

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Mecánica



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

“Gestión de Mantenimiento Basado en la Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO) de una Bomba Centrífuga Vertical para Mejorar su Confiabilidad”

Para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico

**Elaborado por
Aldomar Moisés Guevara Cieza**

 [0009-0000-6872-5313](https://orcid.org/0009-0000-6872-5313)

**Asesor
M.Sc. Ing. Eliseo Páez Apolinario**

 [0000-0001-9666-5290](https://orcid.org/0000-0001-9666-5290)

**LIMA – PERÚ
2023**

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia se desarrolla con el objetivo de formular un mantenimiento basado en la Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO) de una bomba centrífuga vertical para mejorar su confiabilidad.

Los problemas de gestión de mantenimiento de las industrias están relacionados con la ausencia de un mantenimiento planeado efectivo, ocasionando el incremento de trabajos de mantenimiento correctivo y por lo tanto la disminución de la disponibilidad y confiabilidad del equipo. La ausencia de un mantenimiento planeado efectivo se evidencia principalmente por los siguientes motivos: aumento de trabajos correctivos, duplicidad de tareas preventivas para idénticos modos de fallas; ausencia de tareas para nuevos modos de fallas; errada definición de la frecuencia y duración de las tareas programadas; incorrecta asignación de la cantidad del recurso humano para la ejecución de las tareas programadas; limitada cantidad de tareas de monitoreos de condición del equipo; ausencia de procedimientos y lista de repuestos estandarizados para las tareas programadas; falta de capacitación del personal.

Con la finalidad de limitar la problemática del mantenimiento planeado no efectivo, se direcciona el análisis a las bombas centrífugas en el sector industrial. En este contexto, una gestión de mantenimiento no efectiva a través de un inadecuado mantenimiento planeado de una bomba centrífuga origina una condición de incertidumbre en la confiabilidad de la bomba. Con la

finalidad de mejorar esta situación problemática, se plantea una gestión de mantenimiento basado en la Metodología de la Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO por sus siglas en inglés “*Planned Maintenance Optimization*”), ejecutando siete de los nueve pasos recomendados por la metodología y adicionando una mejora del paso N°2 – Análisis de modos de falla, referida a la definición de matrices de modos de falla estandarizados por componentes con la finalidad de facilitar la ejecución de la metodología PMO para un registro histórico de OMs superior a un período de 5 años.

El análisis de resultados concluye en la propuesta de un Plan de Mantenimiento Optimizado, constituido por 51 actividades de mantenimiento, resaltando el tipo de mantenimiento Combinación de tareas: Monitoreo de condición y Sustitución, con una frecuencia de ejecución principal de 6 meses y con el Taller IFAF, principal responsable de ejecución. Por lo tanto, para un período de 24 meses de operación, se obtiene una confiabilidad simulada mejorada de 95.31%.

Las recomendaciones principalmente se centran en ejecutar la metodología PMO para equipos en operación para mejorar su confiabilidad y trabajar en la generación de correctos datos históricos de fallas.

Palabras claves:

Gestión de mantenimiento; Optimización del Mantenimiento Planeado; Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad; Modos de falla; Bombas centrífugas; Confiabilidad; Distribución Weibull.

ABSTRACT

The purpose of this Sufficiency Work is developed to manage maintenance based on Planned Maintenance Optimization (PMO) of a vertical centrifugal pump to improve its reliability.

The maintenance management problems of industries are related to the absence of effective planned maintenance, causing an increase in corrective maintenance work and therefore a decrease in the availability and reliability of the equipment. The absence of effective planned maintenance is evidenced mainly by the following reasons: corrective work increase, duplication of preventive tasks for identical failure modes; absence of tasks for new failure modes; wrong definition of the frequency and duration of scheduled tasks; incorrect assignment of the amount of human resources for the execution of scheduled tasks; limited number of equipment condition monitoring tasks; absence of standardized procedures and spare parts list for scheduled tasks; lack of staff training.

In order to limit the problem of ineffective planned maintenance, the analysis is directed towards centrifugal pumps in the industrial sector. In this context, ineffective maintenance management through inadequate planned maintenance of a centrifugal pump causes a condition of uncertainty in the reliability of the pump. To improve this situation, maintenance management is proposed, based on the Planned Maintenance Optimization Methodology (PMO), executing seven of the nine steps recommended by the methodology

and adding an improvement to step No. 2 – Failure mode analysis, referring to the definition of matrices of standardized failure modes by components with the purpose of facilitating the execution of the PMO methodology for a historical record of OMs greater than a period of 5 years.

The analysis's results conclude in the proposal of a Planned Maintenance Optimized, consisting of 51 maintenance activities, highlighting the type of maintenance Combination of tasks: Condition Monitoring and Replacement, with a main execution frequency of 6 months and with the Workshop IFAF, main responsible for execution. Therefore, for a period of 24 months of operation, an improved simulated reliability of 95.31% is obtained.

The recommendations mainly focus on executing the PMO methodology for equipment in operation to improve its reliability and work on the generation of correct historical failure data.

Keywords:

Maintenance management; Planned Maintenance Optimization; Reliability-Centered Maintenance; Failure modes; Centrifugal pumps; Reliability; Weibull distribution.

ÍNDICE GENERAL

Resumen	ii
Abstract.....	iv
Índice General.....	vi
Índice de Tablas.....	x
Índice de Figuras	xv
Prólogo	xvii
1. Capítulo I. Introducción.....	1
1.1. Generalidades	1
1.2. Descripción del Problema de Investigación	3
1.3. Objetivos del Estudio	9
1.3.1. Objetivo General	9
1.4. Antecedentes Investigativos	9
1.4.1. Antecedentes Internacionales	9
1.4.2. Antecedentes Nacionales.....	12
2. Capítulo II. Marco Teórico y Conceptual.....	16
2.1. Marco Teórico.....	16

2.1.1.	Metodología de la Optimización del Mantenimiento Planeado – PMO.	16
2.1.2.	Confiabilidad y Análisis de modos de fallas.	18
2.1.3.	Bombas Centrífugas.....	24
2.2.	Marco Conceptual.....	25
2.2.1.	Bomba.....	25
2.2.2.	Impulsor	25
2.2.3.	Falla	25
2.2.4.	Riesgo	25
2.2.5.	Estrategia	25
2.2.6.	Indicador	26
2.2.7.	Tarea.....	26
2.2.8.	Taxonomía	26
2.2.9.	Activo	26
3.	Capítulo III. Hipótesis y Operacionalización de Variables.....	27
3.1.	Hipótesis.....	27
3.2.	Operacionalización de Variables	27
4.	Capítulo IV. Metodología de la Investigación.....	28
4.1.	Tipo y Diseño de la Investigación	28
4.2.	Unidad de Análisis	29

4.3.	Matriz de Consistencia.....	31
5.	Capítulo V. Desarrollo del Trabajo de Investigación	32
5.1.	Recolección de datos.....	32
5.1.1.	Paso N°1: Recopilación de tareas.....	33
5.1.2.	Paso N°2: Análisis de modos de falla.....	41
5.2.	Procesamiento de la información.....	58
5.2.1.	Paso N°3: Racionalización y análisis de modos de falla.	58
5.2.2.	Paso N°4: Análisis funcional.	58
5.2.3.	Paso N°5: Evaluación de consecuencias.....	58
5.3.	Análisis de la Información	59
5.3.1.	Paso N°6: Definición de la política de mantenimiento.	59
5.3.2.	Paso N°7: Agrupación y revisión.....	72
6.	Capítulo VI. Análisis y Discusión de Resultados.....	74
6.1.	Análisis del registro histórico de datos.....	74
6.2.	Análisis de la actual Estrategia de Mantenimiento de la Bomba de Absorción A	75
6.3.	Análisis de la generación de avisos de trabajo	75
6.4.	Análisis del componente con mayor registro de número de operaciones.....	76
6.5.	Análisis de los MTBF y confiabilidad por componente.....	77
6.6.	Análisis del Plan de mantenimiento propuesto	77

6.7. Análisis de la Confiabilidad proyectada	80
6.8. Contrastación de la hipótesis planteada	82
Conclusiones	83
Recomendaciones	85
Referencias Bibliográficas	87
10. Anexos	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Benchmarking de Mantenimiento.....	6
Tabla N° 2: Variable Independiente e Indicadores.....	27
Tabla N° 3: Características de la bomba centrífuga.....	30
Tabla N° 4: Matriz de Consistencia.....	31
Tabla N° 5: Clasificación de las OMs en el SAP	35
Tabla N° 6: Cantidad de OMs por clase de orden (incluidas todas las operaciones).....	36
Tabla N° 7: Cantidad de OMs por clase de orden, incluyendo únicamente las OMs, sin repetirse.....	37
Tabla N° 8: Cantidad de OMs por clase de orden y por año, sin repetirse ..	38
Tabla N° 9: Resumen de OMs eliminadas por año, incluyendo todas las operaciones, no relacionadas con el equipo.....	39
Tabla N° 10: Resumen de OMs eliminadas por año, no relacionadas con el equipo	39
Tabla N° 11: Resumen de OMs eliminadas por año, incluyendo todas las operaciones, referidas a reparaciones de la bomba	40
Tabla N° 12: Resumen de OMs eliminadas por año, incluyendo todas las operaciones, referidas a reparaciones del motor eléctrico.....	40

Tabla N° 13: Lista base de componentes importantes de la bomba centrífuga vertical	41
Tabla N° 14: Cantidad de operaciones por componente	42
Tabla N° 15: Cantidad de operaciones por componente y por año	44
Tabla N° 16: Cantidad de operaciones y su frecuencia de ocurrencia por componentes	47
Tabla N° 17: Horas hombre (HH) acumuladas por operación y su frecuencia de ocurrencia por componentes.....	47
Tabla N° 18: Horas hombre (HH) acumuladas por componente.....	48
Tabla N° 19: Cantidad de operaciones por componente y por clase de mantenimiento	50
Tabla N° 20: Talleres que han intervenido a la bomba de absorción A	52
Tabla N° 21: Resumen de la cantidad de operaciones por componente y por talleres	52
Tabla N° 22: Cantidad de operaciones sin avisos de trabajos por componente	54
Tabla N° 23: Resumen de la cantidad de OMs, cambio de la bomba y el motor eléctrico, por año	56
Tabla N° 24: Resumen del Diagrama de decisión del RCM II	60
Tabla N° 25: Resumen del tiempo entre fallas para el componente Acoplamiento Falk T20	61

Tabla N° 26: Resumen del tiempo entre fallas para el componente Bomba	61
Tabla N° 27: Resumen del tiempo entre fallas para el componente Motor eléctrico	62
Tabla N° 28: Resumen del tiempo entre fallas para el componente Prensaestopas	62
Tabla N° 29: Resumen del tiempo entre fallas para el componente Rodamiento de la bomba	63
Tabla N° 30: Resumen del tiempo entre fallas para el componente Sensores de vibración.....	63
Tabla N° 31: Resumen del tiempo entre fallas para el componente Sistema de drenaje.....	63
Tabla N° 32: Resumen del tiempo entre fallas para el componente Soporte del motor eléctrico	64
Tabla N° 33: Resumen del tiempo entre fallas para el componente Tubería de descarga	64
Tabla N° 34: Resumen del tiempo entre fallas para el componente Tubería de succión.....	64
Tabla N° 35: Resumen del tiempo entre fallas para el componente Válvula de descarga	65
Tabla N° 36: Resumen del tiempo entre fallas para el componente Válvula de succión.....	65

Tabla N° 37: Resumen de los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Acoplamiento Falk T20.....	66
Tabla N° 38: Resumen de los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Bomba.....	67
Tabla N° 39: Resumen de los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Motor eléctrico	67
Tabla N° 40: Resumen de los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Prensaestopas	68
Tabla N° 41: Resumen de los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Rodamiento de la bomba.....	68
Tabla N° 42: Resumen de los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Sensores de vibración	69
Tabla N° 43: Resumen de los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Sistema de drenaje	69
Tabla N° 44: Resumen de los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Tubería de succión	70

Tabla N° 45: Resumen de los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Válvula de descarga	70
Tabla N° 46: Resumen de los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Válvula de succión.....	71
Tabla N° 47: Resumen de los MTBF (meses) para los componentes	71
Tabla N° 48: Resumen de la Confiabilidad R para los componentes.....	72
Tabla N° 49: Actividades de mantenimiento y modos de falla por Tipo de Mantenimiento	78
Tabla N° 50: Actividades de mantenimiento y modos de falla por Frecuencia de ejecución.....	79
Tabla N° 51: Actividades de mantenimiento y horas hombre acumuladas por Talleres	80
Tabla N° 52: Resumen del tiempo entre fallas simulado para el componente Bomba	81
Tabla N° 53: Resumen de los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R, simulados para el componente Bomba	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Planificación de trabajo típica "sobre la marcha"	5
Figura N° 2: Ubicación técnica del sistema de bombas de absorción de la Planta de Ácido Sulfúrico N°2	32
Figura N° 3: Filtros seleccionados en la transacción IW28 para recolección de avisos.....	34
Figura N° 4: Filtros seleccionados en la transacción IW37N para recolección de OMs	35
Figura N° 5: Cantidad de OMs por clase de orden, incluyendo todas las operaciones por OMs.....	36
Figura N° 6: Cantidad de OMs por clase de orden, incluyendo únicamente las OMs sin repetirse.....	37
Figura N° 7: Cantidad de operaciones por componente	43
Figura N° 8: Porcentaje de operaciones por componente	43
Figura N° 9: Cantidad de operaciones por componente y por año	45
Figura N° 10: Horas hombre (HH) acumuladas por componente	49
Figura N° 11: Porcentaje Horas hombre (HH) acumuladas por componente	49
Figura N° 12: Cantidad de operaciones por componente y por clase de mantenimiento	51
Figura N° 13: Cantidad de operaciones por componente y por talleres.....	53

Figura N° 14: Cantidad de operaciones sin avisos de trabajo por componente	55
Figura N° 15: Resumen de la cantidad de OMs, cambio de la bomba y el motor eléctrico, por año	56

PRÓLOGO

El presente trabajo de suficiencia profesional comprende seis capítulos orientados al objetivo de formular un mantenimiento basado en la Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO) de una bomba centrífuga vertical para mejorar su confiabilidad.

En el primer capítulo titulado Introducción, se describe las generalidades explicando el alcance de la investigación de la gestión de mantenimiento basado en la optimización del mantenimiento planeado de una bomba centrífuga vertical. Adicionalmente se describe la realidad problemática y la formulación del problema, la cual consiste en la identificación de las causas de pérdidas de producción por fallas en una bomba centrífuga que afecta su confiabilidad. También se presenta el objetivo de la investigación y se describen los antecedentes nacionales e internacionales relacionados con el tema de investigación, los cuales son como referencia para el planteamiento y desarrollo de la presente investigación.

En el segundo capítulo titulado Marco Teórico y Conceptual, se desarrolla el marco teórico describiendo a través de resúmenes de tesis y libros importantes: los pasos de la metodología de Optimización del Mantenimiento Planeado; los pasos de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad; definiciones y métodos de cálculo de la confiabilidad. En el marco conceptual, se clarifican los términos con diferentes interpretaciones para distintos contextos.

En el tercer capítulo titulado Hipótesis y Operacionalización de Variables, se detalla la hipótesis principal y las variables dependiente e independiente de la presente investigación.

En el cuarto capítulo titulado Metodología de la Investigación, se describe el tipo y diseño del presente trabajo, la unidad de análisis que corresponde a la descripción del equipo al que se realizará el estudio y la matriz de consistencia detallando el problema, objetivo, hipótesis, indicadores y variables dependiente e independiente.

En el quinto capítulo titulado Desarrollo del Trabajo de Investigación, se describe el procesamiento de la información recopilada bajo los lineamientos de la metodología planteada en el cuarto capítulo y los resultados obtenidos.

En el sexto capítulo titulado Análisis y Discusión de Resultados, se desarrolla el análisis de los resultados obtenidos en el quinto capítulo y su validación con la hipótesis formulada.

Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos de la presente investigación.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades

El alcance del presente trabajo de suficiencia profesional abarca la gestión de mantenimiento basado en la metodología de la Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO) de una bomba centrífuga vertical con el objetivo de mejorar su confiabilidad.

Las referencias bibliográficas evidencian que la Optimización del Mantenimiento Planeado es una metodología simple y rápida de ejecutar que permite crear planes de mantenimiento efectivos para incrementar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.

La Optimización del Mantenimiento Planeado se ejecuta para equipos en operación, analizando los datos históricos de fallas, el actual plan de mantenimiento, experiencias del personal de mantenimiento y operaciones y recomendaciones del fabricante. Es importante durante la ejecución de la metodología PMO, la identificación de los diferentes modos de fallas y definirlos con el suficiente detalle para la selección de una adecuada política de mantenimiento.

La problemática de estudio del presente trabajo de suficiencia consiste en la identificación de las causas de las pérdidas de producción por fallas en una bomba centrífuga. De esta manera, una de las causas más importante es la ausencia de un mantenimiento planeado efectivo, el cual se evidencia

principalmente por los siguientes motivos: aumento de trabajos correctivos, duplicidad de tareas preventivas para idénticos modos de fallas; ausencia de tareas para nuevos modos de fallas; errada definición de la frecuencia y duración de las tareas programadas; incorrecta asignación de la cantidad del recurso humano para la ejecución de las tareas programadas; limitada cantidad de tareas de monitoreos de condición del equipo; ausencia de procedimientos y lista de repuestos estandarizados para las tareas programadas; falta de capacitación del personal. Por lo cual, se propone una gestión de mantenimiento basada en la metodología PMO para mejorar la confiabilidad del equipo.

1.2. Descripción del Problema de Investigación

El análisis de los costos de mantenimiento ha demostrado que una reparación realizada de manera correctiva, después de una falla, normalmente será tres veces mayor que la reparación realizada de forma planeada.[6]¹

Sin embargo, diversas organizaciones de mantenimiento continúan reaccionando con rapidez ante una falla catastrófica o una interrupción de la producción, en lugar de su capacidad de prevenir estas interrupciones. Un reducido número de organizaciones admitirán su preferencia a esta mentalidad de reacción, la mayoría de las organizaciones de mantenimiento continúan operando en esta manera.[6]²

La acción correctiva confirma que diversas organizaciones no ejecutan un mantenimiento planeado efectivo y por lo tanto su productividad es baja.

Diversos estudios y resultados de encuestas expuestos en las principales conferencias de Mantenimiento y Confiabilidad, como IMC (*International Maintenance Conference* – Conferencia Internacional de Mantenimiento) y SMRP (*Society for Maintenance & Reliability Professionals* – Sociedad de Profesionales de Mantenimiento y Confiabilidad), han señalado que la

¹ Mobley, K. (2011). *Maintenance Fundamentals* (2nd ed.), página 3, Sección Gestión de la operación hasta la falla, Capítulo 1 – Impacto del Mantenimiento.

² Mobley, K. (2011). *Maintenance Fundamentals* (2nd ed.), página 6, Sección Rol de la Organización de Mantenimiento, Capítulo 1 – Impacto del Mantenimiento.

productividad de mantenimiento varía entre 30 y 50%, de 3 a 4 horas del tiempo productivo promedio en un turno de trabajo de 8 horas.[10]³

Uno de los factores que limitan la productividad de mantenimiento es el trabajo que no está efectivamente planificado.[14]⁴

Adicionalmente, otros factores que contribuyen a la baja productividad de mantenimiento son: las actitudes de los trabajadores, la falta de capacitación y el difícil entorno laboral. Sin embargo, el factor más importante, que contribuye a la baja productividad de mantenimiento, es un plan de mantenimiento inadecuado, mal definido, mal explicado y difícilmente cumplido.[14]⁵

Una planificación que no es efectiva se evidencia por los siguientes motivos: retrasos en la entrega de los repuestos, retrabajos, rendimiento laboral deficiente, desabastecimiento en el almacén, planificadores encargados de la entrega de repuestos, permanencia del personal de mantenimiento por más de 15 minutos durante la entrega del equipo que será intervenido, traslados frecuentes al almacén por parte del personal de mantenimiento, mayor tiempo previsto de parada de planta.[10]⁶

³ Ramesh Gulati, Ricky Smith (2012). *Maintenance and Reliability Best Practices* (2nd ed.), página 83, Sección 4.1 Introducción, Capítulo 4 – Gestión del trabajo: planificación y programación.

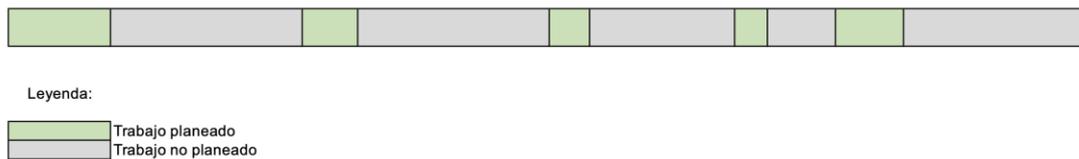
⁴ Tomlinsong, Paul D. (2009). *Equipment Management: Key to Equipment Reliability and Productivity in Mining* (2nd ed.), página 71, Sección Factores que reducen la productividad, Capítulo 7 – Mejora de la productividad de la fuerza laboral.

⁵ Tomlinsong, Paul D. (2009). *Equipment Management: Key to Equipment Reliability and Productivity in Mining* (2nd ed.), página 73, Sección Evaluación de la Productividad, Capítulo 7 – Mejora de la productividad de la fuerza laboral.

⁶ Ramesh Gulati, Ricky Smith (2012). *Maintenance and Reliability Best Practices* (2nd ed.), página 83, Sección 4.5 Proceso de Planeación – Síntomas de un ineficiente planeamiento, Capítulo 4 – Gestión del trabajo: planificación y programación.

La Figura N° 1, evidencia una planificación no efectiva con frecuentes interrupciones y reinicios del trabajo. Las frecuentes interrupciones de trabajo son principalmente por la falta de disponibilidad de repuestos o herramientas adecuadas, o procedimientos de trabajo inadecuadas.[10]⁷

Figura N° 1: Planificación de trabajo típica "sobre la marcha"



Fuente: Ramesh Gulati, Ricky Smith (2012). *Maintenance and Reliability Best Practices* (2nd ed.), página 83.[10]

Las organizaciones que ejecutan un mantenimiento planeado continuamente no logran definir un adecuado procedimiento de planificación y control con la finalidad de garantizar su cumplimiento.[6]⁸

Por lo general, el cumplimiento del mantenimiento planeado corresponde entre el 40% - 70%. Por otro lado, de acuerdo con el Benchmarking en Mantenimiento de Clase Mundial, el indicador del cumplimiento del mantenimiento planeado es recomendado entre 85% - 90%. Existiendo una

⁷ Ramesh Gulati, Ricky Smith (2012). *Maintenance and Reliability Best Practices* (2nd ed.), página 83, Sección 4.1 Introducción, Capítulo 4 – Gestión del trabajo: planificación y programación.

⁸ Mobley, K. (2011). *Maintenance Fundamentals* (2nd ed.), página 11, Capítulo 2 – Requisitos fundamentales para un mantenimiento preventivo efectivo.

gran diferencia entre las buenas prácticas y lo que generalmente se realiza en las organizaciones de mantenimiento.[10]⁹

En la Tabla N° 1, se detalla los porcentajes de indicadores de acuerdo con el desarrollo general y las recomendaciones del mantenimiento de Clase Mundial.

Tabla N° 1: Benchmarking de Mantenimiento

Indicador	General	Clase Mundial
Costo de Mantenimiento como % del Valor de Reemplazo de Activos	3 - 9 %	2.5 - 3.5 %
Pérdidas de producción - Averías	5 - 10 %	< 1 %
Mantenimiento Correctivo No Planificado	40 - 55 %	< 10 %
Mantenimiento Planeado	40 - 70 %	85 - 90 %
Sobretiempos	10 - 20 %	< 5 %
Retrabajos - Calidad del Mantenimiento	~ 10 %	< 1 %

Fuente: Ramesh Gulati, Ricky Smith (2012). *Maintenance and Reliability Best*

Practices (2nd ed.), página 76.[10]

La ausencia de un plan y programa de mantenimiento correctamente definido y entendido es la causa directa de numerosos problemas de gestión del mantenimiento y resultados insatisfactorios. La razón principal de la ausencia de un plan y programa de mantenimiento es debido a la falta de objetivos y políticas de mantenimiento.[14]¹⁰

⁹ Ramesh Gulati, Ricky Smith (2012). *Maintenance and Reliability Best Practices* (2nd ed.), página 76, Sección 3.7 Evaluación y mejora del mantenimiento – Indicadores claves de rendimiento de mantenimiento, Capítulo 3 – Entendiendo el Mantenimiento.

¹⁰ Tomlingson, Paul D. (2009). *Equipment Management: Key to Equipment Reliability and Productivity in Mining* (2nd ed.), página 11, Sección Programa de Mantenimiento, Capítulo 1 – Entendimiento de la Gestión de Equipos.

Finalmente, con el fin de limitar la problemática del mantenimiento planeado no efectivo, se direcciona el análisis de la problemática a las bombas centrífugas en el sector industrial.

En el sector industrial, las bombas centrífugas representaron la mayor participación en los ingresos, de más del 40 %, en 2021, impulsado por la operación de este tipo de máquinas en actividades de deshidratación en campos petroleros, obras de construcción, alcantarillado, plantas de tratamiento de agua y plantas de fabricación. Adicionalmente, se proyecta que el sector registre el CGAR (*Compound Annual Growth Rate* – Tasa de Crecimiento Anual Compuesta) más alto en el próximo período.[9]

El mercado mundial de bombas centrífugas se situó en 33.20 mil millones de dólares en 2021, y se proyecta que alcance los 55.14 mil millones de dólares en el 2030, avanzando a una CAGR (*Compound Annual Growth Rate* – Tasa de Crecimiento Anual Compuesta) del 5.8% durante el periodo 2021 – 2030.[9]

Las fallas mecánicas de las bombas centrífugas son causadas por varias razones: cavitación, inestabilidad hidráulica u otros problemas relacionados con el sistema. Otros son el resultado directo de un mantenimiento inadecuado. Los problemas relacionados con el mantenimiento incluyen lubricación inadecuada, desalineación, desequilibrio, fugas en los sellos y una

variedad de otros factores que afectan periódicamente la confiabilidad de la máquina.[6]¹¹

En este contexto, una gestión de mantenimiento no efectiva a través de un inadecuado mantenimiento planeado de una bomba centrífuga origina una condición de incertidumbre en la confiabilidad de la bomba.

En base a lo anteriormente explicado, se formula la siguiente pregunta con el fin de solucionar el problema planteado:

¿Cuáles son las causas de las pérdidas de producción por fallas en una bomba centrífuga que afecta a su confiabilidad?

¹¹ Mobley, K. (2011). *Maintenance Fundamentals* (2nd ed.), página 357, Capítulo 17 – Bombas.

1.3. Objetivos del Estudio

1.3.1. Objetivo General

Formular un mantenimiento basado en la Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO) de una bomba centrífuga vertical para mejorar su confiabilidad.

1.4. Antecedentes Investigativos

1.4.1. Antecedentes Internacionales

Rodríguez Cuervo, J. D. & Cruz Álvarez, N. F. (2021), en su investigación: “Propuesta de un plan de mantenimiento PMO para la bomba centrífuga MCM series 178 de 15 hp 4x3 para la empresa PSC Energy” [12], desarrollan un plan de mantenimiento basado en la metodología de la Optimización del Mantenimiento Planeado – PMO.

El plan de mantenimiento propuesto por los autores, se basa en las siguientes herramientas: revisión de hoja de datos de la bomba centrífuga MCM 178; revisión de registros de las inspecciones diarias; encuestas de 5 técnicos electromecánicos; revisión de órdenes de trabajo; revisión de datos históricos de fallas; análisis de indicadores de disponibilidad y confiabilidad; análisis de Pareto; taxonomía de la bomba centrífuga; análisis de criticidad de componentes; análisis de Modos y Efectos de fallas; descripción del tipo, duración y frecuencia de mantenimiento basados en la metodología PMO.

El resultado del análisis, evidencia que las causas de las fallas en la bomba centrífuga son: vibración de los componentes, desalineamiento, desajuste en componentes, corrosión por exceso de cloruros, presencia de grietas, fractura del componente y fuga del fluido.

La investigación citada aporta al presente trabajo de suficiencia en temas específicos sobre taxonomía, modos y efectos de fallas, riesgo y el tipo, duración y frecuencia de mantenimiento en una bomba centrífuga.

Zambrano Medina, R. E. (2021), en su tesis: "Optimización del plan de mantenimiento para el sistema de bombas principales en la estación de bombeo Rubiales para la empresa Oleoducto de los Llanos S.A." [16], desarrolla un plan de mantenimiento basado en la metodología de la Optimización del Mantenimiento Planeado – PMO, de una estación principal de bombeo, constituida por la fase 1 de 2 bombas centrífugas de respaldo, y la fase 2 de 4 bombas centrífugas principales. El autor evalúa el actual plan de mantenimiento y ejecuta sólo 7 pasos de los 9 pasos de la metodología PMO. Los pasos se centran en las siguientes herramientas: análisis de criticidad; análisis de modos y efectos de fallas de los equipos más críticos; definición de fallas funcionales; descripción de actividades de mantenimiento optimizadas por especialidad; análisis del Sistema SAP (Sistema de Aplicaciones y Productos); definición de indicadores de mantenimiento. El autor, con la metodología PMO, reduce en un 24% las actividades de

mantenimiento preventivo, y reduce un 54% del tiempo anual en la cual el equipo está inactivo. Del análisis financiero, el autor evidencia una reducción del 26.3% del costo total real generado. La investigación citada aporta al presente trabajo de suficiencia, un procedimiento de unificación de los modos de fallas relacionando la frecuencia generada en el sistema, la reclasificación de estas fallas, y la asignación de un código que identifique la falla en el equipo.

Ruiz Llorente, N., & Carrero Moreno, J. J., & Carrillo Sierra, M. L. (2020), en su trabajo de titulación: “Desarrollo de una propuesta basada en la metodología PMO para las unidades de bombeo mecánico de extracción de crudo” [13], desarrollan la optimización del plan de mantenimiento de las unidades de bombeo mecánico (UBM) de un campo de yacimientos petrolífero, ubicado en la región Magdalena medio, Colombia. Los resultados del análisis evidencian que el mayor porcentaje de modos de fallas corresponde a la especialidad de Electricidad, con un total de 8051 fallas, equivalente al 93% de fallas y centradas a fallas en el variador y fallas a tierra. Finalmente, la optimización del mantenimiento planeado – PMO, reduce de 37 a 22 tareas a realizar, y, por lo tanto, la reducción del tiempo efectivo de ejecución de 120.03 horas a 93.52 horas, representando una mejora en la administración de los recursos durante la ejecución del plan de mantenimiento y en los costos de mantenimiento. El trabajo citado aporta al presente trabajo

de suficiencia una visión global de los beneficios que aporta la Optimización del Mantenimiento Planeado PMO centrados en unidades de bombeo.

1.4.2. Antecedentes Nacionales

Rodríguez Barrios, O. O. (2021), en su tesis: “Diseño de un sistema de mantenimiento de bombas de filtro para aumentar la disponibilidad utilizando la metodología PMO de una empresa minera de Cajamarca” [11], desarrolla un sistema de mantenimiento basado en la metodología de la Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO), con la finalidad de aumentar la disponibilidad en un 4.23%, obteniendo un valor final de 95.703%, en bombas de filtro HM200 en una empresa minera de Cajamarca. El autor correlaciona la mejora en la disponibilidad con el aumento del porcentaje de las tareas programadas, incrementando de un 55.14% las actuales tareas programadas a un 97.96% de tareas programadas propuestas durante un año de ejecución. El autor con la metodología PMO, reduce los trabajos no programados desde un valor porcentual inicial de 44.86% hasta un valor final de 2.38%. La tesis consultada aporta al presente trabajo de suficiencia en temas de estrategias de mantenimiento basadas en las recomendaciones de la norma SAE JA1011.y en la definición de los modos de falla basados en la norma ISO 14224:2016.

Concha Flores, S. (2019), en su tesis: “Incidencia de la metodología PMO en el cumplimiento del plan de mantenimiento de limpieza industrial del área de electrometalurgia de una Refinería de Zinc en Cajamarquilla” [3], desarrolla un plan de mantenimiento basado en la metodología de la Optimización del Mantenimiento Planeado – PMO, de la limpieza industrial del área de electrometalurgia de una refinería de zinc en Cajamarquilla. El autor evalúa el actual plan de mantenimiento, analizando los datos históricos en el período del 2014 – 2018 y ejecuta sólo 8 pasos de los 9 pasos de la metodología PMO, omitiendo el paso 4 referido a la definición de las fallas funcionales, porque las actividades ejecutadas son de limpieza industrial, lo cual no representa una detención en las funciones de los equipos.

El autor evidencia que durante el desarrollo de las tareas de mantenimiento no se logra cumplir con el plan establecido, principalmente por los siguientes factores: frecuencias mal establecidas, duplicidad de tareas y falta de capacitación del personal, ocasionando paradas inesperadas y una baja disponibilidad de los equipos. El autor concluye que la metodología PMO es práctico de aplicar en una empresa operando con o sin un plan establecido, debido a que su tiempo de ejecución es corto, logrando así obtener los resultados con rapidez y efectividad. La aplicación de la metodología PMO es una evidencia de la búsqueda de mejora continua en las organizaciones y el éxito de su aplicación es la correcta evaluación de todas las tareas que se ejecutan y la identificación de los diferentes modos de fallas. El trabajo citado aporta al presente trabajo de suficiencia una visión global de los pasos

recomendados por la metodología de la Optimización del Mantenimiento Planeado PMO.

Ponce Mostacero, A. (2018), en su tesis: “Optimización del mantenimiento planeado en una línea de producción de bebidas carbonatadas” [8], desarrolla la optimización del mantenimiento planeado en una línea de producción de bebidas carbonatadas basado en la metodología *Planned Maintenance Optimization* (PMO). La organización en estudio corresponde al sector industrial de producción y comercialización de bebidas carbonatadas y no carbonatadas. El alcance de la investigación corresponde al análisis de las líneas de producción de botellas PET (Tereftalato de polietileno). El autor analizó el histórico de fallas identificando equipos críticos que generan mayor tiempo de parada de planta, identificando los modos de fallas y políticas de mantenimiento. La identificación de equipos críticos se realizó en función al análisis de la ineficiencia mecánica operacional. De los resultados se evidencia que la línea 2 PET corresponde con el mayor porcentaje de ineficiencia mecánica operacional.

El autor durante el análisis evidencia que el actual plan de mantenimiento preventivo es ineficiente por los siguientes motivos: la duplicidad de las tareas planificadas y la ausencia de tareas para modos de fallas no identificados inicialmente.

El autor concluye con la definición de óptimos planes de mantenimiento enfocados en eliminar las causas raíz de las fallas, generando un incremento en la disponibilidad de equipos, reducción de fallas inesperadas y reducción de costos, sin realizar un análisis de la totalidad de funciones principales, secundarias y fallas funcionales que involucra un proceso RCM, reduciendo los tiempos de parada de planta relacionados con mantenimiento. Por tal motivo, el autor concluye que la metodología PMO es un análisis más rápido y flexible que la metodología RCM porque el trabajo se inicia con la base del actual plan de mantenimiento ejecutado e involucra el historial de fallas de los equipos. El autor recomienda que la metodología PMO se desarrolla para equipos en la fase de operación y la metodología RCM para equipos en la fase de diseño. La tesis consultada aporta al presente trabajo de suficiencia en la descripción general de los pasos recomendados por la metodología de la Optimización del Mantenimiento Planeado PMO y en el sustento técnico para su aplicación.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Metodología de la Optimización del Mantenimiento

Planeado – PMO.

García Palencia, O. (2007), en su artículo: “El Sistema PMO: Optimización Real del Mantenimiento Planeado” [4], describe los 9 pasos de la metodología PMO; define una metodología del análisis estadístico de la Confiabilidad de los equipos, basado en la distribución de Weibull; el cálculo de los costos de las intervenciones y la frecuencia óptima de Mantenimiento Preventivo, para minimizar los costos totales, optimizar los planes de mantenimiento y aumentar la productividad de la organización. El autor confirma que con la finalidad de mejorar el mantenimiento reactivo se ha desarrollado la metodología Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO), permitiendo incrementar la eficiencia de los programas y las estrategias de mantenimiento. Finalmente, el autor realiza el cálculo del análisis de Weibull, en una patrulla de la policía, modelo 1994 trabajando continuamente durante un período de 2000 días. El artículo consultado aporta al presente trabajo de suficiencia en temas específicos sobre el cálculo del tiempo medio entre fallas – MTBF (*Mean Time Between Failures*) basado en un análisis estadístico mediante la distribución de Weibull.

Chica Mejía, G. H., & Hernández Florez, J. G. (2009), en su tesis: “Modelo para implementación de PMO (*Planned Maintenance Optimization*)” [1], define que la metodología PMO genera mayor confiabilidad, mantenibilidad y la reducción de horas necesarias durante la ejecución de los trabajos de mantenimiento. El autor describe los 9 pasos de la metodología PMO y atribuye que las organizaciones que desarrollan la metodología PMO, son organizaciones en la búsqueda de la mejora continua. El autor propone la metodología PMO como una alternativa eficaz y eficiente en las organizaciones con una inadecuada metodología *Reliability Centred Maintenance* (RCM) – Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, la cual es compleja y de elevado costo. El autor sugiere la aplicación de la metodología PMO en equipos en funcionamiento, y la metodología RCM en la etapa de diseño. El autor realiza la metodología PMO en una excavadora, a través del software *PMOptimisation* de la empresa OMCS. El autor describe la principal limitación de la metodología PMO, como la falta de inclusión de todos los modos de falla, convirtiendo la metodología en insegura y con consecuencias de riesgo en la planta, personal y medio ambiente. La tesis citada aporta al presente trabajo de suficiencia en las bases teóricas de la metodología PMO.

2.1.2. Confiabilidad y Análisis de modos de fallas.

Ramesh G., R. S. (2012), en su libro "*Maintenance and Reliability Best Practices (2nd ed.)*" [10], en el capítulo 6, describe que el éxito de una organización está relacionado con la mejora de la confiabilidad. El autor define la confiabilidad como la capacidad de un activo para realizar una función deseada bajo condiciones establecidas durante un período de tiempo determinado sin fallar. El autor explica que la confiabilidad está diseñada y es una tarea estratégica, por otro lado, el mantenimiento mantiene los activos en funcionamiento y es una tarea táctica, por lo tanto, el mantenimiento no mejora la confiabilidad, sólo la conserva. El autor explica que para mejorar la confiabilidad se requiere rediseñar o reemplazar con mejores y confiables componentes. Sin embargo, la disponibilidad de los activos mejora, reparando o reemplazando componentes defectuosos antes de que fallen e implementando un plan de mantenimiento efectivo basado en la confiabilidad. El autor, recomienda la distribución exponencial como una de las distribuciones para calcular la confiabilidad de un activo o componente de un sistema, a través del modelado de un activo o componente con una tasa de falla constante o la sección plana de la curva de la bañera del ciclo de vida del activo.

El autor confirma que los costos de Operaciones y Mantenimiento (O&M) representan aproximadamente el 80% o más del costo total del ciclo de vida de un activo. Por lo tanto, las organizaciones deben gestionar adecuadamente los aspectos de confiabilidad, mantenibilidad y seguridad del sistema para

reducir el costo general del ciclo de vida de los activos durante las etapas de diseño y construcción.

El capítulo citado del libro aporta al presente trabajo de suficiencia en la clarificación de los conceptos de Confiabilidad y el método de cálculo recomendado a través de la distribución exponencial.

Troffé, M. (2006), en su artículo “Análisis ISO 14224 /OREDA y su relación con RCM-FMEA” [15], describe que en mantenimiento no se reconoce la importancia de la medición de resultados, del registro de datos sistemáticos y ordenados bajo un criterio estandarizado. El autor identifica la ausencia de una correcta recolección y registro de datos para cálculos de indicadores, ocasionando una inexacta comparación de los indicadores calculados con aquellos de clase mundial; elementos fundamentales para la administración y toma de decisiones. Los cálculos y análisis derivados de una incorrecta recolección y registro de datos constituyen en un problema de interpretación y reproducibilidad, adicional a los existentes. Las Normas ISO 14224, SAE 1739 / 1011 (RCM), y los Datos Estadísticos del OREDA, establecen los criterios para el correcto registro de eventos y de esta manera crear una mejor base de datos.

