar los registros de información, posteriores a la aplicación, proporcionados por la empresa, se realizó el respectivo cálculo de los indicadores de disponibilidad, los mismos que se muestran a continuación:

- Para el cálculo del MTBF, se aplicó la siguiente formula

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo máquina disponible}}{\text{Total paradas}}$$

- Para el cálculo del MTTR, se aplicó la siguiente formula

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de fallas}}$$

- Para el cálculo de la Disponibilidad, se aplicó la siguiente formula

$$\%DISPONIBILIDAD = 100 \times \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Los resultados de los indicadores se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 20. Disponibilidad posterior a mejoras

No.	VEHICULO	Tiempo de paradas (Hrs)	N° de fallas	Mantenimiento preventivo programado	Disponibilidad	MTTR (Hrs / Falla)	MP+TTR	MTBF (Hrs Fallas)
1	BRAZO 01	68.15	5	8	90.54%	13.63	76.15	130.37
2	BRAZO 02	59.23	5	8	91.77%	11.85	67.23	132.15
3	BRAZO 03	34.87	4	8	95.16%	8.72	42.87	171.28
4	BRAZO 04	12.59	2	8	98.25%	6.29	20.59	353.71
5	BRAZO 05	0.19	1	8	99.97%	0.19	8.19	719.81
TOTAL		175.03	17	40.00	95.14%			

Fuente: elaboración propia.

El promedio de la disponibilidad, posterior a la implementación de un dispositivo, es 95.14%,

Veamos en forma gráfica la disponibilidad de cada equipo, antes de

realizar el análisis de criticidad.



Figura 20. %Disponibilidad de Equipos

Fuente: elaboración propia

El equipo con mayor disponibilidad es el BRAZO 05, que tiene un valor de 99.97%

Veamos el impacto de la disponibilidad

Tabla 21. Impacto de la disponibilidad

Medición	% Disponibilidad	Horas Falla	MTTR
Pre Test	91.57%	301.46	5.86
Pos Test	95.14%	88.75	8.14
Impacto	3.57%	212.72	2.28

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar existe una mejora en los 3 indicadores, donde la disponibilidad se incrementó en 3.57% entre el pretest y el postest

b. Evaluación estadística:

- Descriptivos

Veamos los descriptivos de la disponibilidad:

Tabla 22. Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
PreTest	5	,858637566137	,982136243386	,915693121693	,049202192242
PosTest	5	,905351527777	,999736111111	,951380777777	,040491601572

Fuente: elaboración propia

Tal como se puede apreciar los valores medios corresponden a 0.915 antes de implementar el dispositivo y de 0.951 luego de implementar el dispositivo.

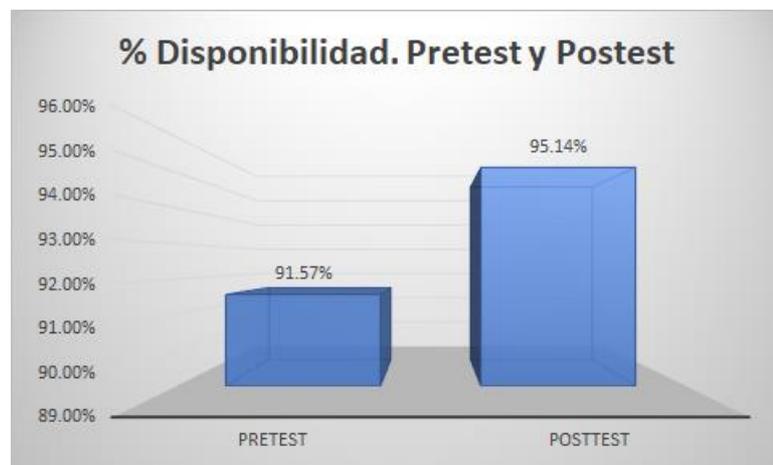


Figura 21. Comparativo de la Disponibilidad

Fuente: elaboración propia

Se puede observar un crecimiento de la disponibilidad de

- Inferenciales
 - Prueba de Normalidad

Hipótesis:

Ho: datos no siguen normalidad

Ha: datos siguen normalidad

Nivel de significación: 0.05

Prueba estadística:

Se sometieron los datos a la prueba de Shapiro Wilk, por ser menor a 50 (muestra =5)

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PreTest	,161	5	,200*	,977	5	,920
PosTest	,197	5	,200*	,936	5	,641

Decisión:

De acuerdo al valor del sig. obtenido en ámbos casos es mayor que 0.05 (Pretest=0.920 y el postest=0.641), lo cual indica que los datos siguen una distribución normal, comprobándose la Ha, y por lo tanto se aplicará el estadístico de t-student.

- Prueba de Hipótesis

Se realizó la prueba de la hipótesis respectiva:

Hipótesis:

Ho: la implementación de un dispositivo para brazo aislado que realiza trabajos en caliente en redes de media tensión disminuye la disponibilidad, Provincia de Trujillo, Región La Libertad, Perú

Ha: la implementación de un dispositivo para brazo aislado que realiza trabajos en caliente en redes de media tensión aumenta la disponibilidad, Provincia de Trujillo, Región La Libertad, Perú

Nivel de significación: 0.05

Prueba estadística:

Se aplica la prueba t-student, la cual puede observarse a continuación

Tabla 23. Datos de la Prueba t-student

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilat eral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
PreTest - PosTest	-,03568765608	,010808244003	,004833593661	-,049107863547	-,0222674486	-7,383	4	,002

Fuente: SPSS

El valor de t teórico es -2.1318, y es mayor al t calculado -7.383, con un valor de significancia de 0,00, por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0), y se acepta la hipótesis alterna (H_a). El T calculado, está ubicado en la zona de rechazo, por lo que, la implementación de un dispositivo para brazo aislado que realiza trabajos en caliente en redes de media tensión aumenta la disponibilidad, Provincia de Trujillo, Región La Libertad, Perú

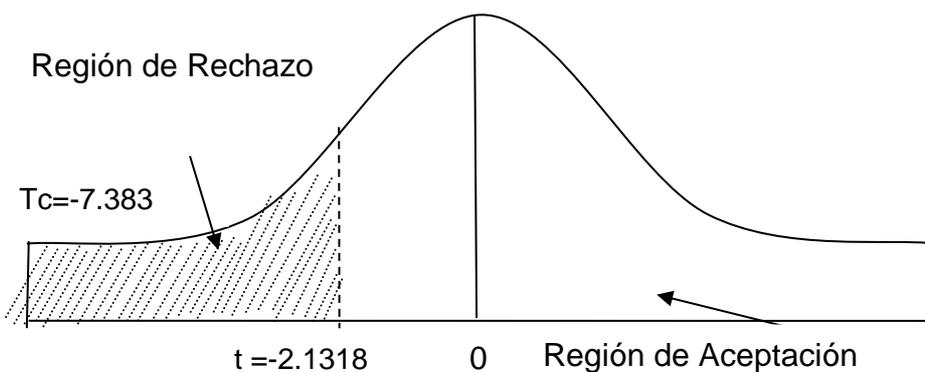


Figura 22. t-student. Indicador de Disponibilidad

Fuente: elaboración propia

4.5. Evaluación económica para la implementación del dispositivo de un brazo aislado

Se evalúan 3 grupos para este rubro económico: inversión inicial, gastos previos a la mejora y los gastos posteriores a la mejora. Veamos cada grupo:

