

Práctica Empresarial en el Desarrollo e Implementación de un plan de Mantenimiento
Preventivo en la empresa Molino San Miguel, sede Bucaramanga

Julián Andrés Moreno Ramírez

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Mecánico

Director

Francisco José Saldivia Saldivia

Magister en Gerencia de Mantenimiento

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas
Escuela de Ingeniería Mecánica
Bucaramanga

2021

Dedicatoria

A mis *Padres*, esto es por y para ustedes.

A *mí*, en honor a los años de estudio.

Agradecimientos

A Dios, por bendecirnos a diario con salud.

A mi *Familia*, por su vital acompañamiento y apoyo a lo largo de mi etapa como estudiante.

A la *Universidad Industrial de Santander* y a la *Escuela de Ingeniería Mecánica* por abastecerme de valores, criterio crítico social y conocimientos científicos durante toda mi carrera, y al director *Ing. Francisco Saldivia* por su orientación al culminar este proyecto.

A *Molino San Miguel S.A.S* por permitirme visitar sus instalaciones y conocer su proceso productivo, en especial a *José Flórez*; jefe de planta, por su valiosa dedicación y entusiasmo al surtir de información esencial este proyecto, y al *Personal Administrativo* por su afabilidad.

A Vos.

Contenido

	Pág.
Introducción	20
1. Objetivos	22
1.1. Objetivo General	22
1.2. Objetivos Específicos.....	22
2. Generalidades del Proyecto.....	23
2.1. Alcances y Limitaciones	23
2.1.1. Alcances.....	23
2.1.2. Limitaciones	23
2.2. Delimitaciones	24
2.2.1. Temporal.....	24
2.2.2. Espacial.....	24
2.2.3. Conceptual	24
2.3. Aspectos Generales de la Empresa	24
2.3.1. Reseña Histórica	24
2.3.2. Ubicación.....	25
2.3.3. Misión.....	25
2.3.4. Visión.....	25
2.3.5. Mapa de Procesos	25

2.3.6.	Portafolio de Productos	28
2.3.7.	Descripción de la Planta	29
2.3.8.	Organigrama	32
3.	Marco de Referencia	32
3.1.	Estado de Arte.....	33
3.1.1.	Antecedentes Locales	33
3.1.2.	Antecedentes Nacionales	34
3.1.3.	Antecedentes Internacionales	35
3.2.	Referentes Teóricos	36
3.2.1.	Historia y Principios del Mantenimiento Industrial	36
3.2.2.	Gestión del Mantenimiento en Empresas	38
3.2.3.	Diagramas de flujo.....	39
3.2.4.	Auditorias de Mantenimiento	40
3.2.5.	Análisis de Criticidad	40
3.2.6.	Análisis AMEF y RCM	43
3.2.7.	Indicadores de Gestión	55
3.2.8.	Hojas de Vida de Equipos	58
3.2.9.	Ordenes de Trabajo de Mantenimiento	59
3.2.10.	Cronogramas de Mantenimiento	59
3.2.11.	Fichas de Inspecciones	60

3.2.12.	Fichas Técnicas.....	60
3.2.13.	Mejora Continua.....	61
4.	Metodología.....	62
4.1.	Caracterización del Contexto.....	62
4.2.	Tipo de Investigación.....	62
4.3.	Desarrollo de Objetivos.....	63
4.3.1.	Caracterización de Actual Gestión.....	63
4.3.2.	Priorización de Activos.....	63
4.3.3.	Análisis de Modo y Efecto de Falla.....	63
4.3.4.	Desarrollo, Implementación y Seguimiento de RCM.....	64
5.	Actual Gestión de Mantenimiento.....	64
5.1.	Tipo Cualitativa.....	65
5.2.	Tipo Semi Cuantitativa.....	68
6.	Jerarquización de Equipos.....	77
6.1.	Etapas y Listado de Equipos.....	77
6.2.	Formatos.....	81
6.3.	Análisis de Criticidad.....	83
6.3.1.	Análisis de Planta.....	83
6.3.2.	Sistema de Recepción de Trigo.....	84
6.4.	Apartado de Análisis.....	86

7.	Modos y Efectos de Falla.....	89
7.1.	Factores AMEF.....	91
7.2.	Análisis AMEF	95
7.3.	Apartado de Análisis.....	99
8.	Implementación de RCM.....	103
8.1.	Cronograma de Mantenimiento	104
8.2.	Apartado de Análisis.....	106
8.3.	Formatos, Fichas e Instructivos	108
8.3.1.	Fichas Técnicas.....	109
8.3.2.	Hojas de Vida	110
8.3.3.	Ordenes de Trabajo.....	110
8.3.4.	Ficha de Inspecciones	110
8.3.5.	Instructivos de Formatos	111
8.4.	Digitalización de la Información	111
9.	Control, Seguimiento y Resultados de la Nueva Gestión	113
9.1.	Indicadores y Parámetros	113
9.1.1.	Mean Time Between Failures (MTBF)	114
9.1.2.	Mean Time To Repair (MTTR).....	114
9.1.3.	Mean Time To Failure (MTTF).....	114
9.1.4.	Mean Down Time (MDT)	114

9.1.5.	Avaliability (D).....	114
9.1.6.	Rendimiento (R)	115
9.1.7.	Calidad (C)	115
9.1.8.	Overall Equipment Effectiveness (OEE).....	115
9.2.	Resultados Obtenidos de Indicadores	115
9.2.1.	MTBF	116
9.2.2.	MTTR	117
9.2.3.	D	118
9.2.4.	R.....	119
9.2.5.	C.....	120
9.2.6.	OEE	121
9.3.	Resultados Obtenidos de Auditoria Posterior a la Implementación	122
10.	Conclusiones.....	129
11.	Recomendaciones	132
	Referencias Bibliográficas	134
	Apéndices.....	141

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Requisitos fisicoquímicos para las harinas de trigo.	26
Tabla 2. Requisitos microbiológicos para las harinas de trigo.	26
Tabla 3. Límites máximos de metales para las harinas de trigo.	26
Tabla 4. Rangos de los Parámetros.	41
Tabla 5. Valores asignados a la Severidad.	49
Tabla 6. Valores asignados a la Ocurrencia.	50
Tabla 7. Valores asignados a la Detección.	50
Tabla 8. Gestión Actual de Mantenimiento.	66
Tabla 9. Criterios Auditoria Cuantitativa.	68
Tabla 10. Rangos y Categoría de resultados.	69
Tabla 11. Descripción de Áreas.	69
Tabla 12. Puntuación Recursos Gerenciales.	70
Tabla 13. Puntuación Gerencia de Información.	70
Tabla 14. Puntuación Equipos y Técnicas de Mantenimiento.	71
Tabla 15. Puntuación Planeación y Control de Mantenimiento.	72
Tabla 16. Puntuación Soporte, Calidad y Motivación.	73
Tabla 17. Resultados Auditoria Semi Cuantitativa.	73
Tabla 18. Etapas y Listado de Equipos.	78
Tabla 19. Formato de Tabla de Criticidad.	81
Tabla 20. Criticidad de Planta.	83
Tabla 21. Criticidad de Recepción de Trigo.	84

Tabla 22. Criticidad componentes de Elevador de Cangilones.	85
Tabla 23. Distribución Global de Criticidad.....	88
Tabla 24. Rangos de Jerarquización.	95
Tabla 25. Categorías OEE.....	115
Tabla 26. Evolución MTBF.	116
Tabla 27. Evolución MTTR.....	117
Tabla 28. Evolución Disponibilidad.	118
Tabla 29. Evolución Rendimiento.	119
Tabla 30. Evolución Calidad.....	120
Tabla 31. Evolución OEE.	121
Tabla 32. Puntuación Nueva de Recursos Gerenciales.....	123
Tabla 33. Puntuación Nueva de Gerencia de Información.	123
Tabla 34. Puntuación Nueva de Equipos y Técnicas de Mantenimiento.....	124
Tabla 35. Puntuación Nueva de Planeación y Control.	125
Tabla 36. Puntuación Nueva de Soporte, Calidad y Motivación.....	126
Tabla 37. Resultados Nuevos de Auditoria.....	127
Tabla 38. Criticidad Limpieza y Acondicionamiento.....	146
Tabla 39. Criticidad componentes de Motorreductores.	147
Tabla 40. Criticidad componentes de Zaranda de Limpieza.....	148
Tabla 41. Criticidad de Molienda.	149
Tabla 42. Criticidad componentes de Motores Eléctricos.	151
Tabla 43. Criticidad componentes de Ventiladores.	152
Tabla 44. Criticidad Ejemplares de Bancos de Cilindros.	153

Tabla 45. Criticidad componentes de Bancos de Cilindros.	154
Tabla 46. Criticidad de Planschter's.....	155
Tabla 47. Criticidad componentes de Planschter's.....	156
Tabla 48. Criticidad de Empaque y Despacho.....	157
Tabla 49. Criticidad componentes de Roto-válvulas.	159
Tabla 50. Criticidad componentes de Entoleter.	159
Tabla 51. Criticidad componentes de Empaquetadora.	160
Tabla 52. Ejemplo Cálculo H-H.	188

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Composición del grano.....	28
Figura 2. Piso uno de Planta.	29
Figura 3. Piso dos de Planta.....	29
Figura 4. Piso tres de Planta.....	30
Figura 5. Piso cuatro de Planta.	30
Figura 6. Almacén exterior 1.	30
Figura 7. Almacén exterior 2.	31
Figura 8. Bodega de Productos.....	31
Figura 9. Zona de Carga y Descarga.....	31
Figura 10. Organigrama de la Empresa.	32
Figura 11. Ejemplo de Matriz de criticidad.	41
Figura 12. Ejemplo de formato AMEF.....	44
Figura 13. Ejemplo de Metodología 5 Porqués.	46
Figura 14. Ejemplo de Metodología Causa Raíz.	47
Figura 15. Flujograma de Decisión de Tareas.	51
Figura 16. Tipos y Aplicaciones de RCM.	52
Figura 17. Flujograma Mantenimiento Preventivo.....	53
Figura 18. Flujograma Mantenimiento Correctivo.....	54
Figura 19. Tiempos Operativos de Mantenimiento.	56
Figura 20. Gestión Ideal-Actual.....	75
Figura 21. Pareto Auditoria.....	76

Figura 22. Flujograma Especifico del Proceso.	77
Figura 23. Distribución de Maquinaria.	79
Figura 24. Taxonomía de equipos.	80
Figura 25. Proceso de Codificación.	80
Figura 26. Matriz de Criticidad.	82
Figura 27. Matriz por Sistemas.	83
Figura 28. Matriz de Recepción de Trigo.	85
Figura 29. Matriz componentes de Elevador de Cangilones.	86
Figura 30. Distribución por Sistemas.	87
Figura 31. Distribución Global de Criticidad.	88
Figura 32. Etapas del Flujograma.	90
Figura 33. Formato AMEF.	91
Figura 34. Proceso de llenado del Formato.	92
Figura 35. AMEF Bancos de Cilindros.	96
Figura 36. Pareto por Tipo de Consecuencia.	100
Figura 37. Pareto por Tipo de Falla.	101
Figura 38. Ciclo Lógico PHVA.	103
Figura 39. Formato de Cronograma.	105
Figura 40. Cronograma Bancos de Cilindros.	105
Figura 41. Distribución de Tareas.	107
Figura 42. Formato Ficha Técnica.	109
Figura 43. Formato Ficha de Inspecciones.	110
Figura 44. Formato de Instructivos.	111

Figura 45. Modelo Impreso y Pegado de Códigos QR.	112
Figura 46. Tiempos Operativos.....	113
Figura 47. Indicadores y Distribución.	114
Figura 48. Soporte de recopilación de información.....	116
Figura 49. Evolución MTBF.....	117
Figura 50. Evolución MTTR.....	118
Figura 51. Evolución Disponibilidad.....	119
Figura 52. Evolución Rendimiento.....	120
Figura 53. Evolución Calidad.	121
Figura 54. Evolución OEE.....	122
Figura 55. Evolución Gestiones.....	128
Figura 56. Flujograma del Proceso.	141
Figura 57. Flujograma de Materia Prima.	142
Figura 58. Evolución de Materia Prima.	143
Figura 59. Proceso de Codificación.	144
Figura 60. Matriz de Limpieza y Acondicionamiento.	146
Figura 61. Matriz componentes de Motorreductores.....	147
Figura 62. Matriz componentes de Zaranda de Limpieza.....	149
Figura 63. Matriz de Molienda.	150
Figura 64. Matriz componentes de Motores Eléctricos.	151
Figura 65. Matriz componentes de Ventiladores.	153
Figura 66. Matriz Ejemplares de Bancos de Cilindros.	154
Figura 67. Matriz componentes de Bancos de Cilindros.	155

Figura 68. Matriz de Planschter's.....	156
Figura 69. Matriz componentes de Planschter's.....	157
Figura 70. Matriz de Empaque y Despacho.....	158
Figura 71. Matriz componentes de Roto-válvulas.....	159
Figura 72. Matriz de componentes de Entoleter.....	160
Figura 73. Matriz componentes de Empaquetadora.....	161
Figura 74. AMEF Planschter's.....	162
Figura 75. AMEF Ventiladores de alta y baja presión.....	164
Figura 76. Motores Eléctricos de Potencia.....	166
Figura 77. AMEF Motorreductores.....	168
Figura 78. AMEF Elevador de Cangilones.....	170
Figura 79. AMEF Malacate.....	172
Figura 80. AMEF Zaranda de Trigo Mojado, Seco, Limpieza.....	174
Figura 81. AMEF Roto-válvulas.....	176
Figura 82. AMEF Entoleter.....	177
Figura 83. AMEF Silos Harina, Subproductos, Trigo.....	179
Figura 84. AMEF Empaquetadora de Harina.....	180
Figura 85. Cronograma.....	182
Figura 86. Ficha Técnica de Bancos de Cilindros.....	185
Figura 87. Formato de Hojas de Vida.....	187
Figura 88. Formato Orden de Trabajo.....	189
Figura 89. Ficha de Inspecciones.....	191
Figura 90. Instructivo de Hoja de Vida de Equipos.....	194

Figura 91. Instructivo de Orden de Trabajo..... 195

Figura 92. Instructivo de Fichas de Inspecciones..... 196

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Flujogramas de materia prima.	141
Apéndice B. Codificación.	144
Apéndice C. Análisis de Criticidad.	146
Apéndice D. AMEF.	162
Apéndice E. Cronograma.	182
Apéndice F. Fichas Técnicas.	185
Apéndice G. Hojas de Vida.	186
Apéndice H. Orden de Trabajo.	188
Apéndice I. Ficha de Inspecciones.	191
Apéndice J. Instructivos de Formatos.	194

Resumen

Título: Desarrollo e Implementación de un plan de Mantenimiento Preventivo en la empresa Molino San Miguel, sede Bucaramanga.*

Autor: Julián Andrés Moreno Ramírez.**

Palabras Clave: Mantenimiento, Preventivo, Producción, Disponibilidad, Indicadores, Gestión.

El presente proyecto de grado abarca el desarrollo y la ejecución de un plan de mantenimiento preventivo destinado a los equipos de mayor impacto en el proceso productivo de la empresa Molino San Miguel. Todo ello, debido a que no cuenta con una gestión de sus activos, con rutinas de inspecciones, ni con registros de las intervenciones de mantenimiento, lo que propicia una serie de gastos en paradas no programadas y en deterioros acelerados de la maquinaria.

El objetivo de este estudio fue desarrollar una gestión de mantenimiento, destinada a la conservación de los equipos mediante la confiabilidad. Con este fin, se analiza el impacto de las nuevas estrategias mediante una serie de indicadores cuantitativos que medirán su desempeño. Primeramente, se diagnosticó el estado de la actual gestión por medio de una auditoría cualitativa y una semicuantitativa gracias a entrevistas con los encargados del mantenimiento. Siguiendo a esto, se listan y codifican taxonómicamente los sistemas y equipos de la planta, para posteriormente jerarquizarlos cuantitativamente, de acuerdo a su impacto operacional, su frecuencia, sus modos y efectos de falla. Luego de recopilada esta información, se designan tareas y rutinas mediante cronogramas y fichas de inspecciones, además de la creación de formatos dirigidos hacia una mejor gerencia de la información, sumado a su digitalización. En su valoración, se detalla el balance positivo de la gestión propuesta con evidentes mejoras en términos de la efectividad total de los activos (OEE) y la disponibilidad de estos. Se propone seguir la misma corriente metodológica siempre basándose en fuentes fundamentadas e indagar en temáticas de vanguardia, que genere una retroalimentación efectiva en una futura ejecución.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Francisco José Saldivia Saldivia. Magister en Gerencia de Mantenimiento.

Abstract

Title: Development and Implementation of a Preventive Maintenance plan in Molino San Miguel, Bucaramanga.*

Author: Julián Andrés Moreno Ramírez.¹

Key Words: Maintenance, Preventive, Production, Availability, Indicators, Management.

The present degree project covers the development and implementation of a preventive maintenance plan for the equipment with the greatest impact on the production process of the company Molino San Miguel. All this, because it does not have a management of its assets, with routines of inspections, nor with records of the maintenance interventions, which leads to expenses in unscheduled stops and in accelerated deterioration of the machinery.

The objective of this study was to develop a maintenance management, aimed at the preservation of equipment through reliability. To this end, the impact of the new strategies is analyzed through a series of quantitative indicators that will measure their performance. First, the state of the current management was diagnosed by means of a qualitative and semi-quantitative audit through interviews with the maintainers. Following this, plant systems and equipment are taxonomically listed and coded, and subsequently ranked quantitatively, according to their operational impact, frequency, and modes and failure effects.

After this information has been collected, tasks and routines are designated through schedules and inspection sheets, as well as the creation of formats aimed at better information management, in addition to digitizing the information. In its assessment, it details the positive balance sheet of the proposed management with obvious improvements in terms of the total effectiveness of the assets (OEE) and their availability. It is proposed to follow the same methodological current always based on informed sources and investigate cutting-edge topics that generate effective feedback in future implementation.

* Degree Project

¹ Physical-Mechanical Engineering Faculty. School of Mechanical Engineering. Director: Francisco José Saldivia Saldivia. Máster en Maintenance Management.

Introducción

La presente investigación abarca las prácticas de mantenimiento empleadas en la empresa Molino San Miguel S.A.S sede Bucaramanga, compañía líder en el mercado colombiano y que cuenta con el molino más moderno del país y uno de los más modernos de Latinoamérica. Estas buenas prácticas se basan en la jerarquización de los activos y de sus modos de falla, la planeación eficiente de actividades y la recopilación de información para una retroalimentación competente.

La característica principal de estas abarca desarrollar e instaurar una serie de metodologías que implanten una disciplina en el personal operativo, de manera que se impacte positivamente en la confiabilidad y disponibilidad de los equipos en la planta.

Ser una empresa con alta demanda de producción genera un compromiso arduo en implementar análisis de mejora continua y controles rigurosos que involucren todas aquellas variables participes en sus procesos productivos y así garantizar la calidad en sus productos y servicios.

La ausencia de rutinas de mantenimiento y operar de manera correctiva son situaciones a las que se enfrenta la empresa de manera frecuente, esto ocasiona una disminución de la producción y un incremento de paradas no programadas, lo que acarrea importantes pérdidas económicas.

Para analizar la problemática actual se hace necesario indagar las causas que han llevado a que la empresa no posea estándares de mantenimiento. Entre ellas; la falta de capacitación de los encargados de esta área, la no destinación suficiente de recursos, la indocumentación de los equipos y su historial, y la resistencia al cambio, pues siempre se ha manejado de esta manera.

La investigación de la problemática se desarrolló por el interés de analizar las situaciones a las que se expone la empresa, así como ejecutar posibles soluciones en una planta de tal magnitud. Esto permitió identificar los campos de acción y desarrollar estrategias en los puntos más críticos.

En el ámbito profesional como Ingeniero Mecánico, el interés comprendió conocer las variables que inciden en la producción, detallar operativamente los activos, ejecutar una propuesta de mantenimiento bajo criterios de ingeniería y optimizar los tiempos operativos de la planta.

Inicialmente, con el fin de caracterizar la actual gestión se llevó a cabo una serie de reuniones con el personal encargado, donde se logró esclarecer las metodologías usadas desde su existencia.

El siguiente paso fue arduo, ya que se concentraba en la jerarquización de los equipos y de sus modos de falla. Uno de los mayores obstáculos fue identificar todos los activos junto a sus características operativas, ya que no existía registro alguno y además, la información la poseía a manera de memoria el jefe de planta. Sin embargo, esta fue constatada en repetidas ocasiones.

Por último, con los activos clasificados de acuerdo a su incidencia y la severidad de sus modos de falla, se ejecutan nuevas estrategias que vinculen la información mediante formatos y fichas creadas, y así permitir un control y seguimiento cuantitativo de la nueva gestión.

En el capítulo V, se identificarán los principios actuales de la coordinación de mantenimiento, sus limitantes y posibles campos de acción.

En el capítulo VI, se establecerá una metodología capaz de jerarquizar los equipos en base a sus consecuencias operacionales y frecuencias de falla.

En el capítulo VII, se determinarán los modos de falla de mayor riesgo a los equipos escogidos por su alta incidencia, y se establecerán tareas preventivas sean de inspección o recambio.

En el capítulo VIII, se ejecutan las nuevas estrategias dirigidas a sus activos más críticos y su posterior seguimiento. De esta manera, se garantiza una retroalimentación de las decisiones tomadas y la actualización constante de la nueva gestión de mantenimiento.

En el capítulo X, se detallan los resultados obtenidos luego de evaluar la gestión propuesta, lo que propicia una visión más clara de los parámetros tenidos en cuenta en su recolección y análisis.

1. Objetivos

1.1.Objetivo General

Diseñar e Implementar una estrategia de mantenimiento preventivo para el área de producción en la sede de Bucaramanga de la empresa Molino San Miguel, que garantice estrategias destinadas a la conservación de los equipos mediante la confiabilidad.

1.2.Objetivos Específicos

- Especificar la actual gestión de mantenimiento mediante una auditoria con los responsables de esta área y así, clarificar el manejo que se le da a la planta de producción.
- Jerarquizar los equipos de la planta por medio de un estudio de criticidad basado en parámetros de riesgo de todos los equipos y subsistemas presentes de alto impacto.
- Identificar las posibles causas de falla a las que se exponen los equipos de más alto impacto por medio de un análisis de efecto de falla (AMEF), que posibilite implementar acciones preventivas acordes a sus modos de falla.
- Organizar las acciones preventivas, inspecciones y rutinas mediante cronogramas con el fin de poseer un control organizado de las fechas e intervenciones.

2. Generalidades del Proyecto

2.1. Alcances y Limitaciones

2.1.1. Alcances

- Levantamiento de información operativa de los activos de la Planta.
- Entregar información técnica de los equipos de mayor impacto en la Planta.
- Hacer entrega de cronogramas de inspecciones de los equipos más críticos de acuerdo a los

modos de falla de mayor severidad.

- Desarrollar formatos destinados a la recolección de información de las inspecciones, intervenciones y reparaciones.

- Entregar instructivos de llenado de formatos que faciliten su uso y comprensión.

- Codirigir la nueva gestión con el jefe de la Planta junto a los operarios.

- Gestionar indicadores de mantenimiento que permitan la evaluación cuantitativa de las actividades implementadas.

2.1.2. Limitaciones

- Ausencia de información del historial de fallas de los activos.

- Nulo seguimiento de los tiempos operativos de los equipos en su historia.

- Información técnica y operativa de equipos recordada a manera de memoria por el jefe de Planta.

- Registro de montajes, modificaciones e información de fabricantes de los equipos recordados a manera de memoria por el jefe de la Planta.

- Implementación de nuevas estrategias por primera vez, por ende, es vital el cambio de mentalidad hacia ideologías de mayor control.

2.2.Delimitaciones

2.2.1. Temporal

Gracias al convenio entre el autor y la empresa Molino San Miguel S.A.S se permite la realización de prácticas empresariales durante los primeros seis meses del año 2021. Se tiene previsto que el desarrollo se lleve a cabo en seis meses calendario, este periodo se considera viable para una ejecución eficiente del proyecto. Sin embargo, el periodo en el que se ejecuta la nueva gestión está comprendida desde abril hasta la finalización del proyecto; a mediados de junio.

2.2.2. Espacial

Este proyecto se lleva a cabo en la Planta de Molienda ubicada en la localidad de Bucaramanga, al norte de la ciudad vía Café Madrid, municipio de Santander, Colombia.

2.2.3. Conceptual

Los limites conceptuales abarcan desde lo que se define como Mantenimiento Centrado en Confiabilidad hasta el desarrollo de los diferentes análisis enfocados en la jerarquización cuantitativa y en la ejecución de actividades que incidan en los tiempos operativos de los activos.

2.3.Aspectos Generales de la Empresa

2.3.1. Reseña Histórica

Molino San Miguel S.A.S. es una empresa familiar que nace cerca del año 1970 por iniciativa del Señor Horacio Martínez, quien siendo joven conoció el proceso de la molienda de trigo debido al contacto que tuvo con este cultivo en Silos, Norte de Santander. Martínez se radica en la ciudad de Bucaramanga e inicia la molienda de este cereal, obteniendo productos para consumo animal.

Con el tiempo la empresa crece notoriamente, por lo que adquirió un predio vía al Café Madrid donde construyó la primera planta física diseñada para el proceso de la molienda. Posteriormente,

los hijos del Sr. Horacio se hacen cargo de la empresa, hasta que en el año 2011 se construye una nueva planta y unos silos de almacenamiento en la ciudad de Santa Marta.

2.3.2. Ubicación

Molino San Miguel S.A.S cuenta con dos plantas; una en la Ciudad de Bucaramanga y una en la Ciudad de Santa Marta, así como con un Centro de Distribución en Bucaramanga.

2.3.3. Misión

La empresa tiene como misión proporcionar a los clientes productos y soluciones que les brinden valor, y posicionarse como marca líder en el mercado, a través de la calidad de sus productos y su innovación, junto a una contribución con la preservación del medio ambiente.

2.3.4. Visión

Su visión es asegurar la preferencia de sus clientes y ser la primera opción para todos sus productos, mediante alternativas innovadoras y el mayor valor agregado. Para ello, se asumen compromisos y se provee de un ambiente de innovación y en el que la gente pueda sobresalir.

2.3.5. Mapa de Procesos

2.3.5.1. Normatividad. En Colombia, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993. La NTC 267 (Séptima actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo del 2007-09-26 y establece los requisitos que debe cumplir la harina de trigo para consumo humano. El contenido mostrado hace parte de la misma referencia bibliográfica, por lo que se cita una sola vez.

En términos específicos, la norma establece y define lo siguiente: (NTC 267, 2007)

- Harina de trigo: Principal producto obtenido de la molienda y cernido, del endospermo y capas internas del pericarpio del trigo común, ramificado o mezcla de ellos.

1. La harina de trigo debe cumplir con los siguientes requisitos fisicoquímicos.

Tabla 1.*Requisitos fisicoquímicos para las harinas de trigo.*

Microorganismo	n	C	m	M
Recuento de aeróbios mesófilos UFC /g	3	1	200 000	300 000
Recuento de <i>Escherichia coli</i> UFC/g	3	0	<10	-
Detección de Salmonella / 25 g	3	0	Ausencia	-
Recuento de mohos y levaduras UFC/g	3	1	3 000	5000
Recuento de <i>Staphylococcus aureus</i> coagulasa positiva UFC /g	3	0	<100	-
Recuento de <i>Bacillus cereus</i> UFC/g	3	1	500	1000
en donde				
n	=	número de muestras que se van a examinar		
c	=	número máximo de muestras permitidas entre m y M		
m	=	índice máximo permisible para indicar nivel de buena calidad		
M	=	índice máximo permisible para indicar nivel de calidad aceptable		

Nota. Tomado de *Requisitos fisicoquímicos para la harina de trigo* [Tabla], por Norma Técnica Colombiana 267, 2007, NTC. (<https://es.slideshare.net/jamesdays/ntc267-10552898>).

2. La harina de trigo debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos.

Tabla 2.*Requisitos microbiológicos para las harinas de trigo.*

Característica	Límite (%)
Humedad en %	máximo ^{1), 2)} 14,5
Proteína (N x 5,7), fracción de masa en base seca	Mínimo ²⁾ 7,0
1) Para determinados destinos, por razones de clima, duración del transporte y almacenamiento, puede requerirse límites de humedad más bajos. 2) Los resultados obtenidos para el contenido de humedad y contenido de proteína se expresan en fracción de masa según el Sistema Internacional de Unidades, el cual dice: "Fracción de masa de B, WB: Esta cantidad se expresa frecuentemente en porcentaje, %. La notación "% (m/m)" no deberá usarse. Factor de conversión 1 % = 0,01".	

3. La harina de trigo debe cumplir con los límites máximos de metales.

Tabla 3.*Límites máximos de metales para las harinas de trigo.*

Metal	Límite máximo
Plomo, mg/kg	0,2
Cadmio, mg/kg	0,2

4. La harina de trigo no debe tener un nivel mayor de $10 \frac{\mu g}{kg}$ (10 ppb) de aflatoxinas.

2.3.5.2. Procesamiento de Trigo. Este es compuesto por cuatro grandes etapas.

- **Recepción y Almacenamiento de Trigo:** Se recibe el trigo tal cual llega desde los campos transportado por furgones y descargado en la planta de tratamiento, allí es recibido por una tolva de recepción a nivel del suelo, donde un Elevador de Cangilones lo eleva a un punto determinado para que por acción de la gravedad pase por las respectivas zarandas eliminando cualquier suciedad, ramas, hojas y demás semillas indeseadas.

- **Limpieza y Acondicionamiento del Trigo:** Posteriormente, el grano es limpiado y preparado para la molienda. De esta limpieza depende la calidad de la harina, impurezas como restos de semillas, arena y polvo son indeseadas en el proceso. Una vez las impurezas han sido eliminadas, se procede a acondicionarlo. Allí se busca brindarle al grano la suficiente humedad y alcance determinadas condiciones físicas. Este acondicionamiento consiste en reposar el granulado en los silos de almacenamiento entre 10 a 30 horas y obtener la mayor uniformidad en términos de humedad. Así, la humedad penetra el grano, restándole dureza y facilita el proceso de Molienda.

- **Molienda:** Es la etapa más importante de todas, ya que es donde realmente ocurre la transformación de la materia prima. El grano limpio y con la humedad requerida es llevado por las líneas de transporte a los respectivos Bancos de Cilindros donde su coraza y demás partes se destruirán y se clasificarán según su forma y tamaño.

Además de romper las respectivas capas hasta la obtención de harina limpia, se necesitan equipos para clasificar los productos obtenidos, esto se logra gracias a los Plansichter's y sus tamices internos y oscilaciones sobre su eje vertical. Dentro de esta etapa se encuentran subetapas:

- **Compresión:** Reduce el tamaño del granel que pasa por los primeros Bancos de Cilindros.
- **Dosificación:** Se adicionan vitaminas necesarias que aporten valor nutricional a la harina.

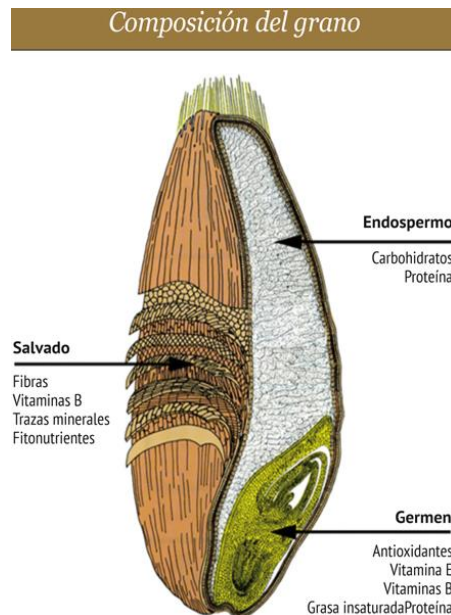
- Empaque y Despacho: Po último, los productos obtenidos; harina de trigo fina, mogolla, el salvado y la harina de tercera; son llevados a silos verticales para su empaque y final despacho.

2.3.6. Portafolio de Productos

Primeramente, es necesario conocer la anatomía del grano de trigo y su composición.

Figura 1.

Composición del grano.



Tomado de *Composición del grano* [Figura], por Pan de Calidad, 2020, Pan de Calidad. (<https://pandecalidad.com/la-importancia-de-los-cereales-granos-en-panificacion>).

Los productos que ofrece la empresa son los siguientes.

- Harina de Trigo: Se obtiene del endospermo, representa cerca del 83% del grano y se compone en gran parte de almidón, carbohidratos, proteínas, vitaminas, minerales y fibra soluble.
- Mogolla: Salvado de trigo fino con proporciones de endospermo y germen del trigo.
- Salvado: Conjunto de capas que cubren el interior del grano. Usado para consumo animal.
- Harina de Tercera: Subproducto obtenido del grano de trigo, no contiene ningún aditivo químico, lejos de productos que puedan transmitir sabores u olores al alimento.

La empresa además, comercializa mezclas para buñuelos, pan de yuca, pan de bono, pan de queso, natilla, almojábana, azúcar, sal, aceites, margarinas, levaduras, arequipe y dulce de leche.

2.3.7. Descripción de la Planta

Se distinguen varias zonas estratégicas en las instalaciones, mencionadas a continuación.

2.3.7.1. Área de Producción. Su proceso productivo abarca los cuatro pisos de la planta.

- Piso uno: En este piso se encuentran los equipos encargados de la recepción del trigo, del empaquetado del producto final y de la generación y transmisión de fuerza motriz de otros equipos. Elevadores de Cangilones, Motorreductores, Empaquetadoras y Motores Eléctricos de Potencia.

Figura 2.

Piso uno de Planta.



Nota. Se observa la maquinaria presente en el primer piso de la planta.

- Piso dos: Se caracteriza por poseer todos los Bancos encargados de la trituration, reducción y compresión del granel. Uno de los pisos con mayor criticidad por su incidencia operacional.

Figura 3.

Piso dos de Planta.



Nota. Se observa la maquinaria presente en el segundo piso de la planta.

- Piso tres: En él se encuentran los encargados de la separación y clasificación del material luego de la trituration anterior. Se encuentran Plansichter's, Zarandas y Roto-válvulas, entre otros.

Figura 4.

Piso tres de Planta.



Nota. Se observa la maquinaria presente en el tercer piso de la planta.

- Piso cuatro: Allí se encuentran aquellos que elevan mediante ventilación neumática la materia prima así como los encargados de filtrar impurezas. Ventiladores de alta y baja presión, Filtros, Roto-válvulas, Motorreductores, sistemas neumáticos de tubería, entre otros.

Figura 5.

Piso cuatro de Planta.



Nota. Se observa la maquinaria presente en el cuarto piso de la planta.

2.3.7.2. Exteriores. La zona de exteriores comprende las siguientes divisiones.

- Almacén Exterior: Existen dos zonas donde se depositan los productos y subproductos empacados, hasta que se procede a despachar en los camiones de carga requeridos.

Figura 6.

Almacén exterior 1.



Figura 7.*Almacén exterior 2.*

- Bodega: Allí se almacenan los productos que no forman parte de un proceso de producción.

Figura 8.*Bodega de Productos.*

Nota. Productos a comercializar.

- Zona de Descarga: Espacios donde se entrega la materia prima por parte de los proveedores.
- Zona de Carga: Allí se hace entrega a los acreedores o distribuidores y se despacha.

Estas zonas son contiguas, la zona de Recepción de Trigo y la de Despacho se encuentran separadas por pocos metros.

Figura 9.*Zona de Carga y Descarga.*

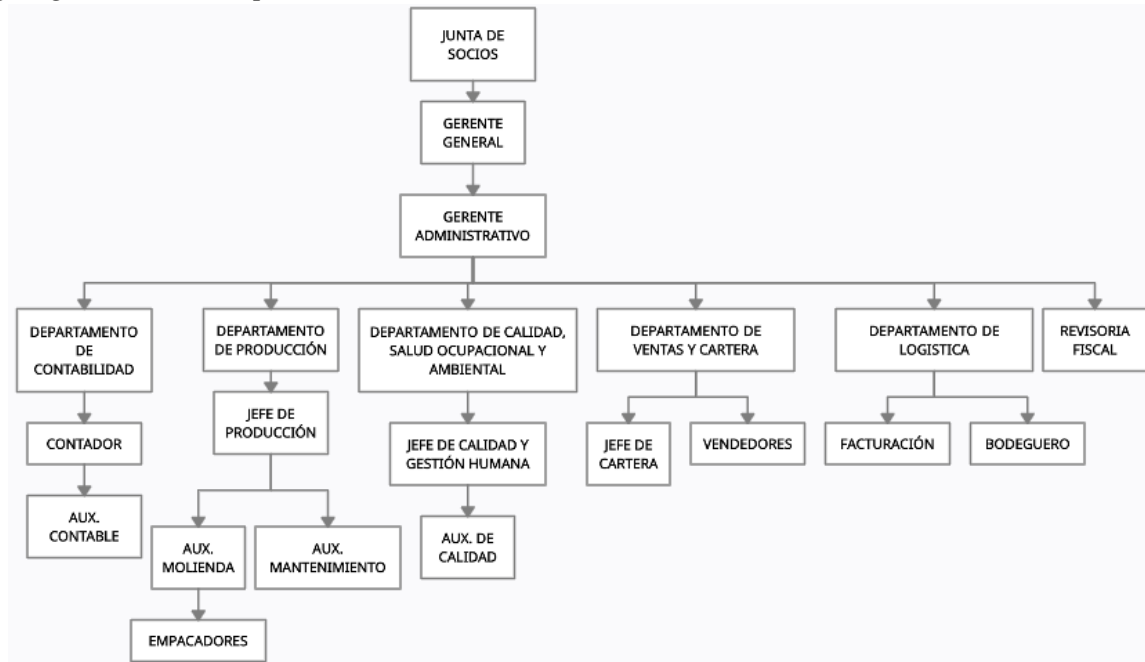
Nota. Se observa la zona de Carga y Descarga destinada a recibir y despachar diferentes productos.

2.3.8. Organigrama

La estructura jerárquica y grafica de sus empleados tiene esta forma.

Figura 10.

Organigrama de la Empresa.



Nota. Fuente de la empresa.

3. Marco de Referencia

Con el fin de llevar a cabo los objetivos planteados en el presente proyecto, es necesario profundizar en ciertos conceptos claves para comprender las temáticas planteadas y tener un concepto global de la problemática. Se buscó artículos, ponencias y trabajos de investigación concernientes al tema, dividiendo la búsqueda en dos partes: la primera corresponde al estado del arte donde se recopilan los antecedentes internacionales, nacionales y locales, y la segunda sobre los fundamentos teóricos de los temas a tratar.

3.1. Estado de Arte

3.1.1. Antecedentes Locales

Un estudio realizado por el Centro CIES del SENA (Centro de Industria, Empresa y Servicios) del Norte de Santander por varios ingenieros y docentes investigadores, mostró el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos que hacen parte del sector mecánico industrial, del mecanizado de productos metalúrgicos y de elementos de motores Diesel (I. Silva-Urbina, M. Rodríguez-Pineda, R. Acosta-Rozo y P. Gómez-Monsalve, 2019). El desarrollo consistió en caracterizar los equipos por medio de su criticidad, para luego implementar un análisis de modo y efecto de falla (AMEF). Una vez completadas estas etapas se elaboraron fichas técnicas y con la ayuda de los indicadores de mantenimiento, se garantizó la mejora continua de los equipos. Esto permitió gestionar las actividades preventivas y su frecuencia, y supervisar el correcto funcionamiento del plan. En él, se implantó una gestión que ayudará a disminuir tiempos y costes.

El proyecto “Diseño de la estrategia de mantenimiento basada en la confiabilidad, RCM, e inspección basada en el riesgo, RBI, para la línea crítica de producción de la planta para concentrados de la empresa ITALCOL S.C.A ubicada en girón, Santander” por Pedro José Vega Mendoza para optar el título de Ingeniero Mecánico, (Vega, P. 2009), consistió en recopilar la información técnica del equipo estático de la línea crítica, consolidar y estandarizar las tareas de mantenimiento, para finalmente diseñar un programa de inspección basado en criterios de riesgo. Se logró crear una base de datos del plan de inspección que permitiera llevar un estricto control de la línea estática. Luego de la implementación, se logra una reducción del 66% del costo de la estrategia actual correctiva, y se espera reducir en un 75% el costo de las paradas no programadas.

Un proyecto desarrollado por estudiantes de la Universidad Industrial de Santander para optar por el título de Ingeniero Mecánico; Ximena Blum García y Carlos José Gonzalez Rojas, titulado

“Planeación, montaje y puesta en servicio de los equipos para el proceso de limpieza y acondicionamiento del trigo en la empresa Molinos San Miguel S.A.” (Blum, X. & Gonzalez, C. 2015), abarca los procesos necesarios para la puesta a punto de los equipos del sistema de limpieza y acondicionamiento. En él, se tienen en cuenta los protocolos de recepción y ajuste para los primeros arranques de las maquinas, los procedimientos requeridos para el transporte, instalación y los costos para el montaje como: nóminas de administración, adquisición de maquinaria, préstamo de herramienta, transporte, mano de obra y materiales. Se concluye, que para cualquier empresa es vital tener claros los protocolos de primeros arranques de la maquinaria, ya que esto permitirá conocer todos los equipos y sus parámetros operativos, facilitará el diseño de planes de mantenimiento y el manejo del histórico de fallas.

3.1.2. *Antecedentes Nacionales*

Un estudio bajo el nombre de “Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria agrícola de la empresa palmas y extractora Monterrey S.A. en Puerto Wilches, Santander” desarrollado por José Alberto Santander Flórez, (Santander, J. 2019), se enfocó en desarrollar acciones preventivas en la maquinaria agrícola, desde tractores hasta motoniveladoras siguiendo un proceso de inventariado, recopilación y diligenciamiento de fichas técnicas, hojas de vida de la maquinaria y una planificación de actividades de mantenimiento. Con la implementación se logró digitalizar toda la información, estandarizar la gestión y brindar un soporte organizado de las fechas y tareas para su cumplimiento, ya que no existía documentación alguna ni de los equipos ni de intervenciones pasadas.

Un proyecto con nombre “Gestión de mantenimiento y producción más limpia en tres instituciones de salud de Medellín, Colombia” llevado a cabo por grupos de investigación del Instituto Tecnológico Metropolitano y la Institución Universitaria Pascual Bravo, ambas de

Medellín, Colombia, (W. Orozco, G. Narváez, W. García Gómez, A. Quintero Rodas, 2017). Este documento lleva a cabo una gestión de mantenimiento de equipos biomédicos utilizados en instituciones hospitalarias y sanitarias. Su implementación permitió un mayor rendimiento y confiabilidad de los equipos y dispositivos médicos, mejorando así la prestación del servicio de las instituciones de salud al tener siempre información actualizada de los equipos. Este proyecto muestra la importancia de gestionar un plan de mantenimiento en cualquier compañía destinada a la prestación de servicios en temas de salubridad o que generen cierta utilidad económica.

3.1.3. *Antecedentes Internacionales*

Un proyecto enfocado en gestionar un plan de mantenimiento en una empresa dedicada a la industria de la construcción en Perú, titulado “Propuesta de mantenimiento preventivo y planificado para la línea de producción en la empresa Latercer S.A.C.” llevado a cabo por un estudiante de pregrado para obtener el título de Ingeniero Industrial (Gonzales, J. 2016), se enfocó en gestionar desde cero todas las tareas relacionadas al mantenimiento de diferentes maquinas, entre ellas; molinos de tierra y amasadoras. En él, se realizaron diagnósticos iniciales de la maquinaria objetivo para conocer su estado actual. Luego de los análisis causa-raíz de las paradas recurrentes de la planta, se propuso un plan en el que se observó una disminución en las paradas mensuales y un aumento en la producción por semana. Son evidentes los beneficios que traen implementar un mantenimiento preventivo en cualquier empresa, ya que de alguna manera todas las áreas de la empresa se ven involucradas. También es indispensable actualizar continuamente las labores para establecer un plan competente, que facilite llevar registros de indicadores, de intervenciones y de la evolución de ciertos parámetros referentes a la vida útil de la maquinaria.

“Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Extruplas S.A.” por un estudiante para optar por el título de Ingeniero Mecánico (Valdivieso, J. 2010). Este consiguió que

predominara en la planta las tareas preventivas y no las correctivas, como se tenía acostumbrado. Además, el análisis del stock de la planta permitió establecer qué componentes de qué maquinas son las más relevantes por representar los procesos más importantes de la línea producción.

El proyecto que tiene como nombre “Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del Departamento de marcos y molduras en la empresa antiguo arte Europeo S. A. de C. V” de la Universidad Tecnológica Tula-Tepeji de México por el estudiante Gustavo Cervantes González en el año 2011 (Cervantes, G. 2011), se dedicó a realizar un proceso referente a un plan de mantenimiento preventivo para los equipos encargados de la fabricación de molduras en madera para la realización de cuadros o tableros. Se logró determinar las rutinas y frecuencias, además de construir las fichas de instrucciones de las inspecciones. Se concluye, que cualquier tipo de mantenimiento con lógica en su implementación representará una inversión a mediano y largo plazo, evidenciado por ganancias económicas, mayor producción e índices de siniestralidad bajos.

3.2. Referentes Teóricos

3.2.1. *Historia y Principios del Mantenimiento Industrial*

Los primeros indicios se remontan a la revolución industrial, donde las tareas de restauración eran efectuadas por los operarios y el mantenimiento era visto como una labor exclusivamente de reparación. Sin embargo, a inicios del siglo 20 se instauró la competitividad en las empresas, lo que aumentó los esfuerzos en disminuir las pérdidas de producción y la aparición de fallas.

A lo largo de la Primera Guerra Mundial y el posterior asentamiento de la producción a gran escala, se priorizó la respuesta rápida ante la aparición de fallas, por lo que se fomentó por primera vez la conformación de especialistas en trabajos correctivos en la cadena de producción. (“Valbor Soluciones”, s. f.)

En la década de los años 50, los encargados del mantenimiento abarcaron más responsabilidades; atender recomendaciones de fabricantes, tratar la confiabilidad de sus activos y realizar análisis de diseño. Más tarde en los años 70, conforme las maquinas cumplen tareas más complejas y la dependencia sobre estas aumenta, se acrecienta la necesidad de involucrar más personal, delegar funciones y prevenir la mayor cantidad de fallas dados los evidentes tiempos muertos tras una avería. Por lo que empresas del sector aeronáutico y automotriz crean departamentos de mantenimiento, enfocados en dar solución a los problemas de aeronavegabilidad mediante técnicas periódicas y programadas. De esta manera, se instauraron filosofías que hoy en día se siguen implementando. (Viquez, et al 2019)

A su vez, durante esta generación se integra el mantenimiento por medio de inspecciones y el monitoreo de condición, que logra sustituir el sistemático gracias a estrategias enfocadas en disminuir la ocurrencia de fallas mediante técnicas estadísticas, análisis de modos de falla, estudio operacional de equipos y tecnologías de detección.(Nowlan, S. Heap, H. (1978)).

Por lo tanto, entre los objetivos principales de cualquier departamento de mantenimiento se encuentran: (Aula21, s.f.)

- Minimizar la pérdida de tiempo productivo.
- Maximizar la vida útil de los activos.
- Mejorar la calidad de los productos.
- Minimizar costos por reparaciones y garantizar mejoras en la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los equipos.

De acuerdo con lo anterior, el mantenimiento industrial se puede describir brevemente como un conjunto de técnicas establecidas luego de varios análisis, con el fin de preservar los equipos e

instalaciones, en busca de la más alta disponibilidad y el mayor aprovechamiento de los activos en base a su tiempo productivo máximo mediante practicas preventivas.

Resumiendo, el mantenimiento debe aportar estrategias de mejora continua en:

- La capacidad de producción.
- Los costos de manufactura.
- La seguridad industrial.

Todo ello basado en el trabajo en equipo, planificación y programación proactiva, mejoramiento continuo, gerencia de paradas de planta y una producción basada en la confiabilidad de los equipos. (Reliability Web, s. f.)

3.2.2. Gestión del Mantenimiento en Empresas

En un mundo tan competitivo como el de hoy en día, resulta vital rebajar los costos de los productos y ello muchas veces se logra optimizando sus procesos productivos, gracias a poseer un stock mínimo de repuestos de los equipos de mayor impacto, optimizar el consumo de materiales y de personal e implementar las tareas adecuadas bajo la frecuencia idónea.

La multitud de técnicas hace más asequible analizar su implementación y encontrar la mejor, teniendo en cuenta factores como el tamaño de la empresa, la industria, el presupuesto y la antigüedad de esta, entre otros. (García, et al 2010, p. 4)

De no implementar una adecuada gestión, áreas como la de producción, recursos humanos, calidad y finanzas evidencian problemas internos en: (Serrano, s. f.)

- La eficiencia en el proceso de producción.
- Los costos de producción.
- La calidad del producto y el ritmo de trabajo.
- La confiabilidad de la Empresa en materia de cumplimiento de contratos.

De esta manera, resulta imprescindible acotar los principios de un plan de mantenimiento, en este caso; de tipo preventivo. El mantenimiento preventivo es "...el que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno." (García, et al 2010, p. 17).

Esta metodología no tendrá en cuenta la condición del equipo, será la ideal en equipos de disponibilidad media, con cierta importancia en el sistema productivo y cuyas averías causan algunos trastornos. Sin embargo, estas intervenciones no tienen por qué tener una periodicidad fija, se pueden tener tareas sistemáticas sin importar el tiempo que lleva funcionando o el estado de los elementos.

El uso de intervenciones periódicas presenta dos ventajas: (De Bona, et al 1999, p. 26)

- La minimización del número y consecuencias de las averías al vigilar el estado de los elementos y posibilitar la reparación o reposición.
- Prolongación de la vida útil de la instalación.

3.2.3. Diagramas de flujo

También denominados Flujogramas; son aquellas representaciones donde se muestra la interacción entre varios procesos mediante símbolos gráficos, que van desde óvalos, rectángulos, esferas y las respectivas flechas que generan la conexión entre cada paso o etapa.

Estos proporcionan una visión más intuitiva de los procesos, lo que genera un mayor entendimiento de cada una de las etapas durante su curso. Entre sus ventajas: (M. 2018)

- Se muestran las etapas necesarias en el desarrollo de algún procedimiento.
- Se estandariza la ejecución de los procesos.
- Sirve como escaneo al momento de detectar fallas o consultar el cumplimiento adecuado de las etapas en el desarrollo.

- Se establece la secuencia e interacciones entre el paso anterior y el siguiente.

3.2.4. Auditorias de Mantenimiento

Una auditoria de mantenimiento se caracteriza principalmente por conocer la situación actual en la que se encuentra un departamento de mantenimiento, por medio de la identificación de puntos y áreas de mejora, entrevistas con los responsables y un trabajo de campo eficiente, obteniendo una serie de acciones necesarias para mejorarla.

Una vez obtenida una imagen completa de la gestión actual, se profundiza en las causas que llevaron al estado técnico actual. El principal objetivo es evaluar la calidad del mantenimiento en las instalaciones a auditar; esta debe entenderse como la obtención de la máxima disponibilidad al mínimo coste. Entre otras cosas, esto quiere decir: (García, S. (s. f.-a))

- Que se disponga de mano de obra cualificada y eficiente.
- Que se disponga de herramientas y materiales necesarios para reparaciones competentes.
- Que se conozcan los instructivos de trabajo para acometer las tareas de mantenimiento.
- Que las reparaciones efectuadas sean fiables.
- Que las paradas que se presenten por averías no afecten al Plan de Producción preestablecido.
- Que se disponga de información fiable acerca de la evolución del mantenimiento que permita tomar decisiones oportunas.

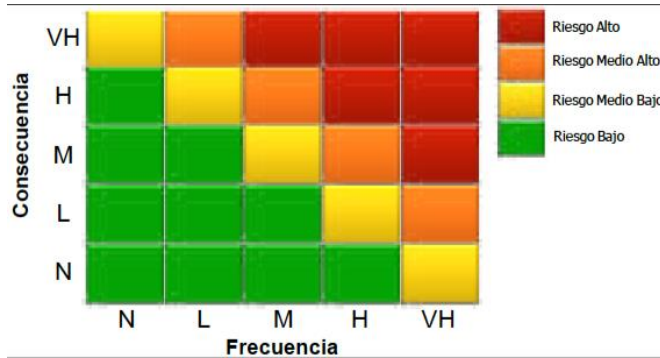
3.2.5. Análisis de Criticidad

Según Gutiérrez, es una metodología que permite establecer la jerarquía de instalaciones, sistemas, equipos y componentes de acuerdo con una figura de mérito llamada “Criticidad”. Es una técnica en la que se establecen rangos relativos para representar las frecuencias de ocurrencia de ciertos eventos y sus consecuencias. Estas magnitudes se registran en una matriz, en base a un

código de colores que denotan la menor o mayor intensidad del riesgo. En la figura 11 se muestra un ejemplo de una matriz bajo los parámetros que se desarrollan más adelante.

Figura 11.

Ejemplo de Matriz de criticidad.



Nota. La figura representa las secciones de una matriz de criticidad evaluada por sus consecuencias y frecuencia de falla. Tomado de *Matriz de Criticidad* [Figura], por Gutiérrez, E., Agüero, M., & Calixto, I. *Análisis de Criticidad Integral de Activos*, Sin fecha, Predictiva 21. (<https://predictiva21.com/analisis-criticidad-integral-activos/>).

Este análisis es uno semicuantitativo que permite dimensionar el riesgo de instalaciones y equipos. Para este se tiene en cuenta la frecuencia de las fallas, su impacto en la producción, los costos de reparación y el impacto en la seguridad, estos se muestran en la tabla 4.

Tabla 4.

Rangos de los Parámetros.

Tabla de ponderados		
Frecuencia de fallas (FF)	1 falla por año	1
	Entre 2 y 3 fallas por año	2
	Entre 4 y 5 fallas por año	4
	Entre 6 o más fallas por año	6
Impacto Operacional (IO)	Pérdida de capacidad entre 1% y 25%	1
	Pérdida de capacidad entre 26% y 50%	2
	Pérdida de capacidad entre 51% y 75%	4
	Pérdida de capacidad entre 76% y 100%	6
Flexibilidad Operacional (FO)	Repuesto listo para instalar	1
	Repuesto en bodega	2
	Repuesto no en bodega	3
Costo de Mantenimiento (CM)	Entre 0 y \$100,000	1
	Entre 100,000 y 500,000	2
	Entre 500,000 y 1,000,000	4
Impacto en Seguridad, Higiene y Medio Ambiente (SHA)	No produce	0
	Sí produce	1

Nota. Tomado de *Ponderados de análisis* [Tabla], por Parra, C., & Crespo, A.]. *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos*. 2021. ResearchGate.

(https://www.researchgate.net/publication/344196736_Ingenieria_de_Mantenimiento_y_Fiabilidad_aplicada_en_la_Gestion_de_Activos_Segunda_Edicion_2015_Edita_INGEMAN_Espana_Capitulos_1_y_2).

Los factores a tener en cuenta a la hora de la jerarquización son los siguientes:

- Frecuencia de Falla (FF): Esta variable está relacionada a qué tanto ha fallado el componente o tiende a fallar a lo largo del tiempo. Normalmente en fallas por año.
- Impacto Operacional (IO): Esta va de la mano con cuanta capacidad de producción se pierde si el componente falla o presenta síntomas de falla. Este valor se da en porcentajes.
- Flexibilidad Operacional (FO): El rango de este parámetro varía en sí cuando el componente falla, se puede instalar inmediatamente el repuesto, si este se encuentra alojado en bodega o sí por el contrario, no existe un stock mínimo en esta.
- Costo de Mantenimiento (CM): Cuanto puede costar intervenir el equipo dañado y realizar las tareas de mantenimiento, sin tener en cuenta las pérdidas ocasionadas por las paradas de planta. Estos rangos se encuentran en dólares (USD), pero a continuación se establece un nuevo rango en pesos colombianos (COP) que se implementará en el desarrollo del análisis.
 - Entre 0 y \$250.000 corresponde el valor de “1”.
 - Entre \$250.000 y \$500.000 corresponde el valor “2”.
 - De \$500.000 en adelante corresponde el valor “4”.
- Impacto en Seguridad, Higiene y Medio Ambiente (SHA): Se refiere a si existe peligro en la seguridad e integridad física del operario, a la exposición a contaminantes que afecten el lugar de trabajo y el medio ambiente.
- Consecuencias (C): Este parámetro incluye los antes mencionados ponderándose como un valor numérico. Abarca todos los tipos de inferencias en la planta cuando se produce una falla.

- Criticidad (CTR): Último y más importante factor; agrupa todos los factores anteriores en un valor numérico que represente el grado de impacto que posee el equipo/sistema analizado.

Las fórmulas para evaluar la criticidad basada en los acrónimos de los parámetros son:

$$C = (IO \times FO) + CM + SHA$$

$$CTR = FF \times C$$

3.2.6. *Análisis AMEF y RCM*

Es una metodología de tipo semi cuantitativa que permite determinar mediante parámetros numéricos, una jerarquización de las posibles fallas funcionales de un equipo/componente. y decidir qué acciones se deben tomar de acuerdo a su ocurrencia, severidad y grado de detección

Entre los beneficios de una oportuna implementación se encuentran: (IsoTools, (2019))

- Identificar fallas o defectos antes que ocurran.
- Incrementar la confiabilidad de los productos/servicios.
- Documentar conocimientos sobre los procesos.

Existen tres tipos de AMEF: de sistema, de diseño y de proceso. Este será un AMEF de proceso, en él se revisan los procesos productivos de la planta para encontrar riesgos en la manufactura de productos. (Lean Solutions, (s.f.))

A continuación se muestra un ejemplo de un formato para la ejecución de este análisis, el cual posee similitudes en términos de sus apartados con el que se desea desarrollar.

Figura 12.

Ejemplo de formato AMEF.

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)															
AMFE DE PROYECTO <input type="checkbox"/>		AMFE DE PROCESO <input type="checkbox"/>		DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO			CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE			Hoja:					
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:				COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)			MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN			FECHA INICIO: FECHA REVISIÓN:					
OPERACIÓN O FUNCIÓN	FALLO N°	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL				ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE / PLAZO	SITUACIÓN DE MEJORA				
		MODOS DE FALLO	EFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G	D			IPR	ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D
Soldadura MIG	1.1	Falta soldadura	Retrabajos, ruidos, falta de rigidez	Defectos de acoplamiento	Ninguna	8	8	2	128	Previstos grupos y aprietes en zona MIG	Proceso Chapa / Anteproyecto				
	1.2			Pestañas fuera de geometría	Ninguna	8	8	2	128	Pestañas bien diseñadas para garantizar geometría	Proyectos / Anteproyecto				
	1.3	Soldadura defectuosa	Agujeros en chapa	Desacoplamiento chapas	Ninguna	8	8	2	128	Garantizar geometrías y acoplamientos	Proceso Chapa / Anteproyecto				
	1.4	Mala calidad de soldadura	Retrabajos, ruidos, grietas	Parámetros de soldadura incorrectos	Ninguna	2	9	8	144	Acceso restringido a los parámetros de máquina. Control periódico de los miamos.	Proceso Chapa / Anteproyecto				
	1.5	Proyecciones suciedad poros	Óxido, suciedad en bajos en pinturas	Falta de gas. Malos parámetros	Ninguna	6	8	7	336	Incorporar medios en la estación para eliminar suciedad.	Proceso Chapa / Anteproyecto				
	1.6	Deslumbramiento	Problemas de visión de los operarios	Ausencia de vallas oscuras	Ninguna	10	8	2	160	Colocar pantallas de protección en zonas de soldadura MIG	Proceso Chapa / Anteproyecto				
	1.7			Ausencia de puertas oscuras	Ninguna	10	8	2	160	Colocar puertas de protección para no deslumbrar	Proceso Chapa / Anteproyecto				
	1.8	Exceso de humos	Exposición a agentes químicos	Campanas de humos ubicadas muy alejadas de la zona de emanación del humo.	Ninguna	6	8	4	192	Colocar campanas de aspiración justo al lado de la fuente del humo.	Proceso Chapa / Anteproyecto				
	1.9	Exceso de fuego	Proyecciones	No hay protección	Ninguna	6	5	6	180	Caja de latón que protege chapa y la máquina, todo ello en sus partes vistas.	Proceso Chapa / Anteproyecto				

Nota. La figura muestra un ejemplo de un formato del análisis AMEF, con altas similitudes a lo que se desea desarrollar. Tomado de *Formato AMFE* [Figura], por Bestratén, M., Orriols, R., & Mata, C., NTP 679: Análisis modal de fallos y efecto AMFE, 2004, Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_679.pdf/3f2a81e3-531c-4daa-bfc2-2abd3aaba4ba).

Para la siguiente metodología se tuvo en cuenta la Norma SAE JA-1011/1012, “Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad” y “Una Guía para la Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)”. Tanto el procedimiento como sus etapas son fundamentadas en estas normas.

De esta manera, el formato se puede dividir en tres regiones que contengan las siete preguntas en las que se debe basar cualquier plan de mantenimiento centrado en confiabilidad y deben abarcar desde la función de los activos, pasando por las causas, efectos, consecuencias y el estado actual, hasta las “tareas proactivas” y “a falta de”. Ellas se enumeran a continuación:

- Análisis funcional: Allí se tienen en cuenta los parámetros funcionales de equipo, los posibles eventos funcionales en los que se puede presentar una falla, la manera en la que esta se desarrolla y evoluciona, y el tipo de avería presentada.

- Función (1): De qué manera interviene el equipo dentro del proceso de la materia prima.

- Falla funcional (2.1): Basándose en la función que desempeña el equipo, se responde a cómo puede perderse operativamente esa función.

- Análisis de fallas: En este apartado se analiza la falla evidenciada junto a sus causas, sus posibles efectos y consecuencias, los controles actuales para evitarla, así como el impacto de esta en el funcionamiento operativo, mediante el análisis jerárquico del NPR y sus parámetros.

- Tipo falla: Puede ser de tipo mecánico, eléctrico, falla del personal, falla en material, deficiencia en la actual ejecución de mantenimiento, edad del componente.

- Modos de falla (2.2): Las maneras en las que puede fallar un equipo dada su condición operativa y sus funciones. Cada uno puede deberse a diferentes causas, es decir, modos de falla pueden generar otros; esto se conoce como niveles de modos de falla.

- Causas de falla (3): Se desarrolla bajo la metodología de los “5 Porqués” o la llamada “Causa Raíz”. Estas se basan en ir al trasfondo de la falla planteada mediante preguntas, esto quiere decir que, la pregunta ¿Por qué? debe hacerse hasta considerar que se ha llegado a la causa raíz del fenómeno analizado. (Betancourt, 2018). Este análisis permite profundizar rápidamente en las razones reales de la falla presentada.

Los niveles de causalidad para este análisis se deben identificar hasta que se haga posible determinar una política de manejo de la falla (SAE JA1011, sección 5.3.3. 1999). Por esto mismo, este nivel variará para los diferentes modos de falla, algunos modos de falla se deben identificar hasta un nivel 3, otros hasta un nivel 5, y el resto a otros niveles. (SAE JA1012, 2002. p. 19)

Figura 13.

Ejemplo de Metodología 5 Porqués.

PROBLEMA A ESTUDIAR	W1	W2	W3	W4	W5	Resultado del Análisis	
¿Por qué no escribe el bolígrafo?	Porque no tiene tinta	¿Y por qué no hay?: Porque no se ha repuesto	¿Y por qué no hay repuesto?: Porque nadie revisa el nivel			Incluir estándar de inspección	
	Porque la tinta está seca	¿Y por qué está seca?: Porque la temperatura es elevada	¿Y por qué es elevada?: Porque se deja junto a una estufa	¿Y por qué se deja junto a una estufa?: Porque no hay otro sitio donde dejarlo	¿Y por qué no hay otro sitio?: Porque no hay portabolígrafo	Instalar un portabolígrafo	
		¿Y por qué está seca?: Porque el bolígrafo se deja abierto	¿Y por qué se deja abierto?: Porque no existe especificación que indique su cierre			No influye que se quede abierto	
	Porque su punta está chafada				¿Y por qué se cae?: Porque se cae de la mano de quien escribe		No ocurre
			¿Y por qué esta chafada?: Porque el bolígrafo se ha golpeado	¿Y por qué está golpeado?: Porque el bolígrafo se cae constantemente al suelo			
					¿Y por qué se cae?: Porque se resbala de la mesa	¿Y por qué se resbala?: Porque hay pendiente	Eliminar la pendiente de la mesa

Nota. La figura muestra por columnas las diferentes preguntas necesarias para llegar a la causa raíz. Tomado de *Ejemplo 5 porqués* [Figura], por 5 Porqués; Análisis de la causa raíz de los problemas, 2015, Progressa Lean. (<https://www.progressalean.com/5-porques-analisis-de-la-causa-raiz-de-los-problemas/>).

Figura 14.

Ejemplo de Metodología Causa Raíz.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7
Falla el conjunto de la bomba	Falla de la bomba	Falla del impulsor	Tuerca del impulsor suelta	Montaje de la tuerca desecho	Tuerca apretada incorrectamente	Error de ensamblaje
				Montaje de la tuerca desgastado	Tuerca erosionada/corroida	Especificación errónea del material Suministro erróneo del material
				Tuerca del impulsor fracturada	Apriete excesivo de la tuerca del impulsor	Error de ensamblaje
					Tuerca fabricada con un material erróneo	Especificación errónea del material Suministro erróneo del material
				Cizallas en la chaveta del impulsor	Especificación errónea del acero de la chaveta	Error de diseño
					Suministro erróneo del acero de la chaveta	Error de procura Error de almacenamiento de la tienda Error de requisición
			Objeto rompe el impulsor	Parte en el sistema después del mantenimiento	Error de ensamblaje	Ver (error humano)
				Objeto extraño entra al sistema	Filtro de succión no instalado Filtro agujereado por la corrosión	Error de ensamblaje
		Ruptura de la carcaza	Pernos de la carcaza sueltos	Poco apriete de los pernos de la carcaza	Error de ensamblaje	Ver (error humano)
				Pernos sueltos por la vibración		
				Pernos de la carcaza corroidos		
				Falla de los pernos debido a la fatiga		
			Falla de la junta de la carcaza	Juntas ajustadas incorrectamente	Error de ensamblaje	Ver (error humano)
				Falla de las juntas debido al roce		
			Rotura de la carcaza	Carcaza rota por vehículo	Error de operación	Ver (error humano)
				Rotura por objeto desde el cielo	Carcaza golpeada por un meteorito Carcaza golpeada por una parte de avión	
		Falla del sello de la bomba	Rasgadura o desgaste normal	Desgaste del sello		
			Bomba trabaja en seco	Ver "fallas de suministro de agua" debajo		
			Sello desalineado	Error de ensamblaje	Ver (error humano)	
			Caras del sello secas	Error de ensamblaje	Ver (error humano)	
			Sello mal ajustado	Suministro erróneo del sello	Error de procura Error de almacenamiento de la tienda	Ver (error humano) Ver (error humano)
				Especificación errónea del sello	Error de diseño	Ver (error humano)
			Sello instalado dañado	Sello de la bomba se cayó en la tienda	Error de almacenamiento de la tienda	Ver (error humano)
				Sello de la bomba dañado durante el transporte	Error de procura	Ver (error humano)
	Falla del motor	Etc.				
	Falla de la línea de succión	Etc.				
	Válvula cerrada	Etc.				
	Falla de energía	Etc.				

Nota. Ejemplo de falla mecánico junto a sus diferentes niveles de detalle. Tomado de *Modos de falla en diferentes niveles de detalle* [Figura], por Prácticas recomendadas para Vehículos Aeroespaciales y de Superficie; Una guía para la norma de mantenimiento centrado en confiabilidad , 2002, SAE International. (https://www.academia.edu/43957653/PR%C3%81CTICAS_JA1012_RECOMENDADAS_AEROESPACIALES_Y_DE_SUPERFICIE).

- Efectos (4): Los impactos en el proceso y en el cliente cuando se materializa la falla.
- Consecuencias (5): Califica y cuantifica la severidad de los efectos que se pueden presentar:
 - Propuesta de mejora: En esta región del formato, se establecen actividades destinadas a controlar y tratar las posibles fallas. Gracias a la criticidad obtenida, se priorizan las que representan un impacto mayor y se determina la frecuencia de las tareas; preventivas por inspección o recambio.
- Acciones proactivas (6): Estas involucran todas aquellas tareas preventivas en pro de una reducción en la presencia de fallas. Abarcan desde inspecciones hasta recambios programados.
- Acciones a falta de (7). Se busca optimizar y volver eficiente la gestión actual, aquí se enuncian los aspectos que se pueden mejorar y perfeccionar. Además, puede abarcar la búsqueda del origen de la falla una vez ocurre, rediseños e intenciones de implementar un mantenimiento correctivo o “Run To Failure”.

Este análisis concluye con la clasificación de los modos de falla en un formato que contenga espacios destinados a registrar los parámetros cuantitativos del análisis, seguido de las tareas y su frecuencia junto a las acciones recomendadas y la situación de mejora luego de su implementación.

Los parámetros y sus ponderaciones fueron extraídas de la misma fuente por lo que se procede a citarse una vez, estos son:

- Severidad: Trata sobre el nivel de consecuencias que acarrea la aparición de la falla. Entre más consecuencias y a más campos en la planta afecte la falla, el grado de severidad será mayor.

Tabla 5.*Valores asignados a la Severidad.*

Ranking	Efecto	Criterio: Severidad
10	Peligroso: Sin Aviso	Puede poner en peligro al operador. La falla afecta la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá SIN AVISO .
9	Peligroso: Con Aviso	Puede poner en peligro al operador. La falla afecta la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá CON AVISO .
8	Muy alto	Interrupción mayor en la línea de producción. 100% del producto probablemente sea desechado. Ítem inoperable, pérdida de su función primaria. Cliente muy insatisfecho.
7	Alto	Interrupción menor en la línea de producción. Una porción (menor al 100%) probablemente sea desechado. Ítem operable a un nivel reducido de rendimiento. Cliente insatisfecho.
6	Moderado	Interrupción menor en la línea de producción. Una porción (menor al 100%) probablemente sea desechado. Algunos ítems operan a un nivel reducido de rendimiento. Cliente experimenta incomodidad.
5	Bajo	Interrupción menor en la línea de producción. 100% del producto probablemente sea retrabajado. Ítem operable, algunos a un nivel reducido de rendimiento. Cliente experimenta alguna insatisfacción.
4	Muy Bajo	Interrupción menor en la línea de producción. Una porción del producto probablemente sea retrabajada. Defecto percibido por la mayoría de los clientes.
3	Pequeño	Interrupción menor en la línea de producción. Una porción del producto probablemente sea retrabajada por fuera de la línea de trabajo. Defecto percibido por el cliente promedio.
2	Muy Pequeño	Interrupción menor en la línea de producción. Defecto percibido por los clientes más expertos.
1	Ninguno	Ningún efecto.

Nota. Tomado y Adaptado de *Grados de Severidad* [Tabla], por AMEF Análisis de Modo y Efecto de Falla, Sin fecha,

Lean Solutions.([- **Ocurrencia:** Este parámetro consiste en evaluar cuantitativamente la frecuencia de falla.](https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/#:~:text=AMEF%20de%20proceso%20(P%2DAMEF),%E2%80%A2&text=Se%20usa%20para%20analizar%20los,con%20las%20expectativas%20del%20cliente.&text=Los%20Modos%20de%20Falla%20pueden,en%20el%20AMEF%20de%20Dise%C3%B1o.&text=Eval%C3%BAa%20cada%20paso%20del%20proceso%20(producci%C3%B3n%20o%20servicio))).</p>
</div>
<div data-bbox=)

Entre más alta sea la rata de la falla, mayor será su ocurrencia.

Tabla 6.*Valores asignados a la Ocurrencia.*

Ranking	Frecuencia	Criterio: Ocurrencia
10	1 en 2	Muy alta
9	1 en 3	Falla es casi inevitable
8	1 en 8	Alta: Generalmente asociada con procesos similares a procesos previos...
7	1 en 20	...que han fallado frecuentemente.
6	1 en 80	Moderada: Generalmente asociados con procesos similares a procesos...
5	1 en 400	...previos que han experimentado fallas ocasionales, pero no en...
4	1 en 2,000	...proporciones significativas.
3	1 en 15,000	Baja: Fallas aisladas con procesos similares.
2	1 en 150,000	Muy Baja: Solo fallas aisladas con procesos casi idénticos.
1	1 en 1,500,000	Remota: Falla es improbable. Fallas nunca asociadas con procesos idénticos.

- **Detección:** Este ítem evalúa que tan detectable es la falla. Entre más difícil sea detectar la falla, su valor será el más grande.

Tabla 7.*Valores asignados a la Detección.*

Ranking	Frecuencia	Criterio: Detección
10	Casi Imposible	Prueba detecta < 80% de fallas.
9	Muy Remota	Prueba debe detectar el 80% de fallas.
8	Remota	Prueba debe detectar 82.5 % de fallas.
7	Muy Baja	Prueba debe detectar 85 % de fallas.
6	Baja	Prueba debe detectar 87.5 % de fallas.
5	Moderada	Prueba debe detectar 90 % de fallas.
4	Altamente Moderada	Prueba debe detectar 92.5 % de fallas.
3	Alta	Prueba debe detectar 95 % de fallas.
2	Muy Alta	Prueba debe detectar 97.5 % de fallas.
1	Casi Seguro	Prueba debe detectar 99.5 % de fallas.

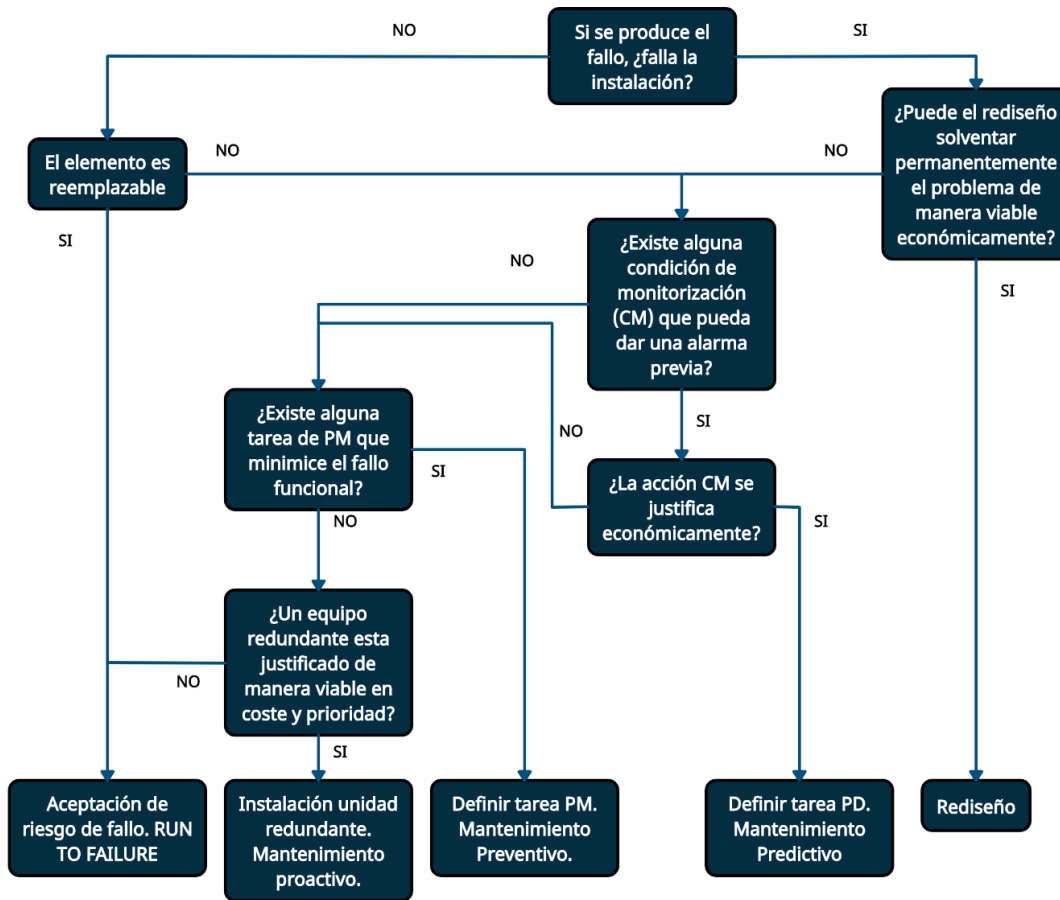
- **Número Prioritario de Riesgo (NPR):** Representa cuantitativamente el impacto global y el riesgo de la presencia de la falla, teniendo en cuenta los tres parámetros antes mencionados.

$$\text{Severidad} \times \text{Ocurrencia} \times \text{Detección} = \text{Número Prioritario de Riesgo}$$

Por otro lado, la determinación de tareas se hace vital al momento de analizar el impacto operacional de los modos de falla. Aguilar, Torres y Magaña (2010) señalan que el proceso de selección de tareas depende directamente de las consecuencias que acarrear las fallas.

Figura 15.

Flujograma de Decisión de Tareas.



Nota. Tomado y Adaptado de *RCM logic tree* [Figura], por Chalifoux, A., & Baird, J. , 1999, Reliability Centered Maintenance (RCM) Guide, (https://books.google.com.co/books?id=6o_O5on0hBoC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).

Así mismo, según los principios de RCM en la norma SAE JA1011, se clasifican en cuatro (4) categorías las actividades de mantenimiento a implementar (SAE Internacional, 1999).

- Run To Failure o Correr a la Falla: Se implementa de manera consciente luego de analizar los costos en desarrollar actividades preventivas o predictivas frente a la incidencia de la falla.

- Calendar-based Maintenance o Mantenimiento basado en intervalos de tiempo: La fecha de sus intervenciones son preestablecidas en base a su última fecha de mantenimiento.
- Condition Monitoring (CM) o Mantenimiento basado en condición: Se basa en inspecciones y tareas predictivas, fundamental para determinar cuándo se requiere intervenir. Contiene análisis de termografía, monitoreo de lubricación, vibraciones, ultrasonido y eléctricas.
- Proactive Maintenance o Mantenimiento Proactivo: Se basa en mejorar la actual-futura gestión de mantenimiento basada en los errores presentados en el pasado. Incluye análisis de modo y efectos de falla, análisis profundos del porqué de las fallas, mejoras de especificaciones técnicas y operativas de equipos, así como precisión en la reconstrucción o remanufacturación.

Ahora bien, para entender un poco mejor su clasificación, los activos se pueden discriminar de acuerdo al tamaño de sus componentes y criticidad, al patron y frecuencia de falla, así como su susceptibilidad al desgaste. La figura 16 fue tomada y traducida de un documento realizado y publicado por la National Aeronautics and Space Administration; NASA.

Figura 16.

Tipos y Aplicaciones de RCM.



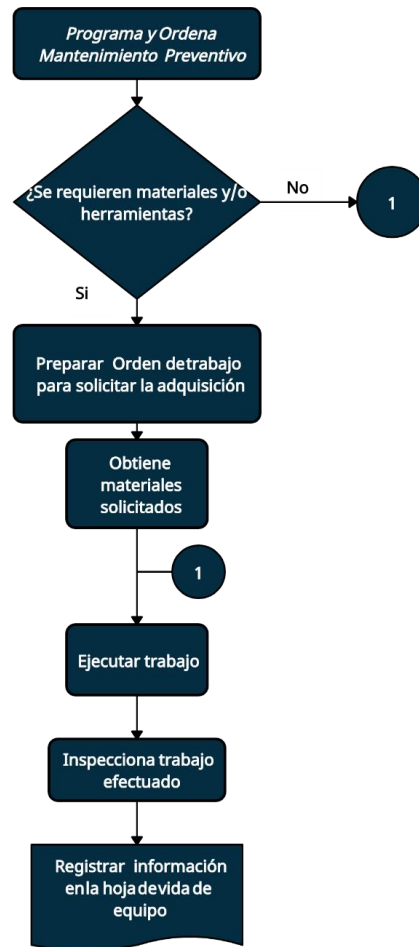
Nota. Tomado y Adaptado de *Components of an RCM program* [Figura], por RCM GUIDE; Reliability-Centered Maintenance Guide, 2008, National Aeronautics and Space Administration (https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/nasa_rcmguide.pdf).

A lo largo del desarrollo de esta metodología, se detallarán todos y cada uno de los parámetros mencionados para entender el procedimiento de llenado del formato propuesto y así, dar claridad acerca del modelo conceptual detrás de este análisis.

Al mismo tiempo, para llevar a cabo el mantenimiento preventivo se debe estandarizar el procedimiento de las tareas para evitar confusiones. Los pasos son expuestos en el siguiente flujograma, este fue basado en uno ya existente en el que se realizaron ciertas modificaciones.

Figura 17.

Flujograma Mantenimiento Preventivo.



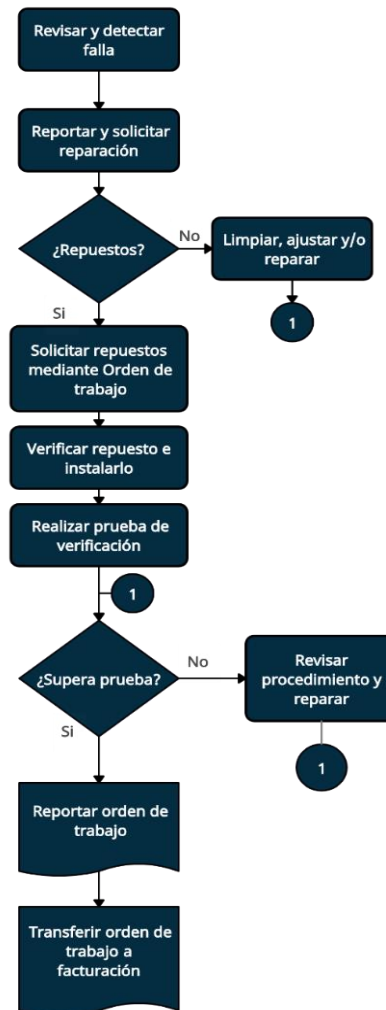
Nota. Tomado y Adaptado de *Flujograma para la ejecución del mantenimiento Preventivo* [Figura], por Marsili, L. , 2012, Diseño sistema integral de mantenimiento, Transbolívar C.A., Monografías. (<https://www.monografias.com/trabajos103/disenio-sistema-integral-mantenimiento-transbolivar/disenio-sistema-integral-mantenimiento-transbolivar2.shtml>).

En este caso, lo primero es determinar si se requieren insumos que no se poseen para realizar el recambio, una vez preparada la orden de trabajo en el caso que la respuesta sea positiva, se realiza el trabajo requerido. Por último, se inspecciona el buen funcionamiento del equipo y se prosigue al registro en la hoja de vida del equipo. Este diagrama de flujo permite realizar las tareas de manera organizada y eficiente, ya que por no ser programada los tiempos operativos apremian.

Además, para reparaciones correctivas es necesario estandarizar los pasos a seguir.

Figura 18.

Flujograma Mantenimiento Correctivo.



Nota. Tomado y Adaptado de *Flujograma proceso mantenimiento correctivo de equipos* [Figura], por Galvis, J., Rodríguez, A., & Rodríguez, W., 2012, Proyecto Pedagógico Orientador PPI. (<http://proyectopedagogicoorientador.blogspot.com/2012/05/flujograma-proceso-mantenimiento.html>).

Una vez encontrada la falla, se determina si es necesario un recambio de piezas. Se realiza el trabajo y se verifica mediante una prueba que consiste en revisar el óptimo montaje de la pieza y su funcionamiento mientras el equipo vuelve a operar. Una vez hecha la comprobación, se reporta la orden de trabajo y se transfiere a facturación para el control de los gastos por reparaciones.

Ahora bien, durante la implementación de RCM hay que entender una serie de elementos conceptuales. El mantenimiento sólo puede asegurar la entrega de la capacidad inherente de cualquier elemento, no puede aumentarla, ya que no se puede lograr mayor confiabilidad que la diseñada al interior de los equipos por sus diseñadores. Cada combinación de componentes es única y las fallas en un componente pueden conducir a fallas en otros. (Pérez, J. s.f. p.8. Traducido y Adaptado de John Moubrey, “RCM”. (1997))

3.2.7. Indicadores de Gestión

Para que un plan de mantenimiento se considere efectivo y trascendente, es necesario poseer el registro de parámetros referentes a tiempos operativos de la planta. Para ello, se emplean una serie de expresiones cuantitativas que muestran el comportamiento de la planta en distintas áreas; se les conoce como Indicadores.

El principal beneficio es que se pueden identificar áreas con bajo rendimiento y adoptar rápidamente medidas y estrategias para revertir la situación. Entre sus beneficios: (Tarazona, 2020)

- Una reducción de costes.
- Una reducción de tasa de fallas y averías.
- Una reducción del tiempo de inactividad de los empleados.
- Una ejecución del trabajo más efectiva.

Estos se obtienen gracias a una serie de datos extraídos de la propia planta mediante formatos y/o formularios cada que se presenten intervenciones, paradas de planta, inspecciones o recambio

3.2.7.2. Mean Time To Repair (MTTR). Tiempo promedio para reparar, relaciona la cantidad de horas promedio en realizar las reparaciones pertinentes. La Mantenibilidad es un factor determinante, ya que entre más sencillo sea reparar, sustituir, lubricar, inspeccionar, más eficiente serán las tareas. Para calcularlo se debe conocer el número de averías en un intervalo de tiempo y el número de horas empleadas exclusivamente en reparar el(los) equipo(s). La unidad es en horas.

$$MTTR = \frac{\text{Horas empleadas en reparar}}{\text{Nro de averías}}$$

3.2.7.3. Mean Time To Failure (MTTF). Tiempo promedio para fallar, es la diferencia entre el MTBF y MTTR. Este representa el tiempo operativo promedio del(los) equipo(s).

$$MTTF = MTBF - MDT$$

3.2.7.4. Mean Down Time (MDT). Tiempo promedio de inactividad, es el promedio de horas en un periodo de tiempo en el que el equipo/componente se encuentra fuera de servicio. Esta toma el tiempo desde que ocurre la falla hasta que se realiza la puesta a punto y se vuelve a operar.

$$MDT = (TFS *) + MTTR$$

*TFS: Tiempo Fuera de Servicio.

3.2.7.5. Disponibilidad (D). Disponibilidad, es uno que relaciona los antes mencionados y revela en términos de porcentajes; cuantas horas del total estimado de producción se encuentra en funcionamiento operativo óptimo. Este cálculo no tiene en cuenta las paradas programadas, pero si las averías, las puestas a punto y ajustes a los equipos/componentes.

$$D = \frac{\text{Tiempo de operación (h)}}{\text{Tiempo programado(h)} + \text{Tiempo indisponible (h)}}$$

3.2.7.6. Rendimiento (R). Representa en términos porcentuales el desempeño de producción de la planta. Se requiere conocer la capacidad productiva de esta y la producción real teniendo en cuenta micro paradas y velocidades reducidas de producción.

$$R = \frac{\textit{Producción prevista}}{\textit{Producción en tiempo de operación}}$$

3.2.7.7. Calidad (C). Este indica la relación entre la producción real y la que fue desperdiciada por defectos en la misma o retrabajos. Estos defectos son en términos de producir productos fuera de la especificación requerida. Se expresa en porcentajes.

$$C = \frac{\textit{Producción real}}{\textit{Producción prevista}}$$

3.2.7.8. Overall Equipment Effectiveness (OEE). Eficiencia Global de los Equipos, este relaciona la Disponibilidad (D), Rendimiento (R) y Calidad (C) y muestra la eficiencia global de los procesos productivos. Es la mejor medida para optimizar los procesos y conocer las áreas más débiles en términos globales de la planta. De igual manera, es expresado en porcentajes.

$$OEE = D \times R \times C$$

3.2.8. Hojas de Vida de Equipos

Estos documentos contienen toda la información relevante referente al mantenimiento de cada uno de los equipos. Existe uno por equipo y se caracterizan por recopilar la siguiente información:

- Sistema al que pertenecen dentro de la planta.
- Nombre y código del equipo.
- Todo el historial de intervenciones realizadas en el equipo, donde de cada una se especifique el tipo de trabajo, tipo de mantenimiento, tiempo fuera de servicio, tiempos de ejecución y materiales utilizados, entre otros.