El autor define al RCM, como una metodología de análisis sistemática, objetiva y documentada, de aplicación para diferentes tipos de instalación

industrial; y útil para el desarrollo u optimización de un eficiente plan de Mantenimiento. El objetivo de la metodología RCM, es conservar la función que realizan los equipos más que el estado de los equipos. El éxito de la metodología RCM está en función de la experiencia de los participantes y de los datos de tasa de fallas y períodos de ocurrencia registrados, información difícil de localizar o elaborar en el común de las plantas. De esta manera, la norma ISO14224, brinda una base para la recolección de datos de Confiabilidad y Mantenimiento en un formato estándar para las áreas de perforación, producción, refinación, transporte de petróleo y gas natural, con criterios que son aplicados a diferentes actividades e industrias.

El autor explica que a diferencia de la metodología RCM, la norma ISO 14224 contempla los modos de falla por clase de equipo predefinidos.

El autor concluye que una base de datos estructurada como el OREDA, es el principio de detección temprana, mitigación y eliminación de fallas potenciales.

El artículo consultado aporta al presente trabajo de suficiencia en el reconocimiento de la importancia de la correcta recolección y registro de datos teniendo como referencia las recomendaciones de la norma ISO 14224, para el análisis de confiabilidad de los equipos.

Moubray, J. (1997), en su libro “*RCM 2: Reliability Centered Maintenance (2nd ed.)*” [7], en el capítulo 2, recomienda la definición de una función a través de un verbo, un objeto y el estándar de funcionamiento deseado por el usuario. El autor diferencia los conceptos del funcionamiento deseado (desempeño) y la capacidad inherente del activo. El autor explica que para que un activo sea mantenible, el funcionamiento deseado debe estar dentro del margen de su capacidad inherente en su contexto operacional.

En el capítulo 3, el autor define una falla funcional como la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según parámetros de funcionamiento aceptables por el usuario. El autor recomienda que los estándares de funcionamiento para definir la falla deben ser establecidos por el personal de mantenimiento y de operaciones.

En el capítulo 4, el autor define un modo de falla como un evento que causa una falla funcional (estado de falla). El autor resalta que la identificación de los modos de falla es uno de los pasos más importantes en el desarrollo de un programa de mantenimiento para asegurar que el activo físico continúe cumpliendo sus funciones. Los modos de fallas son clasificados en tres principales grupos: capacidad decreciente, originadas por deterioro, fallas de lubricación, polvo o suciedad, desajustes, errores humanos que reducen la capacidad; aumento del funcionamiento deseado (o aumento del esfuerzo aplicado); y capacidad inicial inadecuada. El autor recomienda que los modos de falla deben ser definidos con el suficiente detalle para la selección de una adecuada política de manejo de falla. Por otro lado, el autor explica que los

efectos de falla describen qué sucede cuando ocurre un modo de falla. La descripción de los efectos debe incluir toda la información necesaria para la evaluación de las consecuencias de las fallas: la evidencia de que se ha producido una falla; las maneras en que la falla es una amenaza para la seguridad o el medio ambiente; las maneras en que afecta la producción o a las operaciones; los daños físicos causados por la falla; qué debe realizarse para reparar la falla. El autor recomienda las siguientes fuentes de información más frecuentes acerca de modos y efectos de falla: el fabricante o proveedor del equipo; listas genéricas de modos de falla; otros usuarios de la misma maquinaria; registros de antecedentes técnicos; experiencia del personal de mantenimiento y operaciones.

En el capítulo 5, el autor describe las consecuencias de la falla como la importancia de cada falla. El autor diferencia los conceptos de una función evidente, cuya falla eventual e inevitablemente se hará evidente por sí sola a los operadores en circunstancias normales. Y una función oculta, cuya falla no se hará evidente a los operarios bajo circunstancias normales, si se produce por sí sola. Las fallas evidentes se clasifican en tres categorías de importancia decreciente: consecuencias para la seguridad y el medio ambiente; consecuencias operacionales; consecuencias no operaciones. El autor define una falla múltiple si una función protegida falla mientras que el dispositivo de protección se encuentra en estado de falla.

El autor establece que el objetivo de un programa de mantenimiento para una función oculta es prevenir la falla múltiple asociada, o la reducción de las probabilidades de que ocurra.

Los capítulos citados del libro aportan al presente trabajo de suficiencia en las definiciones de conceptos de funciones, fallas funcionales, modos de fallas y efectos, y análisis de consecuencias de los activos.

2.1.3. Bombas Centrífugas

Mobley, K. (2011), en su libro: "*Maintenance Fundamentals (2nd ed.)*" [6], en el capítulo 17, realiza una descripción de los fundamentos teóricos de las bombas centrífugas. El autor explica la función de los componentes estándar de una bomba centrífuga, con la finalidad de entender los modos de fallas durante su operación. El autor define las fallas mecánicas de las bombas centrífugas como consecuencia de: cavitación, inestabilidad hidráulica u otros problemas relacionados con el sistema. Otros son el resultado directo de un mantenimiento inadecuado. Los problemas relacionados con el mantenimiento incluyen lubricación inadecuada, desalineación, desbalanceo, fugas en los sellos y una variedad de otros factores que afectan periódicamente la confiabilidad de la máquina. El capítulo citado del libro aporta al presente trabajo de suficiencia en la identificación de los modos de fallas en una bomba centrífuga y la solución del problema, con la finalidad de definir un plan de mantenimiento efectivo.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Bomba

Es una turbomáquina que transforma la energía mecánica en energía cinética de presión a un fluido incomprensible.

2.2.2. Impulsor

Es el componente principal de una bomba centrífuga, a través del cual se transfiere la energía del motor de la bomba al fluido.

2.2.3. Falla

Es la incapacidad de un activo de cumplir una función de acuerdo con parámetros de funcionamiento definidos como aceptables por el usuario.

2.2.4. Riesgo

Es la probabilidad de tener una pérdida por falla de un equipo. Es el resultado del producto de la frecuencia y consecuencias de una falla. Las consecuencias están referidas al impacto operacional, impacto en seguridad y medio ambiente y los costos de mantenimiento.

2.2.5. Estrategia

Es un enfoque que orienta las acciones de mantenimiento con la finalidad de optimizar la gestión del mantenimiento.

2.2.6. Indicador

Es una relación matemática con la finalidad de evaluar el rendimiento del mantenimiento.

2.2.7. Tarea

Es una actividad ejecutada por personal de mantenimiento con la finalidad de verificar el estado del equipo, identificar fallas potenciales, reemplazar componentes, preservando la función del equipo.

2.2.8. Taxonomía

Es una estructura jerárquica con la finalidad de identificar sistemas, subsistemas, y componentes de una instalación.

2.2.9. Activo

Es un bien con un potencial valor en la organización, de acuerdo con la Norma ISO 55000 – Gestión de Activos (2014).

CAPÍTULO III. HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.1. Hipótesis

La gestión de mantenimiento basado en la Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO) de una bomba centrífuga vertical mejorará su confiabilidad.

3.2. Operacionalización de Variables

- Variable dependiente: Confiabilidad de la bomba centrífuga vertical.
- Variable independiente: Gestión de mantenimiento basado en la Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO).

Tabla N° 2: Variable Independiente e Indicadores

Variable Independiente	Indicadores
V.I.: Gestión de mantenimiento basado en la Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO).	<ul style="list-style-type: none">- Tareas programadas (%).- Tareas correctivas ZPM1 (%).- Confiabilidad (R)- Tiempo medio entre fallas MTBF (días/falla).- OMs sin aviso generado (%)

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo y Diseño de la Investigación

El enfoque del presente trabajo de investigación es aplicado porque la ejecución está basada en la metodología *Planned Maintenance Optimization* (PMO) – Optimización del Mantenimiento Planeado. La metodología PMO, se contextualiza al presente trabajo de investigación, ejecutando 7 de los 9 pasos recomendados por la metodología y adicionando una mejora del paso N°2 – Análisis de modos de falla, referida a la definición de matrices de modos de falla estandarizados por componentes con la finalidad de facilitar la ejecución de la metodología PMO para un registro histórico de OMs superior a un período de 5 años.

El alcance del presente trabajo de investigación es correlacional – explicativo, porque identifica el grado de relación entre variables de confiabilidad y un mantenimiento planeado optimizado y se explica las causas de esta relación en un contexto específico.

El diseño del presente trabajo de investigación es no experimental porque la hipótesis se verifica en base al análisis de datos históricos del equipo.

4.2. Unidad de Análisis

La unidad de análisis del presente trabajo de investigación es la Bomba de Absorción A, de la Planta de Ácido Sulfúrico N° 2, de la Planta Fundición de *Southern Peru Copper Corporation* (SPCC), ubicada en Punta Tablones, adyacente a la Carretera Costanera sin número y a 500 m.s.n.m., provincia Ilo, departamento Moquegua, país Perú.

La bomba de Absorción A, es una bomba centrífuga vertical. En la Tabla N° 3, se describen las características de la bomba centrífuga.

Tabla N° 3: Características de la bomba centrífuga

Hoja de Datos de la Bomba de Absorción - Planta de Ácido Sulfúrico N°2					
1. Datos del equipo					
Tag	7821 P-A y B		Trabajo	Continuo	
Marca	Lewis Pump		Montaje	Montado externamente	
Modelo	MT-34114		Tipo de impulsor	Cerrado	
Tipo de bomba	Centrífuga Vertical		Diámetro del impulsor	435 mm	
Motor Eléctrico	400 HP, 3 fases, 60 Hz, 4000 V				
2. Condiciones de Procesos y Operación					
Proceso			Operación		
Descripción	Unidades		Descripción	Unidades	
Servicio	-	Ácido Absorbente	Corrosivo	Sí / No	Sí
Composición	%	98.5% H ₂ SO ₄ ; 1.5% H ₂ O	Tóxico	Sí / No	Sí
Sólidos contenidos	%	0	Inflamable	Sí / No	No
Tipo de sólidos		N/A	Abrasivo	Sí / No	No
Caudal	m ³ /h	1347	Longitud Bomba Vertical	m	2.79
Caudal Mínimo	m ³ /h	1347			
Altura dinámica Total (TDH)	m	31			
Altura Neta Positiva de Aspiración Disponible (NPSH)	m	8.1			
Temperatura	°C	112			
Densidad	kg/m ³	1736			
Viscosidad	cP	3.42			
Calor específico	kJ/kg°C	1.583			
Presión de vapor	kPa (a)	0.0496			
3. Requerimientos de diseño mecánico					
Máxima temperatura de diseño	122°C		Potencia de arranque en frío	287 kW	
Velocidad de la bomba	1185 RPM		Flujo continuo mínimo	450 m ³ /h	
Potencia nominal	243 kW		Velocidad crítica	1770 RPM	
NPSHR	4.88 m		Deflexión del eje del impulsor	<50.8µm	
Altura con caudal nulo	42.8 m		Máxima presión de succión	168.7 kPa(g)	

Fuente: Elaboración Propia.

4.3. Matriz de Consistencia

Título: Gestión de Mantenimiento basado en la Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO) de una Bomba Centrífuga Vertical para mejorar su Confiabilidad.

Tabla N° 4: Matriz de Consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables		Indicadores	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos
			Dependiente	Independiente		
¿Cuáles son las causas de las pérdidas de producción por fallas en una bomba centrífuga que afecta a su confiabilidad?	Formular un mantenimiento basado en la Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO) de una bomba centrífuga vertical para mejorar su confiabilidad.	La gestión de mantenimiento basado en la Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO) de una bomba centrífuga vertical mejorará su confiabilidad.	V.D.: Confiabilidad de la bomba centrífuga vertical.	V.I.: Gestión de mantenimiento basado en la Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO).	<ul style="list-style-type: none"> - Tareas programadas (%). - Tareas correctivas ZPM1 (%). - Confiabilidad (R) - Tiempo medio entre fallas MTBF (días/falla). - OMs sin aviso generado (%) 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas de Aplicaciones y Productos (SAP). - Reportes diarios de mantenimiento. - Microsoft Office Excel (Microsoft 365). - Microsoft Office Word (Microsoft 365).

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO V. DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

5.1. Recolección de datos

El desarrollo del presente trabajo de suficiencia requirió la identificación de la taxonomía del equipo, definida a través de la ubicación técnica del sistema de bombas de absorción de la Planta de Ácido Sulfúrico N°2, ver Figura N° 2.

Figura N° 2: Ubicación técnica del sistema de bombas de absorción de la Planta de Ácido Sulfúrico N°2

Ubic.téc.	ILO-FU	Válido de	16.08.2023
Denominación FUNDICION DE ILO			
ILO-FU			
ILO-FU-A1 ÁCIDO 1			
ILO-FU-A2 ÁCIDO 2			
ILO-FU-A2-A065	LIMPIEZA DE GASES		
ILO-FU-A2-A075	CONTACTO DE GAS		
ILO-FU-A2-A078	CONTACTO DE ÁCIDO		
ILO-FU-A2-A078-ABS001 SISTEMA DE ABSORCIÓN			
ILO-FU-A2-A078-ABS001-COOL	ENFRIAMIENTO DE ABSORCION		
ILO-FU-A2-A078-ABS001-CYMO	CONTROL Y MONITOREO		
ILO-FU-A2-A078-ABS001-FABS	ABSORCIÓN FINAL		
ILO-FU-A2-A078-ABS001-IABS	ABSORCIÓN INTERMEDIO		
ILO-FU-A2-A078-ABS001-FUMA BOMBEO DE ABSORCIÓN A			
1/2-V1235-00-0014	VALVULA DE BOLA DE CONEXIÓN BRIDADA	B	SBI298 VAI1533
1/2-V4262-00-0001	VALVULA CHECK DE CONEXIÓN BRIDADA	B	SBI298 VAI1534
16-V7282-04-0001	VALVULA DE COMPUERTA DE CONEXIÓN BRIDADA	B	SBI298 VAI1530
2-V5261-00-0018	VALVULA MACHO DE CONEXIÓN BRIDADA	B	SBI298 VAI1528
2-V5261-00-0019	VALVULA MACHO DE CONEXIÓN BRIDADA	B	SBI298 VAI1529
2-V5261-00-0020	VALVULA MACHO DE CONEXIÓN BRIDADA	B	SBI298 VAI1531
2-V5261-00-0021	VALVULA MACHO DE CONEXIÓN BRIDADA	B	SBI298 VAI1535
2-V5261-00-0022	VALVULA MACHO DE CONEXIÓN BRIDADA	B	SBI298 VAI1536
24-V7282-03-0001	VALVULA DE COMPUERTA DE CONEXIÓN BRIDADA	B	SBI298 VAI1532
ACI65	ACOPLAMIENTO	A	SBI298 ACI65
BBI294	BOMBA DEL ABSORBEDOR	A	SBI298 BBI294
MOI751283M	MOTOR ELÉCTRICO 400 HP	A	SBI298 MOI751283M
P7I65	BOTONERA DE COMANDO	C	SBI298 P7I65
ILO-FU-A2-A078-ABS001-FUMB BOMBEO DE ABSORCIÓN B			
1/2-V1235-00-0015	VALVULA DE BOLA DE CONEXIÓN BRIDADA	B	SBI299 VAI1538
1/2-V4262-00-0002	VALVULA CHECK DE CONEXIÓN BRIDADA	B	SBI299 VAI1537
1/2-V8121-00-0002	VALVULA DE GLOBO CONEXIÓN ROSCADA	B	SBI299 VAI1541
1/2-V8121-00-0003	VALVULA DE GLOBO CONEXIÓN ROSCADA	B	SBI299 VAI1542
16-V7282-04-0002	VALVULA DE COMPUERTA DE CONEXIÓN BRIDADA	B	SBI299 VAI1540
2-V5261-00-0023	VALVULA MACHO DE CONEXIÓN BRIDADA	B	SBI299 VAI1539
4-V5261-00-0016	VALVULA MACHO DE CONEXIÓN BRIDADA	B	SBI299 VAI1543
ACI66	ACOPLAMIENTO	A	SBI299 ACI66
BBI295	BOMBA DEL ABSORBEDOR	A	SBI299 BBI295
MOI751284M	MOTOR ELÉCTRICO 400HP	A	SBI299 MOI751284M
P7I66	BOTONERA DE COMANDO	C	SBI299 P7I66
ILO-FU-A2-A078-ABS001-STCK	CHIMENEA		
ILO-FU-A2-A078-ABS001-STRA	FILTRACIÓN DE ABSORCIÓN		
ILO-FU-A2-A078-DRY001	SISTEMA DE SECADO		
ILO-FU-A2-A078-NOX001	SISTEMA NOX STRIPPING		
ILO-FU-A2-A078-PAC001	SISTEMA DE PRODUCTO ÁCIDO		

Fuente: Elaboración Propia – Sistema SAP

De acuerdo con la taxonomía de la Planta de Ácido Sulfúrico N°2, ver Figura N° 2, se evidenció que el sistema de absorción está compuesto por dos bombas verticales centrífugas, la bomba de absorción A y B.

La filosofía de operación de la Planta de Ácido Sulfúrico N°2, involucra que las dos bombas operen simultáneamente. Las dos bombas son idénticas y trabajan en paralelo. La inoperatividad de una de las dos bombas ocasiona la no disponibilidad de la Planta de Ácido Sulfúrico N°2.

Las dos bombas al ser idénticas y de acuerdo con lo descrito en el Capítulo IV, sección 4.2, la unidad de análisis del presente trabajo de investigación se limitó a la bomba de absorción A.

El resumen de la taxonomía de la bomba de absorción A, está descrita en el Anexo N°1.

La recolección de datos se desarrolló ejecutando los pasos recomendados por la metodología PMO.

5.1.1. Paso N°1: Recopilación de tareas.

Se recopiló el registro histórico de avisos y órdenes de mantenimiento (OMs) durante el período 01-01-2016 al 16-08-2023, para la bomba de absorción A (ver Anexo N° 2), del sistema SAP.

La recolección de avisos se ejecutó a través de la transacción IW28 del SAP. En la Figura N° 3, se evidencia los filtros seleccionados para el caso de la bomba de absorción A.

Figura N° 3: Filtros seleccionados en la transacción IW28 para recolección de avisos

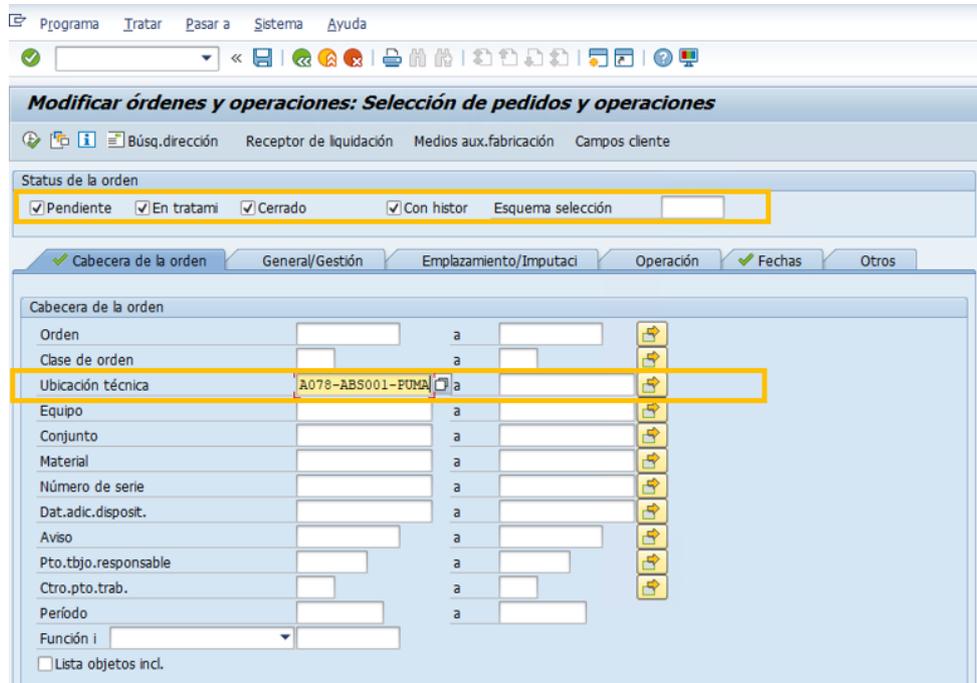
The screenshot shows the SAP transaction IW28 'Modificar avisos: Selección avisos'. The interface includes a menu bar (Programa, Tratar, Pasar a, Sistema, Ayuda) and a toolbar. The main area is divided into sections:

- Status del aviso:** Contains checkboxes for 'Pendiente', 'Pospuesto', 'En tratam.', and 'concluido', all of which are checked. There is also a field for 'Esquema se' and a 'Dr.' button.
- Selección de aviso:** A table-like form with the following fields:
 - Aviso: [] a []
 - Clase de aviso: [] a []
 - Ubicación técnica: 2-A078-ABS001-PUMA []
 - Equipo: [] a []
 - Material: [] a []
 - Número de serie: [] a []
 - Dat.adic.disposit.: [] a []
 - Orden: [] a []
 - Fecha de aviso: 01.01.2016 hst 16.08.2023
 - Interloc: []

Fuente: Elaboración Propia – Sistema SAP

La recolección de OMs se ejecutó a través de la transacción IW37N del SAP. En la Figura N° 4, se evidencia los filtros seleccionados para el caso de la bomba de absorción A.

Figura N° 4: Filtros seleccionados en la transacción IW37N para recolección de OMs



Fuente: Elaboración Propia – Sistema SAP

5.1.1.1. Análisis de la estrategia de mantenimiento actual

La clasificación de las OMs en el SAP, se describen en la Tabla N° 5.

Tabla N° 5: Clasificación de las OMs en el SAP

Clase de OMs	Descripción
ZPM1	Orden de mantenimiento correctivo
ZPM2	Orden de mantenimiento preventivo
ZPM3	Orden de mantenimiento para aviso
ZPM4	Orden de mantenimiento predictivo
ZPM8	Orden de Proyecto/ Inversión

Fuente: Elaboración Propia

Del registro histórico de OMs (Anexo 3), con la finalidad de verificar el estado actual de la estrategia de mantenimiento de la bomba centrífuga A, se analizó la cantidad de OMs por clase de orden.

En la Tabla N° 6, se resume la cantidad de OMs por clase de orden, incluyendo todas las operaciones por OMs. En este caso se contabilizó OMs repetidas, porque existen OMs con diferentes Operaciones, con un total de 236 operaciones.

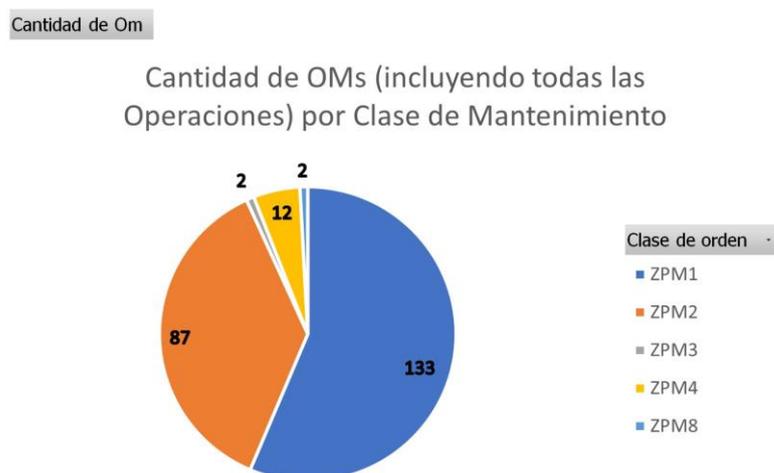
Tabla N° 6: Cantidad de OMs por clase de orden (incluidas todas las operaciones)

Clase de OM	Cantidad de OM
ZPM1	133
ZPM2	87
ZPM3	2
ZPM4	12
ZPM8	2
Total	236

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N° 5: Cantidad de OMs por clase de orden, incluyendo todas las operaciones por OMs, a través de un gráfico circular, se resume la cantidad de OMs por clase de orden, incluyendo todas las operaciones por OMs.

Figura N° 5: Cantidad de OMs por clase de orden, incluyendo todas las operaciones por OMs



Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 7, se resume la cantidad de OMs por clase de orden, incluyendo únicamente las OMs, sin repetirse, con un total de 102 OMs.

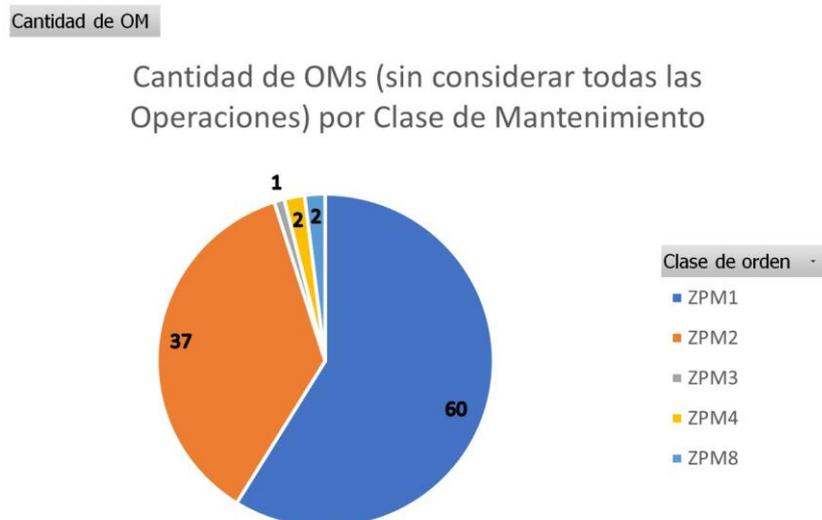
Tabla N° 7: Cantidad de OMs por clase de orden, incluyendo únicamente las OMs, sin repetirse

Clase de OM	Cantidad de OM
ZPM1	60
ZPM2	37
ZPM3	1
ZPM4	2
ZPM8	2
Total	102

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N° 6, a través de un gráfico circular, se resume la cantidad de OMs por clase de orden, incluyendo únicamente las OMs sin repetirse.

Figura N° 6: Cantidad de OMs por clase de orden, incluyendo únicamente las OMs sin repetirse



Fuente: Elaboración Propia

De la Figura N° 6, se evidencia, que durante el período del 01-01-2016 al 16-08-2023, la estrategia de mantenimiento de la bomba de absorción A, estuvo

centrada en el Mantenimiento Correctivo, con un registro de 60 OMs ZPM1, equivalente al 58.82% del total de OMs.

En la Tabla N° 8, se resumen la cantidad de OMs por clase y por año.

Tabla N° 8: Cantidad de OMs por clase de orden y por año, sin repetirse

Clase de OM	OMs Año 2016	OMs Año 2017	OMs Año 2018	OMs Año 2019	OMs Año 2020	OMs Año 2021	OMs Año 2022	OMs Año 2023	Total de OMs	
ZPM1	0	1	1	5	3	25	17	8	60	
ZPM2	6	7	0	4	3	5	10	2	37	
ZPM3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
ZPM4	1	0	0	1	0	0	0	0	2	
ZPM8	2	0	0	0	0	0	0	0	2	
									Cantidad Total de OMs	102

Fuente: Elaboración Propia

5.1.1.2. Análisis del registro histórico de datos

Después de verificar el estado actual del mantenimiento, se analizaron los datos registrados para garantizar la obtención de correctos resultados.

Del análisis de los datos, se eliminaron OMs clasificadas en dos grupos:

Grupo N°1: OMs no relacionadas con el equipo.

Los criterios de eliminación fueron: diferentes OMs para un trabajo repetitivo; OMs que no corresponden a la bomba de absorción A; OMs que no evidencian un modo de falla específico para el equipo. En total se eliminaron, 13 OMs, ver Anexo N°3.

En la Tabla N° 9, se resume la cantidad de OMs eliminadas por año, incluyendo todas las operaciones por OMs.

Tabla N° 9: Resumen de OMs eliminadas por año, incluyendo todas las operaciones, no relacionadas con el equipo

Resumen	2015	2016	2017	2019	2021	2022	2023	Total
OM eliminadas	1	2	1	1	7	1	4	17
Total	1	2	1	1	7	1	4	17

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 10, se resume la cantidad de OMs eliminadas por año, incluyendo únicamente las OMs sin repetirse.

Tabla N° 10: Resumen de OMs eliminadas por año, no relacionadas con el equipo

Resumen	2015	2016	2017	2019	2021	2022	2023	Total
OM eliminadas	1	2	1	1	4	1	4	13
Total	1	2	1	1	4	1	4	13

Fuente: Elaboración Propia

Grupo N°2: OMs relacionadas con trabajos de reparación de bomba y motor eléctrico.

El criterio de eliminación fue que las operaciones para estas OMs se relacionaban con actividades de reparación de la bomba y del motor eléctrico. Actividades como: arenado y pintado, traslados, limpieza, evaluación de componentes, que no evidencian un modo de falla específico para el equipo.

Para el caso de OMs referidas a reparación de la bomba, en total se eliminaron 55 OMs, incluyendo todas las operaciones por OMs, ver Anexo 4.

Para el caso de OMs referidas a reparación del motor eléctrico, en total se eliminaron 42 OMs, incluyendo todas las operaciones por OMs, ver Anexo 5.

En la Tabla N° 11, se resume la cantidad de OMs eliminadas por año, incluyendo todas las operaciones por OMs, referidas a reparaciones de la bomba.

Tabla N° 11: Resumen de OMs eliminadas por año, incluyendo todas las operaciones, referidas a reparaciones de la bomba

Resumen	2016	2019	2021	2022	Total
Reparación de bomba	11	7	17	20	55
Total	11	7	17	20	55

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 12, se resume la cantidad de OMs eliminadas por año, incluyendo todas las operaciones por OMs, referidas a reparaciones del motor eléctrico.

Tabla N° 12: Resumen de OMs eliminadas por año, incluyendo todas las operaciones, referidas a reparaciones del motor eléctrico

Resumen	2018	2019	2021	2022	Total
Reparación de motor eléctrico	8	2	23	9	42
Total	8	2	23	9	42

Fuente: Elaboración Propia

Con la ejecución del primer paso de la metodología PMO – Recopilación de Tareas, se logró obtener un registro histórico de OMs con datos que relacionan actividades ejecutadas con modos de falla. Con el análisis de la información, se logró reducir de 236 operaciones a 122 operaciones.

El registro base para continuar con los pasos de la metodología PMO, se resume en el Anexo 6.

5.1.2. Paso N°2: Análisis de modos de falla.

El registró histórico de OMs, resultado del paso N°1, describe actividades de mantenimiento (operaciones) y no modos de falla, por lo cual para facilitar el análisis de modos de falla y como propuesta de mejora del paso N°2, se definió una lista base de componentes de la bomba para correlacionarlos con las operaciones de cada OM.

En la Tabla N° 13, se resume la lista base de componentes importantes de la bomba centrífuga vertical.

Tabla N° 13: Lista base de componentes importantes de la bomba centrífuga vertical

Ítem	Componente
1	Acoplamiento Falk T20
2	Bomba
3	Motor eléctrico
4	Prensaestopas
5	Rodamiento de la bomba
6	Rodamientos del motor eléctrico
7	Sensor de flujo
8	Sensor de nivel
9	Sensor de presión
10	Sensores de vibración
11	Sistema de drenaje
12	Soporte del motor eléctrico
13	Tubería de descarga
14	Tubería de succión
15	Válvula de descarga
16	Válvula de succión

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2.1. Análisis del componente con mayor registro de número de operaciones

Con la finalidad de identificar el componente con mayor registro de número de operaciones, se correlacionó cada operación del registro histórico de OMs con su componente asociado.

En la Tabla N° 14, se resume la cantidad de operaciones por componente.

Tabla N° 14: Cantidad de operaciones por componente

Componente	Cantidad Operaciones
Acoplamiento Falk T20	6
Bomba	9
Motor eléctrico	23
Prensaestopas	28
Rodamiento de la bomba	4
Sensores de vibración	17
Sistema de drenaje	5
Soporte del motor eléctrico	6
Tubería de descarga	2
Tubería de succión	8
Válvula de descarga	9
Válvula de succión	5
Total	122

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N° 7, a través de un gráfico de barras, se evidencia la cantidad de operaciones por componente.

Figura N° 7: Cantidad de operaciones por componente



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N° 8, a través de un gráfico circular, se evidencia el porcentaje de operaciones por componente.

Figura N° 8: Porcentaje de operaciones por componente



Fuente: Elaboración Propia

De la Figura N° 8, se evidencia, que la mayor cantidad de operaciones está relacionada con el componente Prensaestopas, con un registro de 28 operaciones, equivalente al 23% del total de operaciones.

En la Tabla N° 15, se resume la cantidad de operaciones por componente y por año.

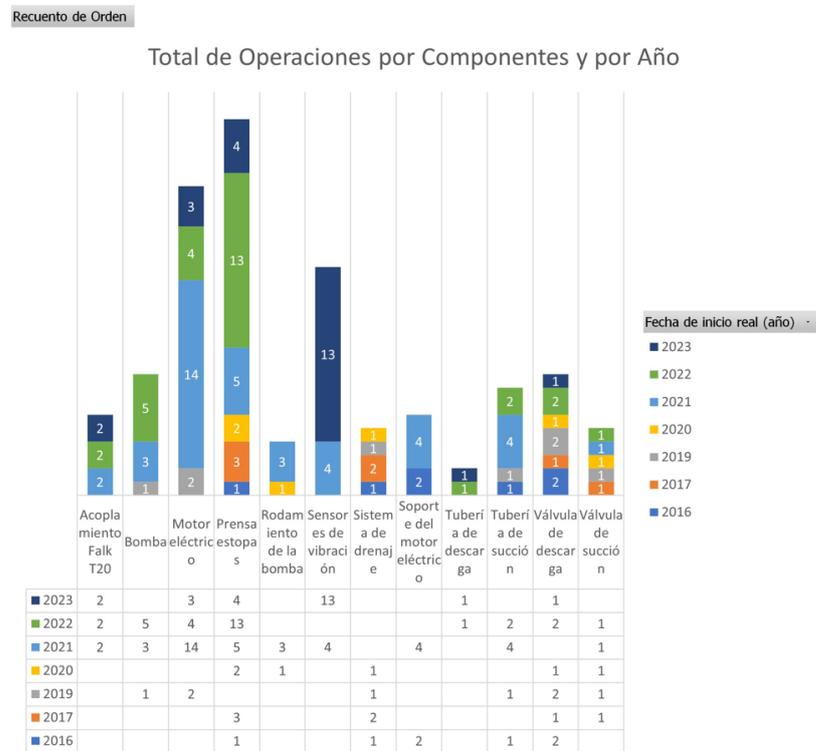
Tabla N° 15: Cantidad de operaciones por componente y por año

Componente	2016	2017	2019	2020	2021	2022	2023	Total
Acoplamiento Falk T20					2	2	2	6
Bomba			1		3	5		9
Motor eléctrico			2		14	4	3	23
Prensaestopas	1	3		2	5	13	4	28
Rodamiento de la bomba				1	3			4
Sensores de vibración					4		13	17
Sistema de drenaje	1	2	1	1				5
Soporte del motor eléctrico	2				4			6
Tubería de descarga						1	1	2
Tubería de succión	1		1		4	2		8
Válvula de descarga	2	1	2	1		2	1	9
Válvula de succión		1	1	1	1	1		5
Total	7	7	8	6	40	30	24	122

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N° 9, a través de un gráfico de barras, se evidencia la cantidad de operaciones por componente y por año.

Figura N° 9: Cantidad de operaciones por componente y por año



Fuente: Elaboración Propia

De la Figura N° 9, se evidencia principalmente:

- En el año 2021, 14 operaciones están relacionadas con el componente Motor eléctrico.
- En el año 2022, 13 operaciones están relacionadas con el componente Prensaestopas.
- En el año 2023, 13 operaciones están relacionadas con el componente Sensores de vibración.

5.1.2.2. Análisis del número de operaciones, su frecuencia de ocurrencia y horas hombre acumuladas por componentes

Con la finalidad de realizar el cálculo del Tiempo medio entre fallas (*Mean Time Between Failure* – MTBF), se identificó el número de operaciones y su frecuencia de ocurrencia por componentes.

También se identificó las horas hombre (HH) acumuladas por operación y su frecuencia de ocurrencia por componentes

En la Tabla N° 16, se resume el número de operaciones y su frecuencia de ocurrencia por componentes.

5.1.2.3. Análisis del componente con mayor registro de horas hombre

La correlación de cada operación del registro histórico de OMs con su componente asociado, permitió identificar las horas hombre (HH) acumuladas por componente.

En la Tabla N° 18, se resume las horas hombre (HH) acumuladas por componente.

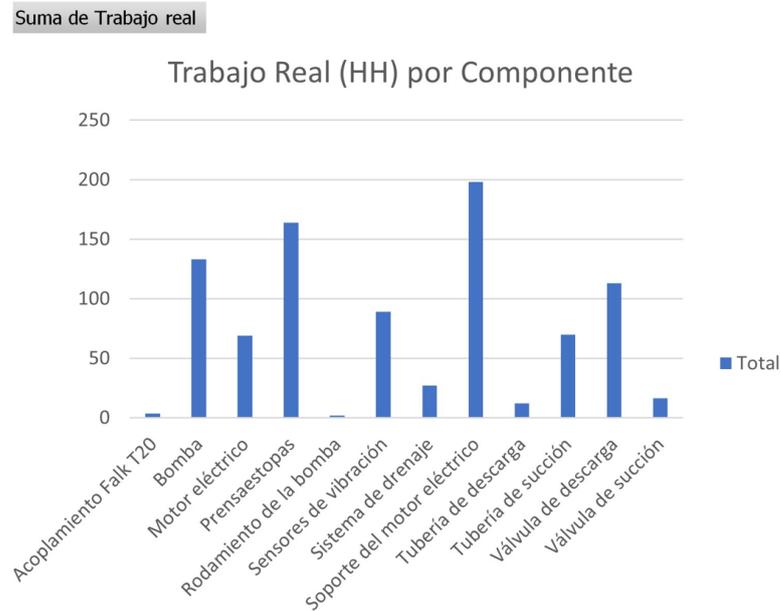
Tabla N° 18: Horas hombre (HH) acumuladas por componente

Componente	Suma de Trabajo real
Acoplamiento Falk T20	3.5
Bomba	133
Motor eléctrico	69
Prensaestopas	164
Rodamiento de la bomba	2.1
Sensores de vibración	89
Sistema de drenaje	27
Soporte del motor eléctrico	198
Tubería de descarga	12
Tubería de succión	70
Válvula de descarga	113
Válvula de succión	17
Total	897

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N° 10, a través de un gráfico de barras, se evidencia las horas hombre (HH) acumuladas por componente.

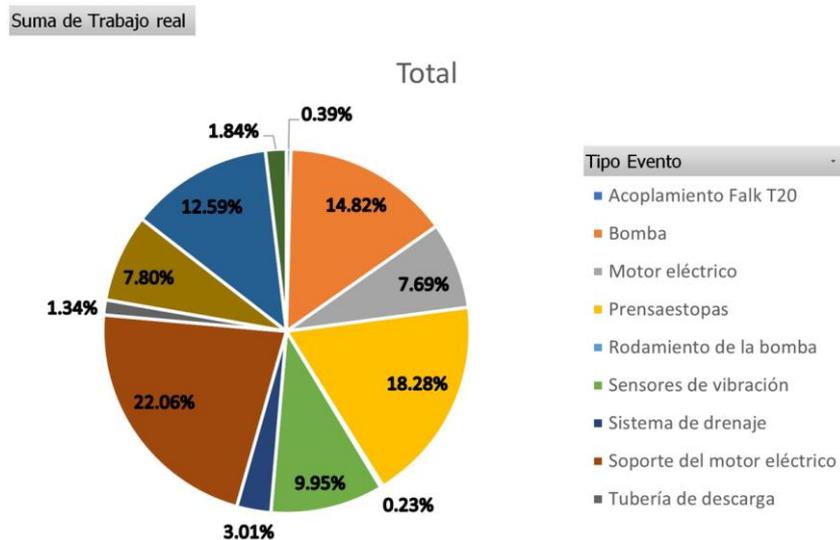
Figura N° 10: Horas hombre (HH) acumuladas por componente



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N° 11, a través de un gráfico circular, se evidencia el porcentaje de Horas hombre (HH) acumuladas por componente.

Figura N° 11: Porcentaje Horas hombre (HH) acumuladas por componente



Fuente: Elaboración Propia

De la Figura N° 11, se evidencia, que la mayor cantidad de horas hombre (HH) está relacionada con el componente Soporte del motor eléctrico, con un registro de 198 HH, equivalente al 22.06% del total de horas hombre.

5.1.2.4. Análisis del componente con mayor registro de trabajos correctivos

En el Paso N°1, se evidenció que la estrategia de mantenimiento de la bomba de absorción A, está centrada en el Mantenimiento Correctivo, sin embargo, el componente con mayor cantidad de OMs clase ZPM1, está pendiente de identificación.

En la Tabla N° 19, se resume la cantidad de operaciones por componente y por clase de mantenimiento.