4.5.1. Inversión inicial

Se consideran 2 rubros: horas hombre invertidas y materiales usados, tal como se aprecia a continuación:

Tabla 24. Inversión inicial para realizar las mejoras

Mejoras Realizadas	INVERSION INTANGIBLE				INVERSION TANGIBLE			
	Nro Horas	Costo Hora	Cantidad	Valor HH	Materiales	Cantidad	Total Material	Total S/.
Equipo de Medición	12	12.50	1	150	490	2	980	1,130
Análisis Criticidad	16	12.50	2	400	32	1	32	432
AMEF	12	12.50	2	300	24	1	24	324
Preparacion Plan de Mantenimiento	18	12.50	2	450		1	-	450
Capacitación	12	12.50	4	600	24	1	24	624
TOTALES				1,900			1,060	2,960

Fuente: elaboración propia

La inversión inicial es de S/. 2960, entre las horas hombre usadas para desarrollar el estudio y los materiales usados.

4.5.2. Gastos por mano de obra

Se tienen *gastos por mano de obra*, en las reparaciones que deben realizarse, mientras el brazo no se encuentre disponible y el *gasto de alquiler* por no contar con el brazo disponible y siendo necesario su operatividad.

- Se tiene los datos de disponibilidad y no disponibilidad de equipos.
- Se determinan las horas no disponibles considerando el % de los equipos no disponibles multiplicando por 480 horas al mes (16 horas

por 30 días del mes)

- Luego se calcula el costo hora por las horas no disponibles.

Estos son los gastos en mano de obras antes y después de la implementación del dispositivo.

Tabla 25. Gastos en Mano de Obra antes de implementación de dispositivo

Concepto	BRAZO-01	BRAZO-02	BRAZO-03	BRAZO-04	BRAZO-05	TOTAL S/.
% Disponibilidad	85.9%	88.1%	91.3%	94.4%	98.2%	
% No Disponible	14.1%	11.9%	8.7%	5.6%	1.8%	
Horas no Disponibles	67.9	57.2	41.7	27.0	8.6	
Costo Hora	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	
Gastos no disponibilidad	848	715	522	337	107	2,529

Fuente: elaboración propia

Los gastos corresponden a S/. 2,529 al mes antes de la implementación del dispositivo.

Tabla 26. Gastos en Mano de Obra posterior a la implementación de dispositivo

Concepto	BRAZO-01	BRAZO-02	BRAZO-03	BRAZO-04	BRAZO-05	TOTAL S/.
% Disponibilidad	90.5%	91.8%	95.2%	98.3%	100.0%	
% No Disponible	9.5%	8.2%	4.8%	1.7%	0.0%	
Horas sin Trabajo	45.4	39.5	23.2	8.4	0.1	
Costo Hora	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	
Gastos no disponibilidad	568	494	291	105	2	1,459

Fuente: elaboración propia

Los gastos corresponden a S/. 1,459 al mes posterior a la implementación del dispositivo

4.5.3. Gastos por brazos no disponibles

Dado que mientras los brazos no se encuentren disponibles y deben ser usados, se muestran los gastos que demandan el uso constante de los brazos.

Estos son los datos para los gastos por brazos no disponibles:

Tabla 27. Gastos por brazos no disponibles antes de implementación de dispositivo

Concepto	BRAZO-01	BRAZO-02	BRAZO-03	BRAZO-04	BRAZO-05	TOTAL S/.
% Disponibilidad	85.9%	88.1%	91.3%	94.4%	98.2%	
% No Disponible	14.1%	11.9%	8.7%	5.6%	1.8%	
Horas sin Trabajo	67.9	57.2	41.7	27.0	8.6	
Costo hora alquiler	220.0	220.0	220.0	220.0	220.0	
Gastos por brazos no disponibles	14,928	12,586	9,179	5,935	1,886	44,514

Fuente: elaboración propia

Los gastos por brazos no disponibles, antes de la implementación del dispositivo corresponden a S/. 44,514.

Tabla 28. Gastos por brazos no disponibles posterior a la implementación de dispositivo

Concepto	BRAZO-01	BRAZO-02	BRAZO-03	BRAZO-04	BRAZO-05	TOTAL S/.
% Disponibilidad	90.5%	91.8%	95.2%	98.3%	100.0%	
% No Disponible	9.5%	8.2%	4.8%	1.7%	0.0%	
Horas sin Trabajo	45.4	39.5	23.2	8.4	0.1	
Costo hora alquiler	220.0	220.0	220.0	220.0	220.0	
Gastos por brazos no disponibles	9,995	8,687	5,115	1,846	28	25,671

Fuente: elaboración propia

Los gastos por brazos no disponibles, posterior a la implementación del dispositivo corresponden a S/. 25,671.

Flujo de Caja

Los valores de los indicadores obtenidos fueron:

B/C	1.73
VAN	131,448
TIR	469.88%

Los cálculos se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 29. Flujo de Caja

FLUJO DE CAJA														
CONCEPTO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
INVERSIONES														
Inversión Tangible	2,188													
Inversión Intangible	2,050													
TOTAL INVERSIONES	4,238													
GASTOS PREVIO MEJORA														
Gastos de Mano de Obra		2,529	2,529	2,529	2,529	2,529	2,529	2,529	2,529	2,529	2,529	2,529	2,529	
Gastos por brazos no disponibles		44,514	44,514	44,514	44,514	44,514	44,514	44,514	44,514	44,514	44,514	44,514	44,514	
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL PREVIOS MEJORA		47,043	564,519											
GASTO POSTERIOR MEJORA														
Gastos de Mano de Obra		1,459	1,459	1,459	1,459	1,459	1,459	1,459	1,459	1,459	1,459	1,459	1,459	
Gastos por brazos no disponibles		25,671	25,671	25,671	25,671	25,671	25,671	25,671	25,671	25,671	25,671	25,671	25,671	
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL POSTERIOR MEJORA		27,130	325,554											
SALDO	(4,238)	19,914	19,914	19,914	19,914	19,914	19,914	19,914	19,914	19,914	19,914	19,914	19,914	
FLUJO FONDOS	(4,238)	15,676	35,589	55,503	75,417	95,331	115,244	135,158	155,072	174,985	194,899	214,813	234,727	

Fuente: elaboración propia

Los indicadores son positivos, de acuerdo a la tabla mostrada.