Adicionalmente, este documento permite evaluar la frecuencia e incidencia de las fallas en el equipo, brindar un preámbulo de los posibles campos de acción para solucionar dichas averías y finalmente, como fuente de información al momento de dar soporte de las decisiones a tomar.

3.2.9. Ordenes de Trabajo de Mantenimiento

Este es un instrumento dedicado a registrar todas y cada una de las solicitudes de compra de materiales, repuestos, herramientas e incluso, subcontrataciones para un trabajo específico de mantenimiento. Esta orden es solicitada por el personal de mantenimiento y dirigida al departamento de tesorería; encargado de aceptar y gestionar cobros de la entidad.

Este formato debe poseer los siguientes apartados:

- Fecha y responsable de la solicitud.
- Código y nombre del equipo.
- Tipo de trabajo solicitado y ejecutado.
- Tiempos empleados en la ejecución.
- Componentes y personal requerido.

3.2.10. Cronogramas de Mantenimiento

Representa un documento que compila todos los equipos de mayor impacto junto a sus actividades preventivas como: Inspecciones, Recambio de componentes y su frecuencia. Este formato es resultado de etapas anteriores como el análisis de criticidad y el análisis de modo y efecto de falla, ya que estos recopilan toda la información acerca de los equipos con mayor incidencia en el proceso productivo y sus posibles formas de fallar. Entre sus ventajas:

- Reúne en un sólo documento las actividades preventivas a desarrollar y su periodicidad.
- Gráficamente es un documento muy intuitivo.

- Logra establecer un plan de mantenimiento basado en prioridades, gracias a que tanto los equipos allí mostrados y su conjunto de tareas son previamente analizadas cuantitativamente.

Ahora bien, la base de cualquier plan de mantenimiento son las tareas a desarrollar. Estas pueden ser de tres tipos: (García, S. (s.f.-b)

- Actividades rutinarias que se realizan a diario.
- Actividades programadas a lo largo del año.
- Actividades que se realizan durante las paradas programadas.

En empresas donde no se conoce estadísticamente los tiempos operativos de los equipos, es vital establecer las periodicidades en base a la experiencia de los operarios.

3.2.11. Fichas de Inspecciones

Este formato incluye las actividades preventivas por inspección, es decir, las tareas rutinarias y las intrínsecas en las paradas programadas. Al igual que el cronograma, este debe poseer el listado de equipos, las tareas de inspección a desarrollar y su frecuencia. Este cuenta con espacios destinados a llenarse cuando la tarea haya sido completada para llevar un registro del estado de los componentes de los equipos y sobre sí la inspección presentó anomalías en su desarrollo.

3.2.12. Fichas Técnicas

Una ficha técnica contiene toda la información operativa del equipo, representa uno de los formatos de mayor relevancia en la gestión de información de un plan de mantenimiento. Este formato contiene información de tipo técnica y operativa como la siguiente:

- Sistema al que pertenecen y ubicación dentro de la planta.
- Datos del fabricante y de adquisición.
- Componentes y características físicas del equipo.
- Funciones primarias y secundaria junto a sus parámetros operativos.

- Modelo y marca del equipo.
- Observaciones relacionadas al mantenimiento de la máquina.

Hace parte de las primeras etapas del desarrollo de un plan de mantenimiento, ya que se documentan aspectos técnicos indispensables para establecer rangos operativos confiables, y así llevar un control cada que se opere o revise el equipo.

3.2.13. Mejora Continua

Hoy en día, con tan alta competitividad es vital retroalimentar todos los procesos de la empresa. Así, un proceso de mejora continua en un plan de mantenimiento busca generar beneficios de manera progresiva en reducción de costos y una optimización de la productividad.

Un ciclo PHVA; Planear, Hacer, Verificar y Actuar, ejemplifica las etapas de un proceso de mejora continua con una retroalimentación eficiente, estos son sus conceptos: (IsoTools, (2015))

- Planear: Se establecen objetivos, se identifican los procesos de la organización y se determinan los parámetros de medición.
- Hacer: Se ejecutan las acciones necesarias para lograr las mejoras planteadas. Con el fin de poder corregir posibles errores en la ejecución y lograr una mayor eficacia, se implementa un plan piloto dirigido hacia los activos más críticos.
- Verificar: Se establece un periodo de prueba para medir la efectividad de los procesos y actividades planificadas. Es una fase de regulación y ajuste.
- Actuar: Se realizan las modificaciones necesarias, se determinan los campos de acción y se seleccionan las oportunidades de mejora.

Su principal característica es que este se reinicia una y otra vez de manera periódica, así cada ciclo terminado, sirve de aprendizaje en cada paso desarrollado, mediante análisis de indicadores, logros obtenidos y programas de mejora ya implementados.

4. Metodología

En esta etapa se estructura el paso a paso que permite desarrollar el proyecto de forma secuencial, por lo tanto, se describen los métodos a implementar para lograr cada uno de los objetivos específicos propuestos.

4.1. Caracterización del Contexto

El presente proyecto se enmarca en el ámbito de las buenas prácticas de mantenimiento, las cuales se llevarán a cabo durante su desarrollo mediante análisis profundos, recopilación de información, implementación de quehaceres destinados a la proactividad y una prolongación de las actividades a las que se llegó con el concluir del proyecto, teniendo como principal recurso la propia capacidad intelectual, conocimientos adquiridos en la academia y posibles asesorías con personas idóneas en el campo.

El planteamiento surge a raíz de la necesidad de un plan de contingencia en una empresa tan relevante para el sector alimentario, con tan alta demanda de producción y tan poco margen de error en sus plantas. Los gastos imprevistos en reparaciones y en pérdidas de materia prima, poseen una connotación de ser eventos completamente innecesarios debido a la ausencia de un plan de mantenimiento previsto.

4.2. Tipo de Investigación

Este proyecto de práctica empresarial está enfocado en desarrollar e implementar un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad y disponibilidad en una empresa en el sector harinero colombiano, por ende, se tiene como finalidad inhibir la aparición de fallas y facilitar la detección de estas, además de evitar paradas imprevistas mediante inspecciones, intervenciones y la interpretación de indicadores. Es una investigación de tipo aplicada y cuantitativa.

4.3.Desarrollo de Objetivos

4.3.1. *Caracterización de Actual Gestión*

Para iniciar de la manera más propicia se requiere definir como se ha abordado el mantenimiento desde que la planta existe, quienes han sido los encargados y que indicadores de producción se han desarrollado. Para ello:

- Se realiza una auditoria con los responsables de mantenimiento que puedan abastecer de información al proyecto.

Toda esta información se anexará y será el primer paso para iniciar, ya que se conocerá en qué punto se encuentra la planta, las necesidades a suplir y los responsables de su implementación. Con esta información se da comienzo a la gestión propia del proyecto, ya que su caracterización estará completada.

4.3.2. *Priorización de Activos*

- Con la codificación realizada se procede a desarrollar un análisis de criticidad desde lo general hacia lo particular, es decir, desde los sistemas hacia los subsistemas y finalmente dirigido a los equipos.

El resultado obtenido mostrará de manera gráfica los equipos de mayor criticidad, los medianamente críticos y los no críticos. De esta manera, para próximas etapas se seleccionan los equipos más críticos teniendo en cuenta la frecuencia de falla y sus consecuencias.

4.3.3. *Análisis de Modo y Efecto de Falla*

En caso de requerir información de fallas ocurridas, se solicitará, sino se proseguirá con el análisis teniendo en cuenta factores lógicos de fallas y de posibles ocurrencias.

- Se llevará a cabo una metodología para determinar las posibles fallas y causas de estas en las que se ven involucrados los equipos seleccionados. Este análisis será mediante el método AMEF y los “5 Porqués”.

4.3.4. *Desarrollo, Implementación y Seguimiento de RCM*

Una vez desarrolladas todas las metodologías implicadas en el desarrollo de la nueva gestión, ejecutan diferentes acciones en pro de la confiabilidad de los activos mediante tareas de mantenimiento, rutinas de inspecciones y la implementación de una disciplina hacia la limpieza.

- Para ello, se crea un cronograma de los equipos con mayor impacto y con los modos de falla que acarrearán las consecuencias más graves, donde se especifique el tipo de tarea y la frecuencia de esta. Además, se crean fichas de inspecciones destinadas a poseer un orden y registro de cada una de las actividades a desarrollar.

- Para llevar un control, se establece la implementación de una serie de indicadores de mantenimiento que servirán para evaluar la nueva gestión de manera cuantitativa.

- Adicionalmente, se crea un formato de ficha técnica donde se reunirá toda la información referente a cada uno de los equipos de mayor impacto en la planta. Para ello, se solicitará información técnica y operativa de los equipos.

- Por último se hará entrega de formatos de hojas de vida, ordenes de trabajo y fichas de inspecciones con el fin de llevar un control exhaustivo de todas las intervenciones.

5. Actual Gestión de Mantenimiento

Por medio de esta primera fase se busca conocer, luego de un sondeo riguroso de la actual gestión, en qué situación se encuentra el departamento de mantenimiento con respecto a la planta

de producción y de esta manera, promover controles orientados hacia una mejora continua y una optimización sobre el manejo de la información y los procedimientos llevados a cabo a lo largo de las intervenciones y todo el manejo que hay detrás de esto, como el manejo del stock de repuestos, organigramas, elaboración e implementación del plan de mantenimiento actual.

En esta primera etapa se realizaron dos tipos de Auditorias, una de tipo cualitativa y otra semi cuantitativa. La primera se desarrolló a modo de entrevista de manera presencial por medio de una serie de reuniones con los encargados de mantenimiento en la empresa. La segunda se realizó siguiendo lineamientos normalizados dando respuesta; de tipo numérica por medio de rangos establecidos, a preguntas sobre temas específicos y relevantes que hacen parte de una gestión acertada y eficiente. Posteriormente, estos valores ponderados se compararon con criterios numéricos a manera de clasificar numéricamente la actual situación de la planta de producción.

5.1. Tipo Cualitativa

La auditoría que se implementó inicialmente en la empresa fue de tipo Técnica cualitativa; basada en determinar el estado actual de una instalación. Esta se realizó de manera presencial al visitar las instalaciones y solicitar información al personal pertinente, cabe resaltar que la recopilación de la información se realizó durante las dos primeras semanas de iniciado el proyecto.

Gracias a la información brindada por operarios y el jefe de la planta; José Flórez, se logró detallar el cómo se lleva a cabo el mantenimiento en la planta de Bucaramanga. En esta reunión se tocaron varios puntos considerados importantes en la consecución eficiente de un plan de mantenimiento y se realizó una valoración propia de estos ítems mediante la tabla 8.

Tabla 8.*Gestión Actual de Mantenimiento.*

Ítem	Gestión Actual	Valoración propia
Jerarquización y fallas probables de equipos de alto impacto	Históricamente nunca se ha propuesto una jerarquización ni análisis de causas de falla de los equipos de la planta.	La ausencia de estos pasos en la consecución de un plan de mantenimiento genera desorden en las intervenciones, recursos destinados a eventos no planificados y la no importancia a síntomas de falla de equipos relevantes.
Información Técnica de equipos	No se cuenta con información técnica detallada ni organizada de ningún equipo de la planta.	Falta de información acerca de los fabricantes, la fecha de adquisición, el ciclo de vida, los parámetros técnicos y rangos de operación propician desinformación al operar los equipos causando el deterioro de las funciones principales de estos.
Cronograma de Mantenimiento y paradas de planta	Las intervenciones de tipo preventivo se manejan de manera periódica según criterio del jefe de la planta.	El hecho de no tener normalizado el proceso de las intervenciones, no poseer con cronogramas de las intervenciones, manejar a manera de memoria y criterio del jefe de la planta las tareas de mantenimiento; genera a largo plazo un olvido del histórico y de las futuras intervenciones preventivas importantes.
	No se posee un actual cronograma de las tareas de mantenimiento requeridas.	La manera en la que se manejan las paradas sean imprevistas o no, es relevante para tener claro los motivos de falla y actuar sobre ellos. Igualmente tener claro los gastos que se generaron y los tiempos empleados para tratar temas relacionados de productividad.
	La gran mayoría de intervenciones son de tipo correctivo al presentarse una falla o síntomas de falla.	
	No se lleva un registro de las intervenciones en la planta. Este se tiene a manera de memoria por el jefe de la planta.	
Indicadores Mantenimiento	No se cuenta con un registro de indicadores.	El registro de indicadores en una planta con gran demanda de producción es relevante para llevar un control eficiente de los tiempos operativos. Las medidas tomadas en la planta para controlar la evolución de los indicadores afectan directamente la productividad de la planta.

Continuación de la tabla 8.

Ítem	Gestión Actual	Valoración propia
Indicadores Mantenimiento	No existen formatos para la recolección de la data de intervenciones. Los históricos de falla son recordados a manera de memoria por el jefe de la planta.	
Repuestos	No se lleva un control robusto para determinar qué repuestos de qué equipos son los que se deben tener en la bodega listos para instalar.	Poseer un stock mínimo de repuestos es importante para tratar las fallas imprevistas de la mejor manera y no perder tiempo en su adquisición e instalación. Además de destinar dinero que era para otros fines en la compra afanada de equipos.
Higiene en la planta	Actualmente en la planta se requiere un barrido continuo para limpiar los pisos de material granulado y procesado, ya que existen fugas y mal sellado en líneas de transporte y equipos.	La limpieza e higiene en una planta destinada a procesar productos alimenticios es fundamental para asegurar el cumplimiento de normativas de calidad y los valores nutricionales requeridos. Esto se traduce en desperdicio de materia prima, pérdida de productividad e ineficiencia en la planta.

Se observa un gran margen de mejora en la manera en la que se gestionan las intervenciones, por medio de una mejor organización y control de las actividades referentes al mantenimiento.

Aquí nace la necesidad del desarrollo del proyecto; propiciar y perfeccionar el manejo actual por medio de análisis técnicos y operativos basados en criterios de ingeniería en toda la planta, para posteriormente llevar un registro normalizado de las labores e intervenciones de mantenimiento por medio de formatos y cronogramas. Además, de jerarquizar los equipos de más alto impacto junto a sus posibles modos de falla y la recolección de toda su información técnica.

Esta primera etapa es de las más importantes ya que se logra detectar los aspectos que no se gestionan adecuadamente y proponer así, una acción de mejora en los puntos más susceptibles.

El análisis cualitativo es relevante para conocer grosso modo que manejo se la da al mantenimiento en la planta de producción, sin embargo, es indispensable jerarquizar el estado de

manera numérica y poseer un análisis más aterrizado sobre este.

5.2. Tipo Semi Cuantitativa

A continuación, se desarrolla un análisis semicuantitativo basado en preguntas específicas sobre áreas determinadas que caracterizan a un modelo eficiente de mantenimiento. Estas preguntas son respondidas por medio de criterios numéricos establecidos, teniendo en cuenta el cumplimiento que se le da a ese ítem en particular en la empresa. Todo esto para jerarquizar el estado actual de manera numérica y determinar qué tan cerca o lejos está de un modelo ideal según criterios establecidos, para finalmente poseer un concepto más acertado sobre la actual gestión.

Esta se realizó luego de haber completado las entrevistas pertinentes con los responsables del mantenimiento y se respondió en conjunto con el jefe de la planta.

Las siguientes tablas con información de los criterios, rangos y distintas preguntas hacen parte de la misma referencia bibliográfica, por lo que se procede a citar una sola vez en la primera tabla.

Los criterios a tener en cuenta al momento de responder las respectivas preguntas son:

Tabla 9.

Criterios Auditoria Cuantitativa.

Criterios	Definición
1	Cumple en muy pequeña medida (por debajo del promedio)
2	Cumple en cierta medida (promedio)
3	Cumple en buena medida (por encima del promedio)

Nota. Tomado y Adaptado de *Standards* [Tabla], por Maintenance Effectiveness Survey, 1999, Marshall Institute, Inc. (<https://docplayer.net/36998492-Maintenance-effectiveness-survey.html>).

Luego de evaluar la gestión, el resultado final es categorizado según las respuestas obtenidas.

Tabla 10.*Rangos y Categoría de resultados.*

Rangos	Categoría
160-180	Clase Mundial/ Nivel de excelencia en mantenimiento
140-159	Muy buena/ Nivel de buenas prácticas en mantenimiento
120-139	Por arriba del nivel promedio/ Nivel aceptable en mantenimiento
110-119	Por debajo del promedio/ Nivel no muy bueno del mantenimiento con oportunidades para mejorar
80-99	Muy por debajo del promedio/ Nivel muy malo de mantenimiento con muchas oportunidades para mejorar

Cabe nombrar las áreas y detallar los parámetros de evaluación junto con su puntaje máximo posible, que sirva como preámbulo para la auditoría. Esto se muestra en la tabla 11.

Tabla 11.*Descripción de Áreas.*

Área	Breve descripción	Puntaje máximo
Recursos Gerenciales	Se evalúa el manejo de la información recopilada, los equipos de trabajo y su estructura organizacional, la comunicación entre departamentos, el cumplimiento de objetivos y las habilidades del personal.	36
Gerencia de Información	Se pondera si la compañía posee una gestión de información de sus activos, un sistema computarizado para la gestión de mantenimiento y si existe o no, un control de tiempos operativos y costos.	36
Equipos y Técnicas de Mantenimiento	Se valora el proceso lógico de las prácticas de mantenimiento en base a la emisión de órdenes de trabajo y a las técnicas predictivas empleadas, el seguimiento de los costos correctivos y preventivos, y el buen hacer del personal operativo.	36
Planificación, programación, ejecución y control de mantenimiento	Se evalúa si la programación y planificación de las actividades preventivas y correctivas son eficientes, si los trabajadores son asignados en base a sus habilidades, y si se existe control del stock crítico.	36
Soporte, calidad y motivación	Se valora la calidad organizacional de los almacenes, repuestos y materiales, además de la calidad de las tareas efectuadas y el desempeño de los operarios.	36

A continuación, se enuncian las áreas y sus respectivas preguntas.

Tabla 12.*Puntuación Recursos Gerenciales.*

Recursos Gerenciales			
#	Factores a evaluar	1	2 3
1.	¿Usted siente que mantenimiento está dotado para realizar su trabajo?		x
2.	¿La estructura completa del mantenimiento parece ser lógica y favorece al cumplimiento de las actividades de mantenimiento?	x	
3.	¿La organización ayuda a eliminar las barreras que el mantenedor encuentra en su trabajo y de las cuales no tiene control?		x
4.	¿La gerencia estimula al mantenimiento a alcanzar las metas de producción?		x
5.	¿La gerencia estimula a producción a que ayude a mantenimiento en la realización de sus actividades?		x
6.	¿Se desarrollan equipos de trabajo (mantenimiento y producción), para resolver tópicos que afectan a ambos departamentos?	x	
7.	¿La gerencia estimula al personal de mantenimiento (mecánicos, eléctricos...) y a los operadores a que trabajen juntos en la resolución de problemas que afectan la disponibilidad de sus procesos?	x	
8.	¿El personal de mantenimiento posee las habilidades necesarias para realizar sus trabajos?		x
9.	¿Los trabajadores en general han recibido el adiestramiento adecuado en sus áreas de trabajo?		x
10.	¿La gerencia involucra al personal de mantenimiento en la definición de sus objetivos y metas a cumplir?		x
11.	¿La gerencia revisa y hace seguimiento a los objetivos de la planta en reuniones de trabajo con el personal de mantenimiento y operaciones?	x	
12.	¿Los objetivos del mantenimiento están alineados con la visión y misión del negocio?	x	
Puntuación total por criterio		5	10 6
Puntuación total		21	

Tabla 13.*Puntuación Gerencia de Información.*

Gerencia de Información			
#	Factores a evaluar	1	2 3
13.	¿La organización utiliza un sistema computarizado de gestión del mantenimiento (SCGM)?	x	
14.	¿Está cada componente identificado, codificado y asociado a un sistema dentro de toda la planta?	x	
15.	¿La organización mantiene actualizado el SCGM?	x	
16.	¿Ha sido el personal debidamente entrenado para el uso del SCGM?	x	
17.	¿Lo organización mantiene registros precisos de fallas de sus sistemas?	x	
18.	¿Están los inventarios de repuestos dentro del SCGM?	x	

Continuación de la tabla 13.

Gerencia de Información			
#	Factores a evaluar	1	2 3
19.	¿Se toman decisiones a partir de los reportes generados por el SCGM?	x	
20.	¿La organización estima y le hace seguimiento a los costos de mantenimiento?	x	
21.	¿La organización evalúa los tiempos operativos y fuera de servicio de sus equipos?	x	
22.	¿La organización de mantenimiento se compara contra otras organizaciones para medir su desempeño (benchmarking)?	x	
23.	¿El tiempo de realización de actividades de mantenimiento es registrado y evaluado?	x	
24.	¿La gerencia de mantenimiento utiliza algún tipo de medida de comparación (costos de mantenimiento/costos de producción)?	x	
Puntuación total por criterio		12	0 0
Puntuación total		12	

*SCGM: Sistema Computarizado de Gestión de Mantenimiento.

Tabla 14.*Puntuación Equipos y Técnicas de Mantenimiento.*

Equipos y Técnicas de mantenimiento preventivo-predictivo			
#	Factores a evaluar	1	2 3
25.	¿La organización utiliza órdenes de trabajo para las actividades de MP?	x	
26.	¿Se revisan periódicamente los planes de MP, aumento/descenso, necesidades de adiestramiento, etc.?	x	
27.	¿La organización tiene personal de mantenimiento dedicado exclusivamente a realizar actividades de MP?		x
28.	¿Los operadores ayudan en las actividades de mantenimiento menor (limpieza, lubricación, ajustes e inspección visual)?		x
29.	¿La organización utiliza técnicas de mantenimiento predictivo (vibración, análisis de aceite, ultrasonido, etc.?)	x	
30.	¿La organización le hace seguimiento a los costos de mantenimiento preventivo y predictivo?	x	
31.	¿Los grupos de producción y operaciones permiten que el personal de mantenimiento tenga acceso a los equipos en las fechas estimadas de MP?	x	
32.	¿La organización tiene la cultura de analizar y evitar las fallas repetitivas?	x	
33.	¿Se incluye al personal de mantenimiento y producción en el proceso de evaluación de equipos nuevos?		x
34.	¿Se adiestra de forma adecuada a las personas que van a operar los equipos nuevos?		x
35.	¿Se adiestra de forma adecuada a las personas que van a mantener los equipos nuevos?		x
36.	¿La organización hace seguimiento y evalúa los costos de operación y mantenimiento, a lo largo del ciclo de vida de sus activos?	x	

Continuación de la tabla 14.

Equipos y Técnicas de mantenimiento preventivo-predictivo			
#	Factores a evaluar	1	2 3
Puntuación total por criterio		7	8 3
Puntuación total		18	

*MP: Mantenimiento Preventivo.

Tabla 15.

Puntuación Planeación y Control de Mantenimiento.

Planificación, programación, ejecución y control de mantenimiento.			
#	Factores a evaluar	1	2 3
37.	¿Son priorizadas las actividades de mantenimiento correctivo/preventivo?		x
38.	¿La organización utiliza órdenes de trabajo para las actividades correctivas?	x	
39.	¿Se le hace seguimiento a la ejecución de las actividades de mantenimiento correctivo/preventivo?	x	
40.	¿La organización controla el sobre tiempo (tiempo adicional al planificado)?	x	
41.	¿La organización registra la información obtenida por la ejecución de la actividad de mantenimiento (correctiva/preventiva)?	x	
42.	¿Son los trabajadores de mantenimiento asignados a las distintas labores en función de sus conocimientos y habilidades?		x
43.	¿Son las actividades correctivas bien planificadas antes de comenzar a ejecutar el mantenimiento?		x
44.	¿La organización utiliza planificadores de mantenimiento para preparar el alcance de mantenimientos mayores (shutdowns, overhauls)?	x	
45.	¿La organización utiliza contratistas calificadas para realizar labores de mantenimiento (outsourcing)?		x
46.	¿La organización participa en la definición de las actividades de trabajo y en la estimación de tiempos de ejecución de los contratistas?	x	
47.	¿Los planificadores de las actividades de mantenimiento tienen en cuenta el impacto (seguridad, ambiente y producción) que tiene el sistema en el cual se va a ejecutar el mantenimiento?		x
48.	¿Se define el camino crítico de los mantenimientos mayores y se identifican los repuestos críticos?	x	
Puntuación total por criterio		7	10 0
Puntuación total		17	

Tabla 16.*Puntuación Soporte, Calidad y Motivación*

Soporte, calidad y motivación			
#	Factores a evaluar	1	2 3
49.	¿Están disponibles los repuestos y materiales a la hora de ejecutar actividades de mantenimiento?		x
50.	¿Está el almacén de repuestos bien organizado y sus tiempos de respuesta son eficientes?		x
51.	¿Se tiene un buen control sobre la salida y entrada de repuestos al almacén?	x	
52.	¿Se tiene un proceso de cuantificación de stock de repuestos que incluya el criterio del impacto de no tener el repuesto en almacén?	x	
53.	¿Se tienen identificados los tiempos de reposición y los costos de los repuestos?	x	
54.	¿El criterio de rapidez en el desarrollo de las actividades de mantenimiento está por encima del criterio de calidad?		x
55.	¿Se tiene un proceso que permita verificar la calidad de las actividades de mantenimiento ejecutadas ?	x	
56.	¿Es la calidad en el área de mantenimiento un objetivo importante?		x
57.	¿Tiene la organización un interés real en satisfacer las diferentes necesidades de sus trabajadores?		x
58.	¿El buen desempeño de los trabajadores es bien recompensado dentro de la organización (económico - motivacional)?		x
59.	¿El personal de mantenimiento está motivado para realizar su trabajo lo mejor posible?		x
60.	¿El personal de mantenimiento sigue las políticas y procedimientos de seguridad?		x
Puntuación total por criterio		4	16 0
Puntuación total		20	

La tabla 17 relaciona el puntaje obtenido, la cantidad de preguntas por área respondidas con el valor mínimo (1), el total alcanzado, y la desviación estándar de cada una.

Tabla 17.*Resultados Auditoria Semi Cuantitativa.*

Resultados por área	Puntaje obtenido	Preguntas con criterio mínimo	Desviación estándar
Recursos Gerenciales	21	5	0,7538
Gerencia de información	12	12	0
Equipos y técnicas de mantenimiento	18	7	0,6742

Continuación de la tabla 17.

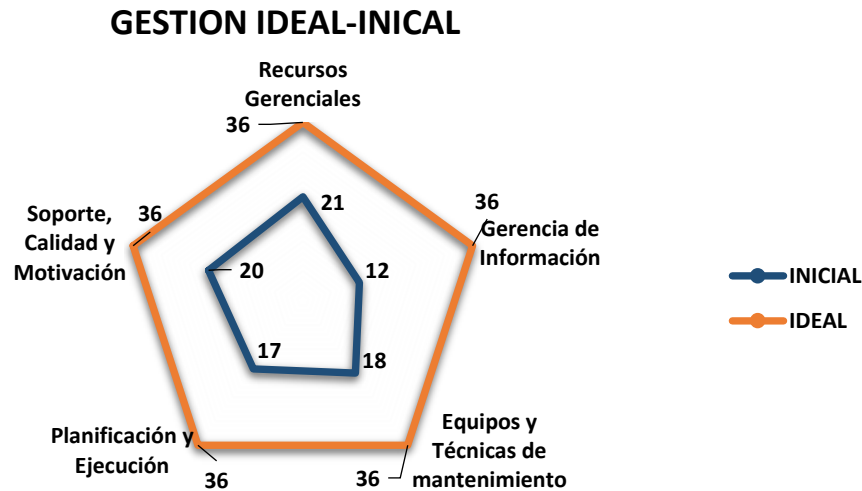
Resultados por área	Puntaje obtenido	Preguntas con criterio mínimo	Desviación estándar
Planificación y Ejecución	17	7	0,5149
Soporte, calidad y motivación	20	4	0,4924
Total	88	35	3,5071

El valor total hace referencia a la suma de cada uno de los puntajes obtenidos, para posteriormente clasificar la gestión en la respectiva categoría. A primera vista, se observa que los valores son realmente bajos comparados con los de un manejo ideal.

La desviación estándar hace referencia a que tan dispersas numéricamente están las respuestas dentro de cada una de las áreas. Entre mayor sea esta, mayor dispersión existe en las respuestas, esto da a entender que no a todos los ítems de cada área se le da el mismo manejo, existiendo disparidad en la gestión dentro cada una. El valor final es la desviación de los puntajes de cada área, lo que muestra que de manera global no se le da la misma importancia a cada una de ellas.

Finalmente, el puntaje total obtenido fue ochenta y ocho (88), ubicándose en el puesto más bajo de las categorías mostradas. Este estuvo muy por debajo del promedio, dando señal de una deficiente dirección con carencias de todo tipo, como para considerar de manera urgente proponer y efectuar cambios oportunos. La gestión de mantenimiento se encuentra en una situación crítica y alarmante, con necesidades inmediatas de acción.

De manera gráfica, así se ve la gestión actual comparada con una ideal.

Figura 20.*Gestión Ideal-Actual.*

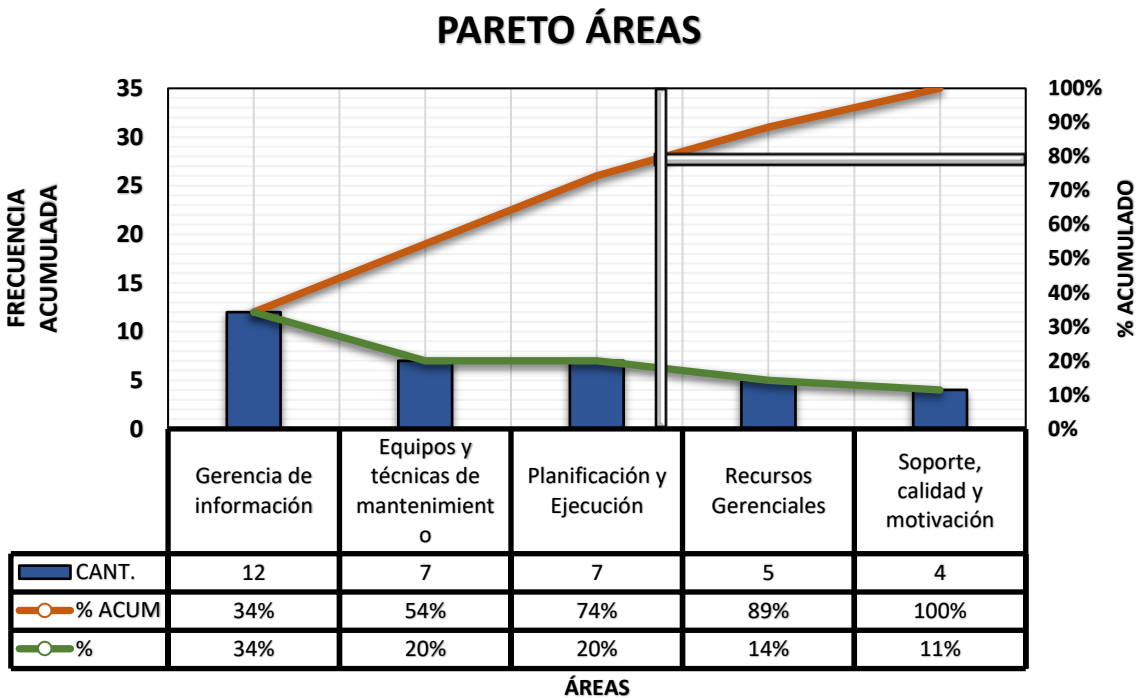
Nota. Se muestra el modelo ideal mediante un pentágono con cada una de las áreas como un borde de la figura. Se basa en el puntaje ideal de 36 puntos por área.

Esto corrobora la existencia de una urgencia, pues ningún área se acerca al valor máximo por obtener en una gestión eficiente de mantenimiento. Además, a primera vista se observa las áreas con menor desarrollo donde se hace fundamental tomar acción lo antes posible.

Para confirmar este planteamiento, es necesario conocer cuántas y cuáles preguntas fueron respondidas con el mínimo valor por etapa. Para ello se hace uso de un análisis de Pareto, este permite obtener un porcentaje acumulado de la frecuencia de un evento cada que se comprende un área nueva; evidenciada en la línea anaranjada del siguiente gráfico, de esta manera al llegar al ochenta por ciento (80%) se divide la gráfica en dos para focalizar los planes de mejora en el área izquierda; la que contiene ese 80% requerido. El eje vertical izquierdo está comprendido por la cantidad de preguntas contestadas con el valor mínimo (1), el vertical derecho por el porcentaje acumulado y el eje horizontal por el área respectiva.

Figura 21.

Pareto Auditoria.



Nota. Se muestran las áreas a lo largo de la figura y las divisiones encasilladas como críticas dada la repetición de las respuestas en valor mínimo.

De acuerdo con la Figura 21 y en base a los lineamientos de un análisis de Pareto; el 80% de los eventos indeseados son causados por el 20% de las causas. Se ratifica que el 80% de las fallas en la gestión actual son dados por las áreas de “Gerencia de Información”, “Equipos y Técnicas de mantenimiento” y “Planificación y ejecución”.

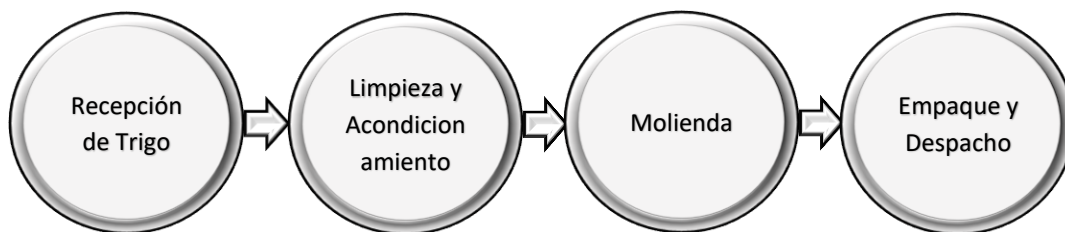
Si se desea influir directamente y lograr efectos positivos en la actual gestión, las primeras acciones de mejora deben ir dirigidas a un mayor y mejor manejo de la información, poseer formatos de órdenes de trabajo y hojas de vida, así como cronogramas de mantenimiento y un seguimiento a costos de reparación; todo esto en el mejor de los casos de tipo digital.

6. Jerarquización de Equipos

Para llevar a cabo el proceso que permitirá jerarquizar los sistemas y equipos presentes en la planta, primero se debe identificar el flujograma del procesamiento de la materia prima desde que ingresa hasta que se encuentra en condiciones óptimas para su despacho, además de mostrar cada uno de los procesos por medio de una codificación establecida. Este se muestra en la figura 22 y a detalle en el Apéndice A.

Figura 22.

Flujograma Especifico del Proceso.



Luego de detallar el flujograma, se determinan las etapas principales y sus acrónimos, en las que se clasifican los equipos según su función, entre ellas se encuentran:

- Recepción de Trigo; “RT”.
- Limpieza y Acondicionamiento; “LA”.
- Molienda; “MOL”.
- Empaque y Despacho; “ED”.

Si desea observar todo el proceso ver Apéndice A.

6.1.Etapas y Listado de Equipos

A manera de generalizar el tratamiento de la información y llevar a cabo la codificación, se distinguen las cuatro etapas principales en la planta de procesamiento.

Tabla 18.*Etapas y Listado de Equipos.*

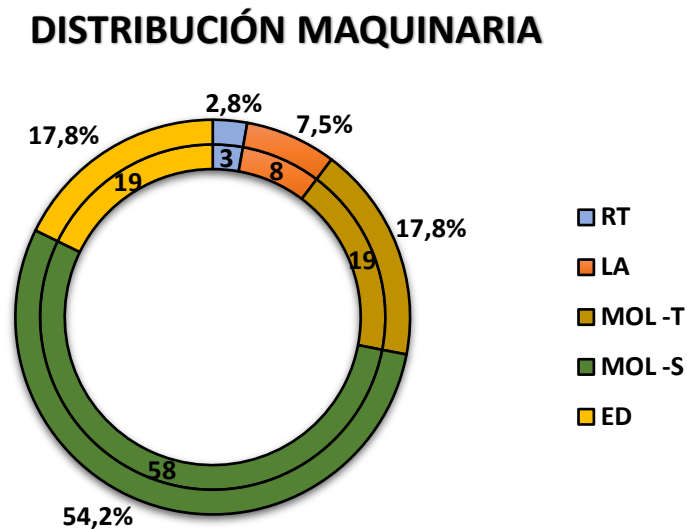
Sistema	Subsistema	Equipo	Fuerza motriz
Recepción Trigo (RT)		Elevador Cangilones (x1)	Motor eléctrico (x1)
		Malacate (x1)	
		Motorreductor (x1)	Motor eléctrico (x1)
Limpieza y Acondicionamiento (LA)		Elevador Cangilones (x3)	Motor eléctrico (x2)
		Motorreductor (x3)	Motor eléctrico (x2)
		Zaranda (x1)	Motor eléctrico (x1)
		Ventilador baja presión (x1)	Motor eléctrico (x1)
	<u>Trituración (T)</u>	Bancos Cilindros (x9)	
		Motor eléctrico potencia (x3)	
		Motorreductor (x4)	Motor eléctrico (x4)
		Elevador Cangilones (x3)	Motor eléctrico (x2)
	<u>Separación (S)</u>	Plansichter's (x3)	Motor eléctrico (x3)
		Zaranda (x2)	Motor eléctrico (x2)
		Cepilladora (x2)	Motor eléctrico (x2)
		Filtro magnético (x1)	
		Purificador (x1)	Motor eléctrico (x1)
		Roto-válvulas (34)	Motor eléctrico (x5)
Molienda (MOL)			Motorreductor (x6)
		Turbos (x2)	Motor eléctrico (x2)
		Ventilador alta presión (x2)	Motor eléctrico (x2)
		Filtro Ventilador alta presión (x2)	
		Repasadora (x1)	Motor eléctrico (x1)
		Mezcladora (x1)	Motor eléctrico (x1)
		Filtro purificador (x1)	
		Ventilador baja presión (x4)	Motor eléctrico (x4)
		Tanque neumático (x1)	
		Rectificadora (x1)	Motor eléctrico (x1)
		Empaquetadora (x1)	Motor eléctrico (x3)
		Silos (x3)	Motor eléctrico (x1)
		Entoleter (x1)	Motor eléctrico (x1)
Empaque y Despacho (ED)		Motorreductor (x8)	Motor eléctrico (x8)
		Elevador harina	Motor eléctrico (x1)
		Roto-válvulas (x2)	Motor eléctrico (x1)
		Dosificadores (x3)	Motor eléctrico (x3)

De esta manera, la planta suma un total de 107 equipos distribuidos de la siguiente manera. El anillo interior muestra la cantidad de equipos por sistema/subsistema y el anillo exterior su proporción. Los sistemas/subsistemas se referencian según sus acrónimos, “RT” para el sistema

de Recepción de Trigo, “LA” para el de Limpieza y Acondicionamiento, “MOL-T” para el subsistema de Trituración dentro del sistema de Molienda, “MOL-S” para el subsistema de Separación dentro del sistema de Molienda, y “ED” para el sistema de Empaque y Despacho.

Figura 23.

Distribución de Maquinaria.



Esto ayuda a dar previo aviso de los sistemas más críticos, no solo por la cantidad de equipos pertenecientes a estos, sino por la función en el tratamiento de la materia prima.

El procedimiento que viene a continuación hace parte de una secuencia lógica, este primeramente abarca la planta y sus sistemas, pasando por sus equipos y componentes. Esto bajo el concepto de llegar a lo más crítico dentro lo crítico, es decir, de lo general a lo particular.

La norma ISO 14224 considera que los límites deben ser claros al momento de recopilar, compartir y analizar datos de fiabilidad y mantenimiento. Además, esto facilita la comprensión entre operadores y personal de mantenimiento.

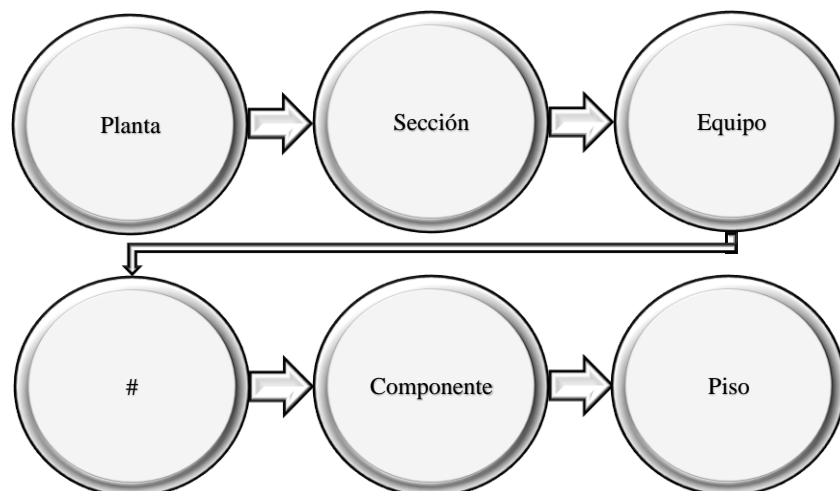
Esta es la clasificación de los elementos en grupos genéricos que propone la organización internacional de normalización mencionada.

Figura 24.*Taxonomía de equipos.*

Nota. Tomado de *Taxonomía de equipos*. [Figura], por RCM 2: Taxonomía y Principios Fundamentales. 2021. Alter Evo. (<http://alterevoingenieros.blogspot.com/2014/04/rcm-taxonomia-y-principios-fundamentales.html>).

A partir de este momento, los dos sistemas pertenecientes al sistema de Molienda; Trituración y Separación, se unifican en uno solo por motivos de practicidad.

Esto se hace con el fin de normalizar la codificación de los equipos y los procesos dentro de la planta. El nivel al que se codifica empieza en el de la planta y termina a nivel de componentes, ya que esta posee diferentes sistemas. Esta secuencia lógica se establece en la figura 25.

Figura 25.*Proceso de Codificación.*

De esta manera:

- Planta: Hace referencia a la localización de la planta, en este caso es Bucaramanga; “B”.
- Sección: Depende del sistema de la planta, por ejemplo; Recepción de trigo es “RT”.
- Equipo: Hace referencia al código del equipo, por ejemplo; Bancos de Cilindros es “BC”.
- #: Si del equipo mencionado existe más de un ejemplar, por ejemplo; “01”, “02”.
- Componente: Se refiere al elemento de la máquina, por ejemplo; Motor eléctrico es “ME”.
- Piso: En que piso se encuentra el equipo, por ejemplo; “1”, “2”, “3”, “4”.

Cabe recordar que la planta no contaba con ningún tipo de codificación ni de gestión de sus activos, por lo que este proceso es desarrollado desde cero con todos los equipos y componentes. Esta se da con el objetivo de mantener una estandarización en el nombramiento de los equipos, sistemas y componentes, siendo vital para próximos análisis e intervenciones de mantenimiento gracias a la estandarización taxonómica de toda la planta.