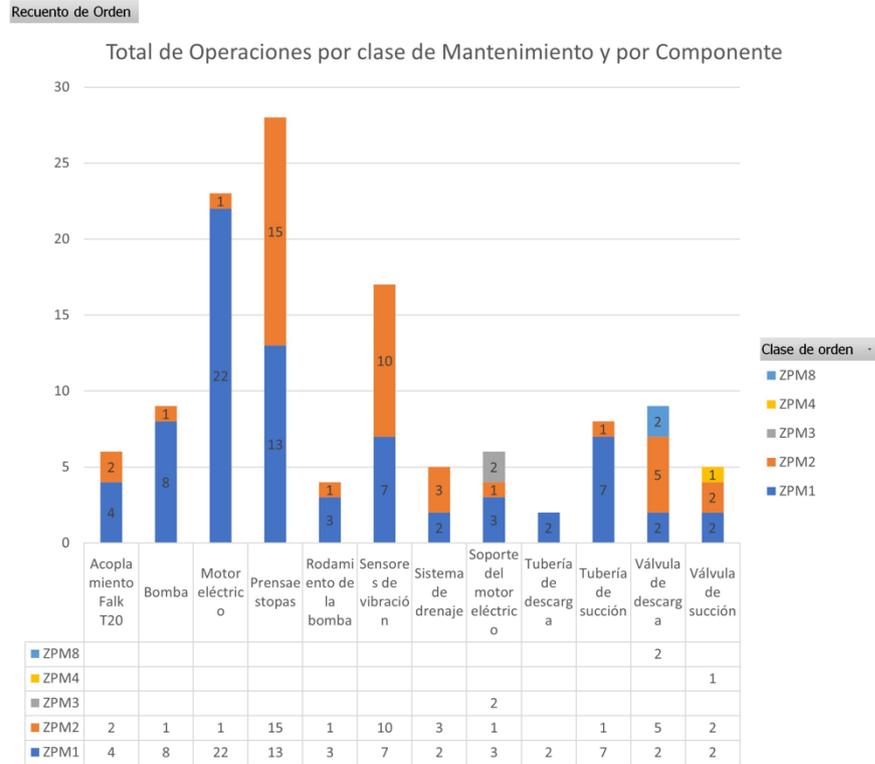
Tabla N° 19: Cantidad de operaciones por componente y por clase de mantenimiento

Componente	ZPM1	ZPM2	ZPM3	ZPM4	ZPM8	Total
Acoplamiento Falk T20	4	2				6
Bomba	8	1				9
Motor eléctrico	22	1				23
Prensaestopas	13	15				28
Rodamiento de la bomba	3	1				4
Sensores de vibración	7	10				17
Sistema de drenaje	2	3				5
Soporte del motor eléctrico	3	1	2			6
Tubería de descarga	2					2
Tubería de succión	7	1				8
Válvula de descarga	2	5			2	9
Válvula de succión	2	2		1		5
Total	75	42	2	1	2	122

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N° 12, a través de un gráfico de barras, se evidencia la cantidad de operaciones por componente y por clase de mantenimiento.

Figura N° 12: Cantidad de operaciones por componente y por clase de mantenimiento



Fuente: Elaboración Propia

De la Figura N° 12, se evidencia principalmente:

- En el componente Motor eléctrico, se han ejecutado 22 operaciones con clase de mantenimiento ZPM1.
- En el componente Prensaestopas, se han ejecutado 13 operaciones con clase de mantenimiento ZPM1.

5.1.2.5. Análisis de la carga laboral por talleres

Es importante el análisis de la carga laboral por Talleres, para lo cual, primero se definen los talleres que han intervenido a la bomba de absorción A, durante el periodo del registro histórico de OMs.

En la Tabla N° 20, se listan los talleres que han intervenido a la bomba de absorción A.

Tabla N° 20: Talleres que han intervenido a la bomba de absorción A

Clase de OMs	Descripción
IGTN	Taller de Maestranza
IGSA	Taller de Sistemas de Agua
IFTR	Taller de Turnos
IFTE	Taller Eléctrico Reparación
IFSO	Taller de Soldadura
IFPD	Taller Predictivo
IFLU	Taller de Lubricación
IFIN	Taller de Instrumentación
IFEL	Taller Eléctrico Planta
IFCM	Taller de Construcción
IFAF	Taller Mecánico N°1

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 21, se resume la cantidad de operaciones por componente y por talleres.

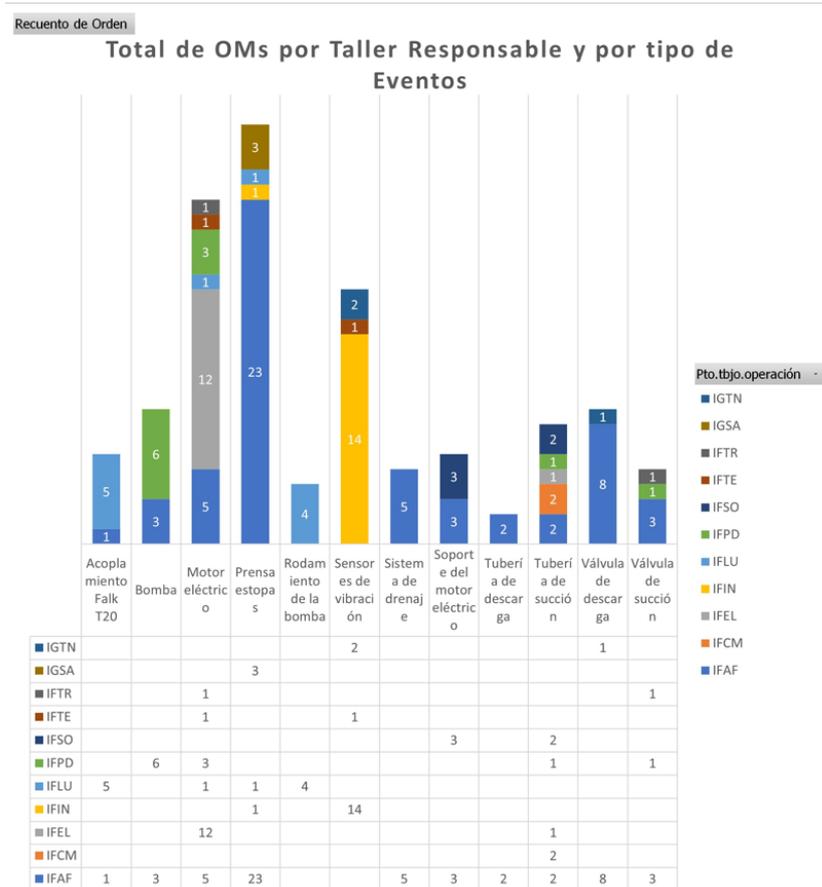
Tabla N° 21: Resumen de la cantidad de operaciones por componente y por talleres

Componente	IFA F	IFC M	IFE L	IFI N	IFL U	IFP D	IFS O	IFT E	IFT R	IGS A	IGT N	Tot al
Acoplamiento Falk T20	1				5							6
Bomba	3					6						9
Motor eléctrico	5		12		1	3		1	1			23
Prensaestopas	23			1	1					3		28
Rodamiento de la bomba					4							4
Sensores de vibración				14				1			2	17
Sistema de drenaje	5											5
Soporte del motor eléctrico	3						3					6
Tubería de descarga	2											2
Tubería de succión	2	2	1			1	2					8
Válvula de descarga	8										1	9
Válvula de succión	3					1			1			5
Total	55	2	13	15	11	11	5	2	2	3	3	122

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N° 13, a través de un gráfico de barras, se evidencia la cantidad de operaciones por componente y por talleres.

Figura N° 13: Cantidad de operaciones por componente y por talleres



Fuente: Elaboración Propia

De la Figura N° 13, se evidencia principalmente:

El Taller Mecánico N°1 (IFAF), es el taller con mayor carga laboral, registrando 23 operaciones ejecutadas en el componente Prensaestopas.

5.1.2.6. Análisis de la generación de avisos

Un típico problema en la Gestión de Mantenimiento es la ausencia de la generación de avisos de trabajo por parte de los Operadores, ocasionando la pérdida de registro histórico de datos de fallas.

En la Tabla N° 22, se resume la cantidad de operaciones sin avisos de trabajos por componente.

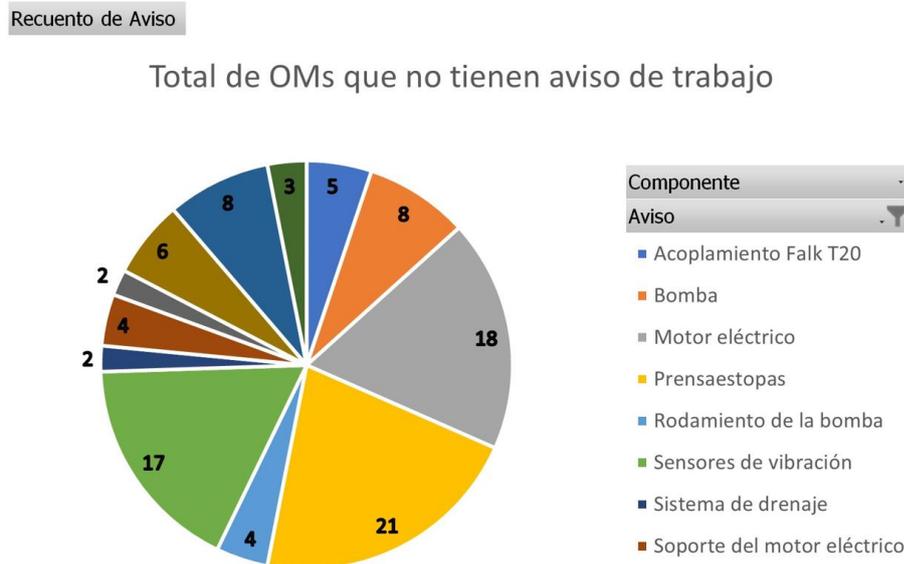
Tabla N° 22: Cantidad de operaciones sin avisos de trabajos por componente

Componente	Recuento de Aviso
Acoplamiento Falk T20	5
Bomba	8
Motor eléctrico	18
Prensaestopas	21
Rodamiento de la bomba	4
Sensores de vibración	17
Sistema de drenaje	2
Soporte del motor eléctrico	4
Tubería de descarga	2
Tubería de succión	6
Válvula de descarga	8
Válvula de succión	3
Total	98

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N° 14, a través de un gráfico circular, se evidencia la cantidad de operaciones sin avisos de trabajo por componente.

Figura N° 14: Cantidad de operaciones sin avisos de trabajo por componente



Fuente: Elaboración Propia

De la Figura N° 14, se evidencia, que la mayor cantidad de operaciones sin avisos está relacionada con el componente Prensaestopas, con un registro de 21 operaciones, equivalente al 17.21% del total de operaciones.

5.1.2.7. Análisis de las OMs relacionadas con cambios de bomba y cambios de motor eléctrico

Del registro histórico de datos, se identificaron 3 y 5 OMs (sin considerar todas las operaciones), relacionadas con el cambio de la bomba y el motor eléctrico respectivamente.

En la Tabla N° 23, se resume la cantidad de OMs (sin considerar todas las operaciones), relacionadas con el cambio de la bomba y el motor eléctrico, por año.

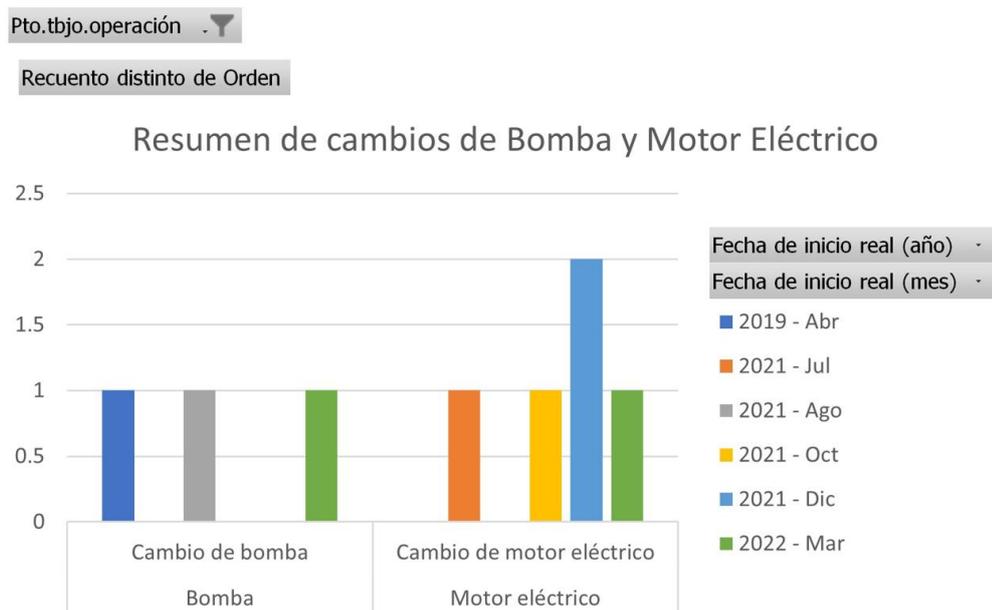
Tabla N° 23: Resumen de la cantidad de OMs, cambio de la bomba y el motor eléctrico, por año

Componente	Comentario N°1	2019		2021			2022		Total
		Abr	Jul	Ago	Oct	Dic	Mar		
Bomba	Cambio de bomba	1		1			1	3	
Motor eléctrico	Cambio de motor eléctrico		1		1	2	1	5	
Total		1	1	1	1	2	2	8	

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N° 15, a través de un gráfico de barras, se evidencia la cantidad de OMs (sin considerar todas las operaciones), relacionadas con el cambio de la bomba y el motor eléctrico, por año.

Figura N° 15: Resumen de la cantidad de OMs, cambio de la bomba y el motor eléctrico, por año



Fuente: Elaboración Propia

Después del análisis de la información, se procedió con la identificación de los modos de fallas por cada operación.

5.1.2.8. Definición de modo de fallas por componente

El presente trabajo de suficiencia propone mejorar el paso N°2 – Análisis de modos de falla de la metodología PMO aplicada a un registro histórico de OMs superior a un periodo de 5 años.

Del caso particular de análisis de la bomba de absorción A, el registro histórico de OMs corresponde a un período entre el 01-01-2016 al 16-08-2023, exactamente un período de 7 años y 7 meses. Por lo cual, se complementó el paso N°2 de la metodología PMO, adicionando matrices de modos de falla estandarizados por componentes.

Las matrices de modos de falla fueron definidas con los siguientes criterios: analizando el manual de la bomba centrífuga vertical, revisando información técnica de las referencias bibliográficas y experiencias de trabajo por parte del personal de mantenimiento.

En el Anexo 7, se listan las matrices de modos de falla estandarizados por componentes, en total se identificaron 156 modos de fallas.

Las matrices de modos de falla estandarizados por componentes permitieron agilizar la identificación de modos de fallas por operaciones del registro histórico de OMs.

Con la finalidad de optimizar el análisis, se detalló el modo de falla a través del ítem de identificación descrita en las matrices de modos de falla. De esta manera en el Anexo 8, se visualiza los modos de falla por operaciones del registro histórico de OMs.

5.2. Procesamiento de la información

5.2.1. Paso N°3: Racionalización y análisis de modos de falla.

La definición de matrices de modos de falla realizadas en el Paso N°2 – Análisis de modos de falla, facilitó el desarrollo del Paso N°3 – Racionalización y análisis de modos de falla.

El paso N°3, tal como está descrito en la metodología PMO, ordena los modos de falla identificados del paso N°2 y adiciona nuevos modos de fallas, con un alto nivel de consecuencias de las fallas del equipo.

Por lo tanto, el paso N°3, quedó resumido por las matrices de modos de falla estandarizados por componentes, tal como se describe en el Anexo 7.

5.2.2. Paso N°4: Análisis funcional.

La definición de matrices de modos de falla realizadas en el Paso N°2 – Análisis de modos de falla, facilitó el desarrollo del Paso N°4 – Análisis funcional.

En el paso N°4, de acuerdo con la metodología PMO, se describen las funciones de los componentes de la bomba de absorción A.

De esta manera, el paso N°4, quedó resumido por las funciones de los componentes, tal como se describe en el Anexo 9.

5.2.3. Paso N°5: Evaluación de consecuencias.

La evaluación de consecuencias se realizó para los 156 modos de fallas definidos en el Paso N°2.

La metodología de evaluación de consecuencias se realizó en función al diagrama de decisión del RCM II.

En el Anexo 10, se describe la secuencia lógica de la evaluación de consecuencias de los modos de fallas.

De esta manera, el paso N°5, se resumen con la evaluación de consecuencias de los diferentes modos de falla, tal como se describe en el Anexo 11.

5.3. Análisis de la Información

5.3.1. Paso N°6: Definición de la política de mantenimiento.

La definición de la política de mantenimiento está relacionada con el tipo de mantenimiento, la tarea propuesta y la frecuencia de ejecución.

5.3.1.1. Tipo de Mantenimiento

El tipo de mantenimiento seleccionado fue el resultado de la recomendación del proceso de decisión del RCM II.

En la Tabla N° 24, se resume el tipo de mantenimiento de acuerdo con las categorías de la evaluación de consecuencias.

Tabla N° 24: Resumen del Diagrama de decisión del RCM II

Resumen del Diagrama de decisión del RCM II		
Evaluación de consecuencia	SÍ (S)	NO (N)
H1 / S1 / O1 / N1	Tarea a condición	H2 / S2 / O2 / N2
H2 / S2 / O2 / N2	Tarea de reacondicionamiento cíclico	H3 / S3 / O3 / N3
H3 / S3 / O3 / N3	Tarea de sustitución cíclica	H4
H4	Tarea de búsqueda de falla	H5
H5	El rediseño es obligatorio	Ningún mantenimiento programado
S4	Combinación de tareas proactivas	El rediseño es obligatorio

Fuente: Elaboración Propia

5.3.1.2. Tarea de Mantenimiento

Las tareas de mantenimiento fueron definidas en función al tipo de mantenimiento seleccionado y el modo de falla analizado.

5.3.1.3. Frecuencia de Ejecución

El cálculo de la frecuencia de ejecución se realizó en función con los datos de la Tabla N° 16, resumen del número de operaciones y su frecuencia de ocurrencia por componentes. Se ejecutaron los siguientes pasos para el cálculo de la frecuencia de ejecución: identificación de eventos de fallas y sus frecuencias por componentes; cálculo del MTBF con la Distribución de Weibull.

Identificación de eventos de fallas y sus frecuencias por componentes

En la Tabla N° 25, se resume el número de eventos de falla y el tiempo entre fallas para el componente Acoplamiento Falk T20.

Tabla N° 25: Resumen del tiempo entre fallas para el componente Acoplamiento Falk T20

Acoplamiento Falk T20	
Evento	Tiempo entre fallas (meses)
1	3
2	9
3	1
4	3

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 26, se resume el número de eventos de falla y el tiempo entre fallas para el componente Bomba.

Tabla N° 26: Resumen del tiempo entre fallas para el componente Bomba

Bomba	
Evento	Tiempo entre fallas (meses)
1	28
2	1
3	6

Fuente: Elaboración Propia

En el caso particular del cambio de bomba centrífuga vertical, por recomendación del fabricante, el tiempo entre cambios de bombas, será de 2 años.

En la Tabla N° 27, se resume el número de eventos de falla y el tiempo entre fallas para el componente Motor Eléctrico.

Tabla N° 27: Resumen del tiempo entre fallas para el componente Motor eléctrico

Motor eléctrico	
Evento	Tiempo entre fallas (meses)
1	1
2	24
3	2
4	1
5	2
6	1
7	2
8	6
9	1
10	4
11	3

Fuente: Elaboración Propia

En el caso particular del cambio del motor eléctrico, por recomendación del fabricante, el tiempo entre cambios de motor eléctrico, será de 2 años.

En la Tabla N° 28, se resume el número de eventos de falla y el tiempo entre fallas para el componente Prensaestopas.

Tabla N° 28: Resumen del tiempo entre fallas para el componente Prensaestopas

Prensaestopas	
Evento	Tiempo entre fallas (meses)
1	9
2	3
3	42
4	2
5	4
6	4
7	1
8	10
9	1
10	2
11	2
12	1
13	2
14	5

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 29, se resume el número de eventos de falla y el tiempo entre fallas para el componente Rodamiento de la bomba.

Tabla N° 29: Resumen del tiempo entre fallas para el componente Rodamiento de la bomba

Rodamiento de la bomba	
Evento	Tiempo entre fallas (meses)
1	14
2	1

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 30, se resume el número de eventos de falla y el tiempo entre fallas para el componente Sensores de vibración.

Tabla N° 30: Resumen del tiempo entre fallas para el componente Sensores de vibración

Sensores de vibración	
Evento	Tiempo entre fallas (meses)
1	15
2	1
3	1
4	1
5	1
6	1

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 31, se resume el número de eventos de falla y el tiempo entre fallas para el componente Sistema de drenaje.

Tabla N° 31: Resumen del tiempo entre fallas para el componente Sistema de drenaje

Sistema de drenaje	
Evento	Tiempo entre fallas (meses)
1	7
2	30
3	4

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 32, se resume el número de eventos de falla y el tiempo entre fallas para el componente Soporte del motor eléctrico.

Tabla N° 32: Resumen del tiempo entre fallas para el componente Soporte del motor eléctrico

Soporte del motor eléctrico	
Evento	Tiempo entre fallas (meses)
1	67

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 33, se resume el número de eventos de falla y el tiempo entre fallas para el componente Tubería de descarga.

Tabla N° 33: Resumen del tiempo entre fallas para el componente Tubería de descarga

Tubería de descarga	
Evento	Tiempo entre fallas (meses)
1	6

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 34, se resume el número de eventos de falla y el tiempo entre fallas para el componente Tubería de succión.

Tabla N° 34: Resumen del tiempo entre fallas para el componente Tubería de succión

Tubería de succión	
Evento	Tiempo entre fallas (meses)
1	33
2	27
3	12
4	1

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 35, se resume el número de eventos de falla y el tiempo entre fallas para el componente Válvula de descarga.

Tabla N° 35: Resumen del tiempo entre fallas para el componente Válvula de descarga

Válvula de descarga	
Evento	Tiempo entre fallas (meses)
1	9
2	27
3	12
4	22
5	2
6	3

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 36, se resume el número de eventos de falla y el tiempo entre fallas para el componente Válvula de succión.

Tabla N° 36: Resumen del tiempo entre fallas para el componente Válvula de succión

Válvula de succión	
Evento	Tiempo entre fallas (meses)
1	18
2	7
3	20

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del MTBF (meses) con la Distribución Weibull

De la identificación de eventos de fallas y sus frecuencias por componentes, se ordenaron los datos del tiempo entre fallas (meses) de menor a mayor y con la herramienta SOLVER en Ms. Excel, se obtuvieron los valores de los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R por componente para los 6 primeros meses.

En el Ms. Excel, se ejecutaron las siguientes fórmulas en conjunto con la herramienta SOLVER y los datos históricos para el cálculo de los valores de los parámetros de la Distribución de Weibull.

$$MTBF = \alpha * EXP(GAMMA.LN(1 + (1/\beta)))$$

$$R = EXP(-POTENCIA\left(\frac{t}{\alpha}; \beta\right))$$

Donde:

t: tiempo en meses.

Beta (β): parámetro de forma.

Alfa (α): parámetro de escala

En la Tabla N° 37, se resume los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Acoplamiento Falk T20.

Tabla N° 37: Resumen de los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Acoplamiento Falk T20

Acoplamiento Falk T20	
Beta	1.16
Alfa (meses)	4.21
MTBF	4.00

Acoplamiento Falk T20	
T (meses)	R
1	82.76%
2	65.56%
3	50.91%
4	38.98%
5	29.53%
6	22.17%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 38, se resume los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Bomba.

Tabla N° 38: Resumen de los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Bomba

Bomba	
Beta	0.82
Alfa (meses)	10.46
MTBF	11.67

Bomba	
T (meses)	R
1	86.35%
2	77.21%
3	69.75%
4	63.39%
5	57.86%
6	52.99%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 39, se resume los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Motor eléctrico.

Tabla N° 39: Resumen de los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Motor eléctrico

Motor eléctrico	
Beta	0.66
Alfa (meses)	3.17
MTBF	4.27

Motor eléctrico	
T (meses)	R
1	62.57%
2	47.74%
3	38.09%
4	31.15%
5	25.91%
6	21.82%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 40, se resume los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Prensaestopas.

Tabla N° 40: Resumen de los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Prensaestopas

Prensaestopas	
Beta	0.62
Alfa (meses)	4.34
MTBF	6.29

Prensaestopas	
T (meses)	R
1	66.76%
2	53.79%
3	45.09%
4	38.62%
5	33.55%
6	29.45%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 41, se resume los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Rodamiento de la bomba.

Tabla N° 41: Resumen de los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Rodamiento de la bomba

Rodamiento de la bomba	
Beta	0.82
Alfa (meses)	6.74
MTBF	7.50

Rodamiento de la bomba	
T (meses)	R
1	81.16%
2	69.16%
3	59.79%
4	52.13%
5	45.73%
6	40.30%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 42, se resume los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Sensores de vibración.

Tabla N° 42: Resumen de los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Sensores de vibración

Sensores de vibración	
Beta	0.81
Alfa (meses)	7.15
MTBF	8.00

Sensores de vibración	
T (meses)	R
1	81.73%
2	70.14%
3	61.05%
4	53.60%
5	47.34%
6	42.01%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 43, se resume los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Sistema de drenaje.

Tabla N° 43: Resumen de los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Sistema de drenaje

Sistema de drenaje	
Beta	0.96
Alfa (meses)	13.43
MTBF	13.67

Sistema de drenaje	
T (meses)	R
1	92.09%
2	85.18%
3	78.91%
4	73.18%
5	67.91%
6	63.06%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 44, se resume los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Tubería de succión.

Tabla N° 44: Resumen de los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Tubería de succión

Tubería de succión	
Beta	1.27
Alfa (meses)	19.66
MTBF	18.25

Tubería de succión	
T (meses)	R
1	97.73%
2	94.63%
3	91.18%
4	87.55%
5	83.83%
6	80.07%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 45, se resume los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Válvula de descarga.

Tabla N° 45: Resumen de los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Válvula de descarga

Válvula de descarga	
Beta	1.24
Alfa (meses)	13.40
MTBF	12.50

Válvula de descarga	
T (meses)	R
1	96.08%
2	90.99%
3	85.54%
4	80.00%
5	74.50%
6	69.14%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 46, se resume los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Válvula de succión.

Tabla N° 46: Resumen de los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Válvula de succión

Válvula de succión	
Beta	2.27
Alfa (meses)	16.93
MTBF	15.00

Válvula de succión	
T (meses)	R
1	99.84%
2	99.22%
3	98.05%
4	96.29%
5	93.92%
6	90.94%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 47, se resumen los MTBF, calculados por componentes de la bomba.

Tabla N° 47: Resumen de los MTBF (meses) para los componentes

Ítem	Componente	MTBF (meses)
1	Acoplamiento Falk T20	4.00
2	Bomba	11.67
3	Motor eléctrico	4.27
4	Prensaestopas	6.29
5	Rodamiento de la bomba	7.50
6	Sensores de vibración	8.00
7	Sistema de drenaje	13.67
8	Tubería de succión	18.25
9	Válvula de descarga	12.50
10	Válvula de succión	15.00

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 48, se resumen la Confiabilidad, calculados por componentes de la bomba.

Tabla N° 48: Resumen de la Confiabilidad R para los componentes

	R (1 mes)	R (2 meses)	R (3 meses)	R (4 meses)	R (5 meses)	R (6 meses)
Acoplamiento Falk T20	82.76%	65.56%	50.91%	38.98%	29.53%	22.17%
Bomba	86.35%	77.21%	69.75%	63.39%	57.86%	52.99%
Motor eléctrico	62.57%	47.74%	38.09%	31.15%	25.91%	21.82%
Prensaestopas	66.76%	53.79%	45.09%	38.62%	33.55%	29.45%
Rodamiento de la bomba	81.16%	69.16%	59.79%	52.13%	45.73%	40.30%
Sensores de vibración	81.73%	70.14%	61.05%	53.60%	47.34%	42.01%
Sistema de drenaje	92.09%	85.18%	78.91%	73.18%	67.91%	63.06%
Tubería de succión	97.73%	94.63%	91.18%	87.55%	83.83%	80.07%
Válvula de descarga	96.08%	90.99%	85.54%	80.00%	74.50%	69.14%
Válvula de succión	99.84%	99.22%	98.05%	96.29%	93.92%	90.94%

Fuente: Elaboración Propia

La definición de las frecuencias de las tareas para la totalidad de modos de falla se realizó en función a los MTBF de cada componente y con el objetivo de alcanzar 2 años de operación de la bomba y el motor eléctrico sin realizar cambios por fallas.

De esta manera, el paso N°6, se resume con la definición del tipo de mantenimiento, tarea propuesta y la frecuencia de ejecución de los diferentes modos de falla, tal como se describe en el Anexo 12.

5.3.2. Paso N°7: Agrupación y revisión.

En el paso N°7 – Agrupación y revisión, se asignaron las tareas de mantenimiento definidas en el paso N° 6 a cada taller correspondiente y se definió las Horas Hombre (H-H), tal como se describe en el Anexo 13.

Las Horas Hombre (H-H) fueron definidas en función a las experiencias de los técnicos de mantenimiento.

El taller asignado está en función a lo descrito en la Tabla N° 20.

CAPÍTULO VI. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Análisis del registro histórico de datos

El análisis inicial de la pertinencia y calidad de datos fue necesario para asegurar la generación de resultados correctos.

El registro histórico de datos iniciales, extraídos del SAP, incluían 236 operaciones.

Se revisaron las 236 operaciones y se establecieron grupos y criterios de eliminación de datos para cada grupo.

Grupo N°1: OMs no relacionadas con el equipo.

Los criterios de eliminación fueron: diferentes OMs para un trabajo repetitivo; OMs que no corresponden a la bomba de absorción A; OMs que no evidencian un modo de falla específico para el equipo. En total se eliminaron, 13 OMs.

Grupo N°2: OMs relacionadas con trabajos de reparación de bomba y motor eléctrico.

Los criterios de eliminación fueron: OMs referidas a reparación de la bomba y reparación del motor eléctrico.

Para el caso de OMs referidas a reparación de la bomba, en total se eliminaron 55 OMs, incluyendo todas las operaciones por OMs.

Para el caso de OMs referidas a reparación del motor eléctrico, en total se eliminaron 42 OMs, incluyendo todas las operaciones por OMs.

El análisis del registro histórico de datos permitió obtener un registro histórico de OMs con datos correctos. Se logró reducir de 236 operaciones a 122 operaciones. De esta manera, se eliminaron 114 operaciones, equivalente al 48.31% del total inicial.

El valor de 48.31% operaciones eliminadas, evidencia una incorrecta gestión de registro de datos históricos de mantenimiento, relacionadas con modos de falla del equipo.

6.2. Análisis de la actual Estrategia de Mantenimiento de la Bomba de Absorción A

El desarrollo del capítulo V, evidenció que durante el período 01-01-2016 al 16-08-2023, la estrategia de mantenimiento de la bomba de absorción A, estuvo centrada en el Mantenimiento Correctivo, con un registro de 60 OMs ZPM1, equivalente al 58.82% del total de OMs.

El valor de 58.82% de OMs clase ZPM1, evidencia una incorrecta gestión de mantenimiento de la bomba de absorción A, y por lo tanto la baja confiabilidad del equipo.

6.3. Análisis de la generación de avisos de trabajo

El desarrollo del capítulo V, evidenció que la mayor cantidad de operaciones sin avisos está relacionada con el componente Prensaestopas, con un registro de 21 operaciones, equivalente al 17.21% del total de operaciones.

El valor de 17.21% de avisos no generados, evidencia un problema común en la gestión de mantenimiento relacionado con la ausencia de la generación de

avisos de trabajo por parte de los Operadores, ocasionando la pérdida de registro histórico de modos de falla.

Las tareas propuestas en un plan de mantenimiento efectivo deben incluir todos los modos de falla del equipo. Por lo tanto, el registro incompleto de modos de falla se relaciona con la baja efectividad de un plan de mantenimiento, y por lo tanto la baja confiabilidad del equipo.

6.4. Análisis del componente con mayor registro de número de operaciones

El desarrollo del capítulo V, evidenció que la mayor cantidad de operaciones está relacionada con el componente Prensaestopas, con un registro de 28 operaciones, equivalente al 23% del total de operaciones. Adicionalmente, en el componente Prensaestopas, se han ejecutado 13 operaciones con clase de mantenimiento ZPM1 – Mantenimiento correctivo, equivalente al 46.43% del total de 28 operaciones asignadas al componente.

El valor del 23% de operaciones asignadas al componente, evidencia que la mayor cantidad de actividades se asignaron al componente prensaestopas, y por lo tanto representa un componente crítico. Adicionalmente el valor de 46.43% de trabajo correctivo en el componente, evidencia que las actividades asignadas no fueron completamente efectivas, y por lo tanto confirman la baja confiabilidad del componente.

6.5. Análisis de los MTBF y confiabilidad por componente

El desarrollo del capítulo V, evidenció que el MTBF más bajo, corresponde al componente Acoplamiento, con un valor de 4 meses. Y el MTBF más alto, corresponde al componente Válvula de succión con un valor de 15 meses, ver Tabla N° 47.

El desarrollo del capítulo V, evidenció que, para un período de 6 meses de operación, la confiabilidad por debajo del 30%, corresponde a los componentes: Acoplamiento, Motor eléctrico y Prensaestopas, ver Tabla N° 48.

Adicionalmente, se evidenció que, para un período de 6 meses de operación, la confiabilidad de los componentes está por debajo del 70%, a excepción de los componentes Tubería de succión y Válvula de succión que representaron una confiabilidad de 80.07% y 90.94% respectivamente. Por lo tanto, en general, se evidencia una baja confiabilidad de los componentes de la bomba centrífuga, como consecuencia de un plan de mantenimiento no efectivo.

6.6. Análisis del Plan de mantenimiento propuesto

La ejecución de los siete primeros pasos de la metodología PMO, y la adición de una mejora del paso N°2 – Análisis de modos de falla, referida a la definición de matrices de modos de falla estandarizados por componentes con la finalidad de facilitar la ejecución de la metodología PMO para un registro histórico de OMs superior a un período de 5 años, permitió establecer un Plan de Mantenimiento Optimizado.

El Plan de Mantenimiento Optimizado propuesto, está constituido por 51 actividades de mantenimiento, ver Anexo 14.

La definición de las frecuencias de las tareas para la totalidad de modos de falla se realizó en función a los MTBF de cada componente y con el objetivo de alcanzar 2 años de operación de la bomba y el motor eléctrico sin realizar cambios por fallas.

El Plan de Mantenimiento Optimizado propuesto, evidencia que el tipo de Mantenimiento de mayor ejecución es la Combinación de tareas: Monitoreo de condición y Sustitución.

La Tabla N° 49, evidencia que el tipo de mantenimiento, Combinación de tareas: Monitoreo de condición y Sustitución, incluye 23 actividades de mantenimiento y 49 modos de fallas. Y el tipo de mantenimiento, Sustitución cíclica, incluye 4 actividades de mantenimiento y 63 modos de fallas.

Tabla N° 49: Actividades de mantenimiento y modos de falla por Tipo de Mantenimiento

Tipo de Mantenimiento	Cantidad	Modos de Fallas
Combinación de tareas: Monitoreo de condición Reacondicionamiento cíclico	6	9
Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	23	49
Monitoreo de condición	17	33
Reacondicionamiento cíclico	1	2
Sustitución cíclica	4	63
Total	51	156

Fuente: Elaboración Propia.

El Plan de Mantenimiento Optimizado propuesto, evidencia que la frecuencia de actividades semestrales es la de mayor ejecución.

La Tabla N° 50, evidencia que, la frecuencia de ejecución semestral incluye 28 actividades de mantenimiento y 55 modos de fallas. Y la frecuencia de ejecución cada 2 años, incluye 3 actividades de mantenimiento y 62 modos de fallas.

Tabla N° 50: Actividades de mantenimiento y modos de falla por Frecuencia de ejecución

Frecuencia	Cantidad Actividades	Cantidad de modos de falla
Diario	1	2
Diario 6 meses	1	2
2 meses	1	4
3 meses	10	13
4 meses	2	12
6 meses	28	55
1 año	5	6
2 años	3	62
Total	51	156

Fuente: Elaboración Propia.

El Plan de Mantenimiento Optimizado propuesto, evidencia que el Taller IFAF, es el taller que ejecuta la mayor cantidad de actividades de mantenimiento.

La Tabla N° 51, evidencia que el Taller IFAF ejecuta 15 actividades de mantenimiento, correspondiente a 39 horas hombre de trabajo ejecutado.

Tabla N° 51: Actividades de mantenimiento y horas hombre acumuladas por Talleres

Taller	Cantidad Actividades	Suma de Horas Hombre
IFAF	15	39
IFAF / IFSO	2	4
IFEL	6	16
IFIN	4	8
IFLU	5	7
IFPD	2	3
IFPD / IFAF	3	6
IFPD / IFEL	1	2
IFPD / IFSO	3	6
Operaciones	3	4
Operaciones / IFAF	6	12
Operaciones IFAF	1	2
Total	51	109

Fuente: Elaboración Propia.

Por lo tanto, el Plan de Mantenimiento Optimizado propuesto, resalta el tipo de mantenimiento Combinación de tareas: Monitoreo de condición y Sustitución, con una frecuencia de ejecución principal de 6 meses y con el Taller IFAF, principal responsable de ejecución.

6.7. Análisis de la Confiabilidad proyectada

El Plan de Mantenimiento Optimizado propuesto busca el objetivo de alcanzar 2 años de operación de la bomba y el motor eléctrico sin realizar cambios por fallas.

En función al objetivo, se evalúa un escenario, en el cual, si la bomba y/o motor eléctrico no se cambian después de 2 años de operación, existe la

probabilidad de falla. De esta manera se simulan eventos de falla y el tiempo entre fallas para el componente Bomba, ver Tabla N° 52.

Tabla N° 52: Resumen del tiempo entre fallas simulado para el componente Bomba

Bomba	
Evento	Tiempo entre fallas (meses)
1	25
2	26
3	27
4	28
5	29

Fuente: Elaboración Propia.

Con la herramienta SOLVER en Ms. Excel, se obtuvieron los valores de los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R.

En la Tabla N° 53, se resume los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R para el componente Bomba.

Tabla N° 53: Resumen de los parámetros de la Distribución de Weibull, el MTBF (meses) y la Confiabilidad R, simulados para el componente Bomba

Bomba	
Beta	21.20
Alfa (meses)	27.70
MTBF	27.00

T (meses)	R
23	98.07%
24	95.31%
25	89.22%

Fuente: Elaboración Propia.

Por lo tanto, para un período de 24 meses de operación, se obtiene una confiabilidad simulada de 95.31%.

6.8. Contrastación de la hipótesis planteada

De acuerdo con los resultados obtenidos, se determina que la Hipótesis es positiva, porque se confirma la hipótesis planteada, debido a que la Gestión de Mantenimiento basado en la Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO) de una bomba centrífuga vertical mejorará su confiabilidad a un valor de 95.31%, bajo las consideraciones planteadas en el presente trabajo de suficiencia.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo de suficiencia se desarrollaron las siguientes conclusiones sobre la investigación:

1. La propuesta de un Plan de Mantenimiento Optimizado para una bomba centrífuga vertical, constituido por 51 actividades de mantenimiento, resaltando el tipo de mantenimiento Combinación de tareas: Monitoreo de condición y Sustitución, con una frecuencia de ejecución principal de 6 meses y con el Taller IFAF, principal responsable de ejecución, para un período de 24 meses de operación, mejorará la confiabilidad del equipo a un valor de 95.31%.
2. Las 51 tareas propuestas en el Plan de Mantenimiento Optimizado incluyen los 156 modos de falla del equipo, confirmando un alto nivel de efectividad del plan de mantenimiento, y por lo tanto una mejor confiabilidad del equipo correspondiente a un valor del 95.31%.
3. Se confirma la hipótesis planteada, debido a que la Gestión de Mantenimiento basado en la Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO) de una bomba centrífuga vertical mejorará su confiabilidad a un valor de 95.31%, bajo las consideraciones planteadas en el presente trabajo de suficiencia.
4. El valor de 48.31% de operaciones eliminadas, evidencia una incorrecta gestión de registro de datos históricos de mantenimiento, relacionadas con modos de falla del equipo.