V. DISCUSIÓN

- Al diagnosticar la disponibilidad actual del brazo aislado, se obtuvo un 91.57% promedio en los 5 equipos en estudio. Para poder obtener el valor se aplicó la técnica de la revisión documental y el instrumento correspondió a los archivos de incidencias de fallas. Adicionalmente, al cálculo del indicador de disponibilidad, se calcularon los indicadores del MTTR y del MTBF. Lo anteriormente expresado coincide con las investigaciones efectuadas por Esteves y Azabache (2020) y de Luna y Pinedo (2016) quienes aplicaron la misma técnica de esta investigación, para obtener la disponibilidad de los equipos antes de la mejora, obteniendo los valores de 93.20 y de 77.85% de disponibilidad respectivamente; así mismo coincide con Vega (2017) quien obtuvo el 89.3% de disponibilidad antes de aplicar las mejoras; esto difiere con la investigación de Lajes & Del Castillo (2017) quien obtuvo el dato a partir de la aplicación de una entrevista. Para Alberti (2020) la disponibilidad se define como una medida para evaluar el rendimiento de los de la continuidad de un equipo, en un período específico, teniendo en cuenta la confiabilidad, soporte y mantenibilidad para el mantenimiento.
- Luego de analizar la criticidad del brazo aislado para trabajos en caliente en redes de media y alta tensión, se detectaron que 2 brazos tuvieron una alta criticidad, 2 con una criticidad media y uno en estado no crítico. El calculo de la criticidad, coincide con la investigación de Alayo (2019), quien identificó al componente de uñas con una alta criticidad, lo cual coincide con la investigación de Vega (2017) que al aplicar el Índice de criticidad, se detectaron 3 equipos con alta criticidad. Esto se diferencia con la investigación de Alba y Chinchay (2019) que utilizó el diagrama de Pareto para identificar los equipos con mayores fallas, donde identificaron 8 equipos. El **análisis de criticidad** busca definir un método que sea una herramienta de ayuda para poder determinar la priorización de los equipos de una industria, a fin de mantenerlos disponibles para cuando sean requeridos y trabajen de manera normal al operar (Reliabilityweb, 2017).
- Se implementó el dispositivo de un brazo aislado para trabajos en caliente

en redes de media y alta tensión, determinándose 2 equipos con un IPR de alto riesgo. Luego se programaron mediciones en estos equipos con la implementación de las mediciones que ayudaron a direccionar el mantenimiento de los brazos. A fin de realizar un mantenimiento más eficiente, tenemos la investigación de Albarato (2017) que realizó mediciones del IPR para detectar equipos con alto riesgo. La investigación difiere con el estudio de Herrera (2016) que para agilizar la identificación de fallas y hacer más eficiente el mantenimiento aplicó el método de Kant, incorporando el software GMAC, de igual forma difiere con la investigación de Viteri y Bustos (2016) quienes aplicaron el software ATP para determinar la disponibilidad de sus equipos. El índice de prioridad de riesgo (IPR) es un dato que define una jerarquía sobre las fallas de un equipo; se obtiene multiplicando el grado de ocurrencia, severidad y detección (CMMS, 2018)

- Se revisó el impacto de la disponibilidad luego de la implementación del dispositivo de un brazo aislado, mejorando el 95.14% de disponibilidad, mejorando en 3.57% la disponibilidad posterior a la implementación del dispositivo de un brazo aislado. . Adicionalmente, al cálculo del indicador de disponibilidad, se calcularon los indicadores del MTTR y del MTBF. Lo anteriormente expresado coincide con las investigaciones efectuadas por Esteves y Azabache (2020) y de Luna y Pinedo (2016) quienes aplicaron la misma técnica de esta investigación, para obtener la disponibilidad de los equipos antes de la mejora, obteniendo los valores de 97.72% (se incrementó la disponibilidad en 4.52%) y de 79.1% de disponibilidad (se incrementó en 2.32%) respectivamente; así mismo coincide con Vega (2017) quien obtuvo el 96.1% de disponibilidad posterior a la aplicación de las mejoras. Según Alberti (2020) la disponibilidad se define como una medida para evaluar el rendimiento de los de la continuidad de un equipo, en un período específico, teniendo en cuenta la confiabilidad, soporte y mantenibilidad para el mantenimiento.

VI. CONCLUSIONES

- Se diagnóstico la disponibilidad actual del brazo aislado, antes de la implementación del dispositivo, obteniendo un 91.57% promedio en los 5 equipos que enmarca el estudio.
- Se analizó la criticidad del brazo aislado para trabajos en caliente en redes de media y alta tensión, detectándose que 2 brazos tuvieron una alta criticidad, 2 con una criticidad media y uno en estado no crítico.
- Se implementó el dispositivo de un brazo aislado para trabajos en caliente en redes de media y alta tensión, determinándose inicialmente que 2 equipos (BRAZO-02 y BRAZO-01) obtuvieron un IPR de alto riesgo. Luego de establecer el cronograma de mantenimiento se implementó las mediciones en los 2 brazos y 4 elementos cada uno en 2 fechas programadas.
- Se revisó el impacto de la disponibilidad luego de la implementación del dispositivo de un brazo aislado, mejorando el 95.14% de disponibilidad, mejorando en 3.57% la disponibilidad posterior a la implementación del dispositivo de un brazo aislado. Así mismo luego de aplicar el estadístico de t-student, se comprobó la mejora de la disponibilidad.
- Se realizó la evaluación económica para la implementación del dispositivo de un brazo aislado, donde el B/C es 1.73, el VAN es 131,448 y el TIR en 469.88%.

VII. RECOMENDACIONES

- Es necesario que el responsable del área, nombre a una persona, para que realice los seguimientos del cronograma establecido en las fechas y acciones del caso.
- Extender la aplicación del dispositivo en el resto de los brazos que usa la institución, en todo su ámbito de consesión, para asegurar la disponibilidad requerida.
- Realizar capacitaciones constantes al personal, para el uso del dispositivo en las demás unidades de negocio de la institución.