El proceso de codificación física a detalle de los activos se evidencia en el Apéndice B.

6.2.Formatos

El formato que se tiene en cuenta para jerarquizar los equipos consiste en enumerar el Sistema/Máquina/Elemento junto al código preestablecido y los valores de los diferentes parámetros del análisis hasta la ponderación del nivel de criticidad.

Tabla 19.

Formato de Tabla de Criticidad.

Sistema/Máquina/Elemento	Cod	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Nivel de Criticidad

El formato de matriz en el que se organizan los sistemas/equipos, contiene en su eje vertical los posibles valores de Frecuencia de Falla (FF) y en el eje horizontal los rangos correspondientes

a las Consecuencias (C). Los sistemas/equipos/componentes se clasifican en base al rango numérico obtenido en la Criticidad, estas son las tres áreas en las que se pueden posicionar:

- Muy Crítico (MC); color rojo.
- Crítico (C); color amarillo.
- Poco crítico (PC); color verde.

Como ya se mencionó, las fórmulas para evaluar la criticidad son las siguientes.

$$C = (IO \times FO) + CM + SHA \quad (1)$$

$$CTR = FF \times C \quad (2)$$

Al no poseer información documentada sobre la “Frecuencia de Falla” de ningún sistema, equipo o componente, este se desarrolla bajo información suministrada por el jefe de Planta; único en la historia del molino por más de 30 años, a manera de reuniones y conversaciones periódicas acerca de las fallas más presentadas y su recurrencia a lo largo de su estadía en la empresa.

Figura 26.

Matriz de Criticidad.

Matriz de Criticidad						
Consecuencias						
Frecuencia		1-3	4-6	7-9	10-12	13-15
	6	C	C	C	MC	MC
	4	PC	C	C	MC	MC
	2	PC	C	C	C	MC
	1	PC	PC	PC	C	C

El formato de la matriz de criticidad es de autoría propia, basado en fuentes bibliográficas consultadas antes y durante el desarrollo del proyecto.

Cabe destacar que para esta etapa se realizan varios análisis en diversos sistemas, máquinas y componentes, por lo que los rangos de criticidad y consecuencias varían según el análisis del que

se trate. Estas variaciones se realizan a criterio propio y se debe a que no todos los equipos/sistemas poseen la misma influencia operacional en el proceso/maquina correspondiente.

6.3. Análisis de Criticidad

A continuación, se realiza el análisis de criticidad por sistemas para ir de lo general a lo particular y así, enfocar las tareas en lo realmente importante.

6.3.1. Análisis de Planta

Tabla 20.

Criticidad de Planta.

Sistema	Cod	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Nivel de Criticidad
Molienda	MOL	6	6	2	4	1	17	102	MC
Limpieza y Acondicionamiento	LA	4	4	2	4	1	13	52	MC
Empaque y Despacho	ED	2	4	3	4	1	17	34	C
Recepción de Trigo	RT	2	4	3	4	0	16	32	C

El rango de criticidad para esta primera etapa es el siguiente:

- [55-85] Muy Crítico, [25-54] Crítico, [1-24] Poco Crítico.

Figura 27.

Matriz por Sistemas.

Matriz de Criticidad						
Consecuencias						
Frecuencia		1-4	5-7	8-12	13-16	17-20
	6					MOL
	4				LA	
	2				RT	ED
	1					

Gracias a esta etapa, se pueden filtrar los sistemas más críticos y focalizar los análisis en lo que tienen mayor impacto en la producción. En la tabla 20 se observa que el sistema dedicado a la

Molienda del producto es el que tiene la participación más relevante, seguido de la Limpieza y Acondicionamiento, pasando por la Recepción de Trigo y posteriormente el Empaque y Despacho.

Esta fase estima el impacto de todos y cada uno de los sistemas de la planta, siguiendo el flujo lógico del procesamiento. Se hace un énfasis robusto y exhaustivo en los sistemas, equipos y componentes de mayor relevancia en el proceso.

Lo que se muestra a continuación es el análisis del sistema inicial; Recepción de Trigo, a manera de mostrar cómo se desarrolla el estudio de criticidad. Este jerarquiza primero los equipos de cada uno y posteriormente sus componentes. Como existen varios tipos de equipos en los diferentes sistemas, si el equipo ya se evaluó, este se omite y se prosigue con los demás.

Cabe recordar que la codificación de los equipos es desarrollada por el autor y apoyada tanto por las fuentes bibliográficas consultadas como lo dictamina la Norma ISO 14224 y el jefe de Planta, ya que esta no contaba con ningún tipo de gestión de la información.

6.3.2. Sistema de Recepción de Trigo

El código para este sistema es: “B-RT-EC1-Ejemplar equipo-piso”.

Tabla 21.

Criticidad de Recepción de Trigo.

Máquina	Cod	Cant	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Nivel de Criticidad
Elevador cangilones	B-RT-ET1-01-1	1	2	4	2	2	0	10	20	MC
Malacate	B-RT-ML-01-1	1	2	2	3	2	0	8	16	C
Motorreductor transporte a bodega	B-RT-RT1-01-3	1	1	2	2	2	0	6	6	C

El rango de criticidad para la maquinaria perteneciente a la Recepción de Trigo se da por:

- [17-25] Muy Crítico, [6-16] Crítico, [1-5] Poco Crítico.

Figura 28.

Matriz de Recepción de Trigo.

Matriz de Criticidad						
Consecuencias						
Frecuencia		1-2	3-4	5-6	7-8	9-10
	6					
	4					
	2				ML	ETI
	1			RTI		

Dentro de la maquinaria presente, el elemento más crítico es el que se encarga de transportar verticalmente el trigo recién llegado para posteriormente acondicionarlo y limpiarlo en las siguientes etapas.

- Componentes de Elevador de Cangilones

El código de cada una de las partes de los Elevador de Cangilones tiene la forma “B-RT-ET-Ejemplar equipo-Elemento-Piso”.

Los elevadores de cangilones existentes están compuestos por los mismos y la misma cantidad de elementos. El siguiente análisis aplica para todos los elevadores de cangilones de la planta.

Tabla 22.

Criticidad componentes de Elevador de Cangilones.

Elemento	Cod	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Nivel de Criticidad
Motor eléctrico	B-LA-EC1-01-ME-1	2	6	2	4	0	16	32	MC
Correa	B-LA-EC1-01-CO-1	1	6	3	4	1	23	23	MC
Cangilón	B-LA-EC1-01-CG-1	1	6	3	1	1	20	20	MC
Tambor accionador	B-LA-EC1-01-TA-1	1	4	3	2	0	14	14	C
Tambor Tensor	B-LA-EC1-01-TT-1	1	4	3	2	0	14	14	C
Tolva de descarga	B-LA-EC1-01-TD-1	1	4	3	2	0	14	14	C
Tolva de carga	B-LA-EC1-01-TC-1	1	4	3	2	0	14	14	C

Continuación de la tabla 22.

Elemento	Cod	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Nivel de Criticidad
Rueda motora superior e inferior	B-LA-EC1-01-RM-1	1	4	3	2	0	14	14	C
Chumaceras	B-LA-EC1-01-CH-1	1	4	3	1	0	13	13	C
Puertas de inspección	B-LA-EC1-01-PI-1	1	4	3	1	0	13	13	C
Puertas de limpieza	B-LA-EC1-01-PL-1	1	4	3	1	0	13	13	C
Cuerpo	B-LA-EC1-01-CE-1	1	4	3	1	0	13	13	C
Bota	B-LA-EC1-01-BT-1	1	1	3	2	0	5	5	PC
Cabeza de Elevador	B-LA-EC1-01-CZ-1	1	1	3	2	0	5	5	PC

El rango de criticidad para los componentes de cualquiera de los Elevadores de Cangilones es:

- [18-32] Muy Crítico, [6-17] Crítico, [1-5] Poco Crítico.

Figura 29.

Matriz componentes de Elevador de Cangilones.

<i>Matriz de Criticidad</i>						
<i>Consecuencias</i>						
<i>Frecuencia</i>		<i>1-4</i>	<i>5-7</i>	<i>8-13</i>	<i>14-19</i>	<i>20-25</i>
	<i>6</i>					
	<i>4</i>					<i>ME</i>
	<i>2</i>		<i>BT-CZ</i>	<i>CH-PI-PL-CE</i>	<i>TA-TT-TD-TC-RM</i>	<i>CG-CO</i>
	<i>1</i>					

Los elementos más críticos son los elementos móviles y los encargados de generar la fuerza motriz para la elevación del material granulado.

6.4. Apartado de Análisis

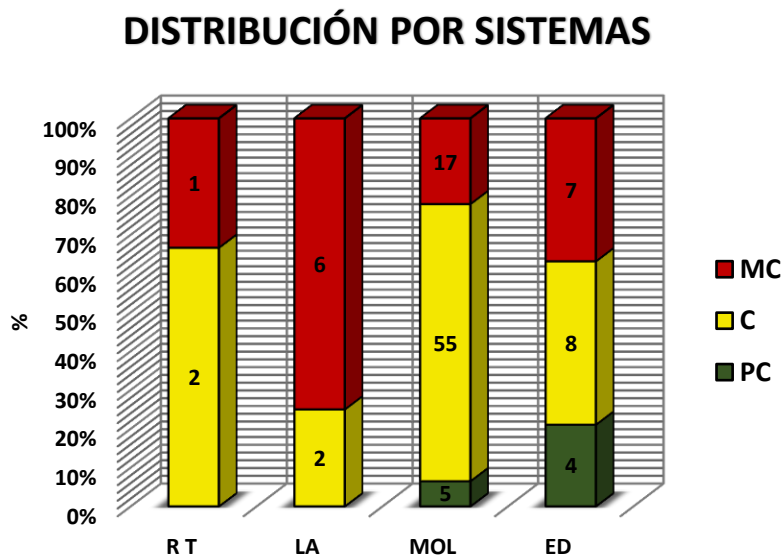
En esta etapa de jerarquización, se dio mayor importancia a los sistemas encargados de la transformación de la materia prima. De igual manera, la profundidad a nivel de componentes se

dio en todos los sistemas, pero con énfasis en el sistema de “Molienda” y de “Limpieza y Acondicionamiento” ya que fueron los de más alta criticidad en el análisis inicial.

Luego de finalizado el proceso y adjuntarse en el apéndice A, en la figura 30 se detalla la distribución de la criticidad dentro de cada sistema teniendo en cuenta la cantidad de equipos.

Figura 30.

Distribución por Sistemas.



Nota. Se observa en la figura la distribución de la criticidad de cada uno de los sistemas dada la clasificación realizada.

Conocer la cantidad de equipos por sistema que presentan una alta incidencia en el proceso, y que por ende deben ser preservados, permite valuar de nuevo la criticidad de cada sistema. En la gráfica, se confirma la alta criticidad que poseen los sistemas LA y MOL, debido al gran número de equipos catalogados como Muy Críticos. Con respecto a los demás equipos, podrán ser tratados de manera correctiva o Run To Failure (correr a la falla) y ser controlados por medio de inspecciones periódicas ya que no representan un impacto grande como para considerar tareas de mantenimiento complejas. De esta manera, entre mayor relevancia posea un sistema, equipo o componente; las tareas e intervenciones deberán ser más eficientes y con mejores controles.

Tanto la tabla 23 como la figura 31, representan la distribución de la criticidad global bajo las tres categorías en las que se jerarquizaron los equipos.

Tabla 23.

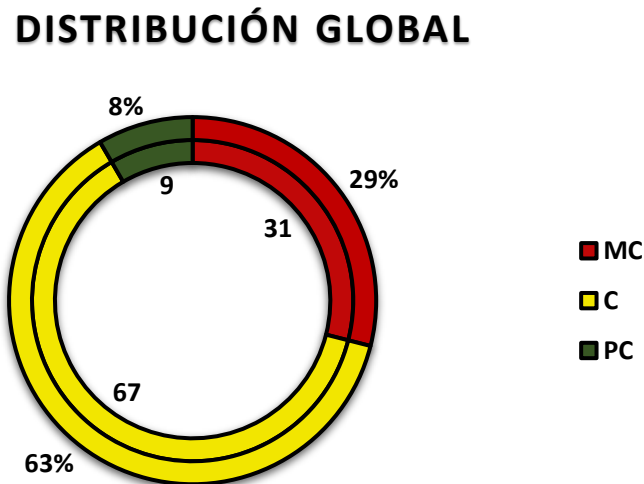
Distribución Global de Criticidad.

Proceso	Cantidad de Maquinaria	MC	C	PC
RT	3	1	2	0
LA	8	6	2	0
MOL	77	17	55	5
ED	19	7	8	4
TOTAL	107	31	67	9
		29%	63%	8%

En la figura 31, el anillo interno representa la cantidad de equipos jerarquizados en las tres categorías y el anillo externo, su fracción del total.

Figura 31.

Distribución Global de Criticidad.



Por lo tanto, un total de 107 equipos presentes en toda la planta, un 29% equivalente a 31 de estos son catalogados como Muy Críticos, sea por la frecuencia en la que fallan o por las consecuencias que acarrea su indisponibilidad. Son 31 equipos a los que hay prestarles una

atención especial por medio de inspecciones periódicas, paradas programadas, tareas de mantenimiento planificadas y la recolección de históricos de falla.

Cabe anotar que, dentro de estos 31 equipos existen ejemplares que se repiten, obteniéndose así un total de 12 tipos de equipos diferentes con alta criticidad. Al momento de desarrollar las siguientes etapas se implementan las mismas tareas de mantenimiento para los equipos que tengan varios ejemplares, sin importar cuantos del mismo existan.

No obstante, un 63% de la gráfica anterior son clasificados como Críticos, lo que se traduce en 67 equipos del total. Estos son equipos de menor impacto en el procesamiento de la materia prima, sin embargo, es fundamental tratarlos con el debido cuidado para que su confiabilidad no se vea afectada ni disminuida. Para estos equipos las tareas sistemáticas son las adecuadas.

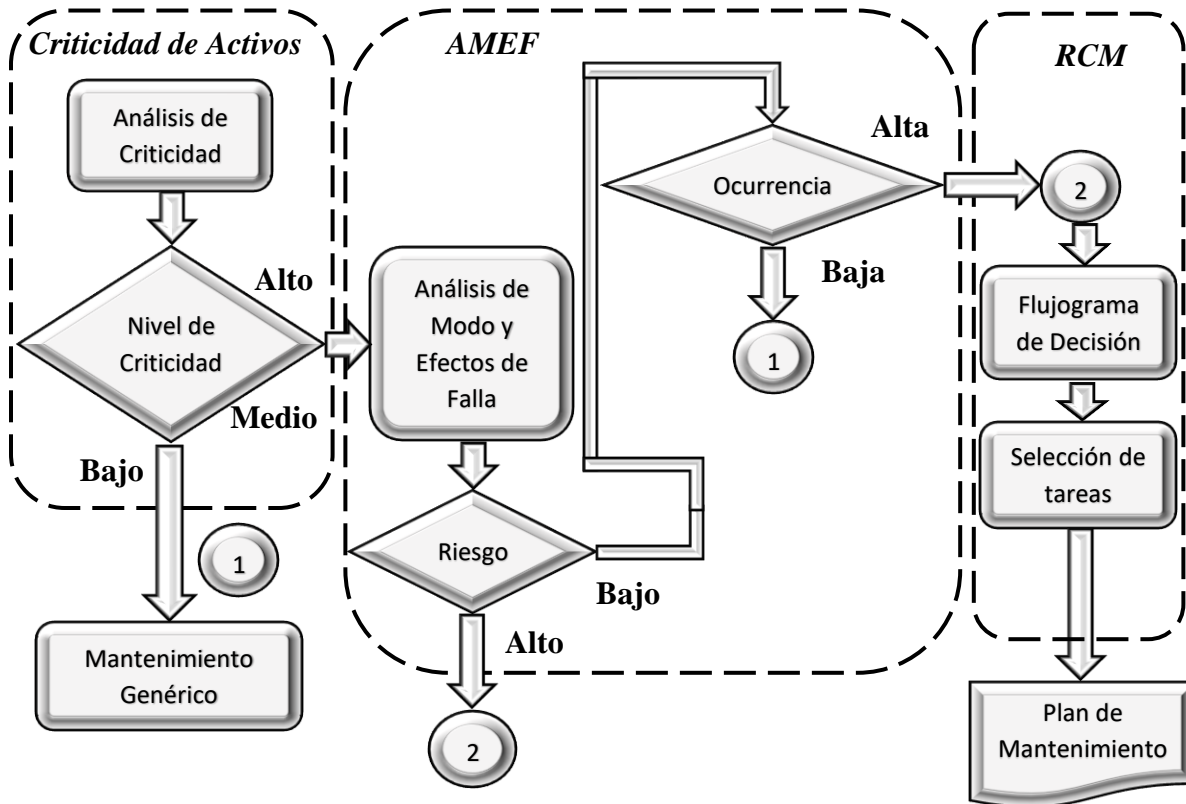
Por último, nueve (9) de los 107 equipos representan el menor impacto en el proceso. Se les atribuye acciones correctivas para no malgastar dinero y enfocar el presupuesto en lo relevante.

Esta etapa permite delimitar los siguientes análisis a lo crítico, es decir a los 12 tipos de equipos que fueron jerarquizados así.

7. Modos y Efectos de Falla

Para el desarrollo de esta metodología se tuvo en cuenta la Norma SAE JA-1011/1012, “Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad” y “Una Guía para la Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)”.

En la figura 32 se muestra cómo se compaginan las etapas anteriores, la presente y la siguiente.

Figura 32.*Etapas del Flujoograma.*

Nota. Se observan y detallan las tres etapas que se deben llevar a cabo siguiendo un flujoograma de decisión.

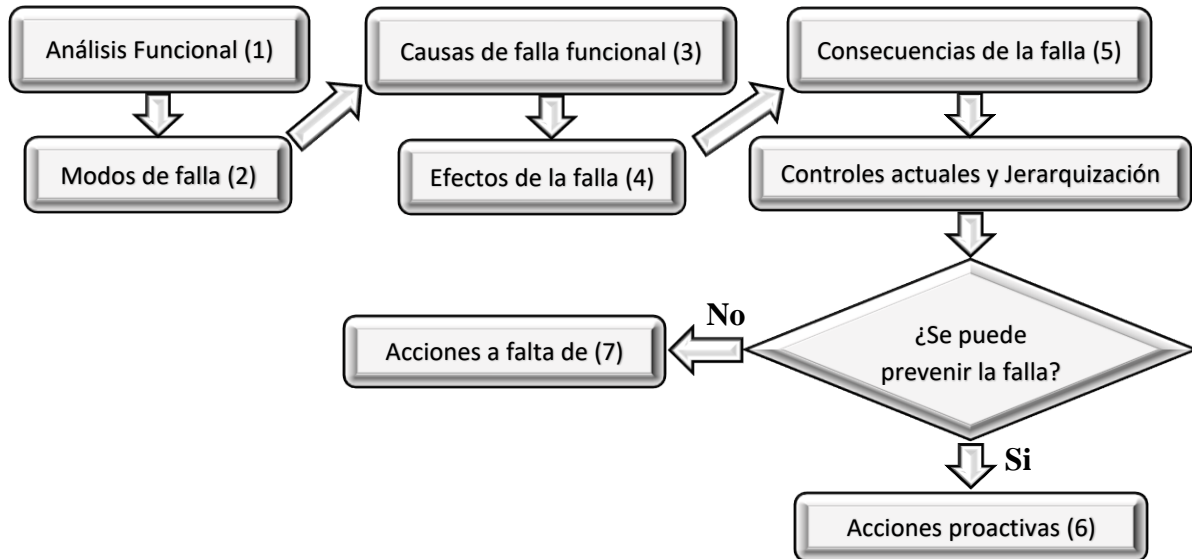
Se observa en el flujoograma que una vez el equipo posee mediana o alta criticidad, este pasa a ser analizado por sus posibles modos de falla y sin importar que a primera medida el riesgo de la falla sea bajo, se evaluará su ocurrencia y en base a su respuesta, se establece un mantenimiento genérico o uno más elaborado. Este último posee frecuencias, tareas establecidas, fichas de inspecciones, formatos de hojas de vida, ordenes de trabajo y controles de sus tiempos operativos.

No obstante, cuando no se posee instrucciones de fabricantes, se asigna un mantenimiento genérico basado en la experiencia de los operarios; como inspecciones, limpiezas en general,

El formato AMEF presentado se llena en base al siguiente diagrama.

Figura 34.

Proceso de llenado del Formato.



Una vez desarrollado el análisis funcional y el de modos y efectos de fallas, expuesto en el marco teórico, se jerarquizan los efectos y consecuencias en base al impacto, la frecuencia del evento y la detección de este. Cabe resaltar que parámetros incluidos en los tipos de falla y en las consecuencias de estas, son desarrollados única y exclusivamente para el enfoque de este proyecto. Por lo tanto, a continuación se mencionan y desarrollan ciertos factores que no se nombraron en el marco teórico por ser propios del formato creado.

- Número de falla (Falla N°): Este parámetro enumera los modos de falla a los que está expuesto el equipo según la falla funcional, así: 1.1, 1.2, 2.1, 2.2, etc.
- Tipo falla: Sus acrónimos y posterior referencia se enuncian a continuación.

- Falla mecánica (MEC): Cuando existe fractura del componente, desgaste prematuro, parámetros fuera de rangos operativos, o incluso afectación por agentes y/o contaminantes externos que lo deterioran, provocando la corrosión o abrasión del material.
- Falla eléctrica (ELEC): Se manifiestan como averías en la fase del motor, sobretensiones, cortos, daños en la bobina, conexiones rotas o desgastadas. Muy común en motores eléctricos.
- Ejecución de mantenimiento (EJEC): Cuando la gestión no cumple con el objetivo de manera eficiente, lo que ocasiona más perjuicios que beneficios. Además, hace referencia a las fallas de tipo humano, mala selección de componentes, malos montajes de equipos, personal no capacitado, operar equivocadamente los equipos.
- Edad y uso (EDAD): Este ítem abarca la finalización de la vida útil sea por fatiga o por cumplimiento de vida operativa del componente.
- Modos de falla (2.2): Cabe mencionar que se debe limitar en materia de los tipos y modos de falla. Se desarrollan los diferentes niveles de modos de falla, sin embargo, el análisis se limita a los de segundo nivel, ya que profundizar en los posteriores funciona eficientemente solo en organizaciones con grandes recursos y donde la seguridad está en juego permanentemente.
- Causas de falla (3): Se desarrolla bajo la metodología de los “5 Porqués”. Las respuestas a cada una de las preguntas se exponen en cada “W1”, “W2”, “W3”, “W4” y posterior “CR” (Causa Raíz) del formato al llegar al fundamento del problema. Sin embargo, en los modos de falla en los que se llegue a la raíz del problema en las primeras preguntas, no se considerará necesario llenar los apartados de las siguientes preguntas. El formato tendrá intrínseco el formato de los “5 Porqués” y se responderá a cada pregunta dentro de este.
- Consecuencias (5): Sus acrónimos y conceptos se enuncian a continuación.

- Ambientales y de Seguridad (SA): Aquellas que afectan directamente la salud del trabajador y donde se incumplen regulaciones ambientales.

- Operacionales (OP): Estas tienen que ver con paradas de planta, pérdidas de producción y de calidad de producto.

- No operacionales (NOP): Tienen que ver con los costos de reparación o mantenimiento.

- Ocultas (OC): Son aquellas que no tienen impacto inmediato en el proceso, pero puede acarrear consecuencias súbitas con el tiempo. Estas se pueden presentar, pero nadie nota su existencia hasta que se necesita darle uso al equipo/componente o hasta que se inspecciona.

Vale la pena recordar los parámetros que jerarquizarán los modos de falla:

• Número Prioritario de Riesgo (NPR): Representa cuantitativamente los riesgos a los que se ven expuestos los equipos al presentarse una falla. Se calcula con la siguiente expresión:

$$\textit{Severidad} \times \textit{Ocurrencia} \times \textit{Detección} = \textit{Número Prioritario de Riesgo} \quad (3)$$

- Severidad (S): Este factor representa las consecuencias a las que se ven expuestos los equipos cuando el respectivo modo de falla se presenta.

- Ocurrencia (O): Este evalúa la frecuencia con la que se presenta el evento.

- Detección (D): Este ítem hace referencia a qué tan efectivos son los controles existentes para detectar la falla antes de que esta ocurra.

Los tres factores se evalúan de uno (1) a diez (10), siendo uno (1); el valor de menor impacto, menor ocurrencia y mayor detección, diez (10); el de mayor impacto, mayor frecuencia y menor capacidad de detección. Esto se evalúa de manera individual y está expuesto en el marco teórico.

• Acciones proactivas (6):

- Mantenimiento preventivo por inspección: Abarcan tareas de inspección periódicas sean visuales, de niveles de ruido, vibraciones o de buen sellado.

- Mantenimiento preventivo por recambio: Las intervenciones periódicas que involucran recambios con frecuencias establecidas de componentes.

Los rangos en los que se jerarquizan los modos de falla de acuerdo a su NPR son los siguientes:

Tabla 24.

Rangos de Jerarquización.

NPR	Riesgo de Falla	Color
500 a 1000	Alto	Rojo
125 a 499	Medio	Amarillo
1 a 124	Bajo	Verde

Nota. Tomado y Adaptado de NPR [Tabla], por AMEF Análisis de Modo y Efecto de Falla, Sin fecha, Lean Solutions ([https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/#:~:text=AMEF%20de%20proceso%20\(P%2DAMEF\),%E2%80%A2&text=Se%20usa%20para%20analizar%20los,con%20las%20expectativas%20del%20cliente.&text=Los%20Modos%20de%20Falla%20pueden,en%20el%20AMEF%20de%20Dise%C3%B1o.&text=Eval%C3%BAa%20cada%20paso%20del%20proceso%20\(producci%C3%B3n%20o%20servicio\)\)](https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/#:~:text=AMEF%20de%20proceso%20(P%2DAMEF),%E2%80%A2&text=Se%20usa%20para%20analizar%20los,con%20las%20expectativas%20del%20cliente.&text=Los%20Modos%20de%20Falla%20pueden,en%20el%20AMEF%20de%20Dise%C3%B1o.&text=Eval%C3%BAa%20cada%20paso%20del%20proceso%20(producci%C3%B3n%20o%20servicio)))).

Como ya se mencionó, no solo hay que tener en cuenta los modos de falla que resulten en un NPR alto, sino además hay que prestarle atención a los que tienen un grado de ocurrencia alto, sin importar si el NPR es alto o bajo. Esto se debe a que es un modo de falla que se presenta con una alta frecuencia, lo que ocasiona que la confiabilidad del equipo se vea afectada.

Como comentario adicional, parte de la información referente a los modos de falla, su ocurrencia y los medios de detección, fue surtida por el jefe de Planta, gracias a conversaciones dedicadas a esclarecer las causas de averías de los equipos de alto impacto en la cadena productiva.

7.2. Análisis AMEF

A continuación, en la figura 35 se muestra únicamente el AMEF de los Bancos de Cilindros.

Figura 35.

AMEF Bancos de Cilindros.

Nombre Equipo		Bancos de Cilindros							Realizado por				Julián Moreno																																													
Código		BC							Revisado por				Ing. Francisco Saldivia																																													
Fecha		5/02/2021																																																								
FUNCIÓN	FALLO N°	FALLOS POTENCIALES											ESTADO ACTUAL				MANTENIMIENTO PROACTIVO				ACCIONES A FALTA DE																																					
		Falla Funcional	Tipo fallo	Modos de fallo	Causas					Efectos	Consecuencias		Controles	S	D	O	NPR	PREVENTIVO POR INSPECCIÓN		PREVENTIVO POR PLANIFICACIÓN (RECAMBIO)																																						
					W1	W2	W3	W4	CR		Tipo	Descripción						Descripción	Frecuencia	Descripción		Frecuencia																																				
1.1	EJEC	Lubricación	Relaciones de compresión de cilindros de trituración	Ineficiente Inexistente	Contaminación por Filtración de material	Mal sellado en líneas de transporte Sellos no herméticos.	Sobrecalentamiento interno. Velocidades de cilindros lentas.	OP+OC	Tamaño y trituración del granulado no correspondiente a la etapa. Plansichter's no seleccionen adecuadamente los productos obtenidos de la molienda. Sobrecostos. Pérdida de producción.	Intervenciones de lubricación esporádicas.	10	4	6	240	INSPECCIÓN VISUAL DE TRANSMISIÓN INTERNA DE BANCOS	1xW	LUBRICACIÓN	1xA	CONTROL COMPRA DE LUBRICANTES																																							
											MEC	Degradación	Fractura prematura-desgaste prematuro	Proveedor no confiable						Cilindros de trituración muy aproximados	Ajustadores de distancia	Uso	Inoperatividad temprana de equipo	OC	Inspección visual esporádica	9	7	4	252	INSPECCIÓN VISUAL DE CILINDROS	1xM		CONTROL Y REGISTRO DE MONTAJES																									
																										MEC	Uso	Fatiga								Inoperatividad temprana de equipo	OP	No hay	8	6	5	240	LIMPIEZA DE ENTORNO DE BANCOS	1xD		CONTROL HOJA DE VIDA DE COMPONENTE												
																																							MEC	Fractura prematura-desgaste prematuro	Proveedor no confiable								Inoperatividad temprana de equipo	NOP	Si hay, pero ineficiente	9	3	6	162			CONTROL COMPRA DE REPUESTOS
																																																				EDAD	Cilindros de trituración muy aproximados	Ajustadores de distancia	Uso			
	1.2	EJEC	Torque excesivo en cilindros	Estrías de cilindros	Elementos de transmisión a regimenes fuera del rango.	Deficiente transmisión de poleas y correas de potencia.	Ausencia de inspecciones y lubricación.	Sobrecalentamiento interno.	OP	Pérdida de producción si no hay control. Deterioro temprano de cilindros. Pérdida de calidad del producto. Sobrecostos por fallas tempranas.	Inspecciones visuales y de lubricación esporádicas	9	5	6	270	LUBRICACIÓN EN ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN	1x3M																																									
												EJEC	Lubricación	Ajustadores de distancia de cilindros de trituración	Ineficiente. Inexistente					Uso	OP+OC	No hay		Inspecciones visuales y de lubricación esporádicas	9	5	6	270																														
																									EJEC	Lubricación	Ajustadores de distancia de cilindros de trituración	Ineficiente. Inexistente					Uso	OP+OC	No hay		Inspecciones visuales y de lubricación esporádicas	9	5	6	270																	
																																						EJEC	Lubricación	Ajustadores de distancia de cilindros de trituración	Ineficiente. Inexistente					Uso	OP+OC	No hay		Inspecciones visuales y de lubricación esporádicas	9	5	6	270				
																																																			EDAD	Cilindros de trituración muy cercanos	Ajustadores de distancia de cilindros de trituración	Uso				

Continuación de la figura 35.

1.4	ELEC	Velocidades de rotación de cilindros lentas	Fallo de fase, conexiones rotas, desgastadas.	Uso			Vibraciones indeseadas. Poca o nula transmisión de potencia.	OP+SA+OC	Deterioro de cilindros. Deterioro rápido de cilindros. Ciclo de molenda no se cumple. Bancos de cilindros no operan.	Si hay, pero ineficiente y muy esporádicos	10	6	7	420	INSPECCION VISUAL DE CONEXIONES ELÉCTRICAS	1xW				EQUIPO		
			ELEC	Falta de motor eléctrico de potencia	Mala selección. Mal montaje.	Personal no capacitado			Rotura de grano ineficiente. Sobrecalentamiento de motores eléctricos de potencia. Posibilidad de incendio.	NOP+OC		No hay	10	6	7	420	MEDICION DE CORRIENTE EN FASES	1xW				
			MEC	Ejes de transmisión a velocidades lentas	Filtración de material	Entorno contaminado	Fugas de otros equipos			QP			9	8	5	360	INSPECCIONES VISUALES INTERNAS	1xTURNO				
							Equipos extractores ineficientes		SA	Inspección visual esporádica	10	6	6	360								
	EJEC		Lubricación	Ineficiente. Inexistente.				OP+OC		Si hay	10	6	6	360		LUBRICACIÓN	1x3M					
	2.1	Atascamiento del material	Tolva inferior-superior atascada	F.I.F.C.	Tolva pequeña para el flujo de materia prima	No se prevé cambios oportunos en el tiempo por el aumento en la producción			Flujo intermitente de material	OP		Si hay	9	3	2	54					CONTROL PRODUCCIÓN	
				EJEC	Excesivo flujo de materia prima				Pérdida de producción por estancamiento	OP		Si hay	8	5	2	80	INSPECCIONES VISUALES A DUCTOS DE ENTRADA Y SALIDA	1xW			CAPACITAR PERSONAL	
				EDAD	Cilindros de distribución muy cerca	Ajustadores de distancia	Uso			Inoperatividad sino hay repuesto. Sobrecalentamiento interno.	OP+OC	Sobrepresión en conductos de entrada y salida. Banco sobre exigido.	Inspecciones esporádicas	9	5	6	270	INSPECCION DE BUEN FUNCIONAMIENTO DE AJUSTADORES DE DISTANCIA	1xM			
				EJEC	Tolva mal seleccionada	Personal no capacitado					OP		Si hay	9	3	3	81	INSPECCIONES VISUALES A CILINDROS DE DISTRIBUCIÓN	1xTURNO			
2.2		Cilindros de trituración muy aproximados	EDAD	Ajustadores de distancia	Uso			Sobrecalentamiento interno. Deterioro rápido de componente	OP+OC		No hay	10	6	5	300	INSPECCION VISUAL A CILINDROS DE TRITURACIÓN	1xTURNO					
			EDAD	Ajustadores de transmisión	Uso					OP+OC		Inspección visual periódica	10	6	5	300	INSPECCION DE BUEN FUNCIONAMIENTO DE AJUSTADORES DE DISTANCIA	1xM				

Si desea ver todos los AMEF desarrollados ver Apéndice D.

7.3. Apartado de Análisis

Luego de desarrollar toda la etapa, esta señala que existen modos de falla para los que no existe un control o simplemente no hay un esfuerzo en resolver la causa raíz del problema, sino que el enfoque va dirigido hacia minimizar y/o evitar los efectos de ciertos eventos. Esto se ve reflejado en los equipos en los que hay posibilidad de existencia de fugas y consecuentemente una pérdida de producción. En ellos, la tarea principal actual es limpiar y recoger el material que se escapó de los equipos, para posteriormente hacerlo parte nuevamente del proceso.

De igual manera, las intervenciones periódicas que actualmente se promueven, no tienen ningún tipo de control ni registro, lo que deja un vacío referente a la hoja de vida de los equipos y a un seguimiento de recambio de piezas, tipo de intervenciones, tiempos empleados, costos directos o indirectos, evidencias del antes-después y un posible control de indicadores de gestión.

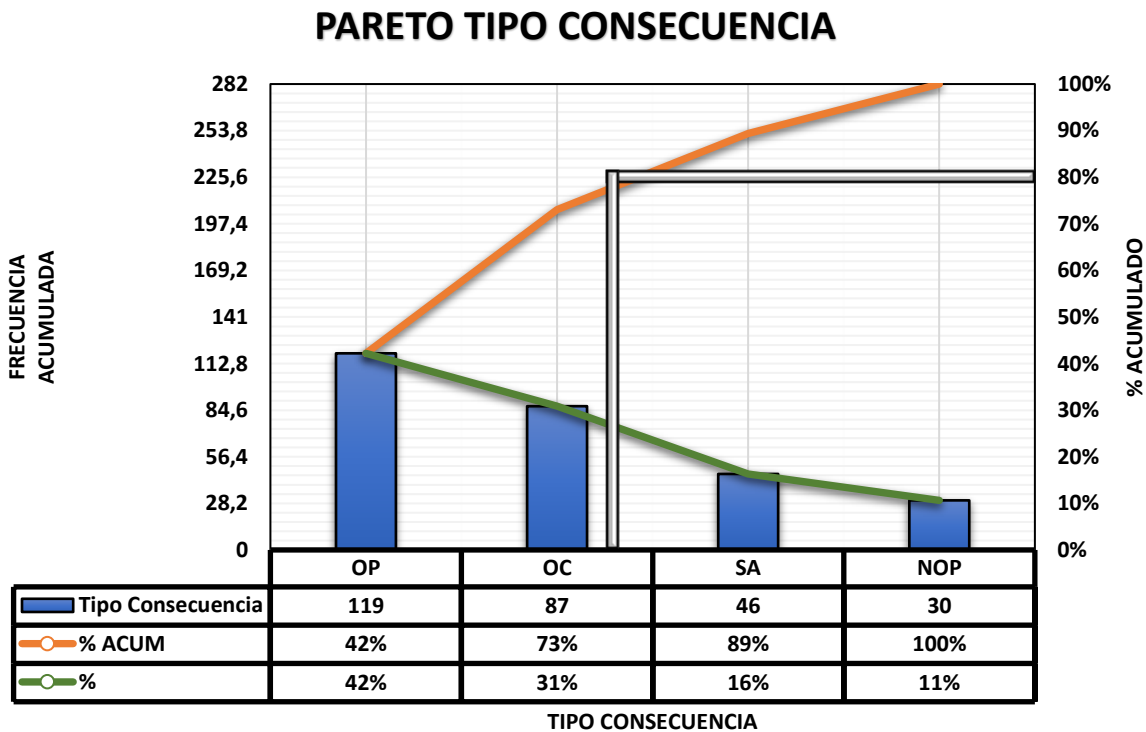
El hecho de que exista una gran cantidad de Motores Eléctricos que alimenten la gran mayoría de equipos, genera una necesidad directa de ejecutar inspecciones eléctricas oportunas. Dada la dependencia eléctrica para operar eficientemente, estas deben hacerse de manera periódica y enfocadas en prevenir averías de los propios Motores, un mal funcionamiento de los equipos a los que estos alimentan y, por ende, afectaciones a la calidad del proceso y del producto terminado.

La información técnica, operativa y la referente a fechas de adquisición de equipos, recambio de repuestos, modificación en la estructura de los equipos y tareas realizadas durante las paradas programadas, son datos recordados por la memoria del jefe de la planta. Esto se presta para posibles olvidos, confusión de rangos operativos, de fechas de adquisición y de intervenciones. Consecuentemente acarrea con un desentendimiento de la vida útil de los equipos, de los ítems mantenibles que ya han sido reemplazados, modificados o que incluso se encuentran operando.

Con el desarrollo y aplicación de la metodología AMEF en todos los activos críticos expuesto en el apéndice D, se extrae información valiosa que fundamenta las decisiones a tomar acerca de todos y cada uno de los equipos. En la figura 36 se evalúa de manera cuantitativa los tipos de consecuencias que se presentan por medio del siguiente análisis de Pareto.

Figura 36.

Pareto por Tipo de Consecuencia.



Nota. Se muestran los diferentes tipos de consecuencias a lo largo de la figura con su respectiva frecuencia, además del porcentaje de cada una de ellas en el conteo global y el porcentaje acumulado de estas.

Como primera medida para estos análisis de Pareto se tienen en cuenta solo las fallas con mayor NPR, a manera de filtrar y tener en cuenta los tipos de falla con mayor impacto o criticidad.

En base a las consecuencias evidenciadas, se logra entender que el 73 % de las consecuencias son de tipo operacionales y ocultas. Esto quiere decir, que la gran mayoría de fallas afectan la producción, la calidad del producto pudiendo llegar a parar el equipo y/o la planta, y además, que

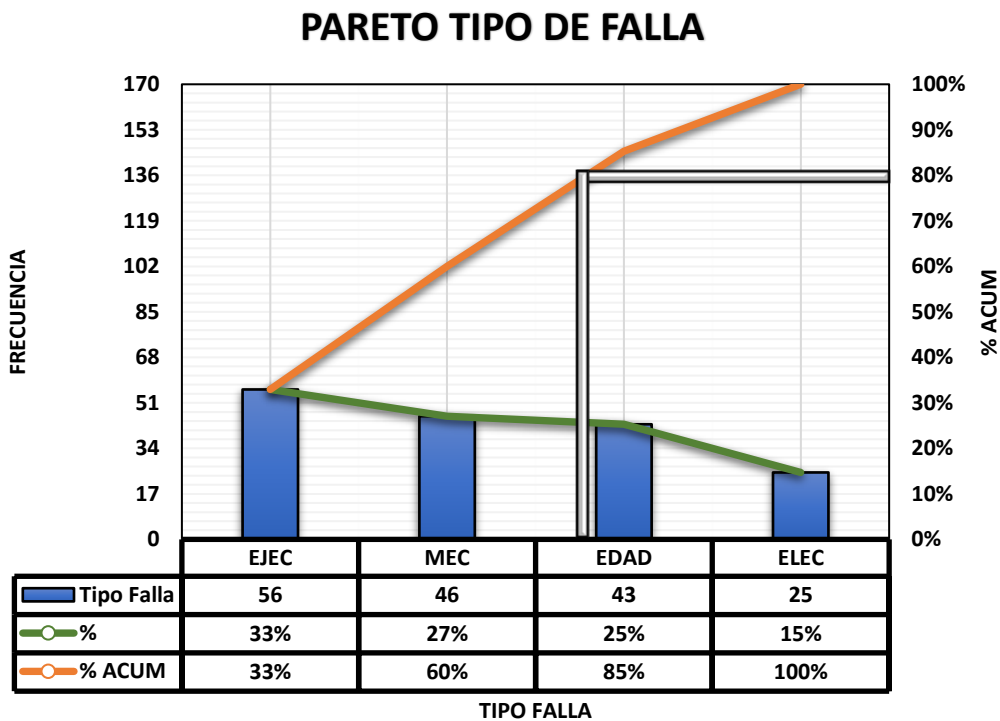
un 31% de las consecuencias no son perceptibles hasta que se presente un inconveniente mayor en la planta o hasta que se inspeccione.

Para evitar estos tipos de consecuencias, se requiere un seguimiento y conocimiento de los rangos operativos de los equipos más críticos, además ejecutar intervenciones bajo intervalos eficientes que arrojen datos que nutran los históricos de falla, capacitar al personal acerca de los procedimientos a seguir cuando ocurra un evento y poseer un manejo eficiente de repuestos para cuando existan paradas inesperadas.

Ahora, en la figura 37 se establece por medio de un segundo Pareto, el 80% de los tipos de falla más recurrentes, cabe recordar que esta información fue obtenida gracias a los análisis AMEF expuestos en el Apéndice D.

Figura 37.

Pareto por Tipo de Falla.



Nota. Se muestran los diferentes tipos de falla con su respectiva frecuencia, además del porcentaje de cada una de ellas en el conteo global y el porcentaje acumulado de estas.

Como se observa, el 33% de los tipos de falla son en materia de Ejecución de mantenimiento, instalaciones y errores humanos. El segundo ítem más repetido equivalente al 27% del total, abarca las fallas de tipo mecánico; cuando el componente falla, se deteriora o desgasta impidiendo y/o limitando el funcionamiento óptimo del equipo.

Esto se soluciona en gran parte capacitando al personal para evitar selecciones inequívocas de componentes que han fallado y montajes erróneos que presenten problemas de alineación, así como mediante una programación de intervenciones de lubricación eficientes y de calidad, y un manejo competente sobre los recursos, llevando registros cada que se realicen intervenciones, reparaciones e inspecciones.

Además, la implementación y el correcto llenado de los formatos que se desarrollen es vital para mantener actualizado el estado de la planta, lo que permite medir cuantitativamente el estado actual de la instalación por medio de la evolución de indicadores de gestión.

Así mismo, es primordial promover controles específicos cada que se realice una tarea de mantenimiento, con el fin de nutrir los formatos con información relevante que a futuro sirvan para una toma de decisiones eficiente y oportuna en temas de producción y mantenimiento.

Estos análisis resultan pertinentes para llegar a la etapa final, ya que arroja las tareas necesarias para mantener y promover la confiabilidad de los equipos, para así lograr evitar paradas de planta imprevistas. Esto se logra luego de recorrer todas las etapas necesarias por medio de análisis cuantitativos de todos y cada uno de los equipos y sistemas de la planta.

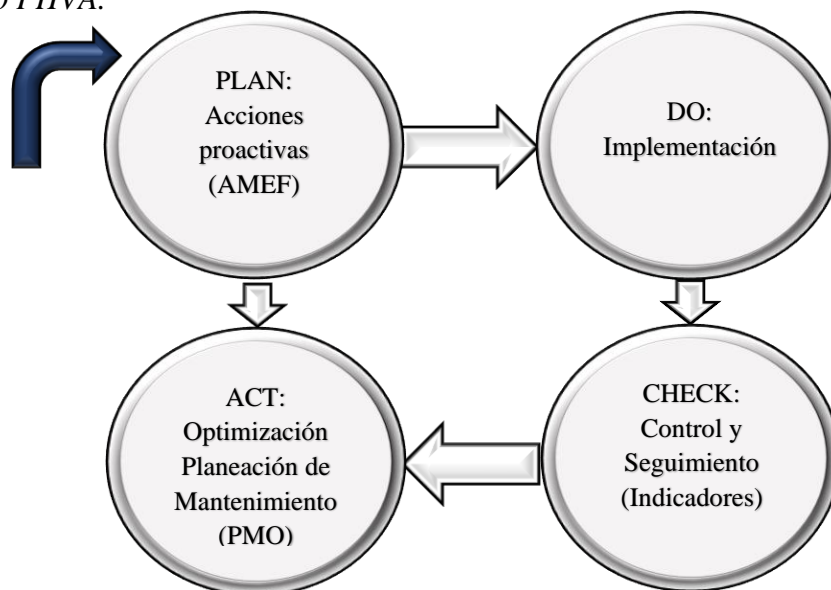
La consecución a partir de ahora sigue el ciclo lógico “PHVA” (Planear, Hacer, Verificar, Actuar) o “PDCA” en inglés (Plan, Do, Check, Act).

- Planear: Se programa y organiza el plan de mantenimiento por medio de las acciones preventivas encontradas en el AMEF, ellas destinadas a la mejora de la actual gestión.

- **Hacer:** Se llevan a cabo e implementan las actividades en la frecuencia establecida de la propuesta de la nueva gestión.
- **Verificar:** Es recomendable poseer un registro de cómo impacta la nueva gestión a los equipos y componentes. Para ello se hace uso de un control de indicadores estratégicos, con el fin de comprobar el buen hacer de las actividades propuestas.
- **Actuar:** En base a los resultados obtenidos de la anterior fase, se procede a tomar acción para volver más eficiente la programación de intervenciones; sea eliminando tareas redundantes, variando la frecuencia de ellas, etc.

Figura 38.

Ciclo Lógico PHVA.



8. Implementación de RCM

Una vez desarrolladas las etapas de jerarquización, se procede a organizar y formalizar los resultados dentro de documentos y formatos destinados a desarrollar controles eficientes de la

nueva gestión. A continuación, se muestra el cronograma de mantenimiento de los equipos más críticos y de sus modos de falla de más representativos bajo un formato establecido.

8.1.Cronograma de Mantenimiento

Este es el resultado de la recopilación de todas las etapas antes desarrolladas, aquí se resume en gran medida la nueva gestión a implementar. Se tienen en cuenta los equipos más críticos y los modos de falla de mayor impacto junto a las tareas programadas para evitarlas.

En las figuras 39 y 40, se muestra el formato desarrollado y las tareas de mantenimiento correspondientes, este se divide en periodos de semanas y meses donde se rellena con el color la frecuencia respectiva. Se le asigna el código alfanumérico “F03” y contiene los siguientes ítems:

- Equipo: Se rellena con el nombre del equipo a evaluar.
- Tarea: Se establecen las tareas de mantenimiento antes mencionadas. Por ejemplo: Tareas de lubricación, inspecciones, recambio de piezas, limpiezas, intervenciones de sellado, etc.
- Tipo de tarea: Depende si es una tarea de inspecciones o si consiste en un recambio de piezas periódico. Además, se establece la frecuencia de estas tareas.
- Frecuencia de tareas: Estas poseen los siguientes códigos y pueden ser realizadas cada cambio de turno (T), diariamente (D), de manera semanal (W), mensual (M), trimestral (3M), semestral (6M), anual (A) y bianual (2A).

En la figura 39 se muestra el cronograma tanto de intervenciones como de inspecciones de los Bancos de Cilindros.

Para observar todo el cronograma, diríjase al Apéndice E.

8.2. Apartado de Análisis

Luego de llevarse a cabo, esta fase indica que la gran mayoría de tareas son de tipo inspección y con una frecuencia semanal, ya que así se considera viable para la consecución eficiente del plan. De esta manera, pasa suficiente tiempo como para evaluar de nuevo ciertos parámetros operativos.

Así mismo, existen tareas de recambio en las que solo se interviene cuando el componente se deteriore hasta el punto de no cumplir o perder casi en su totalidad su función operativa. Estas se consideran de tipo correr a la falla ya que su recambio periódico resulta costoso, también puede procederse a una re-manufacturación del propio componente, lo que abarata su mantenimiento.

Las limpiezas generales e inspecciones de calidad del producto son fundamentales para determinar en gran parte la condición operativa de los equipos, ya que la calidad de la materia prima depende directamente del buen funcionamiento de estos.

Adicionalmente las inspecciones visuales, de niveles de ruido y de alineación son tareas vitales en materia de posibles fallas prematuras ocasionados por malos montajes o mala selección de equipos y/o componentes. Estas deben ser rigurosamente realizadas en intervalos preestablecidos desde que se adquiere el activo.

Las intervenciones de lubricación se realizan sea periódicamente o cuando se intervenga el equipo para una inspección más rigurosa. La compra de los lubricantes o grasa, el proveedor, el registro de las intervenciones y el tipo de este es fundamental para conocer la calidad del producto y alargar el tiempo operativo luego de la lubricación. De igual manera, los repuestos de transmisiones necesitan estar lubricados bajo recomendación del fabricante para así, evitar pérdidas de calidad del material en forma de corrosión y abrasión.

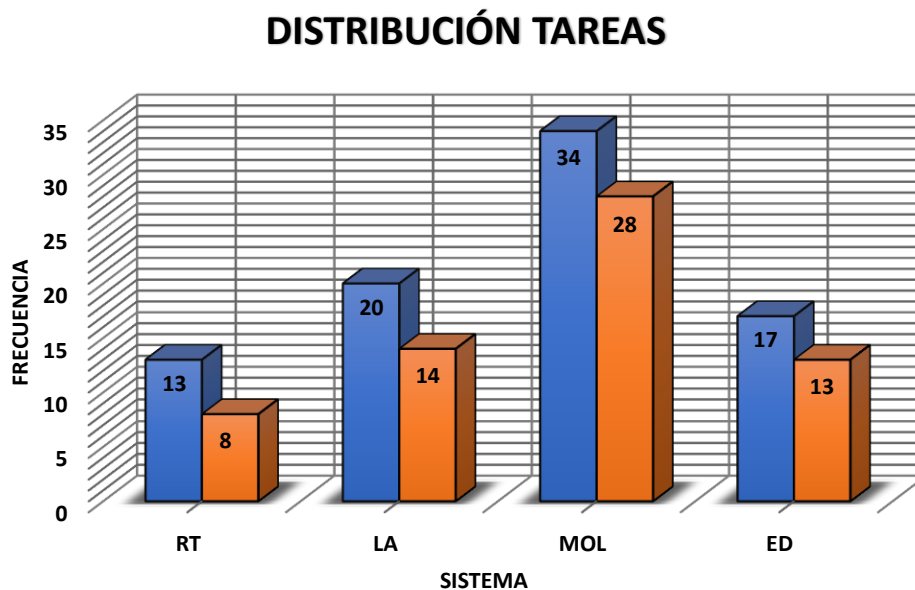
También, las intervenciones de buen sellado se deben hacer periódicamente, ya que las fugas son las principales causantes de la pérdida de producción, además de permitir el contacto de contaminantes externos con la materia prima afectando la calidad del producto.

Para efectuar las inspecciones eléctricas se requiere conocer los planos eléctricos y trabajos de remodelación para de manera segura abarcar la revisión de conexiones, balances de tensión, sobrecalentamientos, medidas de la corriente en fases y estado óptimo de los tableros eléctricos.

La distribución del tipo de tarea es relevante mostrar para conocer cómo se destinarán los recursos y la eficiencia de la nueva gestión en cuanto a presupuestos, en la figura 41 se muestra.

Figura 41.

Distribución de Tareas



El gráfico muestra que sin importar el sistema tratado predominan las tareas de inspección sobre las de recambio de componentes. Esto quiere decir que por el momento son más importantes las acciones de observación del estado de los equipos que las de intervenir para reparar o sustituir piezas, lo que da un buen indicio acerca de la ideología y metodología a implementar, basada en prevenir fallas a lo que dé lugar y solo si es requerido, realizar recambios de componentes.

El sistema que más requiere tareas; de inspección o recambio, es aquel con mayor cantidad de equipos; el de Molienda, seguido por el de Limpieza y Acondicionamiento.

Sin embargo, las acciones de recambio no solo incluyen tareas de recambio de piezas, sino también de intervención sobre el equipo como lubricaciones, intervenciones de buen sellado y limpieza; actividades con muy bajo costo de implementación.

8.3.Formatos, Fichas e Instructivos

Los formatos e instructivos creados e implementados según la ISO 9001-2015, deben poseer un código que los identifique en la nueva gestión de mantenimiento (ICONTEC, 2015). Esta codificación sólo es aplicada a formatos de uso compartido y consulta de terceros, por lo tanto, formatos de análisis de criticidad y de AMEF (modo y efectos de falla) no entran dentro de este apartado. Se implementa la siguiente codificación.

Nombre Empresa - # - XXXX – XX .

- Nombre de la Empresa: *MSM* será el preestablecido por las siglas de la empresa; Molino San Miguel S.A.S.
- #: Código alfanumérico, este depende si es un formato o un instructivo técnico y si se trata de una nueva versión o una modificada. Por ejemplo: “F01”, “IT01”.
- XXXX: Año de creación, por ejemplo: “2021”.
- XX: Mes de implementación, por ejemplo: “04” si es abril.

Para efectos prácticos, dentro del formato sólo estará presente el código alfanumérico correspondiente.

Si desea observar el desarrollo y la implementación de los diferentes formatos, fichas e instructivos diríjase a los Apéndices F-J.

8.3.1. Fichas Técnicas.

Se desarrolla el formato de ficha técnica que se implementa en todos los tipos de equipos que anteriormente tuvieron concepto de ser Muy Críticos.

El formato posee ítems relevantes que se deben tener en cuenta para una eficiente gestión, ya que aporta información técnica fundamental a la hora de tratar sobre repuestos, partes mantenibles, rangos operativos, el fabricante, características físicas, codificación e incluso fechas de mantenimiento. Este fue propiamente desarrollado en base a lineamientos técnicos, con el fin de registrar la información en formatos estandarizados para todos los equipos de alto impacto.

Figura 42.

Formato Ficha Técnica.

		MOLINO SAN MIGUEL S.A.S					
		FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS					
		INFORMACIÓN TÉCNICA Y OPERATIVA					
Fecha Última Versión: 15/03/2021			Código: F01		Versión: 02		
Realizado por:		Moreno, Julián		Fecha: 15/03/2021		Pág. 1/1	
MAQUINA		UBICACIÓN					
FABRICANTE		SECCIÓN					
MODELO		CÓDIGO INVENTARIO					
MARCA							
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
PESO	-	ANCHO	-	ALTURA	LARGO	-	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			FOTO DE LA MAQUINA				
FUNCIÓN							
MANTENIMIENTO							
FECHA							
OBSERVACIONES							

Para observar las fichas técnicas diríjase al Apéndice F.


Para observar las fichas de inspecciones ver Apéndice I.

8.3.5. Instructivos de Formatos

La creación de formatos implica conocer como llenarlos. El instructivo para llenar los correspondientes formatos tiene la siguiente forma.

Figura 44.

Formato de Instructivos.

	MOLINO SAN MIGUEL S.A.S		
	INSTRUCTIVO DE FICHA DE INSPECCIONES		
	BITÁCORA PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS		
Fecha Última Versión: 30/03/2021		Código: I03	Versión: 01
Realizado por:	Moreno, Julián	Fecha: 30/03/2021	Pág. 1/1
<u>RECOMENDACIONES GENERALES</u>			
<u>INSTRUCCIONES</u>			

Si desea ver los Instructivos diríjase al apéndice J.

8.4. Digitalización de la Información

Con el fin de evitar alto uso y desperdicios de papel con los formatos de las hojas de vida y ordenes de trabajo, se implementa una nueva alternativa más amigable con el medio ambiente. Para la gran mayoría de documentos se creó su versión digital, dando su acceso y posterior manipulación por medio de la red.

Esta alternativa consiste en el desarrollo y uso de códigos QR que redirijan a la información y llenado de formatos de manera digital. Esta propuesta funcionó de manera eficiente, siendo aceptada y vista con buenos ojos por los responsables de mantenimiento de la empresa.

La metodología para el desarrollo de esta alternativa fue la siguiente:

- Digitalización de la información en documentos de tipo pdf.
- Almacenamiento de esta información en una plataforma en la nube; Google Drive.
- Creación de códigos QR por medio de una página de internet.
- Impresión y distribución de los códigos por puntos estratégicos de la planta de producción.

El modelo que se imprimió y se tuvo en cuenta fue el siguiente.

Figura 45.

Modelo Impreso y Pegado de Códigos QR.



9. Control, Seguimiento y Resultados de la Nueva Gestión

Como ya se planteó, es indispensable llevar un seguimiento de la evolución de la gestión actual, la manera más eficiente es cuantificando la nueva gestión por medio de indicadores que revelen el comportamiento de la planta de producción.

Este control es efectivo gracias a los formatos desarrollados y entregados al personal, además, gracias al almacenamiento en la nube de los datos que brindan los operarios en los formularios, se procede a llevar el control necesario de los tiempos operativos de los equipos de mayor criticidad.

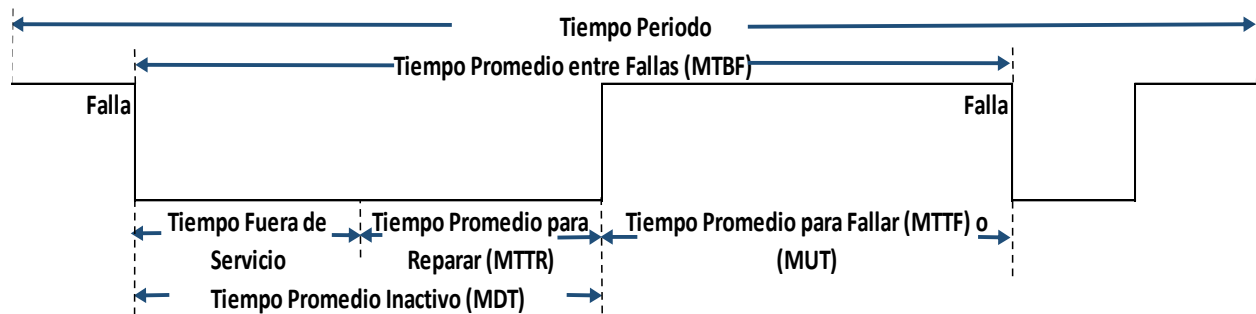
Para esto se dispone el uso de Microsoft Excel como fuente de tratamiento de datos, así como para el control de los indicadores.

9.1. Indicadores y Parámetros

Se detallan nuevamente, las fórmulas relacionadas a los Indicadores junto a los parámetros que inciden sobre ellos. Para ello, la figura 46 fue modificada para un mejor entendimiento, la cual expone la distribución de estos parámetros.

Figura 46.

Tiempos Operativos.



Nota. Tomado y Adaptado de *Tiempos de mantenimiento* [Figura], por Jimenez, A. , Mantenimiento LA;

Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad, entendiendo sus diferencias, 2011, Mantenimiento LA.

(<https://maintenancela.blogspot.com/2011/10/confiabilidad-disponibilidad-y.html>).

9.1.1. Mean Time Between Failures (MTBF)

$$MTBF = \frac{\text{Horas totales de periodo analizado}}{\text{Nro de averías}} \quad (4)$$

9.1.2. Mean Time To Repair (MTTR)

$$MTTR = \frac{\text{Horas empleadas en reparar}}{\text{Nro de averías}} \quad (5)$$

9.1.3. Mean Time To Failure (MTTF)

$$MTTF = MTBF - MDT \quad (6)$$

9.1.4. Mean Down Time (MDT)

$$MDT = (TFS *) + MTTR \quad (7)$$

*TFS: Tiempo Fuera de Servicio.

9.1.5. Availability (D)

$$D = \frac{\text{Tiempo de operación (h)}}{\text{Tiempo programado(h)} + \text{Tiempo indisponible (h)}} = \frac{MTBF}{MTBF + MDT} \quad (8)$$

La figura 47 muestra la distribución de los tiempos y de la producción de manera más gráfica, ella fue extraída de la referencia citada con ciertas modificaciones.

Figura 47.

Indicadores y Distribución.

INDICADOR	TIEMPO TOTAL DISPONIBLE		
	Tiempo programado de Producción (A)		Paradas programadas
Disponibilidad (B/A)	Tiempo de operación (B)		Paradas no programadas
Rendimiento (D/C)	Producción en Tiempo de operación (C)		
	Producción prevista (D)		Pérdidas
Calidad (E/D)	Producción real (E)	Pérdidas	
OEE			

Nota. Tomado y Adaptado de *Calcular OEE* [Figura], por Sistemas OEE – Technology To Improve, 2016, Sistemas OEE (<https://www.sistemasoe.com/calcular-oe/>).

9.1.6. Rendimiento (R)

$$R = \frac{\text{Producción prevista}}{\text{Producción en tiempo de operación}} \quad (9)$$

9.1.7. Calidad (C)

$$C = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción prevista}} \quad (10)$$

9.1.8. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

$$OEE = D \times R \times C \quad (11)$$

Este valor requiere ser clasificado para obtener criterios más aproximados sobre la situación de la planta. La tabla 25 se tomó de la referencia citada y fue adaptada.

Tabla 25.*Categorías OEE.*

OEE	Calificativo	Criterio
OEE < 64%	Inaceptable	Se producen importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad.
65% < OEE < 74%	Regular	Es aceptable solo si se está en proceso de mejora. Se producen pérdidas económicas. Baja competitividad.
75% < OEE < 84%	Aceptable	Debe continuar la mejora para alcanzar una buena valoración. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85% < OEE < 94%	Buena	Entra en valores de Clase Mundial. Buena competitividad.
OEE > 95%	Excelente	Valores de Clase Mundial. Alta competitividad.

Nota. Tomado y Adaptado de *¿Cómo interpretar el valor del OEE?* [Tabla], por Salazar, B. , 2019, Ingeniería Industrial Online (<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-mantenimiento/eficiencia-global-de-los-equipos-oe/>).

9.2.Resultados Obtenidos de Indicadores

Por su excelente aplicación en bases de datos, se hace uso de Microsoft Excel para evaluar la evolución de los tiempos operativos.

En este apartado se muestra el comportamiento de cada uno de los Indicadores a lo largo de nueve semanas de implementación de la nueva gestión, este se llevó a cabo a partir de la segunda semana de abril y concluyó en la segunda semana de junio, La columna “Semana”, indica el número de semana del mes determinado. Estos datos se obtuvieron a partir de una recopilación de información semanal de manera digital por medio de códigos QR, que redirigen a los formatos desarrollados en los apéndices nombrados, cada que se presentaba una falla o intervención.

Se anexa un pantallazo de la hoja de cálculo de los registros obtenidos hasta la fecha como soporte. Los datos de producción y de tiempos programados fueron facilitados por la empresa.

Figura 48.

Soporte de recopilación de información.

Marca temporal	Solicitado por:	Realizado por:	Código Equipo	Tipo de Mantenimiento	Tipo Trabajo	Tiempo Fuera de Servicio (horas)	Tiempo de Reparación (horas)	Cantidad Personal	Costo Reparaciones (\$)	Observaciones adicionales
14/04/2021 14:08	José Flórez	José Flórez	ET1	Correctivo	Mecánico	2	1	1	\$ 280.000	260 cent de cadena 80 marca skf
16/04/2021 7:05	José Flórez	José Flórez	CEPM-3	Preventivo	Mecánico	12	2	1	\$ 110.000	Dos rodamientos 6206 skf y dos correas V77
16/04/2021 7:09	José Flórez	José Flórez	ML-01	Correctivo	Mecánico	1	1	1	\$ 160.000	
22/04/2021 6:46	José Flórez	José Flórez	ET3	Preventivo	Mecánico	3	1	1	\$ 220.000	Compras tolva de entrada y tolva de salida
22/04/2021 6:52	José Flórez	Omar	PS01	Correctivo	Mecánico	1	1	2	\$ 12.000	Silicona para tapar filtracion
26/04/2021 9:03	José Flórez	José Flórez	VPUR-3	Preventivo	Mecánico	2	1	2	\$ 50.000	Dos rodamientos 6206 marca skf
27/04/2021 18:29	José Flórez	José Flórez	PS02	Correctivo	Cambio de marco de ajuste de zarandas	1	1	2	\$ 60.000	Fabricación del marco
5/05/2021 15:22	José Flórez	Oscar Silva	CEPS-3	Correctivo	Mecánico	5	4	1	\$ 651.406	Cambio de Banda S390 de 4625x90
7/05/2021 9:24	José Flórez	José Flórez	ZL-3	Correctivo	Mecánico	1	2	1	\$ 100.000	Se cambió un colgante
10/05/2021 11:27	José Flórez	José Flórez	EMP-1	Correctivo	Eléctrico	1	1	1	\$ 55.000	Cambio de resistencia del sello vertical
19/05/2021 8:05	José Flórez	Motores y motores	RV4-3	Correctivo	Eléctrico	12	3	2	\$ 400.000	Se embobinó y cambió rodamientos del motor
26/05/2021 6:45	José Flórez	José Flórez	PS01	Correctivo	Eléctrico	1	2	1	\$ 1.300.000	Se cambió el motor de 4 HF y 1200 rpm
30/05/2021 7:27	José Flórez	José Flórez	T11	Correctivo	Mecánico	1	2	1	\$ 8.500.000	Banda cruzada de 4760 mm x 90 mm
3/06/2021 11:10	José Flórez	José Flórez	PS01	Correctivo	Cambio de tela de la zaranda	1	1	2	\$ 150.000	Cambio de tela Cernidor
11/06/2021 9:23	José Flórez	José Flórez	RT7	Correctivo	Mecánico	1	2	1	\$ -	Se tensionó la cadena

9.2.1. MTBF

Tabla 26.

Evolución MTBF.

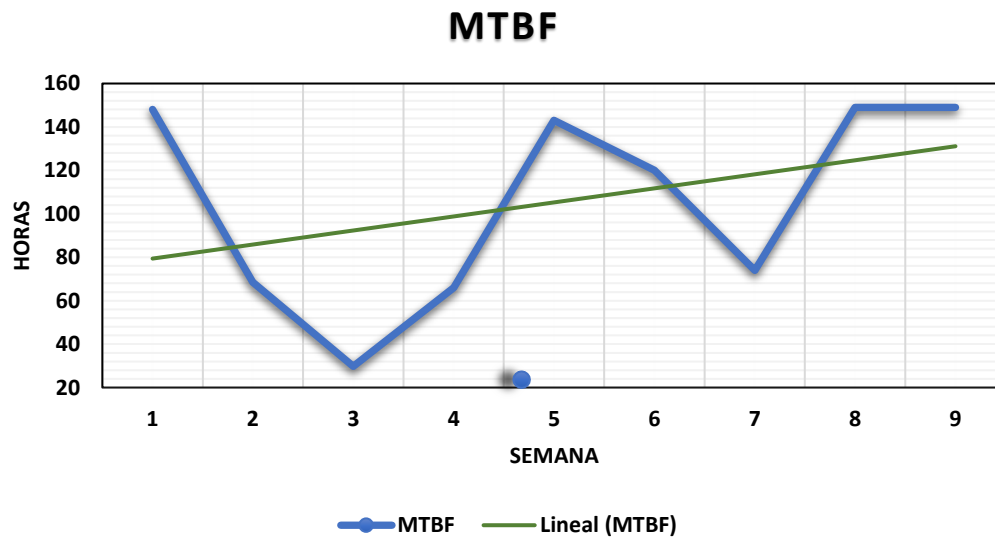
Mes	Semana	Tiempo programado (h)	Tiempo Indisponible (h)	Nro. Averías	MTBF (h)
Abril	2	150	2	1	148
Abril	3	150	13	2	68,5
Abril	4	126	7	4	29,75
Mayo	1	138	6	2	66

Continuación de la tabla 26.

Mes	Semana	Tiempo programado (h)	Tiempo Indisponible (h)	Nro. Averías	MTBF (h)
Mayo	2	144	1	1	143
Mayo	3	132	12	1	120
Mayo	4	150	2	2	74
Junio	1	150	1	1	149
Junio	2	150	1	1	149

Figura 49.

Evolución MTBF.

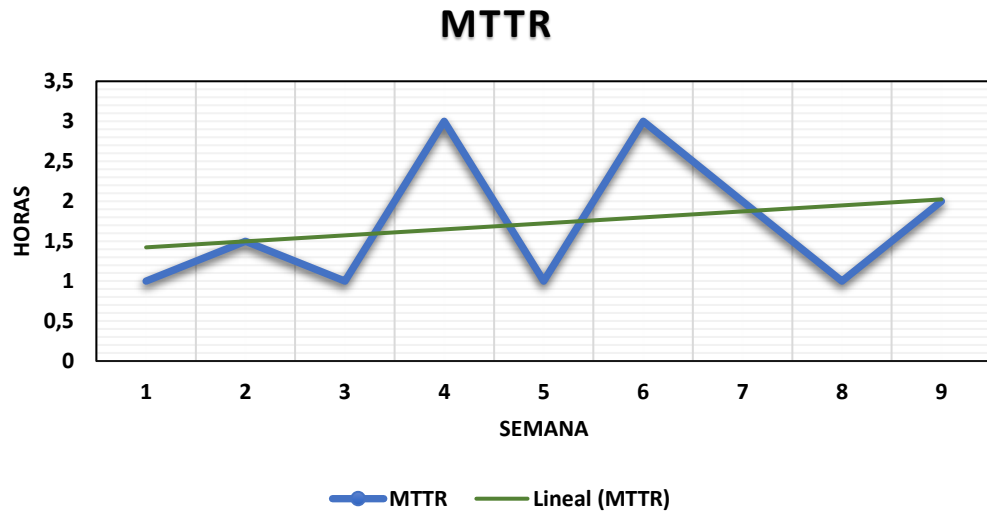


9.2.2. MTTR

Tabla 27.

Evolución MTTR.

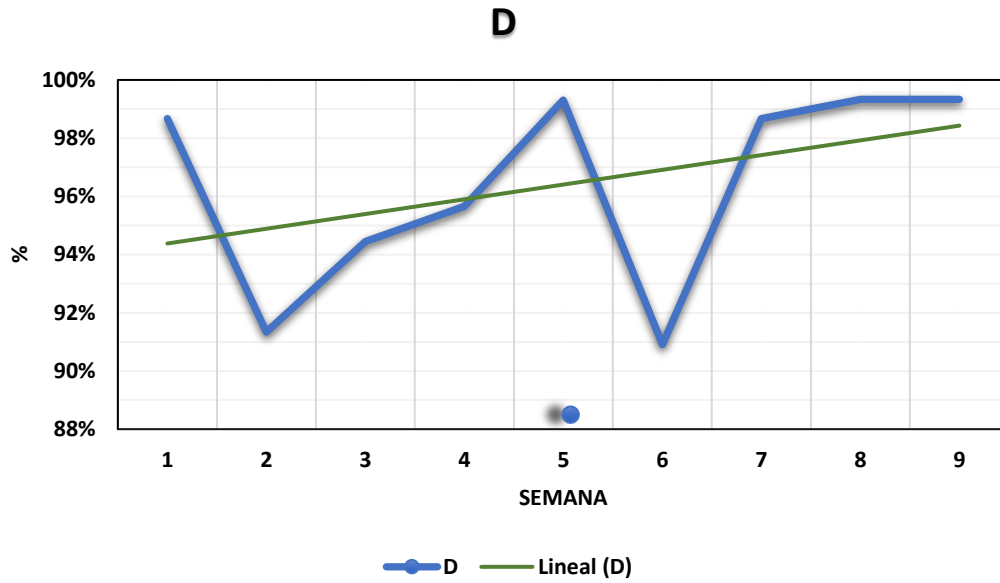
Mes	Semana	Tiempo de reparación (h)	Nro. Averías	MTTR (h)
Abril	2	1	1	1
Abril	3	3	2	1,5
Abril	4	4	4	1
Mayo	1	6	2	3
Mayo	2	1	1	1
Mayo	3	3	1	3
Mayo	4	4	2	2
Junio	1	1	1	1
Junio	2	2	1	2

Figura 50.*Evolución MTTR.***9.2.3. D****Tabla 28.***Evolución Disponibilidad.*

Mes	Semana	MTBF (h)	MDT (h)	MTTF (h)	D
Abril	2	148	2	146	98,67%
Abril	3	68,5	6,5	62	91,33%
Abril	4	29,75	1,75	28	94,44%
Mayo	1	66	3	63	95,65%
Mayo	2	143	1	142	99,31%
Mayo	3	120	12	108	90,91%
Mayo	4	74	1	73	98,67%
Junio	1	149	1	148	99,33%
Junio	2	149	1	148	99,33%

Figura 51.

Evolución Disponibilidad.



9.2.4. R

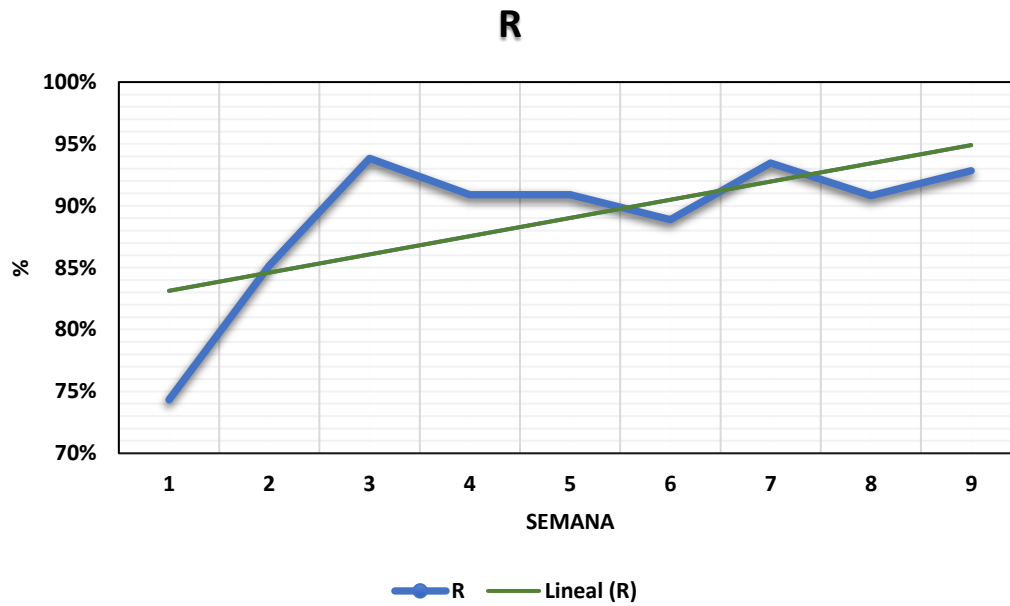
Tabla 29.

Evolución Rendimiento.

Mes	Semana	MTBF (h)	Producción en tiempo de operación (Tonsxh)	Producción teórica (Tonsxh)	R
Abril	2	148	330	444	74,32%
Abril	3	137	350	411	85,16%
Abril	4	119	335	357	93,84%
Mayo	1	132	360	396	90,91%
Mayo	2	143	390	429	90,91%
Mayo	3	120	320	360	88,89%
Mayo	4	148	415	444	93,47%
Junio	1	149	406	447	90,83%
Junio	2	149	415	447	92,84%

Figura 52.

Evolución Rendimiento.



9.2.5. C

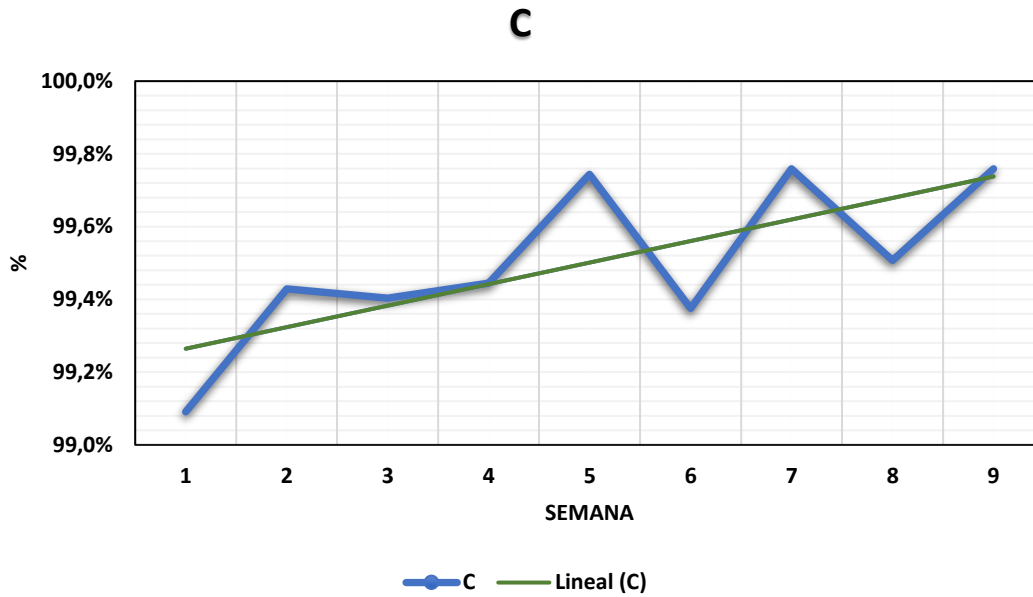
Tabla 30.

Evolución Calidad.

Mes	Semana	Producción prevista(Tons)	Pérdidas (Tons)	Producción real (Tons)	C
Abril	2	330	3	327	99,09%
Abril	3	350	2	348	99,43%
Abril	4	335	2	333	99,40%
Mayo	1	360	2	358	99,44%
Mayo	2	390	1	389	99,74%
Mayo	3	320	2	318	99,38%
Mayo	4	415	1	414	99,76%
Junio	1	406	2	404	99,51%
Junio	2	415	1	414	99,76%

Figura 53.

Evolución Calidad.

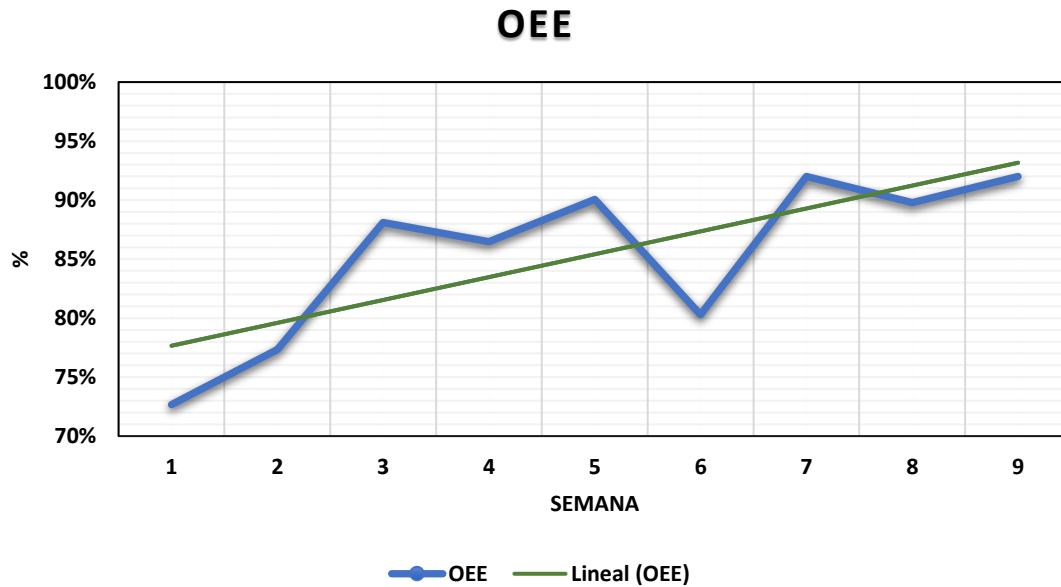


9.2.6. OEE

Tabla 31.

Evolución OEE.

Mes	Semana	OEE
Abril	2	72,67%
Abril	3	77,33%
Abril	4	88,10%
Mayo	1	86,47%
Mayo	2	90,05%
Mayo	3	80,30%
Mayo	4	92,00%
Junio	1	89,78%
Junio	2	92,00%

Figura 54.*Evolución OEE.*

Se obtienen progresos significativos a lo largo de las nueve semanas en casi todos los Indicadores, ello indica la eficacia de la nueva gestión; basada en los análisis lógicos antes mostrados, en la planificación y ejecución de las nuevas técnicas, así como en la gerencia de la información obtenida tras cada intervención. Además, se llega a niveles de clase Mundial en términos del OEE con tendencia a permanecer en estos rangos de efectividad.

9.3. Resultados Obtenidos de Auditoría Posterior a la Implementación

Para corroborar el buen hacer de la nueva gestión, se procede a ejecutar nuevamente una auditoría semicuantitativa con los mismos parámetros y áreas de evaluación que se implementó en la primera etapa de caracterización. Esto para comparar el estado inicial en el cual se recibió la gestión y el punto en el que se deja luego de realizadas las etapas anteriores. A partir de la tabla 32 a la 36, se evalúa la auditoría entre el autor del documento y el jefe de la planta.

Tabla 32.*Puntuación Nueva de Recursos Gerenciales.*

Recursos Gerenciales				
#	Factores a evaluar	1	2	3
1.	¿Usted siente que mantenimiento está dotado para realizar su trabajo?		x	
2.	¿La estructura completa del mantenimiento parece ser lógica y favorece al cumplimiento de las actividades de mantenimiento?			x
3.	¿La organización ayuda a eliminar las barreras que el mantenedor encuentra en su trabajo y de las cuales no tiene control?		x	
4.	¿La gerencia estimula al mantenimiento a alcanzar las metas de producción?		x	
5.	¿La gerencia estimula a producción a que ayude a mantenimiento en la realización de sus actividades?		x	
6.	¿Se desarrollan equipos de trabajo (mantenimiento y producción), para resolver tópicos que afectan a ambos departamentos?		x	
7.	¿La gerencia estimula al personal de mantenimiento (mecánicos, eléctricos...) y a los operadores a que trabajen juntos en la resolución de problemas que afectan la disponibilidad de sus procesos?	x		
8.	¿El personal de mantenimiento posee las habilidades necesarias para realizar sus trabajos?			x
9.	¿Los trabajadores en general han recibido el adiestramiento adecuado en sus áreas de trabajo?		x	
10.	¿La gerencia involucra al personal de mantenimiento en la definición de sus objetivos y metas a cumplir?	x		
11.	¿La gerencia revisa y hace seguimiento a los objetivos de la planta en reuniones de trabajo con el personal de mantenimiento y operaciones?	x		
12.	¿Los objetivos del mantenimiento están alineados con la visión y misión del negocio?			x
Puntuación total por criterio		3	14	6
Puntuación total		23		

Tabla 33.*Puntuación Nueva de Gerencia de Información.*

Gerencia de Información				
#	Factores a evaluar	1	2	3
13.	¿La organización utiliza un sistema computarizado de gestión del mantenimiento (SCGM)?		x	
14.	¿Está cada componente identificado, codificado y asociado a un sistema dentro de toda la planta?			x
15.	¿La organización mantiene actualizado el SCGM?			x
16.	¿Ha sido el personal debidamente entrenado para el uso del SCGM?		x	

Continuación de la tabla 33.

Gerencia de Información				
#	Factores a evaluar	1	2	3
17.	¿La organización mantiene registros precisos de fallas de sus sistemas?			x
18.	¿Están los inventarios de repuestos dentro del SCGM?	x		
19.	¿Se toman decisiones a partir de los reportes generados por el SCGM?		x	
20.	¿La organización estima y le hace seguimiento a los costos de mantenimiento?		x	
21.	¿La organización evalúa los tiempos operativos y fuera de servicio de sus equipos?			x
22.	¿La organización de mantenimiento se compara contra otras organizaciones para medir su desempeño (benchmarking)?		x	
23.	¿El tiempo de realización de actividades de mantenimiento es registrado y evaluado?			x
24.	¿La gerencia de mantenimiento utiliza algún tipo de medida de comparación (costos de mantenimiento/costos de producción)?		x	
Puntuación total por criterio		1	12	15
Puntuación total		28		

Tabla 34.*Puntuación Nueva de Equipos y Técnicas de Mantenimiento.*

Equipos y Técnicas de mantenimiento preventivo-predictivo				
#	Factores a evaluar	1	2	3
25.	¿La organización utiliza órdenes de trabajo para las actividades de MP?		x	
26.	¿Se revisan periódicamente los planes de MP, aumento/descenso, necesidades de adiestramiento, etc.?		x	
27.	¿La organización tiene personal de mantenimiento dedicado exclusivamente a realizar actividades de MP?	x		
28.	¿Los operadores ayudan en las actividades de mantenimiento menor (limpieza, lubricación, ajustes e inspección visual)?			x
29.	¿La organización utiliza técnicas de mantenimiento predictivo (vibración, análisis de aceite, ultrasonido, etc.?)		x	
30.	¿La organización le hace seguimiento a los costos de mantenimiento preventivo y predictivo?			x
31.	¿Los grupos de producción y operaciones permiten que el personal de mantenimiento tenga acceso a los equipos en las fechas estimadas de MP?		x	
32.	¿La organización tiene la cultura de analizar y evitar las fallas repetitivas?		x	

Continuación de la tabla 34.

Equipos y Técnicas de mantenimiento preventivo-predictivo				
#	Factores a evaluar	1	2	3
33.	¿Se incluye al personal de mantenimiento y producción en el proceso de evaluación de equipos nuevos?		x	
34.	¿Se adiestra de forma adecuada a las personas que van a operar los equipos nuevos?			x
35.	¿Se adiestra de forma adecuada a las personas que van a mantener los equipos nuevos?			x
36.	¿La organización hace seguimiento y evalúa los costos de operación y mantenimiento, a lo largo del ciclo de vida de sus activos?		x	
33.	¿Se incluye al personal de mantenimiento y producción en el proceso de evaluación de equipos nuevos?		x	
34.	¿Se adiestra de forma adecuada a las personas que van a operar los equipos nuevos?			x
35.	¿Se adiestra de forma adecuada a las personas que van a mantener los equipos nuevos?			x
36.	¿La organización hace seguimiento y evalúa los costos de operación y mantenimiento, a lo largo del ciclo de vida de sus activos?		x	
Puntuación total por criterio		1	14	12
Puntuación total		27		

Tabla 35.

Puntuación Nueva de Planeación y Control.

Planificación, programación, ejecución y control de mantenimiento.				
#	Factores a evaluar	1	2	3
37.	¿Son priorizadas las actividades de mantenimiento correctivo/preventivo?			x
38.	¿La organización utiliza órdenes de trabajo para las actividades correctivas?		x	
39.	¿Se le hace seguimiento a la ejecución de las actividades de mantenimiento correctivo/preventivo?			x
40.	¿La organización controla el sobre tiempo (tiempo adicional al planificado)?		x	
41.	¿La organización registra la información obtenida por la ejecución de la actividad de mantenimiento (correctiva/preventiva)?			x
42.	¿Son los trabajadores de mantenimiento asignados a las distintas labores en función de sus conocimientos y habilidades?		x	
43.	¿Son las actividades correctivas bien planificadas antes de comenzar a ejecutar el mantenimiento?		x	

Continuación de la tabla 35.

Planificación, programación, ejecución y control de mantenimiento.				
#	Factores a evaluar	1	2	3
44.	¿La organización utiliza planificadores de mantenimiento para preparar el alcance de mantenimientos mayores (shutdowns, overhauls)?	x		
45.	¿La organización utiliza contratistas calificadas para realizar labores de mantenimiento (outsourcing)?		x	
46.	¿La organización participa en la definición de las actividades de trabajo y en la estimación de tiempos de ejecución de los contratistas?		x	
47.	¿Los planificadores de las actividades de mantenimiento tienen en cuenta el impacto (seguridad, ambiente y producción) que tiene el sistema en el cual se va a ejecutar el mantenimiento?		x	
48.	¿Se define el camino crítico de los mantenimientos mayores y se identifican los repuestos críticos?			x
Puntuación total por criterio		1	14	12
Puntuación total		27		

Tabla 36.

Puntuación Nueva de Soporte, Calidad y Motivación.

Soporte, calidad y motivación				
#	Factores a evaluar	1	2	3
49.	¿Están disponibles los repuestos y materiales a la hora de ejecutar actividades de mantenimiento?		x	
50.	¿Está el almacén de repuestos bien organizado y sus tiempos de respuesta son eficientes?		x	
51.	¿Se tiene un buen control sobre la salida y entrada de repuestos al almacén?	x		
52.	¿Se tiene un proceso de cuantificación de stock de repuestos que incluya el criterio del impacto de no tener el repuesto en almacén?		x	
53.	¿Se tienen identificados los tiempos de reposición y los costos de los repuestos?		x	
54.	¿El criterio de rapidez en el desarrollo de las actividades de mantenimiento esta por encima del criterio de calidad?		x	
55.	¿Se tiene un proceso que permita verificar la calidad de las actividades de mantenimiento ejecutadas ?		x	
56.	¿Es la calidad en el área de mantenimiento un objetivo importante?			x
57.	¿Tiene la organización un interés real en satisfacer las diferentes necesidades de sus trabajadores?		x	
58.	¿El buen desempeño de los trabajadores es bien recompensado dentro de la organización (económico - motivacional)?		x	

Continuación de la tabla 36.

Soporte, calidad y motivación				
#	Factores a evaluar	1	2	3
59.	¿El personal de mantenimiento está motivado para realizar su trabajo lo mejor posible?		x	
60.	¿El personal de mantenimiento sigue las políticas y procedimientos de seguridad?		x	
Puntuación total por criterio		1	20	3
Puntuación total		24		

La tabla 37 comprende los nuevos datos arrojados por la auditoria, estos son:

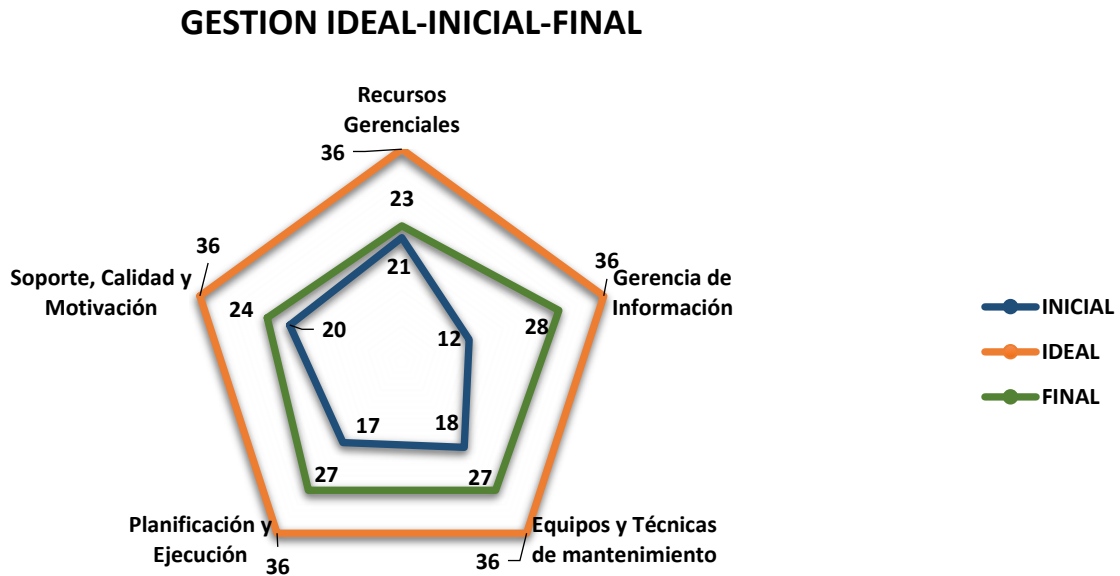
Tabla 37.

Resultados Nuevos de Auditoria.

Resultados por área	Puntaje obtenido	Preguntas con criterio mínimo	Desviación estándar
Recursos Gerenciales	23	3	0,6686
Gerencia de información	28	1	1
Equipos y técnicas de mantenimiento	27	1	0,6216
Planificación y Ejecución	27	1	0,6216
Soporte, calidad y motivación.	24	1	0,4264
Total	129	7	2,1679

El puntaje final obtenido fue 129. Como bien se mencionaron los rangos en los que clasifican las gestiones según Marshall Institute, la ejecución de estas nuevas metodologías la encasilla en la categoría entre 120-139, es decir, “Por arriba del nivel promedio/Nivel aceptable en mantenimiento”.

En la figura 55, se observa el estado inicial, ideal y final luego de la implementación.

Figura 55.*Evolución Gestiones.*

Nota. Los valores iniciales, ideales y finales se identifican por sus respectivos colores.

Se observa una gran mejoría en varias áreas, sobre todo en aquellas en las que se tiene plena incidencia como en la “Gerencia de Información”, “Planificación y Ejecución” y “Equipos y Técnicas de mantenimiento”, no tanto así en los “Recursos Gerenciales” y “Soporte, calidad y motivación”, por motivos de límites en el actuar, ya que son áreas a las que no se tiene acceso y/o la incidencia como practicante es muy pequeña.

El buen manejo y recopilación de la información, el seguimiento de costos de reparaciones y tiempos operativos, así como la correcta planificación de las actividades de inspección y el recambio de los componentes, son varios de los aspectos que influyeron en el nuevo resultado.

De esta manera finalizan las intervenciones en la gestión inicial, logrando grandes cambios en el tratamiento de datos, de modo que a futuro represente información vital en la toma de decisiones.

En muy poco tiempo se lograron avances sustanciales que permitirán a la empresa asentarse en estas bases y proseguir con acciones de mejora que permitan estandarizar la toma de datos.

10. Conclusiones

En relación a lo expuesto en el cuerpo del trabajo, se concluye mencionando puntos álgidos que gracias a su culminación, permiten dar una idea muy clara del éxito de su implementación. A lo largo del desarrollo del proyecto, se buscó que los análisis fueran jerarquizados numéricamente, ya que de no poseer criterios medibles, los focos críticos de la mejora continua no son eficientes.

Primeramente, de acuerdo a los objetivos planteados previamente el estudio fue un éxito.

- Se logró caracterizar la gestión inicial de mantenimiento mediante análisis cualitativos y semi cuantitativos por medio de entrevistas con los encargados del área de mantenimiento. En particular, el semicuantitativo se desarrolló en base a 60 preguntas divididas en cinco (5) áreas, con ponderaciones entre uno (1) y tres (3) dependiendo de su cumplimiento. Al finalizar, se obtuvo un puntaje de 88 de 180 posibles y se comparó con los criterios de la fuente consultada, clasificándola como una gestión deficiente de mantenimiento. Se logró identificar qué áreas se encontraban más susceptibles a cambio; “Gerencia de Información”, “Planificación y Ejecución” y “Equipos y Técnicas de mantenimiento”.

- Los sistemas, subsistemas, equipos y componentes presentes en la planta fueron jerarquizados exitosamente, bajo análisis de parámetros de riesgo numéricos basados en la bibliografía expuesta, teniendo en cuenta las consecuencias operativas y su frecuencia de falla. Primeramente se identificó taxonómicamente cada uno de los sistemas, subsistemas y equipos para su listado y codificación bajo la norma ISO 14224.

El análisis arrojó que 31 del total de 107 equipos fueron clasificados como muy críticos, los cuales representan 12 tipos diferentes; Bancos de cilindros, Plansichter's, Ventiladores de alta y baja presión, Zarandas de trigo, Elevador de Cangilones, Motorreductores, Motores eléctricos de

potencia, Roto-válvulas, Malacate, Silos, Empaquetadora y Entoleter. La profundidad del análisis de criticidad hasta el nivel de componentes se dio en estos tipos de equipos, representando así el grupo piloto de la investigación.

- Los modos y efectos de falla se obtuvieron satisfactoriamente gracias a análisis mecánicos lógicos por medio de la evaluación del funcionamiento operativo de los equipos, y a la consulta a operarios y técnicos con experiencia en los procesos productivos. Se estableció un formato con los ítems pertinentes al análisis y se desarrolló únicamente en base a los equipos seleccionados.

El 85% de los tipos de falla son referentes a la ejecución del mantenimiento, a fallas mecánicas y a la fatiga, es decir; por nula comprobación posterior a la reinstalación, no acompañamiento al estado de los equipos a lo largo de su vida útil, así como por deterioro natural de sus componentes o desgastes acelerados por el mal seguimiento operativo sea por inexperiencia u olvido.

Con respecto a las consecuencias; las de tipo operacional y ocultas, juntas representan el 73 %. Las primeras afectan directamente la producción y calidad del producto, mientras que las segundas; 31% de este, representa un sin número de fallas imperceptibles hasta que se presente una falla mayor o se inspeccione.

Finalmente, es posible implementar las acciones definiendo la frecuencia acorde a sus efectos.

- Se logró recopilar toda la información obtenida; equipos críticos, sus acciones y su frecuencia, en un único formato destinado a llevar el control y registro de la nueva gestión. Así mismo, se llevó a cabo por primera vez en la entidad, la realización de una serie de documentos dirigidos a mantener un registro de la información técnica operativa, así como de las intervenciones e inspecciones como cumplimiento del plan de mantenimiento, mediante una codificación estándar de documentos. Fichas técnicas, Ordenes de trabajo, Hojas de vida, Fichas de inspecciones e Instructivos de llenado de formatos, fueron desarrollados por el autor. A su vez, se promovió la

digitalización de esta documentación para poder acceder vía escaneo de códigos QR por medio de cualquier teléfono móvil, que redirijan a su visualización y/o llenado.

- En la sección resultados, una serie de procedimientos permitieron evaluar la nueva gestión.

Los indicadores; Disponibilidad, Rendimiento, Calidad, OEE, Tiempo promedio para fallar y Tiempo promedio para reparar, fueron alimentados de marzo a junio con el fin de estimar cuantitativamente la influencia de las nuevas estrategias.

El Overall Equipment Effectiveness (OEE) indicó mejoras en términos de rendimiento y disponibilidad, obteniendo en el mes de abril un cumplimiento en promedio del 75 % y al llegar a junio uno de 91 %, consolidándose con valores de Clase Mundial. A su vez, el tiempo entre fallas fue otro que intervino positivamente, arrancando con valores de 108 horas en abril, y en junio llegando a valores de 149 horas. Esto responde satisfactoriamente a los resultados esperados preimplementación. Sin embargo, el tiempo promedio para reparar tendió a permanecer constante a lo largo del proceso ya que este no depende directamente del actuar del plan, sino más bien de las políticas internas de la empresa con respecto al manejo de repuestos y de personal.

Gracias a la exitosa culminación de la auditoria inicial y luego de tomar acción, se logró obtener en una segunda un puntaje de 129 puntos, estableciéndose en un nivel aceptable de buenas prácticas de mantenimiento. Las áreas en las que más se evidenció mejora fue en las más olvidadas, incrementando cada una su valor inicial en rangos de 16, 10 y nueve puntos más. Sin embargo, todas las áreas mejoraron en términos de varios puntos más.

- Se comprueba que tanto la teoría como la realidad estudiada poseen exactas similitudes. El planteamiento que menciona la necesidad de una gestión organizacional en el área de mantenimiento de cualquier empresa se ve reflejado en éxito del plan, por lo que existe aceptación de la hipótesis. Ahora bien, dada la posición de practicante profesional y no de empleado, se hizo

necesario gerenciar los activos bajo la premisa de muy bajo costo, obteniendo así uno de los mayores logros; desarrollar estrategias oportunas y además, competentes en términos económicos.

- La bibliografía contribuye en el planteamiento del marco teórico, el desarrollo de la nueva gestión y el fortalecimiento de las conclusiones, debido a que brinda el soporte y respaldo de las temáticas consultadas, el procedimiento a seguir y su culminación. Se consideró preponderante poseer un fundamento teórico amplio y variado, para poseer diferentes focos de análisis, vertientes de pensamiento y metodologías que permitieran una perspectiva lo suficientemente vasta como para desarrollar las diferentes estrategias bajo un criterio más propio.
- Según su propósito se trata de una investigación de tipo aplicada; ya que gracias a la teoría genera conocimiento práctico y aborda un problema específico, y cuantitativa según los datos empleados; debido a que se usan herramientas matemáticas, estadísticas e informáticas mediante la recopilación de datos para así, poder medirlos y proyectar en el tiempo posibles eventos.

11. Recomendaciones

- Desde el punto de vista metodológico, se recomienda abordar el tema tratado y seguir un procedimiento similar, aunque si se quiere, con variantes en su medición. Esto es, ya que si se posee la experticia suficiente, ciertos criterios de análisis pueden modificarse estableciendo unos propios incluyendo ponderaciones numéricas, dependiendo del tipo y enfoque de la empresa. En caso de que no, se recomienda basarse en soportes teóricos muy bien fundamentados. Ahora bien, el proceso descrito puede fácilmente aplicarse a otras áreas del conocimiento; producción, calidad, seguridad, salud e higiene en el trabajo, debido a su metodología lógica y basada en análisis cuantitativos, aspectos vitales en investigaciones aplicativas que conlleven procesos prácticos.

- Recomiendo a la academia en general; colegas, maestros y directivos de la enseñanza en las diferentes instituciones, a profundizar y proponer estrategias de gestión diferentes y a la vanguardia al momento de abordar estas temáticas sea para investigar, aprender, enseñar o implementarlas. Esto recae en el hecho de que su ejecución eficiente es vital y valorada en cualquier empresa con procesos productivos. Se recomienda existan temáticas referentes al mantenimiento 4.0, automatización de procesos, manufactura inteligente, internet de las cosas y machine learning, entre otras, en los diferentes planes de estudio o temarios de asignaturas.
- Se recomienda a la entidad Molino San Miguel SAS sede Bucaramanga, no dejar a la deriva la gestión desarrollada, proseguir con ella y por qué no, proponer y emprender mejoras siempre dirigidas hacia un mejor control de los activos, su historial y sus tiempos operativos. El progreso puede ir encaminado a actualizar la información técnica constantemente, tratar los datos recopilados en las hojas de vida y ordenes de trabajo, así como gestionar un stock de repuestos de los activos más críticos, evaluar sus montajes y toda la información relacionada a su adquisición.

Referencias Bibliográficas

- Aguilar-Otero, José R., y Torres-Arcique, Rocío y Magaña-Jiménez, Diana (2010). *Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad*. Tecnología, Ciencia, Educación, 25 (1), 15-26. ISSN: 0186-6036. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48215094003>
- AlterEvo. (12 de abril de 2014). *RCM 2: Taxonomía y Principios Fundamentales*. <http://alterevoingenieros.blogspot.com/2014/04/rcm-taxonomia-y-principios-fundamentales.html>
- Aula21. (s. f.). *Qué es la Gestión del Mantenimiento Industrial*. Aula21 - Formación para la Industria. Recuperado 20 de julio de 2021, de <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-gestion-del-mantenimiento-industrial/>
- Betancourt, D. F. (18 de abril de 2018). *Los 5 Por qué: Análisis de causa raíz basado en preguntas*. Ingenio Empresa. www.ingenioempresa.com/los-5-por-que
- Blum, G & Gonzalez, C. (2015). *Planeación, montaje y puesta en servicio de los equipos para el proceso de limpieza y acondicionamiento del trigo en la empresa Molinos San Miguel S.A.* [Tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander]. Repositorio institucional de la Universidad Industrial de Santander. <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2015/159052.pdf>
- Calle, J. (s.f.). *¿Qué es Mantenimiento Preventivo?* BSG Institute. Recuperado el 25 de noviembre de 2020, de: <https://bsginstitute.com/bs-campus/blog/que-es-mantenimiento-preventivo-1133>
- Carreira, F. (s.f.). *Todo lo que debes saber sobre las harinas*. Simbiosis. Recuperado el 18 de noviembre de 2020, de: <https://www.cooperativasimbiosis.com/harinas/>
- Cervantes, G. (2011). *Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras en la empresa antiguo Arte Europeo S.A. de C.V.* [Tesis de

pregrado]. Universidad Tecnológica Tula-Tepeji.

<http://www.uttt.edu.mx/catalogouniversitario/imagenes/galeria/71a.pdf>

Chalifoux, A., & Baird, J. (1999). *Reliability Centered Maintenance (RCM) Guide, Operating a More Effective Maintenance Program*. (USACERL Technical Report 99/41 ed.) [Libro electrónico]. https://books.google.com.co/books?id=6o_O5on0hBoC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Costas, J., & Puche, J. C. (diciembre de 2010). *Entender el ciclo PDCA de mejora continua*. https://www.aec.es/c/document_library/get_file%3Fp_1_id%3D64199%26folderId%3D195586%26name%3DDLFE-7137.pdf

De Bona, M. (1999). *Gestión del mantenimiento: Guía para el responsable de la conservación de locales e instalaciones*. [Libro electrónico]. Fundación Confemetal. <https://books.google.com.co/books?id=3OvqHD02nY8C&printsec=frontcover&dq=gestion+de+mantenimiento&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwjA0oDT26PtAhVHTt8KHcZxA1IQ6AEwAXoECAEQAg#v=onepage&q=gestion%20de%20mantenimiento&f=false>

Director Performance Assessment of Committed to Nuclear Excellence. (2002). *Root Cause Evaluation Manual*. <https://www.pdcahome.com/wp-content/uploads/2015/05/manual-analisis-de-causas.pdf>

García, S. (s. f.-a). *Las Auditorías De Mantenimiento*. Ingeniería del mantenimiento. Recuperado 17 de julio de 2021, de <http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/9-estrategias-de-mantenimiento/9-auditorias-de-mantenimiento>

García, S. (s. f.-b). *¿Qué es un plan de mantenimiento?* Renovetec IRIM. Recuperado 19 de julio de 2021, de <http://www.renovetec.com/irim/sobre-mantenimiento/planes-de-mantenimiento/que-es-un-plan-de-mantenimiento>

- García, S. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. [Libro electrónico]. Diaz de Santos S.A. Madrid, España. <https://books.google.com.co/books?id=PUovBdLi-oMC&printsec=frontcover&dq=gestion+de+mantenimiento&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwjA0oDT26PtAhVHTt8KHcZxA1IQ6AEwAHoECAUQAg#v=onepage&q&f=false>
- Guevara, W., Valera Cárdenas, A., & Gómez Camperos, J. A. (2015). *Metodología para evaluar el factor confiabilidad en la gestión de proyectos de diseño de equipos industriales*. Revista Tecnura, 19, 129-141. doi: 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.SE1.a11
- Gonzales, J. (2016). *Propuesta de mantenimiento preventivo y planificado para la línea de producción en la empresa Latercer S.A.C.* [Tesis de pregrado]. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. <https://core.ac.uk/download/pdf/94867568.pdf>
- Gutiérrez, E. Agüero, M. & Calixto, I. (s.f.). *Análisis de Criticidad Integral de Activos*. Predictiva 21. Recuperado el 10 de diciembre de 2020, de: <https://predictiva21.com/analisis-criticidad-integral-activos/>
- NTC-ISO 9001. *Sistema de Gestión de la Calidad*. (23 de septiembre de 2015). ICONTEC. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Normograma/NORMA%20ISO%209001%202015.pdf>
- Indonesia Dokumen. (2 de junio de 2018). *Ejemplo para calculo Weibull*. <https://fdokumen.com/document/ejemplo-para-calculo-de-weibull.html>
- I. Silva-Urbina, M. Rodríguez-Pineda, R. Acosta-Rozo y P. Gómez-Monsalve, (2019). *Diseño de plan de mantenimiento preventivo para los talleres del centro CIES Sena Regional Norte de Santander utilizando metodología AMEF*. MundoFesc, vol. 9, no. 18, pp. 36-46. <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/446/518>
- IsoTools Excellence. (20 de febrero de 2015). *¿En qué consiste el ciclo PHVA de mejora continua?* <https://www.isotools.org/2015/02/20/en-que-consiste-el-ciclo-phva-de-mejora-continua/>

- IsoTools Excellence. (28 agosto de 2019). *ISO 22301: Metodología para el Análisis de Riesgos (AMEF)*. <https://www.isotools.org/2019/08/28/iso-22301-metodologia-para-el-analisis-de-riesgos-amef/>
- Jimeneo, J. (2015). *Análisis de causa raíz-Metodología para investigar y resolver incidencias*. PDCA HOME. <https://www.pdcahome.com/7642/analisis-de-causa-raiz-metodologia-para-investigar-y-resolver-incidencias/>
- Jimenez, A. (24 de octubre de 2011). *Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad, entendiendo sus diferencias*. Mantenimiento LA. <https://maintenancela.blogspot.com/2011/10/confiabilidad-disponibilidad-y.html>
- Lean Solutions. (s. f.). *AMEF Análisis de Modo y Efecto de Falla*. Recuperado el 31 de enero de 2021, de: [https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/#:~:text=AMEF%20de%20proceso%20\(P%2DAMEF\),-%E2%80%A2&text=Se%20usa%20para%20analizar%20los,con%20las%20expectativas%20del%20cliente.&text=Los%20Modos%20de%20Falla%20pueden,en%20el%20AMEF%20de%20Dis%20ise%20C3%B1o.&text=Eval%20C3%BAa%20cada%20paso%20del%20proceso%20\(producci%20C3%B3n%20o%20servicio\).](https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/#:~:text=AMEF%20de%20proceso%20(P%2DAMEF),-%E2%80%A2&text=Se%20usa%20para%20analizar%20los,con%20las%20expectativas%20del%20cliente.&text=Los%20Modos%20de%20Falla%20pueden,en%20el%20AMEF%20de%20Dis%20ise%20C3%B1o.&text=Eval%20C3%BAa%20cada%20paso%20del%20proceso%20(producci%20C3%B3n%20o%20servicio).)
- M. (2018, 4 junio). *Diagrama de Flujo (Flujograma) de Proceso*. Blog de la Calidad. <https://blogdelacalidad.com/diagrama-de-flujo-flujograma-de-proceso/>
- Marshall Institute, Inc. (1999). *Maintenance effectiveness survey*. <https://docplayer.net/36998492-Maintenance-effectiveness-survey.html>
- Moubray, J. (1997). *Mantenimiento Centrado En la Confiabilidad* (2.a ed., Vol. 1). Industrial Press. https://www.academia.edu/9478461/MANTENIMIENTO_CENTRADO_EN_LA_CONFIABILIDAD_CONTENIDOS

- National Aeronautics and Space Administration. (septiembre de 2008). *Rcm Guide; Reliability-Centered Maintenance Guide for facilities and collateral equipment*.
https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/nasa_rcmguide.pdf
- Norma Técnica Colombiana. (2007). *NTC 267* (Séptima actualización).
<https://es.slideshare.net/jamesdays/ntc267-10552898>
- NTC-ISO 9001. *Sistema de Gestión de la Calidad*. (23 de septiembre de 2015). ICONTEC.
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Normograma/NORMA%20ISO%209001%202015.pdf>
- Nowlan, S., & Heap, H. (1978). *Reliability-Centered Maintenance* (1.a ed., Vol. 1). Dolby Access.
https://reliabilityweb.com/ee-assets/my-uploads/docs/2010/Reliability_Centered_Maintenance_by_Nowlan_and_Heap.pdf
- Parra, C., & Crespo, A. (2015). *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de Activos*. (2.a ed.) [Libro electrónico]. INGEMAN, España.
https://www.researchgate.net/publication/344196736_Ingenieria_de_Mantenimiento_y_Fiabilidad_aplicada_en_la_Gestion_de_Activos_Segunda_Edicion_2015_Edita_INGEMAN_Espana_Capitulos_1_y_2
- Pérez J, C. M. (s. f.). *Mantenimiento Centrado En Confiabilidad (Rcm) Por John Moubray*, traducido y adaptado por Carlos Mario Pérez J. (Vol. 1) [Libro electrónico]. Aladon LTD.
- Progressa Lean. (24 de febrero de 2015). *5 porqués, análisis de la causa raíz de los problemas*.
<https://www.progressalean.com/5-porques-analisis-de-la-causa-raiz-de-los-problemas/>
- Reliability Web. (s. f.). *Estructuración y definición de objetivos del departamento de mantenimiento*. Recuperado el 16 de abril de 2021, de <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/estructuracion-y-definicion-de-objetivos-del-departamento-de-mantenimiento/>)

- Santander, J. (2019). *Diseño E Implementación De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para La Maquinaria Agrícola De La Empresa Palmas Y Extractora Monterrey S.A En Puerto Wilches, Santander*. [Tesis de pregrado, Universidad Francisco de Paula Santander]. Repositorio institucional de la Universidad Francisco de Paula Santander. <http://repositorio.ufps.edu.co/xmlui/handle/123456789/2466?locale-attribute=en>
- SAE Internacional. (enero de 2002). *Prácticas recomendadas para vehículos aeroespaciales y de superficie; Una guía para la norma de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC)*. https://www.academia.edu/43957653/PR%C3%81CTICAS_JA1012_RECOMENDADAS_AEROSPACIALES_Y_DE_SUPERFICIE
- SAE Internacional. (agosto de 1999). *Norma para vehículos aeroespaciales y de superficie; Criterios de evaluación para procesos de mantenimiento centrado en confiabilidad*. https://www.academia.edu/25456562/NORMA_PARA_JA1011_VEH%C3%8DCULOS_AEROSPACIALES
- Serrano, G. (s. f.). *Gestión del Mantenimiento*. Predictiva 21. Recuperado el 16 de abril de 2021, de <https://predictiva21.com/gestion-del-mantenimiento/>
- Tarazona, B. (enero de 2020). *Indicadores De Gestión De Mantenimiento Industrial, Para Alcanzar Tus Objetivos*. DATADEC. <https://www.datadec.es/blog/indicadores-gestion-mantenimiento-industrial>
- Troyer, D. (2020). *¿Por qué es necesario el análisis de Weibull?* Reliability Connect. <https://esp.reliabilityconnect.com/por-que-es-necesario-el-analisis-de-weibull/>
- Valbor Soluciones. (s. f.). *Breve historia del mantenimiento industrial*. Recuperado el 16 de abril de 2021, de <https://www.valborsoluciones.com/mantenimiento/breve-historia-mantenimiento-industrial/>

- Valdivieso, J. (2010). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Extruplas S.A.* [Tesis de pregrado]. Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/831/12/UPS-CT001680.pdf>
- Vega, P. (2009). *Diseño de la estrategia de mantenimiento basada en la confiabilidad, RCM, e inspección basada en el riesgo, RBI, para la línea crítica de producción de la planta para concentrados de la empresa ITALCOL S.C.A ubicada en girón, Santander.* [Tesis de pregrado, Universidad Pontificia Bolivariana]. Repositorio institucional de la Universidad Pontificia Bolivariana. https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/661/digital_18399.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Víquez, A. (30 de octubre de 2019). *La evolución histórica del mantenimiento industrial.* AV Ingeniería. <https://avingeneria.net/mantenimiento/la-evolucion-historica-del-manteniminto-industrial/>
- W, Orozco., G, Narváez., W, García Gómez., A, Quintero Rodas. (2017). *Gestión de mantenimiento y producción más limpia en tres instituciones de salud de Medellín, Colombia.* Revista Ingeniería Biomédica, ISSN-e 1909-9991, Vol. 11, N.º. 21, 2017, págs. 21-25, 2017. <http://www.scielo.org.co/pdf/rinbi/v11n21/v11n21a03.pdf>

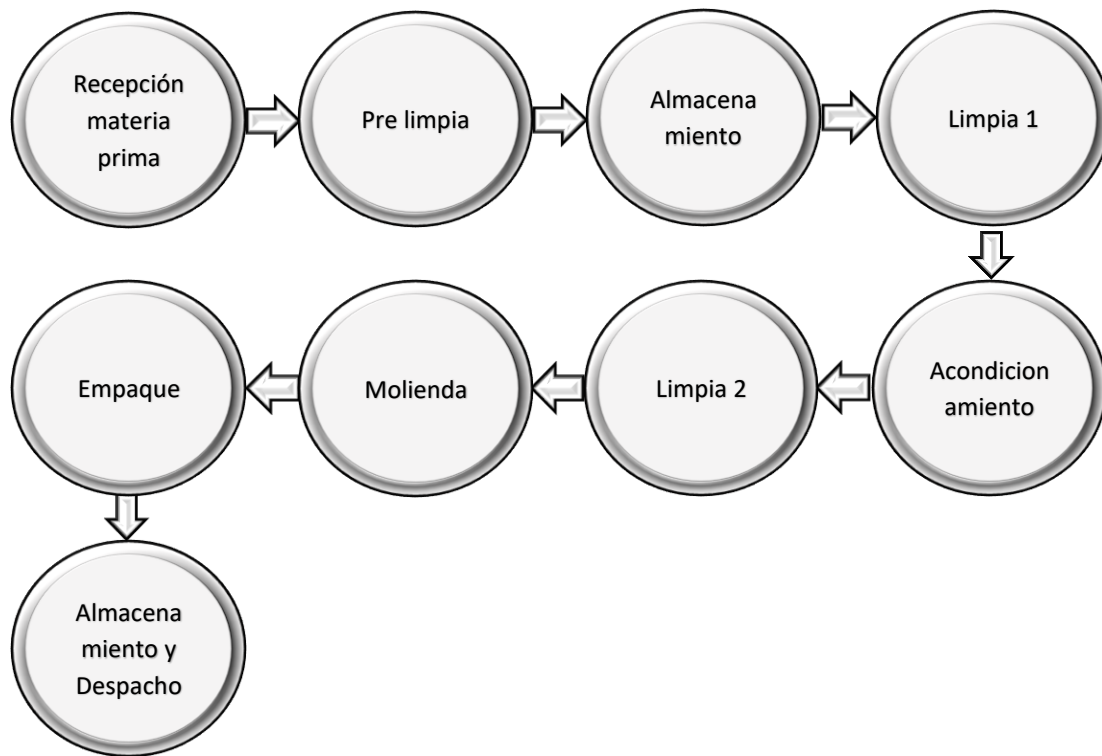
Apéndices

Apéndice A. Flujogramas de materia prima.

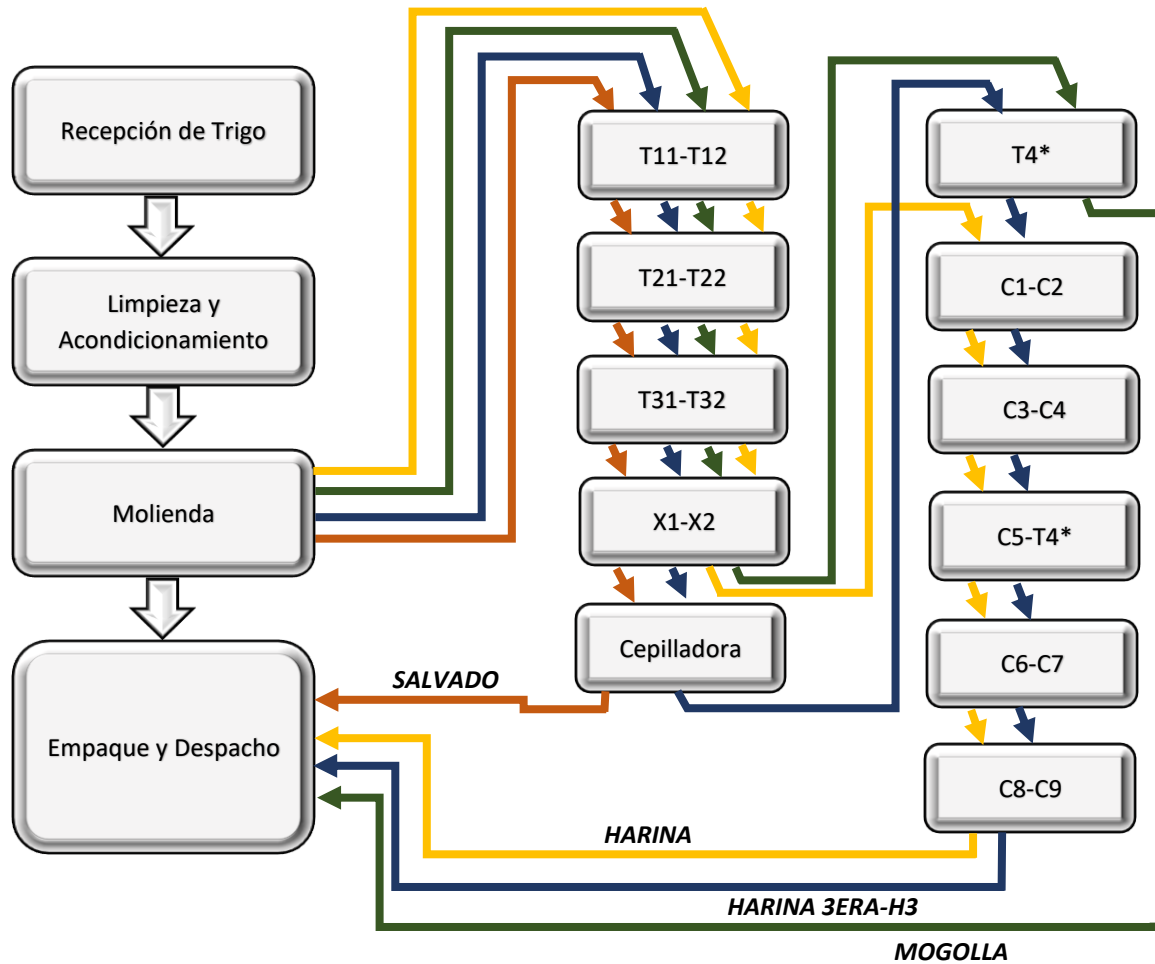
El flujograma del proceso abarca las siguientes etapas.

Figura 56.

Flujograma del Proceso.



En la figura 56, se muestra el flujo de materia prima en su paso por la etapa de Molienda, desde que se recibe hasta su despacho. De manera práctica, para el procesamiento dentro de la planta, se agrupan las etapas antes mencionadas en cuatro sistemas mostrados a continuación.

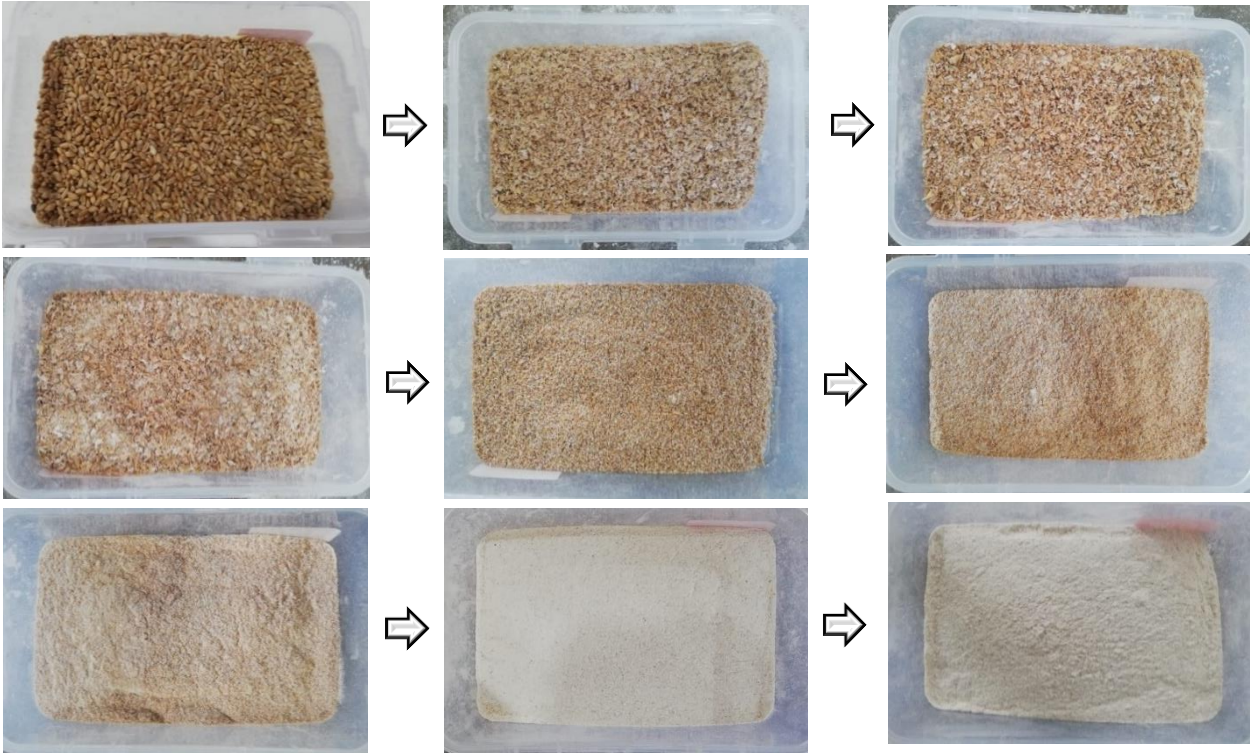
Figura 57.*Flujograma de Materia Prima.*

T4* hace referencia a que, en el caso de la Mogolla, esta solo pasa por ese Banco y va directo a Despacho, no siendo así con el resto de los productos y subproductos.

Es de destacar como evoluciona la materia prima, desde el grano sólido hasta la harina ultrafina o hasta el tamaño requerido dependiendo de su uso. En la figura 57 se observa el tamaño del granel cada que pasa por un Banco de Cilindro y es clasificado por los Plansichter's.

Figura 58.

Evolución de Materia Prima.



Apéndice B. Codificación.

Se procedió a codificar por primera vez en su historia todos los equipos antes listados, estos se imprimieron y fueron pegados en los equipos. Por practicidad, sólo se tuvo en cuenta el código del equipo y el piso en el que se encuentra. Este proceso de pegado se desarrolló en conjunto con el jefe de la planta, este es el resultado de algunos de ellos.

Figura 59.

Proceso de Codificación.



Continuación de Figura 59.



Apéndice C. Análisis de Criticidad.

Antes de continuar con el análisis vale la pena mencionar que, a lo largo de este existen tipos de equipos que se repiten, cada ejemplar de estos se codifica diferente ya que dependiendo del sistema o equipo, su impacto puede variar, por lo que se hace indispensable referenciar cada uno de estos bajo un código único aunque se trate del mismo tipo de equipo.

- **Sistema de Limpieza y Acondicionamiento**

La codificación para los equipos pertenecientes a este sistema es: “B-LA-Código equipo-Ejemplar equipo-piso”.

Tabla 38.

Criticidad Limpieza y Acondicionamiento.

Máquina	Cod	Cant	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Nivel de Criticidad
Elevador cangilones	ET2-01 ; ET3-01 ; ET4-02	3	2	6	2	2	1	15	30	MC
Motorreductores	RT (2;3) - 4 ; RT4-1	3	2	6	2	2	1	15	30	MC
Zaranda Limpieza	ZL-01-3	1	1	6	2	2	1	15	15	MC
Ventilador Limpieza	VL.01-3	1	1	4	2	2	1	11	11	C

El rango de criticidad para el sistema de Limpieza y Acondicionamiento es el siguiente:

- [20-30] Muy Crítico, [10-19] Crítico, [1-9] Poco Crítico.

Figura 60.

Matriz de Limpieza y Acondicionamiento.

Matriz de Criticidad						
Consecuencias						
Frecuencia		1-3	3-6	6-9	9-12	12-15
	6					
	4					
	2					ET-RT
	1				VL	ZL

El Elevador de Cangilones y los Motorreductores son los de mayor impacto en el proceso de elevación y transporte del granulado. Son los encargados de llevar de un punto a otro el material una y otra vez para agregarle la humedad necesaria en los silos de almacenamiento. A estos dos equipos se les aplica el análisis hasta el nivel de componentes por su alta criticidad.

- Componentes de Motorreductores

El código de los componentes de los Motorreductores tiene la forma “B-LA-RT-Ejemplar equipo-Elemento-Piso”.

El siguiente análisis aplica para todos los Motorreductores presentes en la planta, ya que todos poseen los mismos elementos y la misma cantidad de estos.

Tabla 39.

Criticidad componentes de Motorreductores.

Elemento	Cod	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Nivel de Criticidad
Motor eléctrico	B-LA-RT1-01-MEL-4	2	6	2	4	0	16	32	MC
Rodamientos	B-LA-RT1-01-RDM-4	2	4	2	2	1	11	22	C
Tornillo sin fin	B-LA-RT1-01-TSF-4	1	6	3	2	0	20	20	C
Corona	B-LA-RT1-01-COR-4	1	6	3	2	0	20	20	C
Eje rosca tubular	B-LA-RT1-01-ER-4	1	6	2	2	1	15	15	C
Cuerpo exterior	B-LA-RT1-01-CE-4	1	4	2	2	1	11	11	PC

El rango de criticidad para los componentes de cualquiera de los motorreductores es:

- [20-30] Muy Crítico, [10-19] Crítico, [1-9] Poco Crítico.

Figura 61.

Matriz componentes de Motorreductores.

Matriz de Criticidad						
Consecuencias						
Frecuencia		1-3	4-6	7-11	12-14	15-19
	6					
	4					
	2				RDM	MEL
	1			CE	ER	TSF-COR

Este análisis arroja al motor eléctrico y al eje roscado como los de mayor impacto, esto se debe a que los componentes del Motorreductor son los encargados de generar la potencia necesaria y transmitirla al eje roscado para así, transportar el material de un punto a otro.

- Componentes de Zaranda de Limpieza

El código de cada una de las partes de la zaranda de limpieza tiene la forma “B-LA-ZL-Ejemplar equipo-Elemento-Piso”.

La zaranda de limpieza es tan importante en el proceso de la prelimpia, ya que es la encargada de realizar el primer filtrado de impurezas del proceso. Allí, se separa por tamaño el grano originario de las volquetas de descarga. Para este procedimiento se tienen en cuenta los propios componentes de la zaranda como los encargados de generar y transmitir la fuerza motriz a esta.

Tabla 40.

Criticidad componentes de Zaranda de Limpieza.

Elemento	Cod	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Nivel de Criticidad
Motor eléctrico	B-LA-ZL-01-MELE-4	2	6	2	4	0	16	32	MC
Tamices	B-LA-ZL-01-TAM-4	1	6	3	2	1	21	21	MC
Eje	B-LA-ZL-01-EJ-4	1	6	3	2	0	20	20	MC
Contrapeso excéntrico	B-LA-ZL-01-CEX-4	1	6	2	2	1	15	15	C
Polea conducida y motriz	B-LA-ZL-01-PCM-4	1	6	2	2	1	15	15	C
Correas	B-LA-ZL-01-CRS-4	1	6	2	1	1	14	14	C
Cuerpo	B-LA-ZL-01-CRP-4	1	4	2	4	1	13	13	C
Rodamiento	B-LA-ZL-01-RODA-4	1	4	2	2	1	11	11	C
Filtro magnético	B-LA-ZL-01-FM-4	1	4	2	2	1	11	11	C
Tolva entrada y salida	B-LA-ZL-01-TLV-4	1	4	2	1	1	10	10	C

El rango de criticidad es el siguiente:

- [20-35] Muy Crítico, [11-19] Crítico, [1-10] Poco Crítico.

Figura 62.

Matriz componentes de Zaranda de Limpieza.

Matriz de Criticidad						
Consecuencias						
Frecuencia		1-4	5-9	10-13	14-17	18-22
	6					
	4					
	2				MELE	
	1			CRP-RODA-FM-TLV	CEX-PCM-CRS	TAM-EJ

- **Sistema de Molienda**

La codificación para estos equipos es: “B-MOL-Código equipo-Ejemplar equipo-Piso”.

Tabla 41.

Criticidad de Molienda.

Elemento	Cod	Cant	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Nivel de Criticidad
Motores de Potencia	MP-(01;03)	3	6	6	2	4	1	17	102	MC
Plansichter's	PS (01;03)-3	3	6	6	2	2	1	15	90	MC
Bancos cilindros	BC-2	9	4	6	2	2	1	15	60	MC
Ventilador alta presión	VAP (1;2) -4	2	2	4	3	4	1	17	34	MC
Elevador Cangilones	ET5 - (1;2) ; ES1	3	2	6	2	2	0	14	28	C
Purificador	PUR-3	1	2	4	2	2	0	10	20	C
Roto-válvulas 4to Piso	RVB (1;6)-4	28	2	4	2	2	0	10	20	C
Zaranda trigo mojado	ZTM-3	1	2	4	2	2	0	10	20	C
Zaranda de trigo seco	ZTS-3	1	2	4	2	2	0	10	20	C
Turbo 1	TUR1-3	1	2	4	2	2	0	10	20	C
Turbo 2	TUR2-3	1	2	4	2	2	0	10	20	C
Ventilador baja presión	VBP-4	1	2	2	3	2	1	9	18	C
Ventilador en Purificador	VPUR-3	1	2	2	3	2	1	9	18	C
Ventilador Martillo	VM-3	1	2	2	3	2	1	9	18	C
Cepilladora	CEPS-4 ; CEPM-3	2	1	4	3	4	0	16	16	C
Ventilador-Zaranda trigo mojado	VZTM-4	1	1	4	3	2	1	15	15	C
Filtro en Purificador	FPUR-4	1	1	4	3	2	0	14	14	C

Continuación de la tabla 41.

Elemento	Cod	Cant	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Nivel de Criticidad
Motorreductor 1er Piso	RT (5;7)-1	3	1	6	2	2	0	14	14	C
Roto-válvulas 3er piso	RV(1;5)-3	5	2	1	3	4	0	7	14	C
Tanque neumático	TN-3	1	1	4	2	4	0	12	12	C
Motorreductor 2do Piso-trigo	RT8-2	1	1	4	2	2	0	10	10	C
Filtro Magnético	IH-2	1	1	1	3	2	1	6	6	PC
Repasadora	RP	1	1	1	3	1	1	5	5	PC
Rectificadora harina	RH-1	1	1	2	2	1	0	5	5	PC
Mezcladora 1er Piso	MZ1-1	1	1	1	2	1	0	3	3	PC
Roto-válvula desechos	RVD-2	1	1	1	1	1	0	2	2	PC

El rango de criticidad para este análisis es el siguiente:

- [30-105] Muy Crítico, [11-29] Crítico, [1-10] Poco Crítico.

Figura 63.

Matriz de Molienda.

<i>Matriz de Criticidad</i>						
<i>Consecuencias</i>						
<i>Frecuencia</i>		<i>1-3</i>	<i>4-7</i>	<i>7-9</i>	<i>10-14</i>	<i>15-20</i>
	<i>6</i>					<i>MP-PS</i>
	<i>4</i>					<i>BC</i>
	<i>2</i>			<i>VBP-VPUR-VM</i>	<i>PUR-RVB-ZTM-ZTS-TUR</i>	<i>VAP-ET5-ES1</i>
	<i>1</i>	<i>MZ1-RVD</i>	<i>IH-RP-RH</i>		<i>FPUR-FVAP-RT-RV-TN</i>	<i>CPES-CEPM-VZTM</i>

Los equipos a los que se le requiere desarrollar un análisis más profundo que incluya sus componentes internos son los Motores Eléctricos de potencia, Ventiladores de alta presión, Bancos de Cilindros y Plansichter's.

Al existir varios ejemplares de los Bancos de Cilindros y Plansichter's con diferentes funcionalidades, se procede a determinar cuáles de estos ejemplares poseen mayor criticidad y luego a jerarquizar cada uno de los componentes internos de estos.

- Componentes de Motores Eléctricos de Potencia

El código de cada una de las partes de los Motores Eléctricos de Potencia tiene la forma “B-MOL-MP-Ejemplar equipo-Elemento-Piso”.

Para este apartado se toman todos los componentes involucrados en la generación y transmisión de potencia hacia los Bancos de Cilindros, incluyendo al propio Motor Eléctrico.

Tabla 42.

Criticidad componentes de Motores Eléctricos.

Elemento	Cod	Cant	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Nivel de Criticidad
Motor eléctrico	MP01	1	2	6	2	4	1	17	34	MC
Rodamiento	ROD-1	1	2	6	2	2	1	15	30	MC
Correas	CO-1	2	2	4	2	1	1	10	20	C
Poleas	PO-1	4	1	4	3	2	0	14	14	C
Chumacera	CH-1	1	1	2	3	1	1	8	8	PC

El rango de criticidad es el siguiente:

- [20-35] Muy Crítico, [11-19] Crítico, [1-10] Poco Crítico.

Figura 64.

Matriz componentes de Motores Eléctricos.

Matriz de Criticidad						
Consecuencias						
Frecuencia		1-3	4-7	8-10	11-14	15-18
	6					
	4					
	2			CO		MP-ROD
	1			CH	PO	

Dentro de los componentes que hacen parte de la generación y transmisión de potencia de los Bancos de Cilindros se encuentran los propios Motores eléctricos de potencia, los rodamientos y las correas. Estos son valorados como elementos de alto impacto, debido a su influencia operacional y su frecuencia de falla. Las correas se encuentran a tensiones altas continuas, los

rodamientos a muy altas rpm y los Motores a un requerimiento de potencia bastante alto para permitir el buen funcionamiento operativo de los Bancos de Cilindros.

Cabe recordar que la gran mayoría de equipos de esta planta de producción son accionados por Motores Eléctricos individuales. En este caso, se trata de los Motores de mayor capacidad de toda la planta capaces de generar entre 50 y 100 caballos de potencia (HP) y así, brindarles energía a los Bancos de Cilindros. Sin embargo, el análisis también aplica para los Motores Eléctricos presentes en esta.

- Componentes de Ventiladores de alta y baja Presión

El código de cada una de las partes de los Ventiladores de alta y baja presión tiene la forma “B-MOL-VAP-Ejemplar equipo-Elemento-Piso”.

Se mencionan los componentes internos y de generación de potencia de los Ventiladores de alta y baja Presión, responsables de transportar tanto la propia materia prima como de extraer el polvo, suciedades y demás contaminantes de las líneas de presión y transporte neumático.

Tabla 43.

Criticidad componentes de Ventiladores.

Elemento	Cod	Cant	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Nivel de Criticidad
Motor eléctrico	MOE-4	1	2	6	2	4	1	17	34	MC
Cuerpo turbina	CTUR-4	1	1	6	3	4	1	23	23	MC
Rodamiento	ROD-4	1	2	4	2	2	1	11	22	MC
Correas	CO-4	2	2	4	2	2	1	11	22	MC
Chumacera	CH-4	1	2	4	2	1	1	10	20	C
Poleas conducida y motriz	PO-4	4	1	4	3	4	1	17	17	C
Carcasa de Ventilador	CVEN-4	1	1	4	3	2	1	15	15	C

El rango de criticidad es:

- [21-35] Muy Crítico, [9-20] Crítico, [1-8] Poco Crítico.

Figura 65.

Matriz componentes de Ventiladores.

Matriz de Criticidad						
Consecuencias						
Frecuencia		1-3	4-6	7-10	11-16	17-24
	6					
	4					
	2			CH	ROD-CO	MOE
	1				CVEN	CTUR-PO

Las partes móviles de los Ventiladores de alta presión presentan mayor criticidad debido a que internamente deben propiciar un delta de presión requerido para succionar tanto el material procesado si se habla de Ventiladores de alta presión, y de aire contaminado cuando se habla de Ventiladores de baja presión.

- **Ejemplares de Bancos de Cilindros**

La codificación para los Bancos de Cilindros es: “B-MOL-BC-Ejemplar equipo-Piso”.

Tabla 44.

Criticidad Ejemplares de Bancos de Cilindros.

Máquina	Cod	Cant	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Nivel de Criticidad
T11-T12	T01-2	1	2	6	2	2	1	15	30	MC
X1-X2	X01-2	1	2	6	2	2	1	15	30	MC
T21-T22	T02-2	1	2	4	2	2	0	10	20	C
T31-T32	T03-2	1	2	4	2	2	0	10	20	C
C1-C2	C01-2	1	2	4	2	2	0	10	20	C
C3-C4	C02-2	1	2	4	2	2	0	10	20	C
C5-T4	C03-2	1	1	4	2	2	0	10	10	C
C6-C7	C04-2	1	1	4	2	2	0	10	10	C
C8-C9	C05-2	1	1	4	2	2	0	10	10	C

El rango de criticidad para los Bancos de Cilindros es el siguiente:

- [21-30] Muy Crítico, [9-20] Crítico, [1-8] Poco Crítico.

Figura 66.

Matriz Ejemplares de Bancos de Cilindros.

Matriz de Criticidad						
Consecuencias						
Frecuencia		1-3	4-6	7-9	10-12	13-15
	6					
	4					
	2			T02-T03-C01-C02		T01-X01
	1			C03-C04-C05		

Como se evidencia, los Bancos de Cilindros dedicados a la primera fase de la Molienda; la que se encarga de romper por primera vez la cascara del grano duro; y los dedicados a la posterior compresión de la materia prima obtenida de trituraciones anteriores, son los equipos de mayor impacto debido a los altos esfuerzos de compresión al interior de los cilindros. A su vez, destacan por su impacto en la producción, su costo de mantenimiento y la higiene en el medio ambiente.

- Componentes de Bancos de Cilindros

El código de cada uno de los componentes de los Bancos tiene la forma “B-MOL-BC-Ejemplar equipo-Elemento-Piso”.

Cabe destacar que las cantidades de los siguientes elementos hacen referencia a un (1) Banco de Cilindro y todos poseen los mismos elementos.

Tabla 45.

Criticidad componentes de Bancos de Cilindros.

Elemento	Cod	Cant	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Nivel de Criticidad
Cilindros trituración	BC-CT-2	4	2	6	2	4	1	17	34	MC
Correas transmisión internas	BC-CTI-2	2	2	4	2	2	0	10	20	C
Ajustadores de distancia	BC-AJ-2	4	1	6	3	1	0	19	19	C

Continuación de la tabla 45.

Elemento	Cod	Cant	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Nivel de Criticidad
Engranajes internos	BC-EI-2	N/A	1	4	3	2	0	14	14	C
Poleas transmisión interna	BC-PI-2	4	1	4	3	2	0	14	14	C
Cilindros distribución	BC-CD-2	N/A	1	2	2	1	0	5	5	PC

El rango de criticidad para los componentes de los Bancos de Cilindros es el siguiente:

- [21-35] Muy Crítico, [9-20] Crítico, [1-8] Poco Crítico.

Figura 67.

Matriz componentes de Bancos de Cilindros.

<i>Matriz de Criticidad</i>						
<i>Consecuencias</i>						
<i>Frecuencia</i>		<i>1-3</i>	<i>4-6</i>	<i>7-9</i>	<i>10-12</i>	<i>13-14</i>
	<i>6</i>					
	<i>4</i>					
	<i>2</i>			<i>CTI</i>		<i>CT</i>
	<i>1</i>		<i>CD</i>		<i>EI-PI</i>	<i>AJ</i>

Por ser su función principal, los Cilindros de trituración son los componentes que afectan de manera más directa el cumplimiento operacional de este equipo. Son los mayores responsables de generar una reducción eficiente del grano y permita proseguir con las siguientes etapas.

- **Ejemplares de Plansichter's**

El código para los ejemplares de los Plansichter's es "B-MOL-PS-Ejemplar equipo-Piso".

Tabla 46.

Criticidad de Plansichter's.

Máquina	Cod	Cant	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Nivel de Criticidad
Plansichter 1	PS-01-3	1	6	4	2	2	1	11	66	MC
Plansichter 2	PS-02-3	1	6	4	2	2	1	11	66	MC
Plansichter 3	PS-03-3	1	6	2	2	2	1	7	42	C

El rango de criticidad para los Plansichter's es el siguiente:

- [50-70] Muy Crítico, [26-50] Crítico, [1-25] Poco Crítico.

Figura 68.

Matriz de Plansichter's.

Matriz de Criticidad						
Consecuencias						
Frecuencia		1-2	3-4	5-6	7-8	9-10
	6		03			01-02
	4					
	2					
	1					

Los Plansichter's críticos son los encargados de clasificar la materia prima obtenida de las primeras moliendas, ya que el tamaño del particulado es el más grande del proceso y sus tamices tienen que filtrar granulado de mayor peso, por lo que sus tamices se exponen a mayores esfuerzos.

El código de cada una de las partes de los Plansichter's tiene la forma "B-MOL-PS-Ejemplar equipo-Elemento-Piso".

- Componentes de Plansichter's

La siguiente cantidad de elementos hacen referencia a un (1) Plansichter, todos los equipos de este tipo poseen los mismos componentes.

Tabla 47.

Criticidad componentes de Plansichter's.

Elemento	Cod	Cant	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Nivel de Criticidad
Tamices	TC-3	84	6	4	2	4	1	13	78	MC
Motor eléctrico	MO-3	1	2	6	2	4	1	17	34	MC
Contrapeso excéntrico	CP-3	2	1	6	3	2	0	20	20	C
Rodamiento	ROD-3	1	2	4	2	2	0	10	20	C
Correas	CR-3	1	2	4	2	1	0	9	18	C
Polea	PO-3	1	1	4	3	2	1	15	15	C
Barras de fijación	BF-3	32	1	2	2	1	0	5	5	PC
Chumacera	CH-3	1	1	2	2	1	0	5	5	PC

Su rango de criticidad es:

- [33-80] Muy Crítico, [15-32] Crítico, [1-16] Poco Crítico.

Figura 69.

Matriz componentes de Plانسichter's.

Matriz de Criticidad						
Consecuencias						
Frecuencia		1-4	5-8	9-12	13-15	16-20
	6				TC	
	4					
	2			ROD-CR		MO
	1		BF-CH		PO	CP

Los Plانسichter's poseen elementos encargados de generar la fuerza motriz para que exista el movimiento oscilante de tamices con buena fijación al equipo y con el tamaño de orificios adecuado. Estos componentes son jerarquizados como críticos ya que sin ellos no existe una clasificación adecuada del material granulado por su tamaño.

- **Sistema de Empaque y Despacho**

Para el sistema de Empaque y Despacho, los códigos son de la manera: “B-ED-Código equipo-Ejemplar equipo-piso”.

Tabla 48.

Criticidad de Empaque y Despacho.

Elemento	Cod	Cant	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Nivel de Criticidad
Silo harina	SIL(1; 2)-01-2	2	2	6	3	4	1	23	46	MC
Entoleter	ENT-01-4	1	2	6	3	4	1	23	46	MC
Roto-válvulas-Entoleter	RVB7-4	2	2	6	3	2	1	21	42	MC
Silo salvado-mogolla-h3	SIL3-01-2	1	1	6	3	2	0	20	20	MC
Empaquetadora	EMP-01-1	1	1	6	3	2	0	20	20	MC

Continuación de la Tabla 48.

Elemento	Cod	Cant	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Nivel de Criticidad
Motorreductor 2 piso-harina	RH-01-2 ; RH-02-2 ; RH-04-2 ; RH-05-2	4	1	6	2	2	0	14	14	C
Motorreductor 2 piso-salvado	RS1-01-2 ; RS2-01-2	2	1	6	2	2	0	14	14	C
Motorreductor 3 piso	RH3-01-3	1	1	6	2	2	0	14	14	C
Elevador empaques harina	EH-01-01	1	1	6	2	1	0	13	13	C
Motor eléctrico despacho	MD-01-1	1	1	2	2	2	0	6	6	PC
Dosificadores	DOS-01-3	3	1	2	2	1	0	5	5	PC

El rango de criticidad para este análisis es:

- [20-50] Muy Crítico, [13-19] Crítico, [1-12] Poco Crítico.

Figura 70.

Matriz de Empaque y Despacho.

<i>Matriz de Criticidad</i>						
<i>Consecuencias</i>						
<i>Frecuencia</i>		<i>1-4</i>	<i>5-9</i>	<i>10-14</i>	<i>15-18</i>	<i>19-22</i>
	<i>6</i>					
	<i>4</i>					
	<i>2</i>					<i>SIL(1;2)-ENT-RVB7</i>
	<i>1</i>		<i>MD-MJ-VIT</i>	<i>EM-RH-RS</i>		<i>SIL3-EMP</i>

La criticidad en este sistema viene dada por los elementos encargados del transporte de la materia prima procesada, los que la almacenan y la empaican.

- Componentes de Roto-válvulas

El código de cada una de las partes de los Roto-válvulas tiene la forma “B-ED-RV-Ejemplar equipo-Elemento-Piso”.

El rango de criticidad para este análisis es el siguiente:

- [20-40] Muy Crítico, [9-19] Crítico, [1-8] Poco Crítico.

Tabla 49.

Criticidad componentes de Roto-válvulas.

Elemento	Cod	Cant	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Nivel de Criticidad
Rotor	ROT-3	1	2	6	3	2	1	21	42	MC
Motorreductor	MOR-3	1	2	6	2	4	0	16	32	MC
Ejes	EJS-3	1	1	6	2	2	1	15	15	C
Cuerpo	CUR-3	1	1	4	2	2	1	11	11	C
Cadenas	CAD.3	1	1	4	2	1	0	9	9	C
Engranajes	EGR-3	2	1	4	2	1	0	9	9	C
Polea	POLE-3	2	1	2	2	2	0	6	6	PC

Figura 71.

Matriz componentes de Roto-válvulas.

<i>Matriz de Criticidad</i>						
<i>Consecuencias</i>						
<i>Frecuencia</i>		<i>1-4</i>	<i>5-8</i>	<i>9-12</i>	<i>13-15</i>	<i>16-21</i>
	<i>6</i>					
	<i>4</i>					
	<i>2</i>					<i>ROT-MOR</i>
	<i>1</i>		<i>POLE</i>	<i>CUR-CAD-EGR</i>	<i>EJS</i>	

El valor de alto impacto en las Roto-válvulas viene dado por el rotor de hélices que actúa como válvula rotativa y el Motorreductor; encargado de generar y transmitir la potencia al equipo.

- Componentes de Entoleter

El código de las partes del Entoleter es “B-ED-ENT-Ejemplar equipo-Elemento-Piso”.

Tabla 50.

Criticidad componentes de Entoleter.

Elemento	Cod	Cant	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Nivel de Criticidad
Motor eléctrico	MORE-4	1	2	6	2	4	1	17	34	MC
Rotor fijo	ROTF-4	1	1	6	3	4	1	23	23	MC

Continuación de la tabla 50.

Elemento	Cod	Cant	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Nivel de Criticidad
Rotor móvil	ROTM-4	1	1	6	3	4	1	23	23	MC
Cuerpo	CUER-4	1	1	2	3	2	1	9	9	C
Tolva	TLV-4	1	1	2	2	2	1	7	7	C

El rango de criticidad para este análisis es el siguiente:

- [20-30] Muy Crítico, [10-20] Crítico, [1-9] Poco Crítico.

Figura 72.

Matriz de componentes de Entoleter.

Matriz de Criticidad						
Consecuencias						
Frecuencia		1-4	5-8	9-12	13-15	17-24
	6					
	4					
	2				MORE	
	1	TLV	CUER		ROTF-ROTM	TLV

El Entoleter se caracteriza por propiciar un impacto constante en su interior para eliminar posible existencia de insectos en la harina. Este se compone por un rotor fijo y uno móvil, además del componente encargado de la generación de la fuerza motriz; el motor eléctrico o el Motorreductor. Estos son los principales componentes que generan valor dentro del equipo.

- Componentes de Empaquetadora

El código de las partes de la empaquetadora tiene la forma “B-ED-EMP-Ejemplar equipo-Elemento-Piso”.

Tabla 51.

Criticidad componentes de Empaquetadora.

Elemento	Cod	Cant	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Nivel de Criticidad
Engranajes	EGR-1	2	2	6	2	2	1	15	30	MC
Motorreductor	MER-1	1	2	6	2	2	1	15	30	MC

Continuación de la tabla 51.

Elemento	Cod	Cant	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Nivel de Criticidad
Cadena	CDN-1	1	2	6	2	2	1	15	30	MC
Selladora/cortadora	SEL-1	1	1	6	3	2	1	21	21	MC
Cilindro de preforma	CPR-1	1	1	6	3	2	0	20	20	C
Sujetadores/fijadores	SUJ-1	3	1	4	3	2	1	15	15	C
Tolva	TOL-1	1	1	4	2	2	1	11	11	C

El rango de criticidad para este análisis es el siguiente:

- [20-30] Muy Crítico, [10-19] Crítico, [1-9] Poco Crítico.

Figura 73.

Matriz componentes de Empaquetadora.

<i>Matriz de Criticidad</i>						
<i>Consecuencias</i>						
<i>Frecuencia</i>		<i>1-4</i>	<i>5-8</i>	<i>9-12</i>	<i>13-15</i>	<i>16-21</i>
	<i>6</i>					
	<i>4</i>					
	<i>2</i>				<i>EGR-MER-CDN</i>	
<i>1</i>			<i>TOL</i>	<i>CPR-SUJ</i>	<i>SEL</i>	

La Empaquetadora por ser el último equipo en toda la fase posee alta relevancia. Entre sus componentes críticos se encuentran los encargados de la transmisión de potencia, los elementos de sujeción, sellado y corte del empaque final del producto. En caso de que estos fallen, el equipo se ve altamente afectado hasta el punto de su inactividad operacional.

Apéndice D. AMEF.

Figura 74.

AMEF Plansichter's.

Nombre Equipo		Plansichter's							Realizado por				Julián Moreno										
Código		PS							Revisado por				Ing. Francisco Saldivia										
Fecha		5/02/2021																					
FUNCIÓN	FALLO N°	FALLOS POTENCIALES										ESTADO				MANTENIMIENTO PROACTIVO				ACCIONES A FALTA DE			
		Falla Funcional	Tipo fallo	Modos de fallo	Causas					Efectos	Consecuencias		Controles	S	D	O	NPR	PREVENTIVO POR INSPECCIÓN			PREVENTIVO POR PLANIFICACIÓN (RECAMBIO)		Descripción
					W1	W2	W3	W4	CR		Tipo	Descripción						Descripción	Frecuencia		Descripción	Frecuencia	
Clasificar el grano de acuerdo a su tamaño por medio de oscilaciones del equipo, que genere vibraciones	1.1	EDAD		Uso					Filtración de material. Inoperatividad sino se tiene repuesto	OP	Pérdida de calidad del producto. Pérdida de producción.	Si hay, en cierta medida	8	8	6	384			RECAMBIO DE TELAS	CUANDO SE REQUIERA	CONTROL DE HOJA DE VIDA DE COMPONENTES		
		EJEC	Telas internas deterioradas	Tela no adecuada para la etapa.	Mala selección.				Mezcla de granulados de diferentes tamaños.	NOP	Separación ineficiente de material. Acumulación de material. Deterioro rápido de telas.	Si hay	10	6	7	420	INSPECCIONES DE CALIDAD DE PRODUCTO	1xD			CONTROL DE ADQUISICIÓN DE REPUESTOS Y COMPONENTES		
		EJEC		Mal sellado interno					Fugas. Ineficiente selección del granulado. Filtración de material.	SA+OC	Pérdida de producción.	Si hay, pero ineficiente	9	8	8	576			INTERVENCIONES DE BUEN SELLADO	1xM	PROPUESTA DE REDISEÑO INTERNA DE EQUIPO Y DE TUBERIAS ALEDAÑAS		
		EJEC		Mala selección. Mal montaje.						NOP+OC		Inspecciones visuales básicas	9	7	5	315	INSPECCIONES VISUALES, DE NIVELES DE RUIDO, VIBRACIONES	1xW					
		ELEC	Motor eléctrico	Fallo de fase, conexiones rotas, desgastadas	Uso			Poca o nula fuerza motriz transmitida al equipo. Sobrecalentamiento.	OP+SA+OC			No hay	10	7	7	490	INSPECCIÓN VISUALES DE CONEXIONES	1xW					
		EJEC		Lubricación	Ineficiente. Inexistente.	Ausencia equipos extractores				OP+OC			8	6	7	336			LUBRICACIÓN RODAMIENTO	1xM	CONTROL HOJA DE VIDA DE COMPONENTE		
		MEC		Corrosión/ Abrasión	Entorno contaminado	Fugas equipos				OP	Vibraciones de zarandas requeridas no óptimas.	Intervenciones periódicas de lubricación. Inspecciones periódicas.	8	8	6	384	LIMPIEZA ENTORNO	1xD	CAMBIO RODAMIENTO	1x2A	CONTROL OPERATIVO DE EQUIPOS QUE PRESENTEN FUGAS		
		EJEC	Rodamientos	Mala selección. Mal montaje.				Desgaste rápido de partes	NOP+OC	Atascamiento de material. Deterioro			8	4	7	224					CONTROL OPERATIVO DE EQUIPOS EXTRACTORES		

Continuación de la figura 74.

internas de las zarandas.	1.2	EDAD	Rango de oscilación es insuficiente				partes móviles. Sobrecalentamiento.	OP+OC	telas internas. Separación ineficiente. Proceso de molienda alterado. Posible parada de planta.	7	7	7	343	INSPECCIONES VISUALES, DE VIBRACIONES Y NIVELES DE RUIDO DE RODAMIENTO	1xW			CAPACITAR PERSONAL		
		EDAD		Correa	Uso			Poca o nula transmisión de potencia al equipo.	OP	Inspecciones esporádicas del componente	8	6	6	288	INSPECCIONES VISUALES DE ALINEACIÓN DE CORREA	1xW				
		EJEC			Mala selección. Mal montaje.			Inoperatividad de equipo. Deterioro rápido de componentes implicados en la transmisión	NOP+OC		8	7	6	336			CAMBIO CORREA	1x2A	CAPACITAR PERSONAL	
		EJEC		Polea	Mala selección. Mal montaje.				NOP+OC	No hay	8	6	6	288						
		EDAD			Uso			Inoperatividad de equipo	OP	Inspecciones muy esporádicas	8	6	7	336	INSPECCIONES VISUALES DE ALINEACIÓN DE POLEA	1xW				
		MEC		Fractura eje	Uso	Fatiga			OP	Inspecciones muy esporádicas	10	4	6	240						
		MEC			Oscilaciones altas			Nula transmisión al equipo. Deterioro en elementos de generación y transmisión de potencia	OP	Completa parada de equipo. Posible parada de planta. Proceso de molienda alterado.	No hay	10	6	7	420	INSPECCIONES VISUALES, DE VIBRACIONES AL EJE DE TRANSMISIÓN	1xW			CONTROL Y REGISTRO DE INSPECCIONES E INTERVENCIONES

Figura 75.

AMEF Ventiladores de alta y baja presión.

Nombre Equipo		Ventiladores alta y baja presión							Realizado por			Julían Moreno											
Código		VAP-VBP							Revisado por			Ing. Francisco Saldivia											
Fecha		5/02/2021																					
FUNCIÓN	FALLO N°	Falla Funcional	Tipo fallo	Modos de fallo	FALLOS POTENCIALES					Efectos	Consecuencias		Controles	ESTADO			MANTENIMIENTO PROACTIVO				ACCIONES A FALTA DE		
					Causas						Tipo	Descripción		S	O	D	NPR	PREVENTIVO POR INSPECCIÓN		PREVENTIVO POR PLANIFICACIÓN (RECAMBIO)		Descripción	
					W1	W2	W3	W4	CR									Descripción	Frecuencia	Descripción			Frecuencia
EJEJ	1.1	Ductos de entrada o salida taponados	EJEJ	Suciedad						OP+SA	Ciclo de molienda interumpido y alterado. Posible acumulación de material. Sobrecarga en líneas de transporte.	Limpeza periódica de tuberías.	10	6	6	360	LIMPIEZA Y SELLADO DE TUBERIAS	1x3M			CONTROL Y REGISTRO DE INSPECCIONES		
				Contaminación de agentes externos en tuberías	Mal sellado en líneas de transporte						OP+SA	Uniones de tuberías averiadas. Posible parada de planta.	Se conoce el error, pero no se actúa de manera eficiente.	10	6	5	300	INSPECCIONES VISUALES DE TUBERIAS	1xTURNO				
MEC	1.2	Aspas internas desgastadas, deterioradas, fisuradas.	MEC	Golpes intermitentes de material contaminado con las aspas internas	Contaminación de agentes externos en tuberías		Mal sellado en líneas de transporte			OP+SA+OC	Pérdida de calidad de producto. Insuficiencia operativa del equipo. Posible parada de planta.	No hay	10	4	8	320	INSPECCIONES VISUALES A LA ENTRADA Y SALIDA DE EQUIPO	1xW			CONTROL HOJA DE VIDA DE EQUIPO		
EJEJ	1.3	Motor eléctrico	EJEJ	Mala selección. Mal montaje.						NOP+OC	Deterioro de otras partes del equipo. Deterioro temprano de componentes. Parada de planta	Inspecciones visuales esporádicas	10	6	7	420	INSPECCIONES VISUALES Y DE NIVELES DE RUIDO	1xW			REGISTRO DE MONTAJES		
				Fallas en la fase, conexiones rotas, desgastadas.	Uso					OP+SA+OC	Sobrecalentamiento del motor. Posibilidades de incendio. Insuficiente elevación y transporte de material. Parada de planta.	No hay	10	6	6	360	INSPECCIONES VISUALES DE CONEXIONES	1xW					
MEC			MEC	Corrosión/ Abrasión	Entorno contaminado	Ausencia equipos extractores				SA		Si hay, pero ineficientes	9	7	6	378	INSPECCIONES VISUALES Y LIMPIEZA DE ENTORNO	1xTURNO					
						Fugas otros equipos				OP		9	8	5	360					CAMBIO RODAMIENTO	1x2A		
EJEJ			EJEJ	Lubricación	Ineficiente. Inexistente.					OP+OC	Alta fricción	Intervenciones periódicas de lubricación.	9	7	7	441					LUBRICACIÓN DE RODAMIENTO	1xW	CONTROL HOJA DE VIDA DE

Elevar neumáticamente la harina u

Continuación de la figura 75.

subproductos para permitir el reproceso de la molienda por medio de la generación de un diferencial de presión que succiona el material.	1.4	Deficit de presión	MEC	Rodamiento	Mala selección. Mal montaje.				Deficiente transmisión de potencia. Vibraciones indeseadas.	NOP+OC	Deficiente transmisión de potencia al ventilador. Pérdida de energía. Sobrecalentamiento o en ejes de transmisión. Transporte vertical no se cumple.	Inspecciones periódicas	No hay	9	7	7	441	LIMPIEZA GENERAL	1xM	CAPACITAR PERSONAL												
																					EDAD	Uso	Fatiga	OP+OC	Lubricación esporádica. Recambio de rodamientos a consideración del jefe de planta	9	8	6	432			STOCK DE REPUESTOS
	EJEC	Mala selección. Mal montaje.		NOP+OC	Recambio de bandas a consideración del jefe de planta	9	6	4	216	CAMBIO BANDA	1x2A	CAPACITAR PERSONAL																				
													1.5	Fuerza motriz deficiente	MEC	Lubricación	Entorno contaminado	Ausencia de extractores eficientes	Ausencia o ineficiente funcionamiento de equipos extractores.	Pérdida operativa prematura de motores por filtración.	SA	Sobrecalentamiento y exigencia del sistema motor-ventilador. Disminución de Rpm. Pérdida de energía. Posibilidades de incendio.	Si hay	9	7	4	252	LUBRICACIÓN DE ROTOR INTERNO	1x5M	CONTROL DE INSPECCIONES		
	EJEC	Ineficiente. Inexistente	Velocidades lentas de transmisión. Desgaste prematuro de elementos.	OP+OC	Lubricación esporádica	10	6	3	180	LIMPIEZA	1XD																					
																															MEC	Alineación
	1.6	Fugas de otros equipos	Mal sellado	Filtración en las juntas del equipo	OP	Disminución de Rpm. Pérdida de energía.	9	9	4	324	LUBRICACIÓN CHUMACERA Y EJES	1x5M																				
														1.7	Fractura eje	Uso	Fatiga	OP	Inoperatividad sino se tiene el stock del repuesto. Deterioro	10	4	4	160									
	1.8	Alineación del motor-ventilador	Mal montaje	Vibraciones indeseadas. Choques intermitentes.	OC	Desprendimiento de partes internas. Desprendimiento de material. Fatiga. Deterioro de demás componentes. Vibraciones indeseadas.	9	7	4	252																	CAPACITAR PERSONAL					

Figura 76.

Motores Eléctricos de Potencia.

Nombre Equipo		Motores eléctricos de potencia							Realizado por			Julián Moreno										
Código		MP							Revisado por			Ing. Francisco Saldivia										
Fecha		5/02/2021																				
FUNCIÓN	FALLO N°	Falla Funcional	Tipo fallo	Modos de fallo	FALLOS POTENCIALES					Efectos	Consecuencias		Controles	ESTADO				MANTENIMIENTO PROACTIVO				ACCIONES A FALTA DE
					Causas						Tipo	Descripción		S	O	D	NPR	PREVENTIVO POR INSPECCIÓN		PREVENTIVO POR PLANIFICACIÓN (RECAMBIO)		
					W1	W2	W3	W4	CR									Descripción	Frecuencia	Descripción	Frecuencia	
Generar fuerza motriz a los Bancos de cilindros para generar la compresión necesaria para la trituración.	1.1	ELEC	Falla de fase, cortos, desbalanceo de tensión, picos de tensión, bobina cortocircuitada.	Uso	Ausencia de inspecciones eléctricas periódicas.				Potencia requerida no satisfecha. Sobrecalentamiento.	OP+SA+OC	Motor sobre exigido. Pérdida de potencia y energía. Posibilidad de incendio. Deficiente fuerza motriz en cilindros.	Inspecciones visuales y eléctricas esporádicas	10	6	4	240	INSPECCIÓN VISUALES DE CONEXIONES	1xW			CONTROL Y REGISTRO DE INSPECCIONES	
	1.2	ELEC	Conexiones eléctricas desgastadas, rotas.	Uso						OP+SA			10	6	6	360	MEDICIÓN DE CORRIENTE EN FASES	1xW		CAPACITAR PERSONAL		
	1.3	EJEC	Motor mal seleccionado.	Personal no capacitado					Rangos operativos fuera del rango requerido. Fuerza motriz a bancos de cilindros no transferida.	NOP+OC	Potencia requerida no satisfecha. Compresión en bancos de cilindros deficiente.		10	3	3	90					CONTROL HOJA DE VIDA DE EQUIPOS	
	1.4	EJEC			Ausencia de recursos					OC	Desprendimiento de partes internas de equipo. Capacidad operativa disminuida. Pérdida de potencia y energía.	Si hay inspecciones visuales y de niveles de ruido esporádicamente y no tan eficientes	9	5	7	315	INSPECCIONES VISUALES Y DE NIVELES DE RUIDO	1xW				
		EJEC	Alineación	Mal montaje	Personal no capacitado				Exceso de vibraciones	OC			9	5	7	315						
1.5	Transmisión de fuerza motriz	MEC		Esfuerzos	Mala selección. Mal montaje.	Personal no capacitado			Poca o nula transmisión de fuerza motriz. Vibraciones indeseadas. Sobrecalentamiento del motor y componentes de transmisión. Inoperatividad	NOP+OC		No hay	10	7	7	490	INSPECCIONES VISUALES DE RODAMIENTO	1xW	CAMBIO DE RODAMIENTO	1X2A	STOCK MINIMO DE REPUESTOS	
		MEC	Rodamiento	Corrosión/ Abrasión	Entorno contaminado	Ausencia de equipos extractores	Fuga otros equipos			SA	Posible parada de planta. Bancos de cilindros no operan a los rangos operativos requeridos. Transmisión deficiente. Torque y velocidades pequeños(as) en	Si hay, pero ineficiente	9	8	6	432	LIMPIEZA	1xTURNO	LUBRICACIÓN RODAMIENTO	1x3M		
	EJEC		Lubricación	Ineficiente. Inexistente.					OP			Intervenciones de lubricación esporádicas	9	6	6	324			LIMPIEZA GENERAL	1x3M		

Continuación de la figura 76.

	1.6	EDAD		Uso	Fatiga				se expone sino se posee un stock mínimo de repuestos.	OP+OC	bancos de cilindros. No rompimiento eficiente del grano.	No hay	9	8	6	432					
		EDAD		Uso						OP					9	8	4	288			
		EJEC	Banda	Mala selección. Mal montaje.	Personal no capacitado					NOP+OC		Inspecciones visuales periódicas	10	6	4	240	INSPECCIONES VISUALES DE BANDAS	1xW	CAMBIO DE BANDA	1X6M	CONTROL Y REGISTRO DE MONTAJES

Figura 77.

AMEF Motorreductores.

Nombre Equipo		Motorreductores					Realizado por		Julián Moreno														
Código		RT; RS; RH					Revisado por		Ing. Francisco Saldívar														
Fecha		5/02/2021																					
FUNCIÓN	FALLO N°	Falla Funcional	Tipo fallo	Modos de fallo	FALLOS POTENCIALES					Efectos	Consecuencias	Controles	ESTADO			MANTENIMIENTO PROACTIVO							
					Causas								Tipo	Descripción	S	O	D	NPR	PREVENTIVO POR INSPECCIÓN		PREVENTIVO POR PLANIFICACIÓN (RECAMBIO)		ACCIONES A FALTA DE
					W1	W2	W3	W4	CR										Descripción	Frecuencia	Descripción	Frecuencia	
Transportar la materia prima de un punto a otro en la planta, con el fin de servir como línea de transporte	1.1	ELEC	ELEC	Motorreductor	Falla eléctrica	Falla de fase, cortos, desbalance o de tensión, picos de tensión, bobina cortocircuitada.	Uso				Fuerza motriz transmitida al eje roscado insuficiente.	OP+SA+OC	Inspecciones visuales esporádicas del motor.	10	7	6	420	INSPECCIÓN VISUALES DE CONEXIONES	1xW				
						Entorno contaminado				OP+SA		10		7	5	350	LIMPIEZA DE ENTORNO	1xW					
						Conexiones eléctricas desgastadas, rotas.	Uso			OP+SA		10		7	5	350	MEDICIÓN DE CORRIENTE EN FASES	1xW					
	1.2	MEC	MEC	Rodamiento	Corrosión/ Abrasión	Entorno contaminado	Ausencia de equipos extractores				Motor sobre exigido.	SA	Tiempo que tarda en transportarse el material muy alto. No se cumple con el ciclo de molienda. Materia prima estancada. Acumulación de material. Pérdida producción y energía. Sobrecalentamiento o del motor y elementos internos.	9	8	5	360	INSPECCIONES VISUALES	1xW	LUBRICACIÓN DE RODAMIENTO	1x6M	CONTROL HOJA DE VIDA DE COMPONENTE	
						Fuga otros equipos				OP		9		7	5	315			CAMBIO DE RODAMIENTO	1X2A	STOCK MÍNIMO DE REPUESTO		
		Lubricación	Ineficiente. Inexistente.			OP+OC	9	7	6	378							REPUESTOS BAÑADOS EN ACEITE PARA EVITAR OXIDACIÓN						
		Uso	Fatiga			OP+OC	No hay	9	5	6		270											
	1.3	MEC	MEC	Elementos de transmisión internos	Uso	Ausencia de lubricación interna e inspecciones frecuentes					OP+OC		No hay	9	5	6	270			LUBRICACIÓN EN GENERAL	1x3M		
	1.4	MEC	MEC	Incapacidad para transportar	Desgaste prematuro	Proveedor no confiable					Inoperatividad si no se cuenta con un stock mínimo de repuestos.	NOP	Sobrecostos de mantenimiento. Pérdida de producción. Inoperatividad completa de la etapa.	No hay	10	5	6	300	INSPECCIONES VISUALES GENERALES, NIVELES DE RUIDO, VIBRACIONES	1xW			CONTROL Y MANEJO DE REPUESTOS
						Mala selección	Ausencia de recursos			NOP+OC		No hay		10	5	6	300				CAPACITAR PERSONAL		
						Personal no capacitado				NOP		No hay		10	5	6	300						
	1.5	EDAD	EDAD		Uso						OP		Actividades de lubricación esporádicas	9	5	6	270					STOCK MÍNIMO DE REPUESTOS	

Continuación de la figura 77.

entre maquinas o entre subprocesos.	1.6	EJEC	Eje roscado falta	Mala fijación	Ausencia de inspecciones periódicas				Desprendim ento de material. Daño en la tapa del equipo. Calentamient o del componente	OC	Acumulación de material. Puntos de sobrepresión en la tubería. Desprendimiento por sobrecalentamient o. Sobrecostos de mantenimiento.	Inspecciones muy esporádicas	9	7	6	378	INSPECCIONES VISUALES Y QUE EVALUEN NIVELES DE RUIDO, VIBRACIONES Y FUNCIONAMIENTO	1xW		CONTROL HOJA DE VIDA DE COMPONENTE
				Personal no capacitado							OC	Pérdida de sobrecalentamient o. Sobrecostos de mantenimiento.	Inspecciones muy esporádicas	9	7	6	378			
	1.7	EJEC	Eje roscado falta	Lubricación interna	Ineficiente. Inexistente					OP+OC	Pérdida de producción. Inoperatividad completa de la etapa.	Intervencion es no frecuentes	9	6	6	324		LUBRICACIÓN	1x3M	
	1.8	MEC		Desgaste prematureo	Proveedor no confiable				Inoperativida d sino se cuenta con un stock mínimo de repuestos.	NOP		No hay	10	6	6	360				
		MEC	Mala selección. Mal montaje		Personal no capacitado. Ausencia de recursos.					NOP+OC		No hay	10	6	6	360				CONTROL DE ADQUISICIÓN DE REPUESTOS
	2.1	EJEC	Fugas en la línea de transporte	Peso especifico excesivo del grano para la línea de transporte.	Mala selección de material y/o del component e para esa etapa					OP	Pérdida de producción. Posible entrada de contaminantes. Contaminación del entorno.	Si hay, pero no se soluciona el problema.	9	8	2	144		SELLADO Y LIMPIEZA	1x3M	SOLUCIONES DE SELLADO EFICIENTES
	2.2	Transporte ineficiente.	EJEC	Contaminac ión por agentes externos	Ausencia de extractores eficientes	No revisiones en equipos extractores				Pérdida operativa prematura.	SA	Pérdida de calidad del producto. Corrosión del material. Pérdida de producción. Su presencia indica la existencia de granos invadidos por hongos o en descomposición.	Si hay	9	8	3	216	INSPECCIONES VISUALES GENERALES	1xD	CONTROL OPERATIVO DE EQUIPOS EXTRACTORES
			EJEC		Fugas de otros equipos	Mal sellado				Filtración en las juntas del equipo	OP		Si hay, pero no se soluciona el problema.	10	9	2	180			PROPUESTA DE REDISEÑO DE JUNTAS DE EQUIPO
			MEC		Plagas de insectos y larvas.	Ausencia de limpiezas e inspecciones programada s.				Pérdida de producción por contaminació n de material.	OP+SA		Periódicame nte hay, sin control ni registro de las intervencione s.	10	9	4	360		LIMPIEZA GENERAL EXHAUSTIVA	1xM

Figura 78.