5. Durante el período desde el 01-01-2016 al 16-08-2023, la estrategia de mantenimiento de la bomba de absorción A, estuvo centrada en el Mantenimiento Correctivo, con un registro de 60 OMs ZPM1, equivalente al 58.82% del total de OMs. Este valor, evidencia una incorrecta gestión de mantenimiento de la bomba de absorción A, y por lo tanto la baja confiabilidad del equipo.
6. El valor de 17.21% de avisos no generados, evidencia un problema común en la gestión de mantenimiento relacionado con la ausencia de la generación de avisos de trabajo por parte de los Operadores, ocasionando la pérdida de registro histórico de modos de falla.
7. El valor del 23% de operaciones asignadas al componente prensaestopas, evidencia que la mayor cantidad de actividades se asignaron al componente, y por lo tanto representa un componente crítico. Adicionalmente el valor de 46.43% de trabajo correctivo en el componente, evidencia que las actividades asignadas no fueron completamente efectivas, y por lo tan confirman la baja confiabilidad del componente en el período inicial de análisis.

RECOMENDACIONES

En el presente trabajo de suficiencia se desarrollaron las siguientes recomendaciones sobre la investigación:

1. Con la finalidad de mejorar los pasos N°2 y 3 de la metodología PMO, se recomienda definir preliminarmente una matriz de modos de fallas para los componentes identificados en un equipo.
2. Se recomienda ejecutar la metodología PMO, en conjunto con personal técnico mecánico, electricista, instrumentista y personal de Operaciones.
3. Se recomienda ejecutar la metodología PMO para equipos en operación para mejorar su confiabilidad y optimizar los planes de mantenimiento actuales de cada organización.
4. Se recomienda mejorar la gestión del registro de datos históricos de fallas, capacitando al personal de Operaciones para la correcta y oportuna generación de los avisos de trabajos de mantenimiento, identificando los modos de falla asociados al equipo.
5. Se recomienda mejorar la gestión de generación de órdenes de mantenimiento, capacitando al personal de mantenimiento, en relación con la correcta asignación del tipo de mantenimiento y la definición del modo de falla asociado a la orden de mantenimiento.

6. Se recomienda ampliar el alcance del presente trabajo de suficiencia, realizando un análisis de costos generados con la nueva propuesta del plan de mantenimiento optimizado.
7. Se recomienda ampliar el alcance del presente trabajo de suficiencia, realizando procedimientos y un listado de repuestos estandarizados para las actividades del Plan de Mantenimiento Optimizado.
8. Se recomienda reforzar la capacitación del personal en relación con el correcto armado de la bomba centrífuga vertical.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Chica Mejía, G. H., & Hernández Florez, J. G. (2009). Modelo para implementación de PMO (*Planned Maintenance Optimization*).
- [2] Cuéllar Velilla, G. A., & Oyola Miranda, C. A. (2010). Optimización de mantenimiento planeado (PMO) en puerto zona franca Argos S.A. de Cartagena.
- [3] Concha Flores, S. (2019). Incidencia de la metodología PMO en el cumplimiento del plan de mantenimiento de limpieza industrial del área de electrometalurgia de una Refinería de Zinc en Cajamarquilla.
- [4] García Palencia, O. (2007). El Sistema PMO: Optimización Real del Mantenimiento Planeado.
- [5] Hernández, P. L., Carro, M., Montes de Oca, J., & Fernández, S. J. (2008). Optimización del mantenimiento preventivo utilizando las técnicas de diagnóstico integral. Fundamento teórico-práctico.
- [6] Mobley, K. (2011). *Maintenance Fundamentals (2nd ed.)*.
- [7] Moubray, J. (1997). RCM 2: *Reliability Centered Maintenance (2nd ed.)*.
- [8] Ponce Mostacero, A. (2018). Optimización del mantenimiento planeado en una línea de producción de bebidas carbonatadas.
- [9] Prescient & Strategic Intelligence. (2022). *Centrifugal Pump Market Size and Share Analysis by Operation Type (Electrical, Hydraulic, Pneumatic)*,

Stage (Single Stage, Multistage), End User (Residential, Commercial, Industrial) – Global Industry Trends and Growth Forecast to 2030. Retrieved from: <https://www.psmarketresearch.com/market-analysis/centrifugal-water-pump-market#:~:text=Centrifugal%20Pumps%20Are%20Mainly%20Used,treatment%20plants%2C%20and%20manufacturing%20plants.>

[10] Ramesh G., R. S. (2012). *Maintenance and Reliability Best Practices (2nd ed.)*.

[11] Rodríguez Barrios, O. O. (2021). Diseño de un sistema de mantenimiento de bombas de filtro para aumentar la disponibilidad utilizando la metodología PMO de una empresa minera de Cajamarca.

[12] Rodríguez Cuervo, J. D. & Cruz Álvarez, N. F. (2021). Propuesta de un plan de mantenimiento PMO para la bomba centrífuga mcm series 178 de 15 hp 4x3 para la empresa PSC ENERGY.

[13] Ruiz Llorente, N., & Carrero Moreno, J. J., & Carrillo Sierra, M. L. (2020). Desarrollo de una propuesta basada en la metodología PMO para las unidades de bombeo mecánico de extracción de crudo.

[14] Tomlinsong, Paul D. (2009). *Equipment Management: Key to Equipment Reliability and Productivity in Mining (2nd ed.)*.

[15] Troffé, M. (2006). Análisis ISO 14224 /OREDA y su relación con RCM-FMEA.

[16] Zambrano Medina, R. E. (2021). Optimización del plan de mantenimiento para el sistema de bombas principales en la estación de bombeo Rubiales para la empresa Oleoducto de los Llanos S.A.

ANEXOS

Anexo N° 1: Taxonomía de la Planta de Ácido Sulfúrico N°2	1
Anexo N° 2: Registro histórico de Avisos y Órdenes de Mantenimiento	2
Anexo N° 3: Lista de OMs eliminadas, no relacionadas con el equipo	10
Anexo N° 4: Lista de OMs eliminadas, relacionadas con trabajos de reparación de la bomba	11
Anexo N° 5: Lista de OMs eliminadas, relacionadas con trabajos de reparación del motor eléctrico.....	13
Anexo N° 6: Base de datos para el análisis de modos de falla	15
Anexo N° 7: Matriz de modos de falla estandarizados.....	20
Anexo N° 8: Modos de falla por operaciones del registro histórico de OMs	31
Anexo N° 9: Descripción de las funciones de los componentes de la bomba de absorción A	37
Anexo N° 10: Diagrama de decisión del RCM II	39
Anexo N° 11: Evaluación de las consecuencias	40
Anexo N° 12: Definición de la Política de Mantenimiento	54
Anexo N° 13: Agrupación y revisión de las tareas de mantenimiento.....	70
Anexo N° 14: Resumen de Tareas del Plan de Mantenimiento Optimizado	88

10.1. Anexo N° 1: Taxonomía de la Unidad de Análisis

Anexo N° 1: Taxonomía de la Planta de Ácido Sulfúrico N°2

Taxonomía de la Planta de Ácido Sulfúrico N°2 (ILO-FU-A2-A078) – Unidad de Análisis Bomba de Absorción A							
Sistema	Ubicación Técnica 1	Subsistema	Ubicación Técnica 2	Equipo	Ubicación Técnica 3	Componente	Ubicación Técnica 4
Contacto de ácido	ILO-FU-A2-A078	Sistema de Absorción	ILO-FU-A2-A078-ABS001	Bombeo de Absorción A	ILO-FU-A2-A078-ABS001-PUMA	Válvula de bola de conexión bridada	½-V1235-00-0014
						Válvula check de conexión bridada	½-V4262-00-0001
						Válvula de compuerta de conexión bridada	16-V7282-04-0001
						Válvula macho de conexión bridada	2-V5261-00-0018
						Válvula macho de conexión bridada	2-V5261-00-0019
						Válvula macho de conexión bridada	2-V5261-00-0020
						Válvula macho de conexión bridada	2-V5261-00-0021
						Válvula macho de conexión bridada	2-V5261-00-0022
						Válvula de compuerta de conexión bridada	24-V7282-03-0001
						Acoplamiento	ACI65
						Bomba del absorbedor	BBI294
						Motor eléctrico 400 hp	MOI751283M
						Botonera de comando	P7I65

Fuente: Elaboración Propia.

10.2. Anexo N° 2: Recopilación de tareas

Anexo N° 2: Registro histórico de Avisos y Órdenes de Mantenimiento

Ítem	Autor	Fecha de inicio real	Fecha de fin real	Aviso	Clase orden	Orden	Operación	Texto breve operación	Pto.tbjo.operación	Trabajo real (HH)
1	92492	7/04/2016	7/04/2016		ZPM2	2000400461	0010	ISASTOP CONSUMIBLES TRABAJOS RUTINARIOS	IFAF	3
2	92492	7/04/2016	7/04/2016	3000033629	ZPM2	2000452724	0010	Reempacar bbas absorcion PAS2	IFAF	8
3	92492	7/04/2016	7/04/2016	3000033628	ZPM2	2000452725	0010	Realizar pruebas valvula # VAI410443	IFAF	15
4	52173	20/05/2016	2/08/2016	1000021783	ZPM3	3000010109	0010	Colocar guardas de proteccion A-78	IFAF	24
5	52173	28/05/2016	30/05/2016	1000021783	ZPM3	3000010109	0020	Prep./instalar guarda proteccion A-78	IFAF	8
6	92492	23/06/2016	23/06/2016	3000027434	ZPM2	2000253765	0010	[SOL] Camb valvs drenaje 2" bb 7821PAB	IFAF	6
7	52173	15/08/2016	16/08/2016	3000034744	ZPM4	4000020617	0030	Trasladar Soldadura/arenado base Bomba	IFAF	5
8	52173	17/08/2016	17/08/2016	3000034744	ZPM4	4000020617	0010	Manto bb absorción de PAS 2	IFAF	48
9	92492	3/10/2016	15/12/2016		ZPM8	8000011143	0010	MMF2016 Camb Valv Descarg Bba Absorc	IFAF	0
10	92492	3/10/2016	15/12/2016		ZPM8	8000013014	0010	[MMF] CAMBIO VALVULAS DESCARG BBA ABSORC	IFAF	0
11	52173	21/11/2016	26/11/2016	3000034744	ZPM4	4000020617	0060	Rep.Bomba Absorción PAS2 Spare	IFAF	72
12	52173	28/11/2016	6/12/2016	3000034744	ZPM4	4000020617	0090	Prep.Bomba Absorción Spare	IFAF	48
13	92492	14/01/2017	14/01/2017	3000035127	ZPM2	2000490393	0010	[I] Camb valv 2" drena bb absorción PAS2	IFAF	5
14	92492	19/01/2017	19/01/2017		ZPM2	2000748648	0010	[IS] Cambio Linterna y empaques BBA	IFAF	8
15	92492	19/01/2017	20/01/2017		ZPM2	2000771908	0010	[IS] Cambio Valvs 2" drenaje Bbas absorc	IFAF	0
16	92492	6/04/2017	6/04/2017		ZPM2	2000864710	0010	[IS] REEMPAQUE PRENSAESTOPA BBAS ABSORC	IFAF	9
17	92492	7/04/2017	8/04/2017		ZPM2	2000889860	0010	[IS] REEMPAQUE PRENSAESTOPA BBAS ABSOR	IFAF	0
18	96458	6/06/2017	6/06/2017	1000036312	ZPM1	1000292041	0010	Revisar trabajo puerta PVC area 78	IGSA	4
19	92492	13/07/2017	31/07/2017	3000047954	ZPM2	2000862823	0010	[I] Reempac prensaest valv 16 Bbs absorc	IFAF	0
20	72274	5/11/2018	10/11/2018	1000042214	ZPM1	1000339914	0010	Mantto Motor electrico 7821PB PAS2	IFTE	18
21	72274	8/11/2018	12/11/2018	1000042214	ZPM1	1000339914	0030	Maq.Eje rotor Motor elect. 7821PB PAS2	IGTN	4
22	72274	13/11/2018	18/11/2018	1000042214	ZPM1	1000339914	0020	Rellenar eje Motor electrico 7821PB PAS2	IFSO	16

23	72274	26/11/2018	1/12/2018	1000042214	ZPM1	1000339914	0050	Mantto Motor electrico 7821PB PAS2	IFTE	18
24	72274	27/11/2018	3/12/2018	1000042214	ZPM1	1000339914	0040	Maq.Tapas rotor Motor elect. 7821PB PAS2	IGTN	4
25	72274	3/12/2018	7/12/2018	1000042214	ZPM1	1000339914	0060	Mantto Motor electrico 7821PB PAS2	IFTE	12
26	72274	13/12/2018	15/12/2018	1000042214	ZPM1	1000339914	0070	Mantto Motor electrico 7821PB PAS2	IFTE	18
27	72274	31/12/2018	3/09/2019	1000042214	ZPM1	1000339914	0090	Arenar y pintar tapas motor 7821PB PAS2	IFAP	4
28	72274	3/01/2019	21/11/2019	1000042214	ZPM1	1000339914	0080	Mantto Motor electrico 7821PB PAS2	IFTE	18
29	10235	11/02/2019	16/02/2019		ZPM1	1000643500	0010	Mantto Motor 7821P- Bomba Absorcion	IFTE	18
30	52069	27/02/2019	2/03/2019		ZPM1	1000652002	0010	reparar fuga de acido por la tuberia de	IFCM	20
31	92492	2/04/2019	6/04/2019	1000100301	ZPM2	2002023413	0010	Cambio Bomba Absorción A PAS2	IFAF	25
32	94746	10/06/2019	11/06/2019		ZPM4	4000100571	0010	UT ACUSTICO EN VALV. BBAS ABSOR PAS 2	IFPD	1.500
33	96319	27/06/2019	1/07/2019		ZPM1	1000712675	0020	[IS]Correr Señal Dis/Analog Bba Abs A	IFEL	4
34	96319	2/07/2019	7/07/2019		ZPM1	1000712675	0010	[IS]Conectar Señal Dis/Analog Bba Abs A	IFEL	2
35	52173	7/08/2019	12/08/2019		ZPM2	2002030271	0020	Desamblaje BBa.Transp.Arenado 7821P	IFAF	20
36	52173	12/08/2019	17/08/2019		ZPM2	2002030271	0010	Prep.Bomba Absorcion 7821P -Saliente "A	IFAF	40
37	52173	15/08/2019	30/09/2019		ZPM2	2002030271	0040	Prep.anillo teflon BBa.7821P	IGTN	4
38	52173	26/08/2019	31/08/2019		ZPM2	2002030271	0050	Prep./instala pedestal BBa. 7821P-Spare	IFAF	6
39	96318	28/09/2019	28/09/2019		ZPM1	1000766035	0010	[N]Cambiar empaque de la linea de 2" gase	IFAF	8
40	94998	18/10/2019	19/10/2019		ZPM2	2002349245	0010	Revisar Estado Valvulas 16" Acido Lewis	IFAF	20
41	94998	18/10/2019	21/10/2019		ZPM2	2002349245	0020	Apoyo trabajos Valvula 16"-PAS2	IGTN	8
42	52173	4/11/2019	9/11/2019		ZPM2	2002374500	0010	Revisar bomba Saliente 7821P-B	IFAF	40
43	52173	5/11/2019	11/11/2019		ZPM2	2002374500	0020	Toma espesores BBa. saliente 7821P-B	IFPD	4
44	91449	16/11/2019	16/01/2020		ZPM1	1000790259	0010	Colocar Brida Ciega Linea Abs A&B PAS 2	IFAF	12
45	94998	23/01/2020	5/03/2020	1000121145	ZPM1	1000774800	0010	[IS]Cam Valv Dren 2" bba abs 7821PA PAS2	IFAF	8
46	94998	23/01/2020	5/03/2020	1000123817	ZPM1	1000806383	0010	reempacar válvula de succión de bomba	IFAF	8
47	910356	21/09/2020	27/09/2020		ZPM2	2002868282	0010	MP SISTEMA DE ABSORCIÓN LUBR [2IST]	IFLU	0.500
48	910355	21/10/2020	21/10/2020		ZPM1	1000860952	0010	MC CAMBIO DE UNIDAD DE MANTENIMIENTO	IFLU	0
49	94998	21/10/2020	21/10/2020		ZPM2	2002336529	0010	[IS]Cam Val GATE 16" des bba abs A PAS2	IFAF	30
50	52307	18/12/2020	18/12/2020		ZPM2	2002709869	0010	Empaquetadura Bomba Absorcion 7821P-A	IFAF	5
51	95209	3/04/2021	5/04/2021		ZPM1	1001005842	0010	[NP] Cambio de enfriam sello	IFAF	2
52	94998	15/04/2021	15/04/2021	1000187802	ZPM1	1001010366	0010	[IS]Reemp prensa bb Absorcion 7821P-A	IFAF	5
53	52173	21/04/2021	25/04/2021		ZPM2	2002703896	0020	Tomar espesores partes BBa.7821P-Salient	IFPD	0
54	52172	6/05/2021	7/05/2021		ZPM1	1001023300	0010	Espesores a tuberia ingr bb absorc PAS2	IFPD	8
55	10276	6/05/2021	8/05/2021		ZPM1	1001023339	0010	[N]Rep linea succion en bomba Absorc "A"	IFCM	8

56	97691	6/05/2021	6/05/2021		ZPM1	1001023504	0010	[NP]Seguimiento a trabajos de reparación	IFTR	3
57	52173	10/05/2021	15/05/2021		ZPM2	2002703896	0010	Prep.Bomba Spare 7821P-A	IFAF	54
58	52173	10/05/2021	17/05/2021		ZPM2	2002703896	0040	Arenar/pintar partes Bomba 7821P	IFAP	8
59	94998	11/05/2021	15/05/2021		ZPM1	1001023048	0010	Cortado plancha S23 med 20"X30"X1/4"	IFSO	6
60	52173	11/05/2021	15/05/2021		ZPM2	2002703896	0030	Apoyo traba. Bomba-. Absorcion PAS2	IGTN	3
61	94998	13/05/2021	15/05/2021		ZPM1	1001023048	0020	Rolado plancha S23 20"X30"X1/4"(OD 24")	IFSO	12
62	52173	15/05/2021	22/05/2021		ZPM2	2002703896	0050	Prep.Bomba Spare 7821P-A	IFAF	71
63	10235	8/07/2021	10/07/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0010	Prep.Motor Spare Bba. Absorcion 7821P-A	IFTE	3
64	10235	15/07/2021	17/07/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0020	Prep.Motor Spare Bba. Absorcion 7821P-A	IFTE	3
65	10235	22/07/2021	22/07/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0040	Desm.Motor Spare Bba. Absorcion 7821P-A	IFAF	4
66	10235	22/07/2021	22/07/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0060	Mont.Motor Spare Bba. Absorcion 7821P-A	IFAF	4
67	10235	22/07/2021	25/07/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0080	Aline.Motor Spare Bba. Absorcion 7821P-A	IFPD	0
68	10235	2/08/2021	7/08/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0050	Mantto.Motor Spare Bba. Absorcion 7821PA	IFTE	16
69	10235	11/08/2021	14/08/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0090	Mantto.Motor Spare Bba. Absorcion 7821PA	IFTE	18
70	52172	12/08/2021	12/08/2021		ZPM1	1001073025	0010	Chequeo a bomba absorcion 7821P-A	IFPD	3
71	94998	15/08/2021	15/09/2021		ZPM1	1001090479	0010	[IS]Cambio Bomba ABS 7821P-A - PAS2	IFAF	32
72	94998	17/08/2021	19/08/2021		ZPM1	1001064908	0010	[IS]Reempa bba ABS 7821P-A - PAS2	IFAF	6
73	10235	18/08/2021	21/08/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0100	Mantto.Motor Spare Bba. Absorcion 7821PA	IFTE	18
74	93241	19/08/2021	19/08/2021	2000602532	ZPM1	1001076655	0010	[N] Cambiar empaque y stopa de válvula	IFAF	8
75	10235	23/08/2021	28/08/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0110	Mantto.Motor Spare Bba. Absorcion 7821PA	IFTE	18
76	10235	31/08/2021	4/09/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0120	Rellenar eje motor ambos lados 7821PA	IFSO	6
77	10235	1/09/2021	4/09/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0140	Rellenar 2 tapas motor lados 7821PA	IFSO	6
78	10235	2/09/2021	6/09/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0130	Metalizar ambas tapas motor 7821-PA	IGTN	2
79	10235	2/09/2021	4/09/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0160	Mantto.Motor Spare Bba. Absorcion 7821PA	IFTE	18
80	10235	3/09/2021	6/09/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0150	Metalizar 2 tapas motor lados 7821PA	IGTN	5
81	10235	3/09/2021	5/09/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0170	Desm.Motor Spare Bba. Absorcion 7821P-A	IFAF	1
82	10235	3/09/2021	5/09/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0190	Mont.Motor Spare Bba. Absorcion 7821P-A	IFAF	1
83	94998	3/09/2021	5/09/2021		ZPM1	1001083060	0010	[IS]Reempaque bba ABS 7821P-A PAS2	IFAF	6
84	97691	12/09/2021	12/09/2021	1000227248	ZPM1	1001088600	0010	[NP]Reajuste de prensaestopas de la válv	IFTR	3
85	94998	15/09/2021	18/10/2021		ZPM1	1001090479	0020	[IS]Alineamient Bomba ABS 7821P-A - PAS2	IFPD	3
86	97691	15/09/2021	15/09/2021		ZPM1	1001090939	0010	[NP]Prueba de rotación, habilitación de	IFTR	6
87	52173	21/09/2021	25/09/2021		ZPM2	2003299352	0030	Eval.comp.Bomba 7821P-B saliente/recup	IFAF	12
88	96319	22/09/2021	25/09/2021		ZPM1	1001091250	0010	Mantto Motor Electrico 7821P-A PAS 2	IFTE	18
89	52173	23/09/2021	25/09/2021		ZPM2	2003299352	0040	Retirar bocina/anillos comp. BBa. 7821P	IFSO	0

90	52173	27/09/2021	28/09/2021		ZPM2	2003299352	0050	Eval.comp.Bomba 7821P-B saliente/recup	IFAF	20
91	52173	28/09/2021	28/09/2021		ZPM2	2003299352	0060	Traslado componentes Arenado/Zona1-7821P	IFAF	6
92	96319	29/09/2021	2/10/2021		ZPM1	1001091250	0020	Mantto Motor Electrico 7821P-A PAS 2	IFTE	12
93	52173	30/09/2021	18/10/2021		ZPM2	2003299352	0020	Tomar espesores Bomba 7821P-A Saliente	IFPD	3
94	52173	2/10/2021	2/10/2021		ZPM2	2003299352	0080	[N]Retirar bocina/anillos comp. BBa. 782	IFSO	6
95	94998	5/10/2021	9/10/2021		ZPM1	1001098404	0010	[IS]Desacoplar Motor/bomba 7821PA - PAS2	IFAF	4
96	94998	5/10/2021	10/10/2021		ZPM1	1001098404	0020	[IS]Prue rotac/amper Motor 7821PA - PAS2	IFEL	2
97	94998	5/10/2021	5/10/2021		ZPM1	1001098404	0030	[IS]Acoplar Motor/bomba 7821PA - PAS2	IFAF	4
98	52173	6/10/2021	9/10/2021		ZPM2	2003299352	0070	Arenar/pintar partes Bba. 7821P	IFAP	6
99	52173	25/10/2021	27/11/2021		ZPM2	2003299352	0010	Rep. Bomba 7821P- Spare	IFAF	60
100	52173	26/10/2021	2/11/2021		ZPM2	2003299352	0090	Apoyo traba.Bbba. 7821P-Spare	IGTN	8
101	97691	28/10/2021	28/10/2021		ZPM1	1001114255	0010	[NP]Inspección de la Bomba de absorción	IFTR	8
102	52173	3/11/2021	27/11/2021		ZPM2	2003299352	0100	Prep./inst.pedestal Bba.Absorcion 7821P	IFAF	48
103	910356	5/11/2021	18/11/2021		ZPM1	1001117154	0010	Acondicionamiento tubería de lubr	IFLU	0.400
104	910356	5/11/2021	18/11/2021		ZPM1	1001117154	0020	Reengrase	IFLU	0.200
105	96319	10/11/2021	22/02/2022		ZPM1	1001091250	0040	Mantto Motor Electrico 7821P-A PAS 2	IFTE	12
106	10235	12/11/2021	25/12/2021		ZPM1	1001120382	0010	Rellenar Eje rotor motor Absorcion 7821C	IFSO	12
107	10235	12/11/2021	22/12/2021		ZPM1	1001120382	0020	Maquinar Eje rotor motor Absorcion 7821C	IGTN	6
108	91311	11/12/2021	11/12/2021		ZPM1	1001135649	0020	[N] Fabricar malla y protectores motor	IFSO	40
109	52173	11/12/2021	11/12/2021		ZPM2	2003488795	0010	[N] Camb.base metalica Absorcion PAS2	IFAF	6
110	72033	12/12/2021	12/12/2021		ZPM1	1001134000	0030	Modificacion linea de 4" y 2" - M	IFAF	0
111	72033	12/12/2021	20/12/2021		ZPM1	1001134000	0050	Modificacion de canuto 10" en descarga	IFCM	80
112	72033	12/12/2021	20/12/2021		ZPM1	1001134000	0060	Modificacion linea de 4" y 2"	IFCM	24
113	72033	13/12/2021	20/12/2021		ZPM1	1001134000	0040	Soldeo de manhole	IFCM	40
114	910356	13/12/2021	20/12/2021		ZPM1	1001135040	0010	Cambio de grasa	IFLU	1
115	910356	13/12/2021	21/12/2021	2000638186	ZPM1	1001138220	0010	Engrase de acople B. Absorsion	IFLU	1
116	91311	15/12/2021	27/12/2021		ZPM1	1001135649	0010	Instalacion nuevo acople por motor	IFAF	0
117	96753	17/12/2021	29/01/2022		ZPM1	1001136556	0010	Lubricacion de Motor Absorción PAS2	IFLU	8
118	10235	18/12/2021	18/12/2021		ZPM1	1001136527	0110	[N] Preparación Soporte Temporal	IFSO	42
119	10235	18/12/2021	18/12/2021		ZPM1	1001136527	0120	[N] Preparación de Guardas/Malla protecc	IFSO	78
120	10235	20/12/2021	27/12/2021		ZPM1	1001136527	0010	Prep. Motor 800HP Bba. Absorcion 7821P-A	IFTE	6
121	10235	20/12/2021	27/12/2021		ZPM1	1001136527	0090	Adaptar (acople) sensor de vibracion mot	IFIN	1
122	10235	20/12/2021	26/12/2021		ZPM1	1001136527	0130		IFEL	4
123	10276	20/12/2021	26/12/2021		ZPM1	1001139714	0010	[N]Mod. de tubería 4" Saramet	IFCM	24

124	10235	21/12/2021	26/12/2021		ZPM1	1001136527	0020	Desconec.Motor Bomba Absorcion 7811	IFEL	3
125	10235	21/12/2021	30/12/2021		ZPM1	1001136527	0030	Desmomt. Motor Bomba Absorcion 7811	IFAF	0
126	10235	21/12/2021	30/12/2021		ZPM1	1001136527	0040	Montar Motor 800HP Bba. Absorc.7821P-A	IFAF	0
127	10235	21/12/2021	26/12/2021		ZPM1	1001136527	0050	Conectar Motor 800HP Bba. Absorc.7821P-A	IFEL	3
128	10235	21/12/2021	27/12/2021		ZPM1	1001136527	0060	Desconectar sensor de vibración de motor	IFIN	1.500
129	10235	21/12/2021	27/12/2021		ZPM1	1001136527	0070	Conectar sensor de vibración de motor	IFIN	1.500
130	10235	21/12/2021	21/12/2021		ZPM1	1001136527	0100	Alinear Motor 800HP Bba. Absorc.7821P-A	IFPD	4
131	52173	21/12/2021	30/12/2021		ZPM2	2003554185	0010	Inst.conex/Camb.BBA Absorcion 7821P-A	IFAF	0
132	10235	24/12/2021	29/12/2021		ZPM1	1001136527	0080	Adaptar (acople) sensor de vibracion mot	IGTN	4
133	52173	28/12/2021	22/01/2022		ZPM2	2003564827	0010	Evaluar componentes Bomba Absorcion PA	IFAF	12
134	96319	20/01/2022	22/01/2022		ZPM1	1001113311	0010	Mantto Motor 7821P Absorcion PAS 2 SPARE	IFTE	4
135	52173	20/01/2022	22/01/2022		ZPM2	2003564827	0020	Evaluar componentes Bomba Absorcion PA	IFAF	12
136	52173	22/01/2022	10/03/2022		ZPM2	2003564827	0030	Toma espesores comp. Bba. 7821P salient	IFPD	2
137	52173	3/02/2022	5/02/2022		ZPM2	2003564827	0040	Evaluar componentes Bomba Absorcion PA	IFAF	24
138	52173	3/02/2022	10/03/2022		ZPM2	2003564827	0050	Toma espesores comp. Bba. 7821P salient	IFPD	3
139	910356	1/03/2022	5/03/2022		ZPM1	1001171340	0010	ACOPLAMIENTO CAMBIO DE GRASA	IFLU	0.800
140	910356	1/03/2022	5/03/2022		ZPM1	1001171340	0020	CAMBIO DE ACEITE DEL DEPOSITO	IFLU	2
141	94998	16/03/2022	17/03/2022		ZPM1	1001177985	0010	CAMBIO BBA ABSORCION 7821-PA PAS2	IFAF	46
142	94746	16/03/2022	19/03/2022		ZPM1	1001178866	0010	Alineamiento bba. absorcion A - PAS 2	IFPD	9
143	94746	16/03/2022	20/03/2022		ZPM1	1001178866	0020	Pruebas varias bba. absorcion A-PAS 2	IFPD	5
144	94746	17/03/2022	17/03/2022		ZPM1	1001178867	0010	Alineam/Pruebas bba. absorcion A - PAS 2	IFPD	5
145	94746	17/03/2022	17/03/2022		ZPM1	1001178867	0020	Pruebas varias bba. absorcion A - PAS 2	IFPD	5
146	96319	24/03/2022	24/03/2022	1000263670	ZPM1	1001178818	0010	Conect line tierra motor Bb A Absor PAS2	IFEL	3
147	52173	4/05/2022	6/05/2022		ZPM2	2003700050	0020	Toma espes. componentes BBa 7821 Salient	IFPD	0
148	93241	24/05/2022	24/05/2022	2000685166	ZPM1	1001213183	0010	Eliminar fuga de ácido por brida	IFAF	11
149	94998	4/07/2022	15/08/2022		ZPM2	2003861363	0010	Tendido de tubería para Rotámetro 7821PA	IFAF	2
150	94998	6/07/2022	6/07/2022	2000693708	ZPM1	1001230680	0010	Cambio Empaq Brida desc BBA ABS-A PAS2	IFAF	5
151	94998	6/07/2022	6/07/2022	1000284883	ZPM1	1001232963	0010	Reempacar bomba absorcion 7821P-A PAS2	IFAF	6
152	52173	11/07/2022	14/07/2022		ZPM2	2003878534	0010	Limp./evaluar Bomba 7821P Spare	IFAF	36
153	94998	15/07/2022	15/07/2022		ZPM1	1001240724	0010	Reajuste Perneria Brida Desc bba 7821P-A	IFAF	4
154	94998	18/07/2022	15/08/2022		ZPM2	2003861363	0030	Tendido de tubería para Rotámetro 7821PA	IFAF	1
155	96319	20/07/2022	23/07/2022		ZPM1	1001091250	0060	Metalizar tapa Eléctrico 7821P-A PAS 2	IGTN	4
156	96319	20/07/2022	30/07/2022		ZPM1	1001091250	0070	[N]Rellenar eje de Motor 7821P-A PAS 2]	IFSO	6
157	96319	20/07/2022	23/07/2022		ZPM1	1001091250	0080	Maquinar Eje de motor 7821P-A PAS 2]	IGTN	0

158	94998	20/07/2022	20/07/2022		ZPM2	2003861363	0040	Prep tuberias y niples Rotametro 7821PA	IGSA	12
159	96319	23/07/2022	23/07/2022		ZPM1	1001091250	0050	Pintar Motor Electrico 7821P-A PAS 2	IFAP	6
160	96319	25/07/2022	30/07/2022		ZPM1	1001091250	0030	Mantto Motor Electrico 7821P-A PAS 2	IFTE	18
161	96319	5/08/2022	5/08/2022		ZPM1	1001091250	0090	Balancear Rotor de motor 7821P-A PAS2	IFTE	4
162	94998	5/08/2022	3/09/2022		ZPM2	2003861363	0050	Tendido de tuberia para Rotametro 7821PA	IFAF	12
163	94998	11/08/2022	12/08/2022		ZPM2	2003861363	0070	Tendido de tuberia para Rotametro 7821PA	IFAF	20
164	94998	15/08/2022	20/08/2022		ZPM2	2003861363	0090	Instalacion rotametro 7821PA	IFAF	4
165	94998	17/08/2022	17/08/2022		ZPM2	2002489667	0010	[IS]Reemp Valv 24" SUC BBA ABS A PAS2	IFAF	4
166	94998	17/08/2022	17/08/2022		ZPM2	2003910593	0010	[IS]Reemp Valv 16" DES BBA ABS A AS2	IFAF	4
167	94998	20/08/2022	20/08/2022		ZPM2	2003861363	0020	Instalacion Rotametro Sello Aira 7821PA	IFAF	6
168	10235	31/08/2022	3/09/2022		ZPM1	1001147172	0020	Pruebas,Pintado Motor 7821P PAS 2 400HP	IFTE	6
169	10235	2/09/2022	5/09/2022		ZPM1	1001147172	0030	Maquin.Coupling Motor 7821P PAS 2 400HP	IGTN	4
170	10235	3/09/2022	3/09/2022		ZPM1	1001147172	0040	Inst. Coupling Motor 7821P PAS 2 400HP	IFTE	2
171	52173	8/09/2022	8/09/2022		ZPM2	2003547258	0040	Arenar/pintar componentes Bba. 7821P	IFAP	8
172	52173	9/09/2022	9/09/2022		ZPM2	2003547258	0020	Rev.compontes/trasd arenado BBa. 7821P	IFAF	29
173	52173	9/09/2022	9/09/2022		ZPM2	2003547258	0030	Tomar espes.compontes Bba.7821P Spare	IFPD	3
174	52173	15/09/2022	17/09/2022		ZPM2	2003547258	0010	Preparar Bomba Absorcion PAS2- Spare	IFAF	10
175	52173	20/09/2022	24/09/2022		ZPM2	2003547258	0050	Preparar Bomba Absorcion PAS2- Spare	IFAF	10
176	10235	26/09/2022	2/10/2022	1000301604	ZPM1	1001273440	0010	Limp filtros de motor Bb Absorción 7821P	IFEL	16
177	52173	26/09/2022	27/09/2022		ZPM2	2003299353	0010	Prep. Bomba 7821P-Spare	IFAF	20
178	52173	28/09/2022	1/10/2022		ZPM2	2003547258	0060	Prep. Bomba Absorcion PAS2 Spare	IFAF	26
179	52173	3/10/2022	7/10/2022		ZPM2	2002688186	0010	Mtto.a BBa.Bba. Absorcion 7821P-A	IFAF	8
180	51778	8/10/2022	15/10/2022		ZPM1	1001137250	0010	[RGA] Reemplazo de rele de Proteccion	IFEL	4
181	52173	10/10/2022	17/10/2022		ZPM2	2003547258	0080	Apoyo trabajos Bba. Absorcion PAS2	IGTN	3
182	94998	12/10/2022	17/10/2022	1000303129	ZPM1	1001286253	0010	Remediar obstruccion sello absorcion PAS2	IFAF	4
183	52173	14/10/2022	17/10/2022		ZPM2	2003547258	0070	Prep. Bomba Absorcion PAS2 Spare	IFAF	18
184	98909	15/10/2022	17/10/2022		ZPM1	1001287705	0010	[NP] Cambiar válvula de descarga 16" de	IFAF	45
185	52173	27/10/2022	24/11/2022		ZPM2	2003700050	0010	Prep/instalar pedestal BBa. Spare 7821P	IFAF	7
186	52173	29/10/2022	29/10/2022	2000732696	ZPM1	1001290535	0010	Revisar regulador sello BB Abs-A PAS-2	IFAF	3
187	94998	14/11/2022	19/11/2022		ZPM1	1001155101	0010	Mantto. Bomba 7821P. SPARE PAS2	IFAF	20
188	94998	17/11/2022	17/11/2022		ZPM1	1001155101	0020	Apoyo trabajos Bomba Absorc. PAS2	IGTN	4
189	52173	21/11/2022	25/11/2022		ZPM2	2003700050	0030	Prep./trasld pedestal BBa. 7821P	IFAF	18
190	94998	7/12/2022	4/01/2023		ZPM2	2003861363	0060	Prep tuberias y niples Rotametro 7821PA	IGSA	12
191	94998	7/12/2022	4/01/2023		ZPM2	2003861363	0080	Prep tuberias y niples Rotametro 7821PA	IGSA	4

192	96365	15/12/2022	15/12/2022	1000260147	ZPM2	2003670183	0010	Instalar rotámetro bomba ABS de PAS2	IFIN	1
193	910355	30/12/2022	2/01/2023		ZPM2	2004090829	0010	MP SISTEMA DE ABSORCIÓN LUBR [3IST]	IFLU	1.300
194	93241	2/01/2023	2/01/2023	2000753461	ZPM1	1001326782	0010	PAS2. Area 78 Bomba 7821P-A	IFAF	2
195	94998	17/01/2023	17/01/2023		ZPM1	1001332966	0010	Reempa Val 16" descarg 7821P-A PAS2	IFAF	6
196	94998	17/01/2023	17/01/2023		ZPM1	1001333008	0010	Reempa Bba Abs 7821P-A - PAS2	IFAF	4
197	94998	17/01/2023	17/01/2023		ZPM1	1001333008	0020	Rev/limpiar L.Aire Sello Bba Abs 7821P-A	IFAF	4
198	94998	17/01/2023	17/01/2023		ZPM1	1001333008	0030	Cambiar empaque descarga Bba 7821P-A	IFAF	8
199	910355	17/01/2023	18/01/2023		ZPM2	2004185825	0010	LUBRICAR SELLO	IFLU	0.200
200	910355	17/01/2023	18/01/2023		ZPM2	2004185825	0020	CAMBIAR DE GRASA	IFLU	0.200
201	10235	22/02/2023	22/02/2023		ZPM1	1001180283	0010	[C]Relay protección mot. Bbas Absor.PAS2	IFEL	0
202	10235	22/02/2023	22/02/2023		ZPM1	1001180283	0020	Trabajo preliminar Inst rele Bbas Abs.PAS2	IFEL	0
203	94998	15/03/2023	16/03/2023		ZPM1	1001365411	0010	Reempacar bomba ABS 7821P-A PAS2	IFAF	6
204	93412	28/03/2023	31/03/2023		ZPM2	2003715496	0030	SIC_ENSAM TABLER MONIT VIBR BOMB ABS AyB	IFIN	10.400
205	93412	29/03/2023	3/04/2023		ZPM2	2003715496	0040	PRUB PRECOMISIONAMIENTO DE SENSORES Y TX	IFIN	21.200
206	10235	5/04/2023	5/04/2023		ZPM1	1001301920	0090	Correr hilo y acople sensor vib motor ab	IGTN	4
207	10235	5/04/2023	8/04/2023		ZPM1	1001301920	0100	Ubicar acople sensor vib motor absorcion	IFTE	1
208	910355	11/04/2023	13/04/2023		ZPM1	1001383786	0010	Cambiar de grasa	IFLU	0.200
209	910355	11/04/2023	13/04/2023		ZPM1	1001383786	0020	Lubricar sello	IFLU	0.400
210	93412	12/04/2023	15/04/2023		ZPM2	2003715496	0050	CONFIGURAR SIST VIBR BOMBA ABSORCIÓN A/B	IFIN	5.300
211	93412	25/04/2023	1/05/2023		ZPM2	2003715496	0060	CONEXIÓN DE CABLES A TABLILLA BBA ABSORA	IFIN	8
212	93412	26/04/2023	1/05/2023		ZPM2	2003715496	0070	CONEXIÓN DE CABLES A TABLILLA BBA ABSORB	IFIN	8
213	10235	16/05/2023	16/05/2023		ZPM1	1001301920	0060	Alineamiento motor electrico 7821P 400HP	IFPD	2
214	10235	17/05/2023	21/05/2023		ZPM1	1001301920	0110	Pasar cable para sensor vibr motor bba B	IFIN	8
215	93412	31/05/2023	2/06/2023		ZPM2	2003715496	0080	PASAR CABLE DEL SENSOR A CAJA BBA ABSORB	IFIN	0
216	93412	1/06/2023	2/06/2023		ZPM2	2003715496	0090	VERIFICAR SEÑALES DE VIBRACION ABSOR B	IFIN	0
217	93412	11/07/2023	14/07/2023		ZPM2	2003715496	0010	SID_IMPL.MONITOR/SENSOR VIB,BOMBA ABS A	IFIN	10.400

218	93412	12/07/2023	14/07/2023		ZPM2	2003715496	0020	SID_IMPL.MONITOR/SENSOR VIB,BOMBA ABS B	IFIN	1
219	72033	2/08/2023	19/08/2023		ZPM1	1001134000	0010	Preparacion Linea de Refrigeración	IFAF	6
220	72033	2/08/2023	19/08/2023		ZPM1	1001134000	0020	Modificacion de canuto 10" en descarga-M	IFAF	6
221	93412	16/08/2023	19/08/2023		ZPM2	2003715496	0120	HABIL NUEVOS SENSORS VIB.BOMBAS ABS,PAS2	IFIN	4
222	10235	2/07/2021	22/07/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0030	Desc.Motor Spare Bba. Absorcion 7821P-A	IFEL	0
223	10235	2/07/2021	22/07/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0070	Conec.Motor Spare Bba. Absorcion 7821P-A	IFEL	0
224	10235	2/07/2021	22/07/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0180	Aline.Motor Spare Bba. Absorcion 7821P-A	IFPD	0
225	10235	2/07/2021	22/07/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0200	Mantto.Motor Spare Bba. Absorcion 7821PA	IFTE	0
226	93242	6/08/2015	7/04/2016		ZPM2	2000152612	0030	ISASTOP MAR2016 Reempaque de prensaestop	IFAF	0
227	96319	18/05/2016	23/06/2016		ZPM2	2000507484	0010	[IS]Calibración limit carrera Act BBA Ab	IFEL	0
228	92492	6/12/2017	14/01/2019		ZPM2	2001294957	0010	[IS] CAMBIO VALV SUCC BBA ABSORC PAS2	IFAF	0
229	52173	3/04/2019	12/08/2019		ZPM2	2002030271	0030	Arenar/pintar partes Bba.7821P	IFAP	0
230	52173	27/04/2016	15/08/2016	3000034744	ZPM4	4000020617	0020	Aumentar 3'base soporte Bba. Absorción	IFSO	0
231	52173	27/04/2016	15/08/2016	3000034744	ZPM4	4000020617	0040	Arenar/pintar soporte Bba.Absorcion PAS2	IFAP	0
232	52173	27/04/2016	15/08/2016	3000034744	ZPM4	4000020617	0050	Aumentar 3' base/coloc soport anclar BBA	IFSO	0
233	52173	27/04/2016	15/08/2016	3000034744	ZPM4	4000020617	0070	Arenar/pintar partes BBA.absorción Spare	IFAP	0
234	52173	27/04/2016	15/08/2016	3000034744	ZPM4	4000020617	0080	Apoyo Trabajos BBA. Absorción PAS2	IGTN	0
235	52173	27/04/2016	15/08/2016	3000034744	ZPM4	4000020617	0100	Arenar/Pinta Estructura Bomba Absorcikon	IFAP	0
236	52173	27/04/2016	15/08/2016	3000034744	ZPM4	4000020617	0110	Prep./instalar pedestal Bba.Absorción	IFAF	0

Fuente: Elaboración Propia.