REFERENCIAS

- AEP. (2018). *aep-peru.org*. Obtenido de Trabajos con tensión en redes (tct) – alcances y posibilidades – mantenimiento y la construcción de redes eléctricas: <https://aep-peru.org/trabajos-con-tension-en-redes-tct-alcances-y-posibilidades-mantenimiento-y-la-construccion-de-redes-electricas/#:~:text=Los%20trabajos%20de%20mantenimiento%20con,de%20herramientas%2C%20equipos%20o%20materiales>.
- Agamben, G. (2013). ¿Qué es un dispositivo? *Sociología*, 249-264.
- Alayo, M. (2019). *dspace.unitru.edu.pe*. Obtenido de Plan de gestión de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de la máquina excavadora Cat 345-dl de la Empresa Servi-Sap SRL: <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/14919>
- Alba, F., & Chinchay, W. (2019). *repositorio.ucv.edu.pe*. Obtenido de Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos biomédicos - unidad cuidados intensivos, Hospital Víctor Ramos Guardia, Huaraz, 2018: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/41227>
- Albarado, D. (2017). *repositorio.uptc.edu.co*. Obtenido de ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DE LAS PRINCIPALES SUBESTACIONES DE LA EMPRESA DE ENERGÍA DE BOYACÁ S.A. E.S.P. APLICADO POR LA: https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2722/1/TGT_1317.pdf
- Alberti, A. (2020). *alsglobal.com*. Obtenido de ¿Cómo calcular la disponibilidad de una máquina?: <https://www.alsglobal.com/es-co/news/articulos/2020/08/como-calcular-a-disponibilidate-de-maquinas-e-equipamentos>
- Aranaz, J., & Bermejo, T. (2017). Failure mode and effects analysis applied to the administration of liquid medication by oral syringes. *Farmacia Hospitalaria*, 674-677.
- Bernal, C. (2016). *Metodología de la investigación*. México DC: Pearson.
- BID. (2019). *publications.iadb.org*. Obtenido de Acceso y asequibilidad a la

- energía eléctrica en América Latina y El Caribe :
https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Acceso_y_asequibilidad_a_la_energ%C3%ADa_el%C3%A9ctrica_en_Am%C3%A9rica_Latina_y_El_Caribe_es.pdf
- CFE. (2014). *lapem.cfe.gob.mx*. Obtenido de Brazo hidráulico articulado aislado a 345Kv: <https://lapem.cfe.gob.mx/normas/pdfs/x/P0000-46.pdf>
- CMMS. (2018). *cmms.pe*. Obtenido de ¿Qué es el Número de prioridad del riesgo?: <https://cmms.pe/que-es-el-numero-de-prioridad-del-riesgo-2/>
- Correa, L., & Chihuaque, A. (2019). Analysis of the factors of productivity, waste and reliability of the equipment, when implementing TPM in a company of the automotive sector. *Ingeniería Industrial*, 3(10), 36-45.
doi:10.35429/JIE.2019.10.3.36.45
- Díaz, A. (2016). Propuesta de un modelo para el análisis de criticidad en plantas de productos biológicos. *Ingeniería Mecánica*, 33-43. ISSN 1815-5944.
- Esteves, A., & Azabache, E. (2020). *dspace.unitru.edu.pe*. Obtenido de Plan de mantenimiento basado en la Norma ISO 9001:2015 para incrementar la disponibilidad de la maquina sopladora JH-04 de la:
<https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/16595/Esteves%20Tenorio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- EuroInnova. (2017). *Euroinnova.pe*. Obtenido de ¿CUÁL ES LA DIFERENCIA ENTRE BAJA MEDIA Y ALTA TENSIÓN?:
<https://www.euroinnova.pe/blog/cual-es-la-diferencia-entre-baja-media-y-alta-tension>
- Gasca, M., & Camargo, L. (2017). System to Assess the Reliability of Critical Equipment in the Industrial Sector. *Información tecnológica*, 111-124. ISSN 0718-0764.
- Gondres, I., Lajes, S., & Del Castillo, A. (2017). Management maintenance in high voltage circuit breakers. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 26(2), 192-202.
- Herrera, M. (2016). Methodology and implementation of maintenance management program. *Ingeniería Industrial*, 37(1), 2-13. ISSN-e 1815-5936.
- Kinnear, C., & Taylor, R. (1998). *Investigación de Mercados*. México DF: Mc Graw

- Hill.
- Luna, C., & Pineda, O. (2016). Preventive maintenance management and its relationship to the availability of the fleet truck 730e Komatsu-2013. *Ingeniería Industrial*, 11-26. ISSN: 1025-9929.
- MEM. (2016). *spij.minjus.gob.pe/*. Obtenido de CÓDIGO NACIONAL DE: <http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/Mayo/05/RM-214-2011-MEM-DM.pdf>
- Muñoz, C. (2015). Estudio de accidentes eléctricos y peligro del arco eléctrico. Introducción a un programa de seguridad eléctrica. *Ciencia & trabajo*, 122-127: ISSN 0718-2449.
- Ning, D., & Du, H. (2021). A semi-active variable equivalent stiffness and inertance device implemented by an electrical network. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 156. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2021.107676>
- Pareja, C., & Amado, J. (2017). Preventive maintenance management and its relationship to the availability of the fleet truck 730e Komatsu-2013. *Ingnofis*, 169-182.
- Pariaman, H., & Garniwa, I. (2017). Availability Analysis of the Integrated Maintenance Technique based on Reliability, Risk, and Condition in Power Plants. *Journal of Technology*, 8(3), 497-507. doi:<https://doi.org/10.14716/ijtech.v8i3.4867>
- Reliabilityweb. (2017). *Reliabilityweb.com*. Obtenido de El Análisis de Criticidad, una Metodología para mejorar la Confiabilidad Operacional: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope>
- Rodrigo, D. (2017). Multiechelon Repairable Spare Parts Inventory Simulator. *Ingeniería Industrial*, 223-232. ISSN 1815-5936.
- SANCHEZ GÓMEZ, A. M. (2017). *Técnicas de mantenimiento predictivo: metodología de la aplicaciones*.
- Stegmaier, R., Viveros, P., Kristjanpoller, F., & Crespo, A. (2013). Proposal of a maintenance management model and its main support tools. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 21(1).
- Takano, H. N. (2020). Simple Estimation of Operating Lifetime for Electrical Distribution Components Utilizing Their Inspection and Maintenance

- Records. *ScienceDirect*, 53(2), 12207-12212.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.1090>
- Tebaldi, P. (2015). *opservices.com*. Obtenido de MTTR AND MTBF, WHAT ARE THEY AND WHAT ARE THEIR DIFFERENCES?:
<https://www.opservices.com/mttr-and-mtbf/>
- Torell, W., & Avela, V. (20). Mean Time Between Failure: Explanation and Standard. *Researchgate. Schneider Electric* , 2-10.
- Torres, J. (2017). *repositorio.ucv.edu.pe*. Obtenido de Aplicación del Plan de Mantenimiento Preventivo en el Sistema de Agua Purificada Grado Farmacéutico para la Mejora de Calidad del Agua, Laboratorios Pharmadix CORP. S.A.C. Ate- 2017:
<https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/18735/Torres-JE..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tulip. (2019). *tulip.co*. Obtenido de What is a Pareto Chart? Definition and Examples: <https://tulip.co/blog/manufacturing/what-is-a-pareto-chart-definition-and-examples/>
- Vega, A. (2017). *repositorio.ucv.edu.pe*. Obtenido de Implementación del Mantenimiento Preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria en la Empresa Grúas América S.A.C. Santa Anita, 2017:
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/1978>
- Vishnua, R., & Regikumar, V. (2016). Reliability Based Maintenance Strategy Selection in Process Plants: A Case Study. *Procedia Technology*, 25, 1080-1087. doi:<https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.08.211>
- Viteri, D., & Bustos, G. (2016). Reliability Analysis in Maneuver Type Electrical Substations. *Ineniería*, 22(1), 65-82. ISSN 0121-750X.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Operacionalidad

