

UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL
SEDE REGIONAL DEL PACÍFICO
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE
LICENCIATURA

DISEÑO DE UN PLAN ESTRATÉGICO DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA
FILOSOFÍA TPM, PARA EL ÁREA DE PLANTA DE COMPLEJOS EN LA
EMPRESA FERTICA S.A., COSTA RICA. EN EL PERIODO 2019-2020

ELABORADO POR:
JOSHET ALBERTO ARAYA MARTÍNEZ
ELÍ ZENÉN JARA CAMPOS
ANA GABRIELA PASTRANA ARIAS

PUNTARENAS
JULIO, 2020

ACTA DE APROBACIÓN

En la ciudad de Puntarenas, a los cuatro días de octubre de dos mil veintiuno, al ser las diecinueve treinta horas, estando presente en la Sede Regional del Pacífico de la Universidad Técnica Nacional, las siguientes personas:

Saddy Guzmán Obando,	Profesor Tutor
Dusting Oreamuno Álvarez,	Profesor Lector
Hugo Moraga Salas,	Profesor Lector
Christian Guadamuz Pérez,	Representante del Sector Productivo
Kathia L. Somarribas Quirós,	Presidente del Tribunal Examinador

En su condición de miembros del Tribunal Evaluador, para valorar el proyecto de graduación y optar por el grado de **Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial**, de los postulantes:

Joshet Alberto Araya Martínez,	cédula de identidad: 604250914
Elí Zenén Jara Campos,	cédula de identidad: 702500900
Ana Gabriela Pastrana Arias,	cédula de identidad: 504180317

Reunido el Tribunal Evaluador los aspirantes procedieron a presentar su tema:

Diseño de un Plan Estratégico de mantenimiento basado en la filosofía TPM, para el área de planta de complejos en la empresa Fertica S.A., Costa Rica. En el Periodo 2019-2020

Concluida la presentación del proyecto, el Tribunal Evaluador considera que, de conformidad con la normativa en la materia, obtiene una calificación de 9,5 y cumpliendo con las exigencias requeridas para la aprobación se les es conferido el grado de

Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial.

Asimismo, acreedores de mención honorífica No (X) Sí ()

Ing. Saddy Guzmán O.
Profesor Tutor

Ing. Hugo Moraga S.
Profesor Lector

Ing. Dusting Oreamuno Á.
Profesor Lector



Firmado digitalmente
por Kathia Lorena
Somarribas Quirós
Fecha: 2021.10.04
20:59:22 -06'00'

Ing. Cristian Guadamuz Pérez
Representante del Sector Productivo

Ing. Kathia L. Somarribas Quirós
Presidente del Tribunal Examinador



Universidad Técnica Nacional
Sede Regional del Pacífico

Observaciones:

Estudiantes:

Joseph Alberto Araya Martínez

Elí Zenén Jara Campos

Ana Gabriela Pastrana Arias

Puntarenas, 23 de junio de 2021

Señores
Universidad Técnica Nacional
Sede Regional del Pacífico

Respetables señores:


Los estudiantes JOSEPH ALBERTO ARAYA MARTÍNEZ, cédula 604250914; ELÍ ZENÉN JARA CAMPOS, cédula 702500900; ANA GABRIELA PASTRANA ARIAS, cédula 504180317, de este Centro de Enseñanza Superior, me ha presentado para revisión de estilo, la tesis:

**DISEÑO DE UN PLAN ESTRATÉGICO DE MANTENIMIENTO
BASADO EN LA FILOSOFÍA TPM, PARA EL ÁREA DE PLANTA DE
COMPLEJOS EN LA EMPRESA FERTICA S.A., COSTA RICA EN EL
PERIODO 2019-2020**

Se han incorporado al presente documento las correcciones referentes a estructura gramatical, acentuación, ortografía, puntuación, vicios de dicción y norma APA que se trasladan al código escrito.

Doy fe de que este está listo para ser presentado a la Universidad Técnica Nacional, para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial.

Dado en Puntarenas, a los veintitrés días del mes de junio de 2021.


MSc. Kimberly Alvarado Jiménez
Cédula 207530145
Carné Colypro 67019

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primero a nuestro Dios que merece la gloria y la honra a nuestras familias quienes nos han brindado todo el apoyo que nos alienta para alcanzar nuestras metas académicas y nuestro crecimiento profesional.

A nuestros profesores quienes con sus conocimientos nos han ayudado a desarrollar este proyecto y así mismo nos han aportado un granito de su experiencia y desempeño en la ingeniería, mediante la transmisión de enseñanzas pedagógicas en el área.