10.3. Anexo N° 3: Lista de OMs eliminadas, no relacionadas con el equipo

Anexo N° 3: Lista de OMs eliminadas, no relacionadas con el equipo

Ítem	Clase de orden	Orden	Operación	Texto breve operación	Pto.tbjo.responsable	Fecha de inicio real	Fecha de fin real
1	ZPM2	2000400461	0010	ISASTOP CONSUMIBLES TRABAJOS RUTINARIOS	IFAF	7/04/2016	7/04/2016
2	ZPM2	2000452725	0010	Realizar pruebas valvula # VAI410443	IFAF	7/04/2016	7/04/2016
3	ZPM1	1000292041	0010	Revisar trabajo puerta PVC area 78	IGSA	6/06/2017	6/06/2017
4	ZPM1	1000790259	0010	Colocar Brida Ciega Linea Abs A&B PAS 2	IFAF	16/11/2019	16/01/2020
5	ZPM1	1001023504	0010	[NP]Seguimiento a trabajos de reparación	IFTR	6/05/2021	6/05/2021
6	ZPM1	1001134000	0030	Modificacion linea de 4" y 2" - M	IFAF	12/12/2021	12/12/2021
7	ZPM1	1001134000	0050	Modificacion de canuto 10" en descarga	IFAF	12/12/2021	20/12/2021
8	ZPM1	1001134000	0060	Modificacion linea de 4" y 2"	IFAF	12/12/2021	20/12/2021
9	ZPM1	1001134000	0040	Soldeo de manhole	IFAF	13/12/2021	20/12/2021
10	ZPM1	1001136527	0130		IFEL	20/12/2021	26/12/2021
11	ZPM1	1001139714	0010	[N]Mod. de tubería 4" Saramet	IFCM	20/12/2021	26/12/2021
12	ZPM1	1001171340	0020	CAMBIO DE ACEITE DEL DEPOSITO	IFLU	1/03/2022	5/03/2022
13	ZPM1	1001326782	0010	PAS2. Area 78 Bomba 7821P-A	IFAF	2/01/2023	2/01/2023
14	ZPM2	2004185825	0010	LUBRICAR SELLO	IFLU	17/01/2023	18/01/2023
15	ZPM1	1001383786	0020	Lubricar sello	IFLU	11/04/2023	13/04/2023
16	ZPM1	1001134000	0020	Modificacion de canuto 10" en descarga-M	IFAF	2/08/2023	19/08/2023
17	ZPM2	2000152612	0030	ISASTOP MAR2016 Reempaque de prensaestop	IFAF	6/08/2015	7/04/2016

Fuente: Elaboración Propia.

10.4. Anexo N° 4: Lista de OMs eliminadas, relacionadas con trabajos de reparación de la bomba

Anexo N° 4: Lista de OMs eliminadas, relacionadas con trabajos de reparación de la bomba

Ítem	Clase de orden	Orden	Operación	Texto breve operación	Fecha de inicio real	Fecha de fin real
1	ZPM4	4000020617	0020	Aumentar 3'base soporte Bba. Absorción	27/04/2016	15/08/2016
2	ZPM4	4000020617	0040	Arenar/pintar soporte Bba.Absorción PAS2	27/04/2016	15/08/2016
3	ZPM4	4000020617	0050	Aumentar 3' base/coloc soport anclar BBa	27/04/2016	15/08/2016
4	ZPM4	4000020617	0070	Arenar/pintar partes BBa.absorción Spare	27/04/2016	15/08/2016
5	ZPM4	4000020617	0080	Apoyo Trabajos BBa. Absorción PAS2	27/04/2016	15/08/2016
6	ZPM4	4000020617	0100	Arenar/Pinta Estructura Bomba Absorción	27/04/2016	15/08/2016
7	ZPM4	4000020617	0110	Prep./instalar pedestal Bba.Absorción	27/04/2016	15/08/2016
8	ZPM4	4000020617	0030	Trasladar Soldadura/arenado base Bomba	15/08/2016	16/08/2016
9	ZPM4	4000020617	0010	Manto bb absorción de PAS 2	17/08/2016	17/08/2016
10	ZPM4	4000020617	0060	Rep.Bomba Absorción PAS2 Spare	21/11/2016	26/11/2016
11	ZPM4	4000020617	0090	Prep.Bomba Absorción Spare	28/11/2016	6/12/2016
12	ZPM2	2002030271	0030	Arenar/pintar partes Bba.7821P	3/04/2019	12/08/2019
13	ZPM2	2002030271	0020	Desamblaje BBa.Transp.Arenado 7821P	7/08/2019	12/08/2019
14	ZPM2	2002030271	0010	Prep.Bomba Absorción 7821P -Saliente "A	12/08/2019	17/08/2019
15	ZPM2	2002030271	0040	Prep.anillo teflon BBa.7821P	15/08/2019	30/09/2019
16	ZPM2	2002030271	0050	Prep./instala pedestal BBa. 7821P-Spare	26/08/2019	31/08/2019
17	ZPM2	2002374500	0010	Revisar bomba Saliente 7821P-B	4/11/2019	9/11/2019
18	ZPM2	2002374500	0020	Toma espesores BBa. saliente 7821P-B	5/11/2019	11/11/2019
19	ZPM2	2002703896	0020	Tomar espesores partes BBa.7821P-Salient	21/04/2021	25/04/2021
20	ZPM2	2002703896	0010	Prep.Bomba Spare 7821P-A	10/05/2021	15/05/2021
21	ZPM2	2002703896	0040	Arenar/pintar partes Bomba 7821P	10/05/2021	17/05/2021
22	ZPM2	2002703896	0030	Apoyo traba. Bomba-. Absorción PAS2	11/05/2021	15/05/2021
23	ZPM2	2002703896	0050	Prep.Bomba Spare 7821P-A	15/05/2021	22/05/2021
24	ZPM2	2003299352	0030	Eval.comp.Bomba 7821P-B saliente/recup	21/09/2021	25/09/2021
25	ZPM2	2003299352	0040	Retirar bocina/anillos comp. BBa. 7821P	23/09/2021	25/09/2021

26	ZPM2	2003299352	0050	Eval.comp.Bomba 7821P-B saliente/recup	27/09/2021	28/09/2021
27	ZPM2	2003299352	0060	Traslado componentes Arenado/Zona1-7821P	28/09/2021	28/09/2021
28	ZPM2	2003299352	0020	Tomar espesores Bomba 7821P-A Saliente	30/09/2021	18/10/2021
29	ZPM2	2003299352	0080	[N]Retirar bocina/anillos comp. BBa. 782	2/10/2021	2/10/2021
30	ZPM2	2003299352	0070	Arenar/pintar partes Bba. 7821P	6/10/2021	9/10/2021
31	ZPM2	2003299352	0010	Rep. Bomba 7821P- Spare	25/10/2021	27/11/2021
32	ZPM2	2003299352	0090	Apoyo traba.Bbba. 7821P-Spare	26/10/2021	2/11/2021
33	ZPM1	1001114255	0010	[NP]Inspección de la Bomba de absorción	28/10/2021	28/10/2021
34	ZPM2	2003299352	0100	Prep./inst.pedestal Bba.Absorción 7821P	3/11/2021	27/11/2021
35	ZPM2	2003564827	0010	Evaluar componentes Bomba Absorción PA	28/12/2021	22/01/2022
36	ZPM2	2003564827	0020	Evaluar componentes Bomba Absorción PA	20/01/2022	22/01/2022
37	ZPM2	2003564827	0030	Toma espesores comp. Bba. 7821P salient	22/01/2022	10/03/2022
38	ZPM2	2003564827	0040	Evaluar componentes Bomba Absorción PA	3/02/2022	5/02/2022
39	ZPM2	2003564827	0050	Toma espesores comp. Bba. 7821P salient	3/02/2022	10/03/2022
40	ZPM2	2003700050	0020	Toma espes. componentes BBa 7821 Salient	4/05/2022	6/05/2022
41	ZPM2	2003878534	0010	Limp./evaluar Bomba 7821P Spare	11/07/2022	14/07/2022
42	ZPM2	2003547258	0040	Arenar/pintar componentes Bba. 7821P	8/09/2022	8/09/2022
43	ZPM2	2003547258	0020	Rev.compontes/trasd arenado BBa. 7821P	9/09/2022	9/09/2022
44	ZPM2	2003547258	0030	Tomar espes.compontes Bba.7821P Spare	9/09/2022	9/09/2022
45	ZPM2	2003547258	0010	Preparar Bomba Absorción PAS2- Spare	15/09/2022	17/09/2022
46	ZPM2	2003547258	0050	Preparar Bomba Absorción PAS2- Spare	20/09/2022	24/09/2022
47	ZPM2	2003299353	0010	Prep. Bomba 7821P-Spare	26/09/2022	27/09/2022
48	ZPM2	2003547258	0060	Prep. Bomba Absorción PAS2 Spare	28/09/2022	1/10/2022
49	ZPM2	2002688186	0010	Mtto.a BBa.Bba. Absorción 7821P-A	3/10/2022	7/10/2022
50	ZPM2	2003547258	0080	Apoyo trabajos Bba. Absorción PAS2	10/10/2022	17/10/2022
51	ZPM2	2003547258	0070	Prep. Bomba Absorción PAS2 Spare	14/10/2022	17/10/2022
52	ZPM2	2003700050	0010	Prep./instalar pedestal BBa. Spare 7821P	27/10/2022	24/11/2022
53	ZPM1	1001155101	0010	Manitto. Bomba 7821P. SPARE PAS2	14/11/2022	19/11/2022
54	ZPM1	1001155101	0020	Apoyo trabajos Bomba Absorc. PAS2	17/11/2022	17/11/2022
55	ZPM2	2003700050	0030	Prep./trasld pedestal BBa. 7821P	21/11/2022	25/11/2022

Fuente: Elaboración Propia.

10.5. Anexo N° 5: Lista de OMs eliminadas, relacionadas con trabajos de reparación del motor eléctrico

Anexo N° 5: Lista de OMs eliminadas, relacionadas con trabajos de reparación del motor eléctrico

Ítem	Clase de orden	Orden	Operación	Texto breve operación	Fecha de inicio real	Fecha de fin real
1	ZPM1	1000339914	0010	Mantto Motor electrico 7821PB PAS2	5/11/2018	10/11/2018
2	ZPM1	1000339914	0030	Maq.Eje rotor Motor elect. 7821PB PAS2	8/11/2018	12/11/2018
3	ZPM1	1000339914	0020	Rellenar eje Motor electrico 7821PB PAS2	13/11/2018	18/11/2018
4	ZPM1	1000339914	0050	Mantto Motor electrico 7821PB PAS2	26/11/2018	1/12/2018
5	ZPM1	1000339914	0040	Maq.Tapas rotor Motor elect. 7821PB PAS2	27/11/2018	3/12/2018
6	ZPM1	1000339914	0060	Mantto Motor electrico 7821PB PAS2	3/12/2018	7/12/2018
7	ZPM1	1000339914	0070	Mantto Motor electrico 7821PB PAS2	13/12/2018	15/12/2018
8	ZPM1	1000339914	0090	Arenar y pintar tapas motor 7821PB PAS2	31/12/2018	3/09/2019
9	ZPM1	1000339914	0080	Mantto Motor electrico 7821PB PAS2	3/01/2019	21/11/2019
10	ZPM1	1000643500	0010	Mantto Motor 7821P- Bomba Absorcion	11/02/2019	16/02/2019
11	ZPM1	1001052268	0200	Mantto.Motor Spare Bba. Absorcion 7821PA	2/07/2021	22/07/2021
12	ZPM1	1001052268	0010	Prep.Motor Spare Bba. Absorcion 7821P-A	8/07/2021	10/07/2021
13	ZPM1	1001052268	0020	Prep.Motor Spare Bba. Absorcion 7821P-A	15/07/2021	17/07/2021
14	ZPM1	1001052268	0040	Desm.Motor Spare Bba. Absorcion 7821P-A	22/07/2021	22/07/2021
15	ZPM1	1001052268	0060	Mont.Motor Spare Bba. Absorcion 7821P-A	22/07/2021	22/07/2021
16	ZPM1	1001052268	0080	Aline.Motor Spare Bba. Absorcion 7821P-A	22/07/2021	25/07/2021
17	ZPM1	1001052268	0050	Mantto.Motor Spare Bba. Absorcion 7821PA	2/08/2021	7/08/2021
18	ZPM1	1001052268	0090	Mantto.Motor Spare Bba. Absorcion 7821PA	11/08/2021	14/08/2021
19	ZPM1	1001052268	0100	Mantto.Motor Spare Bba. Absorcion 7821PA	18/08/2021	21/08/2021
20	ZPM1	1001052268	0110	Mantto.Motor Spare Bba. Absorcion 7821PA	23/08/2021	28/08/2021
21	ZPM1	1001052268	0120	Rellenar eje motor ambos lados 7821PA	31/08/2021	4/09/2021
22	ZPM1	1001052268	0140	Rellenar 2 tapas motor lados 7821PA	1/09/2021	4/09/2021
23	ZPM1	1001052268	0130	Metalizar ambas tapas motor 7821-PA	2/09/2021	6/09/2021
24	ZPM1	1001052268	0160	Mantto.Motor Spare Bba. Absorcion 7821PA	2/09/2021	4/09/2021
25	ZPM1	1001052268	0150	Metalizar 2 tapas motor lados 7821PA	3/09/2021	6/09/2021
26	ZPM1	1001052268	0170	Desm.Motor Spare Bba. Absorcion 7821P-A	3/09/2021	5/09/2021

27	ZPM1	1001052268	0190	Mont.Motor Spare Bba. Absorcion 7821P-A	3/09/2021	5/09/2021
28	ZPM1	1001091250	0010	Mantto Motor Electrico 7821P-A PAS 2	22/09/2021	25/09/2021
29	ZPM1	1001091250	0020	Mantto Motor Electrico 7821P-A PAS 2	29/09/2021	2/10/2021
30	ZPM1	1001091250	0040	Mantto Motor Electrico 7821P-A PAS 2	10/11/2021	22/02/2022
31	ZPM1	1001120382	0010	Rellenar Eje rotor motor Absorcion 7821C	12/11/2021	25/12/2021
32	ZPM1	1001120382	0020	Maquinar Eje rotor motor Absorcion 7821C	12/11/2021	22/12/2021
33	ZPM1	1001136527	0010	Prep. Motor 800HP Bba. Absorcion 7821P-A	20/12/2021	27/12/2021
34	ZPM1	1001091250	0060	Metalizar tapa Eléctrico 7821P-A PAS 2	20/07/2022	23/07/2022
35	ZPM1	1001091250	0070	[N]Rellenar eje de Motor 7821P-A PAS 2]	20/07/2022	30/07/2022
36	ZPM1	1001091250	0080	Maquinar Eje de motor 7821P-A PAS 2]	20/07/2022	23/07/2022
37	ZPM1	1001091250	0050	Pintar Motor Electrico 7821P-A PAS 2	23/07/2022	23/07/2022
38	ZPM1	1001091250	0030	Mantto Motor Electrico 7821P-A PAS 2	25/07/2022	30/07/2022
39	ZPM1	1001091250	0090	Balancear Rotor de motor 7821P-A PAS2	5/08/2022	5/08/2022
40	ZPM1	1001147172	0020	Pruebas,Pintado Motor 7821P PAS 2 400HP	31/08/2022	3/09/2022
41	ZPM1	1001147172	0030	Maquin.Coupling Motor 7821P PAS 2 400HP	2/09/2022	5/09/2022
42	ZPM1	1001147172	0040	Inst. Coupling Motor 7821P PAS 2 400HP	3/09/2022	3/09/2022

Fuente: Elaboración Propia

10.6. Anexo N° 6: Base de datos para el análisis de modos de falla

Anexo N° 6: Base de datos para el análisis de modos de falla

Ítem	Fecha de inicio real	Fecha de fin real	Aviso	Clase de orden	Orden	Operación	Texto breve operación	Pto.tbjo.operación	Trabajo real (HH)
1	7/04/2016	7/04/2016	3000033629	ZPM2	2000452724	0010	Reempacar bbas absorcion PAS2	IFAF	8
2	18/05/2016	23/06/2016		ZPM2	2000507484	0010	[IS]Calibración limit carrera Act BBA Ab	IFEL	0
3	20/05/2016	2/08/2016	1000021783	ZPM3	3000010109	0010	Colocar guardas de proteccion A-78	IFAF	24
4	28/05/2016	30/05/2016	1000021783	ZPM3	3000010109	0020	Prep./instalar guarda proteccion A-78	IFAF	8
5	23/06/2016	23/06/2016	3000027434	ZPM2	2000253765	0010	[SOL] Camb valvs drenaje 2" bb 7821PAB	IFAF	6
6	3/10/2016	15/12/2016		ZPM8	8000011143	0010	MMF2016 Camb Valv Descarg Bba Absorc	IFAF	0
7	3/10/2016	15/12/2016		ZPM8	8000013014	0010	[MMF] CAMBIO VALVULAS DESCARG BBA ABSORC	IFAF	0
8	14/01/2017	14/01/2017	3000035127	ZPM2	2000490393	0010	[I] Camb valv 2" drena bb absorción PAS2	IFAF	5
9	19/01/2017	19/01/2017		ZPM2	2000748648	0010	[IS] Cambio Linterna y empaques BBA	IFAF	8
10	19/01/2017	20/01/2017		ZPM2	2000771908	0010	[IS] Cambio Valvs 2" drenaje Bbas absorc	IFAF	0
11	6/04/2017	6/04/2017		ZPM2	2000864710	0010	[IS] REEMPAQUE PRENSAESTOPA BBAS ABSORC	IFAF	9
12	7/04/2017	8/04/2017		ZPM2	2000889860	0010	[IS] REEMPAQUE PRENSAESTOPA BBAS ABSOR	IFAF	0
13	13/07/2017	31/07/2017	3000047954	ZPM2	2000862823	0010	[I] Reempac prensaest valv 16 Bbs absorc	IFAF	0
14	6/12/2017	14/01/2019		ZPM2	2001294957	0010	[IS] CAMBIO VALV SUCC BBA ABSORC PAS2	IFAF	0
15	27/02/2019	2/03/2019		ZPM1	1000652002	0010	reparar fuga de acido por la tuberia de	IFCM	20
16	2/04/2019	6/04/2019	1000100301	ZPM2	2002023413	0010	Cambio Bomba Absorción A PAS2	IFAF	25
17	10/06/2019	11/06/2019		ZPM4	4000100571	0010	UT ACUSTICO EN VALV. BBAS ABSOR PAS 2	IFPD	1.500
18	27/06/2019	1/07/2019		ZPM1	1000712675	0020	[IS]Correr Señal Dis/Analog Bba Abs A	IFEL	4
19	2/07/2019	7/07/2019		ZPM1	1000712675	0010	[IS]Conectar Señal Dis/Analog Bba Abs A	IFEL	2
20	28/09/2019	28/09/2019		ZPM1	1000766035	0010	[N]Cambiar empaque de la linea de 2"gase	IFAF	8
21	18/10/2019	19/10/2019		ZPM2	2002349245	0010	Revisar Estado Valvulas 16" Acido Lewis	IFAF	20
22	18/10/2019	21/10/2019		ZPM2	2002349245	0020	Apoyo trabajos Valvula 16"-PAS2	IGTN	8
23	23/01/2020	5/03/2020	1000121145	ZPM1	1000774800	0010	[IS]Cam Valv Dren 2" bba abs 7821PA PAS2	IFAF	8
24	23/01/2020	5/03/2020	1000123817	ZPM1	1000806383	0010	reempacar válvula de succión de bomba	IFAF	8

25	21/09/2020	27/09/2020		ZPM2	2002868282	0010	MP SISTEMA DE ABSORCIÓN LUBR [2IST]	IFLU	0.500
26	21/10/2020	21/10/2020		ZPM1	1000860952	0010	MC CAMBIO DE UNIDAD DE MANTENIMIENTO	IFLU	0
27	21/10/2020	21/10/2020		ZPM2	2002336529	0010	[IS]Cam Val GATE 16" des bba abs A PAS2	IFAF	30
28	18/12/2020	18/12/2020		ZPM2	2002709869	0010	Empaquetadura Bomba Absorción 7821P-A	IFAF	5
29	3/04/2021	5/04/2021		ZPM1	1001005842	0010	[NP] Cambio de enfriamiento sello	IFAF	2
30	15/04/2021	15/04/2021	1000187802	ZPM1	1001010366	0010	[IS]Reemp prensa bb Absorción 7821P-A	IFAF	5
31	6/05/2021	7/05/2021		ZPM1	1001023300	0010	Espesores a tubería ingr bb absorc PAS2	IFPD	8
32	6/05/2021	8/05/2021		ZPM1	1001023339	0010	[N]Rep línea succión en bomba Absorc "A"	IFCM	8
33	11/05/2021	15/05/2021		ZPM1	1001023048	0010	Cortado plancha S23 med 20"X30"X1/4"	IFSO	6
34	13/05/2021	15/05/2021		ZPM1	1001023048	0020	Rolado plancha S23 20"X30"X1/4"(OD 24")	IFSO	12
35	2/07/2021	22/07/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0030	Desc.Motor Spare Bba. Absorción 7821P-A	IFEL	0
36	2/07/2021	22/07/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0070	Conec.Motor Spare Bba. Absorción 7821P-A	IFEL	0
37	2/07/2021	22/07/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0180	Aline.Motor Spare Bba. Absorción 7821P-A	IFPD	0
38	12/08/2021	12/08/2021		ZPM1	1001073025	0010	Chequeo a bomba absorción 7821P-A	IFPD	3
39	15/08/2021	15/09/2021		ZPM1	1001090479	0010	[IS]Cambio Bomba ABS 7821P-A - PAS2	IFAF	32
40	17/08/2021	19/08/2021		ZPM1	1001064908	0010	[IS]Reempa bba ABS 7821P-A - PAS2	IFAF	6
41	19/08/2021	19/08/2021	2000602532	ZPM1	1001076655	0010	[N] Cambiar empaque y stopa de válvula	IFAF	8
42	3/09/2021	5/09/2021		ZPM1	1001083060	0010	[IS]Reempaque bba ABS 7821P-A PAS2	IFAF	6
43	12/09/2021	12/09/2021	1000227248	ZPM1	1001088600	0010	[NP]Reajuste de prensaestopas de la válv	IFTR	3
44	15/09/2021	18/10/2021		ZPM1	1001090479	0020	[IS]Alineamiento Bomba ABS 7821P-A - PAS2	IFPD	3
45	15/09/2021	15/09/2021		ZPM1	1001090939	0010	[NP]Prueba de rotación, habilitación de	IFTR	6
46	5/10/2021	9/10/2021		ZPM1	1001098404	0010	[IS]Desacoplar Motor/bomba 7821PA - PAS2	IFAF	4
47	5/10/2021	10/10/2021		ZPM1	1001098404	0020	[IS]Prue rotac/amper Motor 7821PA - PAS2	IFEL	2
48	5/10/2021	5/10/2021		ZPM1	1001098404	0030	[IS]Acoplar Motor/bomba 7821PA - PAS2	IFAF	4
49	5/11/2021	18/11/2021		ZPM1	1001117154	0010	Acondicionamiento tubería de lubr	IFLU	0.400
50	5/11/2021	18/11/2021		ZPM1	1001117154	0020	Reengrase	IFLU	0.200
51	11/12/2021	11/12/2021		ZPM1	1001135649	0020	[N] Fabricar malla y protectores motor	IFSO	40
52	11/12/2021	11/12/2021		ZPM2	2003488795	0010	[N] Camb.base metálica Absorción PAS2	IFAF	6
53	13/12/2021	20/12/2021		ZPM1	1001135040	0010	Cambio de grasa	IFLU	1
54	13/12/2021	21/12/2021	2000638186	ZPM1	1001138220	0010	Engrase de acople B. Absorción	IFLU	1
55	15/12/2021	27/12/2021		ZPM1	1001135649	0010	Instalación nuevo acople por motor	IFAF	0
56	17/12/2021	29/01/2022		ZPM1	1001136556	0010	Lubricación de Motor Absorción PAS2	IFLU	8

57	18/12/2021	18/12/2021		ZPM1	1001136527	0110	[N] Preparación Soporte Temporal	IFSO	42
58	18/12/2021	18/12/2021		ZPM1	1001136527	0120	[N] Preparación de Guardas/Malla protecc	IFSO	78
59	20/12/2021	27/12/2021		ZPM1	1001136527	0090	Adaptar (acople) sensor de vibracion mot	IFIN	1
60	21/12/2021	26/12/2021		ZPM1	1001136527	0020	Desconec.Motor Bomba Absorcion 7811	IFEL	3
61	21/12/2021	30/12/2021		ZPM1	1001136527	0030	Desmont. Motor Bomba Absorcion 7811	IFAF	0
62	21/12/2021	30/12/2021		ZPM1	1001136527	0040	Montar Motor 800HP Bba. Absorc.7821P-A	IFAF	0
63	21/12/2021	26/12/2021		ZPM1	1001136527	0050	Conectar Motor 800HP Bba. Absorc.7821P-A	IFEL	3
64	21/12/2021	27/12/2021		ZPM1	1001136527	0060	Desconectar sensor de vibración de motor	IFIN	1.500
65	21/12/2021	27/12/2021		ZPM1	1001136527	0070	Conectar sensor de vibración de motor	IFIN	1.500
66	21/12/2021	21/12/2021		ZPM1	1001136527	0100	Alinear Motor 800HP Bba. Absorc.7821P-A	IFPD	4
67	21/12/2021	30/12/2021		ZPM2	2003554185	0010	Inst.conex/Camb.BBA Absorcion 7821P-A	IFAF	0
68	24/12/2021	29/12/2021		ZPM1	1001136527	0080	Adaptar (acople) sensor de vibracion mot	IGTN	4
69	20/01/2022	22/01/2022		ZPM1	1001113311	0010	Mantto Motor 7821P Absorcion PAS 2 SPARE	IFTE	4
70	1/03/2022	5/03/2022		ZPM1	1001171340	0010	ACOPLAMIENTO CAMBIO DE GRASA	IFLU	0.800
71	16/03/2022	17/03/2022		ZPM1	1001177985	0010	CAMBIO BBA ABSORCION 7821-PA PAS2	IFAF	46
72	16/03/2022	19/03/2022		ZPM1	1001178866	0010	Alineamiento bba. absorcion A - PAS 2	IFPD	9
73	16/03/2022	20/03/2022		ZPM1	1001178866	0020	Pruebas varias bba. absorcion A-PAS 2	IFPD	5
74	17/03/2022	17/03/2022		ZPM1	1001178867	0010	Alineam/Pruebas bba. absorcion A - PAS 2	IFPD	5
75	17/03/2022	17/03/2022		ZPM1	1001178867	0020	Pruebas varias bba. absorcion A - PAS 2	IFPD	5
76	24/03/2022	24/03/2022	1000263670	ZPM1	1001178818	0010	Conect line tierra motor Bb A Absor PAS2	IFEL	3
77	24/05/2022	24/05/2022	2000685166	ZPM1	1001213183	0010	Eliminar fuga de ácido por brida	IFAF	11
78	4/07/2022	15/08/2022		ZPM2	2003861363	0010	Tendido de tuberia para Rotametro 7821PA	IFAF	2
79	6/07/2022	6/07/2022	2000693708	ZPM1	1001230680	0010	Cambio Empaq Brida desc BBA ABS-A PAS2	IFAF	5
80	6/07/2022	6/07/2022	1000284883	ZPM1	1001232963	0010	Reempacar bomba absorcion 7821P-A PAS2	IFAF	6
81	15/07/2022	15/07/2022		ZPM1	1001240724	0010	Reajuste Perneria Brida Desc bba 7821P-A	IFAF	4
82	18/07/2022	15/08/2022		ZPM2	2003861363	0030	Tendido de tuberia para Rotametro 7821PA	IFAF	1
83	20/07/2022	20/07/2022		ZPM2	2003861363	0040	Prep tuberias y niples Rotametro 7821PA	IGSA	12
84	5/08/2022	3/09/2022		ZPM2	2003861363	0050	Tendido de tuberia para Rotametro 7821PA	IFAF	12
85	11/08/2022	12/08/2022		ZPM2	2003861363	0070	Tendido de tuberia para Rotametro 7821PA	IFAF	20
86	15/08/2022	20/08/2022		ZPM2	2003861363	0090	Instalacion rotametro 7821PA	IFAF	4
87	17/08/2022	17/08/2022		ZPM2	2002489667	0010	[IS]Reemp Valv 24" SUC BBA ABS A PAS2	IFAF	4
88	17/08/2022	17/08/2022		ZPM2	2003910593	0010	[IS]Reemp Valv 16" DES BBA ABS A AS2	IFAF	4

89	20/08/2022	20/08/2022		ZPM2	2003861363	0020	Instalacion Rotametro Sello Aira 7821PA	IFAF	6
90	26/09/2022	2/10/2022	1000301604	ZPM1	1001273440	0010	Limp filtros de motor Bb Absorción 7821P	IFEL	16
91	8/10/2022	15/10/2022		ZPM1	1001137250	0010	[RGA] Reemplazo de rele de Proteccion	IFEL	4
92	12/10/2022	17/10/2022	1000303129	ZPM1	1001286253	0010	Remediar obstruccion sello absorcion PAS2	IFAF	4
93	15/10/2022	17/10/2022		ZPM1	1001287705	0010	[NP] Cambiar válvula de descarga 16" de	IFAF	45
94	29/10/2022	29/10/2022	2000732696	ZPM1	1001290535	0010	Revisar regulador sello BB Abs-A PAS-2	IFAF	3
95	7/12/2022	4/01/2023		ZPM2	2003861363	0060	Prep tuberias y niples Rotametro 7821PA	IGSA	12
96	7/12/2022	4/01/2023		ZPM2	2003861363	0080	Prep tuberias y niples Rotametro 7821PA	IGSA	4
97	15/12/2022	15/12/2022	1000260147	ZPM2	2003670183	0010	Instalar rotametro bomba ABS de PAS2	IFIN	1
98	30/12/2022	2/01/2023		ZPM2	2004090829	0010	MP SISTEMA DE ABSORCIÓN LUBR [3IST]	IFLU	1.300
99	17/01/2023	17/01/2023		ZPM1	1001332966	0010	Reempa Val 16" descarg 7821P-A PAS2	IFAF	6
100	17/01/2023	17/01/2023		ZPM1	1001333008	0010	Reempa Bba Abs 7821P-A - PAS2	IFAF	4
101	17/01/2023	17/01/2023		ZPM1	1001333008	0020	Rev/limp L.Aire Sello Bba Abs 7821P-A	IFAF	4
102	17/01/2023	17/01/2023		ZPM1	1001333008	0030	Cambiar empaque descarga Bba 7821P-A	IFAF	8
103	17/01/2023	18/01/2023		ZPM2	2004185825	0020	CAMBIAR DE GRASA	IFLU	0.200
104	22/02/2023	22/02/2023		ZPM1	1001180283	0010	[C]Relay protección mot. Bbas Absor.PAS2	IFEL	0
105	22/02/2023	22/02/2023		ZPM1	1001180283	0020	Trabajo preliminar Inst rele Bbas Abs.PAS2	IFEL	0
106	15/03/2023	16/03/2023		ZPM1	1001365411	0010	Reempacar bomba ABS 7821P-A PAS2	IFAF	6
107	28/03/2023	31/03/2023		ZPM2	2003715496	0030	SIC_ENSAM TABLER MONIT VIBR BOMB ABS AyB	IFIN	10.400
108	29/03/2023	3/04/2023		ZPM2	2003715496	0040	PRUB PRECOMISIONAMIENTO DE SENSORES Y TX	IFIN	21.200
109	5/04/2023	5/04/2023		ZPM1	1001301920	0090	Correr hilo y acople sensor vib motor ab	IGTN	4
110	5/04/2023	8/04/2023		ZPM1	1001301920	0100	Ubicar acople sensor vib motor absorcion	IFTE	1
111	11/04/2023	13/04/2023		ZPM1	1001383786	0010	Cambiar de grasa	IFLU	0.200
112	12/04/2023	15/04/2023		ZPM2	2003715496	0050	CONFIGURAR SIST VIBR BOMBA ABSORCIÓN A/B	IFIN	5.300
113	25/04/2023	1/05/2023		ZPM2	2003715496	0060	CONEXIÓN DE CABLES A TABLILLA BBA ABSORA	IFIN	8
114	26/04/2023	1/05/2023		ZPM2	2003715496	0070	CONEXIÓN DE CABLES A TABLILLA BBA ABSORB	IFIN	8
115	16/05/2023	16/05/2023		ZPM1	1001301920	0060	Alineamiento motor electrico 7821P 400HP	IFPD	2
116	17/05/2023	21/05/2023		ZPM1	1001301920	0110	Pasar cable para sensor vibr motor bba B	IFIN	8
117	31/05/2023	2/06/2023		ZPM2	2003715496	0080	PASAR CABLE DEL SENSOR A CAJA BBA ABSORB	IFIN	0
118	1/06/2023	2/06/2023		ZPM2	2003715496	0090	VERIFICAR SEÑALES DE VIBRACION ABSOR B	IFIN	0
119	11/07/2023	14/07/2023		ZPM2	2003715496	0010	SID_IMPL.MONITOR/SENSOR VIB,BOMBA ABS A	IFIN	10.400

120	12/07/2023	14/07/2023		ZPM2	2003715496	0020	SID_IMPL.MONITOR/SENSOR VIB,BOMBA ABS B	IFIN	1
121	2/08/2023	19/08/2023		ZPM1	1001134000	0010	Preparacion Linea de Refrigeración	IFAF	6
122	16/08/2023	19/08/2023		ZPM2	2003715496	0120	HABIL NUEVOS SENSORS VIB.BOMBAS ABS,PAS2	IFIN	4

Fuente: Elaboración Propia

10.7. Anexo N° 7: Matriz de modos de falla estandarizados

Anexo N° 7: Matriz de modos de falla estandarizados

Ítem	Modo de Falla	Componente
1	Baja velocidad de giro del conjunto rodante, por debajo de 1185 RPM.	Motor eléctrico
2	Chaveta dañada de los cubos del acoplamiento lado motor eléctrico y bomba.	Acoplamiento Falk T20 Bomba Motor eléctrico
3	Contaminación del lubricante de los rodamientos del motor eléctrico.	Rodamientos del motor eléctrico Motor eléctrico
4	Contaminación del lubricante del rodamiento de la bomba centrífuga.	Rodamiento de la bomba Bomba Motor eléctrico
5	Corte generalizado de energía eléctrica.	Motor eléctrico
6	Daño de la arandela de la tuerca de aseguramiento del impulsor.	Bomba
7	Daño de la prensaestopa del vástago de la válvula de descarga.	Válvula de descarga
8	Daño de la prensaestopa del vástago de la válvula de succión.	Válvula de succión
9	Daño de la rosca de aseguramiento del impulsor en el eje.	Bomba
10	Daño de la válvula de drenaje de la bomba	Sistema de drenaje
11	Daño de pernos de fijación entre la bota inferior y la voluta.	Bomba
12	Daño de pernos de fijación entre la bota superior y la base del motor eléctrico.	Bomba
13	Daño de pernos de fijación entre la bota superior y la bota inferior.	Bomba
14	Daño de pernos de fijación entre la caja de prensaestopas, la caja de rodamientos y la bota superior.	Prensaestopas Bomba Rodamiento de la bomba

15	Daño de pernos de las uniones bridadas.	Sistema de drenaje Bomba Tubería de succión Tubería de descarga Válvula de succión Válvula de descarga
16	Daño de pernos de tapa de fijación del empaque y linterna de la prensaestopas.	Prensaestopas
17	Daño del empaque de la prensaestopas por ausencia total de aire de refrigeración.	Prensaestopas
18	Daño del empaque de la prensaestopas por flujo de aire de refrigeración por debajo del mínimo permisible. Flujo de aire controlado por el rotámetro (7m ³ /h - 12m ³ /h).	Prensaestopas
19	Daño del empaque de la prensaestopas por tiempo de servicio	Prensaestopas
20	Daño del impulsor por cavitación.	Bomba
21	Daño del impulsor por contacto con un elemento extraño.	Bomba
22	Daño del relé de protección del motor eléctrico	Motor eléctrico
23	Daños de empaquetadura entre las uniones bridadas.	Sistema de drenaje Bomba Tubería de succión Tubería de descarga Válvula de succión Válvula de descarga
24	Daños de o-ring entre el cubo del impulsor y la bocina inferior del eje.	Bomba
25	Daños de o-ring entre el cubo del impulsor y la tuerca de sujeción del impulsor.	Bomba
26	Daños de o-ring entre el eje y la bocina inferior del eje (parte superior).	Bomba
27	Daños de o-ring entre la base del motor eléctrico y la caja de la rodamientos.	Bomba

