

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Tesis

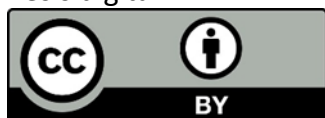
Propuesta de plan de mantenimiento para incrementar la confiabilidad de las maquinas ensacadoras en una empresa cementera

Galo Nyckolai Reyes Paredes
Mac Wilvert Yzaguirre Andrade

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional"

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN**

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Jersoon Jesús Lazo Huaynalaya
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 25 de Julio de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Propuesta de Plan de Mantenimiento Para Incrementar la Confiabilidad de las Maquinas Ensacadoras en una Empresa Cementera

Autores:

1. Galo Nyckolai Reyes Paredes – EAP. Ingeniería Mecánica
2. Mac Wilvert Yzaguirre Andrade – EAP. Ingeniería Mecánica

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- | | | |
|---|--|--|
| • Filtro de exclusión de bibliografía | SI ☒ | NO ☐ |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (): | SI ☐ | NO ☒ |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante | SI ☒ | NO ☐ |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

AGRADECIMIENTO

A nuestra alma mater, la Universidad Continental.
A nuestros distinguidos docentes del pregrado de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de la UC.

Al Sr. Abraham Peralta Torrejón, por sus innumerables experiencias y conocimientos compartidos en automatización y embolsado en el rubro cementero.

Asimismo, a nuestro asesor, Mg. Jersoon Jesús Lazo Huaynalaya, por la valiosa guía brindada durante la elaboración de esta tesis.

Finalmente, a nuestras familias, por el apoyo incondicional que mostraron desde el inicio hasta esta etapa de nuestras vidas, por su cariño y apoyo moral invaluable, constituyendo el aliento constante en la realización de nuestros sueños.

Eternamente agradecidos.

DEDICATORIA

A Dios, por permitirnos cumplir nuestros objetivos y acompañarnos en cada paso de nuestras vidas.

A nuestras familias, que siempre nos brindan su apoyo incondicional.

A nuestros amigos, quienes nos facilitaron los recursos e instalaciones para realizar esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Agradecimiento	iv
Dedicatoria	v
Índice de contenidos.....	vi
Lista de tablas.....	viii
Lista de figuras.....	ix
Abstract.....	xii
Introduccion	xiii
Capítulo I.....	15
Planteamiento del estudio.....	15
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	15
1.1.1 Planteamiento del problema.	15
1.1.2 Formulación del problema.....	16
1.2 Objetivos	16
1.2.1 Objetivo general	16
1.2.2 Objetivos específicos	17
1.3 Justificación e importancia.....	17
1.3.1 Justificación teórica.....	17
1.3.2 Justificación práctica.	17
1.3.3 Justificación económica.....	17
1.4 Limitaciones de la presente investigación.....	17
1.5. Operacionalización de variables	19
Capítulo II	20
Marco teórico	20
2.1. Antecedentes del problema	20
2.1.1. Antecedentes internacionales	20
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	21
2.2. Bases teóricas	22
2.2.1. Estrategia de mantenimiento.	22
2.2.2. Plan de mantenimiento	23
2.2.3. Diseño eficaz de un programa de mantenimiento.....	24
2.2.4. Confiabilidad.....	25
2.2.5. Coeficiente de correlación de Pearson.	26
2.2.6. Línea de envasado de cemento.....	28

Capítulo III	30
Metodología	30
3.1. Método y tipo de la investigación	30
3.1.1. Tipo de investigación	30
3.1.2. Alcance de Investigación	30
3.2. Nivel de investigación	31
3.3. Población y muestra	31
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	32
Capítulo IV	34
Resultados y discusión	34
4.1. Presentación de resultados	34
4.1.1. Información general	34
4.1.1.1 Análisis problemático del área de mantenimiento	36
4.1.1.2 Planteamiento de soluciones	54
4.1.1.3 Programa de mantenimiento preventivo de la ensacadora mecánica	62
4.1.1.4 Medición de confiabilidad después de aplicarse la mejora	74
4.1.1.5 Cálculo del Coeficiente de Correlación de Pearson	77
4.2. Discusión de Resultados	78
Conclusiones	80
Recomendaciones	81
Referencias	82
Anexos	85

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	19
Tabla 2. Partes de ensacadora numerada	28
Tabla 3. Identificación de máquinas ensacadoras	31
Tabla 4. Características técnicas de ensacadora rotativa	32
Tabla 5. Normas utilizadas por UNACEM.....	35
Tabla 6. Relación de fallas de la ensacadora 03	41
Tabla 7. Cálculo de indicadores de confiabilidad inicial en ensacadora 03.....	43
Tabla 8. Relación de fallas de la ensacadora 04	45
Tabla 9. Cálculo de indicadores de confiabilidad inicial en ensacadora 04.....	48
Tabla 10. Relación de fallas de la ensacadora 05	50
Tabla 11. Cálculo de indicadores de confiabilidad inicial en ensacadora 05.....	53
Tabla 12. Tabla de ítems de inspección mecánica en ensacadoras	62
Tabla 13. Tabla de ítems de inspección eléctrica en ensacadoras.....	63
Tabla 14. Tabla de ítems de lubricación en ensacadoras	63
Tabla 15. Tabla de ítems de inspección utilitaria en ensacadoras.....	64
Tabla 16. Plan de mantenimiento de máquinas ensacadoras parte 01	65
Tabla 17. Plan de mantenimiento de máquinas ensacadoras parte 02	66
Tabla 18. Relación de partes de máquinas ensacadoras parte 01	68
Tabla 19. Relación de partes de máquinas ensacadoras parte 02.....	71
Tabla 20. Relación de partes de máquinas ensacadoras parte 03.....	74
Tabla 21. Cálculo de indicadores de confiabilidad final en ensacadora 03	74
Tabla 22. Cálculo de indicadores de confiabilidad final en ensacadora 04	75
Tabla 23. Cálculo de indicadores de confiabilidad final en ensacadora 05	76
Tabla 24. Cálculo del Coeficiente de Correlación de Pearson.....	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Producción y despacho de cemento.....	15
Figura 3. Función de pronóstico de carga del mantenimiento.	24
Figura 4. Interpretación del MTBF	26
Figura 5. Proceso de obtención del cemento.....	27
Figura 6. Equipos que conforman la línea de ensacado	28
Figura 7. Ensacadora rotativa	29
Figura 8. Placa de identificación de máquina ensacadora.....	31
Figura 9. Ensacadora rotativa Haver & Boecker	32
Figura 10. Condiciones operativas.....	37
Figura 11. Curva de Vida Útil de máquinas ensacadoras	37
Figura 12. Diagrama de secuencia del circuito neumático	38
Figura 13. Inspección de instalaciones neumáticas	39
Figura 14. Capacitación de personal	39
Figura 15. Falla de sistema eléctrico en ensacadora 03.	43
Figura 16. Indicadores pre propuesta de mantenimiento en ensacadora 03.....	44
Figura 17. Indicadores pre propuesta de mantenimiento en ensacadora 04.....	48
Figura 18. Falla en ensacadora 04.....	49
Figura 19. Indicadores pre propuesta de mantenimiento en ensacadora 05.....	53
Figura 20. Falla en ensacadora 05.....	54
Figura 21. Partes de ensacadora rotativa.....	55
Figura 22. Ubicación se sensores inductivos	56
Figura 23. Partes de accionamiento de ensacadora rotativa.....	57
Figura 24. Partes del ajuste en cilindro de flujo.....	58
Figura 25. Partes del ajuste en cilindro para flujo fino	59
Figura 26. Sistema de detección de bolsas.....	59
Figura 27. Ajuste de fluidización de la turbina.....	60
Figura 28. Verificación de accionamiento de motor.....	60
Figura 29. Verificación de válvula de descarga	61
Figura 30. Verificación de altura de silla y pico de bolsa	61
Figura 31. Verificación de ajuste de celda de pesaje	62
Figura 32. Imagen de reconocimiento de partes de ensacadora parte 1	67
Figura 33. Imagen de reconocimiento de partes de ensacadora parte 2.....	68
Figura 34. Imagen de reconocimiento de partes de ensacadora parte 3	70
Figura 35. Imagen de reconocimiento de partes de ensacadora parte 4.....	73
Figura 36. Indicadores post propuesta de mantenimiento en ensacadora 03	75

Figura 37. Indicadores post propuesta de mantenimiento en ensacadora 04	76
Figura 38. Indicadores post propuesta de mantenimiento en ensacadora 05	77

RESUMEN

La elaboración de un plan de mantenimiento representa una oportunidad de mejora en la gestión del mantenimiento, ya que su estructura permite organizar las tareas, actividades y demás acciones propias de dicho proceso. En ese sentido, para el desarrollo del presente trabajo de investigación se recurrió a la obtención de información histórica de las tres ensacadoras de cemento que forman parte del proceso productivo de la empresa, correspondiente al periodo comprendido entre noviembre de 2023 y marzo del presente año. Se realizó el análisis de tiempos y frecuencia de fallas con la finalidad de determinar el MTBF, que inicialmente arrojaba un valor promedio de 70.6 horas/falla, y posteriormente, la confiabilidad, con un resultado de 85 %.

Debido a estos resultados, se planteó como objetivo general el desarrollo de una propuesta de plan de mantenimiento para incrementar la confiabilidad, a través de una investigación científica basada en el método deductivo, con un enfoque aplicado y de nivel correlacional.

Luego del análisis de fallas y la representación inicial de los resultados mediante tablas y gráficos, se formularon acciones, tareas y actividades de mantenimiento considerando componentes, número de piezas, frecuencias, fechas, periodicidades y lista de partes. Estas fueron aplicadas de manera paulatina en el mantenimiento de las ensacadoras, lo que permitió obtener resultados preliminares de un MTBF de 105 horas/falla y una confiabilidad del 93 % en un periodo de análisis de 40 días, lo cual respalda la validez de la propuesta.

Finalmente, se concluye que las tareas y actividades propuestas tendrían un impacto positivo en las futuras mediciones de indicadores; sin embargo, debe considerarse que la implementación de los planes de mantenimiento requiere del compromiso de múltiples actores del área responsable.

Palabras Claves: Mantenimiento, tiempo medio entre fallas, confiabilidad

ABSTRACT

The development of a maintenance plan represents an opportunity for improvement in maintenance management, as its structure allows for the organization of tasks, activities, and other maintenance-related actions. Accordingly, this research project was based on historical data collected from the three cement bagging machines involved in the company's production process, covering the period from November 2023 to March of the current year. A failure time and frequency analysis was conducted to determine the MTBF, which initially yielded an average value of 70.6 hours/failure, followed by the calculation of reliability, which was found to be 85 %.

Based on these results, the main objective was to develop a proposed maintenance plan to increase reliability, through a scientific investigation based on the deductive method, with an applied research type and a correlational level.

After the failure analysis and the initial presentation of results through tables and graphs, maintenance actions, tasks, and activities were proposed, considering components, number of parts, frequencies, dates, periodicities, and parts lists. These were gradually implemented in the maintenance of the bagging machines, resulting in preliminary outcomes of 105 hours/failure in MTBF and 93 % in reliability, over a 40-day analysis period, supporting the effectiveness of the proposal.

Finally, the proposal suggests that the tasks and activities considered could have a positive impact on future indicator measurements; however, it is essential to recognize that maintenance plans require the commitment of multiple stakeholders in the maintenance area.

Keywords: Maintenance, mean time between failures, reliability.

INTRODUCCION

El desarrollo del presente trabajo se basa en la identificación de los problemas hallados en una empresa cementera debido a la falta de planificación de las tareas de mantenimiento, lo cual trae como consecuencia las paradas imprevistas de las máquinas ensacadoras, a pesar de haberse desarrollado incluso alguna actividad de mantenimiento pocas horas antes.

Los antecedentes identificados y analizados en el presente trabajo sirven como punto de partida para el desarrollo de las variables de investigación, que son la propuesta de plan de mantenimiento y el incremento de la confiabilidad. Se hallaron, tanto de forma individual como conjunta, investigaciones que demuestran que realizar planificadamente las actividades de mantenimiento genera resultados positivos en los indicadores de gestión de mantenimiento.

Por ello que el desarrollo del trabajo tiene como objetivo general la propuesta de un plan de mantenimiento de las máquinas ensacadoras, mediante la programación de tareas planificadas que puedan ejecutarse con una frecuencia establecida, de tal forma que se logre la mejora de uno de los indicadores clave de la gestión de mantenimiento: la confiabilidad. Por ello, el trabajo está dividido en capítulos:

El Capítulo I trata sobre el análisis problemático que enfrenta la empresa cementera respecto a las fallas imprevistas de las máquinas ensacadoras y, a partir de ello, se realiza el planteamiento del problema, los objetivos y la justificación del presente estudio.

El Capítulo II presenta el marco teórico que sustenta este trabajo de investigación, y se divide en antecedentes internacionales y nacionales, además de las bases teóricas.

El Capítulo III desarrolla la metodología de investigación que guiará el estudio, identificando el tipo y nivel de investigación, la población y muestra, así como las técnicas e instrumentos de investigación.

En el Capítulo IV se presentan los resultados y la discusión del trabajo de investigación. En la primera parte se abordan aspectos de la organización; luego se analizan los problemas hallados en las operaciones de las máquinas ensacadoras y los efectos que estos generan en los indicadores de gestión. Posteriormente, se proponen mejoras que comprenden actividades de mantenimiento planificadas, identificación de partes de las máquinas y evidencias de mejoras logradas en los indicadores en un corto periodo de aplicación.

Finalmente, se lleva a cabo la discusión de resultados, comparando los hallazgos de nuestra investigación con algunos de los resultados de los antecedentes considerados.

Para concluir este trabajo, en la parte final se presentan las conclusiones, recomendaciones y anexos que complementan nuestra tesis.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema.

Las operaciones de la empresa cementera enfrentan el reto de cumplir con los objetivos anuales y mensuales de producción. Para ello, se consideran tanto el tipo de extracción de la materia prima como las maquinarias utilizadas en este proceso y en la transformación hacia el producto final.

De acuerdo con el último reporte de la Memoria Anual de la empresa cementera UNACEM, publicado en mayo de 2023, «se obtuvo una producción de clínker y cemento de 6.27 y 6.68 millones de toneladas métricas, respectivamente, así como un nivel de despachos de 6.67 millones de toneladas métricas, logrando con ello mejorar la participación de mercado en alrededor del 3.0 % durante el 2022». Estos resultados también se tradujeron en una utilidad neta de S/ 442 millones, con un margen neto del 14.9 % (1).

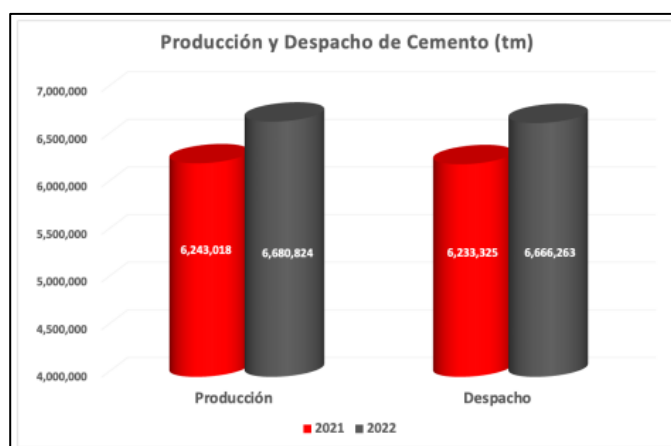


Figura 1. Producción y despacho de cemento
Fuente: UNACEM (1)

Específicamente, en la planta de Condorcocha, se produjeron 1.662.411 toneladas de clínker y 2.060.214 toneladas de cemento, logrando con ello un crecimiento superior al registrado en 2021, año en el que se alcanzaron cifras récord de producción. Para lograr, mantener y superar estos resultados, la empresa cementera cuenta con cuatro máquinas ensacadoras de cemento, las cuales deben ser conservadas mediante trabajos de mantenimiento frecuente. Sin embargo, durante el último año, estas máquinas presentaron fallas intempestivas debido a los siguientes problemas: no cuentan con un plan de mantenimiento preventivo y el enfoque correctivo aplicado por los técnicos responde al poco tiempo disponible para realizar tareas preventivas. Estos problemas afectan directa o indirectamente la confiabilidad de las máquinas ensacadoras, cuyo valor actual es de aproximadamente el 70 %.

Por ello, se requiere presentar una propuesta de plan de mantenimiento que incluya acciones referidas al mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, además de proponer mejoras en las áreas de logística y seguridad, que permitan incrementar la disponibilidad mecánica.

1.1.2 Formulación del problema

Problema general

¿Cómo proponer un plan de mantenimiento para incrementar la confiabilidad de las máquinas ensacadoras en una empresa cementera?

Problemas específicos

¿Cómo será la estructura del plan de mantenimiento que servirá para incrementar la confiabilidad de las máquinas ensacadoras?

¿Qué factores considerar en el cálculo de la confiabilidad de las máquinas ensacadoras?

¿Cuáles son los beneficios que se obtendrán al incrementar la confiabilidad de las máquinas ensacadoras?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Proponer un plan de mantenimiento para incrementar la confiabilidad de las máquinas ensacadoras en una empresa cementera.

1.2.2 Objetivos específicos

Desarrollar la estructura del plan de mantenimiento que servirá para incrementar la confiabilidad de las máquinas ensacadoras.

Identificar los factores que se considerarán en el cálculo de la confiabilidad de las máquinas ensacadoras.

Identificar los beneficios que se obtendrán al incrementar la confiabilidad de las máquinas ensacadoras.

1.3 Justificación e importancia

1.3.1 Justificación teórica.

La justificación teórica del presente trabajo se fundamenta en la identificación de los planes de mantenimiento, tipos de mantenimiento, actividades de mantenimiento, procesos logísticos, mejora de procesos y optimización de tiempos, que se utilizan para mejorar la confiabilidad de las máquinas ensacadoras.

1.3.2 Justificación práctica.

La justificación práctica del presente trabajo se basa en que, al proponer un plan de mantenimiento, este debe comprender el análisis situacional del área, identificando todas las necesidades y oportunidades de mejora, con la finalidad de que pueda ser aplicado y considerado para alcanzar los objetivos planteados en el área de mantenimiento, referidos a la mejora de la confiabilidad.

1.3.3 Justificación económica.

La justificación económica del presente trabajo radica en que la propuesta de plan de mantenimiento requerirá una inversión económica para la implementación de las recomendaciones, cuyo retorno se evidenciará en la optimización de los procesos y la reducción de los tiempos de mantenimiento, logrando así una disminución de los costos operativos y de mantenimiento.

1.4 Limitaciones de la presente investigación

Las limitaciones identificadas en el presente trabajo de investigación están relacionadas con las restricciones en el acceso a datos e información por parte de la empresa cementera. Debido a ello, se recurrió a la Memoria Anual del año 2023, ya que la correspondiente al año 2024 aún no se encuentra actualizada. Otra limitación encontrada fue el uso del nombre de la empresa, el cual está restringido por políticas internas; por tal motivo, no se incluye en el título

del trabajo, aunque sí se menciona en el desarrollo de este. Finalmente, se identificaron limitaciones relacionadas con el tiempo y los recursos disponibles, razón por la cual el alcance del proyecto está supeditado al tamaño de la población y la muestra.

1.5. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Independiente:				
Plan de mantenimiento	Duffuaa (2), indica que la planeación de la capacidad de mantenimiento está en función a los recursos que serán necesarios para desarrollar satisfactoriamente las actividades de mantenimiento, entre ellos tenemos mano de obra, equipos, materiales y reparaciones.	La propuesta del plan de mantenimiento debe ser desarrollada siguiendo una secuencia: identificar las máquinas y sus necesidades operativas, establecer cada una de las actividades que se desarrollarán para finalmente especificar fecha y horas de programación de éstas.	Tiempo de Fallos	<i>Horas detenidas por fallas</i>
			Monitoreo de activos	<i>Número de fallos detectados por inspecciones preventivas</i>
Dependiente:				
Confiabilidad	Mora (3), indica que la confiabilidad de una máquina está relacionada con la frecuencia de ocurrencia de fallas en el tiempo. La confiabilidad está relacionada directamente con la calidad de un producto.	En un periodo de tiempo, frecuentemente mensual, se calculará el tiempo medio entre fallas, se evaluará el desempeño de las máquinas las cuales están sometidas a las condiciones de operación en la cual se desempeñan las máquinas.	Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)	<i>Tiempo total operativo / Número de fallas</i>
			Confiabilidad (R)	$R = e^{-\left(\frac{t}{MTBF}\right)}$

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes internacionales

Díaz *et al.* (2016), en su artículo de investigación titulado «Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica», identifican como objetivo diseñar una herramienta, tipo encuesta, para una empresa del sector eléctrico que permita conocer si es posible implementar el RCM como filosofía de mantenimiento. Se obtuvo como resultado que la herramienta resultó válida, ya que se demostró su confiabilidad, obteniéndose un valor del 92 % en la primera variable y del 72 % en la segunda. Finalmente, se concluye que se «validó la pertinencia de la herramienta dado que los indicadores de confiabilidad de la encuesta son buenos y existe concordancia entre los especialistas» (4)

Sexto Cabrera (2008), en su artículo de investigación titulado «La confiabilidad integral del activo», discute sobre los aspectos que influyen en la confiabilidad de un activo físico, entre ellos los tipos de fallos que estos soportan. En el desarrollo se presentan análisis del efecto de la confiabilidad humana y los errores que se cometen. También se identificaron los costos asociados a la confiabilidad: costos de fallos y costos de evaluación. Finalmente, se concluye que los humanos no fallan como las máquinas, sino que cometen errores, y las personas pueden ser un elemento de sobreconfiabilidad. (5)

Zaldívar Salazar (2013), en su artículo de investigación titulado «La confiabilidad operacional y su perspectiva para mejorar la explotación de las máquinas agrícolas», tiene como objetivo la elaboración del proyecto general de confiabilidad para la explotación de las máquinas cosechadoras. Para ello, se utilizaron como métodos el análisis y la síntesis, así como

la inducción y la deducción, lo que dio como resultado la división del proyecto en subproyectos: mantenibilidad del equipo, disponibilidad de las máquinas, confiabilidad de procesos y confiabilidad humana. Finalmente, se concluyó que es necesaria la aplicación del proyecto de confiabilidad, donde se concentran los fundamentos teóricos del proceso de innovación tecnológica en la evaluación de máquinas (6).

Berger Vidal *et al.* (2014), en su artículo de investigación titulado «Análisis de la confiabilidad del sistema de molienda en una planta concentradora, basado en la criticidad», tiene como objetivo presentar un proceso de molienda en la planta concentradora mediante el cálculo de la confiabilidad del sistema de molienda. Asimismo, se calcularon los principales indicadores de mantenimiento por cada equipo. Los resultados obtenidos facilitan a la empresa la toma de decisiones mediante el monitoreo permanente de los equipos a través del análisis de criticidad. Finalmente, se concluye que, con la aplicación de dicho análisis, los motores del sistema de molienda son identificados como los más críticos (7).

2.1.2. Antecedentes nacionales

Montoya, L. (2015), en su trabajo de investigación titulado «Optimización de los procesos en el área de mantenimiento para mejorar la productividad de una planta productora de cemento Portland», identifica como problemas las deficiencias en los procesos y los malos manejos en el área de mantenimiento. Para ello, propone como objetivo general optimizar los procesos para mejorar la productividad de la planta, utilizando como metodología el análisis detallado de las actividades de mantenimiento, para posteriormente corregirlas con el compromiso e involucramiento del personal. Como resultado de la aplicación de estas actividades, se espera obtener un crecimiento global de la empresa, además de lograr una plena organización de los procesos, actividades y procedimientos (8).