AMEF Elevador de Cangilones.

Nombre Equipo		Elevadores de Cangilones								Realizado por				Julián Moreno									
Código		ET-ES								Revisado por				Ing. Francisco Saldivia									
Fecha		5/02/2021																					
FUNCIÓN	FALLO N°	Falla Funcional	Tipo fallo	Modos de fallo	FALLOS POTENCIALES					Efectos	Consecuencias		Controles	ESTADO				MANTENIMIENTO PROACTIVO				ACCIONES A FALTA DE	
					Causas						Tipo	Descripción		S	O	D	NPR	PREVENTIVO POR INSPECCIÓN		PREVENTIVO POR PLANIFICACIÓN (RECAMBIO)			
					W1	W2	W3	W4	CR									Descripción	Frecuencia	Descripción	Frecuencia		Descripción
Elevar el trigo por medio de cangilones que lo recogen y lo transportan a una altura determinada para que caiga por acción de la gravedad y pueda completarse el ciclo de la molienda.	1.1	ELEC	Falta de potencia para elevar el material.	Falla eléctrica	Falla de fase, embobinado o cortocircuitado.	Uso				Atascamiento de material. No elevación de material. Escape de material.	OP+SA+OC	Sobrecalentamiento del motor. Ciclo de molienda no se cumple. Parada de planta.	Inspecciones visuales muy esporádicas.	10	6	6	360	INSPECCIÓN VISUALES DE CONEXIONES	1xW			CONTROL Y REGISTRO DE INSPECCIONES	
		ELEC				Entorno contaminado					SA			10	7	5	350						
		ELEC				Conexiones rotas, desgastadas	Uso					OP+SA			10	7	5	350	MEDICIÓN DE CORRIENTE EN FASES	1xW			
	1.2	EDAD			Uso						OP				10	7	5	350	INSPECCIONES VISUALES DE BANDAS	1xW			
		EJEC		Bandas		Mala selección	Ausencia de recursos			Poca o nula fuerza motriz. Nula o poca elevación del cangilón.	NOP+OC	Inoperatividad de equipo sino se posee stock de repuesto. Posible parada de planta. Ciclo de molienda detenido.	Inspecciones visuales periódicas.	10	5	6	300					CONTROL HOJA DE VIDA DE COMPONENTE	
		EJEC			Banda sobre tensionada		Personal no capacitado				OC				10	4	7	280					STOCK MINIMO DE REPUESTOS DE BANDAS
		EDAD			Uso	Fatiga					OP												
	1.3	EJEC		Cadenas de transmisión	Lubricación	Ineficiente	Inexistente			Transmisión alterada. Nula o poca transmisión de potencia al tambor accionador.	OP	Posible parada de equipo.	Inspecciones visuales esporádicas	8	6	2	96			LUBRICACIÓN DE CADENA	1x5M		CONTROL HOJA DE VIDA DE COMPONENTE
		EDAD			Uso						OP				10	6	4	240					
	1.4	MEC		Cangilones		Material de cangilón no resistente al peso específico del trigo.	Mala selección	Personal no capacitado		No se eleva la cantidad de material requerido.	NOP+OC	Acumulación en tolva de carga y en el cuerpo inferior. Sobrecalentamiento del motor por acumulación. Inoperatividad sino se posee stock de	Inspecciones visuales periódicas.	10	6	6	360	INSPECCIONES VISUALES DE CANGILONES	1xM				

Continuación de la figura 78.

1.5	EJEC	Mal fijado	Personal no capacitado					OP+OC	repuestos. Fugas internas. Contaminación del entorno.		10	5	8	400				STOCK MINIMO DE REPUESTOS DE CANGILONES
	EJEC	Mal sellado del cuerpo y toivas						OP+OC	Pérdida de producción. Elevador sub exigido.	Si hay, pero no se soluciona de raíz el problema.	7	8	2	112	INSPECCIONES VISUALES DEL CUERPO ENTERO	1xW		PROPUESTA DE REDISEÑO DE JUNTAS DE EQUIPO
	MEC	Fugas internas y externas Cangilones	Mal fijados	Personal no capacitado				OP+OC	Contaminación del entorno por acumulación.		9	7	6	378	LIMPIEZA ENTORNO	1xW	INTERVENCIONES DE SELLADO	1x3M
			Deteriorados					OP		9	6	6	324					

Figura 79.

AMEF Malacate.

Nombre Equipo		Malacate					Realizado por		Julían Moreno														
Código		ML					Revisado por		Ing. Francisco Saldívar														
Fecha		5/02/2021																					
FUNCIÓN	FALLO N°	FALLOS POTENCIALES										ESTADO ACTUAL				MANTENIMIENTO PROACTIVO				ACCIONES A FALTA DE			
		Falla Funcional	Tipo fallo	Modos de fallo	Causas					Efectos	Consecuencias		Controles	ESTADO ACTUAL				PREVENTIVO POR INSPECCIÓN			PREVENTIVO POR PLANIFICACIÓN (RECAMBIO)		
					W1	W2	W3	W4	CR		Tipo	Descripción		S	O	D	NPR	Descripción	Frecuencia		Descripción	Frecuencia	
Desenrollar y enrollar un cable de gran diámetro, de manera controlada para elevar el trigo recién llegado por el proveedor.	1.1	EDAD	Cable	Uso						Recalentamiento de motor. No elevación del trigo.	OP	Proceso de molienda detenido. Posibilidad de caída repentina y brusca del tambor.	Inspecciones periódicas visuales	10	6	4	240	INSPECCIONES VISUALES AL CABLE	1xW			CONTROL HOJA DE VIDA DE COMPONENTE	
				Excesivo torque	Mala selección del componente luego de un recambio								NOP+OC	No hay	10	5	7	350	INSPECCIÓN VISUALES DE CONEXIONES	1xW			CONTROL DE COMPRA Y MANEJO DE REPUESTOS.
		ELEC	Falla eléctrica	Falla de fase, embobinado o cortocircuito.	Entorno contaminado							OP+SA+OC	Proceso de molienda detenido. No abastecimiento de materia prima en el proceso. Pérdida de producción.	Inspecciones eléctricas muy esporádicas	10	6	7	420	MEDICIÓN DE CORRIENTE EN FASES	1xW			CAPACITAR PERSONAL
				Conexiones rotas, desgastadas	Uso								OP		10	5	7	350	LIMPIEZA DE EQUIPO	1xW			
		ELEC									OP+SA		10	6	6	360							
	EDAD									OP		Inspecciones visuales esporádicas	9	5	6	270	INSPECCIONES VISUALES GENERALES	1xW			CONTROL HOJA DE VIDA DE COMPONENTE		
	2.1	Incapacidad para elevar la carga repentina	EJEC	Fuerza motriz insuficiente	Alineación de motor-reductor	Mal montaje	Personal no capacitado				Costos elevados de mantenimiento. No elevación del material. Proceso de elevación ineficiente.	OC		No hay	10	6	4	240	INSPECCIONES VISUALES Y QUE EVALUEN NIVELES DE RUIDO	1xW			STOCK MINIMO DE REPUESTOS
					MEC		Mala selección del equipo	Personal no capacitado					NOP+OC	Inoperatividad de equipo sino se posee un stock mínimo de repuestos. Pérdida de producción. Impacto económico.	No hay	9	5	6	270				
			MEC		Desgaste prematuro	Mal montaje	Ausencia de recursos					OC		No hay	9	6	6	324					REGISTRO DE MONTAJES
			MEC			Proveedor no confiable						NOP		Si hay, pero no control eficiente	9	5	5	225					REPUESTOS BAÑADOS EN ACEITE PARA EVITAR OXIDACIÓN.
MEC					Corrosión/Abrasión	Entorno contaminado	Ausencia o ineficiencia de equipos extractor				SA			10	8	6	480	INSPECCIÓN VISUAL Y QUE EVALUE NIVELES DE RUIDO	1xW			REPUESTOS BAÑADOS EN ACEITE	

Figura 80.

AMEF Zaranda de Trigo Mojado, Seco, Limpieza.

Nombre Equipo		Zarandas trigo mojado-seco-limpieza								Realizado por				Julián Moreno									
Código		ZTS-ZTM-ZL								Revisado por				Ing. Francisco Saldívar									
Fecha		SUZ/2021																					
FUNCIÓN	FALLO N°	FALLOS POTENCIALES										ESTADO				MANTENIMIENTO PROACTIVO				ACCIONES A FALTA DE			
		Falla Funcional	Tipo fallo	Modos de fallo	Causas					Efectos	Consecuencias		Controles	S	O	D	NPR	PREVENTIVO POR INSPECCIÓN			PREVENTIVO POR PLANIFICACIÓN (RECAMBIO)		Descripción
					W1	W2	W3	W4	CR		Tipo	Descripción						Descripción	Frecuencia		Descripción	Frecuencia	
Eliminar impurezas (semillas, hojas, ramas, otros granos, piedras pequeñas, insectos, arena, tierra) para acondicionar el trigo previo a la molienda.	1.1	EDAD	Tamices	Uso						Inoperatividad de equipo sino se posee stock mínimo de repuestos. Clasificación inadecuada de todo tipo de impurezas mezclándose con los granos de trigo.	OP		Inspecciones esporádicas	9	8	3	216	INSPECCIONES VISUALES A TAMICES	1xW			CONTROL HOJA DE VIDA DE COMPONENTE	
		MEC		Proveedor no confiable							NOP		No hay	10	6	4	240						
		MEC		Mala selección luego de un recambio	Personal no capacitado							NOP+OC		No hay	10	6	5	300					
		EJEC		Instalación de componente en equipo perteneciente a otro proceso								OP+OC		No hay	10	6	5	300					
	1.2	EJEC	Fugas	Mal sellado entre cuerpos internos						Clasificación ineficiente. Material se escapa al entorno.	OP+SA+OC		Si hay, pero no se soluciona	8	10	2	160	INSPECCIONES A FUGAS	1xD			PROPUESTA DE REDISEÑO DE JUNTAS INTERNAS DE EQUIPO	
	1.3	MEC	Rodamiento	Corrosión/Abrazón	Entorno contaminado	Fugas en otros equipos					OP			9	7	4	252	LIMPIEZA DE ENTORNO	1xD			PROGRAMACIÓN DE INTERVENCIONES EFICIENTES DE SELLADO	
		EDAD		Uso	Fatiga					Sobre forzado de motor eléctrico. Ruido. Transmisión inadecuada de potencia.	OP+OC		Inspecciones esporádicas	8	7	5	280	INSPECCIONES VISUALES A RODAMIENTO	1xW	CAMBIO RODAMIENTO	1x2A	CONTROL HOJA DE VIDA DE COMPONENTE	
		EJEC		Lubricación	Ineficiente. Inexistente.					Recalentamiento. Deterioro temprano.	OP+OC		Intervenciones esporádicas sin control	9	7	5	315			LUBRICACIÓN	1xM		
	1.4	EDAD	Correa	Uso					Transmisión inadecuada de potencia. Clasificación ineficiente.	OP		Ciclo de molienda desabastecido. Pérdida de producción. Posible parada del sistema al que hace parte. Deterioro temprano de componentes.	Inspecciones esporádicas	9	7	4	252	INSPECCIONES VISUALES A CORREA	1xM	CAMBIO BANDA	1x2A	CONTROL HOJA DE VIDA DE COMPONENTE	
		MEC		Alineación zaranda-motor	Mal montaje	Personal no capacitado					OC		No hay	10	7	5	350	INSPECCIONES VISUALES, DE NIVELES DE RUIDO, VIBRACIONES					
ELEC				Mala selección de motor	Personal no capacitado				Recalentamiento de motor	NOP+OC		Si hay, pero no controles eficientes	10	5	5	250	INSPECCIÓN VISUALES DE CONEXIONES	1xW			CONTROL Y REGISTRO DE INSPECCIONES E INTERVENCIONES		

Continuación de la figura 80.

1.5	ELEC	Vibraciones defectuosas	Motor eléctrico	Falla de fase, embobinado cortocircuitado,	Pérdida de energía. Filtraciones de material indeseado en líneas de transporte.	OP+SA+O C	Inspeccion es periódicas	10	7	5	350	MEDICIÓN DE CORRIENTE EN FASES	1xW			
	Falla eléctrica del motor.			Conexiones rotas, desgastadas, cortos, desbalanceo y picos tensión.				OP+SA	10	7	4					

Figura 81.

AMEF Roto-válvulas.

Nombre Equipo		Roto-válvulas								Realizado por			Julían Moreno										
Codigo		RV-RVB								Revisado por			Ing. Francisco Saldvía										
Fecha		5/02/2021																					
FUNCION	FALLO N°	FALLOS POTENCIALES											ESTADO ACTUAL			MANTENIMIENTO PROACTIVO				ACCIONES A FALTA DE			
		Falla Funcional	Tipo fallo	Modos de fallo	Causas					Efectos	Consecuencias		Controles	S	O	D	NPR	PREVENTIVO POR INSPECCIÓN			PREVENTIVO POR PLANIFICACIÓN (RECAMBIO)		
					W1	W2	W3	W4	CR		Tipo	Descripción						Descripción	Frecuencia		Descripción	Frecuencia	
Carga y descarga continua de harina con uniformidad de caudal y sin pérdidas de presión de aire, asegurando un sello neumático. Separación de aire sucio, polvo y particulado de la harina limpia y procesada.	1.1	No permite el transporte continuo y requerido de material. Separación nula.	Velocidad de rotación	Motorreductor	Conexiones desgastadas, rotas, cortos, picos tensión.					Caudal mayor-menor al requerido. Vibraciones indeseadas. Sobrecalentamiento del motor.	OP+SA	Contaminación de líneas de transporte. Ciclo de molienda alterado. Separación ineficiente.	Inspecciones periódicas sobre el flujo del material	10	6	4	240	INSPECCIÓN VISUALES DE CONEXIONES	1xW			SEGUIR RECOMENDACIONES DE FABRICANTE SOBRE EL LUBRICANTE	
											OP+SA+OC			10	5	5	250	MEDICIÓN DE CORRIENTE EN FASES	1xW			STOCK MINIMO DE REPUESTOS	
											OP+OC			9	5	7	315	INSPECCIONES VISUALES, DE NIVELES DE RUIDO, VIBRACIONES	1xW	LUBRICACIÓN	1x3M	CONTROL HOJA DE VIDA DE COMPONENTES	
											OP			9	6	7	378					REPUESTOS BAÑADOS EN ACEITE PARA EVITAR OXIDACIÓN	
											NOP+OC			10	6	6	360					CAPACITAR PERSONAL	
	1.2	Aletas internas	Fractura	Materia prima con impurezas solidas grandes					Flujo discontinuo de material. Material fracturado en líneas de transporte.	OP+SA+OC	Intermitencia de producto. Vibraciones indeseadas. Sobrepresión en equipos de molienda. Contaminación en líneas de transporte. Parada de planta.	No hay	10	4	6	240	INSPECCIONES VISUALES, DE NIVELES DE RUIDO, VIBRACIONES	1xW					
										OP			No hay	10	5	6	300	REVISIÓN VISUAL DEL ESTADO DE ALETAS	1x6M	REVISIÓN Y RECAMBIO DE ALETAS DE SER NECESARIO	1x6M		
	2.1	Perdidas de presión de aire.	EJEC	Ausencia de sello neumático	Fugas	Mal sellado en ductos de entrada y salida.					Ciclo de molienda alterado. Contaminación de entorno. Entrada de contaminantes externos.	OP+SA	Pérdida de producción y calidad del producto.	Si hay, pero no se soluciona	9	8	2	144	INSPECCIONES VISUALES GENERALES AL EQUIPO	1xW			INTERVENCIONES DE SELLADO EFICIENTES

Figura 82.

AMEF Entoleter.

Nombre Equipo		Entoleter										Realizado por			Julían Moreno														
Código		ENT										Revisado por			Ing. Francisco Saldívia														
Fecha		5/02/2021																											
FUNCIÓN	FALLO N°	FALLOS POTENCIALES											ESTADO ACTUAL				MANTENIMIENTO PROACTIVO				ACCIONES A FALTA DE								
		Falla Funcional	Tipo fallo	Modos de fallo	Causas					Efectos	Consecuencias		Controles	PREVENTIVO POR INSPECCIÓN				PREVENTIVO POR PLANIFICACIÓN (RECAMBIO)											
					W1	W2	W3	W4	CR		Tipo	Descripción		S	O	D	NPR	Descripción	Frecuencia	Descripción		Frecuencia							
Destruye mecánicamente larvas de insectos y sus huevos a través de un impacto intensivo causado por el disco rotor giratorio de alta velocidad.	1.1	Impacto insuficiente	ELEC	Rotor giratorio a bajas velocidades	Falla eléctrica del motor.	Conexiones desgastadas, rotas, cortos, picos tensión.	Uso				Sobrecalentamiento del motor. No se alcanzan las Rpm necesarias para destruir los huevos de insectos.	OP+SA	Pérdida de calidad y producción. Producto no satisface condiciones. Pérdidas económicas. Posible parada de planta.	No hay	10	7	4	280	INSPECCIÓN VISUALES DE CONEXIONES	1xW									
						Falla de fase, embobinado o cortocircuitado.	Uso						OP+SA+OC		No hay	10	7	5	350	MEDICIÓN DE CORRIENTE EN FASES	1xW			CONTROL DE INSPECCIONES E INTERVENCIONES					
					Rodamientos	Uso	Fatiga						OP					8	6	7	336						CONTROL HOJA DE VIDA DE EQUIPO		
						Lubricación	Ineficiente. Inexistente.						OP+OC		Inoperatividad de equipo sino se posee un stock mínimo de repuestos. Posible parada de equipo.	Inspecciones esporádicas		9	7	6	378	INSPECCIONES VISUALES, DE NIVELES DE RUIDO Y VIBRACIONES	1xW						
						Corrosión/Abraión	Entorno contaminado	Equipos extractores					SA					8	9	5	360								
					MEC	Fugas	Mal sellado con tuberías próximas	EJEC	Fugas						Transmisión insuficiente. Vibraciones indeseadas.	OP													PROPONER INTERVENCIONES EFICIENTES DE SELLADO
EDAD	Fugas	Mal sellado con tuberías próximas	EJEC	Fugas																									
EDAD	Fugas	Mal sellado con tuberías próximas	EJEC	Fugas																									
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso						OP																		
			EDAD		Uso					</																			

Continuación de la figura 82.

1.3	MEC	Aspas/cu chillas	Fractura	Agentes contaminan tes en harina	Zarandas no eficientes			No destruye completamen te los huevos de insectos. Desprendimi ento de material.	OP+SA	Impacto en la calidad. Contaminación en líneas de transporte. Parada de equipo. Posible parada de planta.	Si hay control, pero ineficiente	10	6	8	480	INSPECCIONES VISUALES A EQUIPOS FILTRADORES	1xW		
				Daño en filtros.			OP+SA		No hay		10	5	8	400	INSPECCIONES DE CALIDAD DE PRODUCTO A ENTREGAR	1xD			


Figura 83.

AMEF Silos Harina, Subproductos, Trigo.

Nombre Equipo		Silos de harina, subproductos y trigo								Realizado por			Julián Moreno										
Código		SIL(H;S;T)								Revisado por			Ing. Francisco Saldívia										
Fecha		5/02/2021																					
FUNCIÓN	FALLO N°	Falla Funcional	Tipo fallo	Modos de fallo	FALLOS POTENCIALES					Efectos	Consecuencias		Controles	ESTADO			MANTENIMIENTO PROACTIVO				ACCIONES A FALTA DE		
					Causas						Tipo	Descripción		S	O	D	NPR	PREVENTIVO POR INSPECCIÓN		PREVENTIVO POR PLANIFICACIÓN (RECAMBIO)			
					W1	W2	W3	W4	CR									Descripción	Frecuencia	Descripción		Frecuencia	Descripción
Almacenar el trigo, la harina y subproductos sea para acondicionar el grano, molerlo o prepararlo para el empaque y despacho.	1.1	Incapacidad para almacenar el producto.	EJEC	Silo pequeño o alta producción de producto para almacenarse en los silos existentes.	Mala selección del silo.	Personal no capacitado					Taponamiento en equipo y tuberías. Posible derrame de producto	NOP+OC	Sobrecalentamiento de otros equipos por el no movimiento del material. Pérdida de producción. Parada de planta.	No hay	9	5	5	225					CONTROL DE ADQUISICIÓN DE EQUIPOS
			EJEC	No control de producción								OP		Si hay	9	4	5	180					CONTROL EFICIENTE DE PRODUCCIÓN
			EJEC	Nulas/ineficientes intervenciones de limpieza y/o sellado									OP+SA	Derrame de materia prima. Pérdida de producción. Impacto económico.	Inspecciones e intervenciones periódicas de limpieza	9	8	4	288	INSPECCIONES VISUALES GENERALES	1xW		
	1.2	Fugas	EJEC	No control de producción ni el peso que es capaz de almacenar.		Personal no capacitado						OP			9	7	4	252			INTERVENCIONES DE SELLADO HERMÉTICO	1xM	PROPONER INTERVENCIONES DE SELLADO EFICIENTE HERMÉTICO
			EDAD	Uso								OP	Exposición a contaminantes externos. Crecimiento de larvas e insectos. Deterioro de paredes del silo. Pérdida de calidad.	No hay control ni registro de hoja de vida del equipo	10	6	4	240			LIMPIEZA INTERNA	1xM	CONTROL HOJA DE VIDA DE EQUIPO
	2.1	Mal sellado	MEC	Silo no hermético	Deterioro de uniones internas por plagas de insectos.	Ausencia de intervenciones de limpieza, sellado y soldado.						OP+SA+O C		Intervenciones esporádicas de limpieza.	10	8	4	320			LIMPIEZA GENERAL	1xM	
Soldadura deteriorada												OP+SA+O C			10	8	4	320					

Figura 84.

AMEF Empaquetadora de Harina.

Nombre Equipo		Empaquetadora harina					Realizado por		Julían Moreno														
Código		EMP					Revisado por		Ing. Francisco Saldivia														
Fecha		5/02/2021																					
FUNCIÓN	FALLO N°	Falla Funcional	Tipo fallo	Modos de fallo	FALLOS POTENCIALES					Efectos	Consecuencias		ESTADO				MANTENIMIENTO PROACTIVO				ACCIONES A FALTA DE		
					Causas						Tipo	Descripción	Controles	S	O	D	NPR	PREVENTIVO POR INSPECCIÓN		PREVENTIVO POR PLANIFICACIÓN (RECAMBIO)		Descripción	
					W1	W2	W3	W4	CR									Descripción	Frecuencia	Descripción			Frecuencia
Llenado y sellado de la harina en bolsas plásticas especiales	1.1		ELEC	Falla eléctrica	Falla de fase, cortos, desbalanceo de tensión, picos de tensión, bobina cortocircuitada	Uso				OP+SA+OC	Bolsa no se desenrolla. Producto estancado. Parada de equipo. Parada de producción. Pérdidas económicas.	Hay controles, pero ineficientes	10	7	6	420					CONTROL HOJA DE VIDA DE COMPONENTE		
	1.2		ELEC		Entorno contaminado					OP+SA				10	7	5	350	INSPECCIÓN VISUALES DE CONEXIONES	1xM	LIMPIEZA DE ENTORNO	1xW		
	1.3		ELEC		Conexiones eléctricas desgastadas, rotas.	Uso				OP+SA				10	7	5	350	MEDICIÓN DE CORRIENTE EN FASES	1xM				
	1.4		MEC	MEC	Rodamiento	Corrosión/ Abrasión	Entorno contaminado	Ausencia de extractores	Fuga otros equipos	Poca o nula fuerza motriz en el desenrollamiento de la bolsa.	SA		No hay	9	8	5	360						
	1.5		OP											9	7	5	315			LIMPIEZA DE ENTORNO	1xW		
	1.6		EJEC	Lubricación		Ineficiente. Inexistente				OP+OC			Hay intervenciones, pero no registro	9	7	6	378	INSPECCIONES VISUALES, DE NIVELES DE RUIDO, VIBRACIONES	1xW	LUBRICACIÓN	1x3M	CONTROL HOJA DE VIDA DE COMPONENTES	
	1.7		EDAD		Uso	Fatiga				OP+OC		No hay	9	5	6	270					REPUESTOS BAÑADOS EN ACEITE PARA EVITAR OXIDACIÓN		
	1.8	Incapacidad para el llenado	EDAD		Elementos de transmisión internos	Uso	Ausencia de lubricación interna e inspecciones frecuentes				OP+OC		No hay	9	5	6	270					CONTROL HOJA DE VIDA DE COMPONENTE	
	1.9		EJEC	Contaminación por agentes externos	Ausencia de extractores eficientes	No revisiones en equipos extractores				SA		Intervenciones de limpieza muy esporádicas e ineficientes	9	8	3	216							
	1.10		EJEC		Fugas de otros equipos	Mal sellado				OP			9	9	2	162	INSPECCIONES VISUALES DE SELLADO DE OTROS EQUIPOS	1xW	INTERVENCIONES DE SELLADO DE OTROS EQUIPOS	1xM			
	1.11		MEC		Plagas de insectos y larvas.	Ausencia de limpiezas e inspecciones programadas				OP+SA				9	9	4	324			LIMPIEZA DE ENTORNO	1xW		
	1.12		EDAD		Uso	Fatiga				OP		No hay	10	5	5	250							
	1.13		FDAN	Rodillos sujetadores fijadores	Deterioro de apoyos	Uso	Fatiga			OP+OC		No hay	10	6	5	300							


Continuación de la figura 84.

1.14		EJEC	Tolva de entrada	Mal sellado	Ausencia inspecciones e intervenciones				Producto final por entregar se filtra y cae fuera del equipo	OP	Perdida de producción. Perdidas económicas.	Hay, ineficientes	8	8	2	128	INSPECCIONES VISUALES DE SELLADO	1xW	INTERVENCIONES DE SELLADO	1xM			
2.1	Incapacidad para el sellado	EDAD	Cilindro de pre forma	Uso	Fatiga				No existe preforma de la prebolsa. Llenado deficiente	OP	Perdida de producción. Perdidas económicas. Parada de producción. Parada de equipo.	No hay	10	3	5	150							
2.2		EDAD		Deterioro de apoyos	Uso	Fatiga				OP+OC		No hay	10	4	5	200							
2.3		EDAD		Uso	Fatiga					OP		No hay	10	3	5	150							
2.4		MEC	Selladora	Falla en mecanismo	Accionadores y preaccionadores en mal estado	Ausencia revisiones				Sellado nulo. Escape de harina.		OP	Si hay	10	5	5	250	INSPECCIONES VISUALES DE MECANISMO	1xM				CONTROL HOJA DE VIDA DE COMPONENTE
2.5		ELEC		Falla eléctrica	Conexiones rotas, desgastadas							OP+SA	No hay	10	6	4	240	INSPECCIÓN VISUALES DE CONEXIONES	1xM				

Apéndice E. Cronograma.

Figura 85.

Cronograma.

			MOLINO SAN MIGUEL S.A.S. SEDE BUCARAMANGA																																																						
			PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																																						
Fecha Última Versión: 28/03/2021			Código: F03		Versión: 01		Frecuencia y		Turno		Semanal		Trimestral		Anual		Area		TODAS																																						
Realizado por: Moreno, Julián			Fecha: 28/03/2021		Color:		Diario		Mensual		Semestral		Bianual																																												
EQUIPO	SISTEMA	TAREA	TIPO			DISTRIBUCIÓN																																																			
			INSP	RECAM	FREC	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7				Mes 8				Mes 9				Mes 10				Mes 11				Mes 12				Mes 13			
Bancos de Cilindros	MOL	Inspección visual de transmisión interna	x		W	[Grid with orange shading]																																																			
		Lubricación de transmisión interna		x	A	[Grid with blue shading]																																																			
		Limpieza entorno de banco	x		D	[Grid with light blue shading]																																																			
		Inspección visual interna de cilindros de trituración	x		T	[Grid with yellow shading]																																																			
		Lubricación de elementos de transmisión de potencia		x	3M	[Grid with yellow shading]																																																			
		Inspección visual de vibraciones de elementos de transmisión	x		W	[Grid with orange shading]																																																			
		Inspecciones eléctricas	x		W	[Grid with orange shading]																																																			
		Inspección de buen funcionamiento de ajustadores de distancia	x		M	[Grid with green shading]																																																			
		Remanufactura de cilindros de trituración		x	N.N.	[Grid with white shading]																																																			
Plansichter	MOL	Inspección de calidad	x		T	[Grid with yellow shading]																																																			
		Intervención sellado		x	M	[Grid with green shading]																																																			
		Inspecciones visuales, ruido, vibraciones y alineación de elementos de transmisión	x		W	[Grid with orange shading]																																																			
		Inspecciones eléctricas	x		W	[Grid with orange shading]																																																			
		Lubricación Rodamiento		x	M	[Grid with green shading]																																																			
		Limpieza entorno de equipo	x		D	[Grid with light blue shading]																																																			
		Cambio Rodamiento		x	2A	[Grid with green shading]																																																			
		Cambio Correa		x	2A	[Grid with green shading]																																																			
Cambio de telas		x	N.N.	[Grid with white shading]																																																					
baja presión		Limpieza y Sellado de tuberías		X	3M	[Grid with yellow shading]																																																			
		Inspecciones visuales de tuberías	x		D	[Grid with light blue shading]																																																			
		Inspecciones visuales, ruido, vibraciones y alineación de elementos de transmisión	x		W	[Grid with orange shading]																																																			

Apéndice F. Fichas Técnicas.

Se muestra la ficha técnica de uno de los equipos de mayor impacto e incidencia.

Figura 86.

Ficha Técnica de Bancos de Cilindros.

	MOLINO SAN MIGUEL S.A.S		
	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS		
	INFORMACIÓN TÉCNICA Y OPERATIVA		
Fecha Última Versión: 15/03/2021		Código: F01	Versión: 02
Realizado por: Moreno, Julián		Fecha: 15/03/2021	Pág. 1/1
MAQUINA	Bancos de Cilindros	UBICACIÓN	2do Piso-Molienda
FABRICANTE	Polimex	SECCIÓN	Molienda
MODELO	1980-1990	CÓDIGO INVENTARIO	BC-T01
MARCA	Polimex		
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
PESO	-	ANCHO	-
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
Origen Polaco			
Edad: 30-40 años.			
8xRodamientos cónicos 22 - 315			
Dimensiones cilindros trituración; L=1000mm; Diam=250 mm			
Ajuste neumático			
2 motores alimentación internos: 1 HP y 90 RPM.			
Compuesto por: 2 cilindros de trituración, 2 cilindros de distribución, transmisiones internas, 2 bancas internas.			
FUNCIÓN			
Se encarga de la primera trituración luego de acondicionarse el trigo. Es accionado por los Motores Eléctricos de Potencia.			
Comprime los granos luego de las primeras limpias. Destruye la capa externa del grano.			
MANTENIMIENTO			
ULTIMA FECHA			Agosto-2020
OBSERVACIONES			Cambios de correas accionadoras por entrecruzamiento cada 6-8 meses
			Cambios de Cilindros internos por desgaste y fractura.




Dada la extensión de cada una de las fichas técnicas y su posible gran espacio ocupado en el trabajo, se procede a anexar un enlace en Drive que permita visualizar de manera óptima todas y cada una de las fichas técnicas, además de todos los documentos desarrollados durante la realización del proyecto, a continuación se muestra:

- https://drive.google.com/drive/folders/1R6SYfNVL2aLTQ1Fq1yEDeRzTw0I_qlkO?usp=sharing

Apéndice G. Hojas de Vida.

El formato de Hoja de Vida que se implementa es el siguiente.

Figura 87.*Formato de Hojas de Vida.*

		MOLINO SAN MIGUEL S.A.S						
		HOJA DE VIDA DE EQUIPOS						
		BITÁCORA PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS						
Fecha Última Versión: 15/03/2021				Código: F02			Versión: 01	
Realizado por:		Moreno, Julián		Fecha: 15/03/2021			Pág. 1/1	
Código Equipo		Nombre Equipo				Responsable		
Fecha	N° Orden de Trabajo	Tipo de Mantenimiento	Tipo de trabajo	Tiempo fuera de servicio	Tiempo de ejecución	Materiales Utilizados	H-h Utilizadas	Costo Asociado

- Código Equipo: Conjunto alfanumérico propio de cada equipo, este ya fue asignado en fases anteriores.

- N° Orden de trabajo: Enumera a qué orden de trabajo emitida hace referencia.

- Tipo de Mantenimiento: Puede ser preventivo, predictivo, correctivo.

- Tipo de trabajo: Si es uno de tipo mecánico, eléctrico, neumático o de instrumentos dependiendo de la naturaleza de la falla.

- Tiempo fuera de servicio: Se refiere al tiempo en horas en el que el equipo estuvo sin operar debido a la falla. Desde que sucede la falla, se detecta, se notifica y se empieza a tomar acción.

- Tiempo de ejecución: Abarca el tiempo en horas que duró la ejecución del mantenimiento hasta que se puso de nuevo en marcha el equipo.

- Materiales utilizados: Allí se mencionan los repuestos, adquisiciones de nuevos equipos y componentes y contrataciones de personal privado.
- H-H utilizadas: Hace referencia a un producto entre la cantidad de personas que se requirieron, las horas empleadas en realizar el trabajo y el costo por hora promedio del trabajador. Este último se determina por medio de un promedio ponderado entre la cantidad de personas que intervienen operativamente teniendo en cuenta la especialidad y el costo por hora de cada uno de ellos.

A continuación, en la tabla G1 se muestra un ejemplo de su cálculo:

Tabla 52.

Ejemplo Cálculo H-H.

Especialidad	Cant. Personas (H)	Salario Básico/h
Mecánico A	3	\$4.500
Mecánico B	5	\$4.000
Mecánico C	6	\$3.700
TOTAL	14	\$3.979

$$\frac{(4.500 \times 3) + (4.000 \times 5) + (3.700 \times 6)}{14 H} \left(\frac{\$}{h} \right) = \left(\frac{\$}{H - h} \right) 3.979$$

El costo promedio por el que se obtiene el producto de las H-h utilizadas es \$ 3.979.


- Costo asociado: La suma de todos los costos para evaluar los impactos económicos de cada falla presentada.

Apéndice H. Orden de Trabajo.

Las ordenes de trabajo se emiten bajo este formato.

Figura 88.

Formato Orden de Trabajo.

	MOLINO SAN MIGUEL S.A.S						
	ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO						
	BITÁCORA PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS						
Fecha Última Versión: 15/03/2021				Código: F04		Versión: 01	
Realizado por:	Moreno, Julián			Fecha: 15/03/2021		Pág. 1/1	
N° Orden de Trabajo	Fecha y hora de solicitud			Solicitado por			
Código Equipo				Nombre Equipo			
Tipo de trabajo a ejecutar				Tipo de mantenimiento			
Mecánico	Eléctrico	Neumático	Instrumentos	Correctivo	Preventivo	Predictivo	Otro
()	()	()	()	()	()	()	()
Otro:				()	()	()	()
TRABAJO SOLICITADO							
TRABAJO EJECUTADO							
COMPONENTES UTILIZADOS							
Mano de Obra		Materiales y Repuestos			Equipos Necesarios		
Cantidad	Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad	Descripción		
OBSERVACIONES					Hora y fecha de inicio de Mantenimiento		
					Hora y fecha de culminación de Mantenimiento		
Firma del responsable de Mantenimiento					Tiempo de ejecución de trabajo		

- N° Orden de trabajo: Enumera las ordenes de trabajo. Por ejemplo: 1, 2, 3.
- Fecha de solicitud: Fecha en la que la falla es encontrada y se procede a solucionarla.
- Solicitado por: Persona que solicita la orden de mantenimiento.
- Código equipo: Se llena con el código del equipo establecido que requiere mantenimiento.
- Nombre del equipo.


- Tipo de trabajo: Este ítem se llena con el tipo de mantenimiento a realizar; puede ser Mecánico, Eléctrico, Instrumentos, Neumático, u otro.
- Tipo de mantenimiento: Dependiendo del tipo de tarea: Preventivo, Correctivo, Predictivo u otro.
- Trabajo solicitado: Se llena con el trabajo que se solicita hacer para resolver la falla.
- Trabajo ejecutado: Se llena con el trabajo realizado sobre el equipo que falló.
- Componentes utilizados: Se establece los repuestos y herramientas compradas, así como la cantidad de personal requerido.
- Hora y fecha de inicio y fin de mantenimiento: Gracias a estos datos de tiempo, se obtienen nociones acerca de un indicador importante, “MTTR”; Tiempo medio de reparación.
- Tiempo de ejecución de mantenimiento.

Apéndice I. Ficha de Inspecciones.

La ficha de Inspecciones posee las siguientes tareas e intervalos.

Figura 89.

Ficha de Inspecciones.

		MOLINO SAN MIGUEL S.A.S. SEDE BUCARAMANGA																																					
		FICHA DE INSPECCIONES																																					
Realizado por:		Fecha Última Versión: 30/03/2021	Código: F05	Versión: 01																																			
Realizado por:		Moreno, Julián	Fecha: 28/05/2021	Pág. 1																																			
EQUIPO	RESPONSABLE	TAREA	FRECUENCIA	FRECUENCIA																																			
				Semana 1				Semana 2				Semana 3				Semana 4				Semana 5				Semana 6															
				L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S	D
Bancos Cilindros	JP	Inspecciones eléctricas	Semanal																																				
	JP	Limpieza entorno de banco	Diario																																				
	JP	Inspección visual interna de cilindros de trituración	Diario																																				
	JP	Inspección visual de vibraciones de elementos de transmisión	Semanal																																				
	JP	Inspección de buen funcionamiento de ajustadores de distancia	Diario																																				
Plansichter	JP	Inspección de calidad	Turno																																				
	JP	Inspecciones visuales, ruido, vibraciones y alineación de elementos de transmisión	Semanal																																				
	JP	Inspecciones eléctricas	Semanal																																				
	JP	Limpieza entorno de equipo	Diario																																				
Ventilador de alta y baja presión	JP	Inspecciones visuales de tuberías	Diario																																				
	JP	Inspecciones visuales, ruido, vibraciones y alineación de elementos de transmisión	Semanal																																				
	JP	Inspecciones eléctricas	Semanal																																				
	JP	Limpieza de entorno	Diario																																				
Motores eléctricos de potencia	JP	Inspecciones eléctricas	Semanal																																				
	JP	Inspecciones visuales, ruido, vibraciones y alineación de elementos de transmisión	Diario																																				

Apéndice J. Instructivos de Formatos.

Se muestran los instructivos para rellenar los diferentes formatos cuando se requiera.

Figura 90.


Instructivo de Hoja de Vida de Equipos.

	MOLINO SAN MIGUEL S.A.S		
	INSTRUCTIVO DE HOJA DE VIDA		
	BITÁCORA PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS		
Fecha Última Versión: 26/03/2021		Código: IT01	Versión: 01
Realizado por:	Moreno, Julián	Fecha: 26/03/2021	Pág. 1/1
<u>RECOMENDACIONES GENERALES</u>			
1. Escriba de manera legible			
2. Llene todos los espacios requeridos			
<u>INSTRUCCIONES</u>			
1. Escriba el código que está presente en el equipo. Por ejemplo: <i>CERI</i> .			
2. Escriba el nombre del equipo. Por ejemplo: <i>Plansichter</i> .			
3. Escriba el nombre del principal responsable de la labor.			
4. Escriba la fecha actual. Por ejemplo: <i>25/03</i> . DD/MM.			
5. Escriba el número de la orden de trabajo a la que se hizo referencia en el formato <i>“Orden de Trabajo”</i>			
6. Escriba el tipo de mantenimiento; <i>Preventivo, Correctivo, Predictivo, u otro</i> .			
7. Escriba el tipo de trabajo; <i>Mecánico, Eléctrico, Instrumentos, Neumático, u otro</i> .			
8. Escriba el tiempo fuera de servicio. Horas en el que el equipo duró parado hasta que se inicia la ejecución. Por ejemplo: <i>1h</i> .			
9. Escriba el tiempo de ejecución. Horas que duró la realización de la tarea. Por ejemplo: <i>2 h</i> .			
10. Escriba los materiales utilizados. <i>Cantidad de repuestos, elementos comprados, herramientas, etc.</i>			
11. Escriba las horas-Hombre utilizadas. La cantidad de horas y personal implicados en la ejecución. Por ejemplo: <i>2 horas y 3 Hombres</i> .			
12. Escriba el costo asociado. La suma de todos los gastos alrededor de la ejecución.			

Figura 91.*Instructivo de Orden de Trabajo.*

	MOLINO SAN MIGUEL S.A.S		
	INSTRUCTIVO DE ORDEN DE TRABAJO		
	BITÁCORA PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS		
Fecha	Última Versión: 26/03/2021	Código: IT02	Versión: 01
Realizado por:	Moreno, Julián	Fecha: 26/03/2021	Pág. 1/1
<u>RECOMENDACIONES GENERALES</u>			
1. Escriba de manera legible			
2. Llene todos los espacios requeridos			
<u>INSTRUCCIONES</u>			
1. Escriba el número de la orden de trabajo a la que se hizo referencia en el formato “ <i>Orden de Trabajo</i> ”			
2. Escriba la fecha de solicitud; es decir, la fecha actual. Por ejemplo: 25/03 . DD/MM.			
3. Escriba el nombre de la persona que solicita el trabajo de mantenimiento.			
4. Escriba el código que está presente en el equipo. Por ejemplo: CERI .			
5. Escriba el nombre del equipo. Por ejemplo: Plansichter .			
6. Escriba el tipo de trabajo; Mecánico, Eléctrico, Instrumentos, Neumático, u otro .			
7. Escriba el tipo de mantenimiento; Preventivo, Correctivo, Predictivo, u otro .			
8. Escriba el trabajo solicitado.			
9. Escriba el trabajo que se ejecutó.			
10. Escriba los componentes utilizados y la cantidad de estos.			
11. Escriba la hora y fecha en la que se inició el mantenimiento. Por ejemplo: 25/03 y 10:30			
12. Escriba la hora y fecha en la que se culminó el mantenimiento. Por ejemplo: 25/03 y 11:30			
13. Escriba el tiempo en horas de la ejecución del mantenimiento. Por ejemplo: 1h .			
14. Entréguese al encargado.			

Figura 92.*Instructivo de Fichas de Inspecciones.*

	MOLINO SAN MIGUEL S.A.S		
	INSTRUCTIVO DE FICHA DE INSPECCIONES		
	BITÁCORA PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS		
Fecha Última Versión: 30/03/2021		Código: IT03	Versión: 01
Realizado por:	Moreno, Julián	Fecha: 30/03/2021	Pág. 1/1
<u>RECOMENDACIONES GENERALES</u>			
1. Escriba de manera legible			
2. Llene todos los espacios requeridos			
3. Este formato se usa cada que se realicen inspecciones.			
<u>INSTRUCCIONES</u>			
1. Realícese las inspecciones establecidas.			
2. Si no se posee inconveniente durante la inspección, no se dirija al formulario y escriba una "B"			
3. Si se encuentra una anomalía durante la inspección, escriba una "M" y diríjase al formulario.			
4. Escriba las observaciones cada que se presente inconvenientes operativos durante las inspecciones.			
5. Envíe la respuesta.			

Se recomienda visitar el link en Drive mostrado anteriormente donde se encuentran los documentos desarrollados y digitalizados para una mejor visualización.

This page intentionally left blank