28	Daños de o-ring entre la caja de la rodamientos y la caja de la prensaestopas.	Bomba
29	Daños de o-ring entre la unión de la bota inferior y la voluta.	Bomba
30	Daños de o-ring entre la unión de la bota superior y la base del motor eléctrico.	Bomba
31	Daños de o-ring entre la unión de la bota superior y la bota inferior.	Bomba
32	Daños de o-ring entre la unión de la bota superior y la caja de la prensaestopas.	Bomba
33	Daños de o-ring entre la unión de la bota superior y la caja de la rodamientos.	Bomba
34	Daños de o-ring entre la unión de la voluta y la tubería de succión.	Bomba
35	Daños de pernos de fijación entre la caja de prensaestopas, la caja de rodamientos y la bota superior.	Bomba
36	Daños del soporte por corrosión.	Motor eléctrico
37	Daños por corrosión en los cordones de soldadura.	Tubería de succión Tubería de descarga Sistema de drenaje
38	Deflexión del eje mayor a 0.002".	Bomba
39	Deformaciones del soporte del motor eléctrico por golpes durante trabajos de desmontaje y montaje de la bomba.	Motor eléctrico
40	Desalineamiento axial, radial y angular entre el acoplamiento del motor eléctrico y del eje.	Acoplamiento Falk T20 Bomba Motor eléctrico
41	Desalineamiento de la transmisión de movimiento.	Bomba
42	Desgaste de la superficie de la tubería de descarga.	Tubería de descarga
43	Desgaste de la superficie de la tubería de drenaje.	Sistema de drenaje
44	Desgaste de la superficie de la tubería de succión.	Tubería de succión
45	Desgaste de la superficie de la voluta.	Bomba
46	Desgaste de la superficie interna de la bota inferior.	Bomba

47	Desgaste de la superficie interna de la bota superior.	Bomba
48	Desgaste del eje en la zona de instalación de la bocina inferior.	Bomba
49	Desgaste del eje en la zona de instalación de la prensaestopas.	Bomba
50	Desgaste del eje en la zona de instalación del rodamiento.	Bomba
51	Desgaste del rodamiento por tiempo de servicio.	Rodamiento de la bomba Bomba Motor eléctrico
52	Desgaste normal de los anillos de desgaste: superiores e inferiores del impulsor por tiempo de servicio.	Bomba
53	Desgaste normal de los rodamientos del motor eléctrico por tiempo de servicio.	Motor eléctrico
54	Desgaste normal del empaque y linterna de la prensaestopas por tiempo de servicio.	Prensaestopas
55	Desgaste normal del impulsor por tiempo de servicio.	Bomba
56	Desgaste prematuro de los anillos de desgaste: superiores e inferiores del impulsor por rozamiento.	Bomba
57	Desgaste prematuro de los rodamientos del motor eléctrico por desalineamiento de la transmisión.	Motor eléctrico
58	Desgaste prematuro del empaque y linterna de la prensaestopas por desalineamiento de la transmisión.	Prensaestopas
59	Falla de los sensores de vibración.	Sensores de vibración
60	Falla del sensor de flujo.	Sensor de flujo
61	Falla del sensor de nivel.	Sensor de nivel
62	Falla del sensor de presión.	Sensor de presión
63	Falso contacto en las conexiones de los sensores de vibración.	Sensores de vibración
64	Falso contacto en las conexiones del sensor de flujo.	Sensor de flujo
65	Falso contacto en las conexiones del sensor de nivel.	Sensor de nivel
66	Falso contacto en las conexiones del sensor de presión.	Sensor de presión

67	Falta de lubricación del acoplamiento.	Acoplamiento Falk T20 Bomba Motor eléctrico
68	Fractura del acoplamiento por fatiga.	Acoplamiento Falk T20 Bomba Motor eléctrico
69	Fuga del lubricante del acoplamiento.	Acoplamiento Falk T20 Bomba Motor eléctrico
70	Incorrecta instalación de la chaveta de la bocina inferior y el eje.	Bomba
71	Incorrecta instalación de la chaveta en los cubos del acoplamiento lado motor eléctrico y bomba.	Acoplamiento Falk T20 Bomba Motor eléctrico
72	Incorrecta instalación de la prensaestopas.	Prensaestopas
73	Incorrecta lubricación del acoplamiento.	Acoplamiento Falk T20 Bomba Motor eléctrico
74	Incorrecta lubricación del rodamiento.	Rodamiento de la bomba
75	Incorrecta separación entre la bocina inferior del eje y la bocina de cabeza (valor recomendado 0.045").	Bomba
76	Incorrecta separación entre las caras del acoplamiento del motor eléctrico y el acoplamiento del eje.	Acoplamiento Falk T20 Bomba Motor eléctrico
77	Incorrecta separación entre los anillos de desgaste: superiores e inferiores del impulsor y los anillos superiores e inferiores del interior de la voluta y tubería de succión respectivamente (valor recomendado 0.055").	Bomba
78	Incorrecto ajuste de los pernos de la brida del acoplamiento.	Acoplamiento Falk T20 Bomba Motor eléctrico

79	Incorrecto ajuste de los prisioneros del cubo del acoplamiento.	Acoplamiento Falk T20 Bomba Motor eléctrico
80	Incorrecto ajuste entre eje y la bocina inferior (valor recomendado 0.0025").	Bomba
81	Incorrecto ajuste entre el anillo inferior y el interior de la tubería de succión (valor recomendado -0.002").	Bomba
82	Incorrecto ajuste entre el anillo superior y el interior de la voluta (valor recomendado -0.002").	Bomba
83	Incorrecto ajuste entre el cubo del impulsor y la bocina inferior del eje (valor recomendado 0.012").	Bomba
84	Incorrecto ajuste entre el eje y el cubo del impulsor (valor recomendado 0.004").	Bomba
85	Incorrecto ajuste entre el interior de la voluta y la tubería de succión (valor recomendado 0.008").	Bomba
86	Incorrecto ajuste entre el rodamiento y el eje (valor recomendado 0.0025").	Rodamiento de la bomba
87	Incorrecto ajuste entre la bota inferior y la bocina de cabeza (valor recomendado -0.0005").	Bomba
88	Incorrecto ajuste entre la bota inferior y la voluta (valor recomendado 0.008").	Bomba
89	Incorrecto ajuste entre la bota superior y la bota inferior (valor recomendado 0.008").	Bomba
90	Incorrecto ajuste entre la caja de la prensaestopas y la bota superior (valor recomendado 0.020").	Prensaestopas
91	Incorrecto ajuste entre la caja del rodamiento y el rodamiento (valor recomendado 0.003").	Rodamiento de la bomba Bomba Motor eléctrico

92	Incorrecto ajuste entre la caja del rodamiento y el soporte del motor eléctrico (valor recomendado 0.020").	Rodamiento de la bomba Bomba Motor eléctrico
93	Incorrecto ajuste entre la caja del rodamiento y la bota superior (valor recomendado 0.008").	Rodamiento de la bomba Bomba Motor eléctrico
94	Incorrecto ajuste entre los anillos de desgaste: superiores e inferiores y el impulsor (valor recomendado -0.002").	Bomba
95	Incorrecto ajuste entre los cubos del acoplamiento y los ejes.	Acoplamiento Falk T20 Bomba Motor eléctrico
96	Incorrecto armado del motor eléctrico.	Motor eléctrico
97	Incorrecto montaje del rodamiento de la bomba.	Rodamiento de la bomba Bomba Motor eléctrico
98	Incorrecto torque de ajuste de la tuerca del impulsor, por debajo de 350 lb-pie.	Bomba
99	Incorrecto torque de ajuste de pernos de fijación entre la bota inferior y la voluta.	Bomba
100	Incorrecto torque de ajuste de pernos de fijación entre la bota superior y la base del motor eléctrico.	Bomba Motor eléctrico
101	Incorrecto torque de ajuste de pernos de fijación entre la bota superior y la bota inferior.	Bomba
102	Incorrecto torque de ajuste de pernos de fijación entre la caja de prensaestopas, la caja de rodamientos y la bota superior.	Prensaestopas Rodamiento de la bomba Bomba

103	Incorrecto torque de ajuste de pernos de las uniones bridadas.	Sistema de drenaje Bomba Tubería de succión Tubería de descarga Válvula de succión Válvula de descarga
104	Incremento de la temperatura en el acoplamiento.	Acoplamiento Falk T20 Bomba Motor eléctrico
105	Incremento de la temperatura en la caja de la prensaestopas.	Prensaestopas
106	Incremento de la temperatura en la caja del rodamiento.	Rodamiento de la bomba Bomba Motor eléctrico
107	Insuficiente NPSH disponible, altura de aspiración demasiada alta.	Bomba Sensor de nivel
108	La bomba no está cebada.	Bomba
109	Motor eléctrico en trip por sobrecarga.	Motor eléctrico
110	Motor eléctrico gira en sentido contrario a su rotación normal.	Motor eléctrico
111	Motor eléctrico quemado.	Motor eléctrico
112	Pernos dañados de la brida del acoplamiento.	Acoplamiento Falk T20 Bomba Motor eléctrico
113	Presencia de aire en la succión.	Bomba Tubería de succión
114	Rodamiento agarrotado.	Rodamiento de la bomba Bomba Motor eléctrico
115	Rotura de la guarda de seguridad por corrosión.	Soporte del motor eléctrico Motor eléctrico

116	Rotura de la rejilla del acoplamiento.	Acoplamiento Falk T20 Bomba Motor eléctrico
117	Rotura del acoplamiento entre el vástago y la compuerta de la válvula de descarga.	Válvula de descarga
118	Rotura del acoplamiento entre el vástago y la compuerta de la válvula de succión.	Válvula de succión
119	Rotura del eje por fatiga.	Bomba
120	Rotura del rodamiento.	Rodamiento de la bomba Bomba Motor eléctrico
121	Rotura del vástago de la válvula de descarga.	Válvula de descarga
122	Rotura del vástago de la válvula de succión.	Válvula de succión
123	Rozamiento excesivo del empaque de la prensaestopas.	Prensaestopas
124	Sobrecarga del motor eléctrico.	Motor eléctrico
125	Sobrecarga del rodamiento por desalineamiento.	Rodamiento de la bomba Bomba Motor eléctrico
126	Soltura de la prensaestopa del vástago de la válvula de descarga.	Válvula de descarga
127	Soltura de la prensaestopa del vástago de la válvula de succión.	Válvula de succión
128	Soltura de pernos de fijación entre la bota inferior y la voluta.	Bomba
129	Soltura de pernos de fijación entre la bota superior y la base del motor eléctrico.	Bomba Soporte del motor eléctrico
130	Soltura de pernos de fijación entre la bota superior y la bota inferior.	Bomba
131	Soltura de pernos de fijación entre la caja de prensaestopas, la caja de rodamientos y la bota superior.	Prensaestopas Rodamiento de la bomba Bomba

132	Soltura de pernos de las uniones bridadas.	Sistema de drenaje Bomba Tubería de succión Tubería de descarga Válvula de succión Válvula de descarga
133	Soltura de pernos de tapa de fijación del empaque y linterna de la prensaestopas.	Prensaestopas
134	Soltura del impulsor.	Bomba
135	Trabamiento del impulsor por un elemento extraño.	Bomba
136	Trabamiento del vástago de la válvula de descarga por corrosión.	Válvula de descarga
137	Trabamiento del vástago de la válvula de succión por corrosión.	Válvula de succión
138	Trabamiento interno de la válvula de drenaje.	Sistema de drenaje
139	Tubería de descarga parcialmente obstruida.	Tubería de descarga
140	Tubería de descarga totalmente obstruida.	Tubería de descarga
141	Tubería de drenaje obstruida.	Sistema de drenaje
142	Tubería de succión parcialmente obstruida.	Tubería de succión
143	Tubería de succión totalmente obstruida.	Tubería de succión
144	Válvula de descarga falla en posición cerrada.	Válvula de descarga
145	Válvula de descarga falla en posición parcialmente cerrada.	Válvula de descarga
146	Válvula de descarga no se apertura completamente por problemas con el limitorque.	Válvula de descarga
147	Válvula de descarga no se apertura por problemas con el limitorque.	Válvula de descarga
148	Válvula de descarga trabada en posición cerrada.	Válvula de descarga
149	Válvula de drenaje falla en posición cerrada.	Sistema de drenaje
150	Válvula de drenaje no cierra al 100%.	Sistema de drenaje
151	Válvula de drenaje se mantiene abierta parcialmente.	Sistema de drenaje
152	Válvula de succión falla en posición cerrada.	Válvula de succión

153	Válvula de succión falla en posición parcialmente cerrada.	Válvula de succión
154	Válvula de succión no se apertura completamente por problemas con el limitorque.	Válvula de succión
155	Válvula de succión no se apertura por probelmas con el limitorque.	Válvula de succión
156	Velocidad de giro coincide con 1770 RPM, correspondiente a la velocidad crítica de la bomba centrífuga.	Motor eléctrico Bomba

Fuente: Elaboración Propia

10.8. Anexo N° 8: Modos de falla por operaciones del registro histórico de OMs

Anexo N° 8: Modos de falla por operaciones del registro histórico de OMs

Ítem	Fecha de inicio real	Fecha de fin real	Aviso	Clase de orden	Orden	Operación	Texto breve operación	Modo de Falla (Ítem de identificación)
1	7/04/2016	7/04/2016	3000033629	ZPM2	2000452724	0010	Reempacar bbas absorcion PAS2	19, 54, 58, 72, 105, 123, 133
2	18/05/2016	23/06/2016		ZPM2	2000507484	0010	[IS]Calibración limit carrera Act BBA Ab	147, 154
3	20/05/2016	2/08/2016	1000021783	ZPM3	3000010109	0010	Colocar guardas de proteccion A-78	115
4	28/05/2016	30/05/2016	1000021783	ZPM3	3000010109	0020	Prep./instalar guarda proteccion A-78	115
5	23/06/2016	23/06/2016	3000027434	ZPM2	2000253765	0010	[SOL] Camb valvs drenaje 2" bb 7821PAB	10, 138, 149, 150, 151
6	3/10/2016	15/12/2016		ZPM8	8000011143	0010	MMF2016 Camb Valv Descarg Bba Absorc	117, 121, 136, 144, 145, 148
7	3/10/2016	15/12/2016		ZPM8	8000013014	0010	[MMF] CAMBIO VALVULAS DESCARG BBA ABSORC	117, 121, 136, 144, 145, 148
8	14/01/2017	14/01/2017	3000035127	ZPM2	2000490393	0010	[I] Camb valv 2" drena bb absorción PAS2	10, 138, 149, 150, 151
9	19/01/2017	19/01/2017		ZPM2	2000748648	0010	[IS] Cambio Linterna y empaques BBA	19, 54, 58, 72, 105, 123, 133
10	19/01/2017	20/01/2017		ZPM2	2000771908	0010	[IS] Cambio Valvs 2" drenaje Bbas absorc	10, 138, 149, 150, 151
11	6/04/2017	6/04/2017		ZPM2	2000864710	0010	[IS] REEMPAQUE PRENSAESTOPA BBAS ABSORC	19, 54, 58, 72, 105, 123, 133
12	7/04/2017	8/04/2017		ZPM2	2000889860	0010	[IS] REEMPAQUE PRENSAESTOPA BBAS ABSOR	19, 54, 58, 72, 105, 123, 133
13	13/07/2017	31/07/2017	3000047954	ZPM2	2000862823	0010	[I] Reempac prensaest valv 16 Bbs absorc	7, 121
14	6/12/2017	14/01/2019		ZPM2	2001294957	0010	[IS] CAMBIO VALV SUCC BBA ABSORC PAS2	118, 122, 137, 152, 153
15	27/02/2019	2/03/2019		ZPM1	1000652002	0010	reparar fuga de acido por la tuberia de	37, 42, 44
16	2/04/2019	6/04/2019	1000100301	ZPM2	2002023413	0010	Cambio Bomba Absorción A PAS2	20, 21, 38, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 107, 108, 113, 119, 134, 135
17	10/06/2019	11/06/2019		ZPM4	4000100571	0010	UT ACUSTICO EN VALV. BBAS ABSOR PAS 2	118, 122, 137, 152, 153
18	27/06/2019	1/07/2019		ZPM1	1000712675	0020	[IS]Correr Señal Dis/Analog Bba Abs A	111

19	2/07/2019	7/07/2019		ZPM1	1000712675	0010	[IS]Conectar Señal Dis/Analog Bba Abs A	111
20	28/09/2019	28/09/2019		ZPM1	1000766035	0010	[N]Cambiar empaque de la linea de 2" gase	23
21	18/10/2019	19/10/2019		ZPM2	2002349245	0010	Revisar Estado Valvulas 16" Acido Lewis	117, 121, 136, 144, 145, 148
22	18/10/2019	21/10/2019		ZPM2	2002349245	0020	Apoyo trabajos Valvula 16"-PAS2	117, 121, 136, 144, 145, 148
23	23/01/2020	5/03/2020	1000121145	ZPM1	1000774800	0010	[IS]Cam Valv Dren 2" bba abs 7821PA PAS2	10, 138, 149, 150, 151
24	23/01/2020	5/03/2020	1000123817	ZPM1	1000806383	0010	reempacar válvula de succión de bomba	8, 127
25	21/09/2020	27/09/2020		ZPM2	2002868282	0010	MP SISTEMA DE ABSORCIÓN LUBR [2IST]	4, 74, 106
26	21/10/2020	21/10/2020		ZPM1	1000860952	0010	MC CAMBIO DE UNIDAD DE MANTENIMIENTO	17, 18
27	21/10/2020	21/10/2020		ZPM2	2002336529	0010	[IS]Cam Val GATE 16" des bba abs A PAS2	117, 121, 136, 144, 145, 148
28	18/12/2020	18/12/2020		ZPM2	2002709869	0010	Empaquetadura Bomba Absorción 7821P-A	19, 54, 58, 72, 105, 123, 133
29	3/04/2021	5/04/2021		ZPM1	1001005842	0010	[NP] Cambio de enfriam sello	17, 18
30	15/04/2021	15/04/2021	1000187802	ZPM1	1001010366	0010	[IS]Reemp prensa bb Absorción 7821P-A	19, 54, 58, 72, 105, 123, 133
31	6/05/2021	7/05/2021		ZPM1	1001023300	0010	Espesores a tubería ingr bb absorc PAS2	44
32	6/05/2021	8/05/2021		ZPM1	1001023339	0010	[N]Rep línea succión en bomba Absorc "A"	37, 44
33	11/05/2021	15/05/2021		ZPM1	1001023048	0010	Cortado plancha S23 med 20"X30"X1/4"	37, 44
34	13/05/2021	15/05/2021		ZPM1	1001023048	0020	Rolado plancha S23 20"X30"X1/4"(OD 24")	37, 44
35	2/07/2021	22/07/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0030	Desc.Motor Spare Bba. Absorción 7821P-A	111
36	2/07/2021	22/07/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0070	Conec.Motor Spare Bba. Absorción 7821P-A	111
37	2/07/2021	22/07/2021	1000212733	ZPM1	1001052268	0180	Aline.Motor Spare Bba. Absorción 7821P-A	41
38	12/08/2021	12/08/2021		ZPM1	1001073025	0010	Chequeo a bomba absorción 7821P-A	20, 21, 38, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 107, 108, 113, 119, 134, 135
39	15/08/2021	15/09/2021		ZPM1	1001090479	0010	[IS]Cambio Bomba ABS 7821P-A - PAS2	20, 21, 38, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 107, 108, 113, 119, 134, 135
40	17/08/2021	19/08/2021		ZPM1	1001064908	0010	[IS]Reempa bba ABS 7821P-A - PAS2	19, 54, 58, 72, 105, 123, 133
41	19/08/2021	19/08/2021	2000602532	ZPM1	1001076655	0010	[N] Cambiar empaque y stopa de válvula	19, 54, 58, 72, 105, 123, 133
42	3/09/2021	5/09/2021		ZPM1	1001083060	0010	[IS]Reempaque bba ABS 7821P-A PAS2	19, 54, 58, 72, 105, 123, 133
43	12/09/2021	12/09/2021	1000227248	ZPM1	1001088600	0010	[NP]Reajuste de prensaestopas de la válv	8, 127
44	15/09/2021	18/10/2021		ZPM1	1001090479	0020	[IS]Alineamiento Bomba ABS 7821P-A - PAS2	41
45	15/09/2021	15/09/2021		ZPM1	1001090939	0010	[NP]Prueba de rotación, habilitación de	111

46	5/10/2021	9/10/2021		ZPM1	1001098404	0010	[IS]Desacoplar Motor/bomba 7821PA - PAS2	111
47	5/10/2021	10/10/2021		ZPM1	1001098404	0020	[IS]Prue rotac/amper Motor 7821PA - PAS2	111
48	5/10/2021	5/10/2021		ZPM1	1001098404	0030	[IS]Acoplar Motor/bomba 7821PA - PAS2	111
49	5/11/2021	18/11/2021		ZPM1	1001117154	0010	Acondicionamiento tubería de lubr	4, 74, 106
50	5/11/2021	18/11/2021		ZPM1	1001117154	0020	Reengrase	4, 74, 106
51	11/12/2021	11/12/2021		ZPM1	1001135649	0020	[N] Fabricar malla y protectores motor	115
52	11/12/2021	11/12/2021		ZPM2	2003488795	0010	[N] Camb.base metalica Absorción PAS2	36
53	13/12/2021	20/12/2021		ZPM1	1001135040	0010	Cambio de grasa	4, 74, 106
54	13/12/2021	21/12/2021	2000638186	ZPM1	1001138220	0010	Engrase de acople B. Absorción	67, 69, 73, 104
55	15/12/2021	27/12/2021		ZPM1	1001135649	0010	Instalación nuevo acople por motor	2, 68, 116
56	17/12/2021	29/01/2022		ZPM1	1001136556	0010	Lubricación de Motor Absorción PAS2	3
57	18/12/2021	18/12/2021		ZPM1	1001136527	0110	[N] Preparación Soporte Temporal	36
58	18/12/2021	18/12/2021		ZPM1	1001136527	0120	[N] Preparación de Guardas/Malla protecc	115
59	20/12/2021	27/12/2021		ZPM1	1001136527	0090	Adaptar (acople) sensor de vibración mot	59
60	21/12/2021	26/12/2021		ZPM1	1001136527	0020	Desconec.Motor Bomba Absorción 7811	111
61	21/12/2021	30/12/2021		ZPM1	1001136527	0030	Desmont. Motor Bomba Absorción 7811	111
62	21/12/2021	30/12/2021		ZPM1	1001136527	0040	Montar Motor 800HP Bba. Absorc.7821P-A	111
63	21/12/2021	26/12/2021		ZPM1	1001136527	0050	Conectar Motor 800HP Bba. Absorc.7821P-A	111
64	21/12/2021	27/12/2021		ZPM1	1001136527	0060	Desconectar sensor de vibración de motor	59
65	21/12/2021	27/12/2021		ZPM1	1001136527	0070	Conectar sensor de vibración de motor	59
66	21/12/2021	21/12/2021		ZPM1	1001136527	0100	Alinear Motor 800HP Bba. Absorc.7821P-A	41
67	21/12/2021	30/12/2021		ZPM2	2003554185	0010	Inst.conex/Camb.BBA Absorción 7821P-A	111
68	24/12/2021	29/12/2021		ZPM1	1001136527	0080	Adaptar (acople) sensor de vibración mot	59
69	20/01/2022	22/01/2022		ZPM1	1001113311	0010	Mantto Motor 7821P Absorción PAS 2 SPARE	111
70	1/03/2022	5/03/2022		ZPM1	1001171340	0010	ACOPAMIENTO CAMBIO DE GRASA	67, 69, 73, 104
71	16/03/2022	17/03/2022		ZPM1	1001177985	0010	CAMBIO BBA ABSORCIÓN 7821-PA PAS2	20, 21, 38, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 107, 108, 113, 119, 134, 135
72	16/03/2022	19/03/2022		ZPM1	1001178866	0010	Alineamiento bba. absorción A - PAS 2	41

73	16/03/2022	20/03/2022		ZPM1	1001178866	0020	Pruebas varias bba. absorcion A-PAS 2	20, 21, 38, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 107, 108, 113, 119, 134, 135
74	17/03/2022	17/03/2022		ZPM1	1001178867	0010	Alineam/Pruebas bba. absorcion A - PAS 2	41
75	17/03/2022	17/03/2022		ZPM1	1001178867	0020	Pruebas varias bba. absorcion A - PAS 2	20, 21, 38, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 107, 108, 113, 119, 134, 135
76	24/03/2022	24/03/2022	1000263670	ZPM1	1001178818	0010	Conect line tierra motor Bb A Absor PAS2	111
77	24/05/2022	24/05/2022	2000685166	ZPM1	1001213183	0010	Eliminar fuga de ácido por brida	15, 103, 132
78	4/07/2022	15/08/2022		ZPM2	2003861363	0010	Tendido de tubería para Rotámetro 7821PA	17, 18
79	6/07/2022	6/07/2022	2000693708	ZPM1	1001230680	0010	Cambio Empaq Brida desc BBA ABS-A PAS2	23
80	6/07/2022	6/07/2022	1000284883	ZPM1	1001232963	0010	Reempacar bomba absorcion 7821P-A PAS2	19, 54, 58, 72, 105, 123, 133
81	15/07/2022	15/07/2022		ZPM1	1001240724	0010	Reajuste Perneria Brida Desc bba 7821P-A	103, 132
82	18/07/2022	15/08/2022		ZPM2	2003861363	0030	Tendido de tubería para Rotámetro 7821PA	17, 18
83	20/07/2022	20/07/2022		ZPM2	2003861363	0040	Prep tuberías y niples Rotámetro 7821PA	17, 18
84	5/08/2022	3/09/2022		ZPM2	2003861363	0050	Tendido de tubería para Rotámetro 7821PA	17, 18
85	11/08/2022	12/08/2022		ZPM2	2003861363	0070	Tendido de tubería para Rotámetro 7821PA	17, 18
86	15/08/2022	20/08/2022		ZPM2	2003861363	0090	Instalacion rotámetro 7821PA	17, 18
87	17/08/2022	17/08/2022		ZPM2	2002489667	0010	[IS]Reemp Valv 24" SUC BBA ABS A PAS2	118, 122, 137, 152, 153
88	17/08/2022	17/08/2022		ZPM2	2003910593	0010	[IS]Reemp Valv 16" DES BBA ABS A AS2	7, 121
89	20/08/2022	20/08/2022		ZPM2	2003861363	0020	Instalacion Rotámetro Sello Aira 7821PA	17, 18
90	26/09/2022	2/10/2022	1000301604	ZPM1	1001273440	0010	Limp filtros de motor Bb Absorción 7821P	124
91	8/10/2022	15/10/2022		ZPM1	1001137250	0010	[RGA] Reemplazo de rele de Proteccion	22
92	12/10/2022	17/10/2022	1000303129	ZPM1	1001286253	0010	Remediar obstruccio sello absorcion PAS2	19, 54, 58, 72, 105, 123, 133
93	15/10/2022	17/10/2022		ZPM1	1001287705	0010	[NP] Cambiar válvula de descarga 16" de	117, 121, 136, 144, 145, 148
94	29/10/2022	29/10/2022	2000732696	ZPM1	1001290535	0010	Revisar regulador sello BB Abs-A PAS-2	17, 18
95	7/12/2022	4/01/2023		ZPM2	2003861363	0060	Prep tuberías y niples Rotámetro 7821PA	17, 18
96	7/12/2022	4/01/2023		ZPM2	2003861363	0080	Prep tuberías y niples Rotámetro 7821PA	17, 18
97	15/12/2022	15/12/2022	1000260147	ZPM2	2003670183	0010	Instalar rotámetro bomba ABS de PAS2	17, 18
98	30/12/2022	2/01/2023		ZPM2	2004090829	0010	MP SISTEMA DE ABSORCIÓN LUBR [3IST]	67, 69, 73, 104

99	17/01/2023	17/01/2023		ZPM1	1001332966	0010	Reempaqa Val 16" descarg 7821P-A PAS2	7, 121
100	17/01/2023	17/01/2023		ZPM1	1001333008	0010	Reempaqa Bba Abs 7821P-A - PAS2	19, 54, 58, 72, 105, 123, 133
101	17/01/2023	17/01/2023		ZPM1	1001333008	0020	Rev/limpiar L.Aire Sello Bba Abs 7821P-A	17, 18
102	17/01/2023	17/01/2023		ZPM1	1001333008	0030	Cambiar empaque descarga Bba 7821P-A	23
103	17/01/2023	18/01/2023		ZPM2	2004185825	0020	CAMBIAR DE GRASA	67, 69, 73, 104
104	22/02/2023	22/02/2023		ZPM1	1001180283	0010	[C]Relay protección mot. Bbas Absor.PAS2	22
105	22/02/2023	22/02/2023		ZPM1	1001180283	0020	Trabajo preliminar Inst rele Bbas Abs.PAS2	22
106	15/03/2023	16/03/2023		ZPM1	1001365411	0010	Reempacar bomba ABS 7821P-A PAS2	19, 54, 58, 72, 105, 123, 133
107	28/03/2023	31/03/2023		ZPM2	2003715496	0030	SIC_ENSAM TABLER MONIT VIBR BOMB ABS AyB	59
108	29/03/2023	3/04/2023		ZPM2	2003715496	0040	PRUB PRECOMISIONAMIENTO DE SENSORES Y TX	59
109	5/04/2023	5/04/2023		ZPM1	1001301920	0090	Correr hilo y acople sensor vib motor ab	59
110	5/04/2023	8/04/2023		ZPM1	1001301920	0100	Ubicar acople sensor vib motor absorcion	59
111	11/04/2023	13/04/2023		ZPM1	1001383786	0010	Cambiar de grasa	67, 69, 73, 104
112	12/04/2023	15/04/2023		ZPM2	2003715496	0050	CONFIGURAR SIST VIBR BOMBA ABSORCIÓN A/B	59
113	25/04/2023	1/05/2023		ZPM2	2003715496	0060	CONEXIÓN DE CABLES A TABLILLA BBA ABSORA	59
114	26/04/2023	1/05/2023		ZPM2	2003715496	0070	CONEXIÓN DE CABLES A TABLILLA BBA ABSORB	59
115	16/05/2023	16/05/2023		ZPM1	1001301920	0060	Alineamiento motor electrico 7821P 400HP	41
116	17/05/2023	21/05/2023		ZPM1	1001301920	0110	Pasar cable para sensor vibr motor bba B	59
117	31/05/2023	2/06/2023		ZPM2	2003715496	0080	PASAR CABLE DEL SENSOR A CAJA BBA ABSORB	59
118	1/06/2023	2/06/2023		ZPM2	2003715496	0090	VERIFICAR SEÑALES DE VIBRACION ABSOR B	59
119	11/07/2023	14/07/2023		ZPM2	2003715496	0010	SID_IMPL.MONITOR/SENSOR VIB,BOMBA ABS A	59
120	12/07/2023	14/07/2023		ZPM2	2003715496	0020	SID_IMPL.MONITOR/SENSOR VIB,BOMBA ABS B	59
121	2/08/2023	19/08/2023		ZPM1	1001134000	0010	Preparacion Linea de Refrigeración	17, 18

122	16/08/2023	19/08/2023		ZPM2	2003715496	0120	HABIL NUEVOS SENSORS VIB.BOMBAS ABS,PAS2	59
-----	------------	------------	--	------	------------	------	---	----

Fuente: Elaboración Propia

10.9. Anexo N° 9: Análisis Funcional

Anexo N° 9: Descripción de las funciones de los componentes de la bomba de absorción A

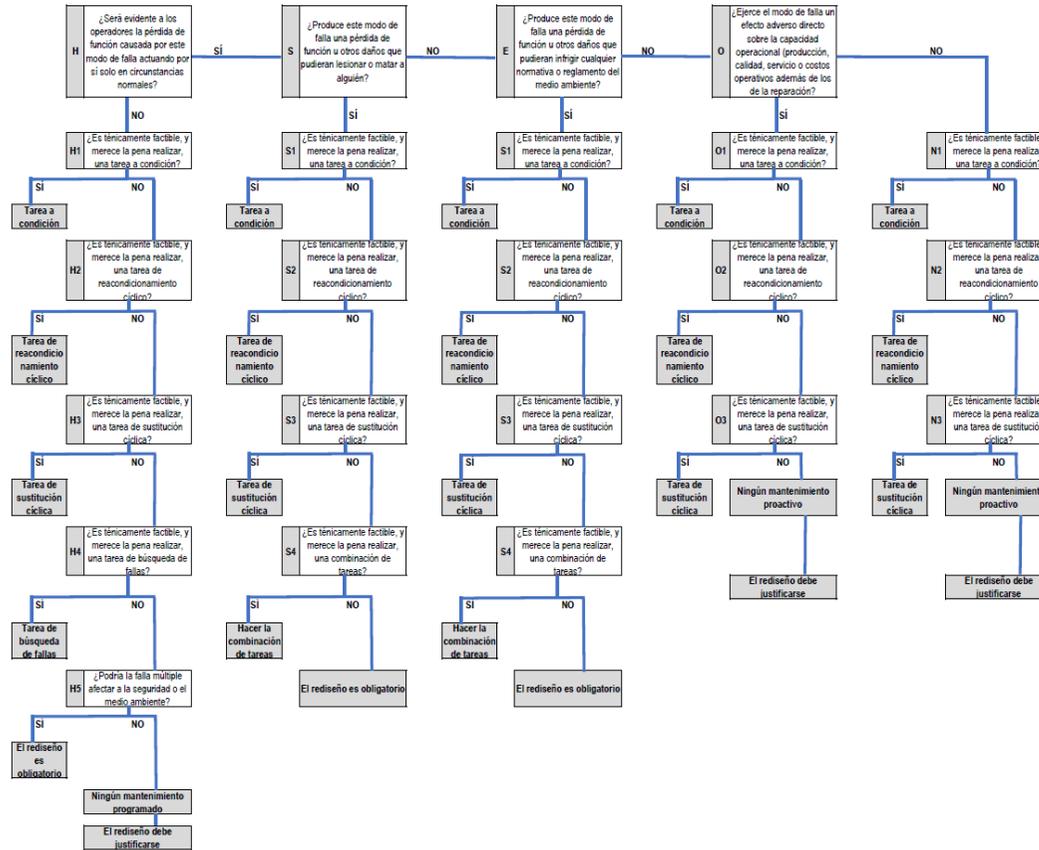
Ítem Componente	Componente	Ítem Función	Función
1	Acoplamiento Falk T20	1.1	Transmitir la potencia y par de torsión entre los ejes conectados del motor eléctrico y de la bomba centrífuga vertical.
		1.2	Minimizar las pérdidas de energía por desalineamientos.
2	Bomba	2.1	Transmitir la potencia de 243 kW del motor eléctrico para generar un caudal de operación de 1347 m ³ /h y una altura dinámica total de 31 m.
		2.2	Generar un caudal de operación de H ₂ SO ₄ a no más de 1347 m ³ /h y no menos de 550 m ³ /h.
		2.3	Minimizar pérdidas de energía.
		2.4	Generar una altura dinámica total de 31 m.
		2.5	Minimizar la formación de vórtices, turbulencias, pérdidas de carga y reducción del caudal.
		2.6	Convertir la energía cinética en energía de presión del fluido.
		2.7	Contención del fluido H ₂ SO ₄ .
		2.8	Transportar libremente H ₂ SO ₄ .
		2.9	Fijar el soporte del motor eléctrico con la bota superior.
		2.10	Fijar la caja de prensaestopas con la bota superior y la caja de rodamientos.
		2.11	Fijar la caja de rodamientos con la bota superior.
		2.12	Fijar la bota superior y la bota inferior.
		2.13	Fijar la voluta con la bota inferior y la tubería de succión.
2.14	Fijar la bocina de cabeza con la bota inferior.		
2.15	Fijar la bocina inferior y el impulsor con el eje.		
3	Motor eléctrico	3.1	Transmitir la potencia de 243 kW para generar un caudal de operación de 1347 m ³ /h.

4	Prensaestopas	4.1	Sellar el fluido bombeado (H ₂ SO ₄).
		4.2	Minimizar las pérdidas de energía del por fricción.
5	Rodamiento de la bomba	5.1	Giro libre del eje de la bomba, minimizando las pérdidas de energía.
		5.2	Minimizar las pérdidas de energía por fricción.
		5.3	Soportar las cargas radiales.
6	Rodamientos del motor eléctrico	6.1	Giro libre del eje del motor eléctrico, minimizando las pérdidas de energía.
		6.2	Minimizar las pérdidas de energía por fricción.
		6.3	Soportar las cargas radiales.
7	Sensor de flujo	7.1	Registrar los valores de flujo durante la operación de la bomba.
		7.2	Detener la bomba cuando el flujo desciende por debajo de 550 m ³ /hr.
8	Sensor de nivel	8.1	Registrar los valores de nivel de la torre intermedia.
		8.2	Detener la bomba cuando el nivel desciende por debajo del mínimo establecido.
9	Sensor de presión	9.1	Registrar los valores de presión durante la operación de la bomba.
10	Sensores de vibración	10.1	Registrar los valores de vibración durante la operación de la bomba.
11	Sistema de drenaje	11.1	Drenar el sistema de bombeo.
		11.2	Evitar fugas internas del fluido H ₂ SO ₄ .
12	Soporte del motor eléctrico	12.1	Soportar el peso del motor eléctrico.
		12.2	Evitar el libre acceso al acoplamiento y eje en movimiento.
13	Tubería de descarga	13.1	Contención del fluido H ₂ SO ₄ .
		13.2	Libre transporte del fluido H ₂ SO ₄ .
14	Tubería de succión	14.1	Contención del fluido H ₂ SO ₄ .
		14.2	Libre transporte del fluido H ₂ SO ₄ .
15	Válvula de descarga	15.1	Contención del fluido H ₂ SO ₄ .
		15.2	Libre transporte del fluido H ₂ SO ₄ .
16	Válvula de succión	16.1	Permitir el ingreso del fluido a la bomba.
		16.2	Contención del fluido H ₂ SO ₄ .