Polo, M. (2021), en su trabajo de suficiencia profesional titulado «Propuesta de mantenimiento centrado en confiabilidad para envasadora rotativa automática Haver & Boecker de cemento para reducir las paradas imprevistas en la empresa UNACEM – Atocongo», identifica como problemas diversas averías o desviaciones en el funcionamiento de las ensacadoras rotativas, las cuales detienen la máquina o generan un llenado de bolsas diferente al calibrado, causando la separación y rotura de las bolsas, por lo que el cemento debe ser recirculado y reenvasado. Otra falla relevante se presenta en el aplicador de bolsas, que pierde precisión al momento de entregar los sacos vacíos a la envasadora rotativa. La metodología empleada fue la determinación de una propuesta de mantenimiento centrado en confiabilidad, con un enfoque de investigación de tipo deductivo y nivel descriptivo. Como resultado de su aplicación, se logró mejorar el plan de mantenimiento existente (9).

Cueva, C. (2019), en su trabajo de tesis titulado «Modelo de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la productividad de la empresa Cementos Selva S.A.», identifica como problema las deficiencias en el modelo de gestión de mantenimiento, basado en planes desarrollados a partir de la experiencia de supervisores y técnicos. Para solucionar este problema, se evaluó toda la jerarquización de los activos y, con los criterios establecidos, se procedió a realizar el análisis de criticidad a nivel de secciones y de activos, con el fin de determinar la línea crítica de producción y encontrar el equipo más crítico. Posteriormente, se aplicó el análisis del modo y efecto de falla del equipo identificado y se estimó su influencia en la productividad, partiendo de la premisa de una menor cantidad de horas de parada y del lucro cesante. Como resultado, se evidenció que la influencia es significativamente positiva para la mejora de la productividad (10).

Maza, A (2016). en su trabajo de tesis titulado «Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la confiabilidad del parque de máquinas de la Empresa Conservera de las Américas S.A. – Paita», identifica como problema las deficiencias en la confiabilidad del parque de máquinas. Para dar solución, se utilizó la siguiente metodología: desarrollo del inventario actualizado, codificación de los equipos, aplicación del análisis modal de fallas y efectos, además de la cuantificación de los repuestos requeridos para el desarrollo de esta actividad. A través de esta propuesta, se pretende aumentar la disponibilidad del parque de máquinas del proceso de conservas, resaltando la urgencia de su aplicación en los equipos identificados como críticos (11)

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Estrategia de mantenimiento.

Según Duffuaa (2), se entiende por estrategia de mantenimiento a las acciones que se desarrollarán para la ejecución de las actividades y tareas dentro de un plazo definido para los activos que conforman el área, con la finalidad de reducir su deterioro y garantizar su desempeño eficiente.

Dentro de las principales estrategias que se utilizarán para los efectos de este trabajo, se encuentran:

Estrategia de mantenimiento correctivo

Está conformada por el grupo de tareas destinadas a arreglar las averías imprevistas dentro de un tiempo de trabajo. Se considera de bajo costo porque no existe una planificación previa y existe una alta probabilidad de no hallar los repuestos adecuados para el reemplazo (2).

Estrategia de mantenimiento preventivo

Está conformada por aquellas tareas debidamente planificadas y sistematizadas. Para ello, es necesario registrar parámetros de funcionamiento, realizar tareas de limpieza, lubricación, ajustes, reemplazo de lubricantes y filtros, además de sustituciones de componentes (2).

2.2.2. Plan de mantenimiento

Tal como indica Duffuaa (2), planear representa los recursos que serán utilizados para satisfacer la necesidad de mantenimiento de los activos. Dentro de estos recursos se pueden considerar: humano, técnico (equipos y herramientas), material o de repuestos. Es preciso considerar el recurso humano tanto en cantidad como en sus habilidades técnicas. Asimismo, es importante tener en cuenta que la carga de trabajo en mantenimiento es variable.

La definición de un plan de mantenimiento según García (12) es la siguiente: planificar significa determinar cuándo y quién realizará cada una de las gamas y rutas que componen el plan. La planificación de las rutas diarias es muy sencilla: por definición, hay que realizarlas todos los días, por lo que será necesario simplemente determinar a qué hora se realizarán y quién será el responsable de llevarlas a cabo.

La planificación de las rutas semanales exige determinar qué día de la semana se ejecuta cada una de ellas y, como siempre, quién será el responsable de realizarla. Es muy importante determinar con precisión este extremo. Si se elabora una gama o una ruta, pero no se define con claridad quién o quiénes son los responsables de realizarla, se estarán dejando indeterminaciones que se traducirán, casi invariablemente, en la no realización de estas tareas (13).

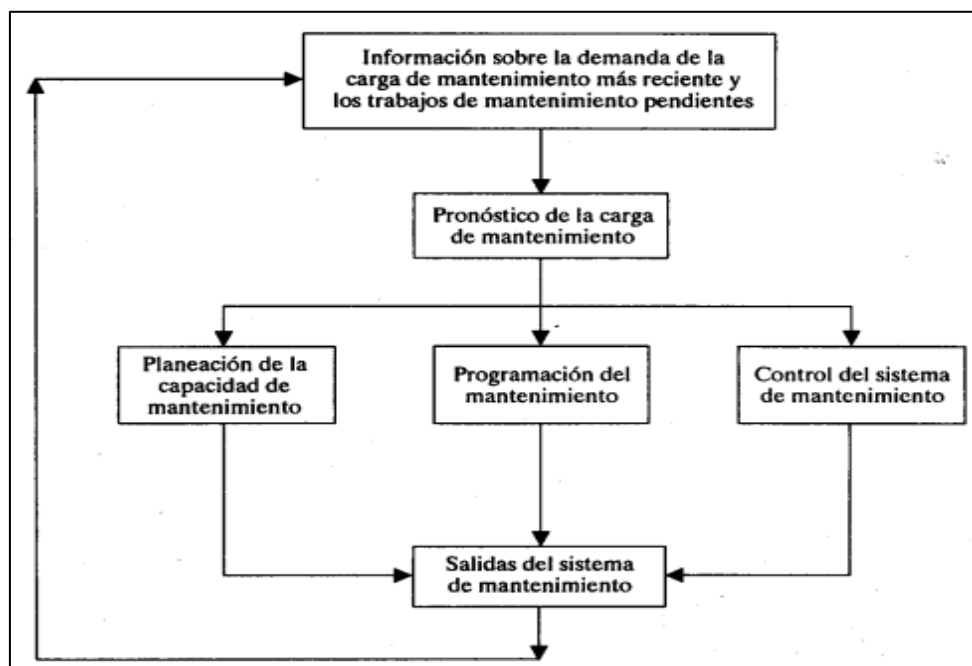
Para asegurar que una tarea se realice, es necesario, pues:

- Fijar quién es el responsable de realizarla
- Asegurarse de que, en el momento en que tenga que ejecutarse, no tenga otra tarea asignada.

El plan de mantenimiento engloba tres tipos de actividades:

- Las actividades rutinarias que se realizan a diario y que normalmente son llevadas a cabo por el equipo de operación.
- Las actividades programadas que se ejecutan a lo largo del año.
- Las actividades que se realizan durante las paradas programadas.

Las de mantenimiento son, como ya se ha mencionado, la base de un plan de mantenimiento. Las diferentes formas de elaborar un plan de mantenimiento que se describen en los capítulos siguientes no son más que maneras de determinar las tareas de mantenimiento que compondrán dicho plan (13).



*Figura 2. Función de pronóstico de carga del mantenimiento.
Fuente: Duffua (2), pp. 35.*

2.2.3. Diseño eficaz de un programa de mantenimiento

Mantenimiento planeado

Es un esfuerzo integrado para convertir la mayor parte de los trabajos de mantenimiento en mantenimiento programado. Este tipo de mantenimiento se identifica con el mantenimiento preventivo y predictivo, e incluye las inspecciones y otras actividades repetidas sistemáticamente, como engrases, ajustes, etc. (2).

Mantenimiento de emergencia

Se refiere a aquellos trabajos no planeados que deben iniciarse en el menor tiempo posible. No permite mayor planificación y no debería exceder entre el 10 % y el 15 % del trabajo total de mantenimiento (2).

Programa de administración del equipo

El objetivo es reducir las pérdidas que puedan presentarse durante la operación de los equipos. Las principales pérdidas son:

- Fallas
- Preparación y ajustes
- Equipo sin trabajo y paradas menores
- Velocidad reducida
- Defectos de proceso
- Rendimiento reducido

Reducción de costos

El mantenimiento puede contribuir a reducir los costos mediante la aplicación de técnicas de ingeniería de métodos. Para lograrlo, se deben considerar (2):

- Materiales y reparaciones alternas
- Métodos alternos para inspección
- Equipos y herramientas alternos
- Procedimientos alternos para la planeación
- Estándares de tiempo alternos

Capacitación y motivación de los empleados

La ineficacia en el mantenimiento puede encontrarse en la deficiencia de contar con técnicos calificados. Por ello, es importante contar con un programa de capacitación que asegure la mejora y el fortalecimiento de habilidades, entre las cuales se incluyen: habilidades comunicativas, buen juicio, lectura e interpretación de información técnica, y habilidades en campos múltiples (2).

2.2.4. Confiabilidad.

De acuerdo a Mora (3), la confiabilidad es «la frecuencia con la cual ocurren las fallas en el tiempo y se define como la probabilidad de que un equipo cumpla satisfactoriamente las funciones para las cuales se diseñó». Si no existen fallas, se obtendrá una confiabilidad del 100 %; además, si la frecuencia de estas fallas es baja, la confiabilidad del equipo será aceptable; caso contrario, será poco confiable.

La confiabilidad está ligada a la calidad del producto o servicio y se relaciona con los requerimientos de los usuarios. Una baja calidad implica la reducción de la confiabilidad (3).

$$R = e^{-\left(\frac{t}{MTBF}\right)} \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

R: Confiabilidad

e: 2.7183

t: tiempo de análisis

MTBF: Tiempo Medio Entre Fallas

$$MTBF = \frac{\text{Horas operativas}}{N^{\circ} \text{ de fallas}} \dots\dots\dots(2)$$

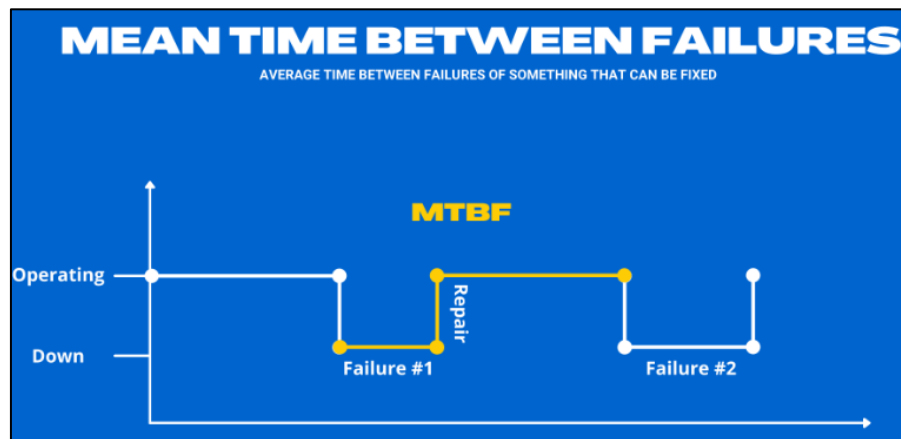


Figura 3. Interpretación del MTBF
Fuente: RESCO (14)

2.2.5. Coeficiente de correlación de Pearson.

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}} \dots\dots\dots(3)$$

r: Coeficiente de correlación (entre -1 y 1).

$\bar{x}$: Media de x.

$\bar{y}$: Media de y.

Interpretación:

$r > 0$: Correlación positiva.

$r < 0$: Correlación negativa.

$r = 0$: No hay correlación.

Valores cercanos a -1 o 1 indican una relación fuerte.

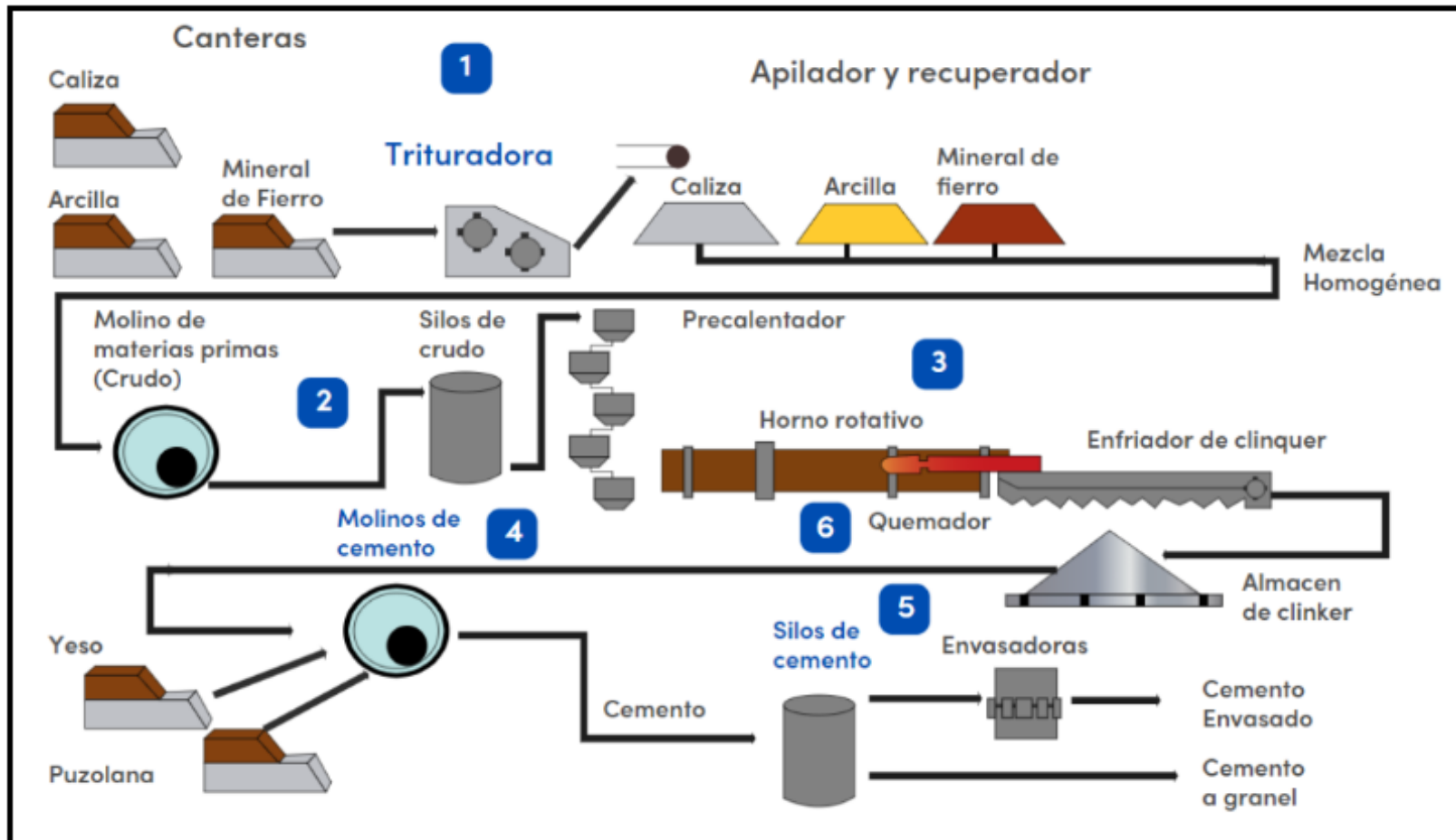


Figura 4. Proceso de obtención del cemento
Fuente: ECN Automation (15)

2.2.6. Línea de envasado de cemento.

En el siguiente gráfico se muestran los equipos que conforman de la línea de envasado

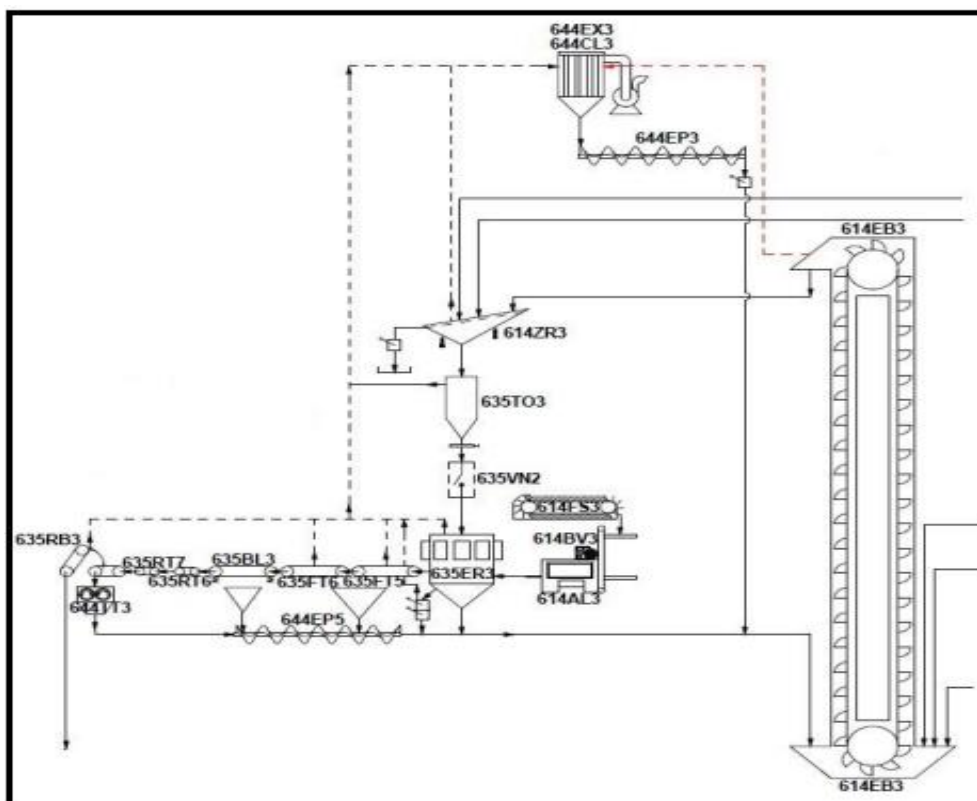


Figura 5. Equipos que conforman la línea de ensacado

Fuente: Osorio (16)

Tabla 2. Partes de ensacadora numerada

CODIGOS	NOMBRE DEL EQUIPOS
614EB3	Elevador de alimentación auto 3
614ZR3	Zaranda envasadora 3
644EX3	Exhasutor de polvo 3
644CL3	Colector de polvo 3
644EP3	Espiral recuperación colector 3
635TO1	Tolva envasadora 3
635VN2	Válvula neumática 3
614FS3	Faja celular 3
635ER3	Envasadora rotativa 3
614AL3	Alimentador de bolsas automática 3
644BV3	Bomba de vacío automática 3
635FT5	Faja transportadora
635FT6	Faja transportadora
635BL3	Balanza
635RT6	Transportador de rodillos
635RT7	Transportador de rodillos
635RB3	Rompedor de bolsas
644TT3	Triturador de bolsas
635FT7	Faja transportadora
635DB5	Desviador de bolsa

635DB6	Desviador de bolsa
635DB7	Desviador de bolsa
635DB8	Desviador de bolsa
635FT8	Faja transportadora
635DB8	Desviador de bolsa
636DB9	Desviador de bolsa
636DB10	Desviador de bolsa
635FT10	Faja transportadora
635FT11	Faja transportadora
635FM5	Faja móvil
635FM7	Faja móvil

Siendo de todos ellos la envasadora rotativa automática la más relevante, cuya finalidad es llenar las bolsas con cemento de 42,5 kg en un tiempo de operación por turno de 8 horas, con una producción total aproximada de 17 000 bolsas.



Figura 6. Ensamadora rotativa
Fuente: Osorio (16)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y tipo de la investigación

Para el desarrollo del trabajo de investigación científica realizada, se utilizará el método deductivo, que tiene en cuenta los principios generales para llegar a conclusiones específicas, es decir, de lo general a lo particular. Para ello, se emplearán conocimientos generales de gestión de mantenimiento, considerados en el marco teórico del presente trabajo, y, en función del contexto operacional específico del estudio, se obtendrán los resultados esperados.

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación que se empleará en el desarrollo del presente trabajo es aplicada, la cual se caracteriza por actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la sociedad (17).

Para ello, se tendrán en cuenta el conocimiento, las teorías y leyes sobre planes de mantenimiento, indicadores y estrategias de mantenimiento, y luego se aplicarán estas experiencias y conocimientos en el desarrollo de la propuesta del plan de mantenimiento.

3.1.2. Alcance de Investigación

El alcance de la investigación que se empleará para el desarrollo del presente trabajo es correlacional, ya que busca determinar la relación o el grado de asociación entre dos conceptos o variables (18).

En el presente trabajo, se verificará dicha relación mediante el análisis del estado actual y las tendencias de los indicadores de mantenimiento de las máquinas ensacadoras, a fin de proponer las soluciones que se establecerán en el plan de mantenimiento.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación que se utilizará en el presente trabajo será el preexperimental, el cual consta de un solo grupo de experimentación que recibe la intervención (preprueba y posprueba). En este caso, se aplicará el plan de mantenimiento sobre las máquinas ensacadoras y se analizará la confiabilidad antes y después de realizar mejoras en las actividades de mantenimiento (18).

3.3. Población y muestra

Por definición, la población «es el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones», y la muestra «es un subgrupo de la población sobre la cual se recolectarán datos pertinentes y representativos» (18).



Figura 7. Placa de identificación de máquina ensacadora
Fuente: Área de planeamiento

Para el tipo de investigación en la cual la población y la muestra coinciden debido al número pequeño de individuos que se analizan, se denomina muestreo del tipo censal. Es así que, para el presente estudio, se tomarán en cuenta tres máquinas ensacadoras, con las características que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3. Identificación de máquinas ensacadoras

Numero	Maquina	Marca	Observaciones
1	Ensacadora 3	Haver & Boecker	
2	Ensacadora 4	Haver & Boecker	Con aplicador automático, marca Haver & Boecker
3	Ensacadora 5	Haver & Boecker	Con aplicador automático, marca Haver & Boecker

En la figura inferior se muestra la ensacadora Haver & Boecker, objeto de estudio del presente trabajo de investigación.

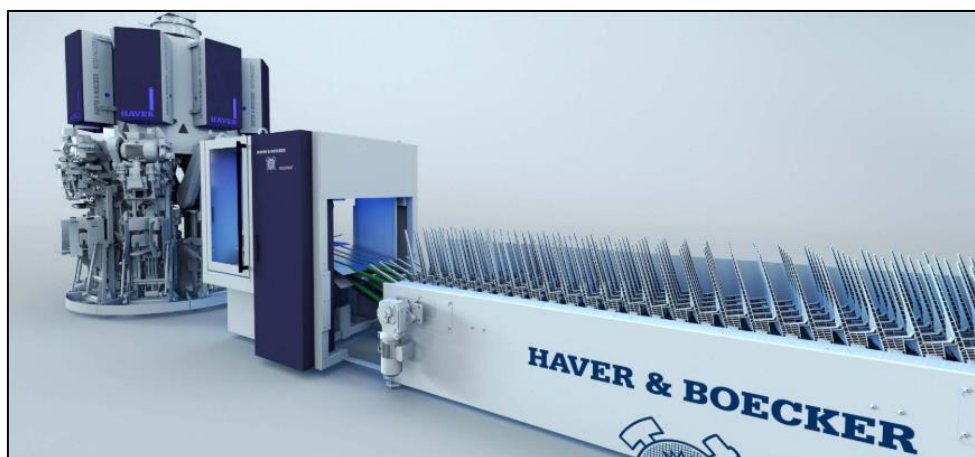


Figura 8. Ensacadora rotativa Haver & Boecker
Fuente: IAOM (19)

Asimismo, en la Tabla 4 se presentan las características técnicas de las ensacadoras, entre las que destacan los datos característicos, el tipo de motor de accionamiento y de ascensor, la tensión utilizada, entre otros

Tabla 4. Características técnicas de ensacadora rotativa

Datos característicos	
Cliente/comitente	Cementos Andino
N° de orden	70/300639
Tipo de máquina	Radimat Fardo
Año de construcción	2007
Tamaño de saco	42,50 kg
Rendimiento de la máquina	aprox. 2.700 saco/h
Motor de accionamiento del transporte de sacos	
Tipo	FIP 31 / 0125-30AD2
Potencia nominal del motor	12,4 NM
Número de revoluciones del motor	1000 1/min
Tensión del motor	47,4 V
Número de pieza	9.481.0884.05

Fuente: Área de planeamiento mecánico mina

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección utilizados corresponden a aquellos disponibles en el área de mantenimiento:

- Base de datos
- Manuales de mantenimiento y operación de las ensacadoras
- Reportes de operación
- Informes técnicos
- Bibliografía especializada y

- Manuales confiables de gestión de mantenimiento

La información se recopiló a partir de los informes de fallas presentados por el área de producción de UNACEM, en los que se especifican el tiempo y el tipo de falla, las cuales pueden ser de tipo mecánico, eléctrico o electrónico.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Información general

Unacem S.A.A., es una empresa dedicada al rubro cementero. UNACEM Perú nació con el respaldo de un legado de más de 100 años de liderazgo en la industria del cemento y un propósito que inspira su gestión: «Unidos crecemos para construir un mundo sostenible». En la planta Condorcocha, cuenta con alrededor de 200 trabajadores (1).

Nuestro propósito

«Unidos crecemos para construir un mundo sostenible» refleja el compromiso de optimizar la creación de valor, con enfoque en la seguridad y salud, la disminución de la huella ambiental, la generación de valor social, el desarrollo del talento y la transformación cultural, poniendo en valor el conocimiento acumulado a lo largo de los años como grupo (1).

Misión

Satisfacer a los clientes suministrando productos y servicios de alta calidad y precios competitivos, protegiendo los derechos empresariales dentro del marco legal y creando valor para los accionistas, los colaboradores y la sociedad en general (1).

Visión

Ser siempre una organización líder en el mercado nacional y alcanzar una posición competitiva a nivel mundial (1).

Nuestros valores

Están orientados a promover una industria con innovación tecnológica, sólida y sustentable, respetuosa con el medio ambiente y la calidad de vida de las personas. La prioridad es desarrollar y mantener productos de calidad, a precios competitivos y con entrega oportuna, para la satisfacción de los consumidores (1).

Adicionalmente, se continuará impulsando, junto a las empresas subsidiarias, los planes de inversión y crecimiento en el país y en la región.

Objetivos de calidad

Los objetivos de calidad estuvieron enfocados en los temas más relevantes relacionados con los clientes externos e internos, con la calidad de los productos y con el desempeño de los procesos. Se establecieron objetivos de satisfacción de clientes, participación de mercado, presencia de los productos en los puntos de venta, tiempos de atención, ritmos de carga y descarga de naves, calidad de productos y su variabilidad, desempeño del control de calidad, desempeño del mantenimiento y desempeño de la logística, entre otros (1).

Objetivos ambientales

El principal objetivo ambiental de UNACEM es la disminución de las emisiones de CO₂ durante el proceso de fabricación del cemento. Este objetivo está alineado con los compromisos y esfuerzos que la industria del cemento despliega a nivel regional y global. Entre otros objetivos ambientales, destacan la optimización del manejo de residuos, la reducción del consumo específico de combustibles y energía eléctrica, y la reducción del consumo de agua subterránea (1).

Seguridad y salud en el trabajo

En seguridad y salud, se prioriza la implementación del estándar de aislamiento de energía (AE) en las actividades de mantenimiento y otros trabajos en maquinarias y equipos, así como la mejora de la gestión del ruido, la reducción del índice de accidentabilidad y el cuidado de la salud ocupacional (1).

Tabla 5. Normas utilizadas por UNACEM

Norma	Alcance
Calidad	
Norma ISO 9001:2015 Sistema de Gestión de la Calidad.	
Ambiental	Fabricación y comercialización de clínker y cemento en las plantas de producción y operaciones asociadas.
Norma ISO 14001:2015 Sistema de Gestión Ambiental.	
Seguridad y Salud en el Trabajo	

Norma ISO 45001:2018 Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Antisoborno

Norma ISO 37001:2016 Sistema de Gestión Antisoborno.

Fabricación y comercialización de clínker y cemento. Carga y descarga de naves.

Seguridad

Norma V05-2017 Estándar BASC 5.0.1 Sistema de Gestión en Control y Seguridad.

Comercialización de clínker y cemento. Carga y descarga de naves en el terminal portuario de UNACEM Perú.

Declaración de Cumplimiento de la Instalación Portuaria (DCIP) – Código PBIP.

Terminal portuario de UNACEM Perú.

Norma	Alcance
Certificado de Seguridad de la Instalación Portuaria (CSIP).	
Otros	
Certificado Azul.	Reconocimiento como empresa hídricamente responsable por la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

Fuente: UNACEM (1).

4.1.1.1 Análisis problemático del área de mantenimiento

Para el análisis problemático que se presenta en las máquinas ensacadoras, se tomarán en cuenta los siguientes factores iniciales que inciden en la operación y mantenimiento de dichas máquinas:

Condiciones operativas.

Las condiciones de operación de la planta cementera de UNACEM se ubican en Condorcocha S/N, distrito La Unión Leticia, Tarma, Junín, a una altitud de 3009 m s. n. m.

El porcentaje promedio de humedad es del 57 %, y la temperatura oscila entre 5 °C y 20 °C, factores que tienen un bajo impacto en los componentes eléctricos, mecánicos, hidráulicos y electrónicos de las ensacadoras. Internamente, la polución es controlada por filtros de mangas.

Las velocidades de operación de las ensacadoras son:

- Velocidad 1: 49 a 50 bolsas por minuto.
- Velocidad 2: 46 a 47 bolsas por minuto



Figura 9. Condiciones operativas

Vida útil.

La vida útil se representa en la figura siguiente, la cual muestra cómo decrece la eficiencia operativa y cómo se incrementan los costos de mantenimiento, los cuales aumentan con mayor rapidez a partir del año 10 y presentan una correlación inversa con la eficiencia.

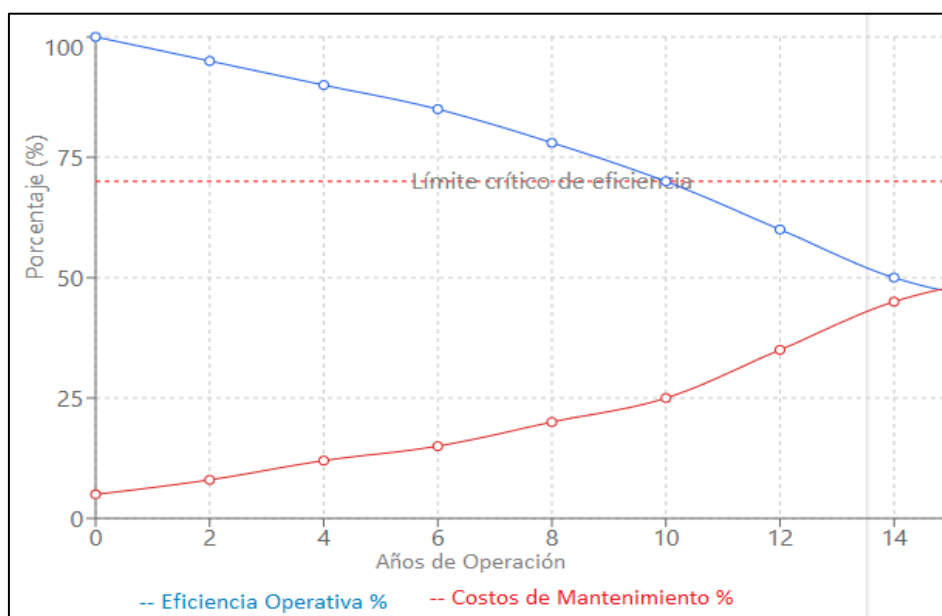


Figura 10. Curva de Vida Útil de máquinas ensacadoras

Luego se identificaron los siguientes puntos críticos:

- Años 0-4: periodo óptimo de operación
- Años 4-8: mantenimiento preventivo regular

- Años 8-12: incremento en mantenimiento correctivo
- Años 12-15: evaluación de reemplazo

Instalaciones neumáticas

Las instalaciones neumáticas, desde la alimentación hasta la ensacadora, están conformadas por: compresores Sullair de tornillo de 20 HP, tanque de aire primario, separador de agua, filtro de purga, secador primario, tanque de aire secundario, secador secundario, sistema de drenado de tuberías y las unidades de mantenimiento. Estas se revisan regularmente y cuentan con un plan de mantenimiento conforme a lo indicado por el fabricante Sullair, con excepción de los drenadores automáticos.

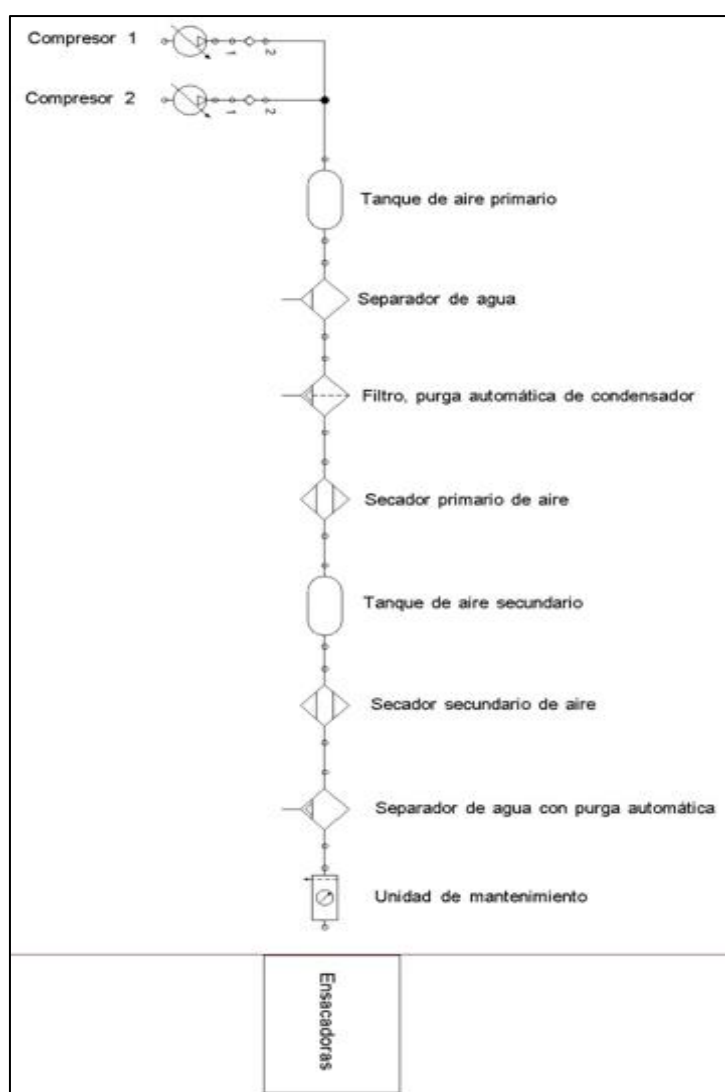


Figura 11. Diagrama de secuencia del circuito neumático

El personal de mantenimiento a cargo de las ensacadoras, al iniciar su turno diario a las 7:00 a. m., realiza un recorrido durante el cual efectúa manualmente las regulaciones de todas las válvulas de drenaje.



Figura 12. Inspección de instalaciones neumáticas

Personal.

El área de mantenimiento está conformada por 20 técnicos (mecánicos, electricistas y soldadores). La empresa Cementos Unacem S.A. – Unidad Condorcocha realiza capacitaciones presenciales de manera semestral.

En las siguientes imágenes se presenta la capacitación titulada «Operación y mantenimiento de equipos Haver & Boecker», con una duración de 40 horas. Al concluirse satisfactoriamente, el personal participante recibe un certificado de entrenamiento.



Figura 13. Capacitación de personal

Una vez concluidas las capacitaciones, y a lo largo del año, se realizan evaluaciones constantes mediante los siguientes métodos:

Evaluación teórica (conocimientos)

- El objetivo es verificar que los técnicos comprendan los conceptos teóricos y los principios básicos de los temas tratados.
- Se utilizaron como métodos: exámenes escritos o digitales de opción múltiple, verdadero/falso y preguntas abiertas.
- Se hizo uso de simulaciones virtuales para analizar problemas teóricos.
- La frecuencia de aplicación fue inmediatamente después de cada capacitación y como parte de una evaluación anual.

Evaluación práctica (habilidades técnicas)

- El objetivo es medir la capacidad de los técnicos para aplicar lo aprendido en el manejo, mantenimiento y solución de problemas de las máquinas.
- Se utilizaron ejercicios prácticos controlados como método principal.
- Los simulacros de mantenimiento incluyeron identificación de fallas, análisis de criticidad y uso correcto de herramientas.
- La evaluación se basó en una lista de cotejo estandarizada para asegurar el cumplimiento de los procedimientos establecidos.

Evaluación en el trabajo (competencias)

- El objetivo es analizar el desempeño real de los técnicos en condiciones laborales.
- Se empleó la observación directa, utilizando una ficha de evaluación que consideró el cumplimiento de estándares de seguridad, calidad del trabajo realizado, tiempo de respuesta y efectividad en la solución de problemas, así como el feedback de supervisores y compañeros.

Evaluación Basada en Indicadores de Desempeño

- El objetivo es determinar el impacto de la capacitación en el desempeño laboral.
- Los indicadores clave considerados fueron: reducción del tiempo promedio de reparación (MTTR), incremento en la disponibilidad de equipos, reducción en el número de fallas repetitivas y adherencia a procedimientos estandarizados.

Ensacadora 03 (2023 – 2024).

Las fallas de la máquina indicada se concentran principalmente en las registradas en la siguiente tabla. Estas incluyen el número de aviso, la fecha y hora de inicio y fin de la avería, la descripción del fallo y el tiempo total de duración de esta.

Tabla 6. Relación de fallas de la ensacadora 03

Aviso	Inicio avería	Fin de avería	Descripción	Ini.avería (h)	Fin de avería	Tiempo de avería
12655987	7/03/2024	7/03/2024	Desatascamiento de canaleta del silo 3	16:00:00	16:40:00	00:40:00
12655026	7/03/2024	7/03/2024	Revisión carga granel tipo V	02:35:00	02:55:00	00:20:00
12652547	4/03/2024	4/03/2024	Falta de aire al ensacado baja presión	20:40:00	22:00:00	01:20:00
12652545	4/03/2024	4/03/2024	Revisión de faja de carguío eléctrico	20:00:00	20:25:00	00:25:00
12652544	4/03/2024	4/03/2024	Inspección de espesores	18:00:06	18:15:00	00:14:54
12651951	4/03/2024	4/03/2024	Revisar contactor pitón 1, pruebas	07:40:00	08:00:00	00:20:00
12646411	27/02/2024	27/02/2024	Desatascamiento de silo 3	16:00:00	16:30:00	00:30:00
12646015	27/02/2024	27/02/2024	Obstrucción de sonda granel tipo V MyS	01:00:00	01:40:00	00:40:00
12630683	14/02/2024	14/02/2024	Desatascamiento de silo 1 y 3	01:00:00	01:35:00	00:35:00
12627984	11/02/2024	11/02/2024	Prueba de la maquina 4	15:00:00	16:30:00	01:30:00
12627828	11/02/2024	11/02/2024	Limpieza del ensacado para mantenimiento	06:00:00	06:30:00	00:30:00
12588588	9/02/2024	10/02/2024	Revisión de faja elevadiza (C073470AM01)	23:40:00	24:00:00	00:20:00
12452409	7/02/2024	7/02/2024	Desatorar compuerta silo 6	09:09:00	10:45:07	01:36:07
12342926	2/02/2024	2/02/2024	Revisión de tensión de las fajas en V	04:00:00	04:20:00	00:20:00
12306167	30/01/2024	30/01/2024	Falla rompe grumos silo 8	04:00:00	05:00:00	01:00:00
12306160	30/01/2024	30/01/2024	Rotura de bolsas tronbini	18:00:00	18:30:00	00:30:00
12296326	23/01/2024	23/01/2024	Inspección de tapa de carcaza	02:00:00	02:10:00	00:10:00
12291086	18/01/2024	18/01/2024	Despacho big bag tipo v	15:00:00	17:00:00	02:00:00
12286729	15/01/2024	15/01/2024	Mantenimiento preventivo	07:00:00	08:00:00	01:00:00
12275871	4/01/2024	4/01/2024	Desatascamiento de compuertas desviadoras	13:00:00	14:25:00	01:25:00
12257583	14/12/2023	14/12/2023	Obstrucción de bolsas en faja desviadora	16:30:00	16:45:00	00:15:00
12257143	14/12/2023	14/12/2023	Despacho big bag tipo v	09:30:00	12:00:00	02:30:00
12247682	5/12/2023	5/12/2023	Reposición de la faja telescópica	08:00:07	08:50:46	00:50:39
12241319	28/11/2023	28/11/2023	Reposición de término de rotativo	21:00:00	21:15:00	00:15:00
12235157	23/11/2023	23/11/2023	Cambio de tapa de carcaza de llenado	09:00:00	12:00:00	03:00:00
12227581	16/11/2023	16/11/2023	Cambio de guarda motor piñón 1 y 2	09:00:00	09:45:00	00:45:00

12223180	13/11/2023	13/11/2023	Prueba de la ensacadora	07:00:00	07:45:00	00:45:00
12222735	11/11/2023	12/11/2023	Carga granel de otro tipo	23:15:00	24:30:00	01:15:00
12219684	10/11/2023	10/11/2023	Cambio de la pantalla de balanza lineal	15:15:00	15:55:00	00:40:00
12218489	9/11/2023	9/11/2023	Calibración por tipo de bolsa/cemento	23:35:00	23:40:00	00:05:00
TOTAL						25:46:40

Luego de la identificación de las fallas y la cuantificación de los tiempos que estas demoraron en ser solucionadas, se procedió a realizar la tabulación y el cálculo de indicadores que permitan hallar la confiabilidad.



Figura 14. Falla de sistema eléctrico en ensacadora 03.

La tabla 7 presenta el año y mes de investigación, el número de fallas encontradas, el porcentaje que estas representan, las horas programadas de trabajo, las horas operativas y, finalmente, el tiempo medio entre fallas y la confiabilidad.

Tabla 7. Cálculo de indicadores de confiabilidad inicial en ensacadora 03

Año	Mes	N.º de fallas	Tiempo total de fallas	Horas programadas	Horas operativas	MTBF	R (%)
2023	Noviembre	7	6.45	630.00	623.55	89.1	92.45 %
2023	Diciembre	3	3.35	630.00	626.65	208.9	96.70 %
2024	Enero	6	6.05	630.00	623.95	104.0	93.49 %
PROMEDIO		5.3	5.3	630	624.72	134.0	94.21 %

Después del cálculo de los indicadores mostrados en la tabla, se procedió al desarrollo gráfico, con el fin de obtener una comprensión más específica de los mismos.

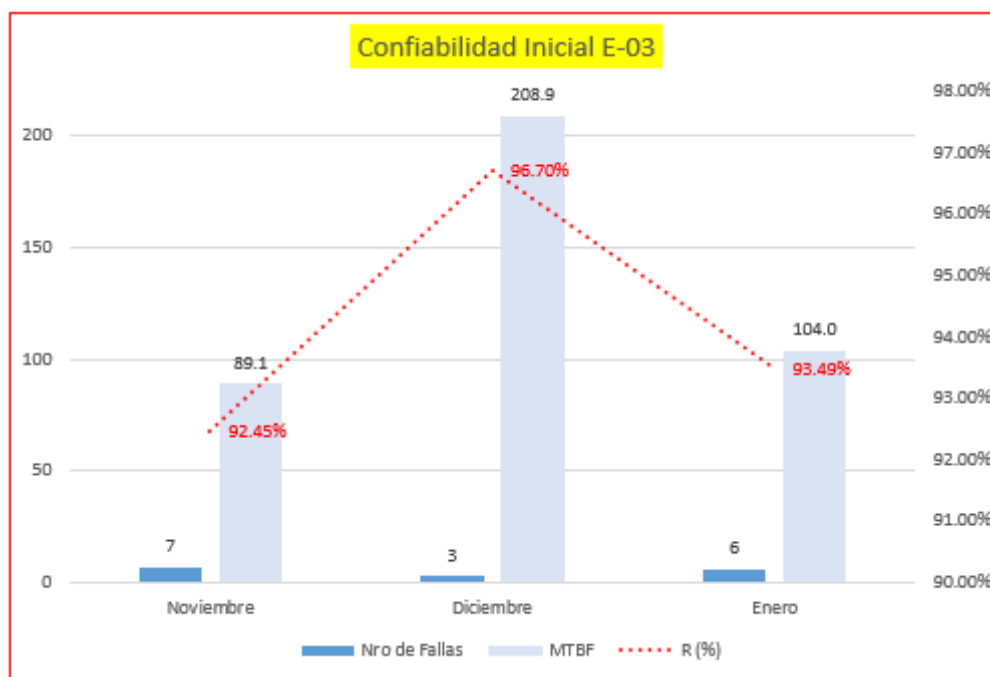


Figura 15. Indicadores pre propuesta de mantenimiento en ensacadora 03.

Como puede observarse en la figura anterior, se evidencia una variación en los valores de la confiabilidad, con picos máximos en diciembre y mínimos en noviembre. Esto guarda relación con la cantidad de fallas registradas en dichos meses, siendo noviembre el mes con menor número de fallas.

Asimismo, se presenta un ejemplo de causa de demora en el arranque de la máquina Ensacadora 03:

20410763: Afinamiento y limpieza elementos

Observaciones:

- El mantenimiento se realizó en el tiempo programado.
- Demora de 30 minutos en el arranque de la maquina debido a que el equipo no fue entregado oportunamente por el personal de electricidad.
- No se presentaron problemas en la prueba.

Ensacadora 04 (2023 – 2024).

Las fallas de la máquina indicada se concentran principalmente en las que se muestran en la siguiente tabla, registradas con el número de aviso, fecha y hora de inicio y fin de avería, la descripción de la falla y, finalmente, el tiempo que duró la avería.

Tabla 8. Relación de fallas de la ensacadora 04

Aviso	Inicio avería	Fin de avería	Descripción	Ini.avería (h)	Fin de avería	Tiempo de Avería
12659403	11/03/2024	11/03/2024	Prueba de mantenimiento	07:00:00	08:00:00	01:00:00
12658541	9/03/2024	9/03/2024	Sobrecarga de elevador de canguilones	17:00:00	17:30:00	00:30:00
12656564	8/03/2024	8/03/2024	Desatascamiento de silo 1	20:30:00	22:30:00	02:00:00
12652912	5/03/2024	5/03/2024	Baja presión de aire en el sistema	06:00:00	06:50:00	00:50:00
12653033	4/03/2024	4/03/2024	Mantenimiento preventivo Rutinario	08:00:00	08:30:00	00:30:00
12652540	4/03/2024	4/03/2024	Falta de aire a ensacadora	20:00:00	22:45:00	02:45:00
12648700	29/02/2024	29/02/2024	Fallo de aplicador de bolsas atoro	23:00:00	23:20:33	00:20:33
12645284	26/02/2024	27/02/2024	Obstrucción de canaletas y compuerta silo 2	23:00:00	02:40:00	03:40:00
12642663	24/02/2024	24/02/2024	Revisión mecánica aplicador (rechazo de b	01:30:00	02:42:00	01:12:00
12636417	19/02/2024	19/02/2024	Mantenimiento rutinario	07:00:00	09:00:00	02:00:00
12631679	15/02/2024	15/02/2024	Trabajo por una sola linea# 1	02:00:00	02:30:00	00:30:00
12631209	14/02/2024	14/02/2024	Obstrucción de bolsas en el aplicador	11:00:00	12:00:00	01:00:00
12630688	14/02/2024	14/02/2024	Trabajo por una sola linea# 1	04:00:00	04:30:00	00:30:00
12629560	13/02/2024	13/02/2024	Trabajo por una sola linea# 1	11:00:00	11:30:00	00:30:00
12629426	13/02/2024	13/02/2024	Trabajo por una sola linea# 1	04:00:00	04:25:00	00:25:00
12629425	12/02/2024	12/02/2024	Calibración del aplicador de bolsas.	23:00:00	23:40:00	00:40:00
12301134	26/01/2024	26/01/2024	Trabajo por una sola linea# 1	10:00:00	10:30:00	00:30:00
12296843	23/01/2024	23/01/2024	Cambio de botoneras de la faja de canal 7	14:30:00	14:50:00	00:20:00
12286333	14/01/2024	14/01/2024	Limpieza para mantenimiento	06:00:00	06:30:00	00:30:00
12286330	13/01/2024	13/01/2024	Desatascamiento de la compuerta del silo 6	23:25:00	23:55:00	00:30:00
12284868	13/01/2024	13/01/2024	Cambio de canales 2 y 3	02:00:55	02:30:23	00:29:28
12280767	10/01/2024	10/01/2024	Desatascamiento de canaleta silo 1	01:00:30	01:40:13	00:39:43
12277185	6/01/2024	6/01/2024	Obstrucción de bolsas en conmutador	15:25:00	15:40:00	00:15:00
12274384	3/01/2024	3/01/2024	Desatascamiento de compuerta silos 2 y 6	21:00:00	21:40:00	00:40:00

12274372	3/01/2024	3/01/2024	Obstrucción de la compuerta silo 2	18:00:00	18:30:00	00:30:00
12271537	29/12/2023	29/12/2023	Desatascamiento de compuerta	18:00:00	19:00:00	01:00:00
12269853	28/12/2023	28/12/2023	Falla de sistema electrónico	08:00:00	09:30:00	01:30:00
12269634	28/12/2023	28/12/2023	Trabajo por una sola línea	02:00:00	02:15:00	00:15:00
12267658	26/12/2023	26/12/2023	Trabajo por una sola línea	09:00:00	09:30:00	00:30:00
12262918	20/12/2023	20/12/2023	Trabajo por una sola línea	13:00:00	13:30:00	00:30:00
12262814	20/12/2023	20/12/2023	Desatascamiento de canaleta del silo 2	00:00:00	00:45:00	00:45:00
12261674	19/12/2023	19/12/2023	Trabajo por una sola línea	12:45:00	13:15:00	00:30:00
12260822	18/12/2023	18/12/2023	Trabajo por una sola línea	13:30:00	14:00:00	00:30:00
12259232	16/12/2023	16/12/2023	Obstrucción de bolsas en aplicador	10:00:00	10:40:00	00:40:00
12257682	14/12/2023	15/12/2023	Falla en el magazín	23:00:00	00:00:00	01:00:00
12257321	14/12/2023	14/12/2023	Atascamiento de bolsas en aplicador	13:00:00	13:10:00	00:10:00
12256722	14/12/2023	14/12/2023	Calibración por tipo de bolsa/cemento	04:30:00	04:40:00	00:10:00
12256434	13/12/2023	13/12/2023	Calibración por tipo de bolsa/cemento	06:00:00	06:15:00	00:15:00
12256413	13/12/2023	13/12/2023	Atascamiento de bolsas en aplicador	17:00:00	17:40:00	00:40:00
12255626	13/12/2023	13/12/2023	Atascamiento de bolsas en aplicador	13:00:00	13:15:00	00:15:00
12254956	12/12/2023	12/12/2023	Atascamiento de bolsas en aplicador	22:00:00	22:30:00	00:30:00
12254488	12/12/2023	12/12/2023	Atascamiento de bolsas en aplicador	11:00:00	12:00:00	01:00:00
12252362	9/12/2023	9/12/2023	Falla de aplicador, cambio de ventosas	15:00:00	15:30:00	00:30:00
12251466	8/12/2023	8/12/2023	Atascamiento de bolsas en aplicador	00:30:00	01:30:00	01:00:00
12249577	7/12/2023	7/12/2023	Atascamiento de bolsas en aplicador	01:20:00	02:10:00	00:50:00
12249539	6/12/2023	6/12/2023	Regular aplicador de bolas	17:00:00	17:20:00	00:20:00
12248968	6/12/2023	6/12/2023	Revisión del aplicador de bolsa	09:30:00	12:00:00	02:30:00
12248873	6/12/2023	6/12/2023	Atascamiento de bolsas en aplicador	01:30:00	02:10:00	00:40:00
12247564	5/12/2023	5/12/2023	Atascamiento de bolsas en aplicador	04:40:00	06:00:00	01:20:00
12246984	4/12/2023	4/12/2023	Revisión aplicador por atoro de envases	17:00:00	17:40:00	00:40:00
12245955	2/12/2023	2/12/2023	Atascamiento de bolsas en aplicador	03:00:46	03:30:00	00:29:14
12241685	29/11/2023	29/11/2023	Atascamiento de bolsas en aplicador	02:00:00	02:32:00	00:32:00

12240340	28/11/2023	28/11/2023	Atascamiento de bolsas en aplicador	00:00:00	00:28:00	00:28:00
12234431	22/11/2023	22/11/2023	Calibración por tipo de bolsa/cemento	18:30:00	18:40:00	00:10:00
12233990	22/11/2023	22/11/2023	Atascamiento de bolsas en aplicador	14:00:00	14:13:00	00:13:00
12233872	22/11/2023	22/11/2023	Atascamiento de bolsas en aplicador	10:00:00	10:30:00	00:30:00
12232543	21/11/2023	21/11/2023	Atascamiento de bolsas en aplicador	08:30:00	08:45:00	00:15:00
12231434	20/11/2023	20/11/2023	Válvula cerrada y falta de aire comprimido	07:30:00	07:45:00	00:15:00
12230965	19/11/2023	19/11/2023	Atascamiento de bolsas en aplicador	00:15:00	00:45:00	00:30:00
12230714	18/11/2023	18/11/2023	Atascamiento de bolsas en aplicador	17:00:00	17:45:00	00:45:00
12230004	18/11/2023	18/11/2023	Falla del sistema eléctrico	12:45:00	13:45:00	01:00:00
12229667	17/11/2023	17/11/2023	Regular aplicador automático envase	11:30:00	11:45:00	00:15:00
12229033	17/11/2023	17/11/2023	Atascamiento de bolsas en aplicador	16:00:00	16:35:00	00:35:00
12228318	17/11/2023	17/11/2023	Atascamiento de bolsas en aplicador	02:20:00	02:30:00	00:10:00
12227926	16/11/2023	16/11/2023	Atascamiento de bolsas en aplicador	18:00:00	18:30:00	00:30:00
12226132	15/11/2023	15/11/2023	Revisión mecánica del aplicador	17:00:00	17:20:00	00:20:00
12225875	15/11/2023	15/11/2023	Revisión mecánica del aplicador	09:00:00	11:25:00	02:25:00
12224328	14/11/2023	14/11/2023	Revisión mecánica del aplicador	02:50:00	03:20:00	00:30:00
12223889	13/11/2023	13/11/2023	Revisión mecánica del aplicador	16:00:00	17:00:00	01:00:00
12223886	13/11/2023	13/11/2023	Atascamiento de bolsas faja conmutador	18:00:00	18:15:00	00:15:00
12214468	7/11/2023	7/11/2023	Falla de aplicador por envases	01:00:00	02:40:00	01:40:00
12213498	5/11/2023	5/11/2023	Limpieza para mantenimiento la Maq.4	05:50:00	06:50:00	01:00:00
12213495	5/11/2023	5/11/2023	Despacho por una sola faja	01:50:00	03:00:00	01:10:00
12213208	4/11/2023	4/11/2023	Despacho por una sola faja	04:00:00	04:50:00	00:50:00
12212472	4/11/2023	4/11/2023	Despacho por una sola faja	13:00:00	13:40:00	00:40:00
12212049	3/11/2023	3/11/2023	Falla del aplicador de bolsas	16:00:05	16:30:36	00:30:31
				TOTAL		57:44:29

Luego de la identificación de las fallas y la cuantificación de los tiempos que estas demoraron en ser solucionadas, se procedió a realizar la tabulación y el cálculo de los indicadores que permiten hallar la confiabilidad.

Tabla 9. Cálculo de indicadores de confiabilidad inicial en ensacadora 04

Año	Mes	N.º de fallas	Tiempo total de fallas	Horas programadas	Horas operativas	MTBF	R (%)
2023	Noviembre	25	16.28	630.00	613.72	24.5	75.15 %
2023	Diciembre	26	18.29	630.00	611.71	23.5	74.23 %
2024	Enero	9	4.24	630.00	625.76	69.5	90.42 %
PROMEDIO		20	12.94	630	617.06	39.2	79.93 %

Después del cálculo de los indicadores mostrados en la tabla, se desarrollaron representaciones gráficas que permiten una comprensión más específica de los resultados obtenidos.

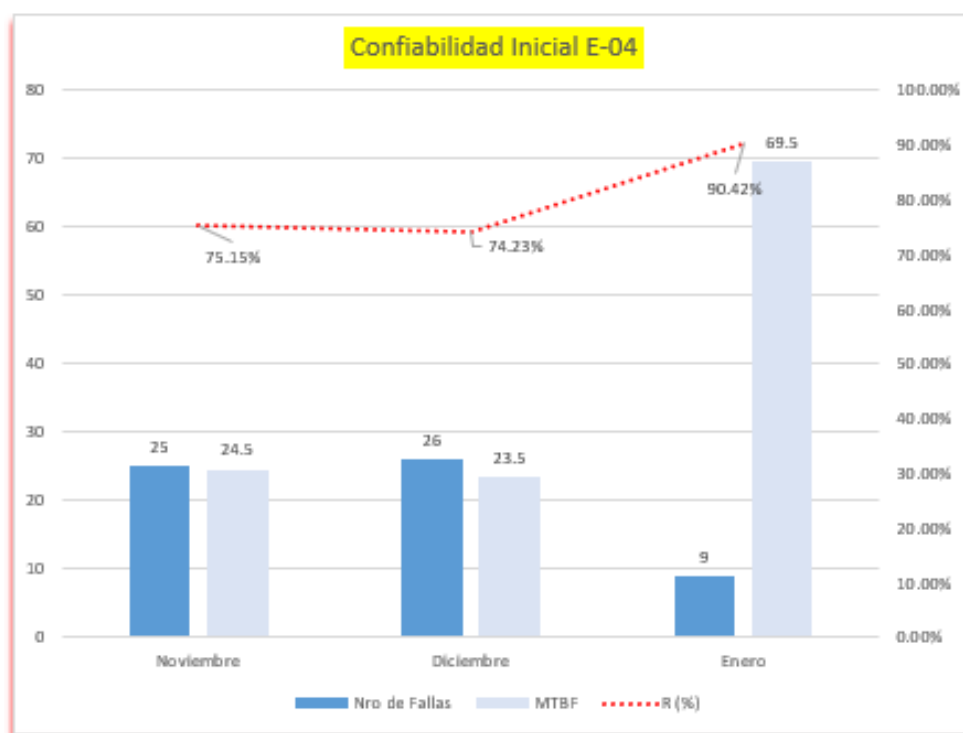


Figura 16. Indicadores pre propuesta de mantenimiento en ensacadora 04.

Como puede observarse en la figura, se presenta una variación en los valores de la confiabilidad, con picos máximos en enero de 2024 y mínimos en diciembre, en correspondencia con el número de fallas registradas. A continuación, se presentan ejemplos de causas de demora en el arranque de la Máquina Ensacadora 04:



Figura 17. Falla en ensacadora 04

20411186: limpieza y mantenimiento

Observaciones:

- El mantenimiento se realizó en el tiempo programado.
- No se presentaron problemas en la prueba.

20411182: mantenimiento de componentes

C07-4220AW01: Aplicador automático de bolsas - Ensacadora 04

Observaciones:

- El mantenimiento se realizó en el tiempo programado.
- No se presentaron problemas en la prueba.

Ensacadora 05 (2023 – 2024).

Las fallas de la máquina indicada se concentran principalmente en las que se muestran en la siguiente tabla. Estas están registradas con el número de aviso, inicio y fin de avería, la descripción de la falla y, finalmente, el tiempo que duró la avería.

Tabla 10. Relación de fallas de la ensacadora 05

Aviso	Inicio avería	Fin de avería	Descripción	Ini.avería (h)	Fin de avería	Tiempo de Avería
12659469	11/03/2024	11/03/2024	Falla compuerta neumatica silo 9	08:00:00	08:30:00	00:30:00
12654125	6/03/2024	6/03/2024		12:00:00	12:45:00	00:45:00
12652155	4/03/2024	4/03/2024	Revisión y pruebas mecánicas	08:30:00	08:55:00	00:25:00
12651137	2/03/2024	2/03/2024	Falla del aplicador	18:00:08	18:55:07	00:54:59
12646127	26/02/2024	26/02/2024	Prueba de equipos, mantenimiento semanal	07:00:00	09:00:00	02:00:00
12644161	25/02/2024	25/02/2024		06:30:00	07:00:00	00:30:00
12635063	17/02/2024	17/02/2024	Separar bolsas mal pegadas	11:00:00	11:25:00	00:25:00
12629644	13/02/2024	13/02/2024	Rechazo de bolsas en el aplicador	11:00:00	12:00:00	01:00:00
12550329	9/02/2024	9/02/2024	Fallo de descarga de silo 9	04:00:00	04:25:00	00:25:00
12306077	30/01/2024	30/01/2024	Falla del aplicador de bolsas	16:10:00	16:40:00	00:30:00
12304776	29/01/2024	29/01/2024	Falla del aplicador de bolsas	15:15:00	15:30:00	00:15:00
12302603	27/01/2024	27/01/2024		07:00:00	07:15:00	00:15:00
12296477	23/01/2024	23/01/2024	Falla dispositivo seguridad puerta	14:20:00	14:40:00	00:20:00
12294783	21/01/2024	21/01/2024	Atascamiento de bolsas en el aplicador radimax	17:30:00	17:45:00	00:15:00
12294675	21/01/2024	21/01/2024	Limpieza de maquina para mantenimiento	06:30:00	07:00:00	00:30:00
12294417	21/01/2024	21/01/2024	Atascamiento de bolsas en el aplicador radimax	01:30:00	02:30:00	01:00:00
12293316	20/01/2024	20/01/2024	Falla del aplicador del radimax	08:00:00	08:30:00	00:30:00
12293218	20/01/2024	20/01/2024	Verificación por rechazo de bolsas en el aplicador	02:00:00	02:25:00	00:25:00
12287244	15/01/2024	16/01/2024	Falla del aplicador del radimax	23:30:00	00:30:00	01:00:00
12287170	15/01/2024	15/01/2024	Regulación del aplicador	21:00:00	21:10:00	00:10:00
12286328	14/01/2024	14/01/2024	Limpieza de maquina por	06:15:00	06:30:00	00:15:00
12279453	9/01/2024	9/01/2024	Rotura de bolsas en la maquina	01:00:25	01:30:00	00:29:35
12275967	5/01/2024	5/01/2024	Carga de camion en maquina 6	11:00:00	12:00:00	01:00:00
12264629	21/12/2023	21/12/2023	por habilitar para otro tipo de bolsa	20:00:00	20:15:00	00:15:00
12262915	20/12/2023	20/12/2023	FALLA DE RED ELECTRICA(corte)	10:00:00	10:50:00	00:50:00

12255612	13/12/2023	13/12/2023	Apoyo a la maquina # 6	09:00:00	09:55:00	00:55:00
12250249	7/12/2023	7/12/2023	apoyo en maquina #6 despacho	10:00:00	10:20:00	00:20:00
12249261	6/12/2023	6/12/2023	por limpieza de maquina	14:00:00	14:15:00	00:15:00
12248967	6/12/2023	6/12/2023	por arancar otra maquina 6	09:00:00	09:45:00	00:45:00
12246641	4/12/2023	4/12/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	14:00:00	14:15:00	00:15:00
12245975	3/12/2023	3/12/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	01:00:00	01:05:00	00:05:00
12245475	2/12/2023	2/12/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	14:00:00	14:15:00	00:15:00
12245394	2/12/2023	2/12/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	06:00:00	06:15:00	00:15:00
12245495	1/12/2023	1/12/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	22:25:00	23:00:00	00:35:00
12244302	1/12/2023	1/12/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	05:00:00	05:15:00	00:15:00
12243417	29/11/2023	29/11/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	22:40:00	22:50:00	00:10:00
12242162	29/11/2023	29/11/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	14:10:00	14:25:00	00:15:00
12241675	29/11/2023	29/11/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	00:30:00	00:45:00	00:15:00
12242298	28/11/2023	28/11/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	22:40:00	22:55:00	00:15:00
12241979	28/11/2023	28/11/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	14:00:00	14:15:00	00:15:00
12240039	28/11/2023	28/11/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	00:30:00	00:50:00	00:20:00
12241299	27/11/2023	27/11/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	22:40:03	22:55:00	00:14:57
12239464	26/11/2023	26/11/2023	limpiesa para mantenimiento Maq:5	06:00:00	19:00:00	13:00:00
12238650	25/11/2023	25/11/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	06:45:00	06:55:00	00:10:00
12237733	25/11/2023	25/11/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	13:00:00	13:15:00	00:15:00
12237037	24/11/2023	24/11/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	06:35:00	06:55:00	00:20:00
12235865	23/11/2023	23/11/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	06:30:00	06:45:00	00:15:00
12235158	23/11/2023	23/11/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	13:00:00	13:20:00	00:20:00
12234642	22/11/2023	22/11/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	06:35:00	06:50:00	00:15:00
12234464	22/11/2023	22/11/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	22:00:00	22:15:00	00:15:00
12233996	22/11/2023	22/11/2023	por ir a despachar en la maquina #6	09:30:00	11:25:00	01:55:00
12233889	22/11/2023	22/11/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	13:00:00	13:20:00	00:20:00

12234421	21/11/2023	21/11/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	22:00:00	22:15:00	00:15:00
12233805	21/11/2023	21/11/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	13:00:00	13:30:00	00:30:00
12233219	21/11/2023	21/11/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	06:00:00	06:50:00	00:50:00
12231909	20/11/2023	20/11/2023	recojo de bolsas rechazados y limpieza	22:00:00	22:20:00	00:20:00
12229040	17/11/2023	17/11/2023	Habilitando para otro tipo de cemento	16:00:00	16:15:00	00:15:00
12227904	16/11/2023	16/11/2023	Habilitando para otro tipo de cemento	21:30:00	21:45:00	00:15:00
12224337	14/11/2023	14/11/2023	atoro de bolsas (radimat)	02:10:00	02:50:00	00:40:00
12223343	13/11/2023	13/11/2023	prueba de equipos mantenimiento semanal	07:00:00	09:00:00	02:00:00
12216618	8/11/2023	8/11/2023	por capacitacion en maquina 6	13:00:00	14:00:00	01:00:00
12214971	7/11/2023	7/11/2023	por rotura de envases.	04:30:00	05:00:00	00:30:00
12214015	6/11/2023	6/11/2023	atoro de bolsas en desviadora	09:00:00	09:25:00	00:25:00
12214011	6/11/2023	6/11/2023	falta de envases vacíos (radimat)	07:40:00	08:00:00	00:20:00
12209305	1/11/2023	1/11/2023	falla de valvula dosificadora silo 9	00:07:35	00:30:35	00:23:00
				TOTAL		45:22:31

Luego de la identificación de las fallas y cuantificación de los tiempos que estas demoraron en ser solucionadas, se procede a realizar la tabulación y el cálculo de indicadores que permitan hallar la confiabilidad.

Tabla 11. Cálculo de indicadores de confiabilidad inicial en ensacadora 05

Año	Mes	N.º de Fallas	Tiempo total de fallas	Horas programadas	Horas operativas	MTBF	R (%)
2023	Noviembre	30	26.32	630.00	603.68	20.1	70.60 %
2023	Diciembre	12	5.00	630.00	625.00	52.1	87.42 %
2024	Enero	14	6.54	630.00	623.46	44.5	85.44 %
PROMEDIO		18.67	12.62	630	617.38	38.9	81.15 %

Después del cálculo de los indicadores mostrados en la tabla, se procede al desarrollo gráfico para tener una comprensión más específica de los mismos.

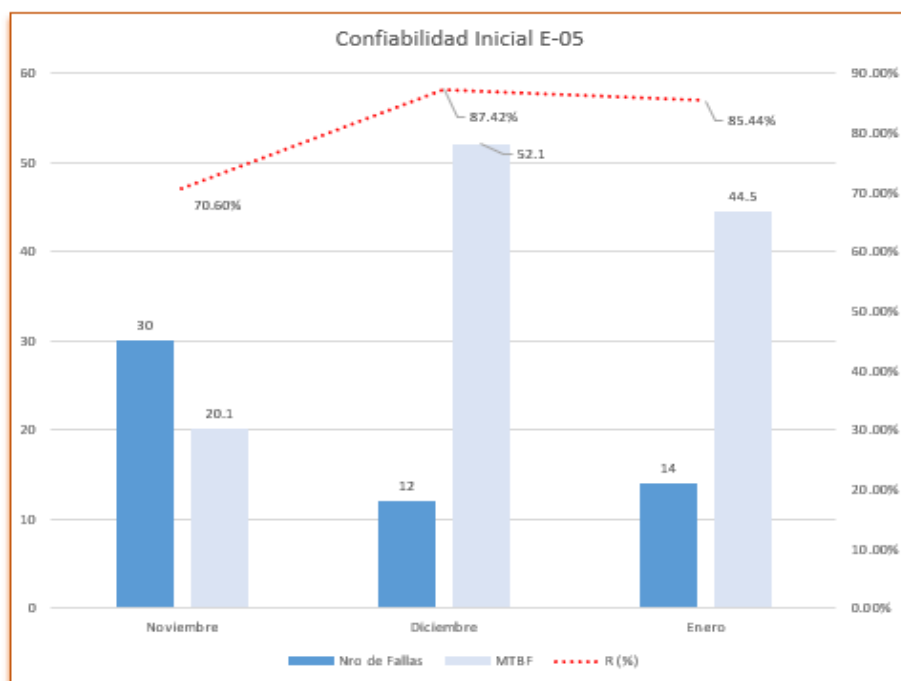


Figura 18. Indicadores pre propuesta de mantenimiento en ensacadora 05.

Como puede observarse en la figura, se evidencia una variación en los valores de la confiabilidad, con picos máximos en diciembre del 2023 y mínimos en noviembre del mismo año, lo cual coincide con los valores del número de fallas: mínimo en diciembre y máximo en noviembre.

Asimismo, se presentan ejemplos de causas de demora en el arranque de la máquina ensacadora 05.



Figura 19. Falla en ensacadora 05

20411207: limpieza y mantto de componente

- El mantenimiento se realizó en el tiempo programado.
- Se esperó la entrega del equipo por parte de los electricistas hasta las 15:00 horas, porque el operador no lo recepcionó.
- Se esperaron 20 minutos para la prueba de motores eléctricos, por parte de la empresa SISAC.
- Calibración de balanzas de maquina: 15 minutos.
- Se esperó regulación del aplicador: 30 minutos.
- Prueba en operación hasta las 18:00 horas; la maquina no presentó fallas.

20411211: mantenimiento de componentes

1035283: aplicador automático bolsas 70902.05TF

- El mantenimiento se realizó en el tiempo programado.
- Se esperó la entrega del equipo por parte de los electricistas hasta las 15:00 horas, porque el operador no lo recepcionó.
- Se esperaron 20 minutos para la prueba de motores eléctricos, por parte de la empresa SISAC.
- Calibración de balanzas de máquina: 15 minutos.
- Regulación y afinamiento del aplicador automático: 30 minutos.
- Prueba en operación hasta las 18:00 horas; el aplicador automático no presentó fallas.

4.1.1.2 Planteamiento de soluciones

Reconocimiento de partes de una ensacadora rotativa

Se presenta la ensacadora rotativa con una imagen gráfica y la composición de esta

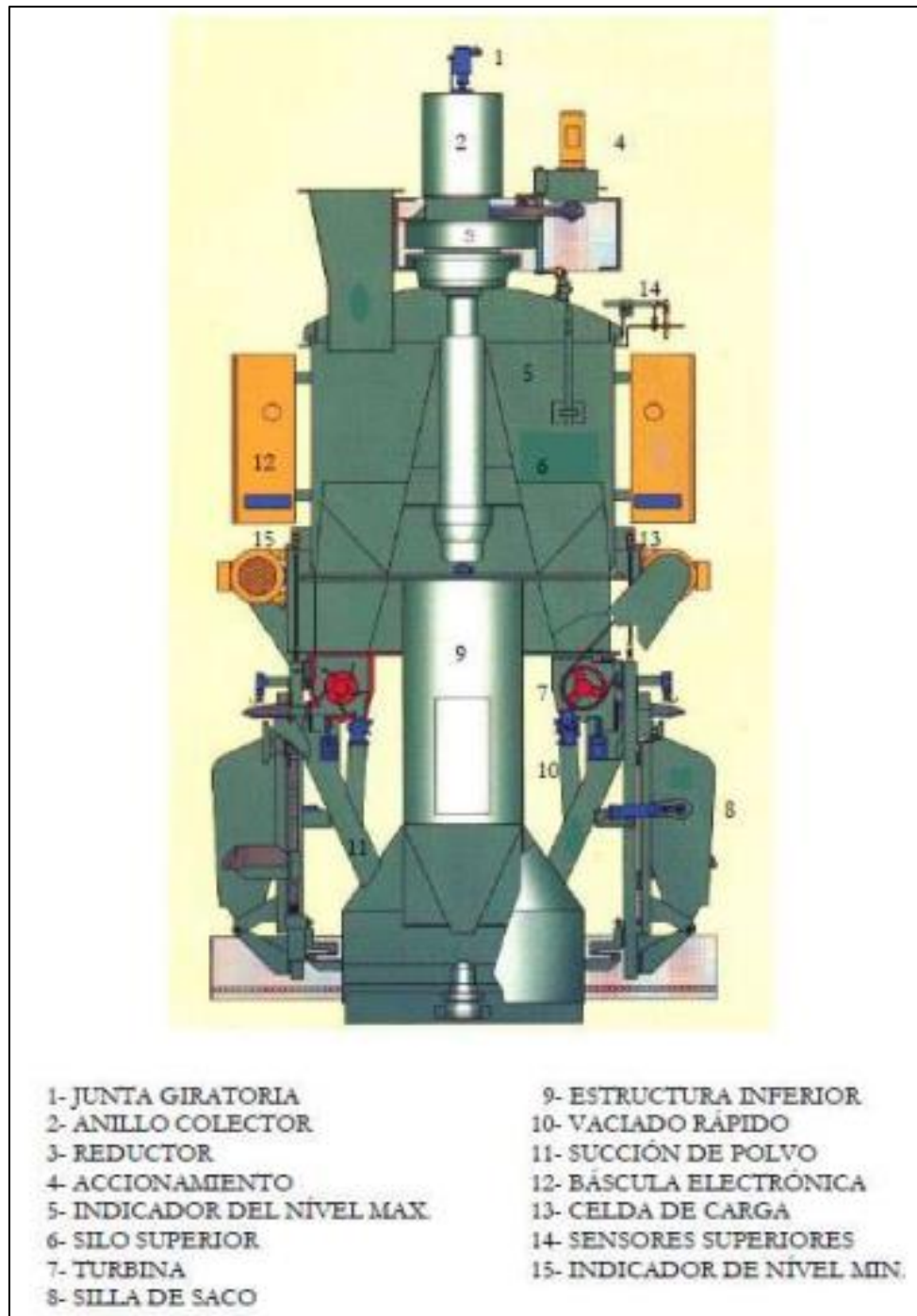


Figura 20. Partes de ensacadora rotativa

Ubicación de sensores inductivos de la parte superior y su función:

Estos sensores son los que controlan parte del funcionamiento de los componentes de la ensacadora, como aplicación manual, aplicación automática, punto de *reset* o tara, etc.



Figura 21. Ubicación se sensores inductivos

Plano neumático.

Para reconocer los componentes de cada accionamiento de la ensacadora y detectar las fallas, se muestra la Figura 23. En esta se pueden observar las válvulas, cilindros, accionadores, líneas, entre otros.

Trabajos de verificación en ensacadora rotativa

Verificar presión de aire y unidades de mantenimiento:

- El aire que alimenta la ensacadora Haver debe estar libre de sustancias extrañas como agua, aceite, etc., ya que estas causan el mal funcionamiento.
- El aire comprimido para la ensacadora Haver debe tener una presión constante de 6 bar para evitar variaciones en la velocidad de los componentes neumáticos.

Verificación y ajuste de flujo fino y flujo grueso, incluido pistón.

- Para facilitar el ajuste de los flujos en el momento del montaje del cilindro y de la horquilla, se recomienda que esta última sea montada con holgura para ajuste, y que todos los conjuntos sean de la misma medida. La distancia del centro del agujero de la horquilla hasta el centro de la chumacera intermedia deberá ser de 190 mm con el mango recogido, para evitar problemas de ajuste al montar la máquina.
- Si es necesario, el flujo podrá ser ajustado en la rosca de la horquilla (según la Figura 24).

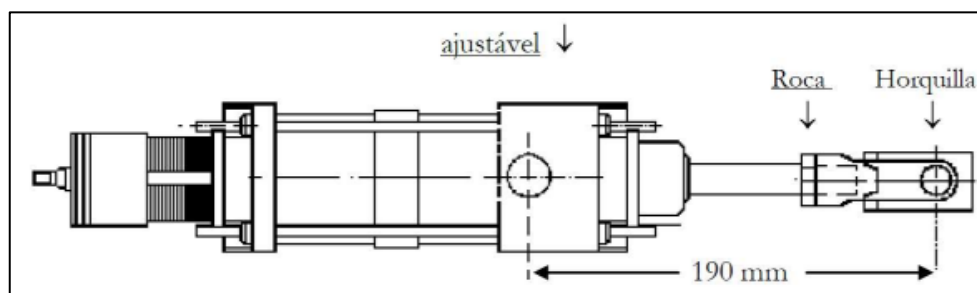


Figura 23. Partes del ajuste en cilindro de flujo

- Con el mango del cilindro totalmente hacia dentro, se debe obtener el 100 % de abertura (flujo grueso); con el mango totalmente extendido, se obtiene el cierre completo hacia delante. Se gira la tuerca en sentido horario o antihorario, luego se empuja el mango hacia dentro y se verifica si hay cerca del 30 % (treinta por ciento) de abertura o un valor superior, según el producto que se necesite ensacar.

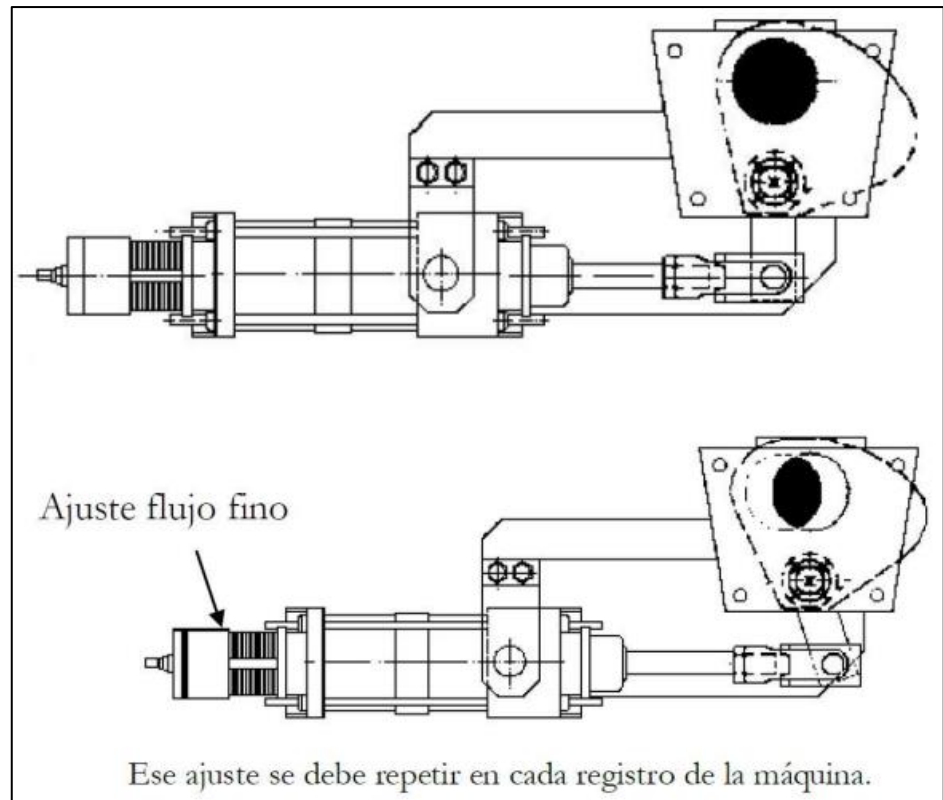


Figura 24. Partes del ajuste en cilindro para flujo fino

Verificación de detección de bolsas y goma de sujeción

- Con el cilindro sujetabolsa retirado, hay que ajustar la altura, alineación y centrado de los tornillos indicados en «A».
- La altura «D», indicada en la figura superior, corresponde a la distancia entre el sujetabolsa y la boquilla de relleno, y debe mantenerse en torno a los 22 mm.
- Después de ajustar la altura «D», se debe comprobar y/o ajustar la alineación y el agujero del centro de la goma con el orificio de la boquilla sujetadora, de modo que se tenga un paralelo entre las dos superficies juntas, como se muestra en la figura.

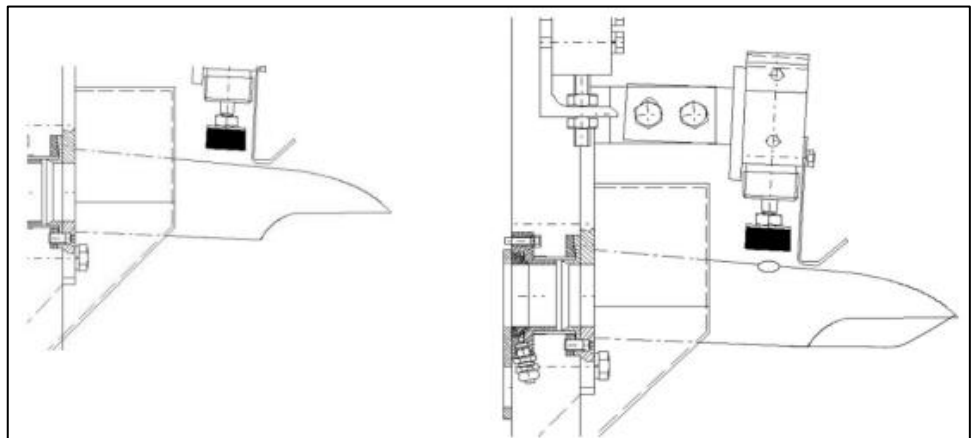


Figura 25. Sistema de detección de bolsas

Ajuste de fluidización de la turbina y boquilla:

- En las ensacadoras existen dos sistemas de fluidización: uno en la caja de llenado y otro en la boca.
- El ajuste de la fluidización debe realizarse con el producto y la ensacadora en operación, lo que permite equilibrar la mezcla del producto con el aire sin que el volumen resulte excesivo para el ensacado.
- El funcionamiento de la fluidización está conectado directamente al programa de la balanza, y los controles se realizan en función de la velocidad de llenado.

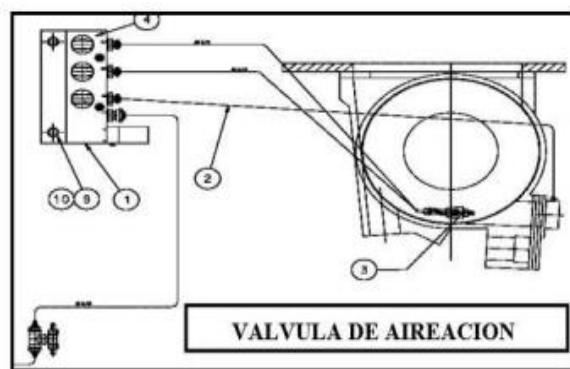


Figura 26. Ajuste de fluidización de la turbina

Verificación de accionamiento de motor de turbina con revisión de tensado de correas o fajas

- Es importante verificar el tensado correcto de correas o fajas para el accionamiento del motor de turbina.

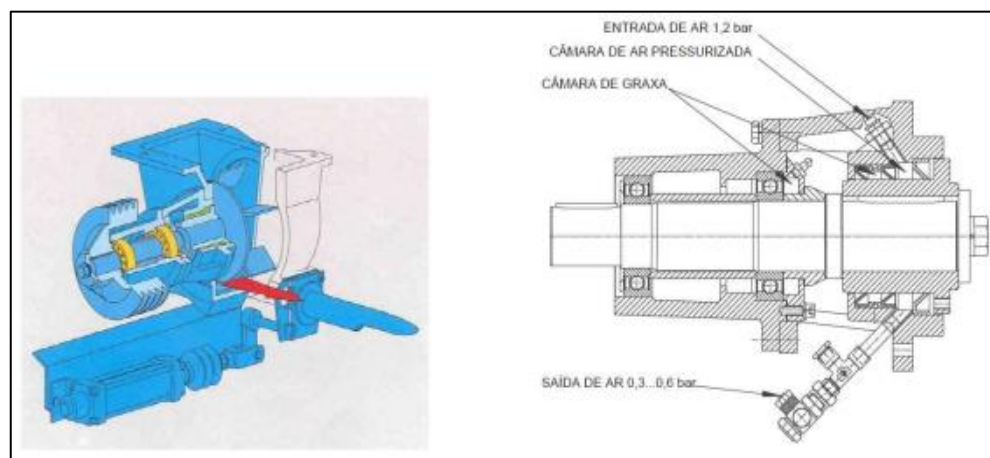


Figura 27. Verificación de accionamiento de motor

Verificación de accionamiento de válvula de descarga de silla

- El accionamiento de la válvula de descarga depende de las conexiones eléctricas y neumáticas, por lo que debe realizarse la inspección constante de los elementos que las componen.

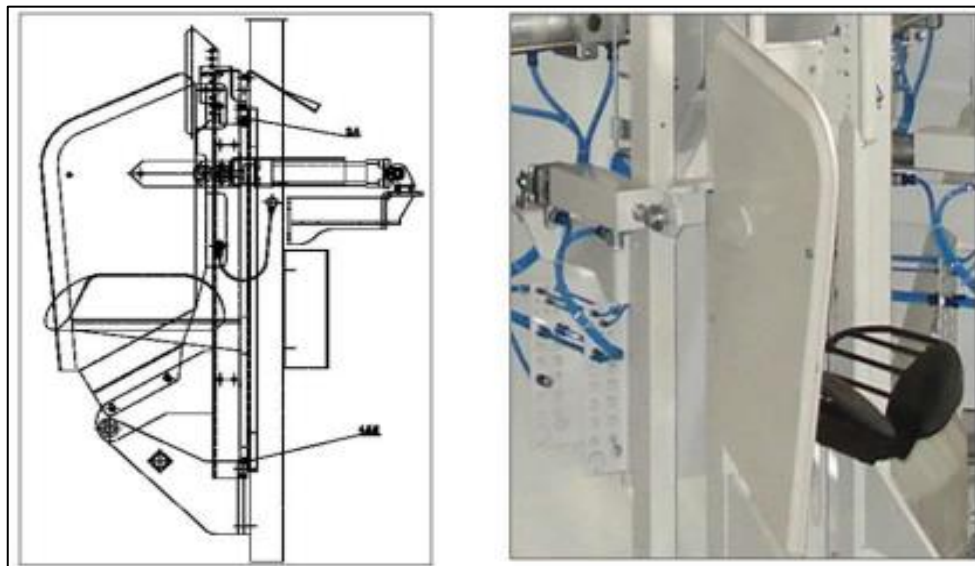


Figura 28. Verificación de válvula de descarga

Verificación de altura de silla y pico de bolsa

- Verificar que estén bien ubicados para la correcta recepción de bolsas desde el aplicador.

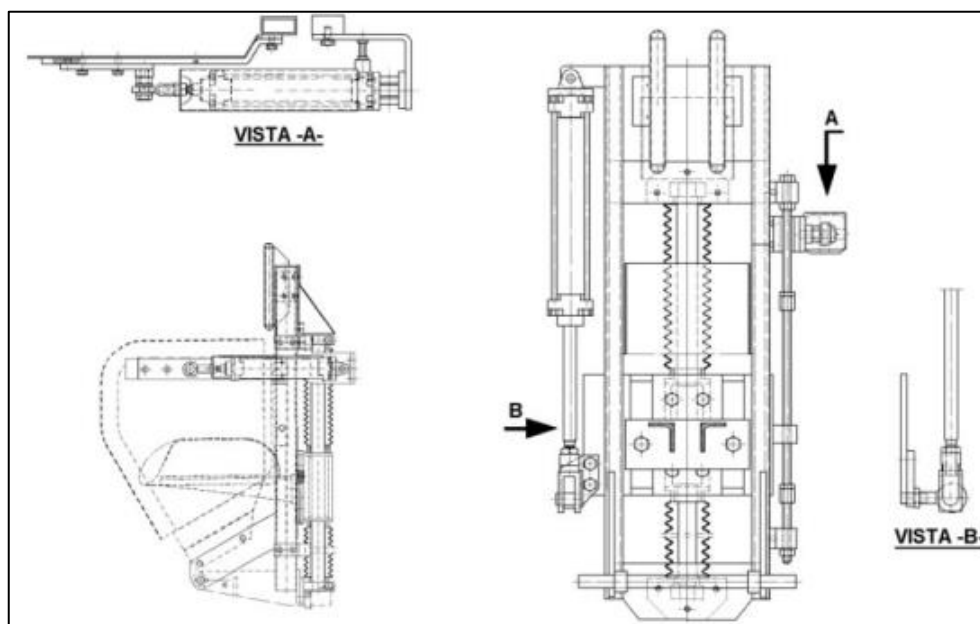


Figura 29. Verificación de altura de silla y pico de bolsa

Verificación ajuste celda de pesaje

- Verificar que los pernos y los flejes en la parte inferior estén bien ajustados y no trabados.
- Realizar un pequeño esfuerzo hacia abajo y hacia arriba para observar la variación y el retorno al punto inicial de indicación de peso en el panel del operador.

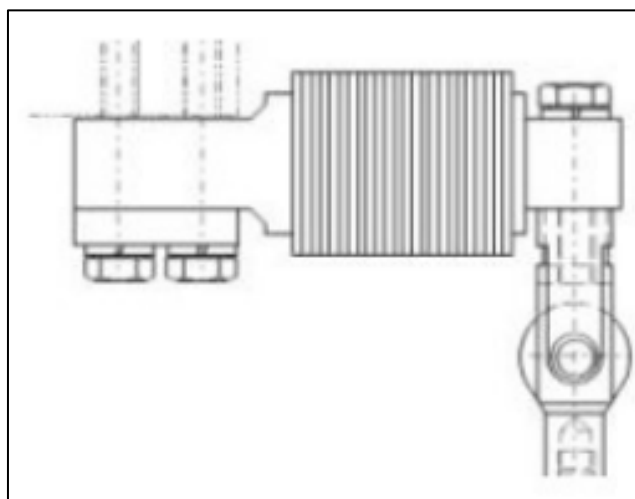


Figura 30. Verificación de ajuste de celda de pesaje

4.1.1.3 Programa de mantenimiento preventivo de la ensacadora mecánica

Se presenta la lista de inspecciones a realizarse mecánicamente en las máquinas ensacadoras, así como la periodicidad a la cual estarán sujetas.

Tabla 12. Tabla de ítems de inspección mecánica en ensacadoras

Periodicidad	ítems para inspeccionarse
Diaria	Realizar limpieza en lo respaldo de bolsa y partes de la ensacadora.
Semanal	Verificar desgastes, torsión y grietas en los muelles / contraguías, laterales del respaldo de bolsa y sella de bolsa.
Semanal	Verificar obstrucción del orificio de control de presencia de bolsa de la boquilla de llenado y goma de sujeta bolsa.
Quincenal	Verificar sistema de alimentación de la ensacadora (pérdida de producto y falta de producto).
Quincenal / Mensual	Realizar limpieza en las bocas de fluidización.
Mensual	Verificar la suavidad del funcionamiento del eje de llenado.
Mensual	Verificar el desgaste de los sellos del eje de llenado.
Mensual	Verificar altura de todas sellas de bolsa.
Mensual / Bimestral	Verificar la chumacera de la caja de transición.
Bimestral	Verificar el estiramiento y desgastes en las poleas en "V" de la turbina de llenado.
Bimestral	Verificar desgastes y limpieza de la boca de llenado.
Bimestral	Verificar el desgaste y huelgo entre la boca de llenado y lámina de corte de flujo grueso / fino.

Bimestral	Verificar el desgaste de las paletas de llenado.
Semestral	Verificar desgastes y estiramiento de las poleas en el accionamiento de la ensacadora.
Semestral	Verificar el estiramiento y descantes de las correas del accionamiento de la ensacadora.

Eléctrica/ Instrumentación

Se presenta la lista de inspecciones a realizarse eléctricamente en las máquinas ensacadoras, así como la periodicidad a la cual estarán sujetas.

Tabla 13. Tabla de ítems de inspección eléctrica en ensacadoras

Periodicidad	Ítems para inspeccionarse
Mensual / Quincenal	Verificar las condiciones de todas las botoneras manuales.
Mensual	Verificar y/o limpiar el interior del panel eléctrico de las boquillas (estación de llenado).
Mensual	Verificar y/o reapretar fijación de los módulos y componentes eléctricos del panel eléctrico de las boquillas (estación de llenado).
Mensual	Verificar funcionamiento y condiciones físicas del terminal de visualización y entrada de datos de las boquillas (estación de llenado).
Mensual	Reapretar bornes de alimentación (440 Vac) del panel eléctrico de las boquillas (estación de llenado).
Mensual	Verificar y/o limpiar y alinear escobas del anillo colector.
Mensual	Verificar motor de la turbina de llenado (ruido y ventilación).
Mensual	Verificar motor de giro de la ensacadora (ruido y ventilación).
Semestral / Anual	Verificar y actualizar parámetros de las boquillas (estación de llenado).

Lubricación

Se presenta la lista de inspecciones a realizarse en los puntos de lubricación de las máquinas ensacadoras, así como la periodicidad a la cual estarán sujetas.

Tabla 14. Tabla de ítems de lubricación en ensacadoras

Periodicidad	Ítems a inspeccionarse
Diaria	Realizar la lubricación de la turbina de llenado.
Semanal	Verificar el nivel, calidad del lubricante y escapes en la caja de transmisión.
Semestral / Anual	Realizar la sustitución del lubricante de la caja de transmisión (ver plan de lubricación).

Utilitarios

Se presenta la lista de inspecciones a realizarse en los utilitarios de las máquinas ensacadoras, así como la periodicidad a la cual estarán sujetas.

Tabla 15. Tabla de ítems de inspección utilitaria en ensacadoras

Periodicidad	Ítems a inspeccionarse
Diaria	Verificar presión de aire comprimido (ideal 6 bar) - Operación.
Diaria	Verificar punto de expulsión (caída de bolsa en la cinta extractora toda iguales).
Semanal	Realizar drenaje del filtro regulador de aire.
Semanal	Verificar el funcionamiento de las drenas automáticas de condensación.
Semanal	Verificar la regulación de los cilindros neumáticos de flujo.
Mensual	Verificar apriete de la fijación de los cilindros.
Mensual	Realizar limpieza en el cuerpo y recipiente del filtro regulador.
Mensual	Verificar el sellado y desgastes de los mangos de cilindros neumáticos.
Mensual	Verificar resequedad, daños, escapes y encajes de los elementos neumáticos.
Mensual	Verificar la condición de los filtros.
Mensual	Verificar la existencia de escapes en la alimentación de aire.
Mensual	Verificar escapes en las conexiones, líneas y válvulas.

Reparaciones

Para las primeras reparaciones de la ensacadora, se recomienda un seguimiento por parte del equipo técnico de Haver & Boecker, lo que posibilita una mejor familiarización con la máquina por parte del equipo de mantenimiento del cliente.

Según un orden rutinario, solamente cuando hay petición del cliente, se designan técnicos de la H&B para los trabajos de reparación. En caso de que el mantenimiento sea realizado por el equipo de la fábrica, se deben observar las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda mantener existencias de todos los repuestos que presentan mayor desgaste o aquellos cuya reposición no sea inmediata. Por regla general, se sabe que las interrupciones de producción son más costosas que los gastos por reposición.
- Si durante el desmontaje para mantenimiento los tornillos no permiten el montaje, se deben cambiar por otros de la misma calidad.
- Cuando se realicen trabajos de mantenimiento, se debe desconectar la alimentación de energía y asegurarse contra la reconexión.

Frecuencia de reemplazo de repuestos

Tabla 16. Plan de mantenimiento de máquinas ensacadoras parte 01

[illegible]

Tabla 17. Plan de mantenimiento de máquinas ensacadoras parte 02

Plan de mantenimiento de Maquinas Ensacadoras								L = Lubricación
								R = Revisión, reajuste y limpieza
								C = Cambio
Cuadro basculante								
Pos	Cant	N° de pieza	Denominación	Frec. Cambio	Frec. Mantto	F. Inicio		
14	10	4510	TERM. RÓTULA INTERIOR DERECHO	6 Meses	2 Meses	16/01/2024	Tec. Mecánico	C C - - - - - R - - - - - R - - - - - C - - - - - R - - - - - R - - - - - C - -
Sistema de fluidización para caja de llenado								
Pos	Cant	N° de pieza	Denominación	Frec. Cambio	Frec. Mantto	F. Inicio		
2	1	2948	TUBO PLÁSTICO	1 Año	6 Meses	16/01/2024	Tec Mecánico y eléctrico	C C - R - - - - - - - - - - - - - - - - - R - -
3	20	2550396	PICO INYECTOR CON UNA SALIDA	4 Meses	1 Semana	16/01/2024	Tec Mecánico y eléctrico	C C R R R R R R R R R R R R R R R R C R C R R
4	10	1550695	REGULADOR DE FLUJO	1 Año	1 Semana	16/01/2024	Tec Mecánico y eléctrico	C C R
Esquema neumatico general								
Pos	Cant	N° de pieza	Denominación	Frec. Cambio	Frec. Mantto	F. Inicio		
2	40	2905	VÁLVULA DIRECCIONAL 5/2	1 Año	3 Meses	16/01/2024	Tec Mecánico y eléctrico	C C - - - - - - - - - - - R - - - - - - - - - - - R - - - - - - - - - - - R - - - - - - - - - - - R - -
16	1	2948	TUBO PLÁSTICO PU-3	1 Año	6 Meses	16/01/2024	Tec Mecánico y eléctrico	C C - R - - - - - - - - - - - - - - - - - - R - -
17	1	2946	TUBO PLÁSTICO PKN C/ POLIÉSTER	1 Año	6 Meses	16/01/2024	Tec Mecánico y eléctrico	C C - R - - - - - - - - - - - - - - - - - - R - -
18	1	2949	TUBO PLÁSTICO PU	1 Año	6 Meses	16/01/2024	Tec Mecánico y eléctrico	C C - R - - - - - - - - - - - - - - - - - R - -
kit neumatico de la maquina								
Pos	Cant	N° de pieza	Denominación	Frec. Cambio	Frec. Mantto	F. Inicio		
3	10	10241	CILINDRO NEUMÁTICO DPNG 63-60-30	4 Meses	2 Semanas	16/01/2024	Tec. Mecánico	C C - - R - R - R - R - R - R - R - R - R - C - R - R - R - R - R - R - R - R - R - C - R - R - R - R
4	10	10583	CILINDRO NEUMÁTICO DNC 32-15	1 Año	1 Mes	16/01/2024	Tec. Mecánico	C C - - - - R - - - - R - - - - R - - - - R - - - - R - - - - R - - - - R - - - - R - - - - R - -
5	10	2870	CILINDRO NEUMÁTICO DNG 40-125	1 Año	1 Mes	16/01/2024	Tec. Mecánico	C C - - - - R - - - - R - - - - R - - - - R - - - - R - - - - R - - - - R - - - - R - - - - R - -
Esquema neumatico para partida automática								
Pos	Cant	N° de pieza	Denominación	Frec. Cambio	Frec. Mantto	F. Inicio		
9	10	5451	VÁLVULA DE RETENCIÓN	1 Año	3 Meses	16/01/2024	Tec. Mecánico	C C - - - - - - - - - - - R - - - - - - - - - - - R - - - - - - - - - - - R - - - - - - - - - - - R - -
11	10	2918	VÁLVULA REGULADORA DE FLUJO	1 Año	3 Meses	16/01/2024	Tec. Mecánico	C C - - - - - - - - - - - R - - - - - - - - - - - R - - - - - - - - - - - R - - - - - - - - - - - R - -
Fijación de mangote								
Pos	Cant	N° de pieza	Denominación	Frec. Cambio	Frec. Mantto	F. Inicio		
2	10	563228	MANGUITO DE GOMA 50 SHORE	4 Meses	1 Mes	16/01/2024	Tec. Mecánico	C C - - R - R - R - R - R - R - R - R - R - C - R - R - R - R - R - R - R - R - R - C - R - R - R - R
3	10	4627	ABRAZADERA	1 Año	1 Mes	16/01/2024		C C - - - - R - - - - R - - - - R - - - - R - - - - R - - - - R - - - - R - - - - R - - - - R - -

Identificación y codificación de partes de las ensacadoras

Utilizando los componentes de la máquina ensacadora, los cuales fueron divididos en grandes conjuntos, y con el apoyo del área de Logística, se logró identificar y codificar partes esenciales, como se muestra en las siguientes imágenes y tablas.

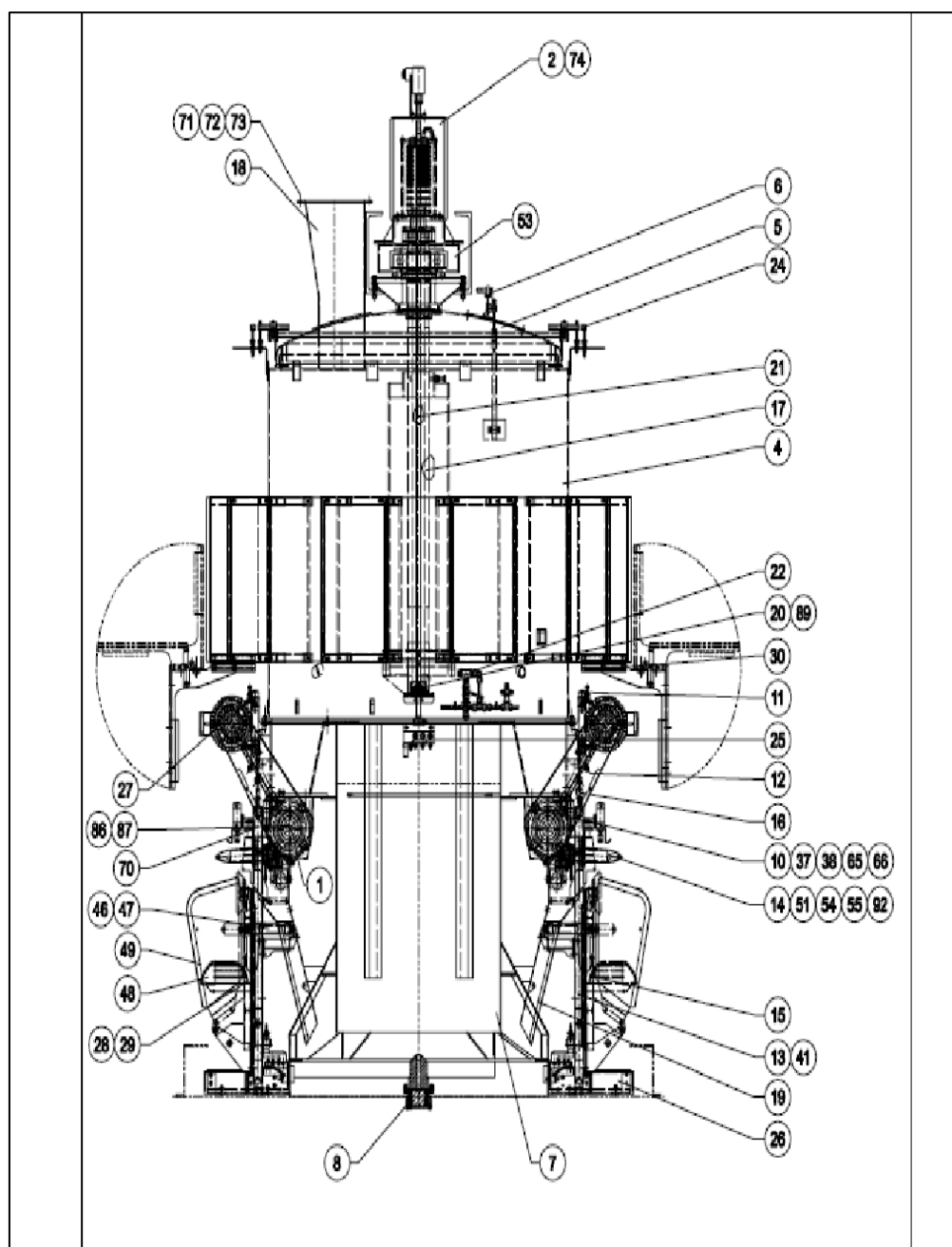


Figura 31. Imagen de reconocimiento de partes de ensacadora parte 1

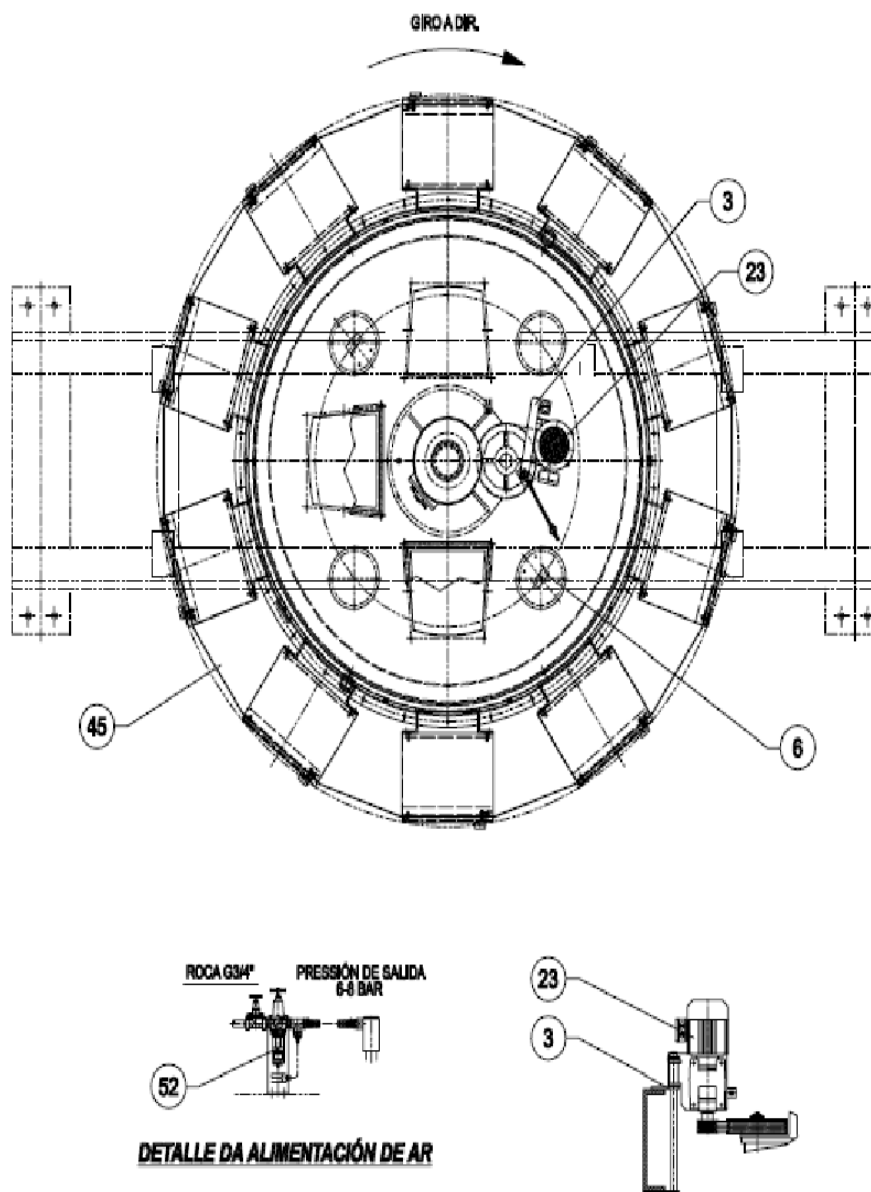


Figura 32. Imagen de reconocimiento de partes de ensacadora parte 2

Tabla 18. Relación de partes de máquinas ensacadoras parte 01

DIS. N°:		220316/0F cgm		CONJUNTO GENERAL
Pos.	Cant. Equip.	Código manual	Código SAP (para solicitud)	Denominación
2	1	2550611	30007576	ACCIONAMIENTO COMPLETO
3	1	2550642	30007591	CONJUNTO MOTRIZ
4	1	2551203	30007548	SILO PARA ENSACADORA
4.2	3	563719	30004594	ESCOBA
5	1	2551208	30011326	TAPA COMPLETA
6	1	551047	30012385	INDICADOR DE NIVEL MÁXIMO
7	1	2551214	30007651	ARMAZÓN P/ ESTACIÓN DE LLENADO

8	1	550998	30018352	COJINETE INFERIOR
10	10	1553598	30022427	CAJA DE LLENADO COMPLETO
11	10	1553657	30007780	FIJACIÓN DEL MOTOR TURBINA
12	10	512515	30012767	CAJA DE PROTECCIÓN COMPLETA
13	10	1553642	30007695	CADERA P/ BOLSAS
14	10	1550947	30022541	PICO DE LLENADO
15	10	1553700	30007668	SILLA BASCULANTE C/ AJUSTE MANUAL
16	10	1553630	30011841	SUSPENSIÓN P/ CÉLULA DE CARGA
17	1	2550691	30022535	EJE P/ ACCIONAMIENTO
18	1	550993	30012182	ENTRADA DE MATERIAL
18.6	1	304047	30020879	GUARNICIÓN CUADRADA GOMA ESPON.
19	10	1553669	30011287	CONDUCTOR DE MATERIAL RETORNO
20	1	303649	30042903	PLACA DE IDENTIFICACIÓN
21	1	1553629	30011818	TUBOS DE ENTRADA DE AIRE
22	1	1552844	30011793	DISTRIBUIDOR DE AIRE COMPLETO
23	1	28278	30037756	MOTOREDUCTOR ENGREN. HELICOIDAL
24	1	1550758	30011226	CONJ. MECÁNICO DE COMANDO S/
25	10	1551441	30012240	SISTEMA DE FLUIDIZACIÓN P/ CAJA DE LLENADO
26	1	2551220	30007652	ANILLO EXTERIOR
27	10	28237	30036683	MOTOR ELÉCTRICO
28	10	1553334	30017013	SUPORTE P/ CONEXIÓN DE PASAJE
29	10	1552658	30017201	SUPORTE P/ CONEXIÓN DE PASAJE
30	10	540718	30016765	TRILLO P/ SOPORTE ESCAMOTEABLE
37	10	302750	30036317	POLEA 4 CANALES P/ PERFIL SPA
38	40	9394	30034522	CORREA EM V PERFIL SPA
41	10	1553640	30011403	FIJACIÓN P/ RESORTE CONTRA-GUÍA
45	1	2551223	30012055	PLACAS DE CERRAMIENTO DE LOS PANELES
46	10	578125	30009184	KIT NEUMÁTICO DEL PANEL
46.1	1	1553713	30060879	ESQUEMA NEUMÁTICO GERAL
46.2	1	540459	30021401	ESQUEMA NEUM. PARTIDA AUTOMÁT.
47	10	578101	30009176	KIT NEUMÁTICO DE LA MÁQUINA
48	10	1552687	30011678	SILLA P/ BOLSAS C/ BARRAS
49	10	2550998	30011573	CHAPA DE ESPALDAR P/ BOLSAS
51	10	2550550	30011335	FIJACIÓN DEL MANGOTE
52	1	553640	30011789	ALIMENTACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO
54	10	302959	30020570	GUARNICIÓN P/ PICO DE LLENADO
55	10	1552529	30022868	PLACA P/ PICO DE LLENADO
64	10	540374	30021402	LISTA DE PIEZAS MECÁNIC. P/ PARTIDA
65	5	540480	30021422	ESQ. NEUM. HERMETIZANTE DE LA TURBINA A AIRE
66	1	540481	30021406	MONTAJE MANÓMETRO REGULADOR
70	10	1553655	30011943	TRABA DE TRANSPORTE P/ SILLA
71	16	75	30028117	TORNILLO M12 x 50
72	16	755	30029637	TUERCA SEXT. M12
73	64	895	30030178	ARANDELA DE PRESIÓN B 6
74	1	302244	30031586	ABRAZADERA
86	10	550006	30030555	ARANDELA FINAL 4.25 X 13 X 50
87	10	69	30028111	TORNILLO M12 x 25
89	4	2845	30031131	ROBLÓN TIPO POP TAD 485 S
92	30	424	30028910	TORNILLO CAB. CIL. M8 x 16
--	1	7737	30040075	PRESSOSTATO

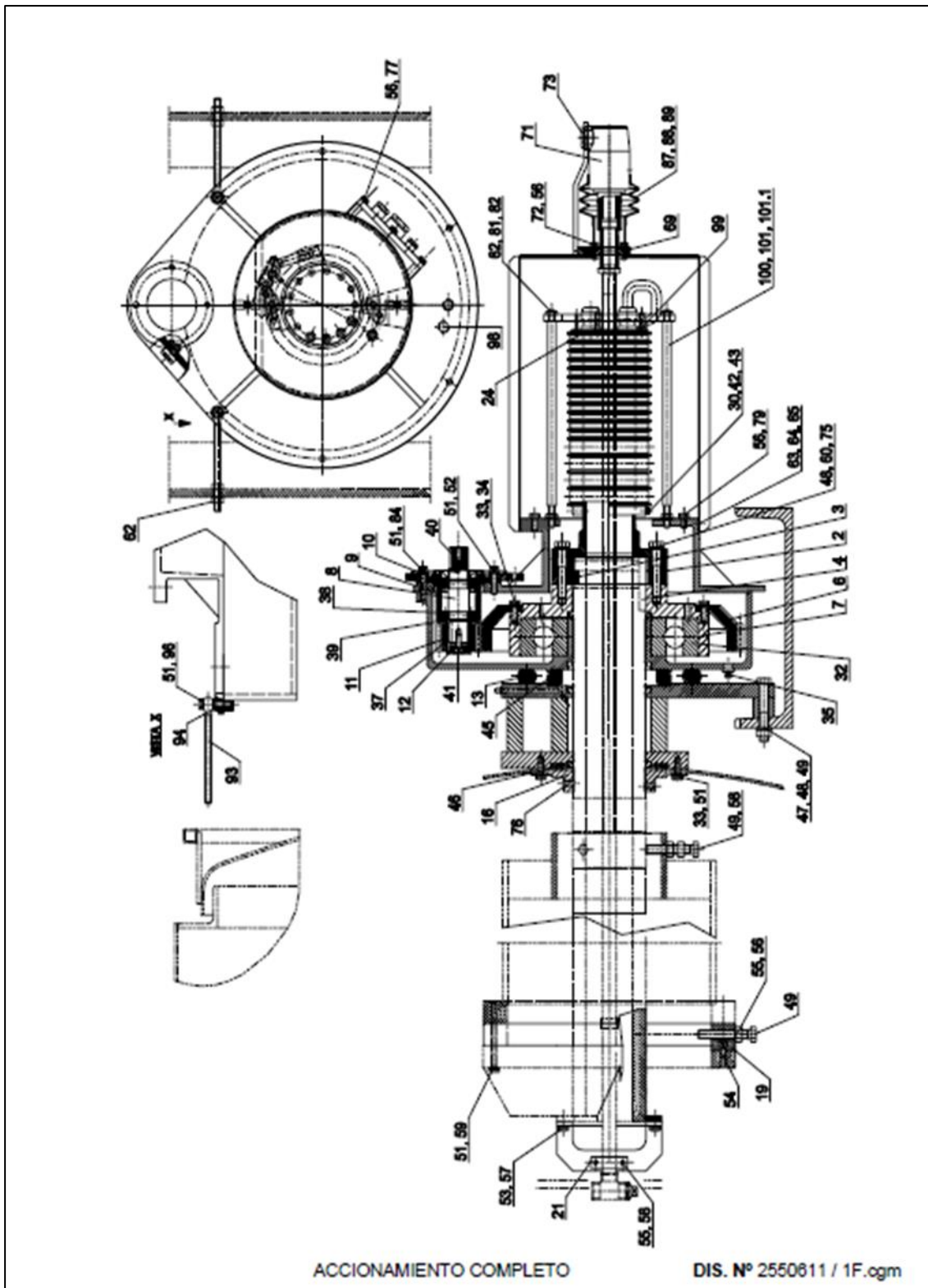


Figura 33. Imagen de reconocimiento de partes de ensacadora parte 3

Tabla 19. Relación de partes de máquinas ensacadoras parte 02

DIS. N°:		2550611/1F.cgm		ACCIONAMIENTO COMPLETO
Pos.	Cant. Equip.	Código manual	Código SAP (para solicitud)	Denominación
2	1	550032	30025749	ANILLO Ø 220 x 135 x 50
3	1	550030	30025802	ANILLO DE UNIÓN 150/116 x 24
4	1	550498	30031353	CHAVETA
6	1	301033	30036188	ENGRANAJE DP = 500 Z = 100
7	1	551050	30025804	CARCASA COJINETE
8	1	1553085	30025805	EJE
9	1	554843	30016073	CARCASA COJINETE
10	1	550000	30032827	CASQUILLO Ø35/40 x 20.5
11	1	300999	30036180	ENGRANAJE DP = 75 Z = 15
12	1	550001	30032859	CASQUILLO Ø35/45 x 16 C/ REBAJO
13	1	550069	30033705	ANILLO DE BORRACHA ESPONJOSA
16	1	550077	30023869	ANILLO LABERINTO 135/220 x 48
19	2	550497	30025807	CHAVETA
21	1	551032	30025808	ABRAZADERA P/ TUBO
24	1	1550964	30025810	DISCO AISLADOR
30	2	752	30029661	TUERCA M6
32	1	4152	30031838	RODAMIENTO DE ESFERAS
33	14	44	30028114	TORNILLO M10 x 25
34	8	919	30030183	ARANDELA DE PRESIÓN A 10
35	1	8280	30041576	TAPÓN
37	1	6910	30031356	CHAVETA
38	2	1472	30031850	RODAMIENTO RÍGIDO DE ESFERAS
39	1	999	30030305	ANILLO DE SEGURIDAD
40	1	2731	30033894	RETENTOR
41	1	240	30028836	TORNILLO CAB. CIL. M10 x 25
42	2	4551	30029418	TORNILLO SEM CAB. M 6 x 30
43	2	917	30030182	ARANDELA DE PRESIÓN A 6
45	1	3200	30033663	ANILLO DE APOYO P/ RODAMIENTO
46	3	2776	30033895	RETENTOR
47	8	113	30028258	TORNILLO M16 x 100
48	14	899	30030168	ARANDELA DE PRESIÓN B 16
49	12	757	30029642	TUERCA M16
51	18	897	30030171	ARANDELA DE PRESIÓN B 10
52	3	243	30028875	TORNILLO CAB. CIL. M10 x 40
53	2	843	30029978	ARANDELA 10
54	2	239	30028864	TORNILLO CAB. CIL. M10 x 20
55	2	27	30028142	TORNILLO M8 x 35
56	10	896	30030170	ARANDELA DE PRESIÓN B 8
57	2	43	30028115	TORNILLO M10 x 20
58	3	114	30028154	TORNILLO M16 x 100
59	3	62	30028259	TORNILLO M10 x 120
60	6	845	30029975	ARANDELA 16
62	8	738	30029663	TUERCA M12
63	3	10	30028144	TORNILLO M6 x 12

64	6	895	30030178	ARANDELA DE PRESIÓN B 6
65	3	852	30029998	ARANDELA
69	1	2721	30033899	RETENTOR
71	1	26249	30038576	JUNTA ROTATIVA
72	4	25	30028151	TORNILLO M8 x 25
73	1	3285	30042985	CASQUILLO GALVANIZADO DE REDUCCIÓN
75	6	110	30028129	TORNILLO M16 x 90
76	3	358	30029419	TORNILLO SIN CAB. M10 x 40
77	2	12	30028156	TORNILLO M6 x 20
79	2	42	30028190	TORNILLO M10 x 16
81	4	844	30029977	ARANDELA 12
82	2	898	30030169	ARANDELA DE PRESIÓN B 12
84	4	9212	30028876	TORNILLO CAB. CIL. M10 x 50
87	1	305513	30033491	PROTECTOR Ø60/78 x 90
88	1	1172	30031578	ABRAZADERA 57 x 76
89	1	3850	30031572	ABRAZADERA 64 x 83
93	2	9213	30031212	TORNILLO C/ OJO M12 x 180
94	2	7686	30029646	TUERCA M12
96	2	50	30028189	TORNILLO M10 x 55
98	1	3273	30042986	TAPÓN GALVANIZADO
99	1	5628	30051830	ANILLO COLECTOR
100	2	5629	30027876	PINO AISLADOR
101	16	4062	30027815	PUERTA ESCOBAS
101.1	2	930035	30027816	ESCOVA (CARBÓN)

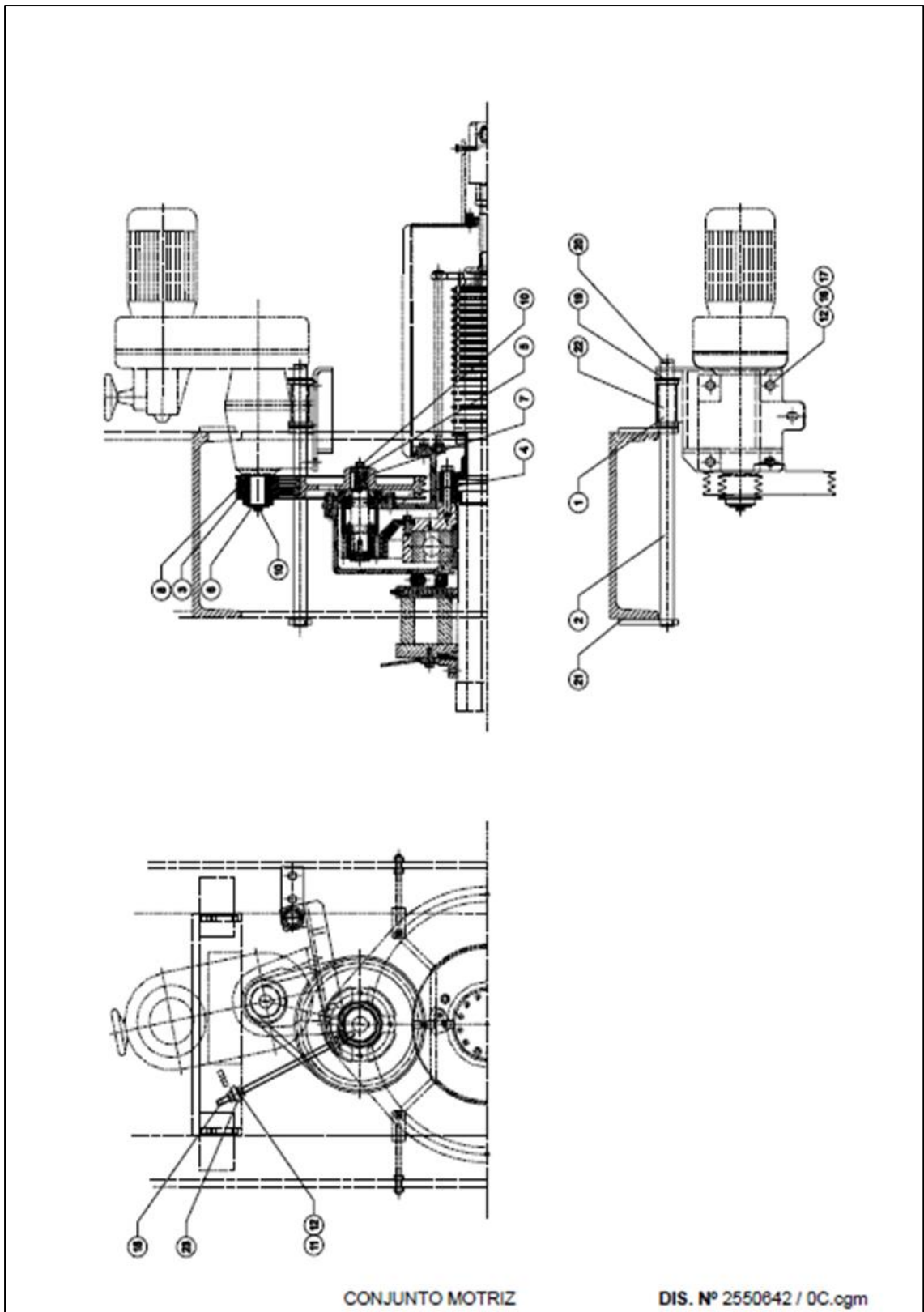


Figura 34. Imagen de reconocimiento de partes de ensacadora parte 4

Tabla 20. Relación de partes de máquinas ensacadoras parte 03

DIS. N°:		2550642/0C.cgm		CONJUNTO MOTRIZ
Pos.	Cant. Equip.	Código manual	Código SAP (para solicitud)	Denominación
1	1	2550641	30060470	CONSOLE
2	1	550986	30060471	SOPORTE C/ PINO
3	1	300720	30036267	POLEA 3 CANALES PARA PERFIL SPA
4	1	300754	30036275	POLEA 3 CANALES PARA PERFIL SPA
5	1	550017	30030449	ARANDELA Ø11/45
6	1	550511	30030556	ARANDELA Ø11/50
7	1	6910	30031356	CHAVETA 10 x 8 x 36
8	3	1902	30034499	CORREA EN V PERFIL SPA
10	2	45	30028120	TORNILLO M10 x 30
11	3	844	30029977	ARANDELA 12
12	8	755	30029637	TUERCA M12
16	4	898	30030169	ARANDELA DE PRESIÓN B 12
17	4	73	30028127	TORNILLO M12 x 45
18	1	4536	30030998	PINO ROSCADO M12 x 350
19	5	848	30029996	ARANDELA 27
20	1	1078	30030708	CUPILHA 4 x 40
22	1	540095	30032913	CASQUILLO

4.1.1.4 Medición de confiabilidad después de aplicarse la mejora

Ensacadora 03.

Después de aplicar las actividades de mantenimiento contempladas en la propuesta del plan de mantenimiento, entre los meses de febrero y marzo, se observaron mejoras en los indicadores, las cuales se presentan en la Tabla 21.

Tabla 21. Cálculo de indicadores de confiabilidad final en ensacadora 03

Año	Mes	N.º de Fallas	Tiempo total de fallas	Horas programadas	Horas operativas	MTBF	R (%)
2024	Febrero	8	6.01	630.00	623.99	78.0	91.42 %
2024	Marzo	6	3.19	630.00	626.81	104.5	93.52 %
PROMEDIO		7	4.6	630	625.4	91.23	92 %

Luego de la tabulación y el cálculo de los indicadores mostrados, se procedió a elaborar el gráfico que ofrece una perspectiva visual de la evolución de dichos indicadores durante el periodo de análisis señalado.

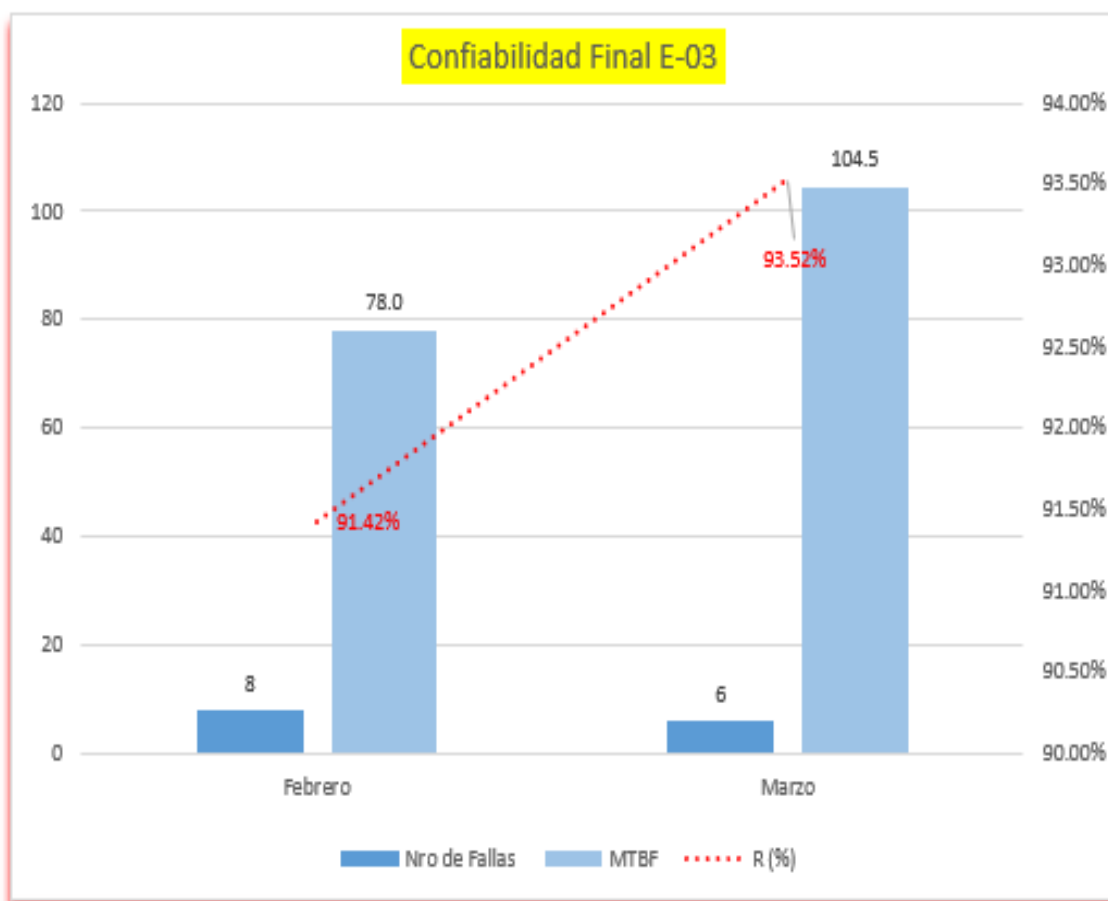


Figura 35. Indicadores post propuesta de mantenimiento en ensacadora 03

Se puede observar que la confiabilidad se incrementó, ya que en febrero se registró un 91.42 % y en marzo aumentó a 93.52 %. Asimismo, se evidencia una disminución en el número de fallas presentadas

Ensacadora 04

Después de aplicar las actividades de mantenimiento consideradas dentro de la propuesta de plan de mantenimiento entre los meses de febrero y marzo, se hallaron mejoras en los indicadores los cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 22. Cálculo de indicadores de confiabilidad final en ensacadora 04

Año	Mes	N.º de Fallas	Tiempo total de fallas	Horas programadas	Horas operativas	MTBF	R (%)
2024	Febrero	10	10.47	630.00	619.53	62.0	89.32 %
2024	Marzo	6	7.35	630.00	622.65	103.8	93.47 %
PROMEDIO		8	8.91	630	621.09	82.86	91.40 %

Luego de la tabulación y cálculo de los indicadores mostrados, se procedió a elaborar el gráfico que brinda una perspectiva visual de la evolución de los indicadores en el período de análisis indicado.

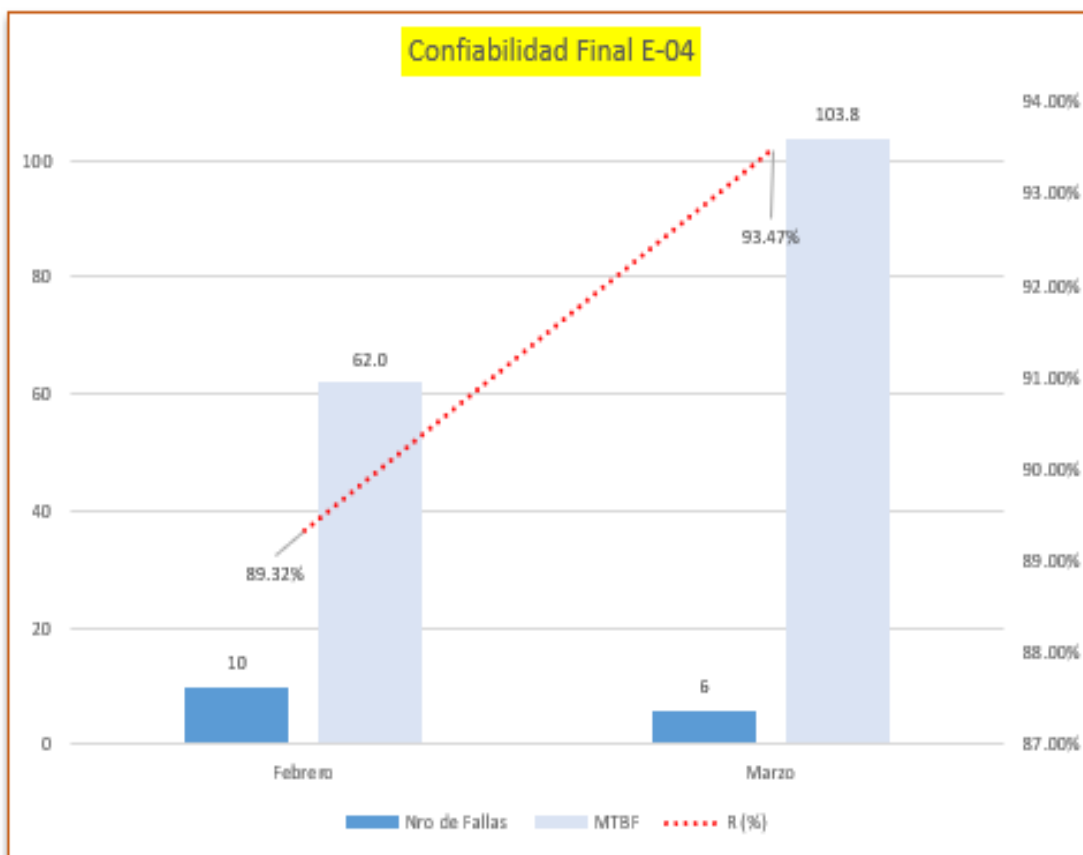


Figura 36. Indicadores post propuesta de mantenimiento en ensacadora 04

Se puede observar que la confiabilidad se incrementó, ya que en febrero se tenía un 89.32 % y en marzo aumentó a 93.47 %. Asimismo, se evidencia una disminución en el número de fallas presentadas.

Ensacadora 05

Después de aplicar las actividades de mantenimiento consideradas dentro de la propuesta del plan de mantenimiento entre los meses de febrero y marzo, se observaron mejoras en los indicadores, los cuales se presentan en la Tabla 23.

Tabla 23. Cálculo de indicadores de confiabilidad final en ensacadora 05

Año	Mes	N.º de Fallas	Tiempo total de fallas	Horas programadas	Horas operativas	MTBF	R (%)
2024	Febrero	5	4.20	630.00	625.80	125.2	94.56%
2024	Marzo	4	2.34	630.00	627.66	156.9	95.63%
PROMEDIO		4.5	3.27	630	626.73	141.0	95.10%

Luego de la tabulación y cálculo de los indicadores mostrados, se procedió a elaborar el gráfico que brinda una perspectiva visual de la evolución de los indicadores en el período de análisis indicado.

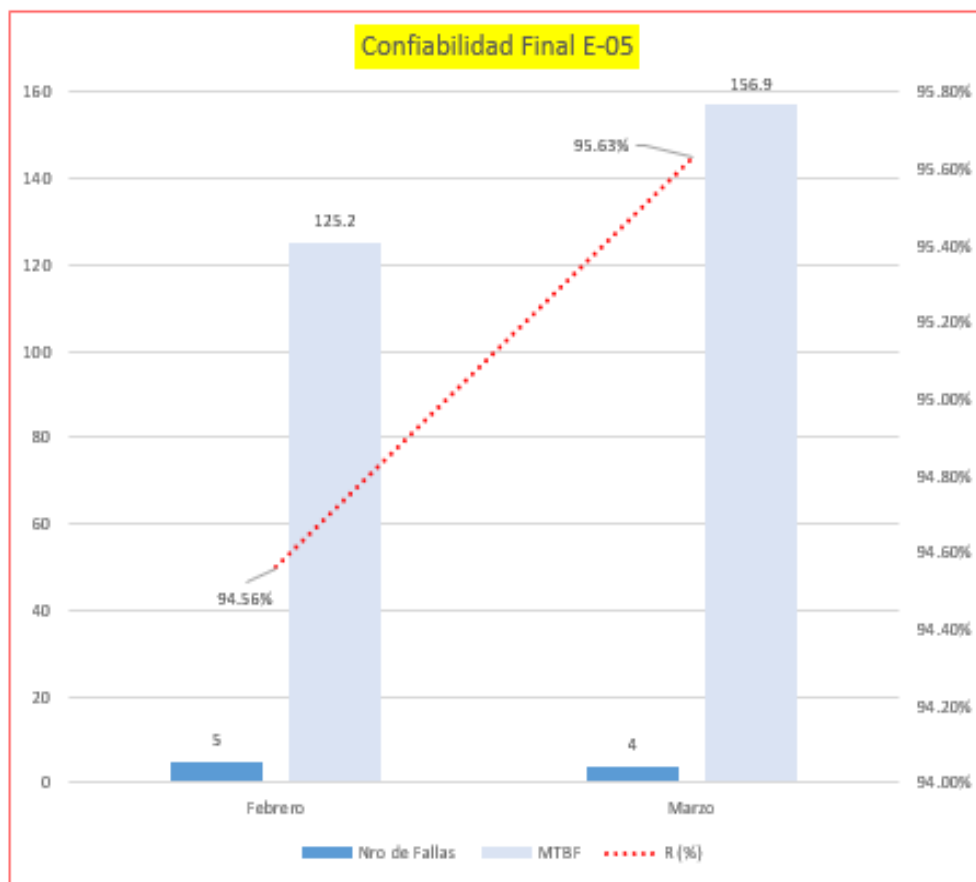


Figura 37. Indicadores post propuesta de mantenimiento en ensacadora 05

Se puede observar que la confiabilidad se incrementó, ya que en febrero se tenía un 94.56 % y en marzo aumentó a 95.63 %. Asimismo, se evidencia una disminución en el número de fallas presentadas.

4.1.1.5 Cálculo del Coeficiente de Correlación de Pearson

Utilizando la ec. 03, con los valores de número de fallas, tiempo de fallas y confiabilidad de la Tabla 24, que se muestra a continuación, se determina la relación entre variables.

Tabla 24. Cálculo del Coeficiente de Correlación de Pearson

Máquina	Antes del plan de mantto			Después del plan de mantto		
	xi	yi		xi	yi	
	Nro Fallas	Tiempo Fallas (h)	R (%)	Nro Fallas	Tiempo Fallas (h)	R (%)
Ensacadora 03	5.3	5.3	94.21	7	4.6	92
Ensacadora 04	20	12.94	79.93	8	8.91	91.4
Ensacadora 05	18.67	12.62	81.15	4.5	3.27	95.1
	14.66	10.29	85.10	6.50	5.59	92.83
	$\bar{x}$	$\bar{y}$		$\bar{x}$	$\bar{y}$	

Correlaciones calculadas:

Antes del mantenimiento:

- Correlación entre número de fallas y R %: -1.00 (relación negativa perfecta).
- Correlación entre tiempo de fallas y R %: -1.00 (relación negativa perfecta).

Después del mantenimiento:

- Correlación entre número de fallas y R %: -0.99 (relación negativa muy fuerte).
- Correlación entre tiempo de fallas y R %: -0.79 (relación negativa fuerte).

Observaciones:

- En ambos casos, antes y después del mantenimiento, existe una relación negativa significativa entre las variables (número y tiempo de fallas) y la confiabilidad (R %).
- No obstante, tras la aplicación del plan de mantenimiento, las correlaciones presentan ligeras variaciones debido a los cambios en los valores, especialmente en el tiempo de fallas, donde la relación negativa se redujo a -0.79 .

4.2. Discusión de Resultados

Según los resultados obtenidos, se logró una mejora en la confiabilidad de los equipos analizados, tal como puede observarse en los gráficos posteriores a la aplicación de la mejora. Esto se consiguió mediante el desarrollo de actividades y tareas de mantenimiento cuya aplicación fue paulatina. Así, las confiabilidades antes de la implementación de las mejoras fueron de 94.21 % para la ensacadora 03, 79.93 % para la ensacadora 04 y 81.15 % para la ensacadora 05. Luego de la aplicación de las mejoras contenidas en el Plan de Mantenimiento, se obtuvieron confiabilidades promedio de 92 % en la ensacadora 03, 91.40 % en la ensacadora 04 y 95.10 % en la ensacadora 05. Díaz et al. (2016), en su artículo de investigación desarrollado en el sector eléctrico, demostró que la confiabilidad se incrementó a 92 % utilizando herramientas de gestión.

Asimismo, el incremento en la confiabilidad tiene como consecuencia la reducción en la incidencia de fallas. Así, antes de la implementación de las mejoras, el número de fallas mensuales era de aproximadamente 30, 25 o 14, las cuales fueron reduciéndose como resultado directo del Plan de Mantenimiento y la implementación de mejoras en las tareas y actividades correspondientes, lográndose cifras de 10, 8 o 5 fallas por mes. Polo (2021) indica en su investigación como problemática las diversas averías que sufren las ensacadoras rotativas y cómo estas fueron reducidas mediante la mejora del plan de mantenimiento existente, en el cual

se identificaron las tareas, la frecuencia de realización, el responsable de la ejecución y el subsistema al que pertenecen.

En cuanto al tiempo medio entre fallas (MTBF), se obtuvieron valores promedio antes de la implementación de las mejoras —comprendidos entre noviembre y diciembre— de 134 h/f para la ensacadora 03, 39.2 h/f para la ensacadora 04 y 38.9 h/f para la ensacadora 05. Estos resultados se contrastan con los hallados después de la implementación de las mejoras propuestas en el Plan de Mantenimiento, obteniéndose valores de 91.23 h/f para la ensacadora 03, 82.86 h/f para la ensacadora 04 y 141 h/f para la ensacadora 05. Estos resultados pueden asemejarse a los obtenidos por Maza (2016), quien, dentro de las mejoras propuestas para incrementar la confiabilidad de sus equipos, consideró la cuantificación y codificación de repuestos, acciones que también fueron consideradas en el trabajo desarrollado.

CONCLUSIONES

- Con la propuesta de Plan de Mantenimiento desarrollada en el presente trabajo, la cual considera actividades y trabajos de mantenimiento, se logra incrementar la confiabilidad de acuerdo con los cálculos preliminares presentados en las tablas que conforman este estudio; con ello, se demuestra que la propuesta planteada tiene efectos positivos en el indicador principal de estudio. Debe tenerse en cuenta que las mejoras propuestas se realizan con las máquinas en operación debido a la demanda de producción.
- Se logró desarrollar una estructura de Plan de Mantenimiento a lo largo del presente año que puede aplicarse a las máquinas ensacadoras. Para el desarrollo de este plan, se consideraron actividades de lubricación, revisión, reajuste y limpieza; la frecuencia de realización de las actividades y los responsables; la identificación del número de pieza del repuesto que se utilizaría en el reemplazo, así como la cantidad necesaria.
- Para el cálculo de la confiabilidad antes y después del desarrollo de la propuesta de Plan de Mantenimiento, y en función de las fallas reportadas de las máquinas ensacadoras entre noviembre de 2023 y marzo de 2024, se obtuvo el tiempo medio entre fallas (MTBF), constituyéndose este como el principal factor que influye en el cálculo de este indicador tan importante.
- Finalmente, los beneficios que se deducen de este trabajo y que se obtendrían, además del incremento de la confiabilidad de las máquinas ensacadoras, son: reducción del número de fallas, reducción del tiempo total de las fallas e incremento del MTBF. Asimismo, mejoras que derivan de estos resultados y que son materia de estudios complementarios a este trabajo son: reducción de costos en actividades de mantenimiento correctivo, incremento de la producción, integración de los equipos de trabajo y mejora del nivel de satisfacción del personal, entre otros. Estos indicadores son importantes en la gestión de mantenimiento que se sigue en la empresa cementera, ya que inciden en la optimización de la vida útil de las máquinas.

RECOMENDACIONES

- Si bien se realizó la propuesta del Plan de Mantenimiento de las máquinas ensacadoras y que, preliminarmente, de acuerdo con los cálculos realizados, traería mejoras en la gestión de mantenimiento, este debe ser revisado periódicamente cada seis meses para analizar su alcance y, de acuerdo con ello, proponer ajustes dentro de un círculo de mejora continua.
- Las actividades y tareas de mantenimiento consideradas en la propuesta del Plan de Mantenimiento, si bien fueron evaluadas como importantes, pueden ser incrementadas y especificadas con mayor detalle según el comportamiento de la confiabilidad de las máquinas ensacadoras en los análisis mensuales que se realicen.
- Si bien se considera el MTBF como el factor principal que influye en el cálculo de la confiabilidad de las máquinas ensacadoras, debe recordarse que este depende de las fallas que se presentan en un período; por lo tanto, reducir su ocurrencia tendrá un efecto positivo. Esta reducción depende, en gran medida, de la gestión logística y de seguridad del área.
- Adicionalmente, podría modificarse el alcance de este trabajo con el fin de analizar el efecto que las actividades y tareas de mantenimiento consideradas en esta propuesta de Plan de Mantenimiento generarían en el cálculo de otros indicadores, como la disponibilidad y la mantenibilidad.

REFERENCIAS

1. **UNACEM.** *Memoria Anual, 2022.* [en línea]. [Consulta: 21 de enero del 2024]. Disponible en: <https://unacem.pe/gobierno-corporativo/memoria-anual/>.
2. **DUFFUAA, S.** *Sistema de mantenimiento: planeación y control.* México : Ed. Limusa, 2000. ISBN 968-18-5918-9.
3. **MORA, A.** *Mantenimiento: Planeación, ejecución y control.* México : Alfaomega Grupo Editor, 2009. ISBN 978-958-682-769-0.
4. **DÍAZ, A., VILLAR, L., CABRERA, J., y SALVADOR, J.** *Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica.* Ingeniería Mecánica, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cuba, 2016. [en línea]. [Consulta: 20 de febrero del 2024]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/2251/225147535003/>.
5. **SEXTO CABRERA, L.** *La confiabilidad integral del activo.* Ingeniería Mecánica, vol. 11, núm. 1, pp. 49-56, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Ciudad de La Habana, Cuba, 2008. [en línea]. [Consulta: 20 de febrero del 2024]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225115062006>.
6. **ZALDÍVAR SALAZAR, M.** *La confiabilidad operacional y su perspectiva para mejorar la explotación de las máquinas agrícolas.* Ingeniería Agrícola, vol. 3, núm. 1, pp. 54-60, Ministerio de Educación Superior, La Habana, Cuba, 2013. [en línea]. [Consulta: 20 de febrero del 2024]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586262036008>.
7. **BERGER VIDAL, E., NUÑEZ, L., y YARIN, A.** *Análisis de la confiabilidad del sistema de molienda en una planta concentradora, basado en la criticidad.* Datos Industriales [en línea]. 2014, 17(1), 56-64[Consulta: 20 de febrero del 2024]. ISSN: 1560-9146. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81640855008>.
8. **MONTOYA, L.** *Optimización de los procesos en el área de mantenimiento para mejorar la productividad de una planta productora de cemento portland.* Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales, Universidad Católica de Santa María, 2015. [en línea]. [Consulta: 22 de enero del 2024]. Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/2205>.
9. **POLO, M.** *Propuesta de mantenimiento centrado en confiabilidad para envasadora rotativa automática Haver & Boecker de cemento para reducir las paradas imprevistas en la empresa Unacem – Atocongo.* Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica del Perú, 2021. [en línea]. [Consulta: 22 de enero del 2024]. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/5410>.
10. **CUEVA, C.** *Modelo de gestión de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para mejorar la productividad de la empresa Cementos Selva S.A.* Facultad de Ingeniería,

- Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica, Universidad César Vallejo, 2019. [en línea]. [Consulta: 22 de enero del 2024]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/37697>.
11. **MAZA, A.** *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la confiabilidad del parque de máquinas de la Empresa Conservera de las Américas S.A. – Paíta*. Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial, Universidad César Vallejo, 2016. [en línea]. [Consulta: 22 de enero del 2024]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/8098>.
 12. **GARCÍA, S.** *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*. España : Ed. Díaz de Santos, 2003. ISBN 84-7978-548-9.
 13. **PASCUAL, R.** *El arte de mantener*. Santiago de Chile: Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Chile, 2005. [en línea]. Disponible en: https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/ME57A/1/material_docente/bajar?id=77092 [Consulta: 22 enero 2024].
 14. **RESCO.** *Failure Metrics*. [en línea]. [S. l.]: RESCO, [s. f.] [Consulta: 22 de febrero del 2024]. Disponible en: <https://www.resco.net/learning/failure-metrics/>.
 15. **ECN Automation.** *Soluciones para la industria del cemento*. [en línea]. [S. l.]: ECN Automation, [s. f.] [Consulta: 22 de febrero del 2024]. Disponible en: <https://ecnautomation.com/index.php?mod=cemento>.
 16. **OSORIO LOPEZ, A.** *Propuesta de mejora del sistema de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos críticos de la planta de producción de una empresa de alimentos*. [en línea]. Lima: Universidad Tecnológica del Perú, 2022 [Consulta: 22 de febrero del 2024]. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/5410>.
 17. **CARRASCO, S.** *Metodología de la Investigación Científica*. Lima : Editorial San Marcos, 2005. ISBN 9972-34-242-5.
 18. **HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., y BAPTISTA, P.** *Metodología de la investigación*. 5ª ed. México : McGraw-Hill, 2010. ISBN 978-607-15-0291-9.
 19. **International Association of Operative Millers.** *IAOM – International Association of Operative Millers* . [en línea]. [S. l.]: IAOM, [s. f.] [Consulta: 22 de febrero del 2024]. Disponible en: <https://www.iaom.org/>.
 20. **FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, E.** *Gestión de mantenimiento: Lean Maintenance y TPM*. Tesis de máster. Universidad de Oviedo, 2005. [en línea]. Disponible en: <https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47868/Gesti%F3n%20de%20Man%20tenimiento.%20Lean%20Maintenance%20y%20TPM.pdf?sequence=1> [Consulta: 12 de febrero del 2024].

21. **PISTARELLI, A.** *La gestión de mantenimiento como una oportunidad de cambio.*
Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Programa Ingeniería de Mantenimiento, 2013.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

Problema	Objetivo	Marco Teórico	Variables	Dimensiones	Diseño Metodológico
General ¿Cómo proponer plan de mantenimiento para incrementar la confiabilidad de las máquinas ensacadoras en una empresa cementera?	General Proponer un plan de mantenimiento para incrementar la confiabilidad de las máquinas ensacadoras en una empresa cementera.	Duffuaa (2), indica que la planeación de la capacidad de mantenimiento está en función a los recursos que serán necesarios para desarrollar satisfactoriamente las actividades de mantenimiento, entre ellos tenemos mano de obra, equipos, materiales y reparaciones.	VI: Plan de Mantenimiento	Tiempo de fallas Monitoreo de activos	Método de estudio: Método científico, deductivo. Tipo de Investigación: Aplicada
Específicos + ¿Cómo será la estructura del plan de mantenimiento que servirá para incrementar la confiabilidad de las máquinas ensacadoras?	Específicos + Desarrollar la estructura del plan de mantenimiento que servirá para incrementar la confiabilidad de las máquinas ensacadoras		VD:		Alcance de Investigación:
+ ¿Qué factores considerar en el cálculo de la confiabilidad de las máquinas ensacadoras?	+ Identificar los factores que se considerarán en el cálculo de la confiabilidad de las máquinas ensacadoras	Mora (3), indica que la confiabilidad de una máquina está relacionada con la frecuencia de ocurrencia de fallas en el tiempo. La confiabilidad está relacionada directamente con la calidad de un producto.	Confiabilidad	Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) Confiabilidad (R)	Correlacional Nivel de Investigación: Preexperimental
+ ¿Cuáles son los beneficios que se obtendrán al incrementar la confiabilidad de las máquinas ensacadoras?	+ Identificar los beneficios que se obtendrán al incrementar la confiabilidad de las máquinas ensacadoras				

Anexo 2. Certificado de entrenamiento

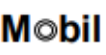


Anexo 3. Lista de repuestos complementarios

LISTA DE REPUESTOS					DIB. Nr. 252773.cgm			
MÁQUINA APLICADOR AUTOMÁTICO DE BOLSAS COMPLETO			TÍTULO MAGAZINE HORIZONTAL COMPLETO		OF 10687/07 ITEM 1.16		FECHA 02/08	FL. 1/2
POS.	CAN.	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN	V A B	OBSERVACIÓN			
1	1	ESTACIÓN DE ESTIRAMIENTO	568182	-	VER DIB. 568182 .cgm			
2	1	ESTACIÓN DE ACCIONAMIENTO	568183	-	VER DIB. 568183 .cgm			
4	1	SUPORTE P/ BRAZO DE TORSIÓN	568229	-				
5	2	CORRIENTE DE ROLOS P=38.1	304073	A	180 ELOS			
6	2	TORNILLO SEXT. M 12 X 180	94	B				
7	2	ARANDELA LISA	844	B				
8	2	LOGOTIPO HAVER	540525	-				
9	1	MOTOREDUCTOR	28232	B				
10	1	EJE DE ACCIONAMIENTO	568230	B				
11	1	CHAVETA	303842	B				
12	60	RESPALDO REGULABLE	568403	-				
13	1	TORNILLO SEXT. M 12 X 30 I	70	B				
14	3	ARANDELA PRESIÓN B 12	898	B				
15	8	TUERCA TRABAMIENTO M 6	763	B				
16	8	ARANDELA DE PRESIÓN A 6	917	B				
17	2	TUERCA SEXT. M12	755	B				
18	8	ARANDELA DE PRESIÓN	919	B				
19	4	TORNILLO SEXT. M 10 X 25	44	B				
20	5	ARANDELA DE PRESIÓN	897	B				
21	4	TORNILLO SEXT. M 10 X 20	43	B				
22	2	DISTANCIADOR P/ MONTAJE	568186	-				
23	6	FIJACIÓN DO APLICADOR	567053	-				
24	1	PLACA DE IDENTIFICACIÓN	303649	-	P/ MÁQUINAS HBL.			
DIB. REF.		568397/B		V = PIEZAS CRÍTICAS		A = PARA 1 AÑO DE OPERACIÓN B = APÓS LONGA OPERACIÓN		

LISTA DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO					DIB. Nr. 252773.cgm	
MÁQUINA APLICADOR AUTOMÁTICO DE BOLSAS COMPLETO		TÍTULO MAGAZINE HORIZONTAL COMPLETO	OF 10687/07 ITEM 1.16		FECHA 02/08	FL. 2/2
POS.	CAN.	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN	V A B	OBSERVACIÓN	
25	1	TORNILLO SEXT. M 10 X 75	53	B	3000 mm	
26	2	ARANDELA LISA I	843	B		
27	1	TUERCA TRABAMIENTO M 10	765	B		
28	2	DISP. DE LLAVE DE EMERGENCIA	568236	-		
28.3	1	CABO DE ACERO	10499	B		
28.4	2	ZAPATILLA P/ CABO ACERO	4819	B		
28.5	4	GRAPA P/ CABO DE ACERO	3248	B		
29	16	TORNILLO SEXT. M 6 X 20	12	B		
30	12	TUERCA SEXT. M 6	752	B		
31	31	ARANDELA DE PRESIÓN	895	B		
32	4	TORNILLO CAB. ESC. M 6 X 20	283	B		
33	2	SOPORTE EN L	541684	-		
DIB. REF.		V - PIEZAS CRÍTICAS		A - PARA 1 AÑO DE OPERACIÓN B - APÓS LONGA OPERACIÓN		
568397/B						

Anexo 4. Tabla de equivalencias para lubricantes usados en mantenimiento.

TABLA DE EQUIVALENCIAS PARA LUBRICANTES									
Referência	Dados de acordo com DIN 51522			Requerimento	Denominação do lubrificante				
	SÍMBOLO	ISO VISCOSIDADE DIN 51522	Temperatura de serviço						
1		ISO-VG 15		DIN 51524 T.1	ÓLEO HIDRÁULICO/HL	ARAL SURBUROL CM 15 ARAL VITAM DP 15	SPINLESS 15	MOBIL VELOCITE OL N° 4, MOBIL DTE 21	SHELL TELLUS OL C 15
2		ISO-VG 22		DIN 51517 T.2	ÓLEO/IC	ARAL SURBUROL CM 22 ARAL VITAM DP 22	SPINLESS 22	MOBIL VELOCITE OL N° 15, MOBIL DTE 22	SHELL TELLUS OL C 22
3		ISO-VG 32		DIN 51524 T.1	ÓLEO HIDRÁULICO/HL	ARAL MONTANOL CM 32	SPINLESS 32, NUTO 32	MOBIL DTE OL LIGHT, MOBIL VACTRA OL LIGHT	SHELL TELLUS OL C 32
4		ISO-VG 46		DIN 51524 T.2	ÓLEO HIDRÁULICO/HLP	ARAL VITAM DP 46 ARAL VITAM DE 46	NUTO H 46	MOBIL DTE 32, MOBIL HYDRAULIC OL MEDIUM	SHELL TELLUS OL C 46 SHELL HYDROL 320 46 SHELL HYDROL HV 46
5a		ISO-VG 68		DIN 51524 T.2	ÓLEO CLP/PG (para mancais e redutores) corresponde a FZG normal A/B.3/90 grau>12	ARAL VITAM DP 68 ARAL VITAM DE 68	NUTO H 68	MOBIL DTE 34, MOBIL H. OL HEAVY MED.	SHELL TELLUS OL C 68 SHELL HYDROL HV 68
5b		68		DIN 51517 T.3		ARAL DEICOL 800 68	SPARTAN EP 68	MOBILGLAR 628	SHELL OMALIA OL 68
6		ISO-VG 100		DIN 51517 T.3		ARAL DEICOL 800100	SPARTAN EP 100	MOBILGLAR 627	SHELL OMALIA OL 100
7		ISO-VG 220		DIN 51517 T.3		ARAL DEICOL 800220	SPARTAN EP 220	MOBILGLAR 626	SHELL OMALIA OL 220
7.1		ISO-VG 220		DIN 51517 T.3		ARAL DEICOL 800220	UNILAUPOIL S 220	MOBIL OLYDIOIL 30	SHELL TIVELA OL 220
8		ISO-VG 320		DIN 51517 T.3		ARAL DEICOL 800320	SPARTAN EP 320	MOBILGLAR 625	SHELL OMALIA OL 320
9		ISO-VG 460		DIN 51517 T.3		ARAL DEICOL 800460	SPARTAN EP 460	MOBILGLAR 624	SHELL OMALIA OL 460
9.1		ISO-VG 460		DIN 51517 T.3		ARAL DEICOL 800460	UNILAUPOIL S 460	MOBIL OLYDIOIL 80	SHELL OMALIA OL 80
10		ISO-VG 680		DIN 51517 T.3		ARAL DEICOL 800680	SPARTAN EP 680	MOBILGLAR 623	SHELL OMALIA OL 680
10.1		ISO-VG 680		DIN 51517 T.3		ARAL DEICOL 800680			SHELL TIVELA OL 800 (PG 460)
11a		ISO-VG 220		DIN 51517 T.3	LUBRIFICANTE PARA CORRENTE	ARAL DEICOL 800220	SPARTAN EP 220	MOBILGLAR 626	SHELL OMALIA OL 220
11b			-20°C + 120°C	DIN 51825		ARALLUM LPZ 1	MOBILIA EP 1	MOBILTEMP SHC 880 SPECIAL	SHELL PETTY S. 800T
12			-25°C + 130°C	DIN 51825	LUBRIFICANTE ADESIVO	ARALLUM LPZ 1	SURETT FLUID 8K	MOBILTAC 81	SHELL CARDUM FLUID C
13			-20°C + 80°C	DIN 51826	GRAXA PARA REDUTORES	ARALLUM POP 30	PERMAX EP 375, PERMAX 375	CARDIOLE PETT 1000 W	SHELL SPECIALGREASEPETT H SHELL GREASE S. 1000
14a			-20°C + 120°C	DIN 51825	GRAXA PARA ROLAMENTOS E MANCAIS DE FRICÇÃO	ARALLUM HLP 2	BEACON EP 2	MOBILIN S 50	SHELL CALTHRA EP PETT T3 SHELL ALUMINA EP PETT 2
14b			-20°C + 120°C	DIN 51825		ARALLUM HL 3	BEACON 3	MOBILIN 3	SHELL ALUMINA PETT 03 SHELL ALUMINA PETT 05
15			-40°C + 130°C	DIN 51825	GRAXA PARA TEMPERATURA BAIXA	ARALLUM LP 2	BEACON 3, UNIREX LOTEMP EP	MOBILTEMP SHC 33	ARCO SHELL GREASE 16
16			-20°C + 200°C	DIN 51825	GRAXA PARA MANCAL DE ALTA TEMPERATURA	ARALLUM PUM 1.0	HT GREASE 275, NORVA 275	MOBILTEMP SHC 100	SHELL DARINA PETT 2
17	Lubrificantes para aplicações especiais, favor consultar folha de dados especiais (data sheet)								

Anexo 5. Condiciones de garantía de máquinas ensacadoras

19.GARANTIA

Desde que la puesta en marcha sea conducida por nuestros técnicos y supervisores, y los equipos sean utilizados dentro de los límites a los cuales fueron proyectados de acuerdo con el manual, garantimos la perfecta actuación, con rendimiento para la capacidad que fue proyectada.

Condiciones básicas para la validez de la garantía

La garantía es válida desde que sean observados los siguientes puntos básicos:

Que la puesta en marcha sea conducida por nuestros técnicos y supervisores;

El equipo sea utilizado dentro de los límites al cual fue proyectado;

El engrase sea hecho en el tiempo, cantidad y tipo de lubricante adecuado de acuerdo a los datos que contiene el manual;

Perfecta manutención de los revestimientos de protección de la parte estructural de la caja, tales como sábanas y tablas de goma, revestimientos metálicos, los mismos deben ser substituidos antes del contacto del material con las partes metálicas;

Substitución de las piezas de desgaste y protección en los tiempos, cantidad y cualidad adecuados;

Que no sea hecha ninguna soldadura eléctrica en el equipo;

Que no sea hecho ningún cambio que actúa en el peso o parte girante del equipo;

Montaje de piezas de repuesto originales (suministradas por HAVER & BOECKER LALINOAMERICANA)

Que se haga toda y cualquier intervención de acuerdo con el manual;

La garantía no cubre por lo tanto fallas resultantes de malos tratos, negligencias, errores, descuido, impericia y sobre cargas.

Obs.: no hace parte de la garantía piezas de desgaste como: mallas, resortes, gomas, cojinetes, correas, chapas de desgaste, hongarinas, rotatorios, etc.

En los términos de esta garantía, nos responsabilizamos solamente por los defectos de fabricación arriba mencionados, no nos encargamos por lo tanto, de otras responsabilidades, incluso daños o pérdidas, directos o indirectos, a cosas o personas, cesantes o pérdidas de producción, perjuicio de desgaste natural, corrosión, erosión, manoseo inadecuado o descuido, construcción civil o fundaciones defectuosas, efectos químicos o eléctricos y acciones de demandas y demasiada carga arriba de las que fueron determinadas en el proyecto, siempre en conformidad con las especificaciones técnicas contractuales.

Anexo 6. Ejemplo de informe técnico

**DIVISION DE MANTENIMIENTO MECANICO
INFORME TECNICO**

ATENCION: Ing. ALEXIS CHIPANA
DE: Sup. GALO REYES PAREDES
OT: 20656876
EQUIPO: 1035368 MAQUINA ENSACADORA N° 5
ASUNTO: MANTENIMIENTO PREVENTIVO EMBOLSADURA N° 5
FECHA: 29/08/2023 HASTA EL 30/08/2023

DESCRIPCION

ANTECEDENTES

Emb. 5: LIMPIEZA Y MANTTO. DE COM

EVALUACION Y DIAGNOSTICO

- Reparar sillín de estación 6, 8 y 10
- Reparar boquilla de llenado estación 2
- Cambiar válvula check 5 mm estación 1, 3, 5 y 8
- Cambiar cilindro 63/60 -30 de estación 10 (fuga de aire por sello)
- Asentar placa fija móvil y cuchilla deslizante de estación 3 y 10
- Se realizo con soldadura los sillines de las estaciones 6, 8 y 10 boquillas de llenado de estación 2
- Se cambio cilindro neumático 63/60 -30 de estación 10 calibración
- Se cambio válvulas check de estación 1, 3, 5, 8 (3 de almacén y 1 de stock caseta nueva)
- Asentado de placa fija y mobil y cuchilla deslizante de estación 3 y 10

TRABAJOS REALIZADOS

- Limpieza de filtro de descarga
- Limpieza y revisión de distribución de fluidicion (pico inyector)
- Desmontaje de guardas de protección
- Revisión de cilindro neumático de 3 posiciones, sujeta sacos y rechazador de sacos
- Verificación de elementos de estaciones de llenado y elementos de nivel de llenado
- Estación 1 cambio de válvula check 5 mm
- Estación 2 reparación de boquilla de llenado y centrado con amortiguador sujeta sacos
- Estación 3 cambio de válvula check 5 mm, asentado de placa fija y móvil, cuchilla deslizante y limpieza de anillo de fluidicion
- Estación 5 cambio de válvula check 5 mm
- Estación 6 reparación de sillín relleno con soldadura E-7018 de 1/8"
- Estación 8 reparación de sillín relleno con soldadura E-7018 de 1/8" y cambio de válvula check 5 mm
- Estación 10 reparación de sillín relleno con soldadura E-7018 de 1/8", asentado de placa fija y mobil, cuchilla deslizante, limpieza de anillo fluidicion, cambio de cilindro neumático 63/60/30 y calibración de flujo grueso y fino
- Montaje de guardas de protección con 20 arandelas planas de 1/4"

PRUEBA DE MAQUINA ENSACADORA

- Prueba de maquina ensacadora con cemento tipo 1
 - Carguio de 03 camiones de cemento sin ninguna dificultad
-

PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO

REPUESTOS UTILIZADOS:

03-00000533	ARANDELA PLANA FE. Ø 1/4"	20.000	UND
01-00016891	VALVULA CHECK VNR-205-M5 PN 30040279	3.000	UND
01-00001278	CILINDRO NEU DSBG-63-60-30-S2-PPVA-N3-A2	1.000	UND

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

Se dejó equipo en buen estado para su funcionamiento

REGISTRO FOTOGRAFICO



REGISTRO FOTOGRAFICO



REGISTRO FOTOGRAFICO



REGISTRO FOTOGRAFICO



REGISTRO FOTOGRAFICO



ORDEN Y LIMPIEZA