También nuestro profundo agradecimiento a la empresa Fertica S, A, Puntarenas, Costa Rica por brindarnos una mano solidaria para desarrollar este proyecto en su planta de complejos.

Además, agradecemos a nuestro Tutor el Ingeniero Saddy Guzmán quien nos orientó en todo el proceso y a nuestra directora de carrera la ingeniera Kathia Somarribas Quirós por el apoyo y paciencia brindados durante el desarrollo de este, a nuestros lectores Ing. Hugo Moraga y al Ing. Dustin Oreamuno, por su labor desempeñada y un especial agradecimiento al Ing. Nelson Arana, Ing. Diego Orozco e Ing. Miguel Alan Gamboa por sus conocimientos transmitido y puntos de mejora. A todos se les agradece su aporte.

DEDICATORIA

A Dios quien es y será siempre el guía de mi camino y por supuesto a mi familia que, con su esfuerzo, amor y confianza, me Impulsaron y dieron la motivación para no rendirme y continuar ante la adversidad y así lograr esta gran meta académica.

Elí Zenén Jara Campos

A Dios que ha sido mi mayor pilar en todo este proceso, por nunca dejarme sola en momentos difíciles, por darme la determinación para lograr mis objetivos, por guiarme en esta etapa académica. A mis padres quienes merecen honor y dedicatoria por su motivación, aliento y sacrificio, por demostrarme que cuando se quiere se logra, por ser mi fuerza desde lejos y porque nunca dudaron de lo que podía lograr, una vez más todo se puede a quien persevera. Gracias esto es para ustedes

Gabriela Pastrana Arias

Gracias A Dios y a mi familia por culminar esta etapa, el cual han sido pilares fundamentales para auto realizarme como profesional y ser humano.

Joseph Araya Martinez

TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA.....	vi
TABLA DE CONTENIDOS	vii
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1. Introducción.....	2
1.1 Generalidades de la empresa.....	3
1.1.1 Objetivos organizacionales.....	4
1.1.2 Política de calidad de la organización.....	5
1.1.3 Antecedentes Históricos	5
1.1.4 Ubicación geográfica de la planta.....	11
1.1.5 Descripción de la estructura administrativa	11
1.1.6 Tipos de productos y sus características generales	14
1.1.7 Mercado de Exportación.....	14
1.1.8 Descripción del Proceso productivo.....	16
1.2 Área de Estudio	21
1.3 Tema.....	22
1.4 Delimitación del Problema	23
1.4.1 Alcances	23
1.4.2 Limitaciones.....	25
1.5 Justificación	26
1.6 Planteamiento del Problema.....	27
1.7 Objetivos.....	34
1.7.1 Objetivo General.....	34
1.7.2 Objetivos Específicos	34
1.8 Estado de la cuestión.....	35
1.8.1 Antecedente nacional	35
1.8.2 Antecedentes internacionales.....	37
CAPÍTULO II	40
MARCO TEÓRICO.....	40

2.	Marco Teórico	41
2.1	Industria de Fertilizantes	41
2.2	Proceso de Fertilizantes	41
2.2.1.	Concentración	42
2.2.2.	Calidad	42
2.3	Diagramas de Flujo.....	43
2.4	Los sistemas de mantenimiento.....	43
2.5	Tipos de mantenimiento.....	44
2.6	Gestión y manejo de inventarios, repuestos e insumos de mantenimiento ..	46
2.7	Ficha de Equipo	46
	CAPÍTULO III	48
	MARCO METODOLÓGICO	48
3.	Marco Metodológico	49
3.1	Enfoque del proyecto	49
3.2	Tipo de Investigación	50
3.3	Unidades de análisis	51
	CAPÍTULO IV	63
	DIAGNÓSTICO	63
4.	Diagnóstico del Problema	64
4.1	Diagnóstico de la gestión actual del mantenimiento	64
4.1.1	Administración de trabajos de mantenimiento	64
4.1.2	Solicitud orden de trabajo para mantenimiento	66
4.1.3	Planeación de mantenimiento	67
4.1.4	Uso de sistema informáticos.....	67
4.1.5	Los informes mensuales	68
4.1.6	Los informes anuales.....	68
4.1.7	Documentación Técnica	69
4.1.8	Costos de Mantenimiento	69
4.1.9	Costos de reparación.....	70
4.1.10	Diagnóstico de la condición de las Máquinas y equipos del área de complejos.	70
4.1.11	Almacén y Manejo de repuestos	71
4.1.12	Infraestructura y equipos de mantenimiento	72