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Implementar Dispositivo	Son las actividades realizadas para asegurar el correcto funcionamiento del componente a instalar en el sistema, reuniendo las características y requisitos requeridos, que permitan las mejoras de las actividades que una empresa realiza (Stegmaier, Viveros, Kristjanpoller, & Crespo, 2013)	La implementación del dispositivo lleva consigo la captura de los datos por medio del checklist y hojas de observación	Observación	Indicador de medición: $= \frac{NroObservacionesRealizadas}{NroObservacionesProgramadas}$	Razón
			Componente	Indicador de revisión: <i>Número Componentes Revisados</i>	
			Fiabilidad	Indicador de fiabilidad $= \frac{NroPersonasAfectadas}{NroPersonasAsignadasParaMantenimiento}$	
			Satisfacción Cliente	Indicador de interrupciones <i>Número de interrupciones</i>	
Disponibilidad	La disponibilidad: es una medida para evaluar el rendimiento de la continuidad de un equipo, en un período específico, teniendo en cuenta la confiabilidad, soporte y mantenibilidad para el mantenimiento. (Alberti, 2020)	La disponibilidad de los equipos se calcula por medio de la hoja de registro de incidencias que la institución posee	Tiempos de falla	Indicador Fallas (MTBF) $\frac{Nro\ Horas\ Totales\ Periodo}{Número\ de\ fallas}$	Razón
			Reparaciones	Indicador reparaciones (MTTR) $= \frac{Horas\ de\ parada\ por\ falla}{Número\ de\ fallas}$	Razón
			Disponibilidad	Indicador disponibilidad $\frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	Razón

Anexo 3. Diagrama de Pareto

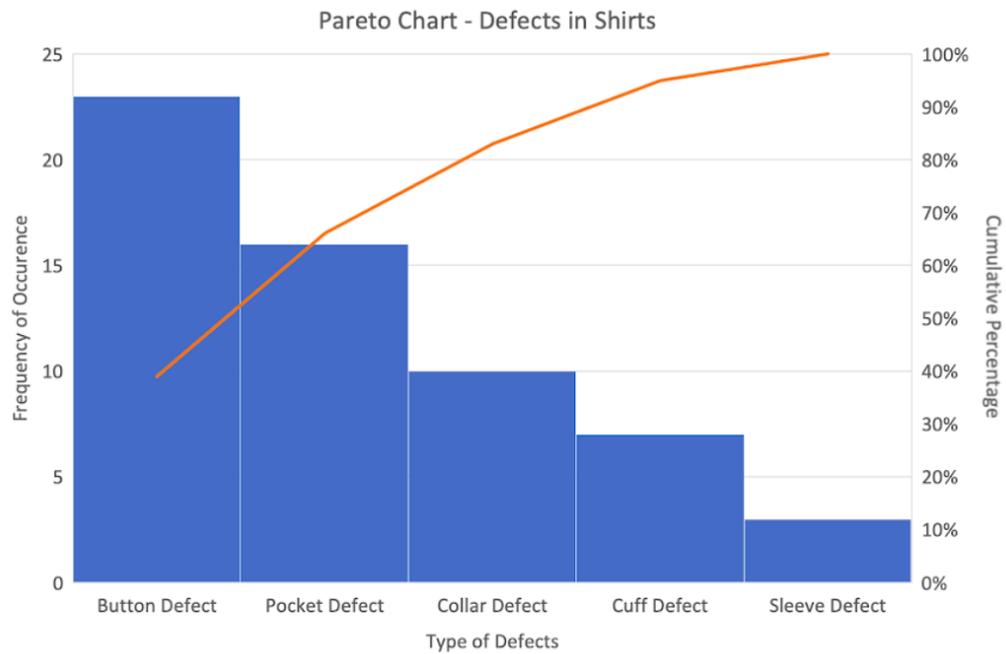


Figura 23. Diagrama de Pareto

Fuente: (Tulip, 2019)

Type of Defect	Frequency of Defect	% of Total	Cumulative %
Button Defect	23	39.0	39.0
Pocket Defect	16	27.1	66.1
Collar Defect	10	16.9	83.1
Cuff Defect	7	11.9	95.0
Sleeve Defect	3	5.1	100.0
Total	59		

Figura 24. Diagrama de Pareto en Tabla

Fuente: (Tulip, 2019)

Anexo 4. Checklist de Inspección

HOJA DE INSPECCION

Para			
Revisado por			
Fecha Revisión			
Equipo	Serie	Descripción	Area

LUBRICACION	BUENO	REGULAR	MALO
Cambio de aceite			
Revisión del nivel y fugas de aceite			
Revisión y lubricación de rodamientos			
Engrase y lubricación			
ACTIVIDADES ELECTRICAS			
Revisión, ajuste y/o cambio conexiones eléctricas			
Revisión de voltaje y amperaje			
Revisión tarjeta electrónica			
Revisión servo motores			
Revisión de motor eléctrico			
Revisión del estado de los cables y general			
ACTIVIDADES MECANICA			
Ajustes y alineación de partes móviles			
Revisión y verificación de engranes			
Revisión del nivel y verificación del circuito			
Inspección, ajuste, cambio de bandas, correas			
Limpieza o rasqueteado de bancadas			
Inspección visual de posibles daños del equipo			
Revisión y/o cambio de componente			
Cambio de Rodamiento			
Purgar tanque de aire			

Supervisor

Anexo 05. Criterios para evaluación de Frecuencia de Fallos (FF) y de Consecuencia de Fallos (CF)

Tabla 30. Criterios y Valores para FF y CF

Frecuencia de Fallas (FF)	<i>Valor</i>
Menos de 1 por año	1
Entre 2 y 12 por año	2
Entre 13 y 48 por año	3
Más de 48 por año	4
Impacto en la Producción (IP)	<i>Valor</i>
Menor al 25 %	1
25 % de impacto	2
50 % de impacto	3
75 % de impacto	4
Seguridad y Salud (SS)	
No hay algún riesgo de lesión	1
Lesiones leves (son asistidas dentro de la fábrica, no hay incapacidad)	2
Lesiones significativas (incapacidad de 1 y 30 días)	3
Lesiones incapacidad parcial o permanente (más de 30 días)	4
Costos de Reparación (CR)	
Menos de 100 dólares	1
Entre 100 y 500 dólares	2
Entre 500 y 1000 dólares	3
Más de 1000 dólares	4
Tiempo de Reparación (TR)	
Menor a 4 horas	1
Igual o mayor a 4 horas y menor a 6 horas	2
Igual o mayor a 6 horas y menor a 12 horas	3
Mayor a 12 horas	4
Tiempo de Operación (TO)	
Opcionalmente	1
Un turno de trabajo	2
Dos turnos de trabajo	3
Totalmente	4