Fuente: Elaboración Propia

10.10. Anexo N° 10: Diagrama de decisión del RCM II

Anexo N° 10: Diagrama de decisión del RCM II



Fuente: Moubray, J. (1997). RCM 2: Reliability Centered Maintenance (2nd ed.), páginas 204-205 [7]

10.11. Anexo N° 11: Evaluación de las consecuencias

Anexo N° 11: Evaluación de las consecuencias

Ítem Identificación	Modo de Falla	Componente	Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de		
			H	S	E	O				H4	H5	S4
1	Baja velocidad de giro del conjunto rodante, por debajo de 1185 RPM.	Motor eléctrico	S	N	N	S	S					
2	Chaveta dañada de los cubos del acoplamiento lado motor eléctrico y bomba.	Acoplamiento Falk T20	S	N	N	S	S					
3	Contaminación del lubricante de los rodamientos del motor eléctrico.	Rodamientos del motor eléctrico	S	N	N	S	S					
4	Contaminación del lubricante del rodamiento de la bomba centrífuga.	Rodamiento de la bomba	S	N	N	S	S					
5	Corte generalizado de energía eléctrica.	Motor eléctrico	S	N	N	S	S					
6	Daño de la arandela de la tuerca de aseguramiento del impulsor.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
7	Daño de la prensaestopa del vástago de la válvula de descarga.	Válvula de descarga	S	S			N	N	N	N	N	S
8	Daño de la prensaestopa del vástago de la válvula de succión.	Válvula de succión	S	S			N	N	N	N	N	S
9	Daño de la rosca de aseguramiento del impulsor en el eje.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
10	Daño de la válvula de drenaje de la bomba	Sistema de drenaje	S	N	N	S	N	N	S			

11	Daño de pernos de fijación entre la bota inferior y la voluta.	Bomba	S	S			N	N	S			
12	Daño de pernos de fijación entre la bota superior y la base del motor eléctrico.	Bomba	S	S			N	N	S			
13	Daño de pernos de fijación entre la bota superior y la bota inferior.	Bomba	S	S			N	N	S			
14	Daño de pernos de fijación entre la caja de prensaestopas, la caja de rodamientos y la bota superior.	Prensaestopas	S	S			N	N	S			
15	Daño de pernos de las uniones bridadas.	Sistema de drenaje	S	S			N	N	N	N	N	S
16	Daño de pernos de tapa de fijación del empaque y linterna de la prensaestopas.	Prensaestopas	S	S			N	N	N	N	N	S
17	Daño del empaque de la prensaestopas por ausencia total de aire de refrigeración.	Prensaestopas	S	S			N	N	N	N	N	S
18	Daño del empaque de la prensaestopas por flujo de aire de refrigeración por debajo del mínimo permisible. Flujo de aire controlado por el rotámetro (7m3/h - 12m3/h).	Prensaestopas	S	S			N	N	N	N	N	S
19	Daño del empaque de la prensaestopas por tiempo de servicio	Prensaestopas	S	S			N	N	N	N	N	S
20	Daño del impulsor por cavitación.	Bomba	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S

21	Daño del impulsor por contacto con un elemento extraño.	Bomba	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
22	Daño del relé de protección del motor eléctrico	Motor eléctrico	S	N	N	S	N	N	S			
23	Daños de empaquetadura entra las uniones bridadas.	Sistema de drenaje	S	S			N	N	N	N	N	S
24	Daños de o-ring entre el cubo del impulsor y la bocina inferior del eje.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
25	Daños de o-ring entre el cubo del impulsor y la tuerca de sujeción del impulsor.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
26	Daños de o-ring entre el eje y la bocina inferior del eje (parte superior).	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
27	Daños de o-ring entre la base del motor eléctrico y la caja de la rodamientos.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
28	Daños de o-ring entre la caja de la rodamientos y la caja de la prensaestopas.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
29	Daños de o-ring entre la unión de la bota inferior y la voluta.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
30	Daños de o-ring entre la unión de la bota superior y la base del motor eléctrico.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
31	Daños de o-ring entre la unión de la bota superior y la bota inferior.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
32	Daños de o-ring entre la unión de la bota superior y la caja de la prensaestopas.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
33	Daños de o-ring entre la unión de la bota superior y la caja de la rodamientos.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
34	Daños de o-ring entre la unión de la voluta y la tubería de succión.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			

35	Daños de pernos de fijación entre la caja de prensaestopas, la caja de rodamientos y la bota superior.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
36	Daños del soporte por corrosión.	Motor eléctrico	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
37	Daños por corrosión en los cordones de soldadura.	Tubería de succión	S	S			N	N	N	N	N	S
38	Deflexión del eje mayor a 0.002".	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
39	Deformaciones del soporte del motor eléctrico por golpes durante trabajos de desmontaje y montaje de la bomba.	Motor eléctrico	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
40	Desalineamiento axial, radial y angular entre el acoplamiento del motor eléctrico y del eje.	Acoplamiento Falk T20	S	N	N	S	S					
41	Desalineamiento de la transmisión de movimiento.	Bomba	S	N	N	S	S					
42	Desgaste de la superficie de la tubería de descarga.	Tubería de descarga	S	S			N	N	N	N	N	S
43	Desgaste de la superficie de la tubería de drenaje.	Sistema de drenaje	S	S			N	N	N	N	N	S
44	Desgaste de la superficie de la tubería de succión.	Tubería de succión	S	S			N	N	N	N	N	S
45	Desgaste de la superficie de la voluta.	Bomba	S	S			N	N	N	N	N	S

46	Desgaste de la superficie interna de la bota inferior.	Bomba	S	S			N	N	S			
47	Desgaste de la superficie interna de la bota superior.	Bomba	S	S			N	N	S			
48	Desgaste del eje en la zona de instalación de la bocina inferior.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
49	Desgaste del eje en la zona de instalación de la prensaestopas.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
50	Desgaste del eje en la zona de instalación del rodamiento.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
51	Desgaste del rodamiento por tiempo de servicio.	Rodamiento de la bomba	S	N	N	S	N	N	S			
52	Desgaste normal de los anillos de desgaste: superiores e inferiores del impulsor por tiempo de servicio.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
53	Desgaste normal de los rodamientos del motor eléctrico por tiempo de servicio.	Motor eléctrico	S	N	N	S	N	N	S			
54	Desgaste normal del empaque y linterna de la prensaestopas por tiempo de servicio.	Prensaestopas	S	S			N	S				
55	Desgaste normal del impulsor por tiempo de servicio.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
56	Desgaste prematuro de los anillos de desgaste: superiores e inferiores del impulsor por rozamiento.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
57	Desgaste prematuro de los rodamientos del motor eléctrico por desalineamiento de la transmisión.	Motor eléctrico	S	N	N	S	N	N	S			
58	Desgaste prematuro del empaque y linterna de la prensaestopas por desalineamiento de la transmisión.	Prensaestopas	S	S			N	S				
59	Falla de los sensores de vibración.	Sensores de vibración	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S

60	Falla del sensor de flujo.	Sensor de flujo	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
61	Falla del sensor de nivel.	Sensor de nivel	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
62	Falla del sensor de presión.	Sensor de presión	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
63	Falso contacto en las conexiones de los sensores de vibración.	Sensores de vibración	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
64	Falso contacto en las conexiones del sensor de flujo.	Sensor de flujo	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
65	Falso contacto en las conexiones del sensor de nivel.	Sensor de nivel	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
66	Falso contacto en las conexiones del sensor de presión.	Sensor de presión	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
67	Falta de lubricación del acoplamiento.	Acoplamiento Falk T20	S	N	N	S	S					
68	Fractura del acoplamiento por fatiga.	Acoplamiento Falk T20	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
69	Fuga del lubricante del acoplamiento.	Acoplamiento Falk T20	S	N	N	S	S					
70	Incorrecta instalación de la chaveta de la bocina inferior y el eje.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			

71	Incorrecta instalación de la chaveta en los cubos del acoplamiento lado motor eléctrico y bomba.	Acoplamiento Falk T20	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
72	Incorrecta instalación de la prensaestopas.	Prensaestopas	S	S			N	N	N	N	N	S
73	Incorrecta lubricación del acoplamiento.	Acoplamiento Falk T20	S	N	N	S	S					
74	Incorrecta lubricación del rodamiento.	Rodamiento de la bomba	S	N	N	S	S					
75	Incorrecta separación entre la bocina inferior del eje y la bocina de cabeza (valor recomendado 0.045").	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
76	Incorrecta separación entre las caras del acoplamiento del motor eléctrico y el acoplamiento del eje.	Acoplamiento Falk T20	S	N	N	S	N	N	S			
77	Incorrecta separación entre los anillos de desgaste: superiores e inferiores del impulsor y los anillos superiores e inferiores del interior de la voluta y tubería de succión respectivamente (valor recomendado 0.055").	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
78	Incorrecto ajuste de los pernos de la brida del acoplamiento.	Acoplamiento Falk T20	S	N	N	S	N	N	S			
79	Incorrecto ajuste de los prisioneros del cubo del acoplamiento.	Acoplamiento Falk T20	S	N	N	S	N	N	S			
80	Incorrecto ajuste entre eje y la bocina inferior (valor recomendado 0.0025").	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
81	Incorrecto ajuste entre el anillo inferior y el interior de la tubería de succión (valor recomendado -0.002").	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			

82	Incorrecto ajuste entre el anillo superior y el interior de la voluta (valor recomendado -0.002").	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
83	Incorrecto ajuste entre el cubo del impulsor y la bocina inferior del eje (valor recomendado 0.012").	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
84	Incorrecto ajuste entre el eje y el cubo del impulsor (valor recomendado 0.004").	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
85	Incorrecto ajuste entre el interior de la voluta y la tubería de succión (valor recomendado 0.008").	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
86	Incorrecto ajuste entre el rodamiento y el eje (valor recomendado 0.0025").	Rodamiento de la bomba	S	N	N	S	N	N	S			
87	Incorrecto ajuste entre la bota inferior y la bocina de cabeza (valor recomendado -0.0005").	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
88	Incorrecto ajuste entre la bota inferior y la voluta (valor recomendado 0.008").	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
89	Incorrecto ajuste entre la bota superior y la bota inferior (valor recomendado 0.008").	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
90	Incorrecto ajuste entre la caja de la prensaestopas y la bota superior (valor recomendado 0.020").	Prensaestopas	S	N	N	S	N	N	S			
91	Incorrecto ajuste entre la caja del rodamiento y el rodamiento (valor recomendado 0.003").	Rodamiento de la bomba	S	N	N	S	N	N	S			

92	Incorrecto ajuste entre la caja del rodamiento y el soporte del motor eléctrico (valor recomendado 0.020").	Rodamiento de la bomba	S	N	N	S	N	N	S			
93	Incorrecto ajuste entre la caja del rodamiento y la bota superior (valor recomendado 0.008").	Rodamiento de la bomba	S	N	N	S	N	N	S			
94	Incorrecto ajuste entre los anillos de desgaste: superiores e inferiores y el impulsor (valor recomendado -0.002").	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
95	Incorrecto ajuste entre los cubos del acoplamiento y los ejes.	Acoplamiento Falk T20	S	N	N	S	N	N	S			
96	Incorrecto armado del motor eléctrico.	Motor eléctrico	S	N	N	S	N	N	S			
97	Incorrecto montaje del rodamiento de la bomba.	Rodamiento de la bomba	S	N	N	S	N	N	S			
98	Incorrecto torque de ajuste de la tuerca del impulsor, por debajo de 350 lb-pie.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
99	Incorrecto torque de ajuste de pernos de fijación entre la bota inferior y la voluta.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
100	Incorrecto torque de ajuste de pernos de fijación entre la bota superior y la base del motor eléctrico.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
101	Incorrecto torque de ajuste de pernos de fijación entre la bota superior y la bota inferior.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			

102	Incorrecto torque de ajuste de pernos de fijación entre la caja de prensaestopas, la caja de rodamientos y la bota superior.	Prensaestopas	S	N	N	S	N	N	S			
103	Incorrecto torque de ajuste de pernos de las uniones bridadas.	Sistema de drenaje	S	S			N	N	N	N	N	S
104	Incremento de la temperatura en el acoplamiento.	Acoplamiento Falk T20	S	N	N	S	S					
105	Incremento de la temperatura en la caja de la prensaestopas.	Prensaestopas	S	S			N	N	N	N	N	S
106	Incremento de la temperatura en la caja del rodamiento.	Rodamiento de la bomba	S	N	N	S	S					
107	Insuficiente NPSH disponible, altura de aspiración demasiada alta.	Bomba	S	N	N	S	S					
108	La bomba no está cebada.	Bomba	S	N	N	S	S					
109	Motor eléctrico en trip por sobrecarga.	Motor eléctrico	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
110	Motor eléctrico gira en sentido contrario a su rotación normal.	Motor eléctrico	S	N	N	S	N	N	S			
111	Motor eléctrico quemado.	Motor eléctrico	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
112	Pernos dañados de la brida del acoplamiento.	Acoplamiento Falk T20	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
113	Presencia de aire en la succión.	Bomba	S	N	N	S	S					

114	Rodamiento agarrotado.	Rodamiento de la bomba	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
115	Rotura de la guarda de seguridad por corrosión.	Soporte del motor eléctrico	S	S			N	N	N	N	N	S
116	Rotura de la rejilla del acoplamiento.	Acoplamiento Falk T20	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
117	Rotura del acoplamiento entre el vástago y la compuerta de la válvula de descarga.	Válvula de descarga	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
118	Rotura del acoplamiento entre el vástago y la compuerta de la válvula de succión.	Válvula de succión	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
119	Rotura del eje por fatiga.	Bomba	S	N	N	S	N	N	S			
120	Rotura del rodamiento.	Rodamiento de la bomba	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
121	Rotura del vástago de la válvula de descarga.	Válvula de descarga	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
122	Rotura del vástago de la válvula de succión.	Válvula de succión	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
123	Rozamiento excesivo del empaque de la prensaestopas.	Prensaestopas	S	S			N	N	N	N	N	S

124	Sobrecarga del motor eléctrico.	Motor eléctrico	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
125	Sobrecarga del rodamiento por desalineamiento.	Rodamiento de la bomba	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
126	Soltura de la prensaestopa del vástago de la válvula de descarga.	Válvula de descarga	S	S			N	N	N	N	N	S
127	Soltura de la prensaestopa del vástago de la válvula de succión.	Válvula de succión	S	S			N	N	N	N	N	S
128	Soltura de pernos de fijación entre la bota inferior y la voluta.	Bomba	S	S			N	N	N	N	N	S
129	Soltura de pernos de fijación entre la bota superior y la base del motor eléctrico.	Bomba	S	S			N	N	N	N	N	S
130	Soltura de pernos de fijación entre la bota superior y la bota inferior.	Bomba	S	S			N	N	N	N	N	S
131	Soltura de pernos de fijación entre la caja de prensaestopas, la caja de rodamientos y la bota superior.	Prensaestopas	S	S			N	N	N	N	N	S
132	Soltura de pernos de las uniones bridadas.	Sistema de drenaje	S	S			N	N	N	N	N	S

133	Soltura de pernos de tapa de fijación del empaque y linterna de la prensaestopas.	Prensaestopas	S	S			N	N	N	N	N	S
134	Soltura del impulsor.	Bomba	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
135	Trabamiento del impulsor por un elemento extraño.	Bomba	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S
136	Trabamiento del vástago de la válvula de descarga por corrosión.	Válvula de descarga	S	N	N	S	S					
137	Trabamiento del vástago de la válvula de succión por corrosión.	Válvula de succión	S	N	N	S	S					
138	Trabamiento interno de la válvula de drenaje.	Sistema de drenaje	S	N	N	S	S					
139	Tubería de descarga parcialmente obstruida.	Tubería de descarga	S	N	N	S	S					
140	Tubería de descarga totalmente obstruida.	Tubería de descarga	S	N	N	S	S					
141	Tubería de drenaje obstruida.	Sistema de drenaje	S	N	N	S	S					
142	Tubería de succión parcialmente obstruida.	Tubería de succión	S	N	N	S	S					
143	Tubería de succión totalmente obstruida.	Tubería de succión	S	N	N	S	S					
144	Válvula de descarga falla en posición cerrada.	Válvula de descarga	S	N	N	S	S					

145	Válvula de descarga falla en posición parcialmente cerrada.	Válvula de descarga	S	N	N	S	S						
146	Válvula de descarga no se apertura completamente por problemas con el limitorque.	Válvula de descarga	S	N	N	S	S						
147	Válvula de descarga no se apertura por problemas con el limitorque.	Válvula de descarga	S	N	N	S	S						
148	Válvula de descarga trabada en posición cerrada.	Válvula de descarga	S	N	N	S	S						
149	Válvula de drenaje falla en posición cerrada.	Sistema de drenaje	S	N	N	S	S						
150	Válvula de drenaje no cierra al 100%.	Sistema de drenaje	S	N	N	S	S						
151	Válvula de drenaje se mantiene abierta parcialmente.	Sistema de drenaje	S	N	N	S	S						
152	Válvula de succión falla en posición cerrada.	Válvula de succión	S	N	N	S	S						
153	Válvula de succión falla en posición parcialmente cerrada.	Válvula de succión	S	N	N	S	S						
154	Válvula de succión no se apertura completamente por problemas con el limitorque.	Válvula de succión	S	N	N	S	S						
155	Válvula de succión no se apertura por problemas con el limitorque.	Válvula de succión	S	N	N	S	S						
156	Velocidad de giro coincide con 1770 RPM, correspondiente a la velocidad crítica de la bomba centrífuga.	Motor eléctrico	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	S

Fuente: Elaboración Propia

10.12. Anexo N° 12: Definición de la Política de Mantenimiento

Anexo N° 12: Definición de la Política de Mantenimiento

Ítem Identificación	Modo de Falla	Tipo de Mantenimiento	Tarea Propuesta	Intervalo Inicial
1	Baja velocidad de giro del conjunto rodante, por debajo de 1185 RPM.	Monitoreo de condición	Verificar la velocidad de giro del motor eléctrico.	3 meses
2	Chaveta dañada de los cubos del acoplamiento lado motor eléctrico y bomba.	Monitoreo de condición	Verificar ruidos anormales en el acoplamiento Falk T20.	3 meses
3	Contaminación del lubricante de los rodamientos del motor eléctrico.	Monitoreo de condición	Muestrear y analizar el lubricante del los rodamientos del motor eléctrico. Cambiar de ser necesario.	6 meses
4	Contaminación del lubricante del rodamiento de la bomba centrífuga.	Monitoreo de condición	Muestrear y analizar el lubricante del rodamiento de la bomba centrífuga. Cambiar de ser necesario.	6 meses
5	Corte generalizado de energía eléctrica.	Monitoreo de condición	Verificar el cumplimiento de alimentación eléctrica del motor.	3 meses
6	Daño de la arandela de la tuerca de aseguramiento del impulsor.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar la arandela de la tuerca de aseguramiento del impulsor.	2 años
7	Daño de la prensaestopa del vástago de la válvula de descarga.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido en la prensaestopas de la válvula de descarga. De ser necesario, reempacar prensaestopa del vástago de la válvula de descarga.	6 meses
8	Daño de la prensaestopa del vástago de la válvula de succión.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido en la prensaestopas de la válvula de succión. De ser necesario, reempacar prensaestopa del vástago de la válvula de succión.	6 meses
9	Daño de la rosca de aseguramiento del impulsor en el eje.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar el eje del impulsor.	2 años

10	Daño de la válvula de drenaje de la bomba	Sustitución cíclica	Cambiar la válvula de drenaje de la bomba.	2 años
11	Daño de pernos de fijación entre la bota inferior y la voluta.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar los pernos de fijación entre la bota inferior y la voluta.	2 años
12	Daño de pernos de fijación entre la bota superior y la base del motor eléctrico.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar los pernos de fijación entre la bota superior y la base del motor eléctrico.	2 años
13	Daño de pernos de fijación entre la bota superior y la bota inferior.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar los pernos de fijación entre la bota superior y la bota inferior.	2 años
14	Daño de pernos de fijación entre la caja de prensaestopas, la caja de rodamientos y la bota superior.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar los pernos de fijación entre la caja de prensaestopas, la caja de rodamientos y la bota superior.	2 años
15	Daño de pernos de las uniones bridadas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido por las uniones bridadas. De ser necesario, cambiar pernos dañados de las uniones bridadas.	6 meses
16	Daño de pernos de tapa de fijación del empaque y linterna de la prensaestopas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido por la prensaestopas. De ser necesario, cambiar pernos dañados de tapa de fijación del empaque y linterna de la prensaestopas.	3 meses
17	Daño del empaque de la prensaestopas por ausencia total de aire de refrigeración.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar temperatura y presencia de fugas de ácido por la prensaestopas. De ser necesario, cambiar el empaque de la prensaestopas.	3 meses
18	Daño del empaque de la prensaestopas por flujo de aire de refrigeración por debajo del mínimo permisible. Flujo de aire controlado por el rotámetro (7m ³ /h - 12m ³ /h).	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar temperatura y presencia de fugas de ácido por la prensaestopas. De ser necesario, cambiar el empaque de la prensaestopas.	3 meses
19	Daño del empaque de la prensaestopas por tiempo de servicio	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido por la prensaestopas. De ser necesario, cambiar el empaque de la prensaestopas.	3 meses

20	Daño del impulsor por cavitación.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Realizar un análisis vibracional de la bomba. De ser necesario cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar el impulsor.	6 meses
21	Daño del impulsor por contacto con un elemento extraño.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Realizar un análisis vibracional de la bomba. De ser necesario cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar el impulsor.	6 meses
22	Daño del relé de protección del motor eléctrico	Sustitución cíclica	Cambiar el relé de protección del motor eléctrico.	4 meses
23	Daños de empaquetadura entra las uniones bridadas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido por las uniones bridadas. De ser necesario, cambiar empaquetaduras dañadas entre las uniones bridadas.	6 meses
24	Daños de o-ring entre el cubo del impulsor y la bocina inferior del eje.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar o-ring entre el cubo del impulsor y la bocina inferior del eje.	2 años
25	Daños de o-ring entre el cubo del impulsor y la tuerca de sujeción del impulsor.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar o-ring entre el cubo del impulsor y la tuerca de sujeción del impulsor.	2 años
26	Daños de o-ring entre el eje y la bocina inferior del eje (parte superior).	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar o-ring entre el eje y la bocina inferior del eje (parte superior).	2 años
27	Daños de o-ring entre la base del motor eléctrico y la caja de la rodamientos.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar o-ring entre la base del motor eléctrico y la caja de la rodamientos.	2 años
28	Daños de o-ring entre la caja de la rodamientos y la caja de la prensaestopas.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar o-ring entre la caja de la rodamientos y la caja de la prensaestopas.	2 años
29	Daños de o-ring entre la unión de la bota inferior y la voluta.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar o-ring entre la unión de la bota inferior y la voluta.	2 años
30	Daños de o-ring entre la unión de la bota superior y la base del motor eléctrico.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar o-ring entre la unión de la bota superior y la base del motor eléctrico.	2 años

31	Daños de o-ring entre la unión de la bota superior y la bota inferior.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar o-ring entre la unión de la bota superior y la bota inferior.	2 años
32	Daños de o-ring entre la unión de la bota superior y la caja de la prensaestopas.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar o-ring entre la unión de la bota superior y la caja de la prensaestopas.	2 años
33	Daños de o-ring entre la unión de la bota superior y la caja de la rodamientos.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar o-ring entre la unión de la bota superior y la caja de la rodamientos.	2 años
34	Daños de o-ring entre la unión de la voluta y la tubería de succión.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar o-ring entre la unión de la voluta y la tubería de succión.	2 años
35	Daños de pernos de fijación entre la caja de prensaestopas, la caja de rodamientos y la bota superior.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar los pernos de fijación entre la caja de prensaestopas, la caja de rodamientos y la bota superior.	2 años
36	Daños del soporte por corrosión.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fisuras en el soporte del motor eléctrico. De ser necesario, cambiar soporte.	1 año
37	Daños por corrosión en los cordones de soldadura.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Reacondicionamiento cíclico	Verificar presencia de fugas de ácido por los cordones de soldadura. De ser necesario, reparar los cordones de soldadura.	6 meses
38	Deflexión del eje mayor a 0.002".	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar el eje del impulsor.	2 años
39	Deformaciones del soporte del motor eléctrico por golpes durante trabajos de desmontaje y montaje de la bomba.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de deformaciones en el soporte del motor eléctrico. De ser necesario, cambiar soporte.	1 año
40	Desalineamiento axial, radial y angular entre el acoplamiento del motor eléctrico y del eje.	Monitoreo de condición	Verificar el alineamiento de la transmisión.	3 meses
41	Desalineamiento de la transmisión de movimiento.	Monitoreo de condición	Realizar un análisis vibracional y verificar el alineamiento de la transmisión.	6 meses

42	Desgaste de la superficie de la tubería de descarga.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Reacondicionamiento cíclico	Realizar medición de espesores de la tubería de descarga. De ser necesario, reparar la superficie con mayor desgaste.	6 meses
43	Desgaste de la superficie de la tubería de drenaje.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Reacondicionamiento cíclico	Realizar medición de espesores de la tubería de drenaje. De ser necesario, reparar la superficie con mayor desgaste.	6 meses
44	Desgaste de la superficie de la tubería de succión.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Reacondicionamiento cíclico	Realizar medición de espesores de la tubería de succión. De ser necesario, reparar la superficie con mayor desgaste.	6 meses
45	Desgaste de la superficie de la voluta.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Realizar medición de espesores de la voluta. De ser necesario, cambiar la bomba por desgaste de voluta.	1 año
46	Desgaste de la superficie interna de la bota inferior.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el desgaste de la superficie de la bota inferior, de ser necesario cambiar.	2 años
47	Desgaste de la superficie interna de la bota superior.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el desgaste de la superficie de la bota superior, de ser necesario cambiar.	2 años
48	Desgaste del eje en la zona de instalación de la bocina inferior.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el desgaste del eje en la zona de instalación de la bocina inferior.	2 años
49	Desgaste del eje en la zona de instalación de la prensaestopas.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el desgaste del eje en la zona de instalación de la prensaestopas.	2 años
50	Desgaste del eje en la zona de instalación del rodamiento.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el desgaste del eje en la zona de instalación del rodamiento.	2 años
51	Desgaste del rodamiento por tiempo de servicio.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar los rodamientos.	2 años

52	Desgaste normal de los anillos de desgaste: superiores e inferiores del impulsor por tiempo de servicio.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar los anillos de desgaste: superiores e inferiores del impulsor.	2 años
53	Desgaste normal de los rodamientos del motor eléctrico por tiempo de servicio.	Sustitución cíclica	Cambiar el motor eléctrico. Nota: durante la Reparación del motor eléctrico, se debe cambiar los rodamientos.	2 años
54	Desgaste normal del empaque y linterna de la prensaestopas por tiempo de servicio.	Reacondicionamiento cíclico	Cambiar empaque y linterna de la prensaestopas.	1 año
55	Desgaste normal del impulsor por tiempo de servicio.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar el impulsor.	2 años
56	Desgaste prematuro de los anillos de desgaste: superiores e inferiores del impulsor por rozamiento.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar los anillos de desgaste: superiores e inferiores del impulsor.	2 años
57	Desgaste prematuro de los rodamientos del motor eléctrico por desalineamiento de la transmisión.	Sustitución cíclica	Cambiar el motor eléctrico. Nota: durante la Reparación del motor eléctrico, se debe cambiar los rodamientos.	2 años
58	Desgaste prematuro del empaque y linterna de la prensaestopas por desalineamiento de la transmisión.	Reacondicionamiento cíclico	Cambiar empaque y linterna de la prensaestopas.	1 año
59	Falla de los sensores de vibración.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar el correcto funcionamiento de los sensores de vibración. De ser necesario, cambiar sensores.	6 meses
60	Falla del sensor de flujo.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar el correcto funcionamiento del sensor de flujo. De ser necesario, cambiar sensores.	6 meses
61	Falla del sensor de nivel.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar el correcto funcionamiento del sensor de nivel. De ser necesario, cambiar sensores.	6 meses
62	Falla del sensor de presión.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar el correcto funcionamiento del sensor de presión. De ser necesario, cambiar sensores.	6 meses

63	Falso contacto en las conexiones de los sensores de vibración.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar el correcto funcionamiento de los sensores de vibración. De ser necesario, cambiar sensores.	6 meses
64	Falso contacto en las conexiones del sensor de flujo.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar el correcto funcionamiento del sensor de flujo. De ser necesario, cambiar sensores.	6 meses
65	Falso contacto en las conexiones del sensor de nivel.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar el correcto funcionamiento del sensor de nivel. De ser necesario, cambiar sensores.	6 meses
66	Falso contacto en las conexiones del sensor de presión.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar el correcto funcionamiento del sensor de presión. De ser necesario, cambiar sensores.	6 meses
67	Falta de lubricación del acoplamiento.	Monitoreo de condición	Verificar temperatura en el acoplamiento. De ser necesario, lubricar.	2 meses
68	Fractura del acoplamiento por fatiga.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Reacondicionamiento cíclico	Realizar un análisis vibracional y verificar el estado del acoplamiento. De ser necesario, cambiar acoplamiento.	6 meses
69	Fuga del lubricante del acoplamiento.	Monitoreo de condición	Verificar temperatura en el acoplamiento. De ser necesario, lubricar.	2 meses
70	Incorrecta instalación de la chaveta de la bocina inferior y el eje.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar la correcta instalación de la chaveta de la bocina inferior y el eje.	2 años
71	Incorrecta instalación de la chaveta en los cubos del acoplamiento lado motor eléctrico y bomba.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Reacondicionamiento cíclico	Realizar un análisis vibracional y verificar el estado del acoplamiento. De ser necesario, cambiar acoplamiento.	6 meses
72	Incorrecta instalación de la prensaestopas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido por la prensaestopas. De ser necesario, cambiar el empaque de la prensaestopas.	3 meses
73	Incorrecta lubricación del acoplamiento.	Monitoreo de condición	Verificar temperatura en el acoplamiento. De ser necesario, lubricar.	2 meses

74	Incorrecta lubricación del rodamiento.	Monitoreo de condición	Verificar temperatura en el rodamiento de la bomba. De ser necesario, lubricar.	3 meses
75	Incorrecta separación entre la bocina inferior del eje y la bocina de cabeza (valor recomendado 0.045").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar la correcta separación entre la bocina inferior del eje y la bocina de cabeza (valor recomendado 0.045").	2 años
76	Incorrecta separación entre las caras del acoplamiento del motor eléctrico y el acoplamiento del eje.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar la correcta instalación del acoplamiento.	2 años
77	Incorrecta separación entre los anillos de desgaste: superiores e inferiores del impulsor y los anillos superiores e inferiores del interior de la voluta y tubería de succión respectivamente (valor recomendado 0.055").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar la correcta separación entre los anillos de desgaste: superiores e inferiores del impulsor y los anillos superiores e inferiores del interior de la voluta y tubería de succión respectivamente (valor recomendado 0.055").	2 años
78	Incorrecto ajuste de los pernos de la brida del acoplamiento.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar la correcta instalación del acoplamiento.	2 años
79	Incorrecto ajuste de los prisioneros del cubo del acoplamiento.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar la correcta instalación del acoplamiento.	2 años
80	Incorrecto ajuste entre eje y la bocina inferior (valor recomendado 0.0025").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre eje y la bocina inferior (valor recomendado 0.0025").	2 años
81	Incorrecto ajuste entre el anillo inferior y el interior de la tubería de succión (valor recomendado -0.002").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre el anillo inferior y el interior de la tubería de succión (valor recomendado -0.002").	2 años
82	Incorrecto ajuste entre el anillo superior y el interior de la voluta (valor recomendado -0.002").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre el anillo superior y el interior de la voluta (valor recomendado -0.002").	2 años

83	Incorrecto ajuste entre el cubo del impulsor y la bocina inferior del eje (valor recomendado 0.012").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre el cubo del impulsor y la bocina inferior del eje (valor recomendado 0.012").	2 años
84	Incorrecto ajuste entre el eje y el cubo del impulsor (valor recomendado 0.004").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre el eje y el cubo del impulsor (valor recomendado 0.004").	2 años
85	Incorrecto ajuste entre el interior de la voluta y la tubería de succión (valor recomendado 0.008").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre el interior de la voluta y la tubería de succión (valor recomendado 0.008").	2 años
86	Incorrecto ajuste entre el rodamiento y el eje (valor recomendado 0.0025").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre el rodamiento y el eje (valor recomendado 0.0025").	2 años
87	Incorrecto ajuste entre la bota inferior y la bocina de cabeza (valor recomendado -0.0005").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre la bota inferior y la bocina de cabeza (valor recomendado -0.0005").	2 años
88	Incorrecto ajuste entre la bota inferior y la voluta (valor recomendado 0.008").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre la bota inferior y la voluta (valor recomendado 0.008").	2 años
89	Incorrecto ajuste entre la bota superior y la bota inferior (valor recomendado 0.008").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre la bota superior y la bota inferior (valor recomendado 0.008").	2 años
90	Incorrecto ajuste entre la caja de la prensaestopas y la bota superior (valor recomendado 0.020").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre la caja de la prensaestopas y la bota superior (valor recomendado 0.020").	2 años

91	Incorrecto ajuste entre la caja del rodamiento y el rodamiento (valor recomendado 0.003").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre la caja del rodamiento y el rodamiento (valor recomendado 0.003").	2 años
92	Incorrecto ajuste entre la caja del rodamiento y el soporte del motor eléctrico (valor recomendado 0.020").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre la caja del rodamiento y el soporte del motor eléctrico (valor recomendado 0.020").	2 años
93	Incorrecto ajuste entre la caja del rodamiento y la bota superior (valor recomendado 0.008").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre la caja del rodamiento y la bota superior (valor recomendado 0.008").	2 años
94	Incorrecto ajuste entre los anillos de desgaste: superiores e inferiores y el impulsor (valor recomendado -0.002").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre los anillos de desgaste: superiores e inferiores y el impulsor (valor recomendado -0.002").	2 años
95	Incorrecto ajuste entre los cubos del acoplamiento y los ejes.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre los cubos del acoplamiento y los ejes.	2 años
96	Incorrecto armado del motor eléctrico.	Sustitución cíclica	Cambiar el motor eléctrico. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto armado del motor eléctrico.	2 años
97	Incorrecto montaje del rodamiento de la bomba.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar la correcta instalación del rodamiento de la bomba.	2 años
98	Incorrecto torque de ajuste de la tuerca del impulsor, por debajo de 350 lb-pie.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto torque de ajuste de la tuerca del impulsor, por debajo de 350 lb-pie.	2 años
99	Incorrecto torque de ajuste de pernos de fijación entre la bota inferior y la voluta.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto torque de ajuste de pernos de fijación entre la bota inferior y la voluta.	2 años

100	Incorrecto torque de ajuste de pernos de fijación entre la bota superior y la base del motor eléctrico.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto torque de ajuste de pernos de fijación entre la bota superior y la base del motor eléctrico.	2 años
101	Incorrecto torque de ajuste de pernos de fijación entre la bota superior y la bota inferior.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto torque de ajuste de pernos de fijación entre la bota superior y la bota inferior.	2 años
102	Incorrecto torque de ajuste de pernos de fijación entre la caja de prensaestopas, la caja de rodamientos y la bota superior.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto torque de ajuste de pernos de fijación entre la caja de prensaestopas, la caja de rodamientos y la bota superior.	2 años
103	Incorrecto torque de ajuste de pernos de las uniones bridadas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido por las uniones bridadas. De ser necesario, retorquear los pernos de las uniones bridadas.	6 meses
104	Incremento de la temperatura en el acoplamiento.	Monitoreo de condición	Verificar temperatura en el acoplamiento. De ser necesario, lubricar.	2 meses
105	Incremento de la temperatura en la caja de la prensaestopas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar temperatura y presencia de fugas de ácido en la caja de prensaestopas. De ser necesario, cambiar empaque y linterna de la prensaestopas.	3 meses
106	Incremento de la temperatura en la caja del rodamiento.	Monitoreo de condición	Verificar temperatura en la caja del rodamiento. De ser necesario, lubricar.	3 meses
107	Insuficiente NPSH disponible, altura de aspiración demasiado alta.	Monitoreo de condición	Realizar un análisis vibracional de la bomba y seguimiento a los parámetros de operación de la bomba.	6 meses
108	La bomba no está cebada.	Monitoreo de condición	Realizar un análisis vibracional de la bomba y seguimiento a los parámetros de operación de la bomba.	6 meses
109	Motor eléctrico en trip por sobrecarga.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Realizar un análisis vibracional de la bomba y seguimiento a los parámetros de operación de la bomba. De ser necesario cambiar el motor eléctrico y/o la bomba.	4 meses
110	Motor eléctrico gira en sentido contrario a su rotación normal.	Sustitución cíclica	Cambiar el motor eléctrico. Nota: durante la conexión del motor eléctrico verificar el correcto sentido de rotación.	2 años

111	Motor eléctrico quemado.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Realizar un análisis vibracional de la bomba y seguimiento a los parámetros de operación de la bomba. De ser necesario cambiar el motor eléctrico y/o la bomba.	4 meses
112	Pernos dañados de la brida del acoplamiento.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Reacondicionamiento cíclico	Realizar un análisis vibracional y verificar el estado del acoplamiento. De ser necesario, cambiar acoplamiento.	1 año
113	Presencia de aire en la succión.	Monitoreo de condición	Realizar un análisis vibracional de la bomba y seguimiento a los parámetros de operación de la bomba.	6 meses
114	Rodamiento agarrotado.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Realizar un análisis vibracional de la bomba, medición de temperatura y seguimiento a los parámetros de operación de la bomba. De ser necesario cambiar la bomba.	6 meses
115	Rotura de la guarda de seguridad por corrosión.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Reacondicionamiento cíclico	Inspección de las guardas de seguridad. De ser necesario, reparar y/o cambiar las guardas de seguridad.	1 año
116	Rotura de la rejilla del acoplamiento.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Reacondicionamiento cíclico	Realizar un análisis vibracional y verificar el estado del acoplamiento. De ser necesario, cambiar acoplamiento.	1 año
117	Rotura del acoplamiento entre el vástago y la compuerta de la válvula de descarga.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de descarga y parámetros de operación de la Bomba Centrífuga: caudal, presión, vibraciones y amperaje del motor eléctrico. De ser necesario, cambiar válvula de descarga.	6 meses
118	Rotura del acoplamiento entre el vástago y la compuerta de la válvula de succión.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de succión y parámetros de operación de la Bomba Centrífuga: caudal, presión, vibraciones y amperaje del motor eléctrico. De ser necesario, cambiar válvula de succión.	6 meses
119	Rotura del eje por fatiga.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga.	2 años
120	Rotura del rodamiento.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Realizar un análisis vibracional de la bomba, medición de temperatura y seguimiento a los parámetros de operación de la bomba. De ser necesario cambiar la bomba.	6 meses

121	Rotura del vástago de la válvula de descarga.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de descarga y el estado del vástago de la válvula de descarga. De ser necesario, cambiar válvula de descarga.	6 meses
122	Rotura del vástago de la válvula de succión.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de succión y el estado del vástago de la válvula de succión. De ser necesario, cambiar válvula de succión.	6 meses
123	Rozamiento excesivo del empaque de la prensaestopas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de humos, temperatura y fugas de ácido en la caja de prensaestopas. De ser necesario, soltar los pernos de la tapa y/o cambiar empaque y linterna de la prensaestopas.	3 meses
124	Sobrecarga del motor eléctrico.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Realizar un análisis vibracional de la bomba y seguimiento a los parámetros de operación de la bomba. De ser necesario cambiar el motor eléctrico y/o la bomba.	4 meses
125	Sobrecarga del rodamiento por desalineamiento.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Realizar un análisis vibracional de la bomba, medición de temperatura y seguimiento a los parámetros de operación de la bomba. De ser necesario cambiar la bomba.	6 meses
126	Soltura de la prensaestopa del vástago de la válvula de descarga.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido en la prensaestopas de la válvula de descarga. De ser necesario, reempacar prensaestopa del vástago de la válvula de descarga.	6 meses
127	Soltura de la prensaestopa del vástago de la válvula de succión.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido en la prensaestopas de la válvula de succión. De ser necesario, reempacar prensaestopa del vástago de la válvula de succión.	6 meses
128	Soltura de pernos de fijación entre la bota inferior y la voluta.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido por las uniones bridadas. De ser necesario, retorquear o cambiar los pernos de las uniones bridadas.	6 meses
129	Soltura de pernos de fijación entre la bota superior y la base del motor eléctrico.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido por las uniones bridadas. De ser necesario, retorquear o cambiar los pernos de las uniones bridadas.	6 meses

130	Soltura de pernos de fijación entre la bota superior y la bota inferior.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido por las uniones bridadas. De ser necesario, retorquear o cambiar los pernos de las uniones bridadas.	6 meses
131	Soltura de pernos de fijación entre la caja de prensaestopas, la caja de rodamientos y la bota superior.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido por las uniones bridadas. De ser necesario, retorquear los pernos de las uniones bridadas.	3 meses
132	Soltura de pernos de las uniones bridadas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido por las uniones bridadas. De ser necesario, retorquear los pernos de las uniones bridadas.	6 meses
133	Soltura de pernos de tapa de fijación del empaque y linterna de la prensaestopas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido por las uniones bridadas. De ser necesario, retorquear los pernos de la tapa de fijación.	3 meses
134	Soltura del impulsor.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Realizar un análisis vibracional de la bomba. De ser necesario cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar el impulsor.	6 meses
135	Trabamiento del impulsor por un elemento extraño.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Realizar un análisis vibracional de la bomba. De ser necesario cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar el impulsor.	6 meses
136	Trabamiento del vástago de la válvula de descarga por corrosión.	Monitoreo de condición	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de descarga.	6 meses
137	Trabamiento del vástago de la válvula de succión por corrosión.	Monitoreo de condición	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de succión.	6 meses
138	Trabamiento interno de la válvula de drenaje.	Monitoreo de condición	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de drenaje.	6 meses
139	Tubería de descarga parcialmente obstruida.	Monitoreo de condición	Verificar parámetros de operación de la Bomba Centrífuga: caudal, presión, vibraciones y amperaje del motor eléctrico.	Diario

140	Tubería de descarga totalmente obstruida.	Monitoreo de condición	Verificar parámetros de operación de la Bomba Centrífuga: caudal, presión , vibraciones y amperaje del motor eléctrico. Realizar ultrasonido y termografía en operación.	Diario 6 meses
141	Tubería de drenaje obstruida.	Monitoreo de condición	Verificar el correcto drenaje del sistema de bombeo.	6 meses
142	Tubería de succión parcialmente obstruida.	Monitoreo de condición	Verificar parámetros de operación de la Bomba Centrífuga: caudal, presión , vibraciones y amperaje del motor eléctrico.	Diario
143	Tubería de succión totalmente obstruida.	Monitoreo de condición	Verificar parámetros de operación de la Bomba Centrífuga: caudal, presión , vibraciones y amperaje del motor eléctrico. Realizar ultrasonido y termografía en operación.	Diario 6 meses
144	Válvula de descarga falla en posición cerrada.	Monitoreo de condición	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de descarga.	6 meses
145	Válvula de descarga falla en posición parcialmente cerrada.	Monitoreo de condición	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de descarga.	6 meses
146	Válvula de descarga no se apertura completamente por problemas con el limitorque.	Monitoreo de condición	Verificar el estado y realizar pruebas de funcionamiento del limitorque de la válvula de descarga.	6 meses
147	Válvula de descarga no se apertura por problemas con el limitorque.	Monitoreo de condición	Verificar el estado y realizar pruebas de funcionamiento del limitorque de la válvula de descarga.	6 meses
148	Válvula de descarga trabada en posición cerrada.	Monitoreo de condición	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de descarga.	6 meses
149	Válvula de drenaje falla en posición cerrada.	Monitoreo de condición	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de drenaje.	6 meses
150	Válvula de drenaje no cierra al 100%.	Monitoreo de condición	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de drenaje.	6 meses
151	Válvula de drenaje se mantiene abierta parcialmente.	Monitoreo de condición	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de drenaje.	6 meses
152	Válvula de succión falla en posición cerrada.	Monitoreo de condición	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de succión.	6 meses