4.1.13	Servicios de terceros	74
4.1.14	Modelo para la gestión del mantenimiento en la industria Fertica S.A.	75
4.2	Objetivo.....	76
4.3	Propósito secundario	76
4.3.1	Flujo básico de mantenimiento	78
4.3.2	Actividades del programa de mantenimiento preventivo	79
4.3.3	Mantenimiento autónomo	80
4.3.4	Inspecciones periódicas programadas	80
4.3.5	Lubricación	83
4.3.6	Fichas de Control de lubricación	84
4.3.7	Inventario de máquina y equipo.....	87
4.3.8	Fichas técnicas	88
4.3.9	Ciclo de mejoramiento del programa de mantenimiento.....	90
4.3.10	Codificación de activos	92
CAPÍTULO V		97
ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL		97
5.	Análisis de la situación actual	98
5.1	Análisis de las causas de Paro de Mantenimiento e incidencia en la producción.....	101
5.1.1	Estudio ANOVA: Análisis de incidencia por tipo de pérdida	101
a.	Análisis para Fallas	104
b.	Análisis de los Pilares del TPM	107
5.2	Análisis de Eficiencia global de los equipos	129
5.2.1	Eficiencia General para el mes de Marzo 2020	131
5.2.2	Eficiencia General para el mes de Abril 2020	132
5.2.3	Eficiencia General para el mes de Mayo 2020.....	133
5.2.4	Eficiencia General para el mes de Junio 2020	134
CAPÍTULO VI		135
PROPUESTAS.....		135
6.	Propuesta.....	136
6.1	Propuesta basada en los Pilares TPM.....	136
6.2	Propuesta plan de mantenimiento preventivo de los equipos.....	185
6.2.1	Calderas	185

6.2.2	Elevadores.....	194
6.2.3	Bandas	210
6.2.4	Amoniador	225
6.2.5	Molinos	230
6.2.6	Tanque de lodo.....	233
6.2.7	Recubridor de Diatomita	236
6.3	Cronograma de Mantenimiento Propuesto	240
6.4	Análisis económico del proyecto.....	252
CAPÍTULO VII		255
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		255
7.	Conclusiones y recomendaciones.....	256
7.1	Conclusiones	256
7.2	Recomendaciones	260
BIBLIOGRAFÍA		262
8.	Bibliografía	263
APÉNDICES.....		267

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de Mantenimiento Fertica	12
Figura 2. Exportaciones por país.....	16
Figura 3. Diagrama de Flujo de Planta Complejos	21
Figura 4. Desventajas y Ventajas de las Mezclas Físicas.....	22
Figura 5. Análisis de Causa y Efecto.....	28
Figura 6. Representación de datos históricos de mantenimiento en febrero 2019	30
Figura 7. Representación de datos históricos de mantenimiento en marzo 2019	31
Figura 8. Alcances de la Investigación	50
Figura 9. Diagrama de flujo solicitud orden de trabajo para mantenimiento.....	66
Figura 10. Entradas y Salidas de un Modelo de Mantenimiento Productivo Total.	77
Figura 11. Diagrama de actividades para SOTM	79
Figura 12. Sistema de Inspecciones por Grado.	82
Figura 13. Control de Rodamientos 1.....	85
Figura 14. Control de Rodamientos 2.....	85
Figura 15. Inventario de Maquina y Equipos	88
Figura 16. Codificación del Inventario de Maquinas y Equipos	88
Figura 17. Ficha Técnica de Equipos	89
Figura 18. Ciclo PHVA	90
Figura 19. Clasificación y Codificación de los Equipos	94
Figura 20. Frecuencia de Paros por Equipo	98
Figura 21. Fallas Totales por Equipo.....	99
Figura 22. Tiempo de Mantenimiento por Equipo.....	100
Figura 23. Grafica de Probabilidad de Cantidad Faltante Pérdidas.....	102
Figura 24. Diagrama de Pareto 6 grandes Perdidas	102
Figura 25. Grafica de Probabilidad de Producción Faltante por Falla 4	105
Figura 26. Diagrama Pareto por Tipo de Falla	106
Figura 27. Evaluación Mejora Enfocada.....	109
Figura 28. Evaluación de Mantenimiento Autónomo	112
Figura 29. Evaluación Mantenimiento Planeado	115
Figura 30. Evaluación Educación y Entrenamiento	117
Figura 31. Evaluación Control Inicial	119
Figura 32. Evaluación de la Calidad.....	123
Figura 33. Evaluación Eficiencia Administrativa	125
Figura 34. Evaluación seguridad y Gestión Ambiental	127
Figura 35. Eficiencia Global de los Equipos marzo	131
Figura 36. Eficiencia Global de los Equipos Abril	132
Figura 37. Eficiencia Global de los Equipos Mayo	133
Figura 38. Eficiencia Global de los Equipos Junio.....	134
Figura 39. Manual de Procedimientos.....	162
Figura 40. Formato de Rutina.....	165

Figura 41. Cálculo Tasa Operativa.....	171
Figura 42. Análisis de Criticidad.....	172
Figura 43. Diagrama de Capacitaciones.....	181
Figura 44. Evaluación Periódica del Desempeño al Personal.....	185
Figura 45. Ficha Técnica Motor Eléctrico.....	279
Figura 46. Ficha Técnica Levador de Reciclo.....	280
Figura 47. Ficha Técnica Banda de Finos.....	281
Figura 48. Ficha Técnica Elevador de Finos.....	282
Figura 49. Ficha Técnica Elevador de Fórmula.....	283
Figura 50. Ficha Técnica Molino Grueso.....	284
Figura 51. Ficha Técnica Banda Reversible Materia Prima.....	285
Figura 52. Ficha Técnica Banda BAFF.....	286
Figura 53. Ficha Técnica Caldera.....	287
Figura 54. Ficha Técnica Transportador de Descarga al Amoniador.....	288
Figura 55. Ficha Técnica Recubridor de Diatomita.....	289
Figura 56. Ficha Técnica Transportador de Finos.....	290
Figura 57. Análisis de Varianza 6 Grandes Pérdidas.....	307
Figura 58. Resumen del Modelo para 6 Grandes Perdidas.....	307
Figura 59. Ajuste Diagnostico de Observaciones ANOVA de 6 grandes Pérdidas	308
Figura 60. Análisis de Varianza por Fallas.....	308
Figura 61. Resumen del Modelo por Fallas.....	309
Figura 62. Ajuste Diagnostico de Observaciones por Fallas.....	310

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de tiempos por paro Febrero	31
Tabla 2. Distribución de tiempos por paro Marzo	32
Tabla 3. Matriz de Consistencia Lógica.....	61
Tabla 4. Control de lubricación.....	84
Tabla 3. Codificación de los equipos y maquinas.....	93
Tabla 4. Ciclo de Mejoramiento del Programa de Mantenimiento	95
Tabla 5. Promedio de Producción en Relación al Tiempo.....	101
Tabla 6. Análisis de Correlación.....	101
Tabla 7. Análisis de Correlación para Fallas	104
Tabla 8. Lista de Chequeo del Pilar Mejora Enfocada	107
Tabla 9. Lista de Chequeo del Pilar de Mantenimiento Autónomo.....	110
Tabla 10. Lista de Chequeo del Pilar de Mantenimiento Planeado	113
Tabla 11. Lista de Chequeo del Pilar de Educación y Entrenamiento.....	116
Tabla 12. Lista de Chequeo del Pilar de Control Inicial.....	118
Tabla 13. Lista de Chequeo del Pilar de Aseguramiento de la Calidad.....	121
Tabla 14. Lista de Chequeo del Pilar de Eficiencia Administrativa.....	124
Tabla 15. Lista de Chequeo del Pilar de Seguridad y Gestión Ambiental	126
Tabla 16. Diagnostico Inicial del TPM por Pilar	128
Tabla 17. Criterios de Clasificación OEE	131
Tabla 18. Propuesta de Analisis de Pilares Mantenimiento Autónomo	137
Tabla 19. Propuesta de Análisis de Pilar Mejora Enfocada.....	141
Tabla 20. Propuesta de Análisis de Pilar Mantenimiento Planeado	144
Tabla 21. Propuesta de Análisis de Pilar Educación y Entrenamiento	148
Tabla 22. Propuesta de Análisis de Pilar Control Inicial	149
Tabla 23. Propuesta de Análisis de Pilar Aseguramiento de la Calidad.....	151
Tabla 24. Propuesta de Análisis de Pilar Eficiencia Administrativa	153
Tabla 25. Procedimiento para un Manual de Procedimiento.....	160
Tabla 26. Criterio de Evaluación para el FMECA	167
Tabla 27. Frecuencia de Aparición.....	168
Tabla 28. Tasa Operativa	169
Tabla 29. Impacto Sobre el Proceso	170
Tabla 30. Impacto Sobre el Producto	170
Tabla 31. Frecuencia de Utilización de las 5'S.....	175
Tabla 32. Tabla de Observación de Actividades Mantenimiento.....	178
Tabla 33. Perfil del Puesto de Trabajo	179
Tabla 34. Tablero Kanban de Capacitación al Personal	183
Tabla 35. Propuesta de Cronograma de Mantenimiento por periodos establecidos	240
Tabla 36. Salarios Promedio (Hora) por Puesto de Trabajo.....	252
Tabla 37. Técnicos y Salario Mensual Promedio	252

Tabla 38. Análisis Económico del Proyecto.....	253
Tabla 39. Análisis Económico del Proyecto.....	254
Tabla 34. Producción en Relación al Tiempo	268
Tabla 35. Datos de Paro Marzo.....	269
Tabla 36 Datos de Paro Abril	270
Tabla 37 Datos de Paro Mayo.....	271
Tabla 38 Datos de Paro Junio	273
Figura 45 Lista de Chequeo	274
Tabla 39. Lista de Chequeo Pilar Mejoras Enfocadas.....	291
Tabla 40. Lista de Chequeo Pilar Mantenimiento Autónomo	293
Tabla 41. Lista de Chequeo Pilar Mantenimiento Planeado.....	295
Tabla 42. Lista de Chequeo Pilar Educación y Entrenamiento.....	297
Tabla 43. Lista de Chequeo Pilar Control Inicial.....	299
Tabla 44. Lista de Chequeo Pilar Aseguramiento de la Calidad	301
Tabla 45. Lista de Chequeo Pilar Eficiencia Administrativa	303
Tabla 46. Lista de Chequeo Pilar Seguridad y Gestión Ambiental	305
Tabla 47. Observaciones Mantenimiento Elevador de Reciclo	311
Tabla 48. Observaciones Mantenimiento Molino Materia Prima	313
Tabla 49. Observaciones Mantenimiento Bandas	315
Tabla 50. Observaciones Mantenimiento de Calderas.....	317
Tabla 51. Observaciones Mantenimiento del Recubridor de Diatomita.....	319
Tabla 52. Observaciones Mantenimiento al Granulador	320
Tabla 53. Observaciones Mantenimiento del Tanque de Lodo	323
Tabla 54. Eficiencia Global de Marzo.....	324
Tabla 55. Tiempo Total de Trabajo Marzo	325
Tabla 56. Resumen del OEE Marzo.....	325
Tabla 57. Porcentaje OEE de Equipo Marzo.....	325
Tabla 58. Análisis de Paro de Abril	326
Tabla 59. Tiempo Total de Trabajo Abril	326
Tabla 60. Resumen OEE Abril	326
Tabla 61. Porcentaje OEE de Equipo Abril	327
Tabla 62. Análisis de Paro de Mayo.....	327
Tabla 63. Resumen del OEE Mayo	327
Tabla 64. Tiempo Total de Trabajo Mayo.....	328
Tabla 65. Porcentaje OEE de Equipo Mayo.....	328
Tabla 66. Análisis de Paro Junio	328
Tabla 67. Tiempo Total de Trabajo Junio.....	329
Tabla 68. Resumen del OEE Junio	329
Tabla 69. Porcentaje OEE de Equipo Junio	329
Tabla 70. Salario Base Estimado por Hora	330
Tabla 71. Resumen de Pérdidas en Costos por Mantenimiento Mensual.....	330
Tabla 72. Resumen de Costos Totales por Mantenimiento Mensual Actual	331
Tabla 73. Resumen de Costos Totales por Mantenimiento Mensual Propuesto .	331

Resumen Ejecutivo

La presente investigación surge ante la necesidad de maximizar la eficiencia de los equipos, para la empresa de Fertica S.A., de tal manera que garantice la disminución de las averías, fallas, anomalías, despilfarros y defectos que ocurren durante el proceso productivo. El proyecto tiene por objetivo el diseño de un plan estratégico de mantenimiento basado en la filosofía TPM, para lograr una mayor productividad del área de la planta de complejos, Costa Rica.

Para este propósito se desarrolla una investigación cuyo enfoque posee características tanto cualitativas como cuantitativas y un diseño correlativo. Primeramente, se realiza un análisis de la situación actual de la empresa, que permite, entre otros aspectos, identificar las áreas que presentan fortalezas y oportunidades de mejora, así como las debilidades y amenazas. Este análisis implicó entre otros aspectos, el uso de diagramas de causa y efecto de Ishikawa, la elaboración de listas de chequeo a partir de los pilares del TPM para la evaluación del cumplimiento de actividades, análisis de históricos de mantenimiento para la determinación de fallas y tiempos de paro, así como la evaluación del OEE para conocer la eficiencia actual de los equipos de producción.

A partir de las diversas situaciones identificadas en este diagnóstico de la organización, se elabora una propuesta basada en los pilares del TPM, así como los manuales de procedimientos de los equipos más críticos en el proceso productivo, con la finalidad de establecer los pasos, funcionamiento y desglosar las actividades de acuerdo con la cantidad de días, meses, semestres, trimestres o años en que se debe de realizar el mantenimiento.

Además de esto, se realizó el cronograma de mantenimiento en donde se especifica las actividades y el tiempo en que se debe de cumplir cada una de ellas de acuerdo con el tipo de mantenimiento de cada máquina.

Al finalizar el estudio, se concluye que efectivamente la empresa necesitaba un diseño de un plan de mantenimiento conforme la filosofía TPM, ya que al realizar este estudio sería factible para la organizacional anterior, debido a que según la evaluación del costo de mantenimientos obtuvo con el plan actual un uso de 244, 7 horas en mantenimiento correctivos, con la propuesta se pretende reducir un mínimo de 15% la duración de intervención en los equipos, es así que se obtiene un tiempo de 208 horas mensuales la misma, lo que igual a 36, 7 horas de ahorro, y lo que es más importante un aumento de producción estimada de 477, 17 toneladas métricas mensuales, este monto calculado sobre una base de producción por hora de 13 toneladas métricas. Al considerar lo anterior, la empresa con el plan de mantenimiento propuesto obtiene un ahorro estimado de \$35 787, 38 mensuales, resultado obtenido del costo por tonelaje métrico de \$75 y el total de 477, 17 tonelaje aprovechado con la disminución de los paros.

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1. Introducción

El mantenimiento en las empresas industriales es un recurso importante para prolongar la vida útil y la disposición de las instalaciones. Es por esta razón, que su función principal radica en hacer que los sistemas no presenten fallas o anomalías que perjudiquen la operatividad industrial.

Sin embargo, si el mantenimiento no es bien enfocado a la necesidad y estado actual de los equipos, es posible la aparición de causas que resulten en un deterioro constante, es así que se vuelve clave el proceso de conocer el estado actual de los sistemas y de esta manera definir acciones necesarias para la operación de los equipos, esto ayudara a preservar y mejorar su disponibilidad, tomando en consideración la reducción significativa en los costos de prevención de fallas, reparaciones y costo financieros.

Otro aspecto por considerar en las industrias actuales es la correcta utilización de los equipos, ya que es un activo muy importante dentro de las labores industriales, por ello cuando se produce una parada no prevista, repercute en los costos de reparación, mantenibilidad y tiempos ociosos para la empresa. Es por esta razón, que es importante para toda organización contar con un control de incidencias de los paros no programados, en donde se visualiza las horas que se requieren y las máquinas con sus respectivas fallas operacionales.

De esta manera, al evaluar las producciones anuales, se ha evidenciado una disminución en la productividad de los fertilizantes químicos a casusa de una baja

disponibilidad o tiempos de producción por parte del departamento, debido a una cantidad considerable de paros por mantenimiento correctivo.

Por ende, se diseñará un plan estratégico de mantenimiento enfocado en la filosofía TPM que está basado en el mantenimiento preventivo, correctivo, predictivo, autónomo. El objetivo del estudio radica en disminuir los tiempos improductivo-provocados por paros de producción que ocasionan, reparaciones, pérdida de tiempo por reposición de equipo, cambio de tarea o pérdidas por problemas de calidad en las operaciones, periodos de tiempos inactivos por reparaciones.

Dado que este plan estratégico incrementará la seguridad de equipos e instalaciones, y permitirá a la empresa identificar en cuales máquinas o equipos se está dando la mayor cantidad de fallas, con el propósito de definir las acciones necesarias para lograr los objetivos del mantenimiento. De la misma manera se le proporcionará a la empresa fichas técnicas, listado de repuestos, detección de la situación actual por medio de una lista de chequeo y evaluación global de los equipos OEE. en donde puedan visualizar toda la información necesaria para