Tabla 31. Tabla de determinación de Criticidad

Descripción	Valores para el IC
Alta criticidad	51-más,
Media criticidad	25-50
Baja criticidad	10- 24

Anexo 6

Tabla 7. Tecnicas e Intrumentos

TÉCNICAS	USO	INSTRUMENTOS
Entrevista	Conocer el estado actual de los equipo brazo aislado	Entrevista estructurada
Análisis Documental	Identifica la criticidad de los equipos brazo aislado	Hoja de registro de fallas
Observación	Inspeccion de brazos	Hoja de Inspección
Mediciones	Para determinar el aislamiento y la corriente permisible	Hoja de Registro de Mediciones
		Software APP INVENTOR

Fuente. propia

Anexo 7. Equipo de trabajo

Ministerio de Transportes y Comunicaciones
DIRECCION GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE

24656 - B

CONSTANCIA DE INSCRIPCION VEHICULAR TRANSPORTE TERRESTRE DE MERCANCIAS POR CUENTA PROPIA

N° 131601867

Fecha de expedición		Fecha de vencimiento		Nombre o razón social del transportista	
Día	Mes	Año	Día	Mes	Año
05	09	2016	D.S.	009	2004
N° de Partida registral		N° RD/Expediente		Placa de rodaje	
1303846CNG		1039-2016		EGW663	
Marca		Ejes		Peso neto(kg)	
INTERNATIONAL		2		14090	
Carga útil(Kg)		Peso bruto(kg)			
2693		16783			
Dimensiones del vehículo(Mt)		Año de fabricación		Número o serie del chasis	
Largo	Alto	Ancho			
10.11	3.45	2.45	2015	1HTMMAAR6GH380792	

Habilitado para operar en la prestación del Servicio de Transporte Terrestre de Mercancías en el ámbito nacional al amparo del Reglamento Nacional de Administración de Transporte.

05/09/2016 16:23:36

RTP REVISIONES TECNICAS DEL PERU
¡Somos tu revisión técnica LEGAL Y SEGURA!

Autorizado por: **MTC** Resolución Directorial N. 1306 - 2018 - MT

CERTIFICADO DE INSPECCION TÉCNICA VEHICULAR

N° C-2021-013-213-008362

Tipo de Inspección : Inspección Técnica Ordinaria + Complementaria Fecha Inspección : 02/09/2021 07:08:5 Informe de Inspección N° : 57260 - 52772

I.- CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO

1 Placa	EUF576	7 Combustible	DIESEL	13 Asientos / Pasajeros	5 / 4
2 Categoría	N3	8 VIN / N° de Serie	1HTMMAAR6GH380792	14 Largo / Ancho / Alto	10.110 / 2.450 / 3.450
3 Marca	INTERNATIONAL	9 N° de Motor	470HM2U1620643	15 Color (es)	BLANCO
4 Modelo	4300 SBA 4X2	10 Carrocería	ELEVADOR	16 Peso Neto (kg)	14,090
5 Año Fabricación	2,015	11 Marca Carrocería	INTERNATIONAL	17 Peso Bruto (kg)	16,783
6 Kilometraje	54,854	12 N° Ejes / N° Ruedas	2 / 6	18 Peso Útil (kg)	2,693

II.- DATOS DE LOS EQUIPOS

CITY	CITY RTP	Frenómetro	Alineador	Analizador u Opacímetro	Regloscopio	Luxómetro	Banco de Suspensión
Línea	Mixta 1	Equipo N°	Equipo N°	Equipo N°	Equipo N°	Equipo N°	Equipo N°
		Cosber KZZD-10 s1710224	Cosber KCH-18 s1710222	Cosber KYD-6 s172747	Cosber KSS-600M	Cosber KXJ-3 s1710221	

III.- RESULTADOS OBTENIDOS

PRUEBA DE FRENOS			
FRENO DE SERVICIO		FRENO DE ESTACIONAMIENTO	
Peso	Fuerza de	Fuerza de	Fuerza de

Anexo 8.

A. Tablas para cálculo del IPR

Tabla 32. Índice de Gravedad

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 no se daría cuenta del fallo	1
Baja (Repercusiones irrelevantes)	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente esté observando un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia de fácil subsanación	2 - 3
Moderada (Defectos de relativa importancia)	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente, El empresario observa 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 e involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias	9 - 10

Fuente. PARAMETROS AMEF

Tabla 33. Índice de Frecuencia

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. Una ocurrencia en más de cinco años, o en 1 de 10000 eventos.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda. Una ocurrencia entre 3 y 5 años.	2 - 3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente, una ocurrencia por año, una cada seis meses, una cada tres meses.	4 - 6
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado. Una ocurrencia por mes, una ocurrencia por semana.	7 - 8
Muy alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente una, ocurrencia cada tres o cuatro días/más de una ocurrencia por día.	9 - 10

Fuente. PARAMETROS AMEF

Tabla 34. Índice de Detención

DETENCION	CRITERIO	VALOR
Muy alta	El defecto es evidente. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	1
Alta	El defecto, aunque es evidente y sencillo detectar, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad.	2 - 3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estados de producción.	4 - 6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resultad 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

Fuente. PARAMETROS AMEF

Tabla 35. Promedio IPR.

IPR	ACCIONES
500 – 1000	Alto riesgo de falla.
125 – 499	Riesgo de falla medio o normal.
1 – 124	Bajo riesgo de falla.

Fuente. PARAMETROS AMEF

Anexo 9.Hoja de Registro de Fallas

Falla	TipoFalla	Fecha	Tiempo	idFalla	Equipo
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	10.01	28	BRAZO 01
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	11.44	28	BRAZO 01
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/04/2020 00:00	10.01	28	BRAZO 01
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/05/2020 00:00	10.01	28	BRAZO 01
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/06/2020 00:00	11.44	28	BRAZO 01
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/07/2020 00:00	11.44	28	BRAZO 01
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/08/2020 00:00	11.44	28	BRAZO 01
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/09/2020 00:00	11.44	28	BRAZO 01
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/10/2020 00:00	12.87	28	BRAZO 01
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/11/2020 00:00	12.87	28	BRAZO 01
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/12/2020 00:00	12.87	28	BRAZO 01
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/01/2021 00:00	15.73	28	BRAZO 01
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	10.01	28	BRAZO 01
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	11.44	28	BRAZO 01
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	10.15	28	BRAZO 03
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	11.6	28	BRAZO 03
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/04/2020 00:00	10.15	28	BRAZO 03
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/05/2020 00:00	10.15	28	BRAZO 03
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/06/2020 00:00	11.6	28	BRAZO 03
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/07/2020 00:00	11.6	28	BRAZO 03
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/08/2020 00:00	11.6	28	BRAZO 03
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/09/2020 00:00	11.6	28	BRAZO 03
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/10/2020 00:00	13.05	28	BRAZO 03
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/11/2020 00:00	13.05	28	BRAZO 03
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/12/2020 00:00	13.05	28	BRAZO 03
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/01/2021 00:00	15.95	28	BRAZO 03
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	8.75	28	BRAZO 02

Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	10	28	BRAZO 02
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/04/2020 00:00	8.75	28	BRAZO 02
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/05/2020 00:00	8.75	28	BRAZO 02
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/06/2020 00:00	10	28	BRAZO 02
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/07/2020 00:00	10	28	BRAZO 02
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/08/2020 00:00	10	28	BRAZO 02
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/09/2020 00:00	10	28	BRAZO 02
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/10/2020 00:00	11.25	28	BRAZO 02
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/11/2020 00:00	11.25	28	BRAZO 02
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/12/2020 00:00	11.25	28	BRAZO 02
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/01/2021 00:00	13.75	28	BRAZO 02
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	8.75	28	BRAZO 02
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	10	28	BRAZO 02
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	5.46	28	BRAZO 04
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	6.24	28	BRAZO 04
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/04/2020 00:00	5.46	28	BRAZO 04
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/05/2020 00:00	5.46	28	BRAZO 04
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/06/2020 00:00	6.24	28	BRAZO 04
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/07/2020 00:00	6.24	28	BRAZO 04
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/08/2020 00:00	6.24	28	BRAZO 04
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/09/2020 00:00	6.24	28	BRAZO 04
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/10/2020 00:00	7.02	28	BRAZO 04
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/11/2020 00:00	7.02	28	BRAZO 04
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/12/2020 00:00	7.02	28	BRAZO 04
Mangueras aislantes con descargas electricas	ELECTRICOS	1/01/2021 00:00	8.58	28	BRAZO 04
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	8.12	29	BRAZO 01
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	9.28	29	BRAZO 01
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/04/2020 00:00	8.12	29	BRAZO 01
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/05/2020 00:00	8.12	29	BRAZO 01
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/06/2020 00:00	9.28	29	BRAZO 01

Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/07/2020 00:00	9.28	29	BRAZO 01
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/08/2020 00:00	9.28	29	BRAZO 01
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/09/2020 00:00	9.28	29	BRAZO 01
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/10/2020 00:00	10.44	29	BRAZO 01
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/11/2020 00:00	10.44	29	BRAZO 01
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/12/2020 00:00	10.44	29	BRAZO 01
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/01/2021 00:00	12.76	29	BRAZO 01
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	6.35	29	BRAZO 03
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	7.26	29	BRAZO 03
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/04/2020 00:00	6.35	29	BRAZO 03
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/05/2020 00:00	6.35	29	BRAZO 03
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/06/2020 00:00	7.26	29	BRAZO 03
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/07/2020 00:00	7.26	29	BRAZO 03
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	7.56	29	BRAZO 02
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	8.64	29	BRAZO 02
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/04/2020 00:00	7.56	29	BRAZO 02
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/05/2020 00:00	7.56	29	BRAZO 02
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/06/2020 00:00	8.64	29	BRAZO 02
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/07/2020 00:00	8.64	29	BRAZO 02
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/08/2020 00:00	8.64	29	BRAZO 02
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/09/2020 00:00	8.64	29	BRAZO 02
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/10/2020 00:00	9.72	29	BRAZO 02
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/11/2020 00:00	9.72	29	BRAZO 02
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/12/2020 00:00	9.72	29	BRAZO 02
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/01/2021 00:00	11.88	29	BRAZO 02
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	7.56	29	BRAZO 02
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	8.64	29	BRAZO 02
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/04/2020 00:00	7.56	29	BRAZO 02
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	4.62	29	BRAZO 04
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	5.28	29	BRAZO 04

Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/04/2020 00:00	4.62	29	BRAZO 04
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/05/2020 00:00	4.62	29	BRAZO 04
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/06/2020 00:00	5.28	29	BRAZO 04
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/07/2020 00:00	5.28	29	BRAZO 04
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/08/2020 00:00	5.28	29	BRAZO 04
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/09/2020 00:00	5.28	29	BRAZO 04
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/10/2020 00:00	5.94	29	BRAZO 04
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/11/2020 00:00	5.94	29	BRAZO 04
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/12/2020 00:00	5.94	29	BRAZO 04
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/01/2021 00:00	7.26	29	BRAZO 04
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	3.53	29	BRAZO 05
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	4.03	29	BRAZO 05
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/04/2020 00:00	3.53	29	BRAZO 05
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/05/2020 00:00	3.53	29	BRAZO 05
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/06/2020 00:00	4.03	29	BRAZO 05
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/07/2020 00:00	4.03	29	BRAZO 05
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/08/2020 00:00	4.03	29	BRAZO 05
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/09/2020 00:00	4.03	29	BRAZO 05
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/10/2020 00:00	4.54	29	BRAZO 05
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/11/2020 00:00	4.54	29	BRAZO 05
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/12/2020 00:00	4.54	29	BRAZO 05
Mangueras aisladas contaminada	ELECTRICOS	1/01/2021 00:00	5.54	29	BRAZO 05
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	6.44	30	BRAZO 01
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	7.36	30	BRAZO 01
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/04/2020 00:00	6.44	30	BRAZO 01
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/05/2020 00:00	6.44	30	BRAZO 01
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/06/2020 00:00	7.36	30	BRAZO 01
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/07/2020 00:00	7.36	30	BRAZO 01
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/08/2020 00:00	7.36	30	BRAZO 01
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/09/2020 00:00	7.36	30	BRAZO 01

Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/10/2020 00:00	8.28	30	BRAZO 01
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/11/2020 00:00	8.28	30	BRAZO 01
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/12/2020 00:00	8.28	30	BRAZO 01
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/01/2021 00:00	10.12	30	BRAZO 01
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	4.83	30	BRAZO 03
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	5.52	30	BRAZO 03
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/04/2020 00:00	4.83	30	BRAZO 03
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/05/2020 00:00	4.83	30	BRAZO 03
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/06/2020 00:00	5.52	30	BRAZO 03
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/07/2020 00:00	5.52	30	BRAZO 03
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/08/2020 00:00	5.52	30	BRAZO 03
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/09/2020 00:00	5.52	30	BRAZO 03
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	5.81	30	BRAZO 02
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	6.64	30	BRAZO 02
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/04/2020 00:00	5.81	30	BRAZO 02
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/05/2020 00:00	5.81	30	BRAZO 02
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/06/2020 00:00	6.64	30	BRAZO 02
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/07/2020 00:00	6.64	30	BRAZO 02
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/08/2020 00:00	6.64	30	BRAZO 02
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/09/2020 00:00	6.64	30	BRAZO 02
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/10/2020 00:00	7.47	30	BRAZO 02
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	3.53	30	BRAZO 04
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	4.03	30	BRAZO 04
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/04/2020 00:00	3.53	30	BRAZO 04
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/05/2020 00:00	3.53	30	BRAZO 04
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/06/2020 00:00	4.03	30	BRAZO 04
Varillas de fibra descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	2.21	30	BRAZO 05
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	4.02	31	BRAZO 01
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	4.6	31	BRAZO 01
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/04/2020 00:00	4.02	31	BRAZO 01

Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/05/2020 00:00	4.02	31	BRAZO 01
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/06/2020 00:00	4.6	31	BRAZO 01
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/07/2020 00:00	4.6	31	BRAZO 01
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/08/2020 00:00	4.6	31	BRAZO 01
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/09/2020 00:00	4.6	31	BRAZO 01
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	2.96	31	BRAZO 03
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	3.39	31	BRAZO 03
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/04/2020 00:00	2.96	31	BRAZO 03
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/05/2020 00:00	2.96	31	BRAZO 03
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/06/2020 00:00	3.39	31	BRAZO 03
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/07/2020 00:00	3.39	31	BRAZO 03
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	2.12	31	BRAZO 02
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	2.42	31	BRAZO 02
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/04/2020 00:00	2.12	31	BRAZO 02
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/05/2020 00:00	2.12	31	BRAZO 02
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/06/2020 00:00	2.42	31	BRAZO 02
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/07/2020 00:00	2.42	31	BRAZO 02
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/08/2020 00:00	2.42	31	BRAZO 02
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/09/2020 00:00	2.42	31	BRAZO 02
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	1.94	31	BRAZO 04
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	2.22	31	BRAZO 04
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/04/2020 00:00	1.94	31	BRAZO 04
Varillas de fibra aislantes contaminados	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	0.88	31	BRAZO 05
Barquillas CON descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	2.96	32	BRAZO 01
Barquillas CON descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	3.39	32	BRAZO 01
Barquillas CON descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/04/2020 00:00	2.96	32	BRAZO 01
Barquillas CON descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/05/2020 00:00	2.96	32	BRAZO 01
Barquillas CON descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/06/2020 00:00	3.39	32	BRAZO 01
Barquillas CON descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	1.48	32	BRAZO 03
Barquillas CON descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	1.69	32	BRAZO 03

Barquillas CON descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/04/2020 00:00	1.48	32	BRAZO 03
Barquillas CON descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/05/2020 00:00	1.48	32	BRAZO 03
Barquillas CON descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/06/2020 00:00	1.69	32	BRAZO 03
Barquillas CON descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/07/2020 00:00	1.69	32	BRAZO 03
Barquillas CON descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	1.94	32	BRAZO 02
Barquillas CON descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	2.22	32	BRAZO 02
Barquillas CON descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/04/2020 00:00	1.94	32	BRAZO 02
Barquillas CON descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/05/2020 00:00	1.94	32	BRAZO 02
Barquillas CON descargas eléctricas	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	1.41	32	BRAZO 04
Canastillas aisladas esfuerzo mecánico	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	1.48	33	BRAZO 01
Canastillas aisladas esfuerzo mecánico	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	1.69	33	BRAZO 01
Canastillas aisladas esfuerzo mecánico	ELECTRICOS	1/04/2020 00:00	1.48	33	BRAZO 01
Canastillas aisladas esfuerzo mecánico	ELECTRICOS	1/05/2020 00:00	1.48	33	BRAZO 01
Canastillas aisladas esfuerzo mecánico	ELECTRICOS	1/06/2020 00:00	1.69	33	BRAZO 01
Canastillas aisladas esfuerzo mecánico	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	1.48	33	BRAZO 03
Canastillas aisladas esfuerzo mecánico	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	1.69	33	BRAZO 03
Canastillas aisladas esfuerzo mecánico	ELECTRICOS	1/04/2020 00:00	1.48	33	BRAZO 03
Canastillas aisladas esfuerzo mecánico	ELECTRICOS	1/05/2020 00:00	1.48	33	BRAZO 03
Canastillas aisladas esfuerzo mecánico	ELECTRICOS	1/06/2020 00:00	1.69	33	BRAZO 03
Canastillas aisladas esfuerzo mecánico	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	1.23	33	BRAZO 02
Canastillas aisladas esfuerzo mecánico	ELECTRICOS	1/03/2020 00:00	1.41	33	BRAZO 02
Canastillas aisladas esfuerzo mecánico	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	1.23	33	BRAZO 04
Canastillas aisladas esfuerzo mecánico	ELECTRICOS	1/02/2020 00:00	1.03	33	BRAZO 05

Anexo 10. Hoja de Inspección

HOJA DE INSPECCION

Equipo		Fecha	
Responsable		Hora	

Item	Componente	Inspección	Observación
1	Toma de Fuerza		
2	Válvula de enroche		
3	Acople toma bomba		
4	Bocina de giro superior		
5	Bocina de giro inferior		
6	Cinta espaciadora de giro		
7	Kit de reparo de motor reductor de giro		
8	Kit de retenes de primer brazo		
9	Kit de retenes de segundo brazo		
10	Kit de sellos de distribuidor principal		
11	Kit de sellos de mando de canastilla		
12	Bocinas de pines del cuerpo del brazo		
13	Kit de sellos de pulpo hidráulico		
14	Juego de cables de poleas		
15	Kit de retenes de pistones de gato de apoyo		
16	Kit de sellos de mando de estabilizador		
17	Juego de pernos inoxidable para toda la grúa		
18	Fundas para manguera		
19	Filtro de retorno		
20	Aceite hidráulico		
21	Juego de mangueras no conductivas		
22	Juego de mangueras de maya cero		
23	Nivel de burbuja		
24	Parada de emergencia		
25	Mantenimiento de bomba de emergencia		
26	Fundas para josting		
27	Suncho porta arnés en el brazo		

Anexo 11. Capacitación

Taller de buenas prácticas en medición

Fecha:

	Participante	Firma
1		
2		
3		
4		
5		

Anexo 11. Capacitación

Taller de buenas prácticas en medición

Fecha: 08.11.2021

	Participante	Firma
1	Victor Acosta Borda	
2	Luis Jesus Yataco	
3	Rogelio Reyna Pastor	
4	Luis Borda Arroyo	
5	Ricardo Narvaes Ruiz	

Anexo 12. Hoja de Cambios

HOJA DE CAMBIOS	
Fecha programada	
Fecha realizada	
Equipo	
Responsable	

Componente a Cambiar	
Observaciones	
Firma	

Anexo 12. Hoja de Cambios

HOJA DE CAMBIOS	
Fecha programada	27.10.2021
Fecha realizada	27.10.2021
Equipo	Brazo Aislado 01
Responsable	Ing. Miguel Seme Roucal
Componente a Cambiar	Aceite Hidráulico Aislado
Observaciones	Por el tiempo de prolongado de uso es muy probable la disminución del aislamiento dentro de las propiedades del aceite hidráulico
Firma	