153	Válvula de succión falla en posición parcialmente cerrada.	Monitoreo de condición	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de succión.	6 meses
154	Válvula de succión no se apertura completamente por problemas con el limitorque.	Monitoreo de condición	Verificar el estado y realizar pruebas de funcionamiento del limitorque de la válvula de succión.	6 meses
155	Válvula de succión no se apertura por problemas con el limitorque.	Monitoreo de condición	Verificar el estado y realizar pruebas de funcionamiento del limitorque de la válvula de succión.	6 meses
156	Velocidad de giro coincide con 1770 RPM, correspondiente a la velocidad crítica de la bomba centrífuga.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Realizar un análisis vibracional de la bomba y seguimiento a los parámetros de operación de la bomba. De ser necesario cambiar el motor eléctrico y/o la bomba.	4 meses

Fuente: Elaboración Propia

10.13. Anexo N° 13: Agrupación y revisión

Anexo N° 13: Agrupación y revisión de las tareas de mantenimiento

Ítem Identificación	Modo de Falla	Tipo de Mantenimiento	Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por	Horas - Hombre (HH)
1	Baja velocidad de giro del conjunto rodante, por debajo de 1185 RPM.	Monitoreo de condición	Verificar la velocidad de giro del motor eléctrico.	3 meses	IFEL	1
2	Chaveta dañada de los cubos del acoplamiento lado motor eléctrico y bomba.	Monitoreo de condición	Verificar ruidos anormales en el acoplamiento Falk T20.	3 meses	IFPD	1
3	Contaminación del lubricante de los rodamientos del motor eléctrico.	Monitoreo de condición	Muestrear y analizar el lubricante de los rodamientos del motor eléctrico. Cambiar de ser necesario.	6 meses	IFLU	2
4	Contaminación del lubricante del rodamiento de la bomba centrífuga.	Monitoreo de condición	Muestrear y analizar el lubricante del rodamiento de la bomba centrífuga. Cambiar de ser necesario.	6 meses	IFLU	2
5	Corte generalizado de energía eléctrica.	Monitoreo de condición	Verificar el cumplimiento de alimentación eléctrica del motor.	3 meses	IFEL	1
6	Daño de la arandela de la tuerca de aseguramiento del impulsor.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar la arandela de la tuerca de aseguramiento del impulsor.	2 años	IFAF	8
7	Daño de la prensaestopa del vástago de la válvula de descarga.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido en la prensaestopas de la válvula de descarga. De ser necesario, reempacar prensaestopa del vástago de la válvula de descarga.	6 meses	IFAF	2
8	Daño de la prensaestopa del vástago de la válvula de succión.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido en la prensaestopas de la válvula de succión. De	6 meses	IFAF	2

			ser necesario, reempacar prensaestopa del vástago de la válvula de succión.			
9	Daño de la rosca de aseguramiento del impulsor en el eje.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar el eje del impulsor.	2 años	IFAF	8
10	Daño de la válvula de drenaje de la bomba	Sustitución cíclica	Cambiar la válvula de drenaje de la bomba.	2 años	IFAF	3
11	Daño de pernos de fijación entre la bota inferior y la voluta.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar los pernos de fijación entre la bota inferior y la voluta.	2 años	IFAF	8
12	Daño de pernos de fijación entre la bota superior y la base del motor eléctrico.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar los pernos de fijación entre la bota superior y la base del motor eléctrico.	2 años	IFAF	8
13	Daño de pernos de fijación entre la bota superior y la bota inferior.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar los pernos de fijación entre la bota superior y la bota inferior.	2 años	IFAF	8
14	Daño de pernos de fijación entre la caja de prensaestopas, la caja de rodamientos y la bota superior.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar los pernos de fijación entre la caja de prensaestopas, la caja de rodamientos y la bota superior.	2 años	IFAF	8
15	Daño de pernos de las uniones bridadas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido por las uniones bridadas. De ser necesario, cambiar pernos dañados de las uniones bridadas.	6 meses	IFAF	2
16	Daño de pernos de tapa de fijación del empaque y linterna de la prensaestopas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido por la prensaestopas. De ser necesario, cambiar pernos dañados de tapa de fijación del empaque y linterna de la prensaestopas.	3 meses	IFAF	2

17	Daño del empaque de la prensaestopas por ausencia total de aire de refrigeración.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar temperatura y presencia de fugas de ácido por la prensaestopas. De ser necesario, cambiar el empaque de la prensaestopas.	3 meses	IFAF	2
18	Daño del empaque de la prensaestopas por flujo de aire de refrigeración por debajo del mínimo permisible. Flujo de aire controlado por el rotámetro (7m ³ /h - 12m ³ /h).	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar temperatura y presencia de fugas de ácido por la prensaestopas. De ser necesario, cambiar el empaque de la prensaestopas.	3 meses	IFAF	2
19	Daño del empaque de la prensaestopas por tiempo de servicio	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido por la prensaestopas. De ser necesario, cambiar el empaque de la prensaestopas.	3 meses	IFAF	2
20	Daño del impulsor por cavitación.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Realizar un análisis vibracional de la bomba. De ser necesario cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar el impulsor.	6 meses	IFPD / IFAF	2
21	Daño del impulsor por contacto con un elemento extraño.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Realizar un análisis vibracional de la bomba. De ser necesario cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar el impulsor.	6 meses	IFPD / IFAF	2
22	Daño del relé de protección del motor eléctrico	Sustitución cíclica	Cambiar el relé de protección del motor eléctrico.	4 meses	IFEL	2
23	Daños de empaquetadura entra las uniones bridadas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido por las uniones bridadas. De ser necesario, cambiar empaquetaduras dañadas entre las uniones bridadas.	6 meses	IFAF	2
24	Daños de o-ring entre el cubo del impulsor y la bocina inferior del eje.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar o-ring entre el cubo del impulsor y la bocina inferior del eje.	2 años	IFAF	8
25	Daños de o-ring entre el cubo del impulsor y la tuerca de sujeción del impulsor.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar o-ring entre el cubo del impulsor y la tuerca de sujeción del impulsor.	2 años	IFAF	8

26	Daños de o-ring entre el eje y la bocina inferior del eje (parte superior).	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar o-ring entre el eje y la bocina inferior del eje (parte superior).	2 años	IFAF	8
27	Daños de o-ring entre la base del motor eléctrico y la caja de la rodamientos.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar o-ring entre la base del motor eléctrico y la caja de la rodamientos.	2 años	IFAF	8
28	Daños de o-ring entre la caja de la rodamientos y la caja de la prensaestopas.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar o-ring entre la caja de la rodamientos y la caja de la prensaestopas.	2 años	IFAF	8
29	Daños de o-ring entre la unión de la bota inferior y la voluta.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar o-ring entre la unión de la bota inferior y la voluta.	2 años	IFAF	8
30	Daños de o-ring entre la unión de la bota superior y la base del motor eléctrico.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar o-ring entre la unión de la bota superior y la base del motor eléctrico.	2 años	IFAF	8
31	Daños de o-ring entre la unión de la bota superior y la bota inferior.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar o-ring entre la unión de la bota superior y la bota inferior.	2 años	IFAF	8
32	Daños de o-ring entre la unión de la bota superior y la caja de la prensaestopas.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar o-ring entre la unión de la bota superior y la caja de la prensaestopas.	2 años	IFAF	8
33	Daños de o-ring entre la unión de la bota superior y la caja de la rodamientos.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar o-ring entre la unión de la bota superior y la caja de la rodamientos.	2 años	IFAF	8
34	Daños de o-ring entre la unión de la voluta y la tubería de succión.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe	2 años	IFAF	8

			cambiar o-ring entre la unión de la voluta y la tubería de succión.			
35	Daños de pernos de fijación entre la caja de prensaestopas, la caja de rodamientos y la bota superior.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar los pernos de fijación entre la caja de prensaestopas, la caja de rodamientos y la bota superior.	2 años	IFAF	8
36	Daños del soporte por corrosión.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fisuras en el soporte del motor eléctrico. De ser necesario, cambiar soporte.	1 año	IFAF	2
37	Daños por corrosión en los cordones de soldadura.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Reacondicionamiento cíclico	Verificar presencia de fugas de ácido por los cordones de soldadura. De ser necesario, reparar los cordones de soldadura.	6 meses	IFAF / IFSO	2
38	Deflexión del eje mayor a 0.002".	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar el eje del impulsor.	2 años	IFAF	8
39	Deformaciones del soporte del motor eléctrico por golpes durante trabajos de desmontaje y montaje de la bomba.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de deformaciones en el soporte del motor eléctrico. De ser necesario, cambiar soporte.	1 año	IFAF	2
40	Desalineamiento axial, radial y angular entre el acoplamiento del motor eléctrico y del eje.	Monitoreo de condición	Verificar el alineamiento de la transmisión.	3 meses	IFPD	2
41	Desalineamiento de la transmisión de movimiento.	Monitoreo de condición	Realizar un análisis vibracional y verificar el alineamiento de la transmisión.	6 meses	IFPD	2
42	Desgaste de la superficie de la tubería de descarga.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Reacondicionamiento cíclico	Realizar medición de espesores de la tubería de descarga. De ser necesario, reparar la superficie con mayor desgaste.	6 meses	IFPD / IFSO	2
43	Desgaste de la superficie de la tubería de drenaje.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Reacondicionamiento cíclico	Realizar medición de espesores de la tubería de drenaje. De ser necesario, reparar la superficie con mayor desgaste.	6 meses	IFPD / IFSO	2

44	Desgaste de la superficie de la tubería de succión.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Reacondicionamiento cíclico	Realizar medición de espesores de la tubería de succión. De ser necesario, reparar la superficie con mayor desgaste.	6 meses	IFPD / IFSO	2
45	Desgaste de la superficie de la voluta.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Realizar medición de espesores de la voluta. De ser necesario, cambiar la bomba por desgaste de voluta.	1 año	IFPD / IFAF	2
46	Desgaste de la superficie interna de la bota inferior.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el desgaste de la superficie de la bota inferior, de ser necesario cambiar.	2 años	IFAF	8
47	Desgaste de la superficie interna de la bota superior.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el desgaste de la superficie de la bota superior, de ser necesario cambiar.	2 años	IFAF	8
48	Desgaste del eje en la zona de instalación de la bocina inferior.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el desgaste del eje en la zona de instalación de la bocina inferior.	2 años	IFAF	8
49	Desgaste del eje en la zona de instalación de la prensaestopas.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el desgaste del eje en la zona de instalación de la prensaestopas.	2 años	IFAF	8
50	Desgaste del eje en la zona de instalación del rodamiento.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el desgaste del eje en la zona de instalación del rodamiento.	2 años	IFAF	8
51	Desgaste del rodamiento por tiempo de servicio.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar los rodamientos.	2 años	IFAF	8
52	Desgaste normal de los anillos de desgaste: superiores e inferiores del impulsor por tiempo de servicio.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar los anillos de desgaste: superiores e inferiores del impulsor.	2 años	IFAF	8

53	Desgaste normal de los rodamientos del motor eléctrico por tiempo de servicio.	Sustitución cíclica	Cambiar el motor eléctrico. Nota: durante la Reparación del motor eléctrico, se debe cambiar los rodamientos.	2 años	IFEL	8
54	Desgaste normal del empaque y linterna de la prensaestopas por tiempo de servicio.	Reacondicionamiento cíclico	Cambiar empaque y linterna de la prensaestopas.	1 año	IFAF	4
55	Desgaste normal del impulsor por tiempo de servicio.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar el impulsor.	2 años	IFAF	8
56	Desgaste prematuro de los anillos de desgaste: superiores e inferiores del impulsor por rozamiento.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar los anillos de desgaste: superiores e inferiores del impulsor.	2 años	IFAF	8
57	Desgaste prematuro de los rodamientos del motor eléctrico por desalineamiento de la transmisión.	Sustitución cíclica	Cambiar el motor eléctrico. Nota: durante la Reparación del motor eléctrico, se debe cambiar los rodamientos.	2 años	IFEL	8
58	Desgaste prematuro del empaque y linterna de la prensaestopas por desalineamiento de la transmisión.	Reacondicionamiento cíclico	Cambiar empaque y linterna de la prensaestopas.	1 año	IFAF	4
59	Falla de los sensores de vibración.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar el correcto funcionamiento de los sensores de vibración. De ser necesario, cambiar sensores.	6 meses	IFIN	2
60	Falla del sensor de flujo.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar el correcto funcionamiento del sensor de flujo. De ser necesario, cambiar sensores.	6 meses	IFIN	2
61	Falla del sensor de nivel.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar el correcto funcionamiento del sensor de nivel. De ser necesario, cambiar sensores.	6 meses	IFIN	2
62	Falla del sensor de presión.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar el correcto funcionamiento del sensor de presión. De ser necesario, cambiar sensores.	6 meses	IFIN	2

63	Falso contacto en las conexiones de los sensores de vibración.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar el correcto funcionamiento de los sensores de vibración. De ser necesario, cambiar sensores.	6 meses	IFIN	2
64	Falso contacto en las conexiones del sensor de flujo.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar el correcto funcionamiento del sensor de flujo. De ser necesario, cambiar sensores.	6 meses	IFIN	2
65	Falso contacto en las conexiones del sensor de nivel.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar el correcto funcionamiento del sensor de nivel. De ser necesario, cambiar sensores.	6 meses	IFIN	2
66	Falso contacto en las conexiones del sensor de presión.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar el correcto funcionamiento del sensor de presión. De ser necesario, cambiar sensores.	6 meses	IFIN	2
67	Falta de lubricación del acoplamiento.	Monitoreo de condición	Verificar temperatura en el acoplamiento. De ser necesario, lubricar.	2 meses	IFLU	1
68	Fractura del acoplamiento por fatiga.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Reacondicionamiento cíclico	Realizar un análisis vibracional y verificar el estado del acoplamiento. De ser necesario, cambiar acoplamiento.	6 meses	IFPD / IFAF	2
69	Fuga del lubricante del acoplamiento.	Monitoreo de condición	Verificar temperatura en el acoplamiento. De ser necesario, lubricar.	2 meses	IFLU	1
70	Incorrecta instalación de la chaveta de la bocina inferior y el eje.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar la correcta instalación de la chaveta de la bocina inferior y el eje.	2 años	IFAF	8
71	Incorrecta instalación de la chaveta en los cubos del acoplamiento lado motor eléctrico y bomba.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Reacondicionamiento cíclico	Realizar un análisis vibracional y verificar el estado del acoplamiento. De ser necesario, cambiar acoplamiento.	6 meses	IFPD / IFAF	2
72	Incorrecta instalación de la prensaestopas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido por la prensaestopas. De ser necesario, cambiar el empaque de la prensaestopas.	3 meses	IFAF	2
73	Incorrecta lubricación del acoplamiento.	Monitoreo de condición	Verificar temperatura en el acoplamiento. De ser necesario, lubricar.	2 meses	IFLU	1

74	Incorrecta lubricación del rodamiento.	Monitoreo de condición	Verificar temperatura en el rodamiento de la bomba. De ser necesario, lubricar.	3 meses	IFLU	1
75	Incorrecta separación entre la bocina inferior del eje y la bocina de cabeza (valor recomendado 0.045").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar la correcta separación entre la bocina inferior del eje y la bocina de cabeza (valor recomendado 0.045").	2 años	IFAF	8
76	Incorrecta separación entre las caras del acoplamiento del motor eléctrico y el acoplamiento del eje.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar la correcta instalación del acoplamiento.	2 años	IFAF	8
77	Incorrecta separación entre los anillos de desgaste: superiores e inferiores del impulsor y los anillos superiores e inferiores del interior de la voluta y tubería de succión respectivamente (valor recomendado 0.055").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar la correcta separación entre los anillos de desgaste: superiores e inferiores del impulsor y los anillos superiores e inferiores del interior de la voluta y tubería de succión respectivamente (valor recomendado 0.055").	2 años	IFAF	8
78	Incorrecto ajuste de los pernos de la brida del acoplamiento.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar la correcta instalación del acoplamiento.	2 años	IFAF	8
79	Incorrecto ajuste de los prisioneros del cubo del acoplamiento.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar la correcta instalación del acoplamiento.	2 años	IFAF	8
80	Incorrecto ajuste entre eje y la bocina inferior (valor recomendado 0.0025").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre eje y la bocina inferior (valor recomendado 0.0025").	2 años	IFAF	8

81	Incorrecto ajuste entre el anillo inferior y el interior de la tubería de succión (valor recomendado -0.002").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre el anillo inferior y el interior de la tubería de succión (valor recomendado -0.002").	2 años	IFAF	8
82	Incorrecto ajuste entre el anillo superior y el interior de la voluta (valor recomendado -0.002").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre el anillo superior y el interior de la voluta (valor recomendado -0.002").	2 años	IFAF	8
83	Incorrecto ajuste entre el cubo del impulsor y la bocina inferior del eje (valor recomendado 0.012").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre el cubo del impulsor y la bocina inferior del eje (valor recomendado 0.012").	2 años	IFAF	8
84	Incorrecto ajuste entre el eje y el cubo del impulsor (valor recomendado 0.004").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre el eje y el cubo del impulsor (valor recomendado 0.004").	2 años	IFAF	8
85	Incorrecto ajuste entre el interior de la voluta y la tubería de succión (valor recomendado 0.008").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre el interior de la voluta y la tubería de succión (valor recomendado 0.008").	2 años	IFAF	8
86	Incorrecto ajuste entre el rodamiento y el eje (valor recomendado 0.0025").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre el rodamiento y el eje (valor recomendado 0.0025").	2 años	IFAF	8
87	Incorrecto ajuste entre la bota inferior y la bocina de cabeza (valor recomendado -0.0005").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre la bota inferior y la bocina de cabeza (valor recomendado -0.0005").	2 años	IFAF	8

88	Incorrecto ajuste entre la bota inferior y la voluta (valor recomendado 0.008").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre la bota inferior y la voluta (valor recomendado 0.008").	2 años	IFAF	8
89	Incorrecto ajuste entre la bota superior y la bota inferior (valor recomendado 0.008").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre la bota superior y la bota inferior (valor recomendado 0.008").	2 años	IFAF	8
90	Incorrecto ajuste entre la caja de la prensaestopas y la bota superior (valor recomendado 0.020").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre la caja de la prensaestopas y la bota superior (valor recomendado 0.020").	2 años	IFAF	8
91	Incorrecto ajuste entre la caja del rodamiento y el rodamiento (valor recomendado 0.003").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre la caja del rodamiento y el rodamiento (valor recomendado 0.003").	2 años	IFAF	8
92	Incorrecto ajuste entre la caja del rodamiento y el soporte del motor eléctrico (valor recomendado 0.020").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre la caja del rodamiento y el soporte del motor eléctrico (valor recomendado 0.020").	2 años	IFAF	8
93	Incorrecto ajuste entre la caja del rodamiento y la bota superior (valor recomendado 0.008").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre la caja del rodamiento y la bota superior (valor recomendado 0.008").	2 años	IFAF	8
94	Incorrecto ajuste entre los anillos de desgaste: superiores e inferiores y el impulsor (valor recomendado -0.002").	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre los anillos de desgaste: superiores e inferiores y el impulsor (valor recomendado -0.002").	2 años	IFAF	8

95	Incorrecto ajuste entre los cubos del acoplamiento y los ejes.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto ajuste entre los cubos del acoplamiento y los ejes.	2 años	IFAF	8
96	Incorrecto armado del motor eléctrico.	Sustitución cíclica	Cambiar el motor eléctrico. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto armado del motor eléctrico.	2 años	IFEL / IFTE	8
97	Incorrecto montaje del rodamiento de la bomba.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar la correcta instalación del rodamiento de la bomba.	2 años	IFAF	8
98	Incorrecto torque de ajuste de la tuerca del impulsor, por debajo de 350 lb-pie.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto torque de ajuste de la tuerca del impulsor, por debajo de 350 lb-pie.	2 años	IFAF	8
99	Incorrecto torque de ajuste de pernos de fijación entre la bota inferior y la voluta.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto torque de ajuste de pernos de fijación entre la bota inferior y la voluta.	2 años	IFAF	8
100	Incorrecto torque de ajuste de pernos de fijación entre la bota superior y la base del motor eléctrico.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto torque de ajuste de pernos de fijación entre la bota superior y la base del motor eléctrico.	2 años	IFAF	8
101	Incorrecto torque de ajuste de pernos de fijación entre la bota superior y la bota inferior.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto torque de ajuste de pernos de fijación entre la bota superior y la bota inferior.	2 años	IFAF	8
102	Incorrecto torque de ajuste de pernos de fijación entre la caja de prensaestopas, la caja de rodamientos y la bota superior.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe verificar el correcto torque de ajuste de pernos de fijación entre la caja de	2 años	IFAF	8

			prensaestopas, la caja de rodamientos y la bota superior.			
103	Incorrecto torque de ajuste de pernos de las uniones bridadas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido por las uniones bridadas. De ser necesario, retorquear los pernos de las uniones bridadas.	6 meses	IFAF	2
104	Incremento de la temperatura en el acoplamiento.	Monitoreo de condición	Verificar temperatura en el acoplamiento. De ser necesario, lubricar.	2 meses	IFLU	1
105	Incremento de la temperatura en la caja de la prensaestopas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar temperatura y presencia de fugas de ácido en la caja de prensaestopas. De ser necesario, cambiar empaque y linterna de la prensaestopas.	3 meses	IFAF	2
106	Incremento de la temperatura en la caja del rodamiento.	Monitoreo de condición	Verificar temperatura en la caja del rodamiento. De ser necesario, lubricar.	3 meses	IFLU	1
107	Insuficiente NPSH disponible, altura de aspiración demasiado alta.	Monitoreo de condición	Realizar un análisis vibracional de la bomba y seguimiento a los parámetros de operación de la bomba.	6 meses	IFPD	2
108	La bomba no está cebada.	Monitoreo de condición	Realizar un análisis vibracional de la bomba y seguimiento a los parámetros de operación de la bomba.	6 meses	IFPD	2
109	Motor eléctrico en trip por sobrecarga.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Realizar un análisis vibracional de la bomba y seguimiento a los parámetros de operación de la bomba. De ser necesario cambiar el motor eléctrico y/o la bomba.	4 meses	IFPD / IFEL	2
110	Motor eléctrico gira en sentido contrario a su rotación normal.	Sustitución cíclica	Cambiar el motor eléctrico. Nota: durante la conexión del motor eléctrico verificar el correcto sentido de rotación.	2 años	IFEL	8
111	Motor eléctrico quemado.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Realizar un análisis vibracional de la bomba y seguimiento a los parámetros de operación de la bomba. De ser necesario cambiar el motor eléctrico y/o la bomba.	4 meses	IFPD / IFEL	2

112	Pernos dañados de la brida del acoplamiento.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Reacondicionamiento cíclico	Realizar un análisis vibracional y verificar el estado del acoplamiento. De ser necesario, cambiar acoplamiento.	1 año	IFPD / IFAF	2
113	Presencia de aire en la succión.	Monitoreo de condición	Realizar un análisis vibracional de la bomba y seguimiento a los parámetros de operación de la bomba.	6 meses	IFPD	2
114	Rodamiento agarrotado.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Realizar un análisis vibracional de la bomba, medición de temperatura y seguimiento a los parámetros de operación de la bomba. De ser necesario cambiar la bomba.	6 meses	IFPD / IFAF	2
115	Rotura de la guarda de seguridad por corrosión.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Reacondicionamiento cíclico	Inspección de las guardas de seguridad. De ser necesario, reparar y/o cambiar las guardas de seguridad.	1 año	IFAF / IFSO	2
116	Rotura de la rejilla del acoplamiento.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Reacondicionamiento cíclico	Realizar un análisis vibracional y verificar el estado del acoplamiento. De ser necesario, cambiar acoplamiento.	1 año	IFPD / IFAF	2
117	Rotura del acoplamiento entre el vástago y la compuerta de la válvula de descarga.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de descarga y parámetros de operación de la Bomba Centrífuga: caudal, presión, vibraciones y amperaje del motor eléctrico. De ser necesario, cambiar válvula de descarga.	6 meses	Operaciones / IFAF	2
118	Rotura del acoplamiento entre el vástago y la compuerta de la válvula de succión.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de succión y parámetros de operación de la Bomba Centrífuga: caudal, presión, vibraciones y amperaje del motor eléctrico. De ser necesario, cambiar válvula de succión.	6 meses	Operaciones / IFAF	2
119	Rotura del eje por fatiga.	Sustitución cíclica	Cambiar la bomba centrífuga.	2 años	IFAF	8

120	Rotura del rodamiento.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Realizar un análisis vibracional de la bomba, medición de temperatura y seguimiento a los parámetros de operación de la bomba. De ser necesario cambiar la bomba.	6 meses	IFPD / IFAF	2
121	Rotura del vástago de la válvula de descarga.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de descarga y el estado del vástago de la válvula de descarga. De ser necesario, cambiar válvula de descarga.	6 meses	Operaciones / IFAF	2
122	Rotura del vástago de la válvula de succión.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de succión y el estado del vástago de la válvula de succión. De ser necesario, cambiar válvula de succión.	6 meses	Operaciones / IFAF	2
123	Rozamiento excesivo del empaque de la prensaestopas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de humos, temperatura y fugas de ácido en la caja de prensaestopas. De ser necesario, soltar los pernos de la tapa y/o cambiar empaque y linterna de la prensaestopas.	3 meses	IFAF	2
124	Sobrecarga del motor eléctrico.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Realizar un análisis vibracional de la bomba y seguimiento a los parámetros de operación de la bomba. De ser necesario cambiar el motor eléctrico y/o la bomba.	4 meses	IFPD / IFEL	2
125	Sobrecarga del rodamiento por desalineamiento.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Realizar un análisis vibracional de la bomba, medición de temperatura y seguimiento a los parámetros de operación de la bomba. De ser necesario cambiar la bomba.	6 meses	IFPD / IFAF	2
126	Soltura de la prensaestopa del vástago de la válvula de descarga.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido en la prensaestopa de la válvula de descarga. De ser necesario, reempacar prensaestopa del vástago de la válvula de descarga.	6 meses	IFAF	2
127	Soltura de la prensaestopa del vástago de la válvula de succión.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido en la prensaestopa de la válvula de succión. De ser necesario, reempacar prensaestopa del vástago de la válvula de succión.	6 meses	IFAF	2

128	Soltura de pernos de fijación entre la bota inferior y la voluta.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido por las uniones bridadas. De ser necesario, retorquear o cambiar los pernos de las uniones bridadas.	6 meses	IFAF	2
129	Soltura de pernos de fijación entre la bota superior y la base del motor eléctrico.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido por las uniones bridadas. De ser necesario, retorquear o cambiar los pernos de las uniones bridadas.	6 meses	IFAF	2
130	Soltura de pernos de fijación entre la bota superior y la bota inferior.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido por las uniones bridadas. De ser necesario, retorquear o cambiar los pernos de las uniones bridadas.	6 meses	IFAF	2
131	Soltura de pernos de fijación entre la caja de prensaestopas, la caja de rodamientos y la bota superior.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido por las uniones bridadas. De ser necesario, retorquear los pernos de las uniones bridadas.	3 meses	IFAF	2
132	Soltura de pernos de las uniones bridadas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido por las uniones bridadas. De ser necesario, retorquear los pernos de las uniones bridadas.	6 meses	IFAF	2
133	Soltura de pernos de tapa de fijación del empaque y linterna de la prensaestopas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Verificar presencia de fugas de ácido por las uniones bridadas. De ser necesario, retorquear los pernos de la tapa de fijación.	3 meses	IFAF	2
134	Soltura del impulsor.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Realizar un análisis vibracional de la bomba. De ser necesario cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar el impulsor.	6 meses	IFPD / IFAF	2
135	Trabamiento del impulsor por un elemento extraño.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Realizar un análisis vibracional de la bomba. De ser necesario cambiar la bomba centrífuga. Nota: durante la Reparación de la bomba, se debe cambiar el impulsor.	6 meses	IFPD / IFAF	2
136	Trabamiento del vástago de la válvula de descarga por corrosión.	Monitoreo de condición	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de descarga.	6 meses	Operaciones / IFAF	2

137	Trabamiento del vástago de la válvula de succión por corrosión.	Monitoreo de condición	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de succión.	6 meses	Operaciones / IFAF	2
138	Trabamiento interno de la válvula de drenaje.	Monitoreo de condición	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de drenaje.	6 meses	Operaciones	2
139	Tubería de descarga parcialmente obstruida.	Monitoreo de condición	Verificar parámetros de operación de la Bomba Centrífuga: caudal, presión , vibraciones y amperaje del motor eléctrico.	Diario	Operaciones	1
140	Tubería de descarga totalmente obstruida.	Monitoreo de condición	Verificar parámetros de operación de la Bomba Centrífuga: caudal, presión , vibraciones y amperaje del motor eléctrico. Realizar ultrasonido y termografía en operación.	Diario 6 meses	Operaciones IFAF	2
141	Tubería de drenaje obstruida.	Monitoreo de condición	Verificar el correcto drenaje del sistema de bombeo.	6 meses	Operaciones	1
142	Tubería de succión parcialmente obstruida.	Monitoreo de condición	Verificar parámetros de operación de la Bomba Centrífuga: caudal, presión , vibraciones y amperaje del motor eléctrico.	Diario	Operaciones	1
143	Tubería de succión totalmente obstruida.	Monitoreo de condición	Verificar parámetros de operación de la Bomba Centrífuga: caudal, presión , vibraciones y amperaje del motor eléctrico. Realizar ultrasonido y termografía en operación.	Diario 6 meses	Operaciones IFAF	2
144	Válvula de descarga falla en posición cerrada.	Monitoreo de condición	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de descarga.	6 meses	Operaciones / IFAF	2
145	Válvula de descarga falla en posición parcialmente cerrada.	Monitoreo de condición	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de descarga.	6 meses	Operaciones / IFAF	2
146	Válvula de descarga no se apertura completamente por problemas con el limitorque.	Monitoreo de condición	Verificar el estado y realizar pruebas de funcionamiento del limitorque de la válvula de descarga.	6 meses	IFEL	2
147	Válvula de descarga no se apertura por problemas con el limitorque.	Monitoreo de condición	Verificar el estado y realizar pruebas de funcionamiento del limitorque de la válvula de descarga.	6 meses	IFEL	2

148	Válvula de descarga trabada en posición cerrada.	Monitoreo de condición	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de descarga.	6 meses	Operaciones / IFAF	2
149	Válvula de drenaje falla en posición cerrada.	Monitoreo de condición	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de drenaje.	6 meses	Operaciones / IFAF	2
150	Válvula de drenaje no cierra al 100%.	Monitoreo de condición	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de drenaje.	6 meses	Operaciones / IFAF	2
151	Válvula de drenaje se mantiene abierta parcialmente.	Monitoreo de condición	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de drenaje.	6 meses	Operaciones / IFAF	2
152	Válvula de succión falla en posición cerrada.	Monitoreo de condición	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de succión.	6 meses	Operaciones / IFAF	2
153	Válvula de succión falla en posición parcialmente cerrada.	Monitoreo de condición	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de succión.	6 meses	Operaciones / IFAF	2
154	Válvula de succión no se apertura completamente por problemas con el limitorque.	Monitoreo de condición	Verificar el estado y realizar pruebas de funcionamiento del limitorque de la válvula de succión.	6 meses	IFEL	2
155	Válvula de succión no se apertura por problemas con el limitorque.	Monitoreo de condición	Verificar el estado y realizar pruebas de funcionamiento del limitorque de la válvula de succión.	6 meses	IFEL	2
156	Velocidad de giro coincide con 1770 RPM, correspondiente a la velocidad crítica de la bomba centrífuga.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	Realizar un análisis vibracional de la bomba y seguimiento a los parámetros de operación de la bomba. De ser necesario cambiar el motor eléctrico y/o la bomba.	4 meses	IFPD / IFEL	2

Fuente: Elaboración Propia

10.14. Anexo N° 14: Resumen de Tareas del Plan de Mantenimiento Optimizado

Anexo N° 14: Resumen de Tareas del Plan de Mantenimiento Optimizado

Ítem	Descripción de la Actividad de Mantenimiento	Tipo de Mantenimiento	Frecuencia	Taller	Horas Hombre	Modos de Fallas
1	Cambiar el motor eléctrico.	Sustitución cíclica	2 años	IFEL	8	4
2	Cambiar el relé de protección del motor eléctrico.	Sustitución cíclica	4 meses	IFEL	2	1
3	Cambiar empaque y linterna de la prensaestopas.	Reacondicionamiento cíclico	1 año	IFAF	4	2
4	Cambiar la bomba centrífuga.	Sustitución cíclica	2 años	IFAF	8	57
5	Cambiar la válvula de drenaje de la bomba.	Sustitución cíclica	2 años	IFAF	3	1
6	Inspección de las guardas de seguridad. De ser necesario, reparar y/o cambiar las guardas de seguridad.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Reacondicionamiento cíclico	1 año	IFAF / IFSO	2	1
7	Muestrear y analizar el lubricante del los rodamientos del motor eléctrico. Cambiar de ser necesario.	Monitoreo de condición	6 meses	IFLU	2	1
8	Muestrear y analizar el lubricante del rodamiento de la bomba centrífuga. Cambiar de ser necesario.	Monitoreo de condición	6 meses	IFLU	2	1
9	Realizar medición de espesores de la tubería de descarga. De ser necesario, reparar la superficie con mayor desgaste.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Reacondicionamiento cíclico	6 meses	IFPD / IFSO	2	1
10	Realizar medición de espesores de la tubería de drenaje. De ser necesario, reparar la superficie con mayor desgaste.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Reacondicionamiento cíclico	6 meses	IFPD / IFSO	2	1
11	Realizar medición de espesores de la tubería de succión. De ser necesario, reparar la superficie con mayor desgaste.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición	6 meses	IFPD / IFSO	2	1

		Reacondicionamiento cíclico				
12	Realizar medición de espesores de la voluta. De ser necesario, cambiar la bomba por desgaste de voluta.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	1 año	IFPD / IFAF	2	1
13	Realizar un análisis vibracional de la bomba y seguimiento a los parámetros de operación de la bomba. De ser necesario cambiar el motor eléctrico y/o la bomba.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	4 meses	IFPD / IFEL	2	11
14	Realizar un análisis vibracional de la bomba, medición de temperatura y seguimiento a los parámetros de operación de la bomba. De ser necesario cambiar la bomba.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	6 meses	IFPD / IFAF	2	3
15	Realizar un análisis vibracional y verificar el alineamiento de la transmisión.	Monitoreo de condición	6 meses	IFPD	2	2
16	Realizar un análisis vibracional y verificar el estado del acoplamiento. De ser necesario, cambiar acoplamiento.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Reacondicionamiento cíclico	6 meses	IFPD / IFAF	2	4
17	Verificar el correcto drenaje del sistema de bombeo.	Monitoreo de condición	6 meses	Operaciones	1	1
18	Verificar el correcto funcionamiento de los sensores de vibración. De ser necesario, cambiar sensores.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	6 meses	IFIN	2	2
19	Verificar el correcto funcionamiento del sensor de flujo. De ser necesario, cambiar sensores.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	6 meses	IFIN	2	2
20	Verificar el correcto funcionamiento del sensor de nivel. De ser necesario, cambiar sensores.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	6 meses	IFIN	2	2
21	Verificar el correcto funcionamiento del sensor de presión. De ser necesario, cambiar sensores.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	6 meses	IFIN	2	2

22	Verificar el cumplimiento de alimentación eléctrica del motor.	Monitoreo de condición	3 meses	IFEL	1	1
23	Verificar el estado y realizar pruebas de funcionamiento del limitorquede de la válvula de descarga.	Monitoreo de condición	6 meses	IFEL	2	2
24	Verificar el estado y realizar pruebas de funcionamiento del limitorquede de la válvula de succión.	Monitoreo de condición	6 meses	IFEL	2	2
25	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de descarga y el estado del vástago de la válvula de descarga. De ser necesario, cambiar válvula de descarga.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	6 meses	Operaciones / IFAF	2	1
26	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de descarga y parámetros de operación de la Bomba Centrífuga: caudal, presión , vibraciones y amperaje del motor eléctrico. De ser necesario, cambiar válvula de descarga.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	6 meses	Operaciones / IFAF	2	1
27	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de descarga.	Monitoreo de condición	6 meses	Operaciones / IFAF	2	4
28	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de drenaje.	Monitoreo de condición	6 meses	Operaciones	2	4
29	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de succión y el estado del vástago de la válvula de succión. De ser necesario, cambiar válvula de succión.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	6 meses	Operaciones / IFAF	2	1
30	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de succión y parámetros de operación de la Bomba Centrífuga: caudal, presión , vibraciones y amperaje del motor eléctrico. De ser necesario, cambiar válvula de succión.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	6 meses	Operaciones / IFAF	2	1
31	Verificar la suavidad de apertura y cierre de la válvula de succión.	Monitoreo de condición	6 meses	Operaciones / IFAF	2	3
32	Verificar la velocidad de giro del motor eléctrico.	Monitoreo de condición	3 meses	IFEL	1	1
33	Verificar parámetros de operación de la Bomba Centrífuga: caudal, presión , vibraciones y amperaje del motor eléctrico.	Monitoreo de condición	Diario	Operaciones	1	2
34	Verificar parámetros de operación de la Bomba Centrífuga: caudal, presión , vibraciones y amperaje del motor eléctrico. Realizar ultrasonido y termografía en operación.	Monitoreo de condición	Diario 6 meses	Operaciones IFAF	2	2

35	Verificar presencia de deformaciones en el soporte del motor eléctrico. De ser necesario, cambiar soporte.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	1 año	IFAF	2	1
36	Verificar presencia de fisuras en el soporte del motor eléctrico. De ser necesario, cambiar soporte.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	1 año	IFAF	2	1
37	Verificar presencia de fugas de ácido en la prensaestopas de la válvula de descarga. De ser necesario, reempacar prensaestopa del vástago de la válvula de descarga.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	6 meses	IFAF	2	2
38	Verificar presencia de fugas de ácido en la prensaestopas de la válvula de succión. De ser necesario, reempacar prensaestopa del vástago de la válvula de succión.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	6 meses	IFAF	2	2
39	Verificar presencia de fugas de ácido por la prensaestopas. De ser necesario, cambiar el empaque de la prensaestopas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	3 meses	IFAF	2	2
40	Verificar presencia de fugas de ácido por la prensaestopas. De ser necesario, cambiar pernos dañados de tapa de fijación del empaque y linterna de la prensaestopas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	3 meses	IFAF	2	1
41	Verificar presencia de fugas de ácido por las uniones bridadas. De ser necesario, cambiar empaquetaduras dañadas entre las uniones bridadas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	6 meses	IFAF	2	1
42	Verificar presencia de fugas de ácido por las uniones bridadas. De ser necesario, cambiar pernos dañados de las uniones bridadas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	6 meses	IFAF	2	1
43	Verificar presencia de fugas de ácido por las uniones bridadas. De ser necesario, retorquear los pernos de la tapa de fijación.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	3 meses	IFAF	2	1

44	Verificar presencia de fugas de ácido por las uniones bridadas. De ser necesario, retorquear o cambiar los pernos de las uniones bridadas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	6 meses	IFAF	2	6
45	Verificar presencia de fugas de ácido por los cordones de soldadura. De ser necesario, reparar los cordones de soldadura.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Reacondicionamiento cíclico	6 meses	IFAF / IFSO	2	1
46	Verificar presencia de humos, temperatura y fugas de ácido en la caja de prensaestopas. De ser necesario, soltar los pernos de la tapa y/o cambiar empaque y linterna de la prensaestopas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	3 meses	IFAF	2	1
47	Verificar ruidos anormales en el acoplamiento Falk T20.	Monitoreo de condición	3 meses	IFPD	1	1
48	Verificar temperatura en el acoplamiento. De ser necesario, lubricar.	Monitoreo de condición	2 meses	IFLU	1	4
49	Verificar temperatura en el rodamiento de la bomba. De ser necesario, lubricar.	Monitoreo de condición	3 meses	IFLU	1	1
50	Verificar temperatura en la caja del rodamiento. De ser necesario, lubricar.	Monitoreo de condición	3 meses	IFLU	1	1
51	Verificar temperatura y presencia de fugas de ácido en la caja de prensaestopas. De ser necesario, cambiar empaque y linterna de la prensaestopas.	Combinación de tareas: Monitoreo de condición Sustitución cíclica	3 meses	IFAF	2	3
Total de modos de fallas						156

Fuente: Elaboración Propia