



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS
Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias

**IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO Y CORRECTIVO EN PYME MOLINO SAN LUIS S.A.S.**

AUTOR: BRUCCOLO CRUZ, ELÍAS GABRIEL

DIRECTOR: ING. OLMOS, GONZALO JOSÉ

CODIRECTOR: ING. CANCIANI, CARLOS FEDERICO

CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

VILLA MERCEDES, SAN LUIS

AÑO: 2.026

DERECHO DE AUTOR

© 2.026, Elías Gabriel Bruccolo Cruz

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

DEDICATORIA

En primer lugar, dedico este trabajo a Dios, por darme la fuerza necesaria para alcanzar mis metas y objetivos personales, por enseñarme a ser perseverante y por no dejarme caer frente a las adversidades.

A San Expedito, por cada pedido escuchado y cada promesa cumplida en los momentos en que más lo necesité.

A mis padres y hermanos, por su amor incondicional, por estar presentes en cada etapa de mi vida, por brindarme su apoyo en los momentos difíciles, inculcarme valores fundamentales y cuidarme con dedicación y cariño.

A mi pareja, por creer en mí incondicionalmente, por acompañarme en este largo camino, por ser mi motivación constante, y por su paciencia, amor y ternura en cada paso de este proceso.

Y muy especialmente, a mis abuelos, que partieron antes de ver este logro, pero dejaron en mí una huella imborrable. Gracias por sembrar en mí la semilla del esfuerzo, el respeto y la perseverancia. Siempre estarán presentes en mis logros, en mi vida y en mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de San Luis, por brindarme la oportunidad de formarme como profesional, en un entorno académico enriquecedor y bajo la guía de un cuerpo docente comprometido y altamente calificado.

Agradezco profundamente a la familia de Molino San Luis S.A.S., por abrirme sus puertas y permitirme llevar adelante este valioso desafío. Su colaboración no solo me permitió aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, sino que también me ayudó a reconocer y fortalecer mis debilidades, mientras aportaba al crecimiento y mejora continua de la empresa.

A mi director, Ing. Olmos Gonzalo, y a mi codirector, Ing. Canciani Federico, les expreso mi más profundo agradecimiento por su constante acompañamiento, sus sabias orientaciones y su dedicación en esta última etapa de mi formación. Su rol como guías y mentores ha sido fundamental en mi camino hacia convertirme en ingeniero industrial.

A cada profesor que, con pasión y vocación, dejó una huella en mi formación académica, gracias por marcar un antes y un después en mi desarrollo como profesional.

Y a mis compañeros y amigos de la facultad, gracias por el apoyo mutuo, por las jornadas compartidas y por la amistad que hizo más llevadero este camino.

RESUMEN

Este trabajo se realizó en la empresa Molino San Luis S.A.S., una pequeña y mediana empresa dedicada a la molienda de harina. El objetivo principal fue diseñar e implementar un sistema que permitiera organizar y mejorar el mantenimiento de sus equipos.

Para lograrlo, se comenzó con un análisis general de la situación actual de la empresa, observando cómo se desarrollan sus tareas diarias y cómo se cuidan sus equipos. Durante este proceso, se detectó que no existían registros formales, ni seguimientos, ni controles sistemáticos sobre las tareas de mantenimiento realizadas. Esto generaba una alta dependencia de la experiencia individual de los operarios y aumentaba el riesgo de fallas imprevistas, afectando la continuidad del proceso productivo. A partir de este diagnóstico, se identificaron las máquinas consideradas críticas para el funcionamiento de la planta, y se desarrolló una propuesta centrada en ellas. El proyecto consistió en diseñar un sistema de mantenimiento que permitiera anticiparse a posibles fallas, reducir las interrupciones no planificadas y aprovechar mejor los recursos disponibles. Como parte de los beneficios esperados, se buscó formalizar y estandarizar los registros, establecer procedimientos claros para cada tarea y generar una cultura de mantenimiento más organizada y eficiente dentro de la empresa. Este trabajo no solo representa una herramienta útil para mejorar el funcionamiento de la maquinaria, sino que también constituye un paso importante hacia una gestión más profesional y sostenible en el tiempo, brindando beneficios tanto para el personal como para la calidad del producto final.

Dicho proyecto se llevó a cabo en el marco de la resolución N° 252/25 del Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias (FICA).

Palabras clave:

- Gestión del Mantenimiento; Indicadores; Mantenimiento Correctivo; Mantenimiento Preventivo; Mejora Continua.

Estudiante: Bruccolo Cruz, Elías Gabriel

Carrera: Ingeniería Industrial

Registro: 14.014.217

DNI: 41.807.358

Correo electrónico: eliasbruccolo@gmail.com

Cel.: 2657-522413

Dirección: B° La Ribera M: 7190, C: 8, Villa Mercedes; San Luis.

Empresa: Molino San Luis S.A.S.

Dirección: Ruta 7, km 703; Villa Mercedes, San Luis

Teléfono: 3516623722 (Luis Maria Molinari)

Director: Ing. Ind. Luis María Molinari

Cargo: Director empresa

Correo electrónico: luismariamolinari@gmail.com

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1 Planteamiento del problema	1
2 Estructura del trabajo.....	2
3 Objetivos de la investigación.....	3
3.1 Objetivo general.....	3
3.2 Objetivos específicos	3
4 Alcances y limitaciones.....	4
4.1 Alcances:	4
4.2 Limitaciones:	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
5 Introducción	6
6 Materia Prima: El trigo y la molienda.....	6
6.1 Introducción:	6
6.2 Historia y producción del trigo:	6
6.3 Variedades de trigo:	7
6.4 Composición del grano de trigo.....	8
6.5 Derivados del grano de trigo:	9
6.6 Calidad del trigo y su impacto en la harina.....	9
6.7 Calidad Harina	13
6.8 Influencia de la calidad de trigo en el mantenimiento de los equipos.....	14
7 Conceptos básicos de mantenimiento	16
7.1 Máquina.....	16
7.2 Equipo.....	16

7.3	Mantenimiento	16
7.4	Objetivos del mantenimiento	17
7.5	Historia del mantenimiento.....	19
7.6	Sistemas de Mantenimiento	22
8	Tipos de mantenimiento.....	23
8.1	Mantenimiento Correctivo CM (Corrective Maintenance)	23
8.2	Mantenimiento Preventivo PM (Preventive Maintenance)	25
8.3	Mantenimiento Predictivo PdM (Predictive Maintenance).....	33
8.4	Mantenimiento Productivo Total TPM (Total Productive Maintenance).....	35
8.5	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM (Reliability Centered Maintenance)	37
8.6	Mantenimiento Basado en el Riesgo RBM (Risk Based Maintenance).....	38
8.7	Conclusión parcial respecto de los sistemas de mantenimiento	39
8.8	Finalidad del mantenimiento	40
8.9	Variables del mantenimiento:	40
9	Factores del mantenimiento.....	41
9.1	Confiabilidad	42
9.2	Mantenibilidad.....	43
9.3	Disponibilidad.....	44
10	Fallas y estados asociados.....	45
10.1	Falla.....	45
10.2	Clasificación:.....	45
10.3	Estado teórico o nominal de una máquina / equipo	46
10.4	Estado real de una máquina/equipo.....	47
11	Herramientas de diagnósticos de fallos.....	47
11.1	Análisis de modo y efecto de falla (AMFE).....	47
11.2	Análisis Causa – Consecuencia, Diagrama de Ishikawa	49

11.3	Análisis de Causa Raíz (ACR)	51
12	Justificación	54
13	Estado del arte	56
14	Tipo de investigación	57
14.1	Área de estudio	57
14.2	Definición de la Población y muestra	57
14.3	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	58
14.4	Procedimiento Metodológico	58
CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL CASO		59
15	Descripción de la empresa Molino San Luis S.A.S.	59
15.1	¿Quiénes son?	59
15.2	Ubicación:	59
15.3	Misión	59
15.4	Visión	60
15.5	Eslogan	60
15.6	Estructura Organizacional	60
15.7	Productos	61
15.8	Política de Calidad	61
15.9	Política de Mantenimiento	61
16	Proceso de molienda del trigo:	62
16.1	Recorrido por las instalaciones e identificación de procesos	65
16.2	Matriz de criticidad	70
17	Diseño del Sistema de Gestión de Mantenimiento	76
17.1	Situación inicial de mantenimiento	76
17.2	Plan de Mantenimiento Inicial	78
17.3	Plan de mantenimiento preventivo	80

17.4	Plan de mantenimiento correctivo	105
17.5	Impacto Esperado	116
17.6	Conclusión	116
CAPÍTULO V: RESULTADOS ESPERADOS		118
18	Introducción	118
19	Período de análisis	118
20	Indicadores analizados	118
21	Resultados obtenidos	119
21.1	Cumplimiento del mantenimiento preventivo	119
21.2	Relación mantenimiento correctivo / preventivo	121
21.3	Tiempo Medio de Reparación (MTTR)	123
21.4	Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)	124
21.5	Disponibilidad operativa	126
22	Análisis global de resultados.....	127
23	Limitaciones del análisis	128
24	Conclusión parcial:	128
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		129
25	Conclusiones generales.....	129
26	Conclusiones específicas	130
27	Recomendaciones para la empresa.....	131
28	Proyecciones para investigaciones futuras	132
Glosario.....		133
Referencias Bibliográficas		134
Anexo/s		136
Anexo A. Ejemplo Hoja de vida - Equipos.....		1
Anexo B – Ejemplo actividades de mantenimiento		1

Anexo C – Ejemplo procedimiento Mantenimiento Preventivo – Zaranda.....	7
Anexo D – Plan Anual de Mantenimiento por áreas.....	1
Anexo E – Tablero de Control Automatizado.....	7
Anexo F – Formato Formulario Mantenimiento Preventivo	1
Anexo G – Formato Formulario Alerta de Falla – Mantenimiento Correctivo.....	4
Anexo H – Ejemplo Análisis AMEF – Zaranda.....	7
Anexo I – Formato Formulario Mantenimiento Correctivo	8

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Subregiones trigueras de Argentina	7
Ilustración 2. Partes constituyentes de un grano de trigo (Triticum Aestivum)	8
Ilustración 3. Norma de calidad para la comercialización de trigo pan. Norma XX.....	12
Ilustración 4. Tipificación de las harinas de Trigo	14
Ilustración 5. Interrelación de los factores de mantenimiento	42
Ilustración 6. Diagrama de Ishikawa.....	51
Ilustración 7. Estructura Organizacional Molino San Luis S.A.S.	60
Ilustración 8. Productos comercializados por Molino San Luis S.A.S.....	61
Ilustración 9. Ejemplo de diagrama de flujo de molino de trigo.	63
Ilustración 10. Descripción general del proceso productivo de un molino.	64
Ilustración 11. Diagrama de procesos y áreas de Molino San Luis.....	65
Ilustración 12. Bases del Plan de Mantenimiento inicial.....	78
Ilustración 13. Ciclo PHVA.	79
Ilustración 14. Ejemplo de sistema de Codificación de equipos.....	86
Ilustración 15. Ejemplo de modelo de identificación de equipos mediante código QR.	87

Ilustración 16. Formato de actividades de mantenimiento.	91
Ilustración 17. Formato de desarrollo de procedimientos.....	92
Ilustración 18. Ejemplo Formato Plan Anual de mantenimiento.	95
Ilustración 19. Ejemplo de Tablero de control digitalizado.	97
Ilustración 20. Ejemplo de Orden de trabajo Preventiva.	98
Ilustración 21. Ejemplo de Resumen diario de Intervenciones de Mantenimiento Preventivo. ...	99
Ilustración 22. Ejemplo de alertas de recordatorios de Órdenes de Mantenimiento Preventivo pendientes de realizar.	100
Ilustración 23. Diagrama de Flujo de Mantenimiento Preventivo.	101
Ilustración 24. Ejemplo de Orden de Falla generada.	108
Ilustración 25. Ejemplo de alerta enviada al personal encargado de realizar el mantenimiento.	109
Ilustración 26. Ejemplo de alerta de Orden de trabajo de mantenimiento correctivo completada.	109
Ilustración 27. Diagrama de flujo de Mantenimiento Correctivo.	110
Ilustración 28. Sumatoria de intervenciones realizadas sobre cada equipo crítico.....	113
Ilustración 29. Gráfica comparación de OTs Preventivas programadas vs. Ejecutadas – Periodo 2025.....	120
Ilustración 30. Gráfica de porcentaje de cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo – Periodo 2025.....	121
Ilustración 31. Gráfico relación Mantenimiento Correctivo vs Preventivo – Periodo 2025.....	122
Ilustración 32. Gráfico variación MTTR mensual – Periodo 2025.	124
Ilustración 33. Gráfica variación MTBF mensual – Periodo 2025.....	125
Ilustración 34. Gráfica Disponibilidad Global mensual – Periodo 2025.	127
Ilustración 35. Anexo A.1: Ejemplo Hoja de vida – Despuntadora de trigo.....	1
Ilustración 36. Anexo A.2: Ejemplo Hoja de vida – Despuntadora de trigo.....	1
Ilustración 37. Anexo B.1: Descripción Actividad REV_01.....	2
Ilustración 38. Anexo B.2: Descripción Actividad LUB_01.	4
Ilustración 39. Anexo B.3: Descripción Actividad MEC_01.	6

Ilustración 40. Anexo C: Mantenimiento Preventivo – Zaranda.....	7
Ilustración 41. Anexo D.1: Plan Anual de mantenimiento – Área Acopio.	1
Ilustración 42. Anexo D.2: Plan Anual de mantenimiento – Área Limpieza.	2
Ilustración 43. Anexo D.3: Plan Anual de mantenimiento – Área Molienda.....	3
Ilustración 44. Anexo D.4: Plan Anual de mantenimiento – Área Embolse.	6
Ilustración 45. Anexo E.1: Tablero de Control Automatizado – Mantenimiento Preventivo.	7
Ilustración 46. Anexo E.2: Tablero de Control Automatizado – Mantenimiento Correctivo.....	8
Ilustración 47. Anexo F: Formato formulario Mantenimiento Preventivo.	3
Ilustración 48. Anexo G: Formato formulario Alerta de Falla.....	6
Ilustración 49. Anexo I: Formato formulario Mantenimiento Correctivo.	9

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Componentes diagrama de flujo de molino.....	63
Tabla 2. Matriz de criticidad – Área acopio.....	72
Tabla 3: Matriz criticidad – Área Limpieza.	73
Tabla 4: Matriz criticidad – Área Molienda.....	74
Tabla 5: Matriz Criticidad – Área Embolse.....	75
Tabla 6: Matriz Criticidad – Área subproductos.	75
Tabla 7: Inventario equipos Molino San Luis S.A.S. - Planta baja.	81
Tabla 8: Inventario equipos Molino San Luis S.A.S. - Primer piso.	82
Tabla 9: Inventario equipos Molino San Luis S.A.S. - Segundo piso.....	83
Tabla 10: Inventario equipos Molino San Luis S.A.S. - Tercer piso.	83
Tabla 11: Inventario equipos Molino San Luis S.A.S. - Cuarto piso.	84
Tabla 12: Inventario equipos Molino San Luis S.A.S. - Fuera de planta.	85

Tabla 13: Inventario equipos Molino San Luis S.A.S. - Laboratorio.	85
Tabla 14: Sistema de Codificación de equipos Molino San Luis S.A.S.	86
Tabla 15: Codificación de tareas de mantenimiento	90
Tabla 16: Codificación de procedimientos de Mantenimiento.	92
Tabla 17: Ejemplo de representación de datos resumidos de Mantenimiento Preventivo.....	103
Tabla 18: KPIs Mantenimiento Preventivo.	105
Tabla 19: Equipos más críticos.....	113
Tabla 20: Resumen Mantenimiento Correctivo por equipos.	114
Tabla 21: Resumen Mantenimiento Correctivo.	116
Tabla 22: Cumplimiento mensual del mantenimiento preventivo – Periodo 2025.	120
Tabla 23: Relación Mantenimiento Correctivo vs Preventivo Mensual – Periodo 2025.....	122
Tabla 24: MTTR Mensual – Periodo 2025.	123
Tabla 25: MTBF Mensual – Periodo 2025.	125
Tabla 26: Disponibilidad operativa mensual – Periodo 2025.	126
Tabla 27: Anexo H: Análisis AMEF Zaranda.....	7

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1 Planteamiento del problema

En el actual contexto de creciente competitividad y dinamismo de la industria alimentaria, la eficiencia operativa y la continuidad de los procesos productivos se constituyen como factores críticos para la sostenibilidad de las organizaciones, particularmente en el caso de las pequeñas y medianas empresas (PYMES). En este escenario, la gestión del mantenimiento adquiere un carácter estratégico, dado que incide directamente en la productividad, la seguridad laboral y la calidad del producto final.

La empresa Molino San Luis S.A.S., dedicada a la molienda de trigo y a la producción de harinas, presenta una problemática frecuente en este tipo de organizaciones: la ausencia de un sistema formal de mantenimiento. Esta situación se traduce en la ejecución de intervenciones de carácter reactivo, realizadas únicamente ante la ocurrencia de fallas, lo que genera paradas no planificadas, tiempos improductivos, incremento en los costos de reparación y un uso ineficiente de los recursos disponibles.

En función de esta problemática, surge la necesidad de diseñar e implementar un sistema de mantenimiento que permita estructurar las actividades de conservación de los equipos, reducir la frecuencia de fallas y mejorar la disponibilidad operativa de los activos críticos del proceso productivo.

En este marco, el presente trabajo tiene como objetivo desarrollar e implementar un sistema de mantenimiento adaptado a las condiciones operativas de la empresa, considerando sus capacidades técnicas, su estructura organizativa y los recursos disponibles. Para ello, se llevó a cabo un relevamiento de la situación actual, el análisis de los procesos productivos y la identificación de los equipos de mayor criticidad.

A partir del diagnóstico realizado, se propone una metodología de intervención que contempla la planificación de tareas de mantenimiento preventivo, la definición de procedimientos de mantenimiento correctivo, la implementación de sistemas de registro de información, la capacitación del personal y la optimización de la gestión de repuestos.

La implementación del sistema propuesto no solo tiene como finalidad mejorar el desempeño operativo de la planta y reducir las fallas imprevistas, sino también promover el desarrollo de una cultura organizacional orientada a la planificación, el control y la mejora continua del mantenimiento.

Asimismo, el presente proyecto se enmarca en el proceso de formación profesional en Ingeniería Industrial, constituyendo una instancia de aplicación práctica de los conocimientos adquiridos, orientada a la resolución de una problemática real con impacto directo en el sistema productivo.

2 Estructura del trabajo

El presente trabajo se encuentra organizado en seis capítulos, los cuales se desarrollan de la siguiente manera:

El **Capítulo I: Introducción**, presenta el contexto general de la empresa, la problemática identificada en la gestión del mantenimiento, la justificación del estudio, así como los objetivos que orientan el desarrollo de la investigación.

El **Capítulo II: Marco Teórico**, expone los fundamentos conceptuales necesarios para comprender la gestión del mantenimiento industrial, incluyendo definiciones de fallas, tipos de mantenimiento, indicadores de desempeño y herramientas de análisis aplicadas en el estudio.

El **Capítulo III: Metodología**, describe el enfoque metodológico adoptado, el tipo de investigación, las técnicas de recolección de datos y los procedimientos utilizados para el desarrollo del trabajo.

El **Capítulo IV: Desarrollo**, constituye el núcleo del trabajo, donde se presenta el diagnóstico inicial de la empresa, la elaboración de la matriz de criticidad, el diseño del plan de mantenimiento preventivo, la estructuración del mantenimiento correctivo y la implementación del sistema de gestión y control.

El **Capítulo V: Resultados**, expone el análisis de los indicadores de desempeño del sistema de mantenimiento, evaluando su comportamiento y las mejoras obtenidas a partir de la implementación del plan.

El **Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones**, sintetiza los principales hallazgos del estudio, presenta las conclusiones generales y específicas, y propone recomendaciones para la mejora continua del sistema de mantenimiento y futuras líneas de investigación.

3 *Objetivos de la investigación*

3.1 *Objetivo general*

- Desarrollar e implementar un sistema de mantenimiento que integre estrategias de mantenimiento correctivo y preventivo en la industria molinera “MOLINO SAN LUIS S.A.S.”, con el fin de mejorar la eficiencia operativa, reducir las paradas no planificadas y optimizar el uso de los recursos disponibles.

3.2 *Objetivos específicos*

- Diagnosticar el estado actual de los equipos y del sistema de mantenimiento mediante el análisis de los tipos de fallas más frecuentes y la identificación de los equipos críticos dentro del proceso productivo.
- Establecer una metodología de normalización de los procesos de mantenimiento, adaptada a los recursos y características de la PYME, mediante el diseño de procedimientos documentados y la capacitación del personal en tareas básicas de mantenimiento.
- Diseñar e implementar un plan de mantenimiento correctivo y preventivo, que contemple intervenciones estratégicas para reducir la frecuencia de fallas y optimizar la disponibilidad de los equipos.
- Desarrollar e implementar indicadores claves de rendimiento (KPIs) para evaluar el rendimiento del sistema de mantenimiento y asegurar la mejora continua.
- Proponer mejoras continuas para el sistema de mantenimiento, basadas en los resultados de los indicadores de desempeño y en un análisis de fallas recurrentes, con el fin de optimizar el sistema a largo plazo.

4 Alcances y limitaciones

4.1 Alcances:

- Implementación de un sistema de mantenimiento mixto: Este proyecto abarca el diseño y puesta en marcha de un sistema de mantenimiento que integra estrategias de mantenimiento correctivo y preventivo en MOLINO SAN LUIS S.A.S., proporcionando una base para mejorar la eficiencia y reducir las paradas no planificadas de los equipos.
- Normalización de procesos de mantenimiento: Se desarrollarán y documentarán procedimientos estandarizados para las actividades de mantenimiento, con el objetivo de estructurar y profesionalizar el enfoque de la empresa en la gestión de sus equipos.
- Capacitación del personal: Se incluirán programas de capacitación básica en tareas de mantenimiento correctivo y preventivo para los operarios.
- Desarrollo de indicadores de rendimiento: Se seleccionarán e implementarán KPIs específicos, para medir la efectividad del sistema de mantenimiento y guiar la mejora continua.
- Creación de base de datos digitalizada: Se creará una base de datos de los equipos que componen la organización de manera de realizarles un seguimiento de intervenciones, como así también, brindar información sobre sus componentes.

4.2 Limitaciones:

- Recursos limitados de la PYME: La empresa cuenta con restricciones presupuestarias y de personal, las cuales limitan la inversión en herramientas, repuestos y capacitaciones extensivas. Esto afectará el alcance de algunas propuestas que puedan requerir mayores recursos.
- Dependencia de la participación del personal: La efectividad de la implementación del sistema depende de la colaboración activa de los operarios en el mantenimiento. Cualquier resistencia o falta de compromiso podría impactar negativamente en la implementación.

- Datos históricos limitados: La falta de registros de mantenimiento previos podría dificultar el diagnóstico inicial y el análisis de tendencias, limitando la profundidad del análisis causa-raíz.
- Condiciones de operación variables: Cambios en las condiciones operativas o en la demanda de producción pueden afectar la disponibilidad de los equipos y la implementación continua del plan de mantenimiento.
- Tiempo para evaluar los resultados a largo plazo: Debido al tiempo disponible para la tesis, solo se podrá realizar un análisis preliminar de los resultados; para evaluar el impacto total del sistema de mantenimiento, se necesitaría un seguimiento prolongado.
- Enfoque Técnico - Operativo: El enfoque del trabajo es técnico y operativo, sin entrar en profundidad en aspectos económicos - financieros del costo - beneficio de cada intervención.
- Equipos críticos: Se desarrolla el sistema de mantenimiento en los equipos más críticos de forma tal que no se extienda demasiado el proyecto y se acapare las máquinas más importantes.
- Plan Anual de Mantenimiento teórico: Debido a la falta de una programación de producción mantenida en el tiempo se dificulta cumplir en tiempo y forma con el plan que se elabore.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

5 Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo establecer las bases conceptuales necesarias para comprender el desarrollo del proyecto de implementación de un sistema de mantenimiento preventivo y correctivo en la PYME Molino San Luis S.A.S. Para ello, se comienza abordando definiciones fundamentales relacionadas con el ámbito industrial, que permiten enmarcar el trabajo dentro de una terminología clara y compartida.

6 Materia Prima: El trigo y la molienda

6.1 Introducción:

El trigo (*Triticum aestivum*) es uno de los cereales más importantes a nivel mundial y constituye la materia prima principal en la industria molinera. Es un cultivo estratégico para la alimentación humana por su alto contenido en carbohidratos y proteínas, especialmente el gluten, fundamental para la elaboración de harinas y productos panificados. Su relevancia económica radica en que es base de la dieta en muchos países y representa uno de los principales rubros de exportación agrícola en Argentina.

En el contexto del Molino San Luis S.A.S., el trigo es el insumo esencial que alimenta todo el proceso productivo; por ello, comprender sus características, su composición y su comportamiento durante la molienda es indispensable para diseñar un plan de mantenimiento que asegure la calidad y continuidad en la producción.

6.2 Historia y producción del trigo:

Orígenes: El trigo tiene su origen en la región del Creciente Fértil (actual Medio Oriente) hace más de 10.000 años. Su domesticación y cultivo marcaron el inicio de la agricultura y el sedentarismo humano.

Difusión mundial: Se expandió hacia Europa y Asia, y posteriormente a América con la colonización.

Producción en Argentina: Argentina es uno de los principales productores y exportadores de trigo a nivel mundial. Las principales zonas productoras se encuentran en la Pampa Húmeda y en regiones de San Luis, Córdoba y Buenos Aires.

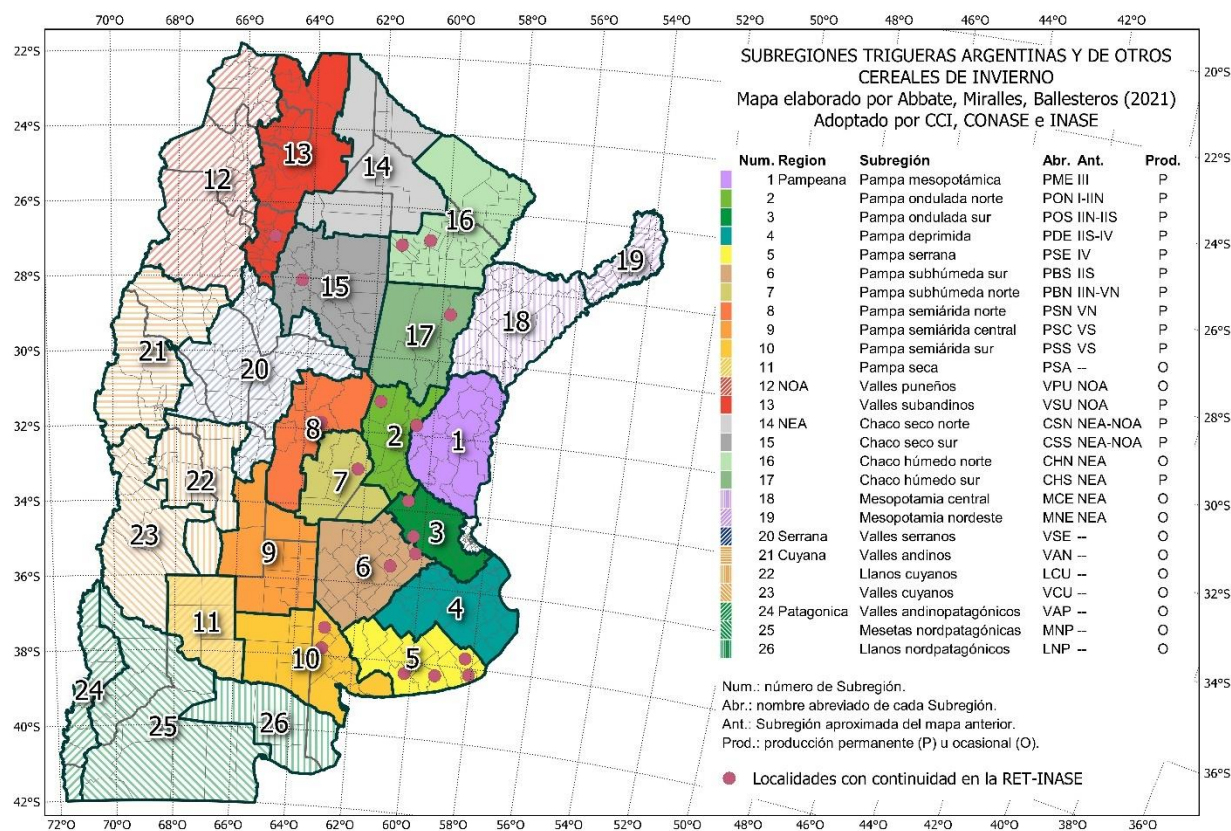


Ilustración 1. Subregiones trigueras de Argentina

Fuente: tomado de [1]

6.3 Variedades de trigo:

Existen diversas variedades de trigo, clasificadas según su uso y características:

Trigo blando (o panadero): Rico en almidón y con menor contenido de proteínas. Ideal para repostería y pastelería.

Trigo duro: Mayor contenido proteico y gluten; se utiliza principalmente para panes y pastas.

Trigo candéal: Usado en la elaboración de pastas secas.

Trigo integral: Incluye el salvado y el germen, conservando más nutrientes.

Para un molino harinero, la elección de la variedad influye directamente en los parámetros de molienda, calibración de equipos y mantenimiento preventivo de los sistemas de tamizado y purificación.

6.4 Composición del grano de trigo

El grano de trigo está constituido por: Endospermo o albumen, germen y afrecho o capas protectoras.

Albumen o endosperma: es la parte del grano más importante desde el punto de vista industrial, porque de allí se extrae la harina. Está compuesto por almidón (hidratos de carbono) en la parte central, y gluten (proteínas) en la periferia.

Germen: está constituido por el embrión y scutellum. El embrión a su vez está formado por el germen de cotiledón, germen de raíz y el tejido de separación de ambos. El embrión posee un alto contenido de materia grasa, lo que hace que por acción del oxígeno se produzca la oxidación con el paso del tiempo. Contiene un alto porcentaje de vitamina B1, y es altamente nutritivo.

Afrecho o capas protectoras: los componentes de las capas protectoras del grano de trigo de afuera hacia adentro son la epidermis, hipodermis, células cruzadas, células tubulares, cubierta de la semilla, tejido nuclear y células de aleurona. Todas envuelven totalmente al grano de trigo, excepto al germen.



Ilustración 2. Partes constituyentes de un grano de trigo (*Triticum Aestivum*)

Fuente: tomado de [2]

6.5 *Derivados del grano de trigo:*

Harina: Es el endosperma del grano de trigo convenientemente molido y tamizado, libre de germen y afrecho o afrechillo. En el grano, desde el centro del endosperma hacia el pericarpio, la harina se va haciendo oscura, y sobre la base de este factor la harina es tipificada.

Existen siete tipificaciones: la superior es 0000, siguiendo en orden decreciente por su calidad los tipos 000, 00, 0, ½ 0, harinilla primera y harinilla segunda.

Sémola: Es el endosperma obtenido en la trituración del grano en los primeros pasajes de la molienda y se utiliza en la elaboración de sopas y pastas secas, etc.

Semolín: Es el tamaño intermedio entre la sémola y la harina, su aplicación es similar a la sémola.

Harinilla: Es la harina extraída de la parte superior del endosperma, es decir, la que está en contacto con el pericarpio, es la de color más oscuro y se aplica en la elaboración de raciones para alimento animal.

Afrecho, afrechillo y semitín: son subproductos que provienen de las capas exteriores del grano, siendo el semitín producto de la última molienda de grano.

6.6 *Calidad del trigo y su impacto en la harina*

La calidad es un concepto relativo que depende de la utilización del producto y de quien la aprecie, por eso a través de cada uno de los eslabones de la cadena de comercialización del trigo, se puede dar una definición de calidad diferente; así para el molinero: “Calidad es aquel trigo sano, limpio y con un alto peso hectolítrico con el que se obtenga mayor rendimiento de harina y bajo contenido de cenizas” [3]

Durante el procesamiento industrial, la calidad del producto final está condicionada por la calidad de la materia prima que le dio origen. La calidad del grano cosechado puede caracterizarse a través de análisis comerciales e industriales.

La calidad comercial es determinada mediante la aplicación del estándar de comercialización de trigo pan, el mismo incluye características como: peso hectolítrico, materias

extrañas, granos quebrados, chuzos, dañados, panza blanca, insectos, humedad y proteína. Siendo definidos estos de acuerdo a [4]:

6.6.1 *Peso Hectolítrico (PH):*

Es un importante factor de calidad, está influenciado por la uniformidad, forma, densidad y tamaño del grano, además del contenido de materias extrañas y granos quebrados de la muestra. Para un mismo trigo, a mayor PH, mayor rendimiento de harina. Se define como el peso de un volumen de 100 litros de trigo tal cual, expresado en kg/hl. Se determina mediante el uso de una balanza Schopper. Los valores son aceptables a partir de 73 kg/hL.

6.6.2 *Humedad:*

Es la humedad contenida en el grano. Para determinarla se utiliza un humidímetro automático, en el cual se debe introducir la cantidad de granos de trigo hasta alcanzar el 100% de lo solicitado por el equipo. Una vez que se ha alcanzado el valor, un sensor dentro del equipo realiza la medición de la humedad de los granos, arrojando en la pantalla el respectivo valor de humedad de la muestra. Los niveles óptimos generalmente son entre 12.5% y 13.5% para guardado a largo plazo, aunque tolerancias comerciales suelen ser hasta 15%; niveles altos (más de 14%) requieren secado para evitar moho y pérdidas de peso.

6.6.3 *Gluten:*

La determinación del contenido de gluten, tanto en trigo como en harina, se lleva a cabo mediante métodos normalizados, cuyo propósito es cuantificar y evaluar la calidad del gluten formado a partir de las proteínas presentes en el grano. Este parámetro constituye uno de los indicadores más relevantes de la calidad tecnológica del trigo, ya que el gluten es responsable de las propiedades elásticas y de retención de gases de la masa.

El procedimiento analítico consiste, en primer lugar, en la obtención de harina a partir de una muestra representativa de granos de trigo, los cuales son molidos mediante un equipo de laboratorio. A partir de la harina obtenida, se prepara una masa utilizando una cantidad estandarizada de muestra y agua. Dicha masa es posteriormente sometida a un proceso de lavado

mecánico en un equipo específico, que elimina el almidón y otros componentes solubles, dejando como residuo la fracción proteica correspondiente al gluten.

Finalmente, el residuo de gluten obtenido es pesado y expresado como porcentaje en relación con la muestra inicial, lo que permite determinar el contenido de gluten del trigo analizado. Esta información resulta fundamental para la toma de decisiones en el proceso de molienda y para el control de calidad en la industria molinera.

6.6.4 *Materias extrañas:*

Son aquellos granos o pedazos de granos que no son de trigo pan y toda otra materia inerte.

6.6.5 *Granos dañados:*

Son aquellos granos o pedazos de granos que presentan una alteración sustancial en su constitución. Se consideran como tales a los ardidos y/o dañados por calor, granos verdes, helados, brotados, calcinados, roídos por isoca y roídos en su germen.

6.6.6 *Granos con carbón:*

Son aquellos transformados en una masa pulverulenta de color negra a causa del ataque del hongo *Tilletia* spp. Su aspecto exterior es redondeado y de un color grisáceo.

6.6.7 *Granos quebrados y/o chuzos:*

Son aquellos granos o pedazos de granos (no dañados) de trigo pan que pasan por una zaranda con agujeros acanalados de 9,5 x 1,6 mm.

6.6.8 *Granos panza blanca:*

Son los granos que se caracterizan por su textura almidonosa en una mitad o más del grano, que se aprecia por una coloración externa amarillenta definida.

6.6.9 Contenido de Proteínas Base 13,5% de Humedad

Las proteínas son compuestos orgánicos complejos que contienen nitrógeno. Las proteínas de la harina son responsables de que al poner ésta en contacto con el agua se forme gluten. Se determinan en harina por el método de Kjeldhal, mientras que en grano se cuantifican por métodos rápidos basados en reflectancia y transmitancia.

6.6.10 Peso de 1000 granos:

Su valor se relaciona con la cantidad de harina que se puede obtener de un lote de trigo. La determinación se realiza mediante el conteo de granos, usando un contador electrónico y posterior pesado. Los granos rotos y materias extrañas son removidos previamente de la muestra.

6.6.11 Norma de Calidad de Trigo

La Norma de Calidad que se utiliza en la actualidad para la comercialización del Trigo Pan establece distintas categorías según la calidad comercial de la mercadería y se rige por niveles de tolerancia establecidos. La clasificación está determinada según las condiciones en las cuales se recibe la mercadería, donde se fijan los mínimos parámetros. En la República Argentina la mayoría de las transacciones comerciales se rigen por el Estándar de Comercialización que fijó la ex SAGPyA. [5]

EL TIPO DURO ADMITIRA COMO MAXIMO UN 5% DE VARIEDADES SEMIDURAS												
GRAMO R A D O	Peso Hectoli- trico Mínimo Kilogramo	TOLERANCIAS MÁXIMAS PARA CADA GRADO						Granos Picados %	Trébol de olor (Melilotus sp.) Semillas c/100 gramos.	H Ú M I D A D %	Insectos y Arácnidos	Arbitrajes Establecidos Descuentos sobre el precio (Según intensidad)
		Materias Extrañas %	Ganos Dañados		Granos estafa Carbón %	Granos Panza Blanca %	Granos Quebrados y/o Chuzos (1) %					
			Granos ardidos y dañados por calorias %	Total Dañados %								
1	79	0,20	0,50	1,00	0,10	15,00	0,50					Olores comerciales objetables desde 0,5 a 2%.
2	76	0,80	1,00	2,00	0,20	25,00	1,20	0,50	8	14,0	LIBRE	Punta sombreada por tierra desde 0,5 hasta 2%
3	73	1,50	1,50	3,00	0,30	40,00	2,00					Revolcado en tierra desde 0,5 al 2%.
Descuento porcentual a aplicar por c/kg. faltante de PH. o sobre el porcentaje de excedentes	2,0	1,0	1,5	1,0	5,0	0,5	0,5	2,0	2% de merma y gastos de zarandeo	Sirena y gastos de seca	Gastos de fumigación	Punta negra por carbón Desde el 1 al 6%.

LIBRE DE INSECTOS Y ARACNIDOS VIVOS

(1) Son todos aquellos granos o pedazos de granos de trigo pan que pasan por una zaranda de agujeros acanalados de 1,6 mm. de ancho por 9,5 mm. de largo, excluidos los granos o pedazos de granos de trigo pan dañados.

Ilustración 3. Norma de calidad para la comercialización de trigo pan. Norma XX

Fuente: Tomado de [6]

6.6.12 Parámetros fuera de estándar:

De acuerdo a la normativa [6] tendremos que:

- La mercadería que exceda las tolerancias del Grado TRES (3) o que exceda las siguientes especificaciones, será considerada fuera de estándar.
- Humedad: CATORCE POR CIENTO (14%).
- Picado: CERO COMO CINCUENTA POR CIENTO (0,50%).
- Insectos y arácnidos vivos: Libre
- Semillas de trébol de olor (*Melilotus* sp.): OCHO (8) cada CIEN (100) gramos.
- Asimismo, aquel trigo pan que presente olores comercialmente objetables, granos punta negra por carbón, granos punta sombreada por tierra, granos revolcados en tierra, aquel tratado con productos que alteren su condición natural, o que por cualquier otra causa sea de calidad inferior, también será considerado fuera de estándar.

6.7 Calidad Harina

Para la evaluación de la calidad molinera, el rendimiento harinero debe complementarse con el contenido de cenizas de la harina obtenida, que es uno de los parámetros utilizados en nuestro país para tipificar comercialmente las harinas, según el Código Alimentario Argentino en harinas 0000, 000, 00, 0 y 0,50.

La calidad molinera o rendimiento de harina es influenciado por factores ambientales. Cuando el grano de trigo recibe agua de lluvia previa a la cosecha, la absorbe, se hincha, y al secarse nuevamente no recobra su tamaño original. Esto provoca fracturas internas que disminuyen la densidad del grano y su peso hectolítrico, afectando así el rendimiento molinero.

Según [7] en promedio los molinos de harina de trigo obtienen cada 100 Kg de trigo: 50 Kg de harina “000” y 25 Kg de harina “0000”, esta última de mayor valor por contener menos cenizas que la primera. La harina de trigo “0000” resulta más adecuada para la elaboración de productos de pastelería fina, pastas frescas y discos de masa. Es decir, que el rendimiento teórico de la operación de molienda se estima en un 75%.

Las harinas se tipifican de la siguiente manera:

Tipo de Harina	Humedad (g/100g)	Cenizas (g/100g)	Absorción (g/100g)	Volumen de pan
	-máximo-	-máximo-		-mínimo-
0000	15	0,492	52-62	550
000	15	0,650	57-63	520
00	14,7	0,678	58-65	500
0	14,7	0,873	60-67	475
½ 0	14,5	1,350	---	---

Ilustración 4. Tipificación de las harinas de Trigo

Fuente: Tomado de [8]

6.8 *Influencia de la calidad de trigo en el mantenimiento de los equipos*

La calidad del trigo influye de manera directa en el desempeño operativo y en las necesidades de mantenimiento de los equipos de un molino harinero. Las características físicas, químicas y sanitarias del grano condicionan el nivel de desgaste de los componentes, la frecuencia de fallas y la eficiencia del proceso productivo. Un trigo de calidad inadecuada puede incrementar significativamente los costos de mantenimiento y reducir la vida útil de los equipos.

Dentro de las posibles influencias tendremos:

1. Presencia de impurezas

El trigo con alto contenido de impurezas tales como piedras, tierra, metales o restos vegetales provoca:

- Desgaste acelerado en sistemas de limpieza, transportadores, elevadores, rodillos y tamices.
- Daños repentinos en componentes mecánicos, especialmente en rodillos moledores y rodamientos.

- Mayor frecuencia de mantenimiento correctivo por roturas inesperadas.

Provoca aumento de paradas no planificadas y necesidad de inspecciones más frecuentes en equipos de limpieza y molienda.

2. Humedad del grano

Un nivel de humedad fuera de los rangos recomendados afecta el comportamiento del trigo durante la molienda:

- Humedad elevada favorece la adherencia del grano y la acumulación de material en conductos y equipos, generando atascos.
- Humedad insuficiente incrementa la dureza del grano, aumentando el esfuerzo mecánico sobre los rodillos.

Provoca mayor desgaste de rodillos, aumento del consumo energético y necesidad de ajustes y limpiezas periódicas.

3. Dureza del grano

La dureza del trigo determina la resistencia del grano a la trituración:

- Trigos más duros generan mayor fricción y abrasión, acelerando el desgaste de los rodillos.
- Exigen mayor precisión en la regulación de los equipos.

Provoca una reducción de la vida útil de superficies de molienda y mayor frecuencia de calibraciones.

4. Estado sanitario del trigo

La presencia de hongos, insectos o contaminación microbiológica:

- Genera acumulaciones y residuos que afectan el funcionamiento de equipos.
- Obliga a limpiezas más frecuentes para evitar contaminación cruzada.

Provoca un aumento del mantenimiento preventivo de limpieza y mayores exigencias en higiene industrial.

7 Conceptos básicos de mantenimiento

7.1 Máquina

De acuerdo con [9] podríamos definirlo como un conjunto de elementos móviles y fijos, cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía, o realizar un trabajo con un fin determinado. Regularmente, en el ámbito industrial, se asume que una máquina entrega algún tipo de producto tangible, es decir, transforma una materia prima en una pieza verde, o una pieza verde en un producto semiterminado o terminado. Ejemplos: tornos, fresadoras, máquina de corte con láser, etc.

7.2 Equipo

De acuerdo con [9] podríamos definirlo como una colección de utensilios, instrumentos y aparatos especiales para un fin determinado (por ejemplo, “equipo quirúrgico”, “equipo de salvamento”, etc.). También recibe el nombre de equipo cada uno de los elementos de dicho conjunto. Regularmente, en el ámbito industrial, se asume que un equipo presta un servicio o modifica las propiedades de la materia prima/pieza verde/producto semi o terminado que transite por él. Ejemplos: equipos de ventilación, acondicionadores de aire, de cómputo, para temple de piezas, etc.

7.3 Mantenimiento

“Conjunto de actividades (planificadas y coordinadas) que propende a mantener los equipos (de diversa índole), en una condición operativa, lo más cercana posible de su estado teórico o nominal, con el mínimo de inversión (económica, tiempo, insumos), de manera segura para el personal y el medio ambiente, apoyando de manera positiva el cumplimiento de las metas de una organización” [10]

De acuerdo con la definición anterior, podemos remarcar lo siguiente:

El mantenimiento no constituye una actividad estática ni inmutable en el tiempo; por el contrario, se trata de un proceso dinámico que requiere evaluaciones constantes, ajustes y mejoras continuas.

Lejos de ejecutarse de forma rutinaria y sin cambios, el mantenimiento debe adaptarse a las condiciones operativas, al avance tecnológico y a las necesidades productivas. Además, es una función intrínsecamente ligada a la producción, ya que su correcta implementación impacta directamente en la eficiencia, la calidad y la continuidad operativa. Asimismo, el mantenimiento posee un carácter transversal, involucrando a todas las áreas de la organización, desde operaciones y logística hasta recursos humanos y finanzas, lo que lo convierte en un componente estratégico clave dentro de cualquier compañía.

7.4 Objetivos del mantenimiento

De acuerdo con [11] el objetivo fundamental del Mantenimiento es conservar todos los bienes que componen los eslabones del sistema directa e indirectamente afectados a los servicios, en las mejores condiciones de funcionamiento, con un muy buen nivel de confiabilidad, calidad y al menor costo posible.

Los objetivos de mantenimiento deben alinearse con los de la empresa y estos deben ser específicos y estar presentes en las acciones que realice el área. Estos serán:

Máxima producción:

- Asegurar la óptima disponibilidad y mantener la fiabilidad de los sistemas, instalaciones, máquinas y equipos.
- Reparar las averías en el menor tiempo posible.

Mínimo costo:

- Reducir a su mínima expresión las fallas.
- Aumentar la vida útil de las máquinas e instalaciones.
- Manejo óptimo de stock.
- Manejarse dentro de costos anuales regulares.

Calidad requerida:

- Cuando se realizan reparaciones en los equipos e instalaciones, aparte de solucionar el problema, se debe mantener la calidad requerida.
- Mantener el funcionamiento regular de la producción sin distorsiones.
- Eliminar las averías que afecten la calidad del producto.

Conservación de la energía:

- Conservar en buen estado las instalaciones auxiliares.
- Eliminar paros y puestas de marcha continuos.
- Controlar el rendimiento de los equipos

Conservación del medio ambiente:

- Mantener las protecciones en aquellos equipos que pueden producir fugas contaminantes.
- Evitar averías en equipos e instalaciones correctoras de poluciones.

Higiene y seguridad:

- Mantener las protecciones de seguridad en los equipos para evitar accidentes.
- Capacitar al personal sobre normas para evitar los accidentes.
- Asegurar que los equipos funcionen en forma adecuada.

Implicación del personal:

- Obtener la participación del personal para poder implementar mantenimiento.
- Implicar a los trabajadores en las técnicas de calidad.

7.5 Historia del mantenimiento

La evolución del mantenimiento industrial ha estado estrechamente ligada al desarrollo de la tecnología y la producción industrial. Desde los métodos rudimentarios de reparación hasta las estrategias actuales basadas en datos, el mantenimiento ha pasado por diferentes etapas históricas que reflejan la transformación de las necesidades productivas y la complejidad de los equipos. A continuación, se brinda una breve descripción de cada era transcurrida [9]:

7.5.1 Era Preindustrial (antes del siglo XVIII)

Contexto: Sociedades agrícolas y artesanales, con herramientas y equipos simples.

Práctica de mantenimiento:

- Mantenimiento reactivo, es decir, se reparaba únicamente cuando una herramienta o máquina fallaba.
- Realizado por los mismos artesanos o usuarios, sin especialización.
- Materiales y métodos básicos; el conocimiento se transmitía de generación en generación.

Características clave: Bajo nivel tecnológico, baja complejidad de las fallas, impacto reducido en la producción.

7.5.2 Revolución Industrial (siglo XVIII – principios del siglo XX)

Contexto: Aparición de las fábricas textiles, locomotoras a vapor y la mecanización en serie.

Práctica de mantenimiento:

- Comienza a existir personal especializado en reparaciones dentro de las fábricas.
- Mantenimiento correctivo como norma: se intervenía la máquina solo cuando se detenía la producción.
- Creciente necesidad de minimizar los tiempos muertos para mantener la producción continua.

Hitos:

- Primeras organizaciones de mantenimiento en empresas ferroviarias y metalúrgicas.
- Nacen los departamentos de mantenimiento como función formal dentro de la industria.

7.5.3 *Mantenimiento Preventivo (década de 1930 – 1950)*

Contexto: Desarrollo de la producción en masa y la Segunda Guerra Mundial.

Cambio clave: Se reconoce que reparar solo después de la falla es costoso y genera pérdidas significativas.

Características:

- Aparece el mantenimiento preventivo programado: inspecciones, lubricación y reemplazo de piezas en intervalos regulares.
- Se crean manuales técnicos y rutinas de inspección.
- Se estandarizan procedimientos y se empiezan a recopilar datos históricos de fallas.

Impacto: Mayor disponibilidad de equipos y reducción de paradas inesperadas.

7.5.4 *Mantenimiento Productivo y Total (década de 1950 – 1970)*

Contexto: Japón lidera nuevas metodologías de gestión de calidad y producción.

Hitos importantes:

- Surge el TPM (Total Productive Maintenance) en Toyota y otras empresas japonesas.
- Se integra al personal operativo en las tareas básicas de mantenimiento (autonomía del operario).

Características:

- El mantenimiento deja de ser solo responsabilidad del área técnica y se convierte en parte de la cultura organizacional.
- Se orienta a cero averías y cero defectos.

7.5.5 *Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM) – 1970 en adelante*

Contexto: Creciente complejidad de la aviación y la industria nuclear.

Características:

- Surge el concepto de RCM (Reliability-Centered Maintenance) impulsado por la industria aeronáutica estadounidense.
- Se enfoca en analizar modos y efectos de falla para priorizar intervenciones en los equipos más críticos.
- Uso de herramientas como AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Falla) y árboles de decisión.

Beneficio: Optimización de recursos y estrategias de mantenimiento diferenciadas según criticidad.

7.5.6 *Mantenimiento Predictivo y Proactivo (1980 – 2000)*

Contexto: Avances en la instrumentación y tecnologías de monitoreo.

Características:

- Se implementan técnicas de monitoreo de condición (vibraciones, ultrasonido, termografía).
- El objetivo es predecir fallas antes de que ocurran y programar intervenciones con base en datos reales.
- Surge el concepto de mantenimiento proactivo, centrado en eliminar causas raíz de las fallas.

Beneficio: Aumenta la vida útil de los equipos y se reduce el costo total de propiedad.

7.5.7 Mantenimiento en la Industria 4.0 (2010 – actualidad)

Contexto: Digitalización y cuarta revolución industrial.

Características:

- Uso de IoT, Big Data, Inteligencia Artificial y Gemelos Digitales.
- Mantenimiento predictivo avanzado e inteligente, basado en datos en tiempo real.
- Integración con sistemas ERP, MES y plataformas de analítica avanzada.

Beneficio: Mayor precisión en la predicción de fallas, optimización global de recursos y mejora continua del desempeño industrial.

7.6 Sistemas de Mantenimiento

De acuerdo a [9] podemos definir un sistema de mantenimiento como el conjunto estructurado de políticas, procedimientos, recursos humanos, técnicos y materiales destinados a planificar, ejecutar, controlar y mejorar las actividades necesarias para conservar o restaurar el funcionamiento de los activos físicos de una organización. Este sistema integra de manera ordenada todas las acciones preventivas y correctivas orientadas a garantizar la disponibilidad, confiabilidad y seguridad de los equipos, buscando reducir costos operativos y maximizar la eficiencia del proceso productivo.

Un sistema de mantenimiento no solo contempla la reparación de fallas, sino que establece una estrategia global para anticiparse a ellas, gestionando información histórica, priorizando equipos críticos y aplicando metodologías como el mantenimiento basado en condición, preventivo programado y correctivo planificado.

En el contexto industrial, contar con un sistema de mantenimiento bien estructurado permite a las empresas formalizar procesos, estandarizar registros, definir responsabilidades y establecer indicadores de desempeño, constituyendo una herramienta clave para la mejora continua y la competitividad organizacional.

8 Tipos de mantenimiento

8.1 Mantenimiento Correctivo CM (Corrective Maintenance)

El mantenimiento correctivo consiste en ir reparando las averías a medida que se van produciendo. El personal encargado de avisar de las averías es el propio usuario de las máquinas y equipos, y el encargado de realizar las reparaciones es el personal de mantenimiento.

Es la intervención necesaria para poder solucionar un defecto, o una falla funcional ya ocurrida, o que se hace evidente que va a ocurrir una avería mayor (falla potencial). [9]

A su vez, se subdivide de la siguiente manera:

Correctivo de Emergencia:

Tiene lugar cuando ocurre una falla funcional dentro de la jornada de producción de la empresa, y generalmente detiene o trastorna la producción. Puede generar pérdidas de producción, accidentes laborales, incumplimientos a los clientes, problemas de calidad, daños ambientales.

Correctivo programado:

Tiene lugar cuando se hace evidente una falla potencial, pero su efecto no es dramático y permite culminar la jornada o el ciclo de producción, para proceder a realizar las correcciones necesarias.

Se debe evitar la ocurrencia de correctivos de emergencia en las máquinas/equipos indispensables en la producción, pero se puede tolerar en equipos que no sean vitales en ella, por ejemplo, lámparas, prensas de banco.

Por bien administrado que esté el Mantenimiento en una empresa siempre será necesario un porcentaje de Mantenimiento Correctivo programado, debido al normal desgaste y deterioro de los diferentes componentes de las máquinas/equipos.

8.1.1 *Ventajas y Desventajas:*

Ventajas:

- **Menor costo inicial:** a corto plazo, es posible ahorrar dinero al no gastar en mantenimiento preventivo programado.
- **Flexibilidad:** Las reparaciones se realizan según sea necesario, por lo que no se requiere una planificación exhaustiva.
- **Uso completo del equipo:** no hay tiempo de inactividad programado, por lo que el equipo está en uso hasta que falla.

Desventajas:

- **Costos imprevistos:** Las reparaciones pueden ser costosas y pueden ocurrir en momentos inesperados.
- **Tiempo de inactividad no planificado:** las fallas del equipo pueden interrumpir la producción y causar pérdidas de ingresos.
- **Mayor riesgo de daños graves:** una falla puede causar daños graves al equipo o incluso poner en peligro la seguridad del personal si no se detecta y se resuelve a tiempo.
- **Costos:** En el mediano y largo plazo es muy costoso.

8.1.2 *Conclusión:*

Este tipo de mantenimiento actúa una vez que el problema ya se ha manifestado, por lo que su ejecución suele implicar intervenciones inmediatas y no planificadas o, en algunos casos, correctivas pero programadas.

Se centra en corregir los problemas existentes, eliminando sus causas o minimizando sus efectos para que no vuelvan a repetirse en el futuro cercano. Puede incluir desde reparaciones puntuales hasta modificaciones estructurales o de diseño que mejoren el desempeño y la confiabilidad del equipo.

Las acciones más frecuentes en el mantenimiento correctivo incluyen:

- Modificación o sustitución de elementos de máquinas que presentan desgaste o fallas recurrentes.
- Rediseño o ajustes en los procesos de producción para prevenir la repetición del problema.
- Cambios en especificaciones técnicas de componentes o materiales para mejorar su desempeño y durabilidad.
- Ampliaciones o refuerzos en la estructura de los equipos para adaptarlos a nuevas exigencias operativas.
- Revisión integral de los elementos básicos de mantenimiento y conservación, buscando optimizar el rendimiento del equipo en su conjunto.

Aunque el mantenimiento correctivo suele implicar costos más elevados debido a la parada no programada de equipos y al daño secundario que puede ocasionar una falla, su correcta implementación y registro de información permiten retroalimentar el plan de mantenimiento preventivo, reduciendo la probabilidad de reincidencia y mejorando la confiabilidad global del sistema productivo.

8.2 *Mantenimiento Preventivo PM (Preventive Maintenance)*

El mantenimiento preventivo es la ejecución planificada de tareas básicas (Observar, Inspeccionar, calibrar, ajustar, cambiar, lubricar, reparar, etc.), a unas frecuencias predeterminadas, asociadas a cada ciclo productivo en particular. La ejecución de las tareas básicas puede indicar la necesidad de realizar tareas programadas adicionales (mantenimiento correctivo programado, modificaciones, overhaul, etc.). [9]

8.2.1 *Ventajas y Desventajas:*

Ventajas:

- ***Disminución del tiempo de inactividad:*** los problemas se pueden identificar y resolver mediante inspecciones y reparaciones periódicas antes de que afecten la producción.
- ***Mayor vida útil del equipo:*** el mantenimiento regular previene daños al equipo y desgaste excesivo.
- ***Mejorar la seguridad:*** el mantenimiento preventivo puede ayudar a identificar y solucionar problemas de seguridad antes de que dañen a las personas.
- ***Control de costos:*** el mantenimiento preventivo ayuda a evitar costosas reparaciones correctivas y pérdida de ingresos debido a tiempos de inactividad no planificados, aunque requiere una inversión inicial.
- ***Confiabilidad:*** Aumenta la confiabilidad de las máquinas / equipos puesto que operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado y sus condiciones de funcionamiento.
- ***Organización en las tareas:*** Se produce uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento debido a una programación de actividades.

Desventajas:

- ***Costos:*** Implica realizar una inversión inicial y sostenida en infraestructura y mano de obra.
- ***Sobrecargas:*** Si no se priorizan y eligen adecuadamente la cantidad y profundidad de las tareas de mantenimiento, se llegan a generar sobrecargas de trabajo que no aportan al desempeño y rendimiento de las máquinas.
- ***Alto costo en inspecciones.***
- ***Registros de intervenciones:*** Si las variables de control no se registran o contienen errores, esto puede interferir seriamente con la planificación de acciones

preventivas. Estos errores pueden retrasar o acelerar la intervención preventiva, lo que puede generar costes adicionales por piezas de repuesto que no se entregan a tiempo, o retrasar la intervención correctiva.

8.2.2 Pasos para implementar el mantenimiento preventivo

Considerando la inexistencia de un plan formal de mantenimiento y la aplicación predominante de mantenimiento correctivo a la rotura, la implementación de un programa preventivo exige dar respuesta estructurada a los siguientes interrogantes fundamentales:

- ¿Sobre qué máquinas o equipos se intervendrá?
- ¿Qué actividades de mantenimiento se ejecutarán?
- ¿Con qué recursos humanos, herramientas, materiales e insumos?
- ¿Cuándo se realizarán las intervenciones?
- ¿Cuál será el procedimiento técnico de ejecución?
- ¿Cuál es la duración estimada de cada tarea?
- ¿Qué formatos permitirán registrar la información de manera organizada?
- ¿Cómo se evaluará la efectividad del sistema implementado?

Estas preguntas se abordan mediante el desarrollo de las siguientes etapas metodológicas:

- Inventario de equipos
- Codificación de equipos
- Elaboración de Tarjetas Maestras de Datos
- Creación de Hojas de Vida de equipos
- Definición del listado de requerimientos de mantenimiento
- Elaboración de instructivos técnicos
- Programación y balanceo de actividades (tablero de control)

- Diseño de Rutinas Básicas de Mantenimiento (RBM)
- Sistematización y control de la información

8.2.3 Etapas del Plan de Mantenimiento Preventivo

De acuerdo a [9] podemos definir las etapas de la siguiente forma:

Inventario de equipos

El inventario de equipos tiene como propósito identificar y listar todas las máquinas y activos que serán incluidos dentro del Programa de Mantenimiento Preventivo. Esta etapa responde a la pregunta: ¿sobre qué equipos se va a intervenir?

Como resultado se conforma un Archivo Maestro de Máquinas, debidamente estructurado y codificado. La correcta elaboración del inventario es fundamental para evitar tanto la inclusión innecesaria de equipos no críticos como la omisión de activos estratégicos para el proceso productivo.

Codificación de equipos

Una vez consolidado el inventario, se procede a asignar una identificación única a cada máquina o equipo, ya sea numérica o alfanumérica, garantizando trazabilidad y control administrativo.

Un sistema de codificación adecuado debe:

- Permitir identificación rápida del equipo.
- Ser simple, corto y de fácil interpretación.
- Mantener costos razonables de implementación.
- Mantener coherencia con otros sistemas internos.

Tarjeta Maestra de Datos (TMD)

La Tarjeta Maestra de Datos es el documento base que consolida la información técnica, comercial y operativa de cada equipo. Su finalidad es permitir una identificación rápida y completa del activo.

Hojas de Vida de equipos

La Hoja de Vida constituye el archivo histórico del equipo.

Existen dos enfoques:

Visión integral (recomendada)

Incluye TMD, instructivos, cronogramas, RBM, listados de repuestos, planos, catálogos y el historial de mantenimiento.

Visión básica (común en pymes)

Se limita al historial de mantenimiento, donde se registran cronológicamente reparaciones y modificaciones relevantes.

Cuando no existe documentación histórica, es necesario recurrir a entrevistas con el personal operativo y técnico para reconstruir antecedentes técnicos relevantes.

Relación de requerimientos de mantenimiento (LEMI)

Esta etapa define qué tareas se ejecutarán en cada equipo y con qué frecuencia. El resultado es el denominado Maestro de Actividades.

Las fuentes para su elaboración incluyen:

- Manuales del fabricante
- Catálogos técnicos
- Información técnica especializada
- Experiencia del personal

Las tareas suelen clasificarse en cuatro grupos principales (LEMI):

- Lubricación
- Electricidad
- Mecánica
- Instrumentación

Las frecuencias pueden definirse por:

- Tiempo calendario
- Horas de servicio
- Unidades producidas

Instructivos de mantenimiento

Los instructivos son documentos técnicos que describen detalladamente el procedimiento de ejecución de cada tarea.

Deben contener:

- Identificación del equipo
- Código del instructivo
- Recursos humanos requeridos
- Herramientas e insumos
- Procedimiento paso a paso
- Medidas de seguridad
- Tiempo estimado

Se clasifican en:

- ***Genéricos:*** aplicables a varios equipos.
- ***Específicos:*** diseñados para componentes o sistemas particulares.

Estos documentos permiten estandarizar procedimientos, conservar conocimiento técnico y reducir la dependencia de personal específico.

Programación y tablero de control

La programación responde a la pregunta: ¿cuándo se ejecutan las tareas?

Se materializa mediante cronogramas o tableros de control, físicos o digitales, que permiten gestionar frecuencias y generar Órdenes de Trabajo (OT).

Los métodos de programación pueden basarse en:

- Tiempo transcurrido
- Horas reales de operación
- Unidades producidas

Se recomienda realizar balanceo de cargas para evitar semanas con sobrecarga o subutilización del personal.

Rutinas Básicas de Mantenimiento (RBM)

Las RBM son conjuntos organizados de tareas LEMI ejecutadas siguiendo rutas optimizadas dentro de la planta para minimizar tiempos improductivos.

Incluyen actividades como:

- Inspección visual y auditiva
- Limpieza
- Lubricación
- Ajustes y calibraciones
- Revisión de sistemas de seguridad
- Pruebas operativas

Las RBM pueden ejecutarse de manera diaria, semanal o mensual, según criticidad y condiciones operativas.

Documentación y control del mantenimiento

El sistema debe apoyarse en formatos que permitan registrar, controlar y evaluar la gestión del mantenimiento.

Documentos esenciales:

- Maestro de máquinas
- TMD
- Hojas de vida
- Listado LEMI
- Instructivos
- Cronogramas
- RBM
- Órdenes de Trabajo
- Indicadores de desempeño (MTBF, MTTR, disponibilidad)
- Control de costos

Orden de Trabajo (OT)

La Orden de Trabajo es el documento formal que autoriza la ejecución de una actividad de mantenimiento.

Debe contener:

- Fecha de emisión y ejecución
- Equipo intervenido
- Instructivo asociado
- Nombre del ejecutante
- Observaciones
- Firma de conformidad

Se clasifican en:

OT Estándar (OTs): derivadas del plan preventivo.

OT No Estándar (OTnS): correctivos programados, emergencias, modificaciones u overhaul.

8.2.4 Conclusión parcial:

El mantenimiento preventivo se caracteriza por la realización de inspecciones y acciones programadas sobre los equipos después de un determinado periodo de funcionamiento, con el propósito de detectar fallas en etapas incipientes y corregirlas oportunamente. Este enfoque incluye la ejecución de mediciones, ajustes y, cuando es necesario, el reemplazo de piezas o componentes para evitar que se produzcan averías mayores que afecten la continuidad operativa.

8.3 Mantenimiento Predictivo PdM (Predictive Maintenance)

Este mantenimiento consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de fallos, para así determinar en qué periodo de tiempo, ese fallo va a tomar una relevancia importante, y así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, para que ese fallo nunca tenga consecuencias graves.

Una de las características más importantes de este tipo de mantenimiento es que no debe alterar el funcionamiento normal de la planta mientras se está aplicando.

La inspección de los parámetros se puede realizar de forma periódica o de forma continua, dependiendo de diversos factores como son: el tipo de planta, los tipos de fallos a diagnosticar y la inversión que se quiera realizar.

El Mantenimiento Predictivo es una fase avanzada del Preventivo, y se efectúan por un lado ensayos o pruebas sobre partes de las máquinas/equipos, y complementariamente se hacen mediciones de variables de operación. [9]

8.3.1 Ventajas y Desventajas:

Ventajas:

- Reduce el tiempo de parada al conocerse exactamente que órgano es el que falla.

- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- Requiere una plantilla de mantenimiento más reducida.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico y operacional muy útil en estos casos.
- Permite conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Permite la toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Garantiza la confección de formas internas de funcionamientos o compras de nuevos equipos.
- Muchos de los ensayos, pruebas y mediciones se hacen con la máquina en operación, por lo tanto, la afectación al proceso productivo es mínima.
- Ayuda a prolongar la vida útil de los equipos al prevenir el desgaste.
- Ayuda a mejorar la seguridad en el lugar de trabajo al identificar y abordar los problemas de seguridad antes de que representen un riesgo para el personal.

Desventajas:

- Requiere una inversión inicial costosa, ya que muchas de sus técnicas y ensayos implican inversión en equipos costosos.
- Implica disponer de personal calificado tanto para la utilización del equipo como para el análisis de la información.
- Muchas de las técnicas y ensayos que se realizan pueden indicar la falla en gestación, pero no su causa, por lo que es fundamental la labor de personal especializado.

8.3.2 *Técnicas de ensayos de mantenimiento predictivo*

Algunas de las herramientas y los ensayos del mantenimiento predictivo más frecuentemente usados son:

- Análisis de Aceite.
- Termografía (análisis infrarrojo).
- Análisis de vibración.
- Monitoreo de motores eléctricos y análisis de las condiciones.
- Alineado de precisión y dispositivos de balanceo.
- Monitores de tonelaje.
- inspección mediante partículas magnéticas.
- inspección por ultrasonido.
- inspección radiográfica.
- inspección mediante líquidos penetrantes.

8.4 *Mantenimiento Productivo Total TPM (Total Productive Maintenance)*

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una metodología de gestión del mantenimiento basada en la participación de todos los niveles de la organización, desde operarios hasta directivos, para lograr una operación eficiente y sin interrupciones.

TPM busca maximizar la eficiencia global de los equipos (OEE – Overall Equipment Effectiveness) mediante el desarrollo de actividades preventivas, predictivas y de mejora continua, promoviendo la autonomía del operario en el cuidado básico de los equipos y eliminando pérdidas derivadas de fallas, tiempos muertos y defectos en la producción. [9]

8.4.1 *Ventajas y Desventajas:*

Ventajas:

- Mayor disponibilidad y confiabilidad de los equipos, reduciendo tiempos de paro no planificados.
- Reducción de costos de mantenimiento y producción a mediano y largo plazo.
- Incremento de la eficiencia global (OEE) y productividad de la planta.
- Mejora del compromiso y participación del personal, fomentando la cultura del trabajo en equipo.
- Disminución de fallas recurrentes y defectos de calidad mediante inspecciones autónomas y mejora continua.
- Integración entre áreas de mantenimiento, producción y calidad, alineando objetivos comunes.

Desventajas:

- Alta inversión inicial en capacitación, cultura organizacional y rediseño de procesos.
- Tiempo prolongado de implementación (puede requerir años para alcanzar su madurez).
- Resistencia al cambio por parte del personal, especialmente en organizaciones con baja cultura preventiva.
- Necesidad de compromiso total de la dirección y todos los niveles jerárquicos para que funcione.
- Requiere seguimiento constante y evaluación de indicadores para evitar que pierda efectividad.

8.5 *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM (Reliability Centered Maintenance)*

RCM es una filosofía de gestión de Mantenimiento, que optimiza la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, en función de cuán críticos son los activos, tomando en cuenta los posibles efectos que originarán los modos de falla de dichos activos, sobre la seguridad, al ambiente y a las operaciones.

En este sistema de mantenimiento se pone especial énfasis en el funcionamiento global del sistema, más que en el de cada máquina/equipo individualmente; un equipo no es intrínsecamente importante, sino por la función que desempeñe dentro de un proceso productivo. El conocimiento de la confiabilidad y la disponibilidad de un equipo permiten planear la producción e incluso disponer de planes de contingencia.

El RCM se apoya en estadísticas de falla, con las cuales se lleva a cabo un análisis de criticidad (CA) de las secciones o áreas de la planta y posteriormente se determina la criticidad de los subsistemas que conforman las máquinas/equipos, que hayan sido clasificados como críticos, aplicando una metodología de Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) obteniendo un parámetro llamado Número de Prioridad de Riesgo (NPR); posteriormente, se pasa a determinar un plan de acción para dicho subsistema; el plan de acción puede indicar la aplicación de correctivo, preventivo, predictivo, instalar unidades redundantes o rediseñar el subsistema

8.5.1 *Ventajas y Desventajas:*

Ventajas:

- Priorización de recursos hacia los equipos y fallas más críticas.
- Reducción de fallas inesperadas y mayor confiabilidad operativa.
- Optimización de costos de mantenimiento, eliminando tareas innecesarias o de bajo impacto.
- Enfoque en seguridad y medio ambiente, minimizando riesgos asociados a fallas catastróficas.
- Mejora de la disponibilidad y productividad al reducir paradas no planificadas.
- Base sólida para planes preventivos y predictivos más eficientes.

Desventajas:

- Alto costo inicial y tiempo de implementación, debido al análisis detallado requerido.
- Necesidad de información histórica confiable sobre fallas y desempeño de los equipos.
- Requiere personal especializado en análisis de criticidad y metodologías de confiabilidad.
- Complejidad en plantas pequeñas o con bajo nivel de registros técnicos.
- Puede generar resistencia al cambio si no se comunica y gestiona adecuadamente.

8.6 Mantenimiento Basado en el Riesgo RBM (Risk Based Maintenance)

Es una metodología que prioriza las tareas de mantenimiento en función del nivel de riesgo que representan las fallas potenciales de los equipos. Combina la probabilidad de falla con las consecuencias de dicha falla (en seguridad, medio ambiente, costos y producción) para asignar recursos de manera más eficiente.

El RBM se utiliza ampliamente en industrias donde el impacto de una falla puede ser crítico, como alimentaria, petroquímica, energía y minería, ya que permite focalizar el mantenimiento en los equipos que representan mayor riesgo para la operación.

8.6.1 Fundamentos de Aplicación

El RBM se basa en dos conceptos principales:

- **Probabilidad de Falla (Pf):** frecuencia o probabilidad estimada de que ocurra una falla en un equipo.
- **Consecuencia de la Falla (Cf):** impacto que tendría esa falla en términos de seguridad, medio ambiente, producción o costos.

El riesgo se calcula como:

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{Consecuencia}$$

8.6.2 Ventajas y Desventajas:

Ventajas:

- Optimización de recursos, enfocando esfuerzos en los equipos que representan mayor riesgo.
- Reducción de fallas catastróficas que puedan afectar la seguridad, medio ambiente o producción.
- Mejora de la confiabilidad y disponibilidad de los equipos más críticos.
- Permite priorizar inversiones en mantenimiento y reemplazo de activos.
- Flexibilidad, se adapta a diferentes tipos de industrias y tamaños de planta.
- Complementa otras metodologías como RCM y TPM.

Desventajas:

- Alta dependencia de datos confiables: se requiere historial de fallas y consecuencias bien documentado.
- Puede ser costoso y complejo en su fase inicial de implementación.
- Necesidad de personal capacitado en análisis de riesgo y mantenimiento.
- No elimina la subjetividad en la evaluación cualitativa de riesgos si no hay datos suficientes.
- Requiere actualización constante debido a cambios en operación, procesos o entorno.

8.7 Conclusión parcial respecto de los sistemas de mantenimiento

Si bien metodologías como el mantenimiento predictivo, el RCM o el mantenimiento basado en riesgo ofrecen importantes beneficios, su aplicación en PYMEs del sector molinero suele verse limitada por la falta de recursos tecnológicos, económicos y de personal especializado. En el caso del Molino San Luis S.A.S., estas metodologías se consideran como una proyección a largo

plazo, priorizándose en la presente investigación la implementación de un sistema de mantenimiento preventivo y correctivo como base para una futura evolución del sistema de gestión.

8.8 Finalidad del mantenimiento

La finalidad del mantenimiento es conseguir el máximo nivel de efectividad en el funcionamiento del sistema productivo y de servicios con la menor contaminación del medio ambiente y mayor seguridad para el personal al menor costo posible.

Lo que implica conservar el sistema de producción y servicios funcionando con el mejor nivel de fiabilidad posible, reducir la frecuencia y gravedad de las fallas, aplicar las normas de higiene y seguridad del trabajo, minimizar la degradación del medio ambiente, controlar, y por último reducir los costos a su mínima expresión. [11]

8.9 Variables del mantenimiento:

De acuerdo con [12] podemos definir las variables de la siguiente manera:

8.9.1 Calidad.

El mantenimiento debe tratar de evitar las fallas, reestablecer el sistema lo más rápido posible, dejándolo en condiciones óptimas de operar a los niveles de producción y calidad exigida.

8.9.2 Seguridad.

Está referida al personal, instalaciones, equipos, sistemas y máquinas, no puede ni debe dejársela a un costado, con miras a dar cumplimiento a demandas pactadas.

8.9.3 Costo.

La competencia nos obliga a bajar permanentemente los precios, por lo que se deben optimizar los procesos.

8.9.4 Entrega / Plazo.

El tiempo de entrega y el cumplimiento de los plazos previstos son variables que tienen también su importancia, en el mantenimiento, el tiempo es un factor preeminente.

9 Factores del mantenimiento

En la gestión del mantenimiento industrial, la disponibilidad, la confiabilidad y la mantenibilidad constituyen los tres factores fundamentales que determinan el desempeño operativo de los activos físicos. Estos conceptos se encuentran estrechamente interrelacionados y no pueden analizarse de manera aislada, ya que el comportamiento de uno influye directamente sobre los demás. [13]

La confiabilidad se vincula con la probabilidad de que un equipo funcione sin fallar durante un período determinado bajo condiciones específicas de operación. La mantenibilidad, por su parte, expresa la facilidad y rapidez con que un equipo puede ser intervenido y restaurado a condiciones operativas una vez que se produce una falla. Finalmente, la disponibilidad refleja el resultado conjunto de ambos conceptos, al indicar el grado en que un equipo se encuentra efectivamente apto para operar cuando es requerido.

Desde un enfoque sistémico, puede afirmarse que:

- Un equipo con alta confiabilidad fallará con menor frecuencia.
- Un equipo con alta mantenibilidad podrá ser reparado en menor tiempo cuando falle.
- La disponibilidad será elevada únicamente cuando se combinen niveles adecuados de confiabilidad y mantenibilidad.

Por lo tanto, la gestión del mantenimiento no debe centrarse exclusivamente en evitar fallas, sino también en reducir los tiempos de intervención y restablecimiento, optimizando el equilibrio entre estos factores en función de los objetivos productivos y de los recursos disponibles.

A continuación, podremos ver la manera en que se interrelacionan estos factores:

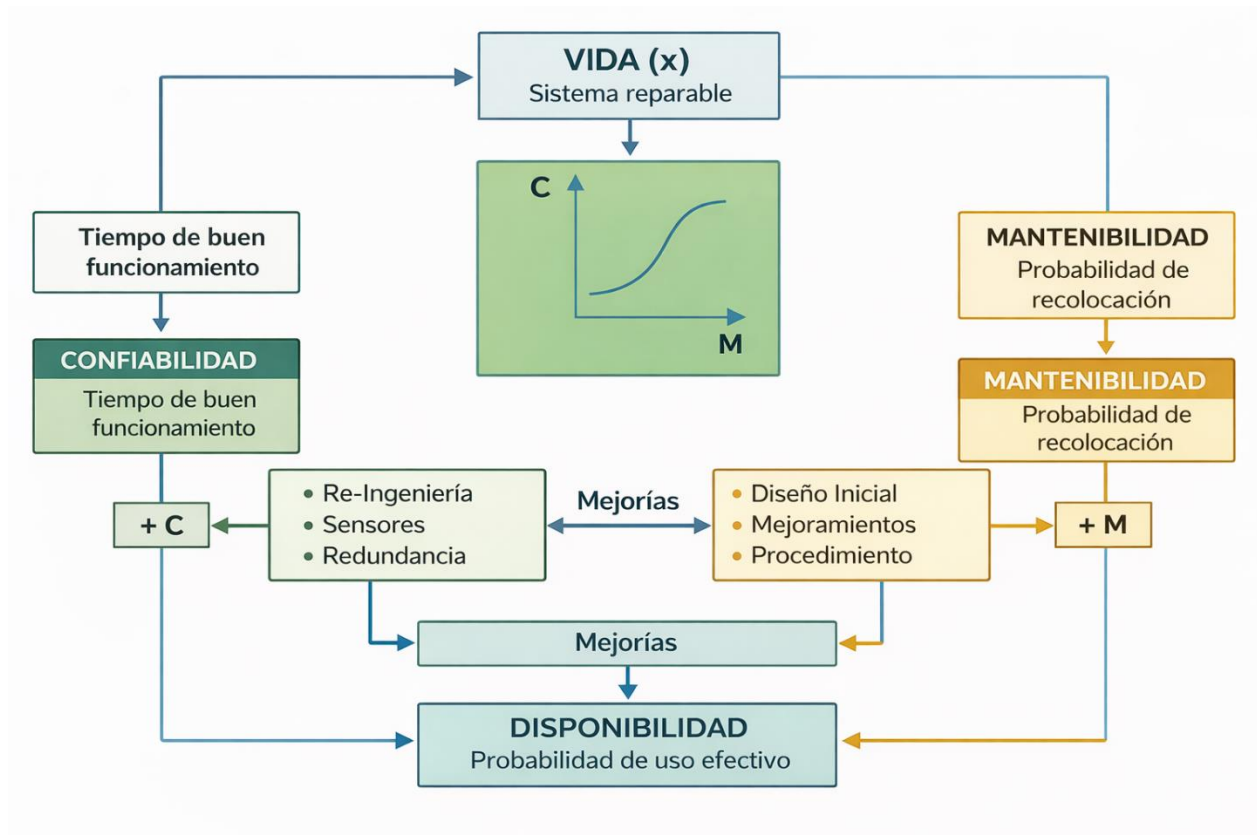


Ilustración 5. Interrelación de los factores de mantenimiento
Fuente: Elaboración Propia, basada en [13]

9.1 Confiabilidad

La confiabilidad se define como la probabilidad de que una máquina, equipo o sistema desempeñe la función para la cual fue diseñado, sin presentar fallas, durante un período de tiempo determinado y bajo condiciones específicas de operación. [13]

Está asociada principalmente a:

- El diseño del equipo.
- La calidad de los componentes.
- Las condiciones de operación.
- El nivel de desgaste.
- La correcta ejecución de tareas de mantenimiento preventivo.

- La confiabilidad no implica ausencia total de fallas, sino un comportamiento controlado y dentro de límites aceptables.

9.1.1 Indicador asociado a la confiabilidad

Uno de los indicadores más utilizados para medir la confiabilidad es el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF – Mean Time Between Failures), el cual representa el tiempo promedio de operación de un equipo entre una falla y la siguiente. Un valor elevado de MTBF indica un alto nivel de confiabilidad.

$$MTBF = \frac{Hs. \text{ totales del periodo analizado}}{Cantidad \text{ de averías}}$$

9.2 Mantenibilidad

La mantenibilidad se refiere a la capacidad de una máquina, equipo o sistema para ser reparado, ajustado o restaurado a su condición operativa en un tiempo determinado, utilizando procedimientos y recursos establecidos. [14]

Este factor está vinculado no tanto a la frecuencia de las fallas, sino a la facilidad de intervención cuando estas ocurren. Un equipo puede ser poco confiable (fallar con frecuencia), pero altamente mantenible si sus reparaciones son rápidas y sencillas.

La mantenibilidad depende de:

- El diseño del equipo (accesibilidad a componentes).
- La estandarización de repuestos.
- La disponibilidad de herramientas.
- El nivel de capacitación del personal.
- La existencia de procedimientos y documentación técnica.

9.2.1 Indicador asociado a la mantenibilidad

El indicador más representativo es el Tiempo Medio de Reparación (MTTR – Mean Time To Repair), que expresa el tiempo promedio necesario para devolver un equipo a su estado operativo tras una falla. Un MTTR bajo indica una alta mantenibilidad.

$$MTTR = \frac{\text{Cantidad de horas de paro por averías}}{\text{Cantidad de averías}}$$

9.3 Disponibilidad

La disponibilidad es el grado en que un equipo o sistema se encuentra en condiciones de operar cuando es requerido, considerando tanto el tiempo de funcionamiento como el tiempo fuera de servicio por fallas o mantenimiento.

La disponibilidad es el indicador que mejor refleja el impacto del mantenimiento sobre la producción, ya que expresa de manera directa la capacidad real del equipo para cumplir con los requerimientos del proceso productivo. [14]

9.3.1 Relación con confiabilidad y mantenibilidad

La disponibilidad está directamente determinada por la combinación de la confiabilidad y la mantenibilidad.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)}$$

De esta relación se desprende que:

- Un aumento del MTBF (mejor confiabilidad) incrementa la disponibilidad.
- Una reducción del MTTR (mejor mantenibilidad) incrementa la disponibilidad.
- Una baja en cualquiera de estos factores impacta negativamente en la disponibilidad global del equipo.

En síntesis, la confiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad conforman un sistema integrado de desempeño del mantenimiento, donde la mejora de uno de los factores, sin considerar los demás, resulta insuficiente. La gestión eficiente del mantenimiento debe orientarse a incrementar la confiabilidad de los equipos mediante acciones preventivas, al mismo tiempo que

se optimiza la mantenibilidad para reducir los tiempos de intervención, logrando así niveles de disponibilidad compatibles con los objetivos productivos y las restricciones de recursos propias de una PYME industrial.

10 Fallas y estados asociados

10.1 Falla

Se entiende por falla toda condición anómala que interrumpe, limita o impide el funcionamiento normal de una máquina, equipo o instalación. La falla puede manifestarse como un deterioro progresivo, un desperfecto repentino o una pérdida parcial de la capacidad operativa, generando consecuencias directas sobre la producción, la calidad del producto, la seguridad del personal y la disponibilidad de los activos. [11]

En el contexto industrial, y particularmente en un molino de harina, las fallas representan no solo interrupciones técnicas, sino también impactos económicos y organizativos, dado que suelen ocasionar paradas no planificadas, disminución en la eficiencia del proceso y riesgos en la continuidad del servicio al cliente.

10.2 Clasificación:

En los sistemas industriales, las fallas pueden clasificarse desde distintos enfoques.

10.2.1 De acuerdo con la manera en que se manifiestan en los equipos o instalaciones

Bajo este criterio, se reconocen dos tipos principales: fallas repentinas y fallas progresivas. [14]

10.2.1.1 Fallas repentinas:

Son aquellas que ocurren de manera inesperada, sin dar señales previas que permitan anticipar su aparición. Generalmente se asocian a la rotura inmediata de un componente, al fallo súbito de un sistema eléctrico o electrónico, o a la combinación de circunstancias que no pueden ser previstas. Este tipo de fallas suele provocar la detención inmediata del equipo, afectando directamente la continuidad de la producción.

10.2.1.2 Fallas progresivas:

Se producen de manera gradual, como consecuencia del desgaste paulatino, la abrasión, la corrosión, la falta de ajustes o el uso prolongado de un componente. A diferencia de las repentinas, estas fallas suelen dar señales anticipadas que permiten identificarlas a tiempo mediante inspecciones, monitoreo de condiciones o rutinas de mantenimiento. Su detección temprana posibilita programar reparaciones o reemplazos, evitando una avería mayor.

10.2.2 De acuerdo a la vida útil de un bien

Según el momento de la vida útil de un bien se los puede clasificar como: fallas tempranas, adultas y tardías. [13]

10.2.2.1 Fallas tempranas:

Son aquellas que ocurren al comienzo de la vida útil de los equipos y constituyen un pequeño porcentaje del total de la falla. Se presentan generalmente de manera inesperada y pueden ocasionar graves daños. Pueden ser ocasionadas por problemas de materiales, de diseño o montaje.

10.2.2.2 Fallas adultas:

Son aquellas que se presentan con mayor frecuencia durante la vida útil de los equipos. Son consecuencias de las condiciones de operación y se producen de manera paulatina.

10.2.2.3 Fallas tardías:

Son aquellas que se presentan al final de la vida útil de los equipos, cuando el desgaste acumulado provoca la pérdida de la función.

10.3 Estado teórico o nominal de una máquina / equipo

Aquella condición operativa y de funcionamiento que debe poseer una máquina/equipo cuando sale de fábrica; el *estado teórico* debe ser redefinido en la medida que el equipo haya

trabajado x cantidad de tiempo, debido a que sufre una degradación normal que aleja su nivel de rendimiento de la inicial, en este caso se habla de *estado nominal*. [9]

10.4 Estado real de una máquina/equipo

Aquel estado que exhibe la máquina/equipo en cualquier momento de su operación. El estado real puede coincidir o no, con los *estados teórico y nominal*. [9]

11 Herramientas de diagnósticos de fallos

En los sistemas de mantenimiento industrial, la identificación y análisis de fallas constituye una actividad fundamental para mejorar la confiabilidad de los equipos y reducir la recurrencia de eventos no deseados. La simple reparación de una avería, sin comprender sus causas, conduce a un enfoque reactivo que incrementa los costos, disminuye la disponibilidad y limita la eficiencia operativa.

Las herramientas de diagnóstico de fallas permiten analizar de manera sistemática los modos de falla, sus causas y sus consecuencias, facilitando la toma de decisiones orientadas a la prevención y a la mejora continua. Estas metodologías se diferencian principalmente por su enfoque temporal: algunas se aplican antes de que ocurran las fallas (enfoque preventivo), mientras que otras se utilizan una vez ocurrido el evento (enfoque correctivo). [11]

Entre las herramientas más utilizadas en la gestión del mantenimiento se encuentran el Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMFE), el Análisis Causa–Consecuencia y el Análisis de Causa Raíz (ACR), cada una con objetivos, alcances y niveles de profundidad distintos.

11.1 Análisis de modo y efecto de falla (AMFE)

El Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMFE) es una herramienta sistemática y preventiva que permite identificar los posibles modos de falla de un equipo, proceso o sistema, analizar sus efectos y priorizar acciones para reducir el riesgo asociado a dichas fallas. [13]

El enfoque del AMFE consiste en anticiparse a los problemas potenciales antes de que ocurran, evaluando de manera estructurada:

- Cómo puede fallar un equipo (modo de falla),
- Qué consecuencias genera dicha falla (efecto),
- Cuál es la causa probable,
- Qué tan grave es el impacto,
- Con qué frecuencia puede ocurrir,
- Qué tan fácil es detectar la falla antes de que se manifieste.

Cada modo de falla se evalúa mediante tres criterios:

- **Severidad (S):** impacto de la falla sobre la producción, la seguridad, la calidad o el ambiente.
- **Ocurrencia (O):** probabilidad de que la falla se produzca.
- **Detección (D):** probabilidad de detectar la falla antes de que genere consecuencias.

La combinación de estos factores permite calcular el Número de Prioridad de Riesgo (NPR), el cual se utiliza para jerarquizar los modos de falla y definir prioridades de intervención.

Desde el punto de vista del mantenimiento, el AMFE resulta especialmente útil para:

- Identificar equipos críticos.
- Definir planes de mantenimiento preventivo.
- Reducir fallas repetitivas.
- Optimizar el uso de recursos en entornos con limitaciones.
- Se orienta a la prevención y priorización de riesgos antes de que ocurran las fallas.

11.1.1 Fases de implementación:

1. Identificar el funcionamiento o las funciones de cada equipo.
2. Una vez identificado las funciones y los estándares, identificar como pueden fallar cada elemento en la realización de sus funciones.

3. Identificar los modos de fallas que tienen mayor posibilidad de pérdida de una función.
4. Registrar que efectos pueden ocurrir al momento de una falla, esto permitirá identificar que mantenimiento es necesario.
5. Al momento de una falla, identificar qué clase de consecuencia se presenta.

11.2 Análisis Causa – Consecuencia, Diagrama de Ishikawa

El Análisis Causa–Consecuencia es una herramienta gráfica que permite representar de manera lógica y estructurada la relación entre un evento no deseado y las posibles causas que lo originan, así como las consecuencias derivadas de dicho evento.

Este tipo de análisis parte de una falla o evento central (por ejemplo, la detención de un equipo) y se desarrolla en dos direcciones:

- Hacia atrás, identificando las causas que pueden haber provocado el evento.
- Hacia adelante, analizando las consecuencias que se generan a partir de la falla.

El Diagrama causa-efecto permite ubicar las causas raíz de un problema, en función de la partición (de manera lógica y concisa) de los diferentes factores que intervienen en el proceso.

Nos permite comprender la falla como parte de un sistema, evitando interpretaciones simplistas o reducidas a una única causa. Además, facilita la identificación de relaciones entre factores técnicos, humanos y organizacionales. [11]

En la gestión del mantenimiento, esta herramienta es particularmente valiosa para:

- Analizar fallas complejas o multifactoriales.
- Evaluar impactos sobre la producción y la seguridad.
- Identificar puntos críticos donde es posible actuar de manera preventiva o correctiva.

Su carácter visual favorece la comprensión y el trabajo en equipo, lo que resulta especialmente adecuado para organizaciones con bajo nivel de formalización de procesos; permitiendo comprender el impacto sistémico de una falla y sus interrelaciones.

Su esencia se basa en la premisa de que en un problema en un proceso productivo puede tener unas causas principales o mayores, representadas en:

Maquinaria: Representa todo lo que tiene que ver con la máquina/equipo en sí, es decir, mal elegido, mal alistado, en mal estado, mal calibrado, mal ajustado, mal programado, etc.

Mano de obra: Hace referencia a la persona; su estado de ánimo, el ambiente laboral, su Actitud frente al trabajo.

Método: Estudia la forma en que se hacen las cosas. Depende mucho de la capacitación y de la formación del operario y no con la actitud (la cual se valora en Mano de Obra).

Materia prima o Materiales: Estudia el aporte de la materia prima, por ejemplo, materia prima mal seleccionada, en mal estado, por fuera de parámetros, mal dimensionada, etc.

Metrología: Analiza el aporte que hacen los instrumentos de medición en el problema en estudio. Mal seleccionado, en mal estado, mal utilizado, Mal ajustado, mal calibrado, etc.

El Diagrama causa-efecto consta de encabezado y espina de pescado.

Encabezado: Título, Fecha de realización, Área de la Empresa, Integrantes del equipo de estudio.

Espina de pescado:

Rectángulo principal, se ubica a la derecha del diagrama, y allí se escribe el problema, la característica de calidad o defecto a estudiar.

Línea Principal o espina central (columna vertebral).

Líneas inclinadas que llegan a la línea central. Enlazan las causas mayores con la línea principal.

Rectángulos secundarios, en los extremos de las líneas inclinadas. En estos se escriben las causas mayores que tienen relación sobre el efecto estudiado.

Líneas secundarias (espinas). Dan cuenta de cada una de las causas menores que provocan la causa mayor.

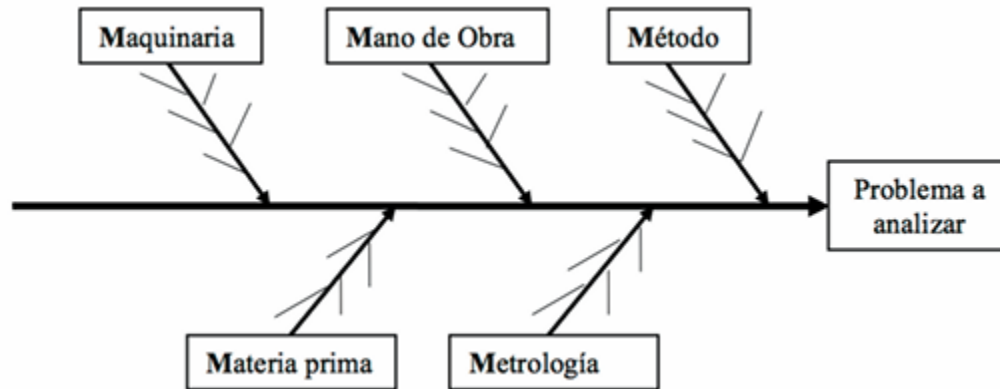


Ilustración 6. Diagrama de Ishikawa

Fuente: Tomado de [15]

11.2.1 Metodología para Diagrama de Ishikawa

El método consiste en desagregar el problema hasta determinar la causa (o causas) que lo están provocando; a esta causa se le llama causa raíz.

Se comienza a desglosar cada una de las causas mayores, colocando líneas o flechas secundarias con causas menores. A partir de este análisis se puede llegar a determinar cuál es el peso de cada una de las causas mayores y menores en el problema estudiado. Una vez determinadas las causas raíz de un problema, es necesario entrar a plantear soluciones, implementarlas y, posteriormente, realizar mediciones que permitan validar el efecto de las correcciones.

11.3 Análisis de Causa Raíz (ACR)

El Análisis de Causa Raíz (ACR) es una metodología orientada a identificar la causa fundamental que origina una falla o problema recurrente, con el objetivo de eliminarla de manera definitiva y evitar su repetición. [16]

A diferencia de otros enfoques, el ACR no se conforma con identificar causas inmediatas o síntomas visibles, sino que profundiza en las causas subyacentes, que suelen estar relacionadas con deficiencias en los procesos, en la gestión o en la capacitación del personal.

El análisis se basa en la formulación sistemática de preguntas, comúnmente conocidas como la técnica de los “cinco porqués”, que permiten profundizar progresivamente hasta alcanzar la

causa raíz del problema. Este enfoque puede complementarse con diagramas causa–efecto u otras herramientas de apoyo.

En el ámbito del mantenimiento, el ACR resulta fundamental para:

- Reducir la reincidencia de fallas.
- Mejorar la confiabilidad de los equipos.
- Corregir deficiencias organizacionales o procedimentales.
- Transformar el mantenimiento correctivo reactivo en correctivo planificado.

La aplicación del ACR requiere información confiable, registros históricos y participación del personal involucrado, lo que lo convierte en una herramienta clave para la mejora continua en sistemas de mantenimiento en proceso de formalización.

Se enfoca en la eliminación definitiva de problemas recurrentes una vez ocurridos.

11.3.1 Metodología para ACR

De acuerdo a [17] los pasos para llevar a cabo el ACR son:

1. Define el problema

Antes de identificar la causa de un problema, primero hay que entenderlo por completo.

Empieza por definir claramente el problema para comprender plenamente la situación. Este proceso implica recopilar datos, examinar procesos y determinar el impacto del problema en su organización.

Estas son algunas preguntas que pueden ayudarte a definir el problema que desea resolver:

- ¿Cuál es el problema? ¿Puedes describirlo con detalle?
- ¿Cuándo empezó el problema y con qué frecuencia se produce?
- ¿A quién afecta el problema?
- ¿Cuál es el impacto del problema en la organización, los clientes o las partes interesadas?

- ¿Cuáles son los procesos o sistemas actuales afectados por el problema?
- ¿De qué recursos se dispone para solucionar el problema, incluidos personal, presupuesto y tecnología?

Estas preguntas te permitirán comprender mejor el problema, elaborar un planteamiento claro y establecer el alcance y la dirección de tu análisis de causa raíz.

2. Recopila información

A continuación, recopila datos e información relevantes sobre el problema. Ponte en contacto con todas las personas implicadas o afectadas por el problema y pídeles su opinión. Entrevista a las partes interesadas, encuesta a los empleados y revisión de datos y registros históricos. La observación de los procesos o sistemas afectados por el problema puede aportar información de primera mano sobre la cuestión.

3. Identifica posibles causas

Utiliza los datos recopilados para identificar los posibles factores que contribuyen al problema. Organizar una lluvia de ideas con personas que tengan conocimientos o experiencia relacionados con el problema. Anima a todos a generar tantas causas posibles como sea posible sin juzgarlas.

A continuación, organiza las posibles causas en categorías, como causas físicas, causas humanas y causas organizativas. Categorizar las causas potenciales puede ayudar a identificar temas y patrones comunes.

4. Analiza las causas

Una vez que hayas reunido suficientes causas potenciales, analiza detenidamente cada una de ellas. En este punto, tu equipo debería haber generado un número significativo de posibles razones del problema, y no todas serán relevantes.

Profundiza en cada causa, decidiendo la probabilidad de que sea lo que está causando el problema. Decide si se trata de una sola causa o de varias causas interconectadas.

Tras un cuidadoso análisis y discusión con tu equipo, deberías terminar este paso con una buena idea de lo que está causando el problema.

5. Desarrolla y aplica soluciones

Ya has identificado el problema y sus causas. Ahora es el momento de centrarse en las soluciones.

Basándote en tu análisis, desarrolla acciones correctivas que aborden el problema subyacente.

6. Supervisa los resultados

Aplica las medidas correctoras y controla los resultados para asegurarte de que funcionan según lo previsto. Puede que descubras que hay problemas adicionales que deben abordarse.

Este paso puede implicar la revisión de las métricas de rendimiento, la recopilación de comentarios y la realización de evaluaciones de seguimiento para garantizar que el problema se ha resuelto por completo. Si el problema sigue sin resolverse, revisa tu solución o considera otras posibles causas.

12 Justificación

Actualmente, la **política de mantenimiento**¹ implementada en el molino se basa en la atención de fallas únicamente después de que éstas se han producido, sin contar con registros, datos históricos o un sistema formal de control. En numerosas ocasiones, debido a la necesidad urgente de restablecer la operación, se recurre a la adaptación de piezas provenientes de otros equipos, priorizando la disponibilidad inmediata sobre la estandarización y la calidad de las reparaciones.

¹ **Política de Mantenimiento Molino San Luis S.A.S.:** <https://sites.google.com/view/molino-san-luis-sas/p%C3%A1gina-principal>

Esta situación genera un impacto significativo en el proceso productivo, provocando paradas no planificadas, incumplimientos en los compromisos con los clientes y condiciones laborales inseguras para el personal de planta. Además, la ausencia de una estrategia preventiva impide anticipar fallas, incrementando los costos y reduciendo la eficiencia global de la operación.

El presente trabajo surge como respuesta directa a estas problemáticas, con el propósito de diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos críticos, así como establecer lineamientos claros para la ejecución de análisis correctivos de calidad. Se busca con ello aumentar la disponibilidad de los equipos, optimizar el proceso productivo, reducir costos, incrementar la productividad y mejorar la capacidad de respuesta frente a las demandas del mercado, fortaleciendo así la competitividad de la empresa.

Desde el ámbito universitario, esta investigación se justifica en la medida en que constituye un ejercicio de aplicación práctica del conocimiento adquirido, evidenciando la capacidad de los estudiantes para diagnosticar y proponer soluciones viables a problemas reales del entorno industrial. Una tesis de este tipo no sólo contribuye al desarrollo profesional del autor, sino que también ofrece un valor tangible a la empresa objeto de estudio, fortaleciendo su imagen y posicionamiento a nivel nacional.

13 Estado del arte

El estado del arte en materia de mantenimiento industrial muestra una transición desde modelos correctivos hacia sistemas preventivos y predictivos soportados por tecnologías de la Industria 4.0. A nivel internacional, empresas líderes en el sector molinero incorporan sensores para monitoreo en tiempo real y metodologías como TPM y RCM para optimizar sus operaciones. En el contexto nacional, si bien existen avances en grandes plantas, las pymes aún dependen mayormente de prácticas correctivas sin registros ni planificación formal. En el caso particular de Molino San Luis S.A.S., esta carencia se traduce en paradas no programadas y un uso ineficiente de los recursos, lo que motiva el desarrollo del presente proyecto para implementar un sistema integral de mantenimiento adaptado a su realidad productiva.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

14 Tipo de investigación

El presente trabajo se enmarca en una investigación de tipo aplicada, ya que busca resolver un problema concreto de gestión de mantenimiento en la empresa Molino San Luis S.A.S., mediante la implementación de un sistema de mantenimiento preventivo y correctivo. Se adopta un enfoque descriptivo, dado que se analizan y documentan las condiciones actuales de los equipos y procesos productivos, así como la situación del mantenimiento en la organización. El diseño de investigación es no experimental, de campo, y corresponde a un estudio de caso, puesto que la información se obtiene directamente en la planta del molino, sin manipular las variables, observando la realidad tal y como se presenta y proponiendo soluciones basadas en evidencias y buenas prácticas del sector.

14.1 Área de estudio

El presente trabajo se desarrollará en la pyme Molino San Luis S.A.S. en la ciudad de Villa Mercedes, San Luis.

14.2 Definición de la Población y muestra

La población de estudio está compuesta por todos los equipos críticos de la planta, así como el personal involucrado en las actividades de operación y mantenimiento.

La muestra se seleccionó mediante un muestreo intencional, tomando en cuenta:

- Equipos cuya falla genera paradas completas de producción.
- Áreas con mayor incidencia de averías según reportes y entrevistas.
- Operarios con experiencia directa en dichos equipos.

14.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para obtener la información se emplearon las siguientes técnicas:

- **Observación directa:** Recorridos en planta para identificar condiciones físicas de los equipos, hábitos de operación y cumplimiento de procedimientos.
- **Entrevistas semiestructuradas:** Realizadas a operarios y a jefe de producción para conocer prácticas, problemas recurrentes y sugerencias.
- **Revisión documental:** Manuales de equipos y reportes breves de producción.
- **Relevamiento de equipos:** Diseñadas para evaluar el estado de los equipos.

14.4 Procedimiento Metodológico

El proceso metodológico se desarrolló en las siguientes etapas:

1. **Diagnóstico inicial:** Inspección general de la planta, identificación de equipos críticos y evaluación de la situación actual del mantenimiento.
2. **Recolección de datos:** Aplicación de entrevistas, observaciones y revisión documental.
3. **Análisis de la información:** Procesamiento de datos para identificar patrones, causas y consecuencias de las fallas.
4. **Diseño del sistema de mantenimiento preventivo:** Elaboración de rutinas, planes, formatos y calendarios de ejecución.
5. **Definición de lineamientos para mantenimiento correctivo:** Establecimiento de procedimientos de atención de fallas, registro y retroalimentación.
6. **Propuesta de indicadores de mantenimiento (KPIs):** Para seguimiento y mejora continua.
7. **Validación y ajustes:** Presentación de la propuesta a la gerencia para su evaluación y ajustes antes de implementación.

CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL CASO

15 Descripción de la empresa Molino San Luis S.A.S.

15.1 ¿Quiénes son?

Molino San Luis S.A.S. es una empresa joven fundada en 2.020 por un equipo de expertos y profesionales en las áreas de agricultura, molinería, panificación, alimentos e ingeniería; la cual centra sus actividades en el procesamiento de trigo para producir harina de trigo y sus subproductos.

Para el cumplimiento y desarrollo de sus actividades, la organización cuenta a la fecha con un grupo de once (11) personas; de las cuales en la planta operativa hay un especialista en molinería encargado del área de producción, una ingeniera en alimentos encargada del área de calidad, un estudiante de ingeniería industrial encargado del área de mantenimiento y luego, el personal operativo encargado de llevar a cabo la producción, entre otras funciones.

En cuanto respecta al área estratégica, está la junta de socios, luego el director de la empresa, una persona encargada del área administrativa y otra del área de ventas.

En la planta de producción la empresa cuenta con una variedad de equipos, máquinas y herramientas para llevar a cabo sus actividades; dentro de las cuales se encuentran zarandas, plansifter, bancos de cilindros, desatadores, elevadores, transportadoras a roscas, etc.

Con la experiencia y conocimientos del personal mencionado y la variedad de equipos que componen la organización, MOLINO SAN LUIS S.A.S. ha podido cumplir con las expectativas de los clientes ofreciendo productos de calidad.

15.2 Ubicación:

La empresa se encuentra ubicada en Villa Mercedes San Luis, Ruta 7, km 703.

15.3 Misión

“En Molino San Luis S.A.S. nos dedicamos a la elaboración y comercialización de harinas de trigo “000” y “0000” y subproductos derivados como semita y afrechillo.

Nuestra misión es ofrecer productos de máxima calidad, manteniendo procesos eficientes y fomentando el trabajo en equipo, para satisfacer las necesidades del sector alimentario tanto a nivel local como nacional. Aspiramos a contribuir al desarrollo económico y social, brindando insumos confiables y nutritivos que impulsen la producción de alimentos en Argentina y más allá.” [18]

15.4 *Visión*

“Consolidarnos como una de las principales empresas molineras de Argentina, reconocida por la calidad constante de nuestros productos, la cercanía con nuestros clientes y la capacidad de ofrecer nuevas variedades de harinas que impulsen la producción alimentaria en todo el territorio nacional.” [19]

15.5 *Eslogan*

"Desde el trigo a tu mesa, con conciencia y calidad." [19]

15.6 *Estructura Organizacional*

La estructura organizacional de Molino San Luis S.A.S. se visualiza en la siguiente figura, en la cual se permite visualizar cómo funcionan las distintas áreas para cumplir con las metas propuestas.

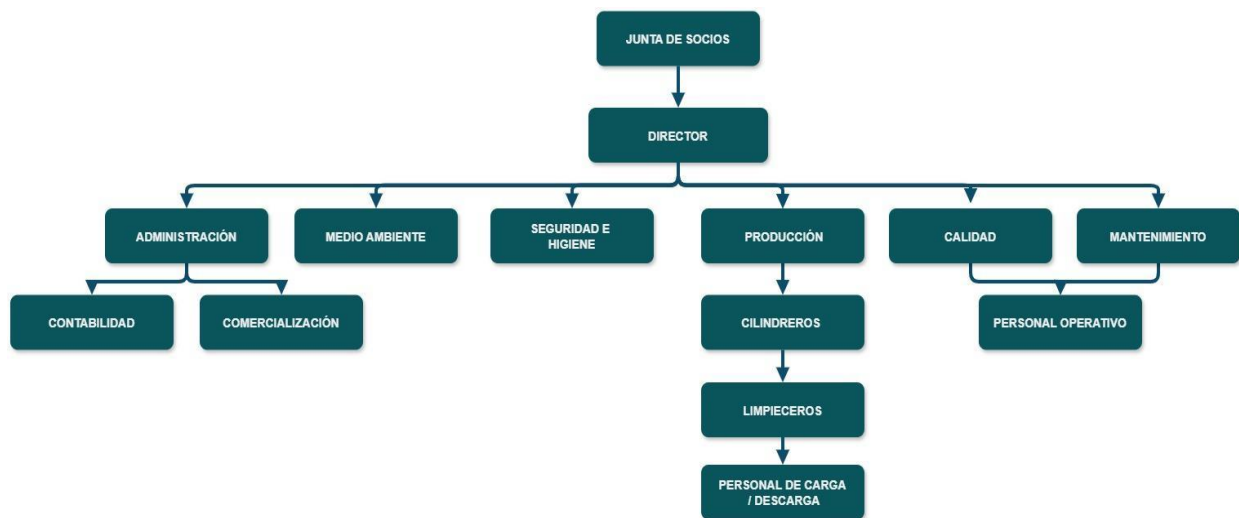


Ilustración 7. Estructura Organizacional Molino San Luis S.A.S.

Fuente: Tomado de [19]

15.7 Productos

Molino San Luis S.A.S. produce y comercializa harina de trigo en presentación de 25 kg, tanto de la variedad “000” y “0000”, con el nombre comercial “La Antonieta”, también comercializa subproductos de la producción de harina: Semita en presentación de 35 kg con el nombre comercial “La Antonieta” y afrechillo a granel o en big bag. [18]



Harina 000

Antonieta envase x 25 kg

Harina 0000

Antonieta envase x 25 kg

Semita

Envase x 35 kg

Afrechillo

A granel

Ilustración 8. Productos comercializados por Molino San Luis S.A.S.

Fuente: Tomado de [18]

15.8 Política de Calidad

“Nuestra política de calidad y mejora continua establece controles en todo el proceso, desde el contacto con el cliente, administración y cada uno de los puntos de la producción, estableciendo altos parámetros de calidad en la selección de materia prima, como en la composición de nuestras harinas. Nuestro laboratorio, además de realizar los controles de los parámetros de calidad de nuestros productos, realiza pruebas frecuentes de panificación para asegurar que el producto que llegará a las panaderías será el exigido por nuestros clientes.” [18]

15.9 Política de Mantenimiento

“En Molino San Luis S.A.S. reconocemos que la eficiencia y continuidad de nuestras operaciones dependen directamente del correcto funcionamiento de nuestros equipos e instalaciones. Por ello, asumimos el compromiso de implementar y mantener un sistema de

mantenimiento preventivo y correctivo, que garantice la confiabilidad, seguridad y disponibilidad de nuestros activos.

Nuestra política de mantenimiento se basa en los siguientes principios:

Prevención antes que corrección: Priorizar acciones de mantenimiento preventivo para minimizar fallas imprevistas, paradas no planificadas y pérdidas productivas.

Planificación y registro: Todas las actividades de mantenimiento deberán ser programadas, documentadas y evaluadas mediante registros claros, accesibles y actualizados.

Identificación de equipos críticos: Enfocar los recursos y esfuerzos en los equipos cuya falla pueda comprometer la seguridad, la producción o la calidad del producto.

Capacitación continua: Fomentar la formación técnica del personal involucrado en tareas de mantenimiento, promoviendo una cultura de responsabilidad y mejora continua.

Seguridad e higiene: Todas las intervenciones de mantenimiento deberán realizarse cumpliendo estrictamente con las normas de seguridad industrial, garantizando la protección de las personas y del entorno.

Responsabilidad compartida: Establecer roles y responsabilidades claras entre los operadores, técnicos de mantenimiento y responsables de producción, promoviendo el trabajo en equipo y la comunicación efectiva.

Esta política será revisada y actualizada periódicamente, de acuerdo con los resultados obtenidos, las necesidades operativas y las oportunidades de mejora detectadas.” [19]

16 Proceso de molienda del trigo:

El proceso inicia con la recepción del trigo, el cual constituye la materia prima principal.

Este grano puede provenir de diversas regiones agrícolas y su calidad es evaluada mediante parámetros como humedad, peso hectolitro, gluten, impurezas y presencia de insectos u olores.

La adecuada selección del trigo impacta directamente en la calidad de la harina obtenida.

A continuación, podemos ver una ilustración del diagrama de flujo de un molino de trigo:

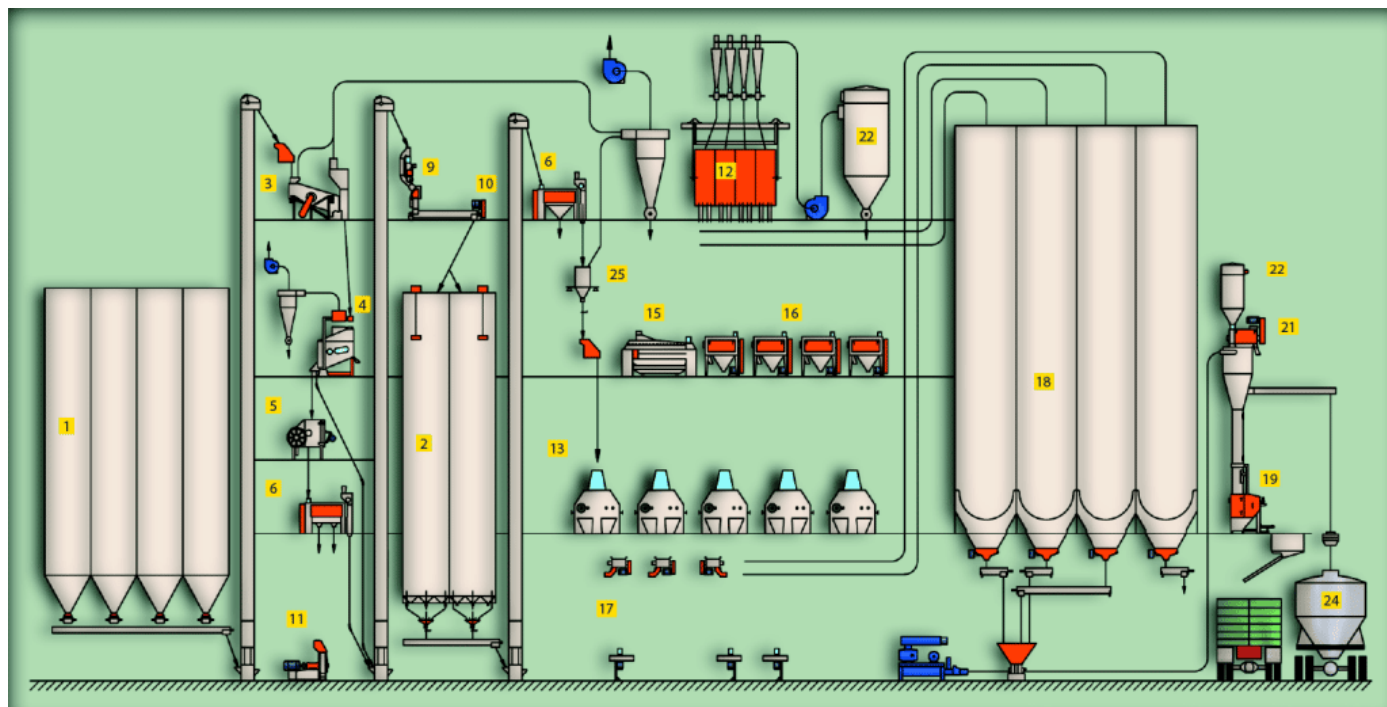


Ilustración 9. Ejemplo de diagrama de flujo de molino de trigo.

Fuente: Tomado [20]

Referencias:

1. Silo de materia prima	2. Silos de descanso	3. Zaranda	4. Despuntadora gravimétrica	5. Separador a discos
6. Despuntadora	7. Desgerminadoras	8. Separador magnético	9. Humectador automático	10. Mojador
11. Molino a martillos	12. Cernidor plansifter	13. Bancos de cilindros	14. Tarara cilíndrica	15. Sasor
16. Cepilladoras	17. Disgregadores	18. Silos de almacenaje	19. Embolsadora	20. Mesa densimétrica
21. Cernidor cónico	22. Filtro de manga	23. Camión	24. Camión tolva	25. Balanza automática

Tabla 1: Componentes diagrama de flujo de molino.

Fuente: Tomado [20]

A continuación, se describen las principales fases del proceso productivo en un molino de trigo:

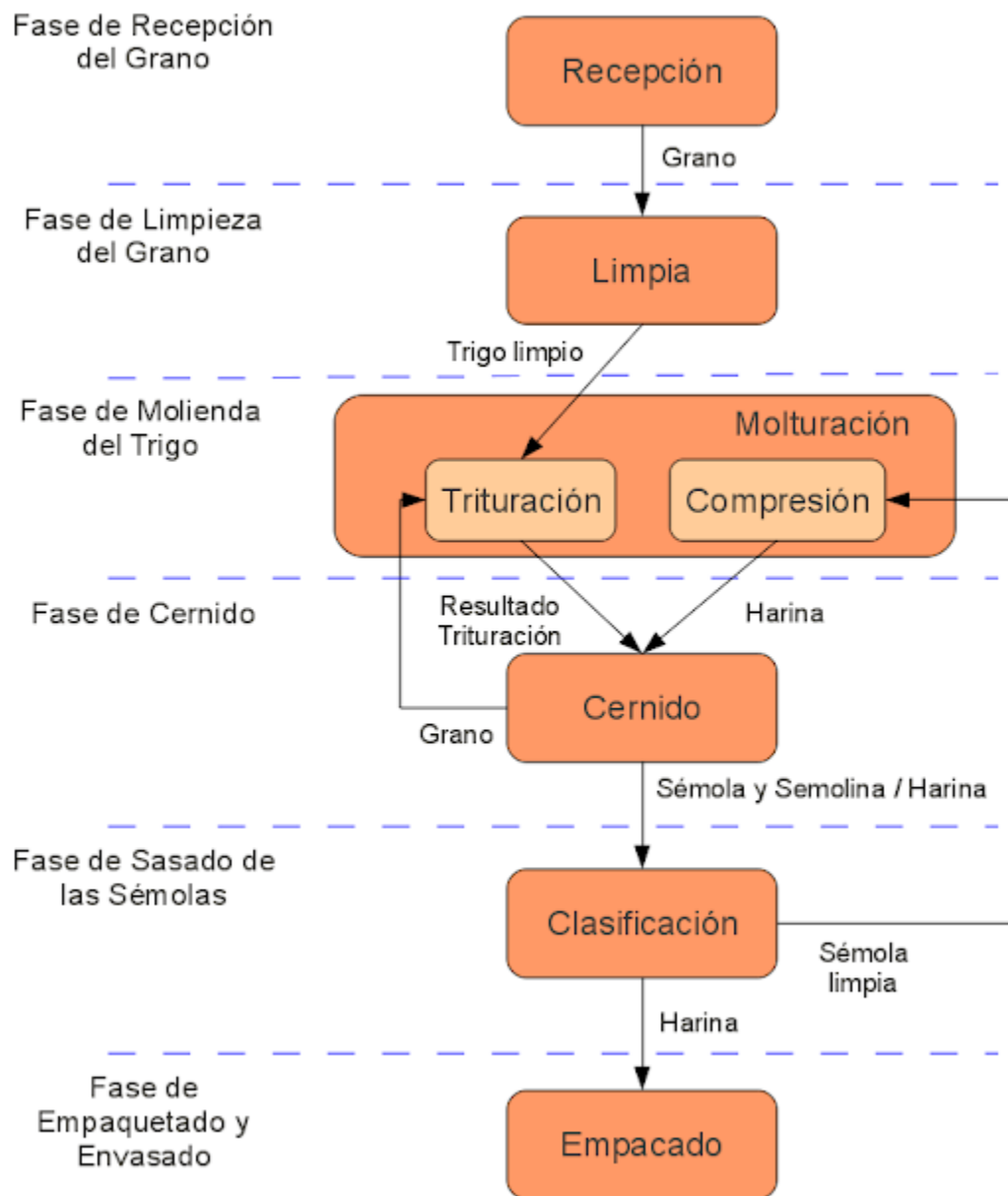


Ilustración 10. Descripción general del proceso productivo de un molino.

Fuente: Tomado de [21]

16.1 Recorrido por las instalaciones e identificación de procesos

Las primeras semanas el encargado de producción se encargó de describir y explicar los diferentes procesos que se llevan a cabo desde la recepción, transformación y hasta finalmente la obtención de los productos finales, como así también, los diferentes equipos que intervienen en cada etapa. A continuación, se expone un diagrama de los procesos y áreas de la planta:

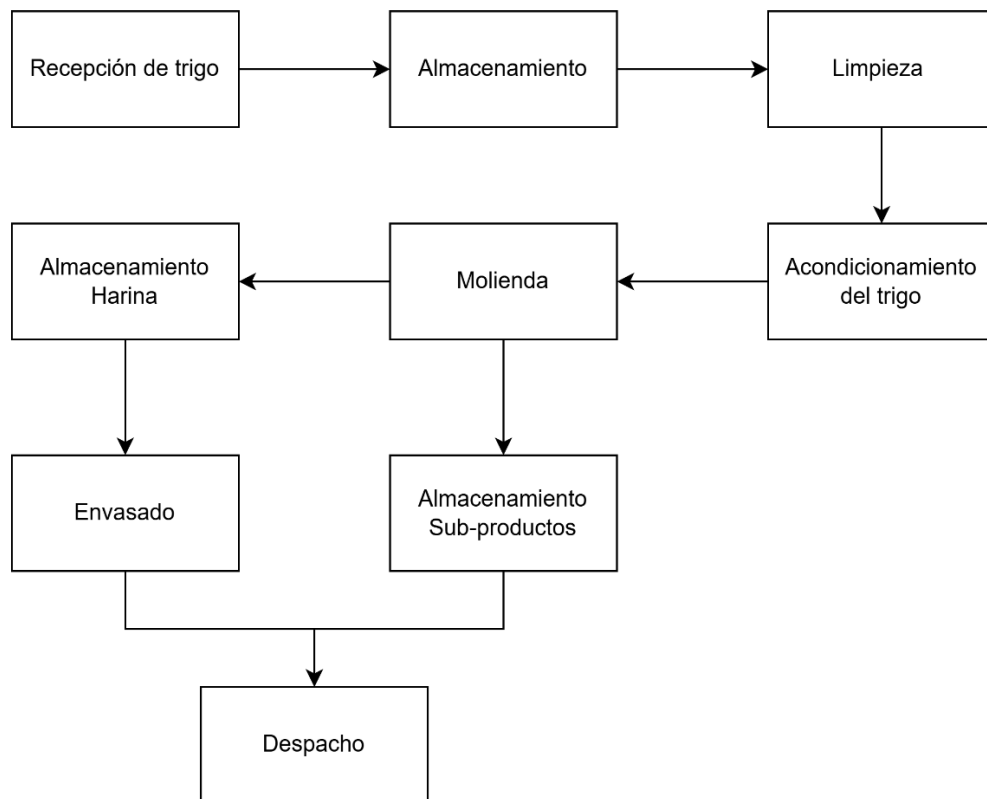


Ilustración 11. Diagrama de procesos y áreas de Molino San Luis.

Fuente: Elaboración Propia

16.1.1 Recepción y almacenamiento del trigo

Al ingresar a planta, el camión es pesado utilizando una báscula, donde se verifica el peso neto de la carga en comparación con el peso teórico consignado en la carta de porte. A continuación, se anotan los datos de dicha carta de porte, del camión, como así también del chofer. Luego, se procede al calado de la carga, es decir, la toma de muestras representativas desde diferentes puntos del contenido del camión. Estas muestras son enviadas al laboratorio para su análisis, evaluando los parámetros de calidad.

Si los resultados del análisis cumplen con los estándares establecidos, el camión se dirige a la rejilla de descarga, donde el camión es vaciado. Desde allí, el cereal es extraído mediante las roscas a tornillo hasta el elevador a cangilones, donde se deriva al cereal al silo correspondiente, de acuerdo con los resultados obtenidos de los análisis de calidad.

Cabe resaltar que a medida que el trigo circula mediante las roscas a tornillo sin fin es fumigado, previendo así la posible formación de plagas en los silos.

En dicho caso que los resultados realizados no cumplan los estándares establecidos la carga es rechazada, con el fin de resguardar la calidad del producto final.

En esta etapa, las máquinas y equipos que intervienen son:

- Báscula
- Rejilla de descarga
- Roscas a tornillo sin fin extractoras desde bandeja de descarga (Roscas transportadoras)
- Roscas a tornillo sin fin hasta los pies de elevadores a cangilones (Roscas transportadoras)
- Elevadores a cangilones
- Sistema de fumigación
- Equipos de laboratorio

16.1.2 Limpieza del trigo

Esta fase es crucial para eliminar impurezas físicas como piedras, polvo, palos, semillas de otras especies, metales, insectos y residuos.

Se selecciona la mezcla a realizar de acuerdo a las diferentes calidades de trigo distribuidas en los silos, luego mediante roscas a tornillo se traslada el cereal desde cada silo en cuestión hasta la rosca colectora principal, la cual transporta el cereal desde las roscas extractoras de los silos hasta el elevador a cangilones dentro de la planta. Luego, cae por gravedad desde el elevador a cangilones pasando por un separador de metales hasta la zaranda, donde a medida que se eliminan

las impurezas sólidas ajenas al cereal, se va realizando aspiración de la máquina, para evitar luego suciedad provocada por polvos. Una vez que ha sido zarandeado, cae dentro de otro elevador a cangilones, el cual lo transporta a otro piso de planta, donde ingresa a la despuntadora, que cumple la misión de mejorar la sanidad del grano y la posterior calidad final de la harina al eliminar o desgastar parcialmente las puntas y capas externas del grano de trigo. El proceso se lleva a cabo mediante máquinas como separadores vibratorios, aspiradores, zarandas, despuntadoras y cepilladoras.

Esta fase ocurre antes de la humectación del grano y tiene como objetivo asegurar un grano completamente limpio.

En esta etapa, las máquinas y equipos que intervienen son:

- Roscas a tornillo sin fin desde silos a rosca colectora
- Elevadores a cangilones de trigo
- Zaranda de trigo
- Canal de aspiración
- Cepilladora
- Despuntadora de trigo

16.1.3 Acondicionamiento o humectado

El trigo limpiado previamente, es transportado mediante un elevador a cangilones desde la despuntadora hasta la rosca mojadora, donde el trigo es sometido a un proceso de humidificación para facilitar la separación del salvado y el endospermo durante la molienda. En dicho proceso se agrega una cantidad controlada de agua y se deja reposar luego en silos de acondicionamiento durante 12 a 24 horas, dependiendo de las condiciones del trigo. Este proceso permite ablandar la cáscara y mejorar el rendimiento de la harina.

En esta etapa, las máquinas y equipos que intervienen son:

- Roscas a tornillo sin fin mojadora de trigo
- Roscas a tornillo sin fin sobre los cajones de descanso de trigo

- Filtro de limpieza
- Cajones de descanso

16.1.4 Molienda

La molienda es la etapa central del proceso, donde el trigo acondicionado pasa por una balanza que está regulada, desde donde se dirige luego el trigo al banco de cilindro de primera rotura, para continuar luego por los demás bancos de cilindros, disgregadores y plansifters que separan la harina del salvado y del germen. Este proceso incluye varias fases de trituración y reducción, entre las que se encuentran:

- Rodillos de quebrado: Rompen el grano para separar el endospermo del salvado.
- Cernidores: Separan por tamaño las partículas obtenidas.
- Rodillos de reducción: Trituran el endospermo hasta obtener la textura deseada de la harina.

En esta etapa, las máquinas y equipos que intervienen son:

- Rosca a tornillos sin fin desde cajones de descanso
- Balanza de trigo
- Bancos de cilindro
- Desatadores
- Disgregadores
- Filtro neumático
- Plansifters
- Rosca triple
- Elevadores de harina
- Elevadores de afrechillo

16.1.5 Cernido y clasificación

Después de cada paso de molienda, el producto pasa por cernidores rotativos o planos, que clasifican las partículas en diferentes grados. Esto permite separar la harina final del salvado y otros subproductos. Una vez obtenido el grado de harina deseado, se deposita dentro de un silo de acuerdo con la tipificación de la misma. Esta etapa se consideró en conjunto con la etapa de molienda.

16.1.6 Envasado

Con el motivo de concretar el envasado de la harina, se debe realizar el transporte desde el silo de la misma, de acuerdo a la tipificación que se piensa comercializar, mediante la rosca colectora de los cajones de harina, donde luego se envía mediante un elevador a cangilones hasta el cernidor, donde se realiza la retención de cuerpos extraños, asegurando la calidad del producto.

Luego, por gravedad cae dentro de las tolvas de las embolsadoras que alimentan las envasadoras. La harina final se envasa en bolsas en formato de 25 kg.

En esta fase se emplean dos envasadoras, de las cuales una automática y otra manual.

A su vez, en esta se realizan controles de pesos, estado de envases y fechado de los mismos.

En esta etapa, las máquinas y equipos que intervienen son:

- Rosca a tornillos sin fin colectoras desde cajones de harina
- Elevador a cangilones de harina
- Cernidor
- Rosca a tornillo sin fin de cernidor
- Envasadoras
- Filtro de embolse

16.1.7 Despacho

Una vez envasada la harina, se arroja a una cinta transportadora que lleva las bolsas hasta el camión, donde la persona encargada de la carga deberá estibar las mismas dentro del camión, asegurando la conservación del estado de las mismas.

El envasado y despacho de las bolsas de harina se realiza de manera sincronizada con la llegada del camión de carga.

Este procedimiento permite minimizar el riesgo de contaminación del producto envasado, reduce la acumulación innecesaria de stock de producto terminado y optimiza el proceso de envasado al ajustarse tanto a la tipificación de harina comercializada, la marca, como también a la cantidad especificada en la orden de venta.

La etapa de envasado y despacho se consideran y analizan como una sola debido a que se llevan a cabo en simultáneo.

En esta etapa intervienen solamente las cintas transportadoras.

16.2 Matriz de criticidad

La matriz de criticidad es una herramienta de análisis utilizada en la gestión del mantenimiento para establecer prioridades de intervención sobre los activos físicos de una organización. Su objetivo principal es identificar aquellos equipos cuya falla genera mayores consecuencias operativas, económicas, de seguridad o ambientales, permitiendo asignar recursos de manera racional y estratégica.

El concepto de criticidad surge de la necesidad de optimizar los recursos disponibles, especialmente en organizaciones donde no resulta viable aplicar el mismo nivel de mantenimiento a todos los equipos. De esta manera, la criticidad se determina evaluando tanto la probabilidad de ocurrencia de fallas como las consecuencias derivadas de las mismas. [13]

En el presente trabajo, la criticidad de los equipos del Molino San Luis S.A.S. fue determinada mediante una matriz multicriterio de acuerdo con [16], en la cual se evaluaron los siguientes factores:

Impacto en el Sector / Área (1–5)

Evalúa el nivel de afectación que produce la detención del equipo dentro del proceso productivo. Un valor alto indica que la falla del equipo genera la paralización total o parcial de la línea de producción.

Frecuencia de Fallas (1–5)

Representa la recurrencia con la que el equipo presenta fallas en un período determinado. A mayor frecuencia, mayor probabilidad de interrupciones operativas.

MTTR – Tiempo Medio de Reparación (1–5)

Indica el tiempo promedio requerido para restablecer el funcionamiento del equipo tras una falla. Un valor elevado implica mayor impacto en la disponibilidad del sistema productivo.

Este dato fue estimado en función de la reconstrucción de datos y experiencia del personal.

Disponibilidad de Repuestos (1–5)

Evalúa la facilidad o dificultad para obtener los repuestos necesarios ante una avería. Una baja disponibilidad incrementa el tiempo de parada y el riesgo operativo.

Costo de Reparación (1–5)

Considera el impacto económico asociado a la intervención correctiva del equipo, incluyendo repuestos, mano de obra y pérdidas por tiempo improductivo.

Seguridad / Medio Ambiente (1–5)

Analiza el riesgo potencial que implica la falla del equipo en términos de seguridad para el personal o impacto ambiental.

El índice de criticidad se obtuvo mediante la sumatoria simple de los valores asignados a cada criterio. Los equipos fueron posteriormente clasificados en los siguientes niveles de criticidad:

- ***Alta:*** Puntaje entre 23 a 30
- ***Media:*** Puntaje entre 17 a 22
- ***Baja:*** Puntaje por debajo de 16

La utilización de una sumatoria simple responde a la necesidad de contar con una herramienta de fácil aplicación y comprensión dentro del contexto de una pequeña y mediana empresa, donde los recursos analíticos y estadísticos suelen ser limitados.

La asignación de igual ponderación a cada criterio se fundamenta en que todos los factores considerados poseen relevancia directa en la continuidad operativa, los costos, la seguridad y la confiabilidad del proceso productivo.

Esta metodología permite obtener un resultado claro, objetivo y reproducible, facilitando la toma de decisiones estratégicas en materia de mantenimiento.

La aplicación de matrices de criticidad se encuentra alineada con los principios del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), donde la priorización se basa en la combinación de probabilidad de falla y severidad de consecuencias. Asimismo, constituye una herramienta fundamental en la gestión estratégica del mantenimiento, permitiendo focalizar los esfuerzos preventivos en los activos que mayor impacto generan en la organización.

Equipo	Cantidad	Impacto en Sector / Área (1-5)	Frecuencia de Fallas (1-5)	MT TR (1-5)	Disponibilidad de Repuestos (1-5)	Costo de Reparación (1-5)	Seguridad/ Medio Ambiente (1-5)	Total	Criticidad
rosca extractora rejilla	2	5	1	3	4	3	2	18	MEDIA CRITICIDAD
rosca elevadores	2	5	3	3	4	3	2	20	MEDIA CRITICIDAD
elevadores de silos	2	5	2	4	5	5	4	25	ALTA CRITICIDAD
rosca extractora (silos 5-6)	2	3	1	2	4	3	2	15	BAJA CRITICIDAD

Tabla 2. Matriz de criticidad – Área acopio.

Fuente: Elaboración propia

Equipo	Cantidad	Impacto en Sector / Área (1-5)	Frecuencia de Fallas (1-5)	MT TR (1-5)	Disponibilidad de Repuestos (1-5)	Costo de Reparación (1-5)	Seguridad/Medio Ambiente (1-5)	Total	Criticidad
rosca salida de silos 1-2-3-4 (para mezcla)	4	5	1	3	4	3	2	18	MEDIA CRITICIDAD
rosca colectora de silo 3-4	1	3	1	3	4	3	2	16	BAJA CRITICIDAD
rosca colectora silo 1-2	1	3	1	3	4	3	2	16	BAJA CRITICIDAD
elevador 1 (trigo)	1	4	2	3	3	3	2	17	MEDIA CRITICIDAD
Balanza Trigo sucio	1	1	1	1	5	5	1	14	BAJA CRITICIDAD
zaranda	1	5	2	3	3	3	3	19	MEDIA CRITICIDAD
canal de aspiración limpieza	1	4	1	1	1	1	2	10	BAJA CRITICIDAD
despuntadora	1	5	1	2	2	2	1	13	BAJA CRITICIDAD
canal aspiración con motor	1	3	1	1	1	1	1	8	OK
elevador 2 (trigo) a rosca mojadora	1	4	2	3	3	3	2	17	MEDIA CRITICIDAD
rosca mojadora	1	5	2	3	4	3	2	19	MEDIA CRITICIDAD
rosca sobre cajones descanso	1	3	1	1	1	1	2	9	OK
Cajones de descanso	2	5	1	4	2	4	3	19	MEDIA CRITICIDAD
Filtro limpieza	1	4	1	3	4	3	3	18	MEDIA CRITICIDAD

Tabla 3: Matriz criticidad – Área Limpieza.

Fuente: Elaboración propia

Equipo	Cantidad	Impacto en Sector / Área (1-5)	Frecuencia de Fallas (1-5)	MT TR (1-5)	Disponibilidad de Repuestos (1-5)	Costo de Reparación (1-5)	Seguridad/Medio Ambiente (1-5)	Total	Criticidad
Rosca salida cajones descanso	1	3	1	3	3	3	2	15	BAJA CRITICIDAD
Elevador 3 (trigo limpio) a despuntadora 1ra rotura	1	3	2	3	3	3	2	16	BAJA CRITICIDAD
despuntadora 1ra rotura	1	4	1	1	2	2	1	11	BAJA CRITICIDAD
canal aspiración con motor	1	3	1	1	2	2	1	10	BAJA CRITICIDAD
bancos de cilindro	12	5	3	4	4	4	4	24	ALTA CRITICIDAD
Desatadores	6	3	3	2	3	3	2	16	BAJA CRITICIDAD
Disgregador	1	2	1	2	2	2	2	11	BAJA CRITICIDAD
Transporte neumático (filtro)	1	3	1	1	3	3	3	14	BAJA CRITICIDAD
Bancos esclusa (plansifter)	24	2	2	2	4	2	2	14	BAJA CRITICIDAD
Plansifter	2	5	2	5	3	4	5	24	ALTA CRITICIDAD
Rosca triple (000, 0000 y afrechillo)	1	4	1	3	3	3	2	16	BAJA CRITICIDAD
Terminadora 4ta rotura	1	3	1	2	2	2	2	12	BAJA CRITICIDAD
Elevador 000	1	4	2	3	3	3	2	17	MEDIA CRITICIDAD
Rosca cajones harina 000	1	4	1	3	3	3	2	16	BAJA CRITICIDAD
Elevador 0000	1	4	2	3	3	3	2	17	MEDIA CRITICIDAD
Elevador Afrechillo	1	2	2	3	3	3	2	15	BAJA CRITICIDAD

Tabla 4: Matriz criticidad – Área Molienda.

Fuente: Elaboración propia

Equipo	Cantidad	Impacto en Sector / Área (1-5)	Frecuencia de Fallas (1-5)	MT TR (1-5)	Disponibilidad de Repuestos (1-5)	Costo de Reparación (1-5)	Seguridad/ Medio Ambiente (1-5)	Total	Criticidad
rosca colectoras cajón 1 2 y 3	1	3	3	3	3	3	2	17	MEDIA CRITICIDAD
elevador embolse	1	5	2	3	3	3	2	18	MEDIA CRITICIDAD
Cernidor	1	5	1	1	1	1	2	11	BAJA CRITICIDAD
Rosca cernidor	1	4	1	2	2	2	2	13	BAJA CRITICIDAD
embolsadora	2	5	2	3	3	3	1	17	MEDIA CRITICIDAD
Cinta transportadora	2	4	1	1	2	2	1	11	BAJA CRITICIDAD
Filtro embolse	1	3	1	1	4	4	3	16	BAJA CRITICIDAD

Tabla 5: Matriz Criticidad – Área Embolse

Fuente: Elaboración propia

Equipo	Cantidad	Impacto en Sector / Área (1-5)	Frecuencia de Fallas (1-5)	MT TR (1-5)	Disponibilidad de Repuestos (1-5)	Costo de Reparación (1-5)	Seguridad/ Medio Ambiente (1-5)	Total	Criticidad
elevador afrechillo	1	4	1	3	3	3	2	16	BAJA CRITICIDAD
rosca 1 y 2	2	4	1	2	2	2	2	13	BAJA CRITICIDAD
silos afrechillo	3	5	1	4	4	4	4	22	MEDIA CRITICIDAD

Tabla 6: Matriz Criticidad – Área subproductos.

Fuente: Elaboración propia

Una vez aplicada la matriz de criticidad a la totalidad de los equipos relevados en el proceso productivo del Molino San Luis S.A.S., se obtuvo un índice numérico para cada activo, permitiendo su clasificación en niveles de criticidad alta, media y baja.

Los resultados evidenciaron que un grupo reducido de equipos concentra los mayores valores de criticidad, lo cual indica que su falla genera impactos significativos en la continuidad operativa, los costos de reparación, la seguridad y la eficiencia general del proceso productivo.

Los equipos que obtuvieron mayor puntaje fueron principalmente aquellos vinculados a la etapa de molienda y acopio, tales como elevadores a cangilones, plansifters y bancos de molienda.

Estos activos presentan una elevada incidencia en la continuidad del proceso, ya que su detención implica la paralización total de la línea productiva.

El análisis de los criterios individuales permitió identificar que los factores que más influyeron en la criticidad fueron el impacto en el sector y la disponibilidad de repuestos, lo cual refleja una alta dependencia operativa de determinados equipos estratégicos. Asimismo, los tiempos prolongados de reparación incrementan el riesgo de paradas no planificadas.

Los resultados obtenidos confirman el diagnóstico inicial, evidenciando la ausencia de planificación preventiva en los equipos más críticos. La falta de registros históricos sistemáticos y la predominancia de intervenciones correctivas han contribuido a mantener elevados niveles de riesgo operativo.

En conclusión, del total de equipos analizados, el 7% corresponde a criticidad alta, el 33% a criticidad media y el 60% a criticidad baja. Esto evidencia que una proporción reducida de activos concentra la mayor exposición al riesgo operativo.

17 Diseño del Sistema de Gestión de Mantenimiento

17.1 Situación inicial de mantenimiento

Antes de la implementación del sistema de gestión de mantenimiento propuesto, la empresa Molino San Luis S.A.S. no contaba con un esquema formal, estructurado ni documentado de mantenimiento. La gestión de los activos se realizaba de manera predominantemente reactiva, interviniendo los equipos únicamente ante la ocurrencia de fallas, sin registros históricos ni análisis sistemáticos que permitieran anticiparse a las mismas.

En relación con la disponibilidad de información, se constató la inexistencia de registros confiables sobre fallas, tiempos de reparación o intervenciones realizadas. Esta ausencia de datos imposibilitaba la construcción de indicadores de desempeño tales como MTTR (Tiempo Medio de Reparación), MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas) o disponibilidad operativa, dificultando la toma de decisiones basada en evidencia.

A partir del relevamiento realizado mediante entrevistas al personal operativo y de mantenimiento, así como de la observación directa en planta, se estimó que la frecuencia de fallas

en los equipos críticos era elevada, con ocurrencias recurrentes a lo largo del mes, especialmente en sectores como envasado, molienda y limpieza. Estas fallas generaban paradas no programadas del proceso productivo, afectando la continuidad operativa y el cumplimiento de los compromisos de producción.

En cuanto a los tiempos de reparación, se identificó una alta variabilidad en la duración de las intervenciones, debido principalmente a la falta de procedimientos estandarizados, la inexistencia de planificación previa y la limitada disponibilidad de repuestos críticos. Como consecuencia, el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) presentaba valores elevados en términos relativos, impactando negativamente en la disponibilidad de los equipos.

Asimismo, se observó que una proporción significativa de las intervenciones correspondía a mantenimiento correctivo no planificado, estimándose que más del 80% de las acciones de mantenimiento respondían a fallas ya ocurridas, mientras que el mantenimiento preventivo era prácticamente inexistente o se realizaba de manera informal.

Otro aspecto relevante identificado fue la práctica frecuente de adaptación de piezas entre equipos, como respuesta a la urgencia operativa y la falta de repuestos disponibles. Si bien esta práctica permitía restablecer el funcionamiento en el corto plazo, generaba condiciones de operación no estandarizadas, incrementando el riesgo de fallas futuras y comprometiendo la seguridad del personal.

En este contexto, la disponibilidad operativa de los equipos no podía ser determinada con precisión; sin embargo, a partir del análisis cualitativo realizado, se infiere que la misma se encontraba por debajo de niveles óptimos para un proceso industrial continuo, evidenciando la necesidad de implementar un sistema de mantenimiento estructurado que permitiera mejorar la confiabilidad, disponibilidad y eficiencia de los activos.

La situación inicial descrita constituye el punto de partida para el desarrollo e implementación del sistema de mantenimiento preventivo y correctivo propuesto en el presente trabajo, orientado a transformar el enfoque reactivo existente en un modelo de gestión planificado, basado en datos y enfocado en la mejora continua.

17.2 Plan de Mantenimiento Inicial

El desarrollo del plan de mantenimiento implementado en el Molino San Luis S.A.S. se sustentó en un enfoque integral que combina criterios técnicos, normativos y operativos, con el objetivo de garantizar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.

En primera instancia, el diseño del plan de mantenimiento inicial se basó en las recomendaciones técnicas provistas por los fabricantes de los equipos, las cuales constituyen una referencia fundamental para definir frecuencias de intervención, condiciones de operación y requerimientos de mantenimiento. Estas recomendaciones fueron complementadas con información proveniente de bibliografía especializada en gestión del mantenimiento industrial.

Adicionalmente, se incorporó el conocimiento empírico del personal operativo y de mantenimiento de la planta, quienes aportaron experiencia directa sobre el comportamiento real de los equipos, fallas recurrentes y necesidades específicas del proceso productivo.



Ilustración 12. Bases del Plan de Mantenimiento inicial.

Fuente: Elaboración Propia

Esta integración permitió adaptar el plan a las condiciones reales de operación, mejorando su aplicabilidad y efectividad.

En este contexto, la propuesta tiene como objetivo principal garantizar que los equipos e instalaciones se mantengan en condiciones óptimas de funcionamiento, contribuyendo a la continuidad operativa, la estandarización de los procesos productivos y el cumplimiento de los estándares de calidad requeridos.

Para la estructuración del sistema de mantenimiento se adoptó el enfoque del *Ciclo PHVA*, el cual constituye una herramienta fundamental de mejora continua y se encuentra alineado con los principios de la norma ISO 9001 [22]. Este enfoque permitió organizar el sistema de mantenimiento en etapas claramente definidas, facilitando su implementación, control y mejora continua.

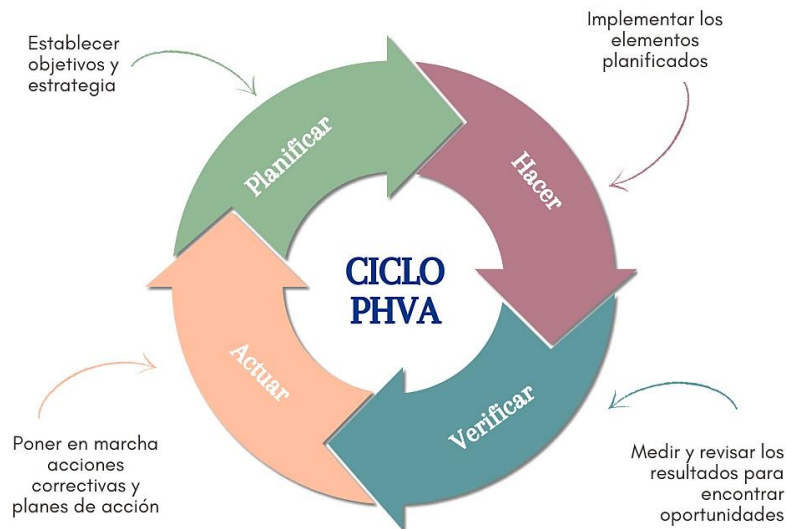


Ilustración 13. Ciclo PHVA.

Fuente: Tomado de [23]

En la fase de **planificación** se realizó el relevamiento de los activos, la clasificación de equipos según su criticidad y la definición de las rutinas de mantenimiento. Posteriormente, en la etapa de **ejecución**, se llevaron a cabo las intervenciones programadas y el registro sistemático de las actividades realizadas.

La etapa de **verificación** se orientó al análisis del desempeño del sistema mediante indicadores de gestión, tales como la disponibilidad, el MTBF y el MTTR, permitiendo evaluar la efectividad del plan implementado. Finalmente, en la etapa de **actuación**, se establecieron acciones de mejora continua basadas en los resultados obtenidos, ajustando frecuencias, procedimientos y recursos.

De esta manera, el plan de mantenimiento desarrollado no solo responde a criterios técnicos, sino que se enmarca dentro de una estrategia de gestión orientada a la mejora continua, la optimización de recursos y el incremento de la confiabilidad operacional.

17.3 Plan de mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo constituye un sistema de gestión cuyo objetivo principal es evitar la ocurrencia de fallas en los sistemas productivos mediante la ejecución sistemática y planificada de actividades técnicas tales como inspeccionar, observar, calibrar, ajustar, sustituir componentes, lubricar y reparar. Estas actividades se realizan con frecuencias previamente definidas y asociadas al ciclo operativo particular de cada equipo.

La ejecución periódica de dichas tareas permite detectar condiciones anormales que pueden derivar en fallas funcionales, posibilitando la programación anticipada de intervenciones correctivas, modificaciones técnicas o reparaciones mayores (overhaul), reduciendo así la probabilidad de paradas imprevistas y pérdidas productivas.

17.3.1 Etapas del Plan de mantenimiento preventivo

Con el motivo de diseñar el Plan de mantenimiento preventivo, se llevaron a cabo las siguientes etapas:

17.3.1.1 Identificación e inventario de equipos

Se ha llevado a cabo un relevamiento integral de todos los equipos, herramientas y maquinarias presentes en la planta. El inventario resultante incluyó equipos principales y auxiliares, los cuales fueron clasificados de acuerdo al piso en el que está posicionado.

La información recopilada ha sido organizada en una base de datos de Excel, la cual se encuentra disponible en la página principal del área de Mantenimiento del Molino San Luis S.A.S.
[18]

El mismo contiene la hoja de vida detallada de cada equipo, incluyendo nombre, marca, modelo, características y el código interno asignado para su identificación.

INVENTARIO EQUIPOS PLANTA BAJA						
Piso:	Equipo	Marca	Modelo	Área:	Cantidad:	Código asignado:
PB	ROSCA INGRESO TRIGO A MOLINO	NA	-	Limpieza	1	MAQ01PBNO
PB	MOTOR ELÉCTRICO	SIEMENS	3M1LA2	Limpieza	1	ME01PBNO
PB	REDUCTOR	PANZER	RED106	Limpieza	1	RE01PBNO
PB	DISGREGADOR DE TRIGO	NA	-	Molienda	1	MAQ02PBSO
PB	MOTOR ELÉCTRICO	STYBE IND.		Molienda	1	ME02PBSO
PB	CHANCHITA DESATADORA R1	NA	-	Molienda	1	MAQ03PBSO
PB	MOTOR ELÉCTRICO	WEG	AL90S / L	Molienda	1	ME03PBSO
PB	CHANCHITA DESATADORA R2	NA	-	Molienda	1	MAQ04PBSO
PB	MOTOR ELÉCTRICO	SIEMENS	1LA7096-	Molienda	1	ME04PBSO
PB	CHANCHITA DESATADORA C2	NA	-	Molienda	1	MAQ05PBSO
PB	MOTOR ELÉCTRICO	WEG	AL90S / L	Molienda	1	ME05PBSO
PB	CHANCHITA DESATADORA C3	NA	-	Molienda	1	MAQ06PBSO
PB	MOTOR ELÉCTRICO	MARELLI		Molienda	1	ME06PBSO
PB	CHANCHITA DESATADORA C4-C5	NA	-	Molienda	1	MAQ07PBSO
PB	MOTOR ELÉCTRICO	CORRADI		Molienda	1	ME07PBSO
PB	CHANCHITA DESATADORA R3-R4	NA	-	Molienda	1	MAQ08PBSO
PB	MOTOR ELÉCTRICO	NA	-	Molienda	1	ME08PBSO
PB	ROSCA CAJÓN 1 HARINA "0000"	NA	-	Molienda	1	MAQ09PBNE
PB	MOTOR ELÉCTRICO	ALTIUM	TE2A100L1P4	Molienda	1	ME09PBNE
PB	REDUCTOR	NA	-	Molienda	1	RE02PBNE
PB	ROSCA CAJÓN 2 HARINA "000"	NA	-	Molienda	1	MAQ10PBNE
PB	MOTOR ELÉCTRICO	NA	-	Molienda	1	ME10PBNE
PB	REDUCTOR	NA	-	Molienda	1	RE03PBNE
PB	ROSCA CAJÓN 3 y 4 HARINA "000"	NA	-	Molienda	1	MAQ11PBNE
PB	MOTOR ELÉCTRICO	elinsur		Molienda	1	ME11PBNE
PB	REDUCTOR	elinsur		Molienda	1	RE04PBNE
PB	ROSCA DE CAJONES HARINA A ELEVADOR EMBOLSADORA	NA	-	Embolse	1	MAQ12PBNE
PB	MOTOR ELÉCTRICO	STYBE INDUSTRIAL	A. 50/4	Embolse	1	ME12PBNE
PB	REDUCTOR	PIUDO-ARTIN	MS120/4M	Embolse	1	RE05PBNE

Tabla 7: Inventario equipos Molino San Luis S.A.S. - Planta baja.

Fuente: Elaboración propia.

INVENTARIO EQUIPOS PRIMER PISO						
P01	ROSCA TRIPLE HARINA "000"	NA	-	Molienda	1	MAQ01P01SO
P01	MOTOR ELÉCTRICO	STYBE INDUSTRIAL	AV 50 / 4	Molienda	1	ME01P01SO
P01	REDUCTOR	PIUDO - ARTIN	MS120 / 4M	Molienda	1	RE01P01SO
P01	CINTA TRANSP	NA	-	Embolse	1	MAQ02P01SO
P01	MOTOR ELÉCTRICO	NA	-	Embolse	1	ME02P01SO
P01	REDUCTOR	MOVILENT	SL-2011 / 2	Embolse	1	RE02P01SO
P01	B CILINDRO ROTURA R4	SIMONS		Molienda	1	MAQ03P01NN
P01	MOTOR ELÉCTRICO	WEG	AL71	Molienda	1	ME03P01NN
P01	REDUCTOR	TRANSPOWER	NMTR040	Molienda	1	RE03P01NN
P01	MOTOR ELÉCTRICO	WEG		Molienda	1	ME04P01NN
P01	B CILINDRO ROTURA R3	SIMONS		Molienda	1	MAQ04P01NS
P01	MOTOR ELÉCTRICO	WEG	AL71	Molienda	1	ME05P01NS
P01	REDUCTOR	TRANSPOWER	NMTR040	Molienda	1	RE04P01NS
P01	MOTOR ELÉCTRICO	WEG	132M	Molienda	1	ME06P01NS
P01	B CILINDRO III ROTURA	SIMONS		Molienda	1	MAQ05P01NN
P01	MOTOR ELÉCTRICO	SIEMENS	71M 1LA7373-	Molienda	1	ME07P01NN
P01	REDUCTOR	SITI	MU40 12	Molienda	1	RE05P01NN
P01	MOTOR ELÉCTRICO	WEG	160M	Molienda	1	ME08P01NN
P01	B CILINDRO IV ROTURA	SIMONS		Molienda	1	MAQ06P01NS
P01	MOTOR ELÉCTRICO	SIEMENS	71M 1LA7073-	Molienda	1	ME09P01NS
P01	REDUCTOR	SITI	MU40 12	Molienda	1	RE06P01NS
P01	MOTOR ELÉCTRICO	WEG	132M	Molienda	1	ME10P01NS
P01	B CILINDRO II ROTURA	SIMONS		Molienda	1	MAQ07P01NS
P01	MOTOR ELÉCTRICO	EBERLE	AB 7	Molienda	1	ME11P01NS
P01	REDUCTOR	NA	-	Molienda	1	RE07P01NS
P01	MOTOR ELÉCTRICO	WEG	180M	Molienda	1	ME12P01NS
P01	B CILINDRO I ROTURA	SIMONS		Molienda	1	MAQ08P01NN
P01	MOTOR ELÉCTRICO	SIEMENS	71M 1LA7073-	Molienda	1	ME13P01NN
P01	REDUCTOR	SITI	MU 40 E3	Molienda	1	RE08P01NN
P01	MOTOR ELÉCTRICO	WEG	180L	Molienda	1	ME14P01NN
P01	B CILINDRO R1	BUHLER		Molienda	1	MAQ09P01SS
P01	MOTOR ELÉCTRICO	SIEMENS	71M 1LA7073-	Molienda	1	ME15P01SS
P01	REDUCTOR	SITI	MU40 12	Molienda	1	RE09P01SS
P01	MOTOR ELÉCTRICO	SIEMENS	1LA7163-	Molienda	1	ME16P01SS
P01	B CILINDRO C1	BUHLER		Molienda	1	MAQ10P01SN
P01	MOTOR ELÉCTRICO	SIEMENS	71M 1LA7073-	Molienda	1	ME17P01SN
P01	REDUCTOR	SITI	MU40 12	Molienda	1	RE10P01SN
P01	MOTOR ELÉCTRICO	WEG	160M	Molienda	1	ME18P01SN
P01	B CILINDRO C2	BUHLER		Molienda	1	MAQ11P01SS
P01	MOTOR ELÉCTRICO	SIEMENS	71M 1LA7073-	Molienda	1	ME19P01SS
P01	REDUCTOR	SITI	MU40 12	Molienda	1	RE11P01SS
P01	MOTOR ELÉCTRICO	WEG	132M	Molienda	1	ME20P01SS
P01	B CILINDRO R2	BUHLER		Molienda	1	MAQ17P01SN
P01	MOTOR ELÉCTRICO	SIEMENS	71M 1LA7073-	Molienda	1	ME28P01SN
P01	REDUCTOR	SITI	MU40 12	Molienda	1	RE15P01SN
P01	MOTOR ELÉCTRICO	WEG	160M	Molienda	1	ME29P01SN
P01	B CILINDRO C4 - C5	SIMONS		Molienda	1	MAQ12P01SS
P01	MOTOR ELÉCTRICO	WEG	AL71	Molienda	1	ME21P01SS
P01	REDUCTOR	TRANSPOWER	NMTR040	Molienda	1	RE12P01SS
P01	MOTOR ELÉCTRICO	WEG	132M	Molienda	1	ME22P01SS
P01	B CILINDRO C3	SIMONS		Molienda	1	MAQ13P01SN
P01	MOTOR ELÉCTRICO	SIEMENS	71M 1LA7073-	Molienda	1	ME23P01SN
P01	REDUCTOR	SITI	HU40 12	Molienda	1	RE13P01SN
P01	MOTOR ELÉCTRICO	WEG		Molienda	1	ME24P01SN
P01	DESPUNTADORA TRIGO	NA	-	Limpieza	1	MAQ14P01NO
P01	MOTOR ELÉCTRICO	WEG	AL132M	Limpieza	1	ME25P01NO
P01	CANAL ASPIRACIÓN	NA	-	Limpieza	1	MAQ15P01NO
P01	MOTOR ELÉCTRICO	FRIEDBURG	G014 P	Limpieza	1	ME26P01NO
P01	CAJONES TRIGO DESCANSO	NA	-	Limpieza	1	MAQ16P01N
P01	MOTOR ELÉCTRICO	CORRADI	MT-A90674	Limpieza	1	ME27P01N
P01	REDUCTOR	NA	-	Limpieza	1	RE14P01N

Tabla 8: Inventario equipos Molino San Luis S.A.S. - Primer piso.

Fuente: Elaboración propia.

INVENTARIO EQUIPOS SEGUNDO PISO						
P02	ENVASADORA MANUAL	NA	-	Embolse	1	MAQ01P02NE
P02	MOTOR ELÉCTRICO	WEG	112M	Embolse	1	ME01P02NE
P02	ENVASADORA AUTOMÁTICA	NA	-	Embolse	1	MAQ02P02NE
P02	MOTOR ELÉCTRICO	WEG	AL112M-04	Embolse	1	ME02P02NE
P02	MOTOR ELÉCTRICO	WEG	W22	Embolse	1	ME03P02NE
P02	CINT TRANSP	NA	-	Embolse	1	MAQ03P02NE
P02	MOTOR ELÉCTRICO	weg	W22	Embolse	1	ME04P02NE
P02	MOTOR ELÉCTRICO	stm	JMI 63 GM1	Embolse	1	RE03P02NE
P02	TERMINADORA AFRECHILLO	NA	-	Subprodu	1	MAQ04P02NE
P02	MOTOR ELÉCTRICO	STYBE IND. COM.	AB55 / 4	Subprodu	1	ME05P02NE
P02	ADITIVADORA HARINA 000	NA	-	Molienda	1	MAQ05P02NE
P02	MOTOR ELÉCTRICO	CZERWENY	A80 - 60	Molienda	1	ME06P02NE
P02	REDUCTOR	NA	-	Molienda	1	RE01P02NE
P02	ADITIVADORA HARINA 0000	NA	-	Molienda	1	MAQ06P02NE
P02	MOTOR ELÉCTRICO	BAUER	D040 / 105 w	Molienda	1	ME07P02NE
P02	REDUCTOR	NA	-	Molienda	1	RE02P02NE

Tabla 9: Inventario equipos Molino San Luis S.A.S. - Segundo piso.

Fuente: Elaboración propia.

INVENTARIO EQUIPOS TERCER PISO						
P03	TOLVA ENVASADORA	CENSA		Embolse	1	ENV01P03NE
P03	MOTOR ELÉCTRICO	EBERLE	B 112	Embolse	1	ME01P03NE
P03	TOLVA ENVASADORA	BONAMICO	ATS-142	Embolse	1	ENV02P03NE
P03	MOTOR ELÉCTRICO	WEG	112M	Embolse	1	ME02P03NE
P03	ZARANDA VIBRATORIA	T TAMMO		Limpieza	1	MAQ01P03NO
P03	MOTOR ELÉCTRICO	SIEMMENS	1LA7090-	Limpieza	1	ME03P03NO
P03	DESPUNTADORA	NA	-	Limpieza	1	MAQ02P03NO
P03	MOTOR ELÉCTRICO	SIEMMENS	1LA7130-	Limpieza	1	ME04P03NO
P03	MOTOR ELÉCTRICO	FINEDBURG		Limpieza	1	ME05P03NO
P03	ESCLUSA	ESCLUSA		Limpieza	1	ESC01P03SE
P03	MOTOR ELÉCTRICO	ELINSUR		Limpieza	1	ME06P03SE
P03	REDUCTOR	NA	-	Limpieza	1	RE01P03SE
P03	ESCLUSA	NA	-	Limpieza	1	ESC02P03SE
P03	MOTOR ELÉCTRICO	LEROY SOMER	LS71	Limpieza	1	ME07P03SE
P03	REDUCTOR	NA	-	Limpieza	1	RE02P03SE
P03	MEZCLADORA HARINA	NA	-	Molienda	1	MAQ03P03SO
P03	MOTOR ELÉCTRICO	STYBE INDUSTRIAL	AW20 / 4	Molienda	1	ME08P03SO
P03	REDUCTOR	MOVILENT	SL - 2011	Molienda	1	RE03P03SO
P03	ESCLUSA	NA	-	Limpieza	1	ESC03P03SE
P03	MOTOR ELÉCTRICO	NA	-	Limpieza	1	ME09P03SE
P03	REDUCTOR	NA	-	Limpieza	1	RE04P03SE
P03	PLANSIFTER 1 (N)	NA	-	Molienda	1	MAQ04P03N
P03	MOTOR ELÉCTRICO	SIEMMENS	MOTOR	Molienda	1	ME10P03N
P03	MOTOR ELÉCTRICO	NA	-	Molienda	1	ME11P03N
P03	REDUCTOR	PIUDO ARTIN	4MR4 B	Molienda	1	RE05P03N
P03	PLANSIFTER 2 (S)	NA	-	Molienda	1	MAQ05P03S
P03	MOTOR ELÉCTRICO	SIEMMENS	MOTOR	Molienda	1	ME12P03S
P03	MOTOR ELÉCTRICO	STYBE IND.	AW20 / 4	Molienda	1	ME13P03S
P03	REDUCTOR	PIUDO ARTIN	2MP 4 B	Molienda	1	RE06P03S

Tabla 10: Inventario equipos Molino San Luis S.A.S. - Tercer piso.

Fuente: Elaboración propia.

INVENTARIO EQUIPOS CUARTO PISO						
P04	ELEVADOR EMBOLSE	NA	-	Embalse	1	ELEV01P04NO
P04	MOTOR ELÉCTRICO	ELINSUR	-	Embalse	1	ME01P04NO
P04	REDUCTOR	ELINSUR	TR 100	Embalse	1	RE01P04NO
P04	ELEVADOR HARINA "000"	NA	-	Embalse	1	ELEV02P04NO
P04	MOTOR ELÉCTRICO	ELINSUR		Embalse	1	ME02P04NO
P04	REDUCTOR	ELINSUR		Embalse	1	RE02P04NO
P04	ELEVADOR HARINA "0000"	NA	-	Embalse	1	ELEV03P04NO
P04	MOTOR ELÉCTRICO	CZERWENY	1AL100L 1-4	Embalse	1	ME03P04NO
P04	REDUCTOR	ICC	NMRV75	Embalse	1	RE03P04NO
P04	ELEVADOR TRIGO 1RA	NA	-	Limpieza	1	ELEV04P04NE
P04	MOTOR ELÉCTRICO	ALTUM		Limpieza	1	ME04P04NE
P04	REDUCTOR	STM	WMI90	Limpieza	1	RE04P04NE
P04	ELEVADOR TRIGO A ROSCA	NA	-	Limpieza	1	ELEV05P04NE
P04	MOTOR ELÉCTRICO	ALTUM	E112	Limpieza	1	ME05P04NE
P04	REDUCTOR	PIUDO ARTIN	M6 107	Limpieza	1	RE05P04NE
P04	ELEVADOR TRIGO A ZARANDA	NA	-	Limpieza	1	ELEV06P04NE
P04	MOTOR ELÉCTRICO	NA	-	Limpieza	1	ME06P04NE
P04	REDUCTOR	PIUDO ARTIN	3MP3 / P	Limpieza	1	RE06P04NE
P04	FILTRO DE HARINA	NA	-	Limpieza	1	FILT01P04S0
P04	MOTOR ELÉCTRICO	WEG	AL132M	Limpieza	1	ME07P04SO
P04	TURBINA	ANSALDO		Limpieza	1	TURB01P04SO
P04	FILTRO HARINA NEUMÁTICO	NA	-	Limpieza	1	FILT02P04S0
P04	MOTOR ELÉCTRICO	WEG	180M	Limpieza	1	ME08P04SO
P04	TURBINA	ANSALDO	PA 2400	Limpieza	1	TURB02P04SO
P04	FILTRO LIMPIEZA DE TRIGO	NA	-	Limpieza	1	FILT03P04SE
P04	MOTOR ELÉCTRICO	EBERLE		Limpieza	1	ME09P04SE
P04	TURBINA	ANSALDO	SQAD 20	Limpieza	1	TURB03P04SE
P04	FILTRO NEUMÁTICO	NA	-	Limpieza	1	FILT04P04SO
P04	MOTOR ELÉCTRICO	NA	-	Limpieza	1	ME10P04SO
P04	TURBINA	ANSALDO	SQAD 10	Limpieza	1	TURB04P04SO
P04	ROSCA CAJONES HARINA	NA	-	Limpieza	1	MAQ01P04NO
P04	MOTOR ELÉCTRICO	ELINSUR	90L	Limpieza	1	ME11P04NO
P04	REDUCTOR	NA	-	Limpieza	1	RE07P04NO
P04	ROSCA MOJADORA DE TRIGO	NA	-	Limpieza	1	MAQ02P04NE
P04	MOTOR ELÉCTRICO	STYBE IND.	AB90/6	Limpieza	1	ME12P04NE
P04	ROSCA DE TRIGO SOBRE	NA	-	Limpieza	1	MAQ03P04NE
P04	MOTOR ELÉCTRICO	WEG	W22	Limpieza	1	ME13P04NE
P04	REDUCTOR	STM	RMI 35 S	Limpieza	1	RE08P04NE

Tabla 11: Inventario equipos Molino San Luis S.A.S. - Cuarto piso.

Fuente: Elaboración propia.

INVENTARIO EQUIPOS FUERA DE PLANTA						
PAF	ROSCA EXTRACTORA SILO 5-6	WEG	132M	Acopio	1	ME01AFN
PAF	rosca elevador silo 5-6 (80Tn)	NORIA		Acopio	1	ME02AFN
PAF	REDUCTOR	NA	-	Acopio	1	RE01AFN
PAF	ROSCA EXTRACTORA SILO 5	WEG	AL132M	Acopio	1	ME03AFN
PAF	ROSCA EXTRACTORA SILO 6	WEG	AL132M	Acopio	1	ME04AFN
PAF	ELEVADOR SILO 5-6	WEG		Acopio	1	ME05AFN
PAF	ROSCA ELEVADOR SILO 3-4	CZERWENY	1AL100L1	Acopio	1	ME06AFS
PAF	ROSCA ELEVADOR SILO 3-4	STM	RMT85 S	Acopio	1	RE03AFS
PAF	ROSCA EXTRACTORA SILO 4	CORRADI	MTA 100	Acopio	1	ME07AFS
PAF	ROSCA EXTRACTORA SILO 4	ICC	NMRV75	Acopio	1	RE04AFS
PAF	ROSCA EXTRACTORA SILO 3-4	WEG	AL132M	Acopio	1	ME08AFS
PAF	ROSCA EXTRACTORA SILO 3	ELINSUR		Acopio	1	ME09AFS
PAF	ROSCA EXTRACTORA SILO 3	NA	-	Acopio	1	RE06AFS
PAF	ROSCA EXTRACTORA SILO 2	WEG	W22	Acopio	1	ME10AFS
PAF	ROSCA EXTRACTORA SILO 2	CEMAC	RS21	Acopio	1	RE05AFS
PAF	ROSCA EXTRACTORA SILO 1	WEG	90S	Acopio	1	ME11AFS
PAF	ROSCA EXTRACTORA SILO 1	PANZER	MRLD100	Acopio	1	RE07AFS
PAF	ROSCA INGRESO PLANTA SILO	ELINSUR		Acopio	1	ME12AFS
PAF	ROSCA INGRESO PLANTA SILO	NA	-	Acopio	1	RE08AFS
PAF	ELEVADOR SILO 3-4	EBERLE		Acopio	1	ME13AFS
PAF	ELEVADOR SILO 3-4	LENTAX	25	Acopio	1	RE09AFS
PAF	COMPRESOR ZONA CARGA	WEG	160M	Acopio	1	ME14AFS
PAF	COMPRESOR DESARMADO	WEG	160L	Acopio	1	ME15AFS
PAF	CINTA TRANSP. SEMITA	NA	-	Acopio	1	ME16AFS
PAF	CINTA TRANSP. SEMITA	NA	-	Acopio	1	RE10AFS
PAF	POLEA ELEVADOR SILO 5-6	NA	-	Acopio	1	POLO1AFN
PAF	SIST. DE FUMIGACIÓN	NA	-	Acopio	1	SISFUM01AFS
PAF	BOMBA DE AGUA INGRESO A	LEO	ACm65	Acopio	1	BOMB01AFE

Tabla 12: Inventario equipos Molino San Luis S.A.S. - Fuera de planta.

Fuente: Elaboración propia.

INVENTARIO EQUIPOS LABORATORIO						
LAB	HUMEDÍMETRO AUTOMÁTICO	DELVER	HD 1023 ECO	Laborator	1	MAQ01LAB
LAB	SOBADORA DE MASA	JM	1/2 HP	Laborator	1	MAQ02LAB
LAB	MOLINILLO	CRIOLLO	24	Laborator	1	MAQ03LAB
LAB	GLUTOMATIC	bataglia		Laborator	1	MAQ04LAB
LAB	AMASADORA	MAQJOR	amasadora	Laborator	1	MAQ05LAB
LAB	HORNO	DEPAOLO SRL	HORNO 6	Laborator	1	MAQ06LAB

Tabla 13: Inventario equipos Molino San Luis S.A.S. - Laboratorio.

Fuente: Elaboración propia.

17.3.1.2 Codificación de equipos

La codificación de equipos constituye una herramienta fundamental para su identificación dentro de la organización, ya que permite asignarles un código unificado que facilita su trazabilidad y gestión. En este caso, se implementó un sistema de codificación significativo o numérico, el cual

aporta información clave sobre cada equipo, como su naturaleza, número secuencial, ubicación física y orientación dentro de la planta.

EQUIPO:	ABREVIACIÓN:	N° INICIAL	ABREVIACIÓN:	PISO:	ABREVIACIÓN:	ORIENTACIÓN:	ABREVIACIÓN:
MAQUINA	MAQ	00 - 99	N° DE ELEMENTO	FUERA DE PLANTA	PAF	NORTE	N
ELEVADOR	ELEV	00 - 99	N° DE ELEMENTO	LABORATORIO	PLAB	NOROESTE	NO
REDUCTOR	RE	00 - 99	N° DE ELEMENTO	PLANTA BAJA	PB	NORESTE	NE
MOTOR ELÉCTRICO	ME	00 - 99	N° DE ELEMENTO	PRIMER PISO	P01	SUR	S
POLEA	POL	00 - 99	N° DE ELEMENTO	SEGUNDO PISO	P02	SUROESTE	SO
SIST. DE FUMIGACIÓN	SISFUM	00 - 99	N° DE ELEMENTO	TERCER PISO	P03	SURESTE	SE
BOMBA DE AGUA	BOMB	00 - 99	N° DE ELEMENTO	CUARTO PISO	P04		
ESCLUSA	ESC	00 - 99	N° DE ELEMENTO				
FILTRO	FILT	00 - 99	N° DE ELEMENTO				
TURBINA	TURB	00 - 99	N° DE ELEMENTO				

Tabla 14: Sistema de Codificación de equipos Molino San Luis S.A.S.

Fuente: Elaboración propia.

Por ejemplo, para identificar un motor eléctrico ubicado en el sector noroeste del cuarto piso de la planta, y suponiendo que se trata del primer motor relevado, se le asigna el siguiente código: **ME01P04NO**.

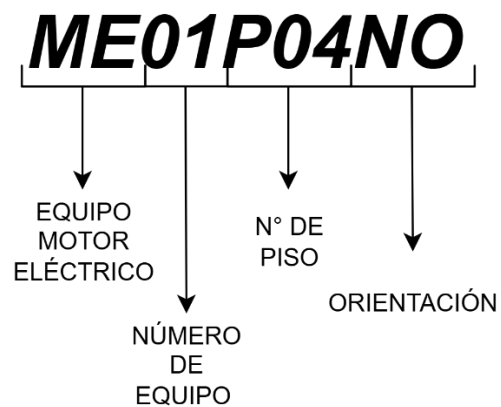


Ilustración 14. Ejemplo de sistema de Codificación de equipos.

Fuente: Elaboración propia

Este sistema permite reconocer rápidamente de qué tipo de equipo se trata, su ubicación y su orden dentro del inventario.

Además, para optimizar el acceso a la información, cada equipo ha sido identificado con un código QR vinculado a su hoja de vida digitalizada. Esta funcionalidad permite que, mediante cualquier dispositivo móvil, el personal pueda escanear el código y acceder de forma inmediata a la información del equipo, sin necesidad de recurrir a una computadora.



Ilustración 15. Ejemplo de modelo de identificación de equipos mediante código QR.

Fuente: Tomado de [19]

17.3.1.3 Hojas de Vida de equipos

Con el objetivo de sistematizar y centralizar la información técnica de cada equipo, se optó por desarrollar las hojas de vida en formato digital. Para ello, se implementó una página web mediante Google Sites, creando un sitio específico del molino. En este portal, cada equipo cuenta con una página individual que contiene información detallada, incluyendo su código de identificación, marca, modelo, año de fabricación, tipo de rodamientos, sistema de transmisión, potencia, entre otros datos relevantes. Además, cada página permite completar formularios de manera múltiple choice para el registro de relevamientos técnicos. De igual forma, se incorpora el historial de mantenimiento realizado, facilitando el seguimiento y trazabilidad de cada

intervención; donde se van actualizando los datos de manera automática al completar los registros de mantenimiento. (Ver anexo A Ejemplo Hoja de vida - Página Web²)

17.3.1.4 Relación de requerimientos de mantenimiento (LEMI)

Busca definir las actividades o tareas que se efectuarán sobre las máquinas/equipos cobijados por el Plan de Mantenimiento.

Las fuentes principales de información para conformar el Listado de requerimientos son:

- Manuales de servicio
- Internet
- Catálogos de partes
- Conocimiento y experiencia del personal

Una forma usual de subdividir las tareas de Mantenimiento Preventivo es mediante el sistema L.E.M., siendo este una metodología aplicada para garantizar el funcionamiento eficiente y seguro de los equipos industriales a través de tareas sistemáticas programadas.

Esta estrategia se centra en tres áreas técnicas fundamentales del mantenimiento: la correcta lubricación de los componentes móviles, el control de los sistemas eléctricos, y la revisión del estado mecánico de los equipos.

- Lubricación
- Electricidad
- Mecánica

17.3.1.5 Actividades

Las actividades incluidas describen de manera detallada los pasos generales para ejecutar tareas de mantenimiento en equipos. Cada actividad contempla los recursos indispensables para su

² Sitio Web Molino San Luis S.A.S.: <https://sites.google.com/view/molino-san-luis-sas/p%C3%A1gina-principal?authuser=0>

realización, tales como herramientas, pasos y personal técnico, con el objetivo de unificar criterios y brindar una guía clara y práctica para el mantenimiento dentro de la empresa.

La seguridad es un aspecto prioritario en cada actividad. Por ello, se detallan las precauciones a considerar antes de iniciar las tareas, tanto en relación con los equipos como con el entorno de trabajo, y se indica el equipo de protección personal (EPP) obligatorio para el resguardo de la integridad física del trabajador durante la intervención.

Cada actividad está identificada con un código y una descripción que permiten su rápida localización. (*Ver Anexo B: Ejemplos de Desarrollo de actividades – Molino San Luis S.A.S.*)

Los diferentes tipos de actividades están conformadas por las siguientes abreviaciones:

- **“REV”**: Hace referencia a actividades de revisión en general. Los dos dígitos numéricos siguientes indican un consecutivo, que indica que se dispone desde REV-01 hasta REV-99.
- **“LUB”**: Hace referencia a actividades de lubricación. Los dos dígitos numéricos siguientes indican un consecutivo, que indica que se dispone desde LUB-01 hasta LUB-99.
- **“MEC”**: Hace referencia a actividades de mantenimiento mecánico en profundidad. Los dos dígitos numéricos siguientes indican un consecutivo, que indica que se dispone desde MEC-01 hasta MEC-99.

La lista de las actividades que se generaron en este manual y sus respectivos códigos, se puede visualizar en la tabla siguiente:

Equipo	Actividad	Parte	Desarrollo	Codificación
Inst. eléctricas	Revisión	Tablero eléctrico	Revisión de cableado eléctrico	REV_01
Elev. Cangilones	Revisión	Equipo en general	Revisión de estado en general	REV_02
Transmisiones	Revisión	Transmisión	Tensar, alinear y revisar transmisión	REV_03
Motores eléctricos	Revisión	Motores eléctricos	Revisión de estado en general	REV_04
Roscas tornillos sin fin	Revisión	Interno	Revisión de estado interno	REV_05
Bancos de cilindro	Revisión	General	Revisión de estado interno	REV_06
Cepilladora / despuntadora	Revisión	General	Revisión de estado interno	REV_07
Cepilladora / despuntadora	Revisión	General	Revisión de estado interno	REV_08
Filtros de manga	Revisión	General	Revisión de estado interno	REV_09
Plansifter	Revisión	General	Revisión de estado interno	REV_10
Reductores	Revisión	Reductores	Revisión de estado en general	REV_11
Zaranda	Revisión	General	Revisión de estado en general	REV_12
Canal aspiración	Revisión	General	Revisión de estado en general	REV_13
Desatadores y disgregadores	Revisión	General	Revisión de estado en general	REV_14
Esclusas	Revisión	General	Revisión de estado en general	REV_15
cajones de harina	Revisión	General	Revisión de estado en general	REV_16
embolsadora	Revisión	General	Revisión de estado en general	REV_17
cinta transportadora	Revisión	General	Revisión de estado en general	REV_18
Rodamientos / chumaceras	Lubricación	Rodamientos / chumaceras	Lubricar / engrasar	LUB_01
Transmisiones	Lubricación	cadena y piñones	Lubricar / engrasar	LUB_02
Motores eléctricos	Mecánica	Motores eléctricos	Mantenimiento mayor	MEC_01
Reductores	Mecánica	Reductores	Mantenimiento mayor	MEC_02

Tabla 15: Codificación de tareas de mantenimiento

Fuente: Tomado de [19]

A continuación, se muestra el formato de descripción de las actividades:


	Descripción			Código actividad:	
	Versión:	v 1.0	Últ. actualizac:		
Objetivo:					
Alcance:					
Personal Requerido:	Cantidad:	Descripción:			
Materiales:					
Partes y repuestos:					
Herramientas y equipos:					
Elementos de Protección Personal:					
Precauciones de seguridad:					
Descripción de la actividad:					

Ilustración 16. Formato de actividades de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia

17.3.1.6 Instructivos de mantenimiento (Procedimientos)

Los procedimientos incluyen las actividades a realizar en las máquinas (paso a paso), partes a intervenir de acuerdo al plan anual, duración teórica estimada, prioridad / criticidad y la naturaleza del mantenimiento. (Ver anexo C: Ejemplo de procedimiento)

A continuación, se muestra la lista de los procedimientos de mantenimiento y sus respectivos códigos:


Código Procedimiento	Equipo:
PROC-150	Mantenimiento Preventivo Elevador de cangilones
PROC-151	Mantenimiento Preventivo Roscas transportadoras de tornillo sin fin
PROC-152	Mantenimiento Preventivo Zaranda

PROC-153	Mantenimiento Preventivo Canal de aspiración Limpieza de Trigo
PROC-154	Mantenimiento Preventivo Despuntadora de Trigo
PROC-155	Mantenimiento Preventivo Filtro de Manga
PROC-156	Mantenimiento Preventivo Esclusas
PROC-157	Mantenimiento Preventivo Banco de Cilindros
PROC-158	Mantenimiento Preventivo Desatadores
PROC-159	Mantenimiento Preventivo Disgregador
PROC-160	Mantenimiento Preventivo Plansifter
PROC-161	Mantenimiento Preventivo Cajones de Harina
PROC-162	Mantenimiento Preventivo Embolsadora
PROC-163	Mantenimiento Preventivo Cinta transportadora
PROC-164	Mantenimiento Preventivo Cepilladora
PROC-165	Mantenimiento Preventivo Motores Eléctricos
PROC-166	Mantenimiento Preventivo Reductores

Tabla 16: Codificación de procedimientos de Mantenimiento.

Fuente: Tomado de [19].

A continuación, se muestra el formato de desarrollo de los procedimientos:

 MOLINO SAN LUIS	Descripción:				PROC-	
	Versión:	v 1.0	Fecha versión:	__/__/2026	Código Máquina /	
			Fecha intervención:		Equipo intervenido:	

Marcar con "X" la actividad llevada a cabo.

Llevado a cabo:	Parte:	Actividad:	Código Actividad	Personal requerido	Frecuencia	Duración	Criticidad	Naturaleza
	TABLERO ELECTRÓNICO	Revisión de cableado eléctrico.	REV_01	1	4 meses	0 h 30 m	Baja	Eléctrico

Ilustración 17. Formato de desarrollo de procedimientos.

Fuente: Elaboración propia

17.3.1.7 Programación (Tablero de control)

La planificación del mantenimiento constituye una función estratégica dentro del sistema de gestión, ya que permite organizar y programar de manera anticipada todas las intervenciones necesarias sobre los activos productivos. Su adecuada implementación contribuye a reducir la

ocurrencia de fallas imprevistas, optimizar la asignación de recursos técnicos y humanos, y garantizar la continuidad operativa del proceso productivo.

La programación se materializa mediante un cronograma estructurado que establece de forma precisa: las tareas a ejecutar, el equipo a intervenir, la frecuencia de ejecución, los recursos requeridos y la modalidad de intervención. De esta manera, el tablero de control funciona como una herramienta de gestión y seguimiento que orienta la ejecución del mantenimiento a lo largo del ciclo anual, permitiendo además evaluar el grado de cumplimiento del plan establecido.

17.3.2 Programación de Plan Anual de Mantenimiento

Para la elaboración del Plan Anual de Mantenimiento se partió del inventario general de equipos previamente identificado y clasificado según su criticidad.

A partir de ello, se definieron:

- Los equipos y subsistemas a intervenir.
- Las partes o componentes específicos sujetos a mantenimiento.
- La codificación de cada actividad preventiva.
- La descripción técnica de las tareas a ejecutar.
- El nivel de criticidad asociado.
- La duración estándar estimada para cada intervención.

En relación con la frecuencia de ejecución, se establecieron periodicidades mensuales, determinadas en función del tipo de actividad, las recomendaciones técnicas y las condiciones operativas de cada equipo. Asimismo, se estimó el tiempo estándar de ejecución para facilitar la planificación de carga de trabajo y el balanceo de recursos.

La determinación de las frecuencias de mantenimiento preventivo se realizó considerando los siguientes criterios técnicos:

- Nivel de criticidad del equipo según la matriz desarrollada.
- Historial de fallas reconstruido.

- Recomendaciones generales de fabricantes (cuando estuvieron disponibles).
- Condiciones reales de operación.
- Experiencia operativa del personal técnico.

Si bien en una primera etapa se adoptó una periodicidad mensual para la mayoría de las actividades preventivas, dicha frecuencia no responde a un criterio arbitrario, sino a una estrategia de implementación progresiva del sistema. La frecuencia mensual permite:

- Generar hábito organizacional.
- Facilitar el control y seguimiento inicial.
- Detectar desvíos tempranos.
- Obtener datos reales para futuras optimizaciones.

Se prevé que, en una etapa posterior de maduración del sistema, las frecuencias puedan ajustarse en función de indicadores como MTBF, tasa de fallas y comportamiento operacional, evolucionando hacia un esquema basado en condición o en confiabilidad.

El plan fue estructurado en un calendario anual dividido por semanas, donde se indica explícitamente el período programado para cada intervención, lo que permite un seguimiento sistemático y una adecuada distribución de tareas a lo largo del año.

Con el fin de mantener coherencia organizacional y facilitar la gestión operativa, el programa se estructuró por áreas funcionales de la planta, a saber: Acopio, Limpieza, Molienda y Envasado. Esta segmentación permite una administración más ordenada del mantenimiento y una mejor asignación de responsabilidades. (*Ver Anexo D: Plan Anual de mantenimiento por áreas*)

La programación anual fue sometida a un proceso de balanceo con el objetivo de evitar concentraciones excesivas de tareas en determinados períodos del año.

El balanceo se realizó considerando:

- Duración estándar estimada de cada tarea.
- Cantidad de personal disponible.
- Tiempo programable para mantenimiento (fuera de horas pico de producción).

- Compatibilidad entre intervenciones (agrupación de tareas en un mismo equipo).
- Nivel de producción histórico mensual de la organización

Este análisis permitió distribuir las actividades de forma equitativa a lo largo del calendario anual, reduciendo el riesgo de sobrecarga operativa y minimizando la interferencia con la producción.

El balanceo constituye una herramienta clave para garantizar la viabilidad real del plan, evitando que el programa preventivo se transforme en un documento formal sin ejecución efectiva.

El formato utilizado para elaborar el Plan Anual de Mantenimiento por áreas se presenta a continuación.

PLANIFICACION ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO AREA ACOPIO - MOLINO SAN LUIS S.A.S. :																														
EQUIPOS:	PARTE EQUIPO:	CRITICIDAD EQUIPO:	CÓDIGO:	DESCRIPCIÓN:	PERIODICIDAD	DURACIÓN	AÑO 2026 - 1ER SEMESTRE																							
							ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO			
		Alta	Media	Baja			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ROSCA EXTRACTORA REJILLA (x2) (TRIGO SUCIO)	TABLERO ELÉCTRICO	REV_01	Alta	Revisión de cableado eléctrico.	4 MESES	0 h : 30 m																								
	TORNILLO SIN FIN	REV_05	Media	Revisión General.	2 MESES	1 h : 00 m																								
	CHUMACERAS	LUB_01	Baja	Lubricación.	1 MES	0 h : 30 m																								
	TRANSMISIÓN	LUB_02	Baja	Lubricación.	1 MES	0 h : 30 m																								
	TRANSMISIÓN	REV_03	Baja	Tensar, alinear y revisión general.	6 MESES	2 h : 00 m																								
	REDUCTOR	REV_11	Baja	Cambiar aceite	12 MESES	0 h : 30 m																								
	REDUCTOR	MEC_02	Baja	Mantenimiento mayor	12 MESES	08 h : 00 m																								
	REDUCTOR	REV_11	Baja	Revisar nivel aceite	2 MESES	0 h : 30 m																								
	MOTOR	REV_04	Baja	Limpieza y evaluación	2 MESES	2 h : 00 m																								
	MOTOR	MEC_01	Baja	Mantenimiento mayor	12 MESES	08 h : 00 m																								

Ilustración 18. Ejemplo Formato Plan Anual de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia

17.3.2.1 Control y seguimiento del cumplimiento

El tablero de control no solo cumple una función programática dentro del sistema de mantenimiento preventivo, sino que constituye además una herramienta fundamental para el seguimiento, control y evaluación del cumplimiento de las actividades planificadas.

Con el objetivo de optimizar la gestión y trazabilidad del programa, se implementó una solución digital basada en Google Apps Script, mediante la cual se automatizó el proceso de generación y seguimiento de las Órdenes de Trabajo (OT).

A través de esta herramienta se logró:

- Generar automáticamente las OTs correspondientes a cada actividad programada.
- Enviar notificaciones por correo electrónico al personal responsable de la ejecución.

- Informar en cada comunicación el número de OT, equipo a intervenir, subsistemas involucrados, descripción de la actividad, tiempo estándar estimado y formulario digital para la carga de datos.
- Actualizar automáticamente el estado del programa una vez registrada la ejecución.
- Emitir alertas en caso de retrasos o incumplimientos.

Esta implementación permitió mejorar significativamente el control del cumplimiento del plan preventivo, asegurar la trazabilidad histórica de cada equipo y optimizar la distribución de cargas de trabajo, facilitando la toma de decisiones por parte del área de mantenimiento.

Asimismo, para evaluar el desempeño del sistema implementado, se establecieron los siguientes indicadores de gestión:

- Porcentaje de cumplimiento del mantenimiento preventivo.
- Relación entre mantenimiento preventivo y correctivo.
- OTs abiertas.
- Disponibilidad operativa del sistema productivo.
- Tiempo promedio de respuesta (Días)

El seguimiento sistemático de estos indicadores permite medir la efectividad del plan implementado, detectar desvíos y aplicar acciones correctivas orientadas a la mejora continua del sistema de mantenimiento.

17.3.2.2 Procedimiento de ejecución del Mantenimiento Preventivo

Con el objetivo de garantizar el cumplimiento sistemático del Plan Anual de Mantenimiento, se implementó un sistema automatizado de gestión utilizando herramientas digitales de Google. Esta solución permitió optimizar la programación, el seguimiento y el registro de las actividades preventivas sin generar costos adicionales de implementación ni mantenimiento, lo cual resulta especialmente relevante en el contexto de una PyME. (*Ver anexo E: Sistema de tablero de control digitalizado*)

El procedimiento operativo definido contempla las siguientes etapas:

1. Definición inicial de fechas programadas

Se establecieron las fechas iniciales de ejecución para cada actividad preventiva considerando criterios técnicos tales como el balance de carga de trabajo, la distribución por áreas funcionales (Acopio, Limpieza, Molienda y Envasado), la criticidad del equipo y la agrupación de tareas similares. Esta planificación inicial permitió organizar las intervenciones de manera racional y evitar concentraciones excesivas de trabajo en determinados períodos.

Numero OT	EQUIPOS:	ID EQUIPO	PARTE EQUIPO:	CRITICIDAD	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN:	DURACIÓN:	frecuencia	día	Fecha mant.	Estado	Fecha realización	Días retraso
	COMPRESOR ZONA CARGA	ME14AFS	TABLERO ELECTRICQ	BAJA	REV_01	Revisión de cableado eléctrico.	0 h : 30 m	120		13/4/2026	Completado ▼	26/3/2026	4
OT-6049CB10	COMPRESOR ZONA CARGA	ME14AFS	TRANSMISION	BAJA	LUB_02	Lubricación.	0 h : 30 m	30		26/3/2026	Pendiente ▼	26/2/2026	2
	COMPRESOR ZONA CARGA	ME14AFS	TRANSMISION	MEDIA	REV_03	Tensar, alinear y revisión general.	2 h : 00 m	180		12/6/2026	Completado ▼	26/3/2026	5
	COMPRESOR ZONA CARGA	ME14AFS	MOTOR	BAJA	REV_04	Limpieza y evaluación	2 h : 00 m	60		13/4/2026	Completado ▼	30/3/2026	4
OT-3600227F	COMPRESOR ZONA CARGA	ME14AFS	MOTOR	ALTA	MEC_01	Mantenimiento mayor	08 h : 00 m	730		26/3/2026	Pendiente ▼		

Ilustración 19. Ejemplo de Tablero de control digitalizado.

Fuente: Elaboración propia.

2. Verificación automática diaria del sistema

El sistema de mantenimiento ejecuta diariamente una revisión automática del cronograma programado, analizando equipo por equipo y actividad por actividad para determinar si corresponde emitir una nueva Orden de Trabajo (OT) preventiva. En caso de que la OT ya haya sido generada previamente, el sistema omite su recreación, evitando duplicaciones.

3. Generación y notificación de la Orden de Trabajo Preventiva

Cuando corresponde la ejecución de una actividad preventiva, el sistema genera automáticamente la OT y la envía por correo electrónico al técnico responsable. En dicha comunicación se incluye:

- Identificación del equipo y subconjunto.
- Descripción de las tareas a realizar.

- Procedimiento técnico correspondiente.
- Criticidad de la tarea.
- Formulario digital para la carga de cumplimiento de la OT preventiva.

Este mecanismo garantiza que el personal disponga de la información necesaria para ejecutar la tarea conforme a lo planificado.



Molino SAN LUIS S.A.S. <plantamolinosl.24@gmail.com>

ORDEN DE TRABAJO - MANTENIMIENTO PREVENTIVO: OT-0D7CED23

1 mensaje

plantamolinosl.24@gmail.com <plantamolinosl.24@gmail.com>
 Para: sanluisplantamolinospersonal@gmail.com
 CC: sanluisplantamolinospersonal@gmail.com, plantamolinosl.24@gmail.com

20 de marzo de 2026 a las 8:38 a.m.

ORDEN DE TRABAJO: OT-0D7CED23

Equipo: BANCO DE CILINDRO C3
 ID Equipo: MAQ13P01SN
 Parte Equipo: MOTOR
 Criticidad: BAJA

Actividad:
 REV_04

Descripción:
 Limpieza y evaluación

Procedimiento:
https://docs.google.com/spreadsheets/d/1SDxtVShVxKazZhjyCIFTquw_9eTzIsuqgNpMp21Ew/edit?usp=drive_link

Formulario de cierre:
https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeHsb78SuRj4JpMOWU5n6TjRbFLCKo435sjQFWTASnGnw/viewform?usp=pp_url&entry.1884265043=Brucolo%20E%3ADas&entry.1791950890=3%2F20%2F2026%2C%208%3A38%3A25%20AM&entry.361427231=OT-0D7CED23&entry.2145768775=BANCO%20DE%20CILINDRO%20C3&entry.1025936012=MAQ13P01SN

WhatsApp:
https://wa.me/542657522413?text=%F0%9F%94%A7%20ORDEN%20DE%20TRABAJO%20-%20MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO%3A%20OT-0D7CED23%0AEquipo%3A%20BANCO%20DE%20CILINDRO%20C3%0AID%3A%20MAQ13P01SN%0AParte%20Equipo%3A%20MOTOR%0ACriticidad%3A%20BAJA%0AProcedimiento%3A%0Ahttps%3A%2F%2Fdocs.google.com%2Fspreadsheets%2Fd%2F1SDxtVShVxKazZhjyCIFTquw_9eTzIsuqgNpMp21Ew%2Fedit%3Fusp%3Ddrive_link%0A%0ACompletar%20informe%3A%0Ahttps%3A%2F%2Fdocs.google.com%2Fforms%2Fd%2Fe%2F1FAIpQLSeHsb78SuRj4JpMOWU5n6TjRbFLCKo435sjQFWTASnGnw%2Fviewform%3Fusp%3Dpp_url%26entry.1884265043%3DBrucolo%2520E%25C3%25ADas%26entry.1791950890%3D3%252F20%252F2026%252C%25208%253A38%253A25%2520AM%26entry.361427231%3DOT-0D7CED23%26entry.2145768775%3DBANCO%2520DE%2520CILINDRO%2520C3%26entry.1025936012%3DMAQ13P01SN

Ilustración 20. Ejemplo de Orden de trabajo Preventiva.

Fuente: Elaboración Propia.

4. Ejecución de la intervención preventiva

El técnico responsable realiza la intervención según el procedimiento establecido y, una vez finalizada, completa el formulario digital de OT Preventiva, consignando las actividades ejecutadas, observaciones relevantes y cualquier anomalía detectada. (Ver Anexo F: Formulario Mantenimiento Preventivo)

5. Cierre automático y actualización del sistema

Tras el envío del formulario, el sistema registra automáticamente el cumplimiento de la Orden de Trabajo, actualiza la próxima fecha programada de intervención, gestiona el cierre de la OT y archiva la información en el historial de intervenciones. De este modo, se garantiza la trazabilidad completa de las actividades realizadas y se genera una base de datos confiable para el análisis del desempeño del sistema de mantenimiento.

6. Generación de reportes y alertas de seguimiento

De manera diaria, el sistema consolida la información correspondiente a las intervenciones realizadas el día anterior y genera un reporte que incluye: Órdenes de Trabajo ejecutadas, equipos intervenidos, actividades realizadas, responsable asignado, fecha programada y fecha de ejecución, desvío en días y criticidad de la intervención. Asimismo, se informa la cantidad total de OTs realizadas, discriminadas según su nivel de criticidad (alta, media y baja), junto con el promedio de retraso en su ejecución.

Adicionalmente, el sistema emite alertas automáticas al correo institucional cuando se detecta el incumplimiento de una OT preventiva dentro de un período determinado, permitiendo una gestión proactiva de las desviaciones.



Molino SAN LUIS S.A.S. <plantamolinosl24@gmail.com>

Resumen Diario MP | 1 OTs

1 mensaje

plantamolinosl24@gmail.com <plantamolinosl24@gmail.com>
Para: plantamolinosl24@gmail.com

31 de marzo de 2026 a las 6:55 p.m.

Resumen Diario

Total: 1
Alta: 1
Media: 0
Baja: 0
Retraso promedio: 1.00 días

Detalle

OT	Equipo	Actividad	Resp	Prog	Real	Retraso	Criticidad
OT-A741EC9C	ELEVADORES DE CANGILONES DE SILOS MEZCLA S1 - S4(TRIGO SUCIO)	REV_02	Bruccolo Elias	7/2/2025	3/31/2026	1.000000000007276	ALTA

Ilustración 21. Ejemplo de Resumen diario de Intervenciones de Mantenimiento Preventivo.

Fuente: Elaboración Propia.

    **OT PREVENTIVA VENCIDA**   **- OT-5BB0D495 - RETRASO (385 días)**
1 mensaje

plantamolinosl.24@gmail.com <plantamolinosl.24@gmail.com>
Para: plantamolinosl.24@gmail.com, sanluisplantamolinospersonal@gmail.com

Seguimiento Automático de Mantenimiento Preventivo

RETRASO (385 días)

Numero OT: OT-5BB0D495
Equipo: ROSCA COLECTORA DE SILOS 1-2 (TRIGO SUCIO)
Actividad: REV_01
Responsable: Bruccolo Elías
Días de atraso: 385

Este recordatorio continuará hasta el cierre de la OT.

Sistema Inteligente de Gestión de Mantenimiento

Ilustración 22. Ejemplo de alertas de recordatorios de Órdenes de Mantenimiento Preventivo pendientes de realizar.

Fuente: Elaboración propia.

7. Actualización de KPIs e indicadores de Mantenimiento preventivo

Una vez registrada la información correspondiente a las intervenciones realizadas y actualizada la base de datos del sistema, se procede de manera automática a la actualización de los indicadores clave de desempeño (KPIs) definidos para el mantenimiento preventivo.

Este proceso permite disponer de información permanentemente actualizada respecto al estado del sistema, tanto a nivel de cada equipo como a nivel global, facilitando el monitoreo continuo de variables tales como el cumplimiento del plan, los tiempos de respuesta y la cantidad de órdenes pendientes.

La actualización automática de los indicadores garantiza la consistencia de los datos y elimina la necesidad de procesamiento manual, reduciendo la probabilidad de errores y optimizando los tiempos de análisis. Asimismo, posibilita la generación de reportes dinámicos que sirven de base para la toma de decisiones, la identificación de desvíos y la implementación de acciones correctivas orientadas a la mejora continua del sistema de mantenimiento.

En conjunto, la automatización del procedimiento de mantenimiento preventivo contribuye significativamente a mejorar el nivel de cumplimiento del plan, reducir omisiones, optimizar la coordinación del personal y consolidar una base de datos histórica indispensable para la mejora continua del sistema de mantenimiento.

17.3.3 Diagrama de flujo Mantenimiento Preventivo

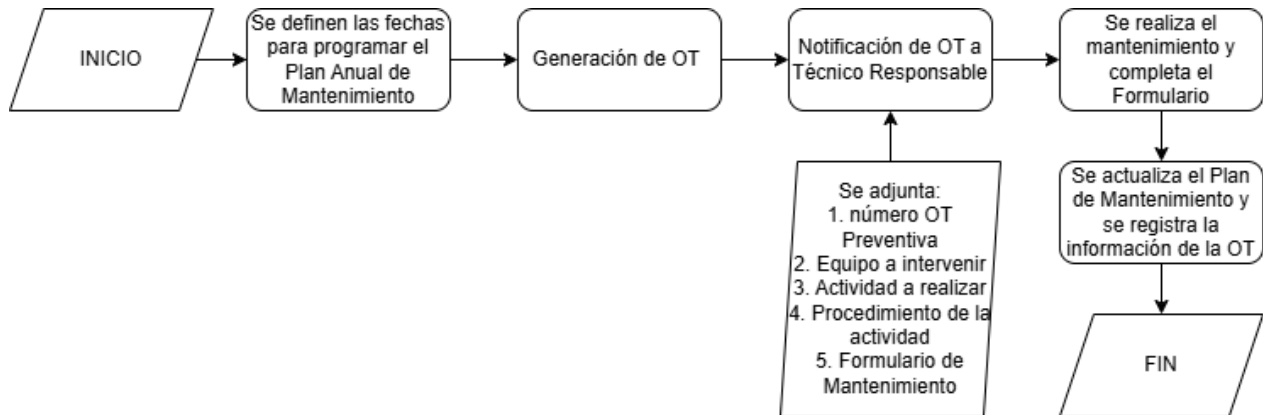


Ilustración 23. Diagrama de Flujo de Mantenimiento Preventivo.

Fuente: Elaboración propia.

17.3.4 Documentación y control del mantenimiento

El formato y el tratamiento de la información y documentación se realiza de manera digitalizada, mediante las herramientas de Google, a saber, Google drive, Google sheet y Google Sites, para establecer un mejor orden y acceso a la información actualizada.

17.3.5 Indicadores de desempeño (KPIs) del mantenimiento preventivo

En el marco del diseño del sistema de mantenimiento preventivo, se priorizó la implementación de indicadores clave de desempeño (Key Performance Indicators, KPIs) que se caractericen por su simplicidad operativa y alta utilidad para la toma de decisiones. Este enfoque responde a la necesidad de garantizar la aplicabilidad del sistema en el contexto de una PyME, donde la disponibilidad de recursos para análisis complejos suele ser limitada.

En este sentido, se definieron indicadores tanto a nivel de equipo individual como a nivel global del sistema, permitiendo evaluar el desempeño operativo desde una perspectiva integral.

17.3.6 Indicadores a nivel de equipo

A nivel de cada equipo, se establecieron los siguientes KPIs:

17.3.6.1 Preventivos vencidos

Este indicador cuantifica la cantidad de Órdenes de Trabajo (OTs) de mantenimiento preventivo que se encuentran vencidas o pendientes de ejecución para cada equipo. Su principal utilidad radica en permitir una rápida identificación de atrasos en la planificación, facilitando la priorización de intervenciones y la detección de equipos con bajo nivel de cumplimiento del plan.

$$\text{Preventivos Vencidos} = \sum \text{OTs Mantenimiento Preventivo Pendientes}$$

17.3.6.2 Tiempo promedio de respuesta

Este KPI mide el tiempo promedio, expresado en días, transcurrido entre la fecha programada de una OT preventiva y su fecha efectiva de ejecución. Este indicador permite evaluar la eficiencia en la respuesta del área de mantenimiento frente a las actividades planificadas, así como identificar demoras sistemáticas y oportunidades de mejora en la asignación de recursos.

$$\text{Tiempo Promedio Respuesta} = \frac{\sum(\text{Fecha Ejecución} - \text{Fecha Programada})}{\sum \text{Intervenciones}}$$

17.3.6.3 Porcentaje de cumplimiento del mantenimiento preventivo

Este indicador expresa el porcentaje de Órdenes de Trabajo (OT) preventivas completadas respecto del total de OT preventivas programadas para un equipo en un período determinado. Constituye una métrica fundamental para evaluar el grado de adherencia al plan de mantenimiento, siendo un reflejo directo del nivel de disciplina operativa del sistema.

$$\% \text{ Cumplimiento M. Preventivo} = \frac{\text{OTs MP completadas}}{\sum \text{OTs MP}} * 100$$

17.3.6.4 Cantidad de intervenciones por equipo

Este indicador registra el número total de intervenciones preventivas realizadas sobre cada equipo. Su análisis permite identificar equipos con alta frecuencia de intervención, lo cual puede

estar asociado a problemas de confiabilidad, condiciones operativas exigentes o deficiencias en la estrategia de mantenimiento aplicada.

$$\text{Cantidad Intervenciones} = \sum \text{Intervenciones MP}$$

Tendremos la información representada de la siguiente manera respecto a los equipos de manera individual:

DATOS MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO	CÓDIGO	ÁREA	PREVENTIVOS VENCIDOS	TIEMPO PROM. RESPUESTA	% CUMPLIMIENTO OT MP	INTERVENCIONES
ELEVADOR A CANGILONES AFRECHILLO	ELEV03AFS	SUBPRODUCTO	0	0,17	100,00%	6
ELEVADOR 1 (INGRESO DE TRIGO SUCIO A ZARANDA)	ELEV06P04NE	ACONDICIONADO	0	5,23	100,00%	25
ELEVADOR EMBOLSE	ELEV01P04NO	ENVASADO	0	1,28	100,00%	6
ELEVADOR HARINA "000"	ELEV02P04NO	MOLIENDA	0	4,00	100,00%	6
ELEVADOR HARINA "0000"	ELEV03P04NO	MOLIENDA	0	1,92	100,00%	6
ELEVADOR 3 (TRIGO HÚMEDO) A DESPUNTADORA 1RA ROTURA	ELEV04P04NE	ACONDICIONADO	0	2,49	0%	17
ELEVADOR 2 (TRIGO LIMPIO) A ROSCA MOJADORA	ELEV05P04NE	ACONDICIONADO	0	2,36	100,00%	18
ELEVADORES DE CANGILONES DE SILOS ACOPIO S5 - S6 (TRIGO SUCIO)	ELEV01AFN	ACOPIO	0	1,10	100,00%	31
ELEVADORES DE CANGILONES DE SILOS MEZCLA S1 - S4 (TRIGO SUCIO)	ELEV02AFS	ACOPIO	0	1,43	100,00%	23
EMBOLSADORA AUTOMÁTICA	MAQ02P02NE	ENVASADO	0	1,07	100,00%	5
EMBOLSADORA MANUAL	MAQ01P02NE	ENVASADO	0	1,00	100,00%	5

Tabla 17: Ejemplo de representación de datos resumidos de Mantenimiento Preventivo.

Fuente: Elaboración propia.

17.3.7 Indicadores a nivel global del sistema

Complementariamente, se definieron indicadores globales que permiten evaluar el desempeño del sistema de mantenimiento preventivo en su conjunto:

17.3.7.1 Órdenes de Trabajo abiertas (OTs abiertas)

Este indicador representa la cantidad total de OTs preventivas pendientes de ejecución en un momento determinado. Su seguimiento permite visualizar la carga de trabajo acumulada y evaluar la capacidad de respuesta del área de mantenimiento frente a las exigencias del plan.

$$\text{OTs abiertas} = \sum \text{OTs MT pendientes de ejecutar}$$

17.3.7.2 Tiempo promedio de respuesta global

Mide el promedio de días de demora en la ejecución de todas las OTs preventivas del sistema. Este indicador proporciona una visión agregada de la eficiencia operativa, permitiendo comparar períodos y evaluar mejoras o desvíos en el desempeño.

$$\text{Tiempo promedio de respuesta Global} = \frac{\sum \text{Tiempo promedio de respuesta individual}}{\sum \text{Equipos}}$$

17.3.7.3 Porcentaje global de cumplimiento del mantenimiento preventivo

Este KPI refleja el porcentaje total de OTs preventivas ejecutadas respecto del total de OTs programadas en el sistema. Es un indicador clave para evaluar el grado de cumplimiento del Plan Anual de Mantenimiento a nivel organizacional.

$$\% \text{Cumplimiento M Preventivo Global} = \frac{\sum \% \text{Cumplimiento MP individuales}}{\sum \text{Equipos}}$$

17.3.7.4 Porcentaje de mantenimiento preventivo sobre el total de intervenciones

Este indicador establece la proporción de OTs preventivas respecto del total de OTs generadas (preventivas + correctivas). Su análisis permite evaluar el enfoque del sistema de mantenimiento, indicando el grado de orientación hacia la prevención en contraposición a la corrección de fallas. Un mayor valor de este indicador sugiere una estrategia más proactiva y madura.

$$\% \text{Mantenimiento Preventivo} = \frac{\sum \text{OTs Preventivas}}{\sum \text{OTs Preventivas} + \text{OTs Correctivas}}$$

En conjunto, estos indicadores permiten realizar un seguimiento sistemático del desempeño del mantenimiento preventivo, facilitando la detección de desvíos, la identificación de oportunidades de mejora y la toma de decisiones basada en datos. Asimismo, su simplicidad favorece su implementación y sostenibilidad en el tiempo, aspectos fundamentales en entornos productivos de pequeña y mediana escala.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
OF ABIERTAS	2
TIEMPO PROMEDIO RESPUESTAS (Días)	2,15
% CUMPLIMIENTO MP	99,13%
% M Preventivo	97,67%

Tabla 18: KPIs Mantenimiento Preventivo.

Fuente: Elaboración propia.

17.4 Plan de mantenimiento correctivo

Si bien el objetivo principal del sistema de mantenimiento implementado es prevenir la ocurrencia de fallas, resulta técnicamente inviable eliminar completamente el mantenimiento correctivo dentro de un sistema productivo industrial. En consecuencia, el mantenimiento correctivo debe ser gestionado de manera estructurada, controlada y documentada, evitando que su ejecución responda exclusivamente a situaciones improvisadas o carentes de análisis.

En el contexto del molino harinero objeto de estudio, históricamente predominó un esquema de mantenimiento correctivo a la rotura, caracterizado por intervenciones reactivas ante fallas funcionales, ausencia de registros sistemáticos y escasa planificación. Esta modalidad generaba detenciones no programadas, afectación de la disponibilidad operativa y sobre costos asociados a urgencias y reposiciones imprevistas.

Por tal motivo, el presente trabajo propone transformar el mantenimiento correctivo en un proceso gestionado, integrado al sistema preventivo y apoyado en herramientas de análisis técnico como el AMEF (Análisis Modal de Efectos y Fallas). [13]

17.4.1 Clasificación del Mantenimiento Correctivo Adoptada

Con el fin de ordenar su gestión, el mantenimiento correctivo fue clasificado en dos categorías principales:

17.4.1.1 Correctivo No Planificado (de Emergencia)

Corresponde a intervenciones derivadas de fallas funcionales imprevistas que requieren actuación inmediata para restablecer la operación del sistema productivo. Estas intervenciones impactan directamente en la producción y generan tiempos de parada no programados.

17.4.1.2 Correctivo Planificado

Surge como consecuencia de inspecciones preventivas, análisis técnicos, resultados del AMEF o detección temprana de desviaciones operativas. Si bien responde a una condición anómala, su ejecución puede programarse dentro del cronograma general, minimizando el impacto en la producción.

Esta diferenciación permite establecer prioridades, asignar recursos de manera racional y medir el grado de madurez del sistema de mantenimiento, reduciendo progresivamente la proporción de correctivos de emergencia.

17.4.2 Procedimiento de Gestión de Fallas

Con el propósito de asegurar trazabilidad, control sistemático y mejora continua del mantenimiento correctivo, se estableció un procedimiento estructurado para la gestión de fallas. Este esquema permite estandarizar la respuesta ante eventos no deseados, reducir tiempos de reacción y generar información confiable para el análisis posterior.

El procedimiento contempla las siguientes etapas:

1. Detección de la falla

La identificación de una anomalía puede realizarse por parte del operador de planta, el personal de mantenimiento o durante inspecciones preventivas programadas. Toda desviación respecto al funcionamiento normal del equipo debe ser reportada de manera inmediata.

2. Registro mediante formulario de “Alerta de Falla”

Una vez detectada la anomalía, se completa un formulario digital denominado *Alerta de Falla*, disponible para el personal a través del sistema compartido del equipo de trabajo, garantizando accesibilidad y rapidez en la comunicación. (Ver Anexo G: Formulario – Alerta de Falla)

En dicho formulario se recaba información relevante, incluyendo:

- Identificación del equipo afectado.
- Descripción del modo de falla observado.
- Nivel de criticidad estimado.
- Condiciones operativas al momento del evento.
- Otros datos relevantes.

Este registro constituye la base documental inicial del evento y permite iniciar el circuito formal de gestión.


3. Generación automática de Orden de Falla (OF) y evaluación técnica

Una vez completado el formulario, el sistema genera automáticamente una Orden de Falla (OF) y envía una notificación por correo electrónico a la organización. El jefe de Mantenimiento evalúa la información suministrada y determina el nivel de urgencia y prioridad de intervención.

En caso de autorizar la ejecución, la OF es convertida en una Orden de Trabajo (OT) dentro del sistema de mantenimiento. Esta orden es enviada automáticamente al personal responsable, incluyendo:

- Número de OT.
- Identificación del equipo.
- Descripción de la intervención requerida.
- Listado AMEF correspondiente como soporte técnico.
- Formulario digital de “OT Correctivo” para el registro de la intervención.

La integración del AMEF en esta etapa permite orientar técnicamente la reparación, considerando causas probables, efectos asociados y acciones recomendadas. (*Ver anexo H: Ejemplo AMEF de equipo*)

 **NUEVA OF GENERADA: ALERTA DE FALLA - MANTENIMIENTO CORRECTIVO REQUERIDO OFC-6C01A677**

1 mensaje

plantamolinosl.24@gmail.com <plantamolinosl.24@gmail.com>
Para: plantamolinosl.24@gmail.com

Se ha generado una Orden de Falla, se requiere mantenimiento

OF: OFC-6C01A677
Equipo: CINTA TRANSP ZONA CARGA
Código: MAQ02P01SO
Área: ENVASADO
Críticidad: Baja (no afecta producción)
Descripción: Se tiene que modificar la bajada de la embolsadora
Síntoma: Pérdida de rendimiento
Tipo falla: Otra
Observación:
Reportado por: Barrozo Maxi
Fecha aviso: Fri Mar 13 2026 08:18:36 GMT-0300 (Argentina Standard Time)

Ilustración 24. Ejemplo de Orden de Falla generada.

Fuente: Elaboración propia.

4. Ejecución y cierre de la intervención

Una vez finalizada la reparación, el responsable completa el formulario de OT Correctivo, consignando:

- Actividades realizadas.
- Repuestos utilizados.
- Fecha y hora de inicio y finalización.
- Observaciones técnicas relevantes.


Al enviar el formulario, el sistema registra automáticamente el cierre de la OT, garantizando trazabilidad completa del evento. (*Ver anexo I: Formulario Mantenimiento Correctivo*)

 **OT MANTENIMIENTO CORRECTIVO GENERADA: OTC-F5C106D8**

1 mensaje

plantamolinosl.24@gmail.com <plantamolinosl.24@gmail.com>
Para: sanluisplantamolinospersonal@gmail.com, plantamolinosl.24@gmail.com

13 de marzo de 2026 a las 8:08 a.m.

ORDEN DE TRABAJO CORRECTIVO 

Numero OT: OTC-F5C106D8
Numero OF: OFC-34F260BE

Equipo: ROSCA EXTRACTORA SILO 3-4 (REJILLA)
Código: ME08AFS
Críticidad: Alta (detiene producción)

Descripción falla:
Tiene mucho juego la polea que transmite la potencia a la rosca

AMFE:
<https://drive.google.com/drive/folders/1moGj1j2Mnv27f6Pyj6PakMj27jNh5Ve>

Formulario cierre:
[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfvt9uB4hUEYOHJ2shvXHyjrJvMx43mfBtydWfobicP4-8A/viewform?usp=header&entry.92458784=Fri%20Mar%2013%202026%2008%3A08%3A38%20GMT-0300%20hora%20est%C3%A1ndar%20de%20Argentina&entry.1915780274=OTC-F5C106D8&entry.2145768775=ROSCA%20EXTRACTORA%20SILO%203-4%20\(REJILLA\)&entry.1884265043=ME08AFS&entry.1878572494=ACOPPIO](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfvt9uB4hUEYOHJ2shvXHyjrJvMx43mfBtydWfobicP4-8A/viewform?usp=header&entry.92458784=Fri%20Mar%2013%202026%2008%3A08%3A38%20GMT-0300%20hora%20est%C3%A1ndar%20de%20Argentina&entry.1915780274=OTC-F5C106D8&entry.2145768775=ROSCA%20EXTRACTORA%20SILO%203-4%20(REJILLA)&entry.1884265043=ME08AFS&entry.1878572494=ACOPPIO)

Sistema automático mantenimiento - MOLINO SAN LUIS S.A.S.

Ilustración 25. Ejemplo de alerta enviada al personal encargado de realizar el mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia.

 **OT CORRECTIVA CERRADA - N°: OTC-18692F79**

1 mensaje

plantamolinosl.24@gmail.com <plantamolinosl.24@gmail.com>
Para: plantamolinosl.24@gmail.com, sanluisplantamolinospersonal@gmail.com

Orden de Trabajo Correctiva Cerrada

OT COMPLETADA

Número OT: OTC-18692F79
Equipo: OFC-1FEB1480
Descripción de falla: MAQ01P02NE
Responsable: Se cortaron las correas de transmisión
Inicio: Wed Nov 19 2025 22:20:00 GMT-0300 (Argentina Standard Time)
Fin: Thu Nov 20 2025 00:22:00 GMT-0300 (Argentina Standard Time)
Duración (horas): 2.03

Sistema Automático de Gestión de Mantenimiento

Ilustración 26. Ejemplo de alerta de Orden de trabajo de mantenimiento correctivo completada.

Fuente: Elaboración propia.

5. Actualización automática del historial e indicadores

Toda la información registrada alimenta de manera automática el historial de intervenciones de cada equipo, generando una base de datos consolidada. A partir de estos registros se calculan indicadores clave del sistema, tales como MTTR, frecuencia de fallas y tiempos de parada.

Este procedimiento estructurado permite reducir el Tiempo Medio de Reparación (MTTR), mejorar la calidad técnica de las intervenciones y disponer de información estadística confiable para la toma de decisiones estratégicas en materia de mantenimiento.

17.4.3 Diagrama de flujo Mantenimiento Correctivo

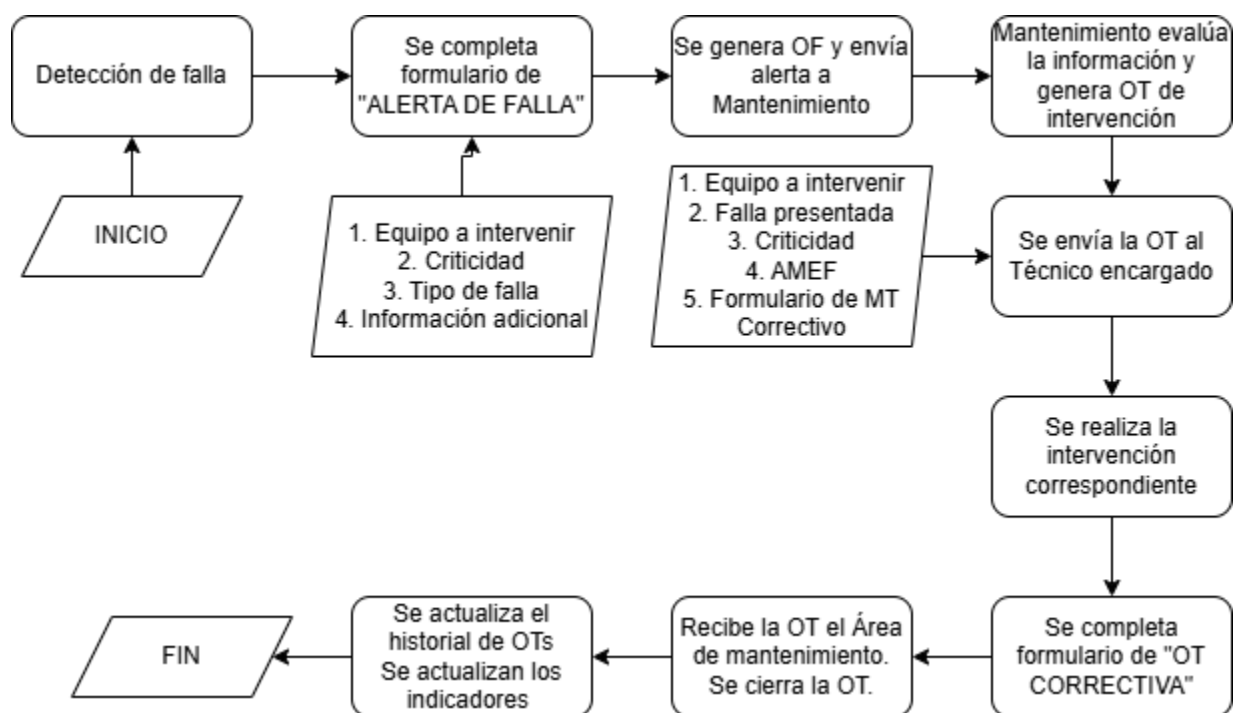


Ilustración 27. Diagrama de flujo de Mantenimiento Correctivo.

Fuente: Elaboración propia.

17.4.4 Integración del AMEF al Plan Correctivo

El AMEF desarrollado para los equipos críticos del molino permitió identificar:

- Modos de falla potenciales.
- Causas técnicas asociadas.

- Consecuencias operativas.

A partir de este análisis, se establecieron lineamientos específicos para el mantenimiento correctivo:

- Definición de protocolos de intervención para modos de fallas recurrentes.
- Priorización de recursos ante eventos simultáneos.
- Determinación de acciones de mejora para mitigar causas repetitivas.

De esta manera, el mantenimiento correctivo deja de ser una respuesta improvisada y pasa a ser una actividad técnicamente fundamentada en el análisis de riesgo.

17.4.5 Indicadores de Desempeño del Mantenimiento Correctivo

Con el objetivo de evaluar la eficiencia, eficacia y nivel de control del sistema de mantenimiento correctivo implementado, se definieron una serie de indicadores clave de desempeño (Key Performance Indicators, KPI). Estos permiten medir el comportamiento del sistema, identificar oportunidades de mejora y sustentar la toma de decisiones basada en datos.

Los indicadores se clasifican en dos niveles: indicadores individuales, orientados al análisis específico de las intervenciones correctivas, e indicadores globales, que permiten evaluar el impacto del mantenimiento correctivo sobre el desempeño general del sistema productivo.

17.4.6 Indicadores a nivel de equipo

A nivel de cada equipo, se establecieron los siguientes KPIs:

17.4.6.1 Tiempo Medio de Reparación (MTTR)

El MTTR (Mean Time To Repair) mide el tiempo promedio requerido para restablecer el funcionamiento de un equipo tras la ocurrencia de una falla.

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

17.4.6.2 Tiempo Medio entre fallas (MTBF)

Mide el tiempo promedio de funcionamiento de un equipo entre fallas consecutivas.

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número de fallas}}$$

17.4.6.3 Disponibilidad Operativa

Mide la capacidad de un equipo o sistema para estar en condiciones de operación.

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

17.4.6.4 Tiempo promedio de respuesta

Mide el tiempo transcurrido entre la detección de la falla y el inicio efectivo de la intervención.

$$\text{Tiempo Promedio de Respuesta} = \frac{\sum(\text{Hora inicio intervención} - \text{Hora detección falla})}{\sum \text{Número de intervenciones}}$$

17.4.6.5 Porcentaje de cumplimiento del mantenimiento correctivo

Indica el porcentaje de órdenes de trabajo correctivas ejecutadas respecto a las generadas.

$$\% \text{ Cumplimiento M. Correctivo} = \frac{\text{OTs MC ejecutadas}}{\text{OTs MC generadas}} * 100$$

17.4.6.6 Cantidad de intervenciones por equipo

Este indicador registra la sumatoria del número total de intervenciones correctivas realizadas sobre cada equipo. Su análisis permite identificar equipos con alta frecuencia de intervención, lo cual puede estar asociado a problemas de confiabilidad, condiciones operativas exigentes o deficiencias en la estrategia de mantenimiento aplicada.

$$\text{Cantidad Intervenciones} = \sum \text{Intervenciones MC}$$

17.4.6.7 Equipos más críticos

Este indicador tiene como finalidad identificar los equipos que presentan el mayor número de intervenciones correctivas en un período determinado. Su análisis permite reconocer aquellos activos que requieren un mayor nivel de control, seguimiento y gestión dentro del sistema de mantenimiento.

La recurrencia elevada de intervenciones correctivas en determinados equipos constituye un indicio de comportamiento crítico, el cual puede estar asociado a bajos niveles de confiabilidad, condiciones de operación exigentes, deficiencias en las rutinas de mantenimiento preventivo o inadecuadas estrategias de gestión aplicadas sobre dichos activos.

En este sentido, el indicador no solo permite priorizar la atención sobre los equipos más problemáticos, sino que también facilita la toma de decisiones orientadas a la mejora continua, tales como la revisión de planes de mantenimiento, la implementación de técnicas predictivas o la sustitución de componentes críticos.

<i>EQUIPO</i>	<i>TASA DE FALLOS</i>	<i>SEMÁFORO</i>
B CILINDRO II ROTURA	3,00	● Crítico
ELEV AFRECHILLO	5,00	● Crítico
ELEVADOR EMBOLSE	4,00	● Crítico
ENVASADORA AUTOMÁTICA	6,00	● Crítico
ENVASADORA MANUAL	14,00	● Crítico
ROSCA INGRESO TRIGO A MOLINO	4,00	● Crítico

Tabla 19: Equipos más críticos.

Fuente: Elaboración propia.

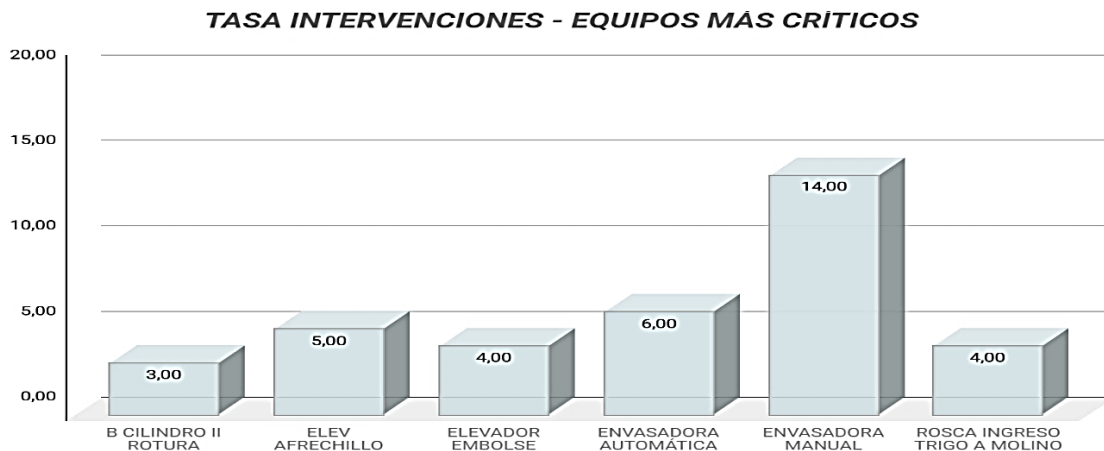


Ilustración 28. Sumatoria de intervenciones realizadas sobre cada equipo crítico.

Fuente: Elaboración propia.

Tendremos la información representada de la siguiente manera respecto a los equipos de manera individual:

DATOS MANTENIMIENTO CORRECTIVO									
EQUIPO	CÓDIGO	ÁREA	TASA DE FALLOS	MTTR (Hs)	MTBF (Hs)	DISPONIBILIDAD	TIEMPO PROM. RESPUESTA	% CUMPLIMIENTO OT MC	SEMÁFORO
ADITIVADORA HARINA 000	MAQ05P02NE	MOLIENDA	0,00	0	0	100%	0	0%	● Excelente
ADITIVADORA HARINA 0000	MAQ06P02NE	MOLIENDA	0,00	0	0	100%	0	0%	● Excelente
B CILINDRO C1	MAQ10P01SN	MOLIENDA	1,00	11,25	0,00	0,00%	6,50	100,00%	● Crítico
B CILINDRO C2	MAQ11P01SS	MOLIENDA	0,00	0	0	100%	0	0%	● Excelente
B CILINDRO C3	MAQ13P01SN	MOLIENDA	0,00	0	0	100%	0	0%	● Excelente
B CILINDRO C4 - C5	MAQ12P01SS	MOLIENDA	0,00	0	0	100%	0	0%	● Excelente
B CILINDRO I ROTURA	MAQ08P01NV	MOLIENDA	1,00	8,50	0,00	0,00%	9,25	100,00%	● Crítico
B CILINDRO II ROTURA	MAQ07P01NS	MOLIENDA	3,00	62,49	134,34	68,25%	83,53	100,00%	● Crítico
B CILINDRO III ROTURA	MAQ05P01NV	MOLIENDA	0,00	0	0	100%	0	0%	● Excelente
B CILINDRO IV ROTURA	MAQ06P01NS	MOLIENDA	0,00	0	0	100%	0	0%	● Excelente
B CILINDRO R1	MAQ09P01SS	MOLIENDA	0,00	0	0	100%	0	0%	● Excelente
B CILINDRO R2	MAQ17P01SN	MOLIENDA	1,00	6,00	0,00	0,00%	9,00	100,00%	● Crítico
B CILINDRO ROTURA R3	MAQ04P01NS	MOLIENDA	0,00	0	0	100%	0	0%	● Excelente
B CILINDRO ROTURA R4	MAQ03P01NV	MOLIENDA	0,00	0	0	100%	0	0%	● Excelente
CANAL ASPIRACIÓN DESPUNTADORA TRIGO LIMPIEZA	MAQ15P01NO	ACONDICIONADO	0,00	0	0	100%	0	0%	● Excelente
CHANCHITA DESATADORA C2	MAQ05P8SO	MOLIENDA	1,00	0,62	0,00	0,00%	17,00	100,00%	● Crítico

Tabla 20: Resumen Mantenimiento Correctivo por equipos.

Fuente: Elaboración propia.

17.4.7 Indicadores a nivel global del sistema

Complementariamente, se definieron indicadores globales que permiten evaluar el desempeño del sistema de mantenimiento correctivo en su conjunto:

17.4.7.1 Órdenes de Trabajo totales abiertas (OTs abiertas)

Este indicador representa la cantidad total de OTs correctivas pendientes de ejecución en un momento determinado.

$$OTs\ abiertas = \sum OTs\ Correctivas\ pendientes\ de\ ejecutar$$

17.4.7.2 Tiempo promedio de respuesta global

Mide el promedio de horas de demora en la ejecución de todas las OTs correctivas del sistema. Este indicador proporciona una visión agregada de la eficiencia operativa, permitiendo comparar períodos y evaluar mejoras o desvíos en el desempeño.

$$Tiempo\ promedio\ de\ respuesta\ Global = \frac{\sum Tiempo\ promedio\ de\ respuesta\ individual}{\sum Equipos}$$

17.4.7.3 Porcentaje global de cumplimiento del mantenimiento correctivo

Este KPI refleja el porcentaje total de OTs correctivas ejecutadas respecto del total de OTs programadas en el sistema.

$$\% \text{ Cumplimiento M Correctivo Global} = \frac{\sum \% \text{ Cumplimiento MC individuales}}{\sum \text{Equipos}}$$

17.4.7.4 Tiempo Medio de Reparación Global (MTTR)

El MTTR global (Mean Time To Repair) mide el tiempo promedio global requerido para restablecer el funcionamiento de un equipo tras la ocurrencia de una falla.

$$MTTR = \frac{\sum MTTR}{\text{Número de equipos}}$$

17.4.7.5 Tiempo Medio entre fallas Global (MTBF)

Mide el tiempo promedio global de funcionamiento de los equipos entre fallas consecutivas.

$$MTBF = \frac{\sum MTBF}{\text{Número de equipos}}$$

17.4.7.6 Disponibilidad Operativa Global

Mide la capacidad Global de los equipos para estar en condiciones de operación.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\sum \text{Disponibilidad}}{\text{Número de equipos}}$$

La implementación de estos indicadores permite transformar el mantenimiento correctivo de un enfoque reactivo a uno gestionado, basado en información objetiva y medible.

Asimismo, posibilita identificar desvíos, optimizar recursos, reducir tiempos de intervención y mejorar la disponibilidad de los equipos.

El seguimiento sistemático de estos KPI constituye una herramienta fundamental para la mejora continua del sistema de mantenimiento.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO	
MTTR GLOBAL (Hs)	6,75
MTBF GLOBAL (Hs)	1552
DISPONIBILIDAD GLOBAL	99,57%
OF ABIERTAS	1
TIEMPO PROMEDIO RESPUESTAS (Hs)	12,03
% CUMPLIMIENTO MC	98,57%

Tabla 21: Resumen Mantenimiento Correctivo.

Fuente: Elaboración propia.

17.5 Impacto Esperado

La implementación del Plan de Mantenimiento Correctivo estructurado, en conjunto con el sistema preventivo, permitirá:

- Reducir intervenciones de emergencia.
- Disminuir tiempos de parada no programada.
- Mejorar la disponibilidad operativa del molino.
- Generar información técnica para decisiones futuras.
- Incrementar la confiabilidad de los equipos críticos.

En consecuencia, el mantenimiento correctivo pasa a integrarse como un componente controlado dentro de un sistema integral de gestión del mantenimiento, alineado con principios de mejora continua y confiabilidad operacional.

17.6 Conclusión

A partir del diagnóstico inicial y de las debilidades identificadas, se diseñó e implementó un sistema integral de gestión del mantenimiento, compuesto por herramientas de análisis, planificación, ejecución y control, orientado a mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.

Las principales acciones implementadas incluyeron:

- Desarrollo de una matriz de criticidad para la priorización de equipos.
- Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo.

- Estructuración de un procedimiento de mantenimiento correctivo basado en trazabilidad y análisis de fallas.
- Incorporación de herramientas de automatización para la gestión de órdenes de trabajo.
- Definición de indicadores clave de desempeño (KPI) para el seguimiento del sistema.

Con el fin de evaluar la efectividad de las mejoras introducidas, se definieron una serie de variables de análisis que serán desarrolladas en el capítulo siguiente, entre las cuales se destacan:

- Porcentaje de cumplimiento del mantenimiento preventivo.
- Relación entre mantenimiento preventivo y correctivo.
- Evolución del MTTR.
- Evolución del MTBF.
- Disponibilidad operativa de los equipos.
- Reducción de intervenciones no planificadas.

El análisis de estos indicadores permitirá cuantificar el impacto del sistema implementado y validar la efectividad de las estrategias adoptadas en términos de mejora de la gestión del mantenimiento.

CAPÍTULO V: RESULTADOS ESPERADOS

18 Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo exponer y analizar los resultados obtenidos a partir de la implementación del sistema de gestión de mantenimiento en la empresa Molino San Luis S.A.S.

A tal fin, se evalúan indicadores clave de desempeño (KPIs) definidos durante la etapa de desarrollo, los cuales permiten medir la efectividad del plan de mantenimiento preventivo y correctivo implementado.

Los resultados se presentan mediante tablas y gráficos comparativos, considerando la situación inicial estimada y la evolución observada durante el período de aplicación del sistema.

19 Período de análisis

El análisis de resultados se realizó considerando un período de 12 meses posteriores a la implementación del sistema de mantenimiento, lo cual representa el transcurso del año 2025.

Los datos fueron obtenidos a partir de:

- Registros generados mediante órdenes de trabajo (OTs).
- Formularios digitales de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Historial de fallas por equipo.
- Sistema automatizado de seguimiento implementado.

20 Indicadores analizados

Los indicadores seleccionados para evaluar el desempeño del sistema de mantenimiento fueron los siguientes:

- Porcentaje de cumplimiento del mantenimiento preventivo
- Relación mantenimiento correctivo / preventivo

- Tiempo Medio de Reparación (MTTR)
- Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)
- Disponibilidad operativa

Estos indicadores permiten analizar tanto la eficiencia operativa como el grado de madurez del sistema de mantenimiento implementado.

21 Resultados obtenidos

A continuación, se presentan los resultados derivados del análisis de los indicadores clave de desempeño (KPIs), los cuales permiten evaluar el comportamiento y la eficacia del sistema de gestión de mantenimiento implementado durante el período bajo estudio.

21.1 Cumplimiento del mantenimiento preventivo

Este indicador mide el grado de ejecución del plan de mantenimiento preventivo programado.

Fórmula:

$$\text{Cumplimiento (\%)} = \frac{(\text{Mantenimientos realizados})}{(\text{Mantenimientos programados})} \times 100$$

CUMPLIMIENTO MENSUAL DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
AÑO	MES	PROGRAMADAS	EJECUTADAS	CUMPLIMIENTO (%)
2025	ENERO	38	38	100,00%
2025	FEBRERO	41	41	100,00%
2025	MARZO	47	45	95,74%
2025	ABRIL	44	46	104,55%
2025	MAYO	48	48	100,00%
2025	JUNIO	49	46	93,88%
2025	JULIO	45	48	106,67%
2025	AGOSTO	50	49	98,00%
2025	SEPTIEMBRE	46	47	102,17%
2025	OCTUBRE	51	49	96,08%
2025	NOVIEMBRE	53	55	103,77%

2025	DICIEMBRE	56	56	100,00%
------	-----------	----	----	---------

Tabla 22: Cumplimiento mensual del mantenimiento preventivo – Periodo 2025.

Fuente: Elaboración propia.

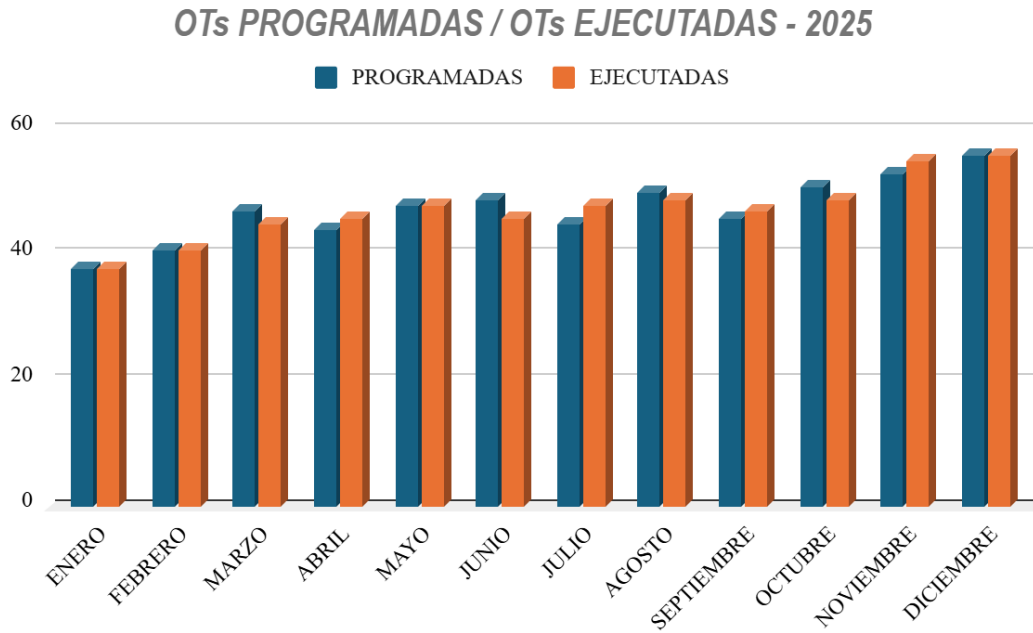


Ilustración 29. Gráfica comparación de OTs Preventivas programadas vs. Ejecutadas – Periodo 2025.

Fuente: Elaboración Propia.

% CUMPLIMIENTO PROGRAMA - 2025

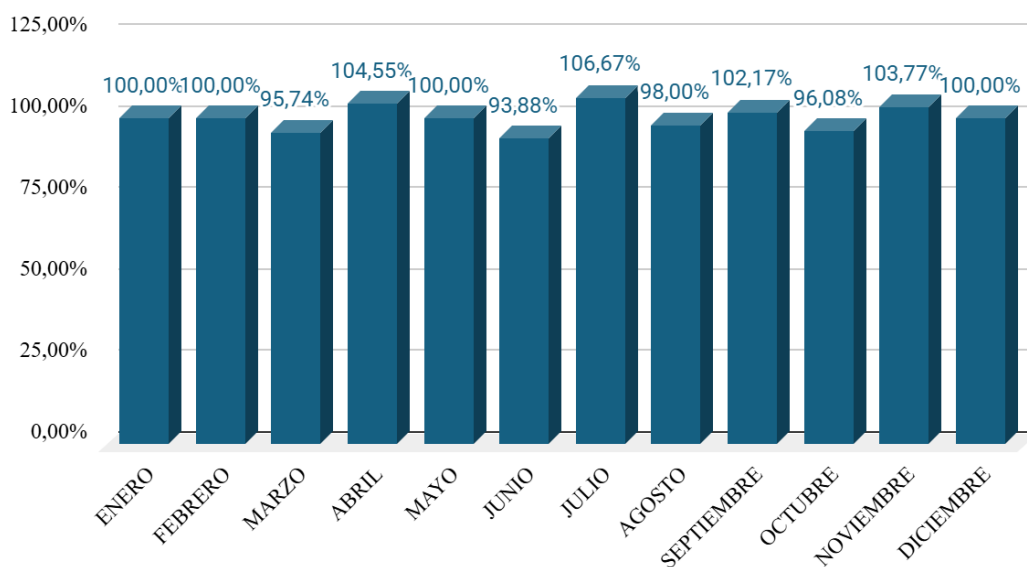


Ilustración 30. Gráfica de porcentaje de cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo – Periodo 2025.

Fuente: Elaboración propia.

21.1.1 Análisis:

Se observa una tendencia creciente en el cumplimiento del mantenimiento preventivo, evidenciando una mejora en la organización y ejecución de las tareas programadas. La automatización del sistema y la asignación de responsabilidades contribuyeron significativamente a este resultado.

21.2 Relación mantenimiento correctivo / preventivo

Este indicador permite evaluar el grado de planificación del mantenimiento.

Fórmula:

$$\text{Relación C / P (\%)} = \frac{(\text{Mantenimientos Correctivos})}{(\text{Mantenimientos Preventivos})} \times 100$$

RELACIÓN MENSUAL DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO VS PREVENTIVO				
AÑO	MES	PREVENTIVOS	CORRECTIVOS	MC / MP (%)
2025	ENERO	38	11	28,95%
2025	FEBRERO	41	10	24,39%
2025	MARZO	45	8	17,78%
2025	ABRIL	46	6	13,04%
2025	MAYO	48	7	14,58%
2025	JUNIO	46	5	10,87%
2025	JULIO	48	7	14,58%
2025	AGOSTO	49	6	12,24%
2025	SEPTIEMBRE	47	4	8,51%
2025	OCTUBRE	49	2	4,08%
2025	NOVIEMBRE	55	3	5,45%
2025	DICIEMBRE	56	1	1,79%

Tabla 23: Relación Mantenimiento Correctivo vs Preventivo Mensual – Periodo 2025.

Fuente: Elaboración propia.

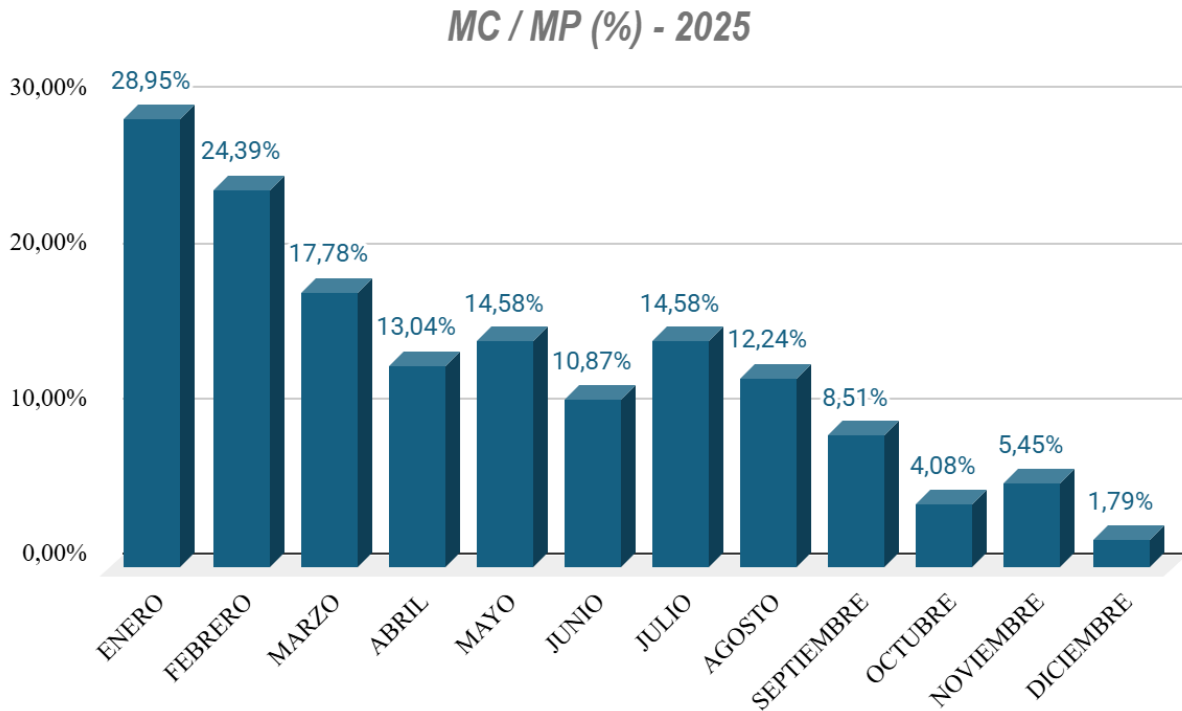


Ilustración 31. Gráfico relación Mantenimiento Correctivo vs Preventivo – Periodo 2025.

Fuente: Elaboración Propia.

21.2.1 Análisis:

Se evidencia una disminución progresiva de la proporción de mantenimiento correctivo respecto al preventivo, indicando una transición desde un modelo reactivo hacia uno planificado.

21.3 Tiempo Medio de Reparación (MTTR)

Este indicador mide la eficiencia en la resolución de fallas.

Fórmula:

$$MTTR = \frac{\text{Horas totales de reparación}}{\text{Número de fallas}}$$

TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (MTTR)				
AÑO	MES	Hs. Reparación	Nº Fallas	MTTR (Hs)
2025	ENERO	118,17	11	10,74
2025	FEBRERO	104,23	10	10,42
2025	MARZO	79,20	8	9,90
2025	ABRIL	66,10	6	11,02
2025	MAYO	77,61	7	11,09
2025	JUNIO	50,20	5	10,04
2025	JULIO	65,60	7	9,37
2025	AGOSTO	53,48	6	8,91
2025	SEPTIEMBRE	30,48	4	7,62
2025	OCTUBRE	16,00	2	8,00
2025	NOVIEMBRE	22,13	3	7,38
2025	DICIEMBRE	6,75	1	6,75

Tabla 24: MTTR Mensual – Periodo 2025.

Fuente: Elaboración propia.

TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN Hs. (MTTR) - 2025

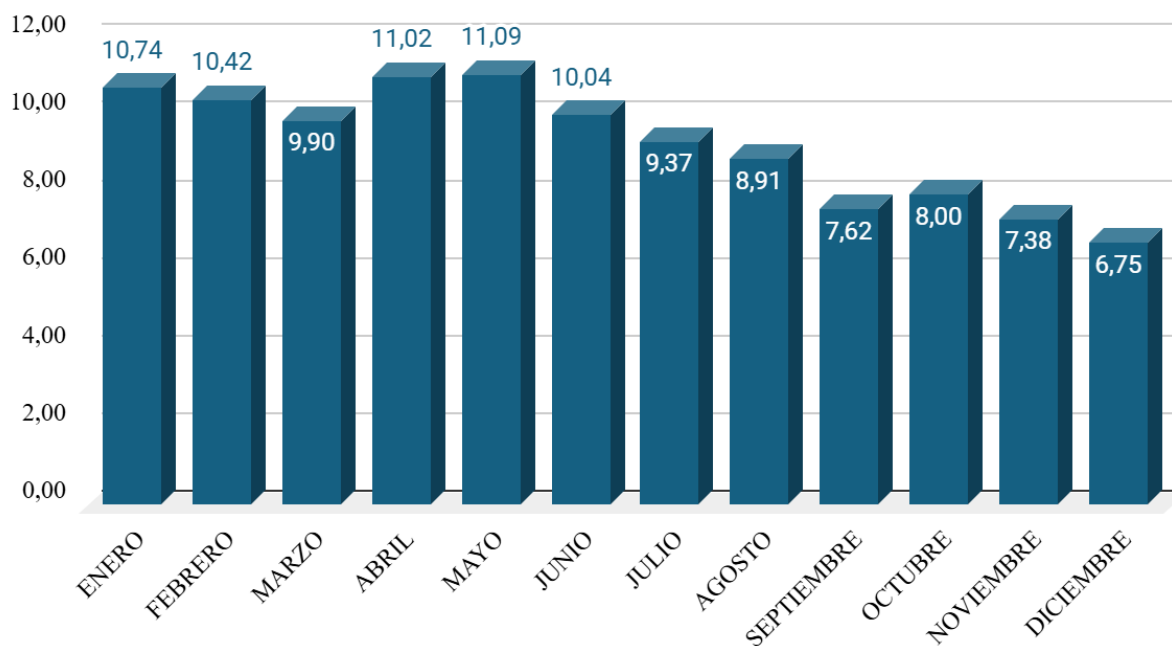


Ilustración 32. Gráfico variación MTTR mensual – Periodo 2025.

Fuente: Elaboración propia.

21.3.1 Análisis:

Se observa una reducción del MTTR a lo largo del período analizado, lo cual indica una mejora en la eficiencia del proceso de mantenimiento, atribuible a la estandarización de procedimientos y a la disponibilidad de información técnica.

21.4 Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)

Este indicador mide la confiabilidad de los equipos.

Fórmula:

$$MTBF = \frac{\text{Horas de operación}}{\text{Número de fallas}}$$

TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS (MTBF)				
AÑO	MES	Hs. Operación	N° Fallas	MTBF (Hs)
2025	ENERO	800,00	11	72,73
2025	FEBRERO	1536,00	10	153,60
2025	MARZO	1808,00	8	226,00
2025	ABRIL	1520,00	6	253,33
2025	MAYO	1856,00	7	265,14
2025	JUNIO	1536,00	5	307,20
2025	JULIO	1568,00	7	224,00
2025	AGOSTO	1856,00	6	309,33
2025	SEPTIEMBRE	1568,00	4	392,00
2025	OCTUBRE	1584,00	2	792,00
2025	NOVIEMBRE	1824,00	3	608,00
2025	DICIEMBRE	1552,00	1	1552,00

Tabla 25: MTBF Mensual – Periodo 2025.

Fuente: Elaboración propia.

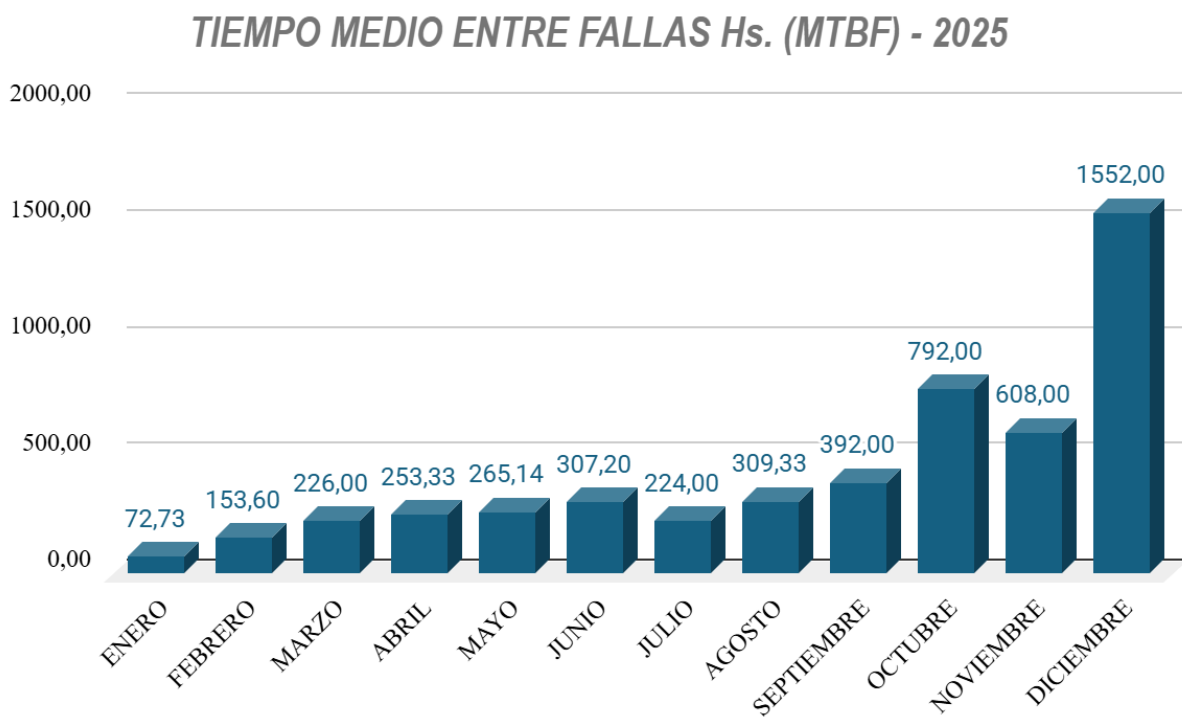


Ilustración 33. Gráfica variación MTBF mensual – Periodo 2025.

Fuente: Elaboración propia.

21.4.1 Análisis:

El incremento del MTBF evidencia una mejora en la confiabilidad de los equipos, asociada a la implementación del mantenimiento preventivo y la reducción de fallas repetitivas.

21.5 Disponibilidad operativa

Este indicador refleja el porcentaje de tiempo en que los equipos se encuentran disponibles para operar.

Fórmula:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas operativas}}{\text{Horas totales}} \times 100$$

DISPONIBILIDAD OPERATIVA				
AÑO	MES	Hs. Operación	Hs. Reparación	DISPONIBILIDAD (%)
2025	ENERO	800,00	118,17	85,23%
2025	FEBRERO	1536,00	104,23	93,21%
2025	MARZO	1808,00	79,20	95,62%
2025	ABRIL	1520,00	66,10	95,65%
2025	MAYO	1856,00	77,61	95,82%
2025	JUNIO	1536,00	50,20	96,73%
2025	JULIO	1568,00	65,60	95,82%
2025	AGOSTO	1856,00	53,48	97,12%
2025	SEPTIEMBRE	1568,00	30,48	98,06%
2025	OCTUBRE	1584,00	16,00	98,99%
2025	NOVIEMBRE	1824,00	22,13	98,79%
2025	DICIEMBRE	1552,00	6,75	99,57%

Tabla 26: Disponibilidad operativa mensual – Periodo 2025.

Fuente: Elaboración propia.

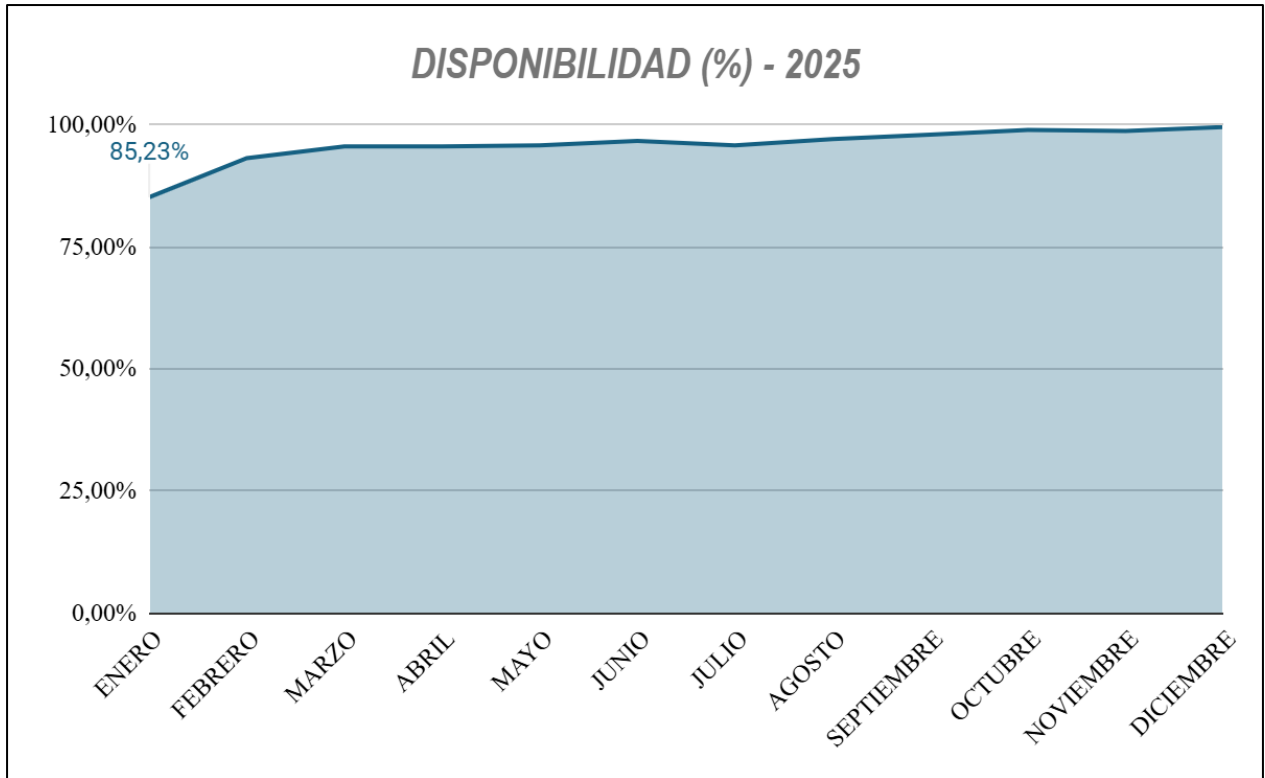


Ilustración 34. Gráfica Disponibilidad Global mensual – Periodo 2025.

Fuente: Elaboración propia.

21.5.1 Análisis:

Se evidencia una mejora en la disponibilidad de los equipos críticos, lo cual impacta directamente en la continuidad del proceso productivo y en la capacidad de cumplimiento de la demanda.

22 Análisis global de resultados

En términos generales, los resultados obtenidos evidencian una mejora sustancial en la gestión del mantenimiento de la empresa.

La implementación del sistema permitió:

- Incrementar el cumplimiento del mantenimiento preventivo
- Reducir la dependencia del mantenimiento correctivo
- Disminuir los tiempos de reparación

- Mejorar la confiabilidad de los equipos
- Aumentar la disponibilidad operativa
- Reducir la improvisación en las intervenciones

Estos resultados reflejan una transición efectiva desde un modelo reactivo hacia un enfoque de mantenimiento planificado y basado en datos.

23 Limitaciones del análisis

Es importante señalar que los resultados obtenidos se encuentran condicionados por diversos factores que deben ser considerados al momento de su interpretación. Entre las principales limitaciones se destacan:

- La ausencia de datos históricos confiables previos a la implementación del sistema, lo que dificulta la realización de comparaciones cuantitativas precisas.
- El período acotado de análisis, correspondiente a una etapa inicial de implementación.
- Niveles de producción reducidos durante el período evaluado, lo cual puede influir en la frecuencia de fallas y en la exigencia operativa de los equipos.
- Limitaciones en la disponibilidad de recursos destinados al área de mantenimiento, tanto en términos de repuestos como de personal.
- El bajo grado de madurez del sistema de mantenimiento, propio de una fase inicial de adopción y ajuste.

No obstante, a pesar de estas restricciones, los indicadores analizados permiten identificar tendencias consistentes de mejora en la gestión del mantenimiento, evidenciando el impacto positivo de las acciones implementadas.

24 Conclusión parcial:

Los resultados presentados constituyen la base para la elaboración de las conclusiones del presente trabajo, permitiendo validar la efectividad del sistema de mantenimiento implementado y su impacto sobre la operación de la empresa.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

25 Conclusiones generales

A partir del desarrollo del presente trabajo, orientado a la implementación de un sistema de mantenimiento preventivo y correctivo en la empresa Molino San Luis S.A.S., se concluye que la organización presentaba inicialmente un enfoque de mantenimiento predominantemente reactivo, caracterizado por la intervención de los equipos únicamente ante la ocurrencia de fallas, sin la existencia de registros formales ni herramientas de gestión que permitieran el análisis de la información.

Esta situación generaba consecuencias directas sobre el proceso productivo, tales como paradas no planificadas, aumento en los tiempos de reparación, uso ineficiente de recursos y disminución de la disponibilidad operativa de los equipos, afectando tanto la productividad como la calidad del servicio brindado.

En respuesta a esta problemática, se diseñó e implementó un sistema integral de gestión de mantenimiento, basado en la estructuración de un plan de mantenimiento preventivo, la definición de un procedimiento formal de mantenimiento correctivo, la aplicación de herramientas de análisis como la matriz de criticidad y AMEF, y la incorporación de herramientas digitales para la automatización del seguimiento y control de las intervenciones.

La implementación del plan de mantenimiento preventivo permitió establecer una planificación sistemática de las actividades, definiendo tareas, frecuencias, responsables y procedimientos de ejecución, lo cual contribuyó a una mejor organización de los recursos disponibles y a la reducción de intervenciones correctivas imprevistas.

Por su parte, la formalización del mantenimiento correctivo, mediante la implementación de un procedimiento estructurado de gestión de fallas, permitió mejorar la trazabilidad de las intervenciones, optimizar los tiempos de respuesta y generar información confiable para el análisis posterior.

La incorporación de herramientas digitales, mediante la automatización del sistema de mantenimiento, representó un avance significativo en la gestión operativa, facilitando la generación

de órdenes de trabajo, el registro de intervenciones y el seguimiento en tiempo real del cumplimiento del plan.

Asimismo, la definición e implementación de indicadores clave de desempeño (KPI), tales como el MTTR, MTBF, disponibilidad operativa, cumplimiento del plan de mantenimiento y relación entre mantenimiento correctivo y preventivo, permitió establecer una base objetiva para la evaluación del desempeño del sistema de mantenimiento y la toma de decisiones.

Si bien los resultados obtenidos se encuentran condicionados por la limitada disponibilidad de datos históricos y el corto período de análisis, se evidencian tendencias positivas en la organización del mantenimiento, la mejora en la gestión de la información y la reducción de la improvisación en las intervenciones.

En este sentido, se concluye que la implementación del sistema de mantenimiento propuesto contribuye de manera significativa a mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, optimizar el uso de los recursos y fortalecer la gestión operativa de la empresa, constituyendo una base sólida para la evolución hacia modelos de mantenimiento más avanzados.

26 Conclusiones específicas

- La elaboración de la matriz de criticidad permitió identificar y priorizar los equipos más relevantes dentro del proceso productivo, facilitando la asignación eficiente de recursos y la focalización de las actividades de mantenimiento.
- El diseño del plan de mantenimiento preventivo posibilitó la definición de tareas, frecuencias y procedimientos estandarizados, contribuyendo a reducir la ocurrencia de fallas imprevistas y mejorar la organización de las intervenciones.
- La formalización del mantenimiento correctivo, mediante la implementación de un procedimiento estructurado de gestión de fallas, permitió mejorar la trazabilidad de las intervenciones y optimizar los tiempos de respuesta ante fallas.
- La utilización del AMEF como herramienta de análisis permitió identificar modos de falla, causas y efectos asociados, facilitando la toma de decisiones orientadas a la prevención y mitigación de fallas.

- La automatización del sistema de mantenimiento mediante herramientas digitales permitió mejorar el control del cumplimiento del plan, reducir la carga administrativa y generar registros sistemáticos de las intervenciones.
- La implementación de indicadores de mantenimiento, tales como MTTR, MTBF, disponibilidad operativa y cumplimiento del plan, permitió establecer un sistema de medición que facilita la evaluación continua del desempeño del mantenimiento.
- A pesar de las limitaciones asociadas a la falta de datos históricos, se evidencian mejoras en la organización del mantenimiento y una tendencia hacia la reducción de intervenciones correctivas no planificadas.

27 Recomendaciones para la empresa

- Se recomienda a la organización continuar con el proceso de consolidación del sistema de mantenimiento implementado, promoviendo una cultura organizacional orientada a la planificación, el registro de información y la mejora continua.
- Es fundamental asegurar la correcta utilización de los procedimientos definidos, tanto en el mantenimiento preventivo como correctivo, garantizando la disciplina operativa del personal involucrado.
- Se sugiere fortalecer el análisis de los indicadores de mantenimiento mediante evaluaciones periódicas, que permitan ajustar las frecuencias de intervención, optimizar los recursos y mejorar la toma de decisiones.
- Se considera conveniente avanzar hacia la implementación de técnicas de mantenimiento predictivo en los equipos de mayor criticidad, con el fin de anticipar fallas y mejorar la confiabilidad del sistema productivo.
- También se recomienda optimizar la gestión de repuestos, identificando componentes críticos y definiendo niveles adecuados de stock, con el objetivo de reducir los tiempos de parada por falta de materiales.
- Desde el punto de vista del recurso humano, se sugiere continuar con la capacitación del personal en aspectos técnicos, de trabajos seguros y en el uso de herramientas de

gestión, promoviendo la estandarización de procedimientos y el trabajo colaborativo y seguro.

28 Proyecciones para investigaciones futuras

El presente trabajo establece una base para futuras investigaciones orientadas a la mejora continua del sistema de mantenimiento en la empresa.

En este sentido, se propone como línea de investigación futura la incorporación de técnicas de mantenimiento predictivo, tales como análisis de vibraciones, termografía o monitoreo de condiciones, con el objetivo de anticipar fallas y optimizar la gestión del mantenimiento.

Asimismo, se sugiere profundizar en el análisis de confiabilidad de los equipos mediante la aplicación de metodologías avanzadas, como el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), que permitan optimizar las estrategias de mantenimiento en función del comportamiento real de los equipos.

Otra línea de desarrollo posible es la integración del sistema de mantenimiento con herramientas de gestión empresarial (ERP), lo que permitiría mejorar la planificación de recursos, la gestión de repuestos y la toma de decisiones a nivel organizacional.

Finalmente, se plantea la posibilidad de desarrollar modelos de análisis económico del mantenimiento, que permitan cuantificar el impacto financiero de las estrategias implementadas y evaluar su rentabilidad en el tiempo.

Glosario

AMEF	Análisis de modo y efecto de falla. Metodología sistemática utilizada para identificar posibles fallas, sus causas y efectos, con el fin de priorizar acciones preventivas.
Confiabilidad	Probabilidad de que un equipo funcione correctamente durante un período de tiempo bajo condiciones específicas.
Disponibilidad	Porcentaje de tiempo en que un equipo se encuentra en condiciones operativas respecto al tiempo total.
Falla	Condición que impide o deteriora el funcionamiento normal de un equipo o sistema.
Gestión de mantenimiento	Conjunto de actividades técnicas, administrativas y organizativas destinadas a asegurar el funcionamiento de los activos.
Indicadores KPI	Medidas cuantitativas utilizadas para evaluar el desempeño del sistema de mantenimiento.
Mantenimiento	Conjunto de acciones destinadas a conservar o restablecer un equipo a condiciones operativas.
Mantenimiento Correctivo	Intervención realizada después de que ocurre una falla.
Mantenimiento Preventivo	Intervenciones programadas destinadas a evitar la ocurrencia de fallas.
Matriz de criticidad	Herramienta que permite priorizar equipos según su impacto, frecuencia de fallas y consecuencias.
MTBF	Tiempo promedio de operación entre fallas consecutivas.
MTTR	Tiempo promedio necesario para reparar un equipo.
OT	Documento que autoriza la ejecución de una tarea de mantenimiento.
OF	Registro inicial de una falla detectada en un equipo.
Plan de mantenimiento	Conjunto estructurado de actividades, frecuencias y recursos destinados al mantenimiento de equipos.
RBM	Rutina básica de mantenimiento. Conjunto de tareas periódicas de inspección, limpieza, lubricación y ajuste.

Referencias Bibliográficas

- [1] M. Abbate, «INTA,» 2021. [En línea]. Available: https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/10449/INTA_CRBsAsSur_EEABalcarce_Abbate_PE_Nuevo_mapa_subregiones_trigueras.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [2] «Pan de calidad,» 20 Agosto 2025. [En línea]. Available: <https://pandecalidad.com/estructura-del-grano-salvado-endospermo-y-germen>.
- [3] N. SALOMÓN, «Calidad del trigo Argentino,» *REVISTA AGRO RADAR*, vol. 3, nº 18, 2002.
- [4] «Trigo Argentino,» [En línea]. Available: <https://www.trigoargentino.com.ar/Metodologia/DetAnal?idioma=Esp>.
- [5] R. S. N. 1075/94, «Norma XX - Trigo Pan,» 2004. [En línea]. Available: <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/norma20-trigo-pan.pdf>.
- [6] G. y. P. Secretaría de Agricultura, «InfoLEG Información Legislativa,» 19 05 1995. [En línea]. Available: <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/15000-19999/19764/norma.htm>.
- [7] I. A. E. P. Lezcano, «Evolución de los principales indicadores sectoriales en el período 2002 - 2011,» 2011. [En línea]. Available: www.alimentosargentinos.gob.ar.
- [8] C. A. A. (CAA), ALIMENTOS ARGENTINOS, 18 03 2019. [En línea]. Available: https://www.magyp.gob.ar/normativa/_pdf/20190710153501.pdf.
- [9] C. A. M. Montaña, *Mantenimiento Industrial y su Administración*, 1 ed., Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2019.
- [10] C. A. Montilla, *Notas de clase curso Mantenimiento Industrial*, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2015.
- [11] S. G. Garrido, *Organización y gestión integral de mantenimiento*, Madrid, España: Díaz de Santos, 2003.
- [12] J. Améndola, *Dirección y gestión de proyectos de mantenimiento*, Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia, 2006.
- [13] J. Moubray, *MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD*, 2 ed., Madrid, España: Aladon Ltd., 2004.

- [14] A. Kelly, Gestión moderna del mantenimiento industrial, Madrid, España: Díaz de Santos, 2000.
- [15] R. Delgado, «El diagrama de Ishikawa como herramienta para localizar la causa de un problema raíz,» inesem business school, [En línea]. Available: <https://www.inesem.es/revistadigital/gestion-integrada/el-diagrama-de-ishikawa-como-herramienta-para-localizar-la-causa-de-un-problema-raiz>.
- [16] J. Améndola, Análisis de causa raíz y confiabilidad, Valencia, España: UPV, 2006.
- [17] «Análisis de causa raíz,» [En línea]. Available: <https://miro.com/es/analisis-causa-raiz/ques-analisis-causa-raiz/>.
- [18] M. S. L. S.A.S., «Molino San Luis S.A.S.,» [En línea]. Available: <https://molinosanluis.com.ar/>.
- [19] Brucolo Elías, Área de Mantenimiento molino San Luis S.A.S., Manual de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de Equipos, Villa Mercedes, San Luis: Molino San Luis S.A.S., 2025.
- [20] Prillwitz, «Desde 1933 haciendo molinos harineros de trigo y maíz,» [En línea]. Available: <https://www.prillwitz.com.ar/molinos-harineros-de-trigo-y-maiz/>.
- [21] F. I. Purísima, « Molino Fábrica de Harinas La Purísima,» [En línea]. Available: <https://www.fcalapurisima.com/p/descripcion-general-del-proceso.html>.
- [22] O. I. d. N. (ISO), «Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos, ISO 9001:2015,» Organización Internacional de Normalización (ISO), 2015.
- [23] C. Staff, «csrconsulting,» 19 12 2023. [En línea]. Available: <https://www.csrconsulting.com.mx/responsabilidad-social-corporativa/ciclo-phva-en-gestion-ambiental-y-hse/>.

Anexo/s

Anexo A. Ejemplo Hoja de vida - Equipos

DESPUNTADORA TRIGO LIMPIEZA



Ilustración 35. Anexo A.1: Ejemplo Hoja de vida – Despuntadora de trigo.
Fuente: tomado de [19].

DATOS MÁQUINA / EQUIPO:

Código asignado: MAQ02P03NO

Nº: 02
Piso: TERCER PISO
Orientación: NOROESTE
Nombre: DESPUNTADORA DE TRIGO
Máquina: DESPUNTADORA DE TRIGO

Protecciones / resguardos: OK

Motor despuntadora:

Código: ME04P03NO

Motor canal aspiración:

Código: ME05P03NO


Pulse en los siguientes botones para redirigirlo a la página correspondiente:

Motor Despuntadora

Motor Canal Aspiración

Ilustración 36. Anexo A.2: Ejemplo Hoja de vida – Despuntadora de trigo.
Fuente: tomado de [19].

Anexo B – Ejemplo actividades de mantenimiento

	Descripción: Revisión de tablero eléctrico	Código actividad: REV_01
	Versión: v1.0 Últ. actualizac 21/4/2025	

Objetivo:	<p>Diseñar un procedimiento que siga una secuencia lógica y segura para llevar a cabo la inspección de tableros eléctricos, con el objetivo de relevar su condición de funcionamiento.</p> <p>Dicho procedimiento debe alinearse con las normativas y directrices establecidas por la empresa, permitiendo su utilización tanto como guía operativa por parte del personal, como herramienta de formación y capacitación.</p>
------------------	---

Alcance:	<p>Este procedimiento aplica a todos los tableros eléctricos de distribución, control y automatización instalados en las distintas áreas operativas de Molino San Luis S.A.S. Su objetivo es asegurar el correcto estado operativo, la integridad física y el cumplimiento de las condiciones de seguridad eléctrica de dichos tableros.</p>
-----------------	--

Personal Requerido:	Cantidad:	Descripción:
	1	Personal operativo capacitado en trabajos eléctricos

Materiales:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bloqueador y/o Etiqueta identificatoria de bloqueo del sistema eléctrico 2. Cinta aislante / termocontraible
Partes y repuestos:	
Herramientas y equipos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Multímetro Digital 2. Destornilladores aislados 3. Linterna 4. Cepillo limpio y seco 5. Paño suave 6. Pinza de punta 7. Alicates
Elementos de Protección Personal:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guantes aislantes 2. Casco 3. Zapatos de seguridad 4. Gafas de protección 5. Sordinas
Precauciones de seguridad:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verifique que el equipo este apagado / desenergizado 2. Verificar que los equipos de protección personal estén en buen estado 3. Verificar el buen estado y uso correcto de las herramientas 4. Verificar que el equipo este a temperatura normal 5. Asegurarse que el área donde se lleve a cabo la actividad este limpia y ordenada

Descripción de la actividad:

1. Desenergizar el tablero eléctrico
2. Revisar mediante un multímetro que no haya tensión por el tablero (Midiendo el voltaje)
3. Colocar bloqueo y/o etiqueta de seguridad para evitar reactivaciones accidentales
4. Busca signos de daño físico, corrosión o acumulación de polvo y suciedad.
Asegúrate de que las etiquetas y señales de advertencia estén legibles y en su lugar.
5. Limpieza exterior: Usa un paño seco o ligeramente húmedo para limpiar el exterior del tablero.
6. Limp. Interior: Abre el tablero y utiliza un cepillo suave para eliminar el polvo y la suciedad acumulada.
7. Conexiones: Verifica todas las conexiones eléctricas para asegurarte de que estén firmes y sin signos de corrosión.
8. Verificación de componentes: Revisa los disyuntores y fusibles para detectar signos de desgaste o daño. Reemplaza cualquier componente defectuoso.
9. Inspecciona visualmente los condensadores, relés y otros componentes para asegurarte de que no estén hinchados, quemados o dañados.
10. multímetro: Mide la resistencia, la continuidad y otros parámetros eléctricos clave de los componentes y conexiones para asegurarte de que estén funcionando correctamente.
11. Aislamiento: Realiza pruebas de aislamiento para verificar que no haya fugas eléctricas.
12. Antes de restaurar la energía, realiza una última revisión para asegurarte de que no haya herramientas ni materiales dentro del tablero.
13. Retira los bloqueos de seguridad y reactiva la energía de manera segura.
14. Una vez que el tablero esté energizado, verifica que todos los circuitos y dispositivos conectados funcionen correctamente.
15. Supervisa el tablero durante un tiempo después del mantenimiento para asegurarte de que no haya problemas.
16. Guardar cada herramienta en su lugar.

Ilustración 37. Anexo B.1: Descripción Actividad REV_01.

Fuente: tomado de [19].

	Descripción	Lubricación rodamientos y chumaceras		Código actividad:	LUB_01
	Versión:	v1.0	Ult. actualizado:		

Objetivo:	<p>Establecer un procedimiento estandarizado para la lubricación de rodamientos y chumaceras en los equipos industriales de Molino San Luis S.A.S., con el fin de garantizar su correcto funcionamiento, prolongar su vida útil, prevenir fallas mecánicas por fricción o sobrecalentamiento, y contribuir al mantenimiento eficiente de la maquinaria productiva.</p> <p>Este procedimiento busca además servir como herramienta de guía técnica para el personal de mantenimiento y como soporte para la formación continua en buenas prácticas de lubricación industrial.</p>
------------------	--

Alcance:	Este procedimiento aplica a todos los rodamientos y chumaceras instalados en equipos mecánicos rotativos presentes en las áreas de producción de Molino San Luis S.A.S.
-----------------	---

Personal Requerido:	Cantidad:	Descripción:
	1	Personal operativo

Materiales:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bloqueador y/o Etiqueta identificatoria de bloqueo del sistema eléctrico 2. Grasa 3. Paños para limpieza.
Partes y repuestos:	
Herramientas y equipos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cepillo de Acero 2. Graseira 3. Alambrefino 4. Llaves de boca
Elementos de Protección Personal:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guantes 2. Casco 3. Zapatos de seguridad 4. Gafas de protección 5. Sordinas
Precauciones de seguridad:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verifique que el equipo este apagado / desenergizado 2. Verificar que los equipos de protección personal estén en buen estado 3. Verificar el buen estado y uso correcto de las herramientas 4. Verificar que el equipo este a temperatura normal 5. Asegurarse que el área donde se lleve a cabo la actividad este limpia y ordenada

Descripción de la actividad:

1. Desenergizar desde el tablero eléctrico
2. Colocar bloqueo y/o etiqueta de seguridad para evitar reactivaciones accidentales
3. Identificar los puntos de lubricación, tipo de grasa y cantidad recomendada (según hoja de vida de equipo)
4. Limpiar los puntos de engrase
5. Revisar estado de las alemitas de engrase
6. En caso de taponamiento de alemita sacarla, e introducirle un alambre fino para destaparla
7. Aplicar la cantidad recomendada utilizando la grasera
8. Revisar que no haya fugas o excesos de lubricante.
9. Sacar bloqueo y/o etiqueta de seguridad.
10. Energizar **en vacío** desde el tablero eléctrico.
13. Verificar que queda funcionando adecuadamente (sin sobrecalentamiento o pesado).
14. Guardar cada herramienta en su lugar.

Ilustración 38. Anexo B.2: Descripción Actividad LUB_01.

Fuente: tomado de [19].

	Descripción	Mantenimiento mayor Motores eléctricos		Código actividad:	MEC_01
	Versión:	v1.0	Ult. actualización:		

Objetivo:	<p>Restaurar la operación segura y eficiente de los motores eléctricos tras la ocurrencia de una falla.</p> <p>Diagnosticar y corregir las causas raíz de averías en aislamiento, devanados, rodamientos o sistemas de transmisión.</p> <p>Minimizar tiempos de parada y costos asociados a paradas no planificadas.</p> <p>Documentar intervenciones y lecciones aprendidas para retroalimentar el plan de mantenimiento preventivo.</p>
------------------	---

Alcance:	<p>Este procedimiento aplica a todos los motores eléctricos instalados en Molino San Luis S.A.S. que presenten fallas o mal funcionamiento. Incluye diagnóstico, desensamble, reparación o reemplazo de componentes, pruebas de aceptación y puesta en servicio.</p>
-----------------	--

Personal Requerido:	Cantidad:	Descripción:
	2	Personal operativo

Materiales:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bloqueador y/o Etiqueta identificatoria de bloqueo del sistema eléctrico 2. W40
Partes y repuestos:	<p>Rodamientos</p> <p>Retenes</p> <p>Nafta o Gasoil</p>
Herramientas y equipos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Llave francesa 2. Destornilladores 3. Llaves de boca 4. Llave inglesa 5. Extractor de poleas 6. Extractor de rodamientos 5. Multímetro
Elementos de Protección Personal:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guantes 2. Casco 3. Zapatos de seguridad 4. Gafas de protección 5. Sordinas
Precauciones de seguridad:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verifique que el equipo este apagado / desenergizado 2. Verificar que los equipos de protección personal estén en buen estado 3. Verificar el buen estado y uso correcto de las herramientas 4. Verificar que el equipo este a temperatura normal 5. Asegurarse que el área donde se lleve a cabo la actividad este limpia y ordenada


Descripción de la actividad:

1. Desenergizar desde el tablero eléctrico
2. Colocar bloqueo y/o etiqueta de seguridad para evitar reactivaciones accidentales
3. Desmontar el motor de la base.
4. Quitar polea/ engranaje.
5. Revisar carcasa y soportes en busca de grietas, corrosión o deformaciones.
6. Desmontar las tapas del motor (Marcarlas para luego orientarse más rápido).
7. Separar el rotor del estator.
8. Lavar las piezas del motor para obtener mejor visualización.
9. Realizar una Inspección visual de devanados, aislantes y carcasa.
10. Revisar que las laminaciones de la jaula de ardilla se encuentren en buen estado, así como las bobinas.
10. Realizar Pruebas eléctricas: resistencia de aislamiento, continuidad de devanados.
11. Revisar el estado físico de la carcasa, tapas y conexiones del motor.
12. Revisar ventilador.
13. Revisar caja y tapa de la bornera.
14. Inspección mecánica: giro manual del eje, evaluación de rodamientos y acoplamientos.
15. Retirar cubierta, ventilador y extremo de rodamientos.
16. Extraer rotor y placa de terminales según manual de fabricante.
17. Sustituir rodamientos defectuosos.
18. En caso de rotura de bobinado se debe notificar para tercerizar.
19. Cambiar juntas, retenes y sellos si presentan fuga o deterioro.
20. Volver a montar rotor, carcasa y ventilador, asegurando tolerancias y torques recomendados.
21. Verificar alineación del eje con equipo acoplado.
22. Conectar provisionalmente y ejecutar arranque sin carga.
23. Confirmar la eliminación de la falla original y la ausencia de nuevos síntomas anómalos.
24. Colocar protecciones.
25. Montar en la base y realizar conexionado de cables respetando el tipo de arranque (estrella o triángulo como también el sentido de giro).
26. Sacar bloqueo y/o etiqueta de seguridad.
27. Energizar **en vacío** desde el tablero eléctrico.
28. Confirmar ausencia de ruidos inusuales, vibraciones o elevada temperatura.
29. Generar registro de mantenimiento.
30. Guardar cada herramienta en su lugar.

Ilustración 39. Anexo B.3: Descripción Actividad MEC_01.

Fuente: tomado de [19].

Anexo C – Ejemplo procedimiento Mantenimiento Preventivo – Zaranda

 MOLINO SAN LUIS	Descripción:	Mantenimiento Preventivo Zaranda			PROC-152	
	Versión:	v1.0	Fecha versión:	7/5/2025	Código Máquina / Equipo intervenido:	
			Fecha intervención:			

Marcar con "X" la actividad llevada a cabo.

Llevado a cabo:	Parte:	Actividad:	Código Actividad	Personal requerido	Frecuencia	Duración	Criticidad	Naturaleza
	TABLERO ELÉCTRICO	Revisión de cableado eléctrico.	REV_01	1	4 meses	0 h 30 m	Baja	Eléctrico
	MANTO	Revisión General.	REV_08	1	Anual	3 h 00 m	Alta	Mecánico
		Girar Manto.	REV_07	1	6 Meses	3 h 00 m	Media	Mecánico
			REV_08	1	6 Meses	3 h 00 m	Media	Mecánico
	CORREAS	Tensionamiento.	REV_03	2	6 Meses	2 h 00 m	Alta	Mecánico
	CHUMACERAS	Lubricación.	LUB_01	1	Mensual	0 h 30 m	Baja	Lubricación
	CADENAS Y PIÑONES (MOTOR)	Lubricación.	LUB_02	1	Mensual	0 h 30 m	Baja	Lubricación
		Tensar, alinear y revisión general.	REV_03	1	6 Meses	2 h 00 m	Media	Mecánico
	REDUCTOR	Cambiar aceite	REV_11	1	Anual	0 h 30 m	Media	Lubricación
		Mantenimiento Mayor.	MEC_02	2	Anual	8 h 0 m	Alta	Mecánico
		Revisar niveles de aceite	REV_11	1	2 Meses	0 h 30 m	Baja	Lubricación
	MOTOR	Limpieza y evaluación	REV_04	1	2 Meses	2 h 0 m	Baja	Limpieza
		Mantenimiento Mayor.	MEC_01	2	Anual	8 h 0 m	Alta	Eléctrico

Ilustración 40. Anexo C: Mantenimiento Preventivo – Zaranda.

Fuente: tomado de [19].

Anexo D – Plan Anual de Mantenimiento por áreas

MOLINO SAN LUIS		PLANIFICACIÓN ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ÁREA ACOPIO - MOLINO SAN LUIS S.A.S. :																															
EQUIPOS	CRITICIDAD EQUIPO:	CÓDIGO:	DESCRIPCIÓN:	PERIODICIDAD	DURACIÓN:	AÑO 2025 - 1ER SEMESTRE												AÑO 2025 - 2DO SEMESTRE															
						ENERO	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ROSCA EXTRACTOR A REJILLA ELEV. S5-6 (TRIGO SUJO)	TABlero ELÉCTRICO	REV_01	Revisión de cableado eléctrico.	4 MESES	0h : 30m																												
	TORNILLO SIN FIN	REV_05	Revisión General.	2 MESES	1h : 00m																												
	CHUMACERAS	LLUB_01	Lubricación.	1 MES	0h : 30m																												
	TRANSMISIÓN	LLUB_02	Lubricación.	1 MES	0h : 30m																												
	TRANSMISIÓN	REV_03	Tensar, alinear y revisión general.	6 MESES	2h : 00m																												
	REDUCTOR	REV_11	Cambiar aceite	12 MESES	0h : 30m																												
	REDUCTOR	MEC_02	Mantenimiento mayor	12 MESES	08h : 00m																												
	REDUCTOR	REV_11	Revisar nivel aceite	2 MESES	0h : 30m																												
	MOTOR	REV_04	Limpieza y evaluación	2 MESES	2h : 00m																												
	MOTOR	MEC_01	Mantenimiento mayor	12 MESES	08h : 00m																												
ROSCA EXTRACTOR A REJILLA ELEV. S1.-4 (TRIGO SUJO)	TABlero ELÉCTRICO	REV_01	Revisión de cableado eléctrico.	4 MESES	0h : 30m																												
	TORNILLO SIN FIN	REV_05	Revisión General.	2 MESES	1h : 00m																												
	CHUMACERAS	LLUB_01	Lubricación.	1 MES	0h : 30m																												
	TRANSMISIÓN	LLUB_02	Lubricación.	1 MES	0h : 30m																												
	TRANSMISIÓN	REV_03	Tensar, alinear y revisión general.	6 MESES	2h : 00m																												
	REDUCTOR	REV_11	Cambiar aceite	12 MESES	0h : 30m																												
	REDUCTOR	MEC_02	Mantenimiento mayor	12 MESES	08h : 00m																												
	REDUCTOR	REV_11	Revisar nivel aceite	2 MESES	0h : 30m																												
	MOTOR	REV_04	Limpieza y evaluación	2 MESES	2h : 00m																												
	MOTOR	MEC_01	Mantenimiento mayor	12 MESES	08h : 00m																												
ROSCA ELEVADORE S SILOS (x2) (TRIGO SUJO)	TABlero ELÉCTRICO	REV_01	Revisión de cableado eléctrico.	4 MESES	0h : 30m																												
	TORNILLO SIN FIN	REV_05	Revisión General.	2 MESES	1h : 00m																												
	CHUMACERAS	LLUB_01	Lubricación.	1 MES	0h : 30m																												
	TRANSMISIÓN	LLUB_02	Lubricación.	1 MES	0h : 30m																												
	TRANSMISIÓN	REV_03	Tensar, alinear y revisión general.	6 MESES	2h : 00m																												
	REDUCTOR	REV_11	Cambiar aceite	12 MESES	0h : 30m																												
	REDUCTOR	MEC_02	Mantenimiento mayor	12 MESES	08h : 00m																												
	REDUCTOR	REV_11	Revisar nivel aceite	2 MESES	0h : 30m																												
	MOTOR	REV_04	Limpieza y evaluación	2 MESES	2h : 00m																												
	MOTOR	MEC_01	Mantenimiento mayor	12 MESES	08h : 00m																												
ELEVADORE S DE CANGILONE S SILOS-6 (TRIGO SUJO)	TABlero ELÉCTRICO	REV_01	Revisión de cableado eléctrico.	4 MESES	0h : 30m																												
	CANGILONE S	REV_02	Revisión General.	1 MES	2h : 00m																												
	CHUMACERAS	LLUB_01	Lubricación.	1 MES	0h : 30m																												
	TRANSMISIÓN	LLUB_02	Lubricación.	1 MES	0h : 30m																												
	TRANSMISIÓN	REV_03	Tensar, alinear y revisión general.	6 MESES	2h : 00m																												
	REDUCTOR	REV_11	Cambiar aceite	12 MESES	0h : 30m																												
	REDUCTOR	MEC_02	Mantenimiento mayor	12 MESES	08h : 00m																												
	REDUCTOR	REV_11	Revisar nivel aceite	2 MESES	0h : 30m																												
	MOTOR	REV_04	Limpieza y evaluación	2 MESES	2h : 00m																												
	MOTOR	MEC_01	Mantenimiento mayor	12 MESES	08h : 00m																												
ELEVADORE S DE CANGILONE S SILOS 1-2-3-4 (TRIGO SUJO)	TABlero ELÉCTRICO	REV_01	Revisión de cableado eléctrico.	4 MESES	0h : 30m																												
	CANGILONE S	REV_02	Revisión General.	1 MES	2h : 00m																												
	CHUMACERAS	LLUB_01	Lubricación.	1 MES	0h : 30m																												
	TRANSMISIÓN	LLUB_02	Lubricación.	1 MES	0h : 30m																												
	TRANSMISIÓN	REV_03	Tensar, alinear y revisión general.	6 MESES	2h : 00m																												
	REDUCTOR	REV_11	Cambiar aceite	12 MESES	0h : 30m																												
	REDUCTOR	MEC_02	Mantenimiento mayor	12 MESES	08h : 00m																												
	REDUCTOR	REV_11	Revisar nivel aceite	2 MESES	0h : 30m																												
	MOTOR	REV_04	Limpieza y evaluación	2 MESES	2h : 00m																												
	MOTOR	MEC_01	Mantenimiento mayor	12 MESES	08h : 00m																												
ROSCA EXTRACTOR A SILOS-6 (x2) (TRIGO SUJO)	TABlero ELÉCTRICO	REV_01	Revisión de cableado eléctrico.	4 MESES	0h : 30m																												
	TORNILLO SIN FIN	REV_05	Revisión General.	2 MESES	1h : 00m																												
	CHUMACERAS	LLUB_01	Lubricación.	1 MES	0h : 30m																												
	TRANSMISIÓN	LLUB_02	Lubricación.	1 MES	0h : 30m																												
	TRANSMISIÓN	REV_03	Tensar, alinear y revisión general.	6 MESES	2h : 00m																												
	REDUCTOR	REV_11	Cambiar aceite	12 MESES	0h : 30m																												
	REDUCTOR	MEC_02	Mantenimiento mayor	12 MESES	08h : 00m																												
	REDUCTOR	REV_11	Revisar nivel aceite	2 MESES	0h : 30m																												
	MOTOR	REV_04	Limpieza y evaluación	2 MESES	2h : 00m																												
	MOTOR	MEC_01	Mantenimiento mayor	12 MESES	08h : 00m																												

Ilustración 41. Anexo D.1: Plan Anual de mantenimiento – Área Acopio.

Fuente: tomado de [19].

Anexo E – Tablero de Control Automatizado

Numero OT	EQUIPOS:	ID EQUIPO	PARTE EQUIPO:	CRITICIDAD	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN:	DURACIÓN	frecuencia día	Fecha mant.	Estado	Fecha realización	Días retraso	Responsable	Email
	ROSCA EXTRACTORA	ME08AFS	TABLERO ELÉCTRICO	BAJA	REV_01	Revisión de cableado eléctrico.	0 h : 30 m	120		Completado	17/3/2026	266	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA EXTRACTORA	ME08AFS	TORNILLO SIN FIN	ALTA	REV_05	Revisión General.	1 h : 00 m	60		Completado	17/3/2026 8:41:43	326	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA EXTRACTORA	ME08AFS	CHUMACERAS	BAJA	LUB_01	Lubricación.	0 h : 30 m	30		Completado	17/3/2026 8:39:45	356	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA EXTRACTORA	ME08AFS	TRANSMISION	BAJA	LUB_02	Lubricación.	0 h : 30 m	30		Completado	17/3/2026	356	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA EXTRACTORA	ME08AFS	TRANSMISION	MEDIA	REV_03	Tensor, alinear y revisión general.	2 h : 00 m	180		Completado	18/3/2026	207	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA EXTRACTORA	ME08AFS	REDUCTOR	MEDIA	REV_11	Cambiar aceite	0 h : 30 m	365		Completado	18/3/2026	22	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA EXTRACTORA	ME08AFS	REDUCTOR	ALTA	MEC_02	Mantenimiento mayor	08 h : 00 m	365					rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA EXTRACTORA	ME08AFS	REDUCTOR	BAJA	REV_11	Revisar nivel aceite	0 h : 30 m	60		Completado	18/3/2026	327	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA EXTRACTORA	ME08AFS	MOTOR	BAJA	REV_04	Limpieza y evaluación	2 h : 00 m	60		Completado	18/3/2026	327	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA EXTRACTORA	ME08AFS	MOTOR	ALTA	MEC_01	Mantenimiento mayor	08 h : 00 m	730					rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA EXTRACTORA	ME01AFN	TABLERO ELÉCTRICO	BAJA	REV_01	Revisión de cableado eléctrico.	0 h : 30 m	120		Completado	18/3/2026	387	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA EXTRACTORA	ME01AFN	TORNILLO SIN FIN	ALTA	REV_05	Revisión General.	1 h : 00 m	60		Completado	18/3/2026	22	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA EXTRACTORA	ME01AFN	CHUMACERAS	BAJA	LUB_01	Lubricación.	0 h : 30 m	30		Completado	18/3/2026	22	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA EXTRACTORA	ME01AFN	TRANSMISION	BAJA	LUB_02	Lubricación.	0 h : 30 m	30		Completado	18/3/2026	22	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA EXTRACTORA	ME01AFN	TRANSMISION	MEDIA	REV_03	Tensor, alinear y revisión general.	2 h : 00 m	180		Completado	18/3/2026	22	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA EXTRACTORA	ME01AFN	REDUCTOR	MEDIA	REV_11	Cambiar aceite	0 h : 30 m	365		Completado	18/3/2026	22	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA EXTRACTORA	ME01AFN	REDUCTOR	ALTA	MEC_02	Mantenimiento mayor	08 h : 00 m	365					rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA EXTRACTORA	ME01AFN	REDUCTOR	BAJA	REV_11	Revisar nivel aceite	0 h : 30 m	60		Completado	18/3/2026	22	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA EXTRACTORA	ME01AFN	MOTOR	BAJA	REV_04	Limpieza y evaluación	2 h : 00 m	60		Completado	18/3/2026	22	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA EXTRACTORA	ME01AFN	MOTOR	ALTA	MEC_01	Mantenimiento mayor	08 h : 00 m	730					rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA ELEVADORES	ME08AFS	TABLERO ELÉCTRICO	BAJA	REV_01	Revisión de cableado eléctrico.	0 h : 30 m	120		Completado	18/3/2026	386	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA ELEVADORES	ME08AFS	TORNILLO SIN FIN	ALTA	REV_05	Revisión General.	1 h : 00 m	60		Completado	18/3/2026	386	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA ELEVADORES	ME08AFS	CHUMACERAS	BAJA	LUB_01	Lubricación.	0 h : 30 m	30		Completado	18/3/2026	386	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA ELEVADORES	ME08AFS	TRANSMISION	BAJA	LUB_02	Lubricación.	0 h : 30 m	30		Completado	18/3/2026	386	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA ELEVADORES	ME08AFS	TRANSMISION	MEDIA	REV_03	Tensor, alinear y revisión general.	2 h : 00 m	180		Completado	19/3/2026	379	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA ELEVADORES	ME08AFS	REDUCTOR	MEDIA	REV_11	Cambiar aceite	0 h : 30 m	365		Completado	19/3/2026	379	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA ELEVADORES	ME08AFS	REDUCTOR	ALTA	MEC_02	Mantenimiento mayor	08 h : 00 m	365					rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA ELEVADORES	ME08AFS	REDUCTOR	BAJA	REV_11	Revisar nivel aceite	0 h : 30 m	60		Completado	19/3/2026	379	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA ELEVADORES	ME08AFS	MOTOR	BAJA	REV_04	Limpieza y evaluación	2 h : 00 m	60		Completado	19/3/2026	379	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA ELEVADORES	ME08AFS	MOTOR	ALTA	MEC_01	Mantenimiento mayor	08 h : 00 m	730					rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA ELEVADORES	ME02AFN	TABLERO ELÉCTRICO	BAJA	REV_01	Revisión de cableado eléctrico.	0 h : 30 m	120		Completado	19/3/2026	379	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA ELEVADORES	ME02AFN	TORNILLO SIN FIN	ALTA	REV_05	Revisión General.	1 h : 00 m	60		Completado	19/3/2026	379	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA ELEVADORES	ME02AFN	CHUMACERAS	BAJA	LUB_01	Lubricación.	0 h : 30 m	30		Completado	19/3/2026	379	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA ELEVADORES	ME02AFN	TRANSMISION	BAJA	LUB_02	Lubricación.	0 h : 30 m	30		Completado	19/3/2026	379	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA ELEVADORES	ME02AFN	TRANSMISION	MEDIA	REV_03	Tensor, alinear y revisión general.	2 h : 00 m	180		Completado	19/3/2026	379	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA ELEVADORES	ME02AFN	REDUCTOR	MEDIA	REV_11	Cambiar aceite	0 h : 30 m	365		Completado	19/3/2026	379	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA ELEVADORES	ME02AFN	REDUCTOR	ALTA	MEC_02	Mantenimiento mayor	08 h : 00 m	365					rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA ELEVADORES	ME02AFN	REDUCTOR	BAJA	REV_11	Revisar nivel aceite	0 h : 30 m	60		Completado	19/3/2026	379	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA ELEVADORES	ME02AFN	MOTOR	BAJA	REV_04	Limpieza y evaluación	2 h : 00 m	60		Completado	19/3/2026	379	rucolo Elia	holinoperson
	ROSCA ELEVADORES	ME02AFN	MOTOR	ALTA	MEC_01	Mantenimiento mayor	08 h : 00 m	730					rucolo Elia	holinoperson

Ilustración 45. Anexo E.1: Tablero de Control Automatizado – Mantenimiento Preventivo.

Fuente: tomado de [19].


Fecha aviso	Numero OF	Correo registrado	Equipo	Código equipo	Área	Descripción falla	Criticidad	Responsable	Estado	Tipo intervención	Número OT	Responsable a...	Fecha cierre OF
19/9/2024 10:26:17	OFC-71696623	plantamolinosi.24@gmail.com	ROSCA EXTRACTORA SILO 4 (TRIGO)	MAQ07P01NS	ACOPIO	Falla de reductor	Media (afecta parcialmente)	Aparicio Ariel	Cerrada	Correctivo	OTC-DCBB4816	Elias Bruccolo	19/9/2024
19/9/2024 10:26:17	OFC-C447A310	plantamolinosi.24@gmail.com	B CILINDRO II ROTURA	MAQ07P01NS	MOLIENDA	Se cortaron las corn	Alta (detiene producción)	Goñi Pablo	Cerrada	Correctivo	OTC-13997392	Jefe Mantenimiento	20/9/2024
24/9/2024 1:50:21	OFC-6F954859	plantamolinosi.24@gmail.com	MEZCLADORA	MAQ03P03SO	MOLIENDA	Falla de amarrado d	Baja (no afecta producción)	Elias Bruccolo	Cerrada	Correctivo	OTC-D7D79F9E	Jefe Mantenimiento	25/9/2024
5/3/2026 2:17:13	OFC-D73FBC09	plantamolinosi.24@gmail.com	ROSCA INGRESO TRIGO A MOLINO	MAQ01PBNO	ACOPIO	Se cortó el eje	Alta (detiene producción)	Goñi Pablo	Cerrada	Correctivo	OTC-BC70A6C8	Jefe Mantenimiento	1/10/2024
5/3/2026 2:43:50	OFC-8D9F74FA	plantamolinosi.24@gmail.com	CINTA TRANSP ZONA CARGA	MAQ02P01SO	ENVASADO	No tiene barandas d	Baja (no afecta producción)	Barrozo Maxi	Cerrada	Correctivo	OTC-469674B0	Jefe Mantenimiento	3/10/2024
5/3/2026 2:59:51	OFC-C629B691	plantamolinosi.24@gmail.com	MEZCLADORA	MAQ03P03SO	MOLIENDA	Se montó el motor c	Media (afecta parcialmente)	Goñi Pablo	Cerrada	Correctivo	OTC-5D696E26	Jefe Mantenimiento	22/10/2024
5/3/2026 3:14:01	OFC-213C3BC8	plantamolinosi.24@gmail.com	ENVASADORA MANUAL	MAQ01P02NE	ENVASADO	Fuerte vibración en	Alta (detiene producción)	Aparicio Ariel	Cerrada	Correctivo	OTC-23495C71	Jefe Mantenimiento	4/11/2024
5/3/2026 5:09:33	OFC-806AC2D6	plantamolinosi.24@gmail.com	CINTA TRANSP ZONA CARGA	MAQ02P01SO	ENVASADO	Le falta barrera de c	Media (afecta parcialmente)	Barrozo Maxi	Cerrada	Correctivo	OTC-02779CB8	Jefe Mantenimiento	5/11/2024
5/3/2026 5:59:04	OFC-2CDBE0C5	plantamolinosi.24@gmail.com	B CILINDRO R2	MAQ17P01SN	MOLIENDA	Mal funcionamiento	Media (afecta parcialmente)	Goñi Pablo	Cerrada	Correctivo	OTC-10269368	Jefe Mantenimiento	8/11/2024
5/3/2026 6:08:54	OFC-EFB25776	plantamolinosi.24@gmail.com	ENVASADORA AUTOMÁTICA	MAQ02P02NE	ENVASADO	La máquina queda i	Media (afecta parcialmente)	Porreta Julio	Cerrada	Correctivo	OTC-B7390907	Jefe Mantenimiento	13/11/2024
5/3/2026 6:14:13	OFC-CDAafa43	plantamolinosi.24@gmail.com	OTRO		Báscula de camione	OTRA	No arroja lectura de	Molino SL	Cerrada	Correctivo	OTC-65D84AB8	Jefe Mantenimiento	20/11/2024
5/3/2026 6:36:44	OFC-84310623	plantamolinosi.24@gmail.com	CHANCHITA DESATADORA C3	MAQ06P8BSO	MOLIENDA	Falla el motor, levan	Media (afecta parcialmente)	Barrozo Maxi	Cerrada	Correctivo	OTC-7A3DD792	Jefe Mantenimiento	19/12/2025
5/3/2026 7:20:06	OFC-CC8DC505	plantamolinosi.24@gmail.com	ROSCA INGRESO TRIGO A MOLINO	MAQ01PBNO	ACOPIO	Se rompió el eje del	Alta (detiene producción)	Aparicio Ariel	Cerrada	Correctivo	OTC-1963A389	Jefe Mantenimiento	6/2/2025
5/3/2026 8:11:57	OFC-917A5FEF	plantamolinosi.24@gmail.com	ZARANDA DE TRIGO	MAQ01P03NO	ACONDICIONADC	Se cortaron los torni	Alta (detiene producción)	Porreta Julio	Cerrada	Correctivo	OTC-3AD9E6F7	Jefe Mantenimiento	25/4/2025
5/3/2026 8:19:42	OFC-93022B40	plantamolinosi.24@gmail.com	ELEV AFRECHILLO	ELEV03AFS	SUBPRODUCTO	No funciona el moto	Alta (detiene producción)	Barrozo Joaquín	Cerrada	Correctivo	OTC-87B24E25	Jefe Mantenimiento	22/5/2025
5/3/2026 8:25:32	OFC-D1408551	plantamolinosi.24@gmail.com	OTRO	CERNIDOR	ENVASADO	Se instala el equipo	Baja (no afecta producción)	Goñi Pablo	Cerrada	Correctivo	OTC-3AC0228E	Jefe Mantenimiento	26/6/2025
5/3/2026 8:48:55	OFC-19FA287C	plantamolinosi.24@gmail.com	OTRO	AMASADORA LABC	OTRA	Se salta la cadena p	Baja (no afecta producción)	Aparicio Ariel	Cerrada	Correctivo	OTC-4F45E30C	Jefe Mantenimiento	23/1/2025
5/3/2026 1:24:20	OFC-57432E80	plantamolinosi.24@gmail.com	OTRO	GLUTOMATIC	OTRA	Se cortó la correa d	Baja (no afecta producción)	Elias Bruccolo	Cerrada	Correctivo	OTC-625B31AE	Jefe Mantenimiento	24/6/2025
6/3/2026 1:36:58	OFC-C5375D56	plantamolinosi.24@gmail.com	B CILINDRO C1	MAQ10P01SN	MOLIENDA	Se para molinda p	Crítica (riesgo seguridad)	Barrozo Maxi	Cerrada	Correctivo	OTC-35AC21AE	Jefe Mantenimiento	19/8/2025
6/3/2026 2:24:13	OFC-E838F630	plantamolinosi.24@gmail.com	ROSCA TRIPLE HARINA "000"	MAQ01P01SO	MOLIENDA	Se ha gastado la tra	Crítica (riesgo seguridad)	Aparicio Ariel	Cerrada	Correctivo	OTC-99F39157	Jefe Mantenimiento	25/6/2025
6/3/2026 2:38:18	OFC-F4BA8082	plantamolinosi.24@gmail.com	CINT TRANSP. ENVASADORA AUTO	MAQ03P02NE	ENVASADO	Esta descentrada la	Media (afecta parcialmente)	Aparicio Ariel	Cerrada	Correctivo	OTC-BF89A1EE	Jefe Mantenimiento	6/6/2025
6/3/2026 2:45:31	OFC-20789C94	plantamolinosi.24@gmail.com	ENVASADORA AUTOMÁTICA	MAQ02P02NE	ENVASADO	Se rompen las bols	Media (afecta parcialmente)	Barrozo Joaquín	Cerrada	Correctivo	OTC-65A40D45	Jefe Mantenimiento	6/6/2025
6/3/2026 2:50:54	OFC-4036CA40	plantamolinosi.24@gmail.com	ENVASADORA AUTOMÁTICA	MAQ02P02NE	ENVASADO	Se rompen bolsas y	Media (afecta parcialmente)	Barrozo Joaquín	Cerrada	Correctivo	OTC-0A00168E	Jefe Mantenimiento	12/8/2025
6/3/2026 3:51:22	OFC-05A39B0F	plantamolinosi.24@gmail.com	ENVASADORA MANUAL	MAQ01P02NE	ENVASADO	No arranca el equi	Media (afecta parcialmente)	Barrozo Maxi	Cerrada	Correctivo	OTC-3FC89820	Jefe Mantenimiento	24/7/2025
6/3/2026 3:56:57	OFC-3B7D81EC	plantamolinosi.24@gmail.com	ENVASADORA MANUAL	MAQ01P02NE	ENVASADO	Caliente mucho la	Media (afecta parcialmente)	Elias Bruccolo	Cerrada	Correctivo	OTC-E2264107	Jefe Mantenimiento	20/8/2025
6/3/2026 4:02:55	OFC-7012336B	plantamolinosi.24@gmail.com	PLANSIFTER 2 SUR	MAQ06P03S	MOLIENDA	Se esta engranando	Crítica (riesgo seguridad)	Barrozo Maxi	Cerrada	Correctivo	OTC-8F30C260	Jefe Mantenimiento	26/3/2025
6/3/2026 4:10:36	OFC-A2D30BA1	plantamolinosi.24@gmail.com	ENVASADORA MANUAL	MAQ01P02NE	ENVASADO	Se esta por cortar	Media (afecta parcialmente)	Barrozo Joaquín	Cerrada	Correctivo	OTC-9A30DC85	Jefe Mantenimiento	12/8/2025
6/3/2026 4:29:17	OFC-64AB2D1F	plantamolinosi.24@gmail.com	CHANCHITA DESATADORA R1	MAQ03P8BSO	MOLIENDA	Se esta por cortar	Media (afecta parcialmente)	Barrozo Maxi	Cerrada	Correctivo	OTC-44E6CB0C	Jefe Mantenimiento	6/6/2025
6/3/2026 4:48:17	OFC-DC86EDC9	plantamolinosi.24@gmail.com	ROSCA INGRESO TRIGO A MOLINO	MAQ01PBNO	ACOPIO	Se rompió el reduct	Alta (detiene producción)	Porreta Julio	Cerrada	Correctivo	OTC-BF32ABFA	Jefe Mantenimiento	13/8/2025
9/3/2026 2:57:19	OFC-AEDB2D3B	plantamolinosi.24@gmail.com	ELEVADOR HARINA "000"	ELEV02P04NO	MOLIENDA	El motor eléctrico s	Alta (detiene producción)	Porreta Julio	Cerrada	Correctivo	OTC-EF2BC6DA	Jefe Mantenimiento	13/3/2025
9/3/2026 3:09:49	OFC-1A1BFCE7	plantamolinosi.24@gmail.com	ROSCA DE TRIGO SOBRE CAJONES	MAQ03P04NE	ACONDICIONADC	Se cortó el tornillo d	Crítica (riesgo seguridad)	Aparicio Ariel	Cerrada	Correctivo	OTC-CDD627E3	Jefe Mantenimiento	10/6/2025
9/3/2026 3:21:28	OFC-4F0ABC6E	plantamolinosi.24@gmail.com	ROSCA TRIPLE HARINA "000"	MAQ01P01SO	MOLIENDA	Está suelto el eje	de Alta (detiene producción)	Barrozo Maxi	Cerrada	Correctivo	OTC-416EE200	Jefe Mantenimiento	6/6/2025
9/3/2026 3:40:33	OFC-2C0E7E42	plantamolinosi.24@gmail.com	ROSCA CAJÓN 3 y 4 HARINA "000"	MAQ11PBNE	ENVASADO	Empieza a levantar	Alta (detiene producción)	Aparicio Ariel	Cerrada	Correctivo	OTC-BB3DCBF9	Jefe Mantenimiento	8/7/2025
9/3/2026 5:11:04	OFC-BD01F942	plantamolinosi.24@gmail.com	ENVASADORA AUTOMÁTICA	MAQ02P02NE	ENVASADO	Se han roto los rete	Media (afecta parcialmente)	Elias Bruccolo	Cerrada	Correctivo	OTC-7AF633B4	Jefe Mantenimiento	17/9/2024
9/3/2026 5:26:56	OFC-350649FB	plantamolinosi.24@gmail.com	ENVASADORA MANUAL	MAQ01P02NE	ENVASADO	Se debería mandar	Media (afecta parcialmente)	Goñi Pablo	Cerrada	Correctivo	OTC-9DAE1C69	Jefe Mantenimiento	18/10/2024
9/3/2026 5:53:48	OFC-D83241BB	plantamolinosi.24@gmail.com	FILTRO HARINA	FILTO1P04SO	MOLIENDA	Se ha quemado la p	Media (afecta parcialmente)	Barrozo Maxi	Cerrada	Correctivo	OTC-4AD88E36	Jefe Mantenimiento	14/4/2025



Ilustración 46. Anexo E.2: Tablero de Control Automatizado – Mantenimiento Correctivo.

Fuente: tomado de [19].


Anexo F – Formato Formulario Mantenimiento Preventivo



MOLINO SAN LUIS

Programa de Mantenimiento

Por favor registrar los datos del mantenimiento realizado

sanluisplantamolinospersonal@gmail.com [Cambiar cuenta](#) 

* Indica que la pregunta es obligatoria

Correo electrónico *

Registrar sanluisplantamolinospersonal@gmail.com como el correo electrónico que se incluirá en mi respuesta

Responsable *

Bruccolo Elías

Fecha y Hora *

3/29/2026, 8:38:22 AM

NUMERO OT *

OT-00BF2F69

EQUIPOS: *

ROSCA SOBRE CAJONES DESCANSO (TRIGO I

ID EQUIPO *

MAQ03P04NE

Trabajo Realizado *

Tu respuesta

El equipo queda funcionando correctamente? Describir la prueba realizada y su comportamiento

Tu respuesta _____

Condiciones externas equipo *

- Desgaste visual
- Corrosión
- Daños estructurales / fisuras
- fugas
- Cables cortados
- Piezas sueltas
- Otros: _____

Estado transmisión

- Excelente
- Bueno
- Regular
- Deficiente
- No posee
- Otros: _____

Nivel Aceite o grasa (según corresponda)

- Excelente
- Bueno
- Regular
- Deficiente
- No posee
- Otros: _____

Presenta ruidos o vibraciones?

- si
- no
- No verificado
- Otros: _____

Estado Protecciones:

Adecuadas a la máquina

No adecuadas

Faltan protecciones

No tiene protecciones

Otros: _____

Quedaron colocadas las protecciones?

si

no

Otros: _____

Observaciones

Tu respuesta _____

Tipo mantenimiento: *

Inspección

Correctivo (La máquina ya se rompió)

Preventivo (Para prevenir que se rompa)

Instalación (Se instala por primera vez)

Limpieza (Limpieza de la máquina)

No requirió intervención

Intervención requerida, pero sin realizarse

Otros: _____

Tipo de intervención requerida:

Eléctrica

Mecánica

Pérdidas

Limpieza

No tiene fallas

Otros: _____

Enviar Página 1 de 1 [Borrar formulario](#)

Ilustración 47. Anexo F: Formato formulario Mantenimiento Preventivo.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo G – Formato Formulario Alerta de Falla – Mantenimiento Correctivo



MOLINO SAN LUIS

AVISO DE FALLA

Por favor registrar los datos de la falla representada

sanluisplantamolinospersonal@gmail.com [Cambiar cuenta](#) 

** Indica que la pregunta es obligatoria*

Correo electrónico *

Registrar sanluisplantamolinospersonal@gmail.com como el correo electrónico que se incluirá en mi respuesta

Siguiente  Página 1 de 5 [Borrar formulario](#)

Identificación

Equipo *

Elegir 

Código equipo *
Por ej. ME01AFS, se encuentra en el QR de cada Equipo

Tu respuesta _____

Área / Sector *

Elegir

Reportado por *

Elegir

Atrás

Siguiente

Página 2 de 5

Borrar
formulario

Tipo de falla

Tipo de falla: *

- Mecánica
- Eléctrica
- Neumática
- Hidráulica
- Instrumentación
- Software
- Seguridad
- Otra

Descripción de la falla *

Tu respuesta

Atrás

Siguiente

Página 3 de 5

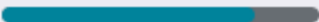
Borrar
formulario

Síntoma observado

Síntoma principal *

- No arranca
- Se detiene
- Ruido anormal
- Vibración
- Pérdida de rendimiento
- Fuga
- Sobrecalentamiento
- Otro

Atrás Siguiete

 Página 4 de 5

Borrar formulario

Prioridad

Criticidad *

- Baja (no afecta producción)
- Media (afecta parcialmente)
- Alta (detiene producción)
- Crítica (riesgo seguridad)

Observaciones

Tu respuesta

Atrás **Enviar**

 Página 5 de 5 Borrar formulario

Ilustración 48. Anexo G: Formato formulario Alerta de Falla.

Fuente: Elaboración propia.


Anexo H – Ejemplo Análisis AMEF – Zaranda

TIPO DE FALLA / EFECTO	CAUSA	ACCION CORRECTIVA
Desgaste o rajadura en la malla	Tensión insuficiente	Reemplazar la malla y tensarla apropiadamente
	Caucho en mal estado	Reemplace caucho
Malla suelta, no ajusta	Tornillos tensores en mal estado	Reemplazar tornillos
	Malla en mal estado	Reemplazar malla
	Falta de caucho en la bandeja o está en mal estado	Reemplazar caucho
Zaranda (Vibro separador) produce inusual ruido al operar	Arandelas o tornillos sueltos	Verificar y ajustar
	Tornillos tensores sueltos	Verificar y ajustar
	Rodamientos de vibradores malos	Reemplazar rodamientos
Válvula By-Pass atascada	Válvula con sólidos (residuos)	Limpiar válvula
Vibradores demasiados calientes	Rodamientos sin grasa	Agregar grasa a los rodamientos
	Rodamientos en mal estado	Reemplazar rodamientos
Residuos acumulados sobre la malla y/o derrame de residuos en la descarga	Malla con tamizado muy pequeño	Cambiar malla de tamizado por una más grande (Verificar medidas)
	Malla suelta	Ajustar malla con el torque apropiado
Acumulación de residuos en los bordes de las mallas	Los vibradores no están rotando en direcciones opuestas	Verificar vibradores. Verificar alimentación eléctrica
	Mallas mal tensionadas	Ajustar tensión de las mallas

Tabla 27: Anexo H: Análisis AMEF Zaranda.

Fuente: Tomado de [19].


Anexo I – Formato Formulario Mantenimiento Correctivo



MOLINO SAN LUIS

Mantenimiento Correctivo

Por favor registrar los datos del mantenimiento realizado

sanluisplantamolinospersonal@gmail.com [Cambiar cuenta](#) 


** Indica que la pregunta es obligatoria*

Correo electrónico *

Registrar sanluisplantamolinospersonal@gmail.com como el correo electrónico que se incluirá en mi respuesta

Fecha aviso *


Fecha

dd/mm/aaaa 

Numero OT

Tu respuesta

Equipo *


Elegir 

Código equipo *

Por ej. ME01AFS, se encuentra en el QR de cada Equipo

Tu respuesta

Área / Sector *

Elegir 

Fecha inicio reparación *

Fecha Hora

dd/mm/aaaa . AM ▼

Fecha fin reparación *

Fecha Hora

dd/mm/aaaa . AM ▼

Causa Raiz *

Tu respuesta

Trabajo Realizado *

Tu respuesta

Repuestos utilizados *

Tu respuesta

Responsable *

Elegir ▼

El equipo queda funcionando correctamente? Describir la prueba realizada y su comportamiento

Tu respuesta

Quedaron colocadas las protecciones?

si

no

Otros: _____

Observaciones

Tu respuesta

Enviar Página 1 de 1 [Borrar formulario](#)

Ilustración 49. Anexo I: Formato formulario Mantenimiento Correctivo.

Fuente: Elaboración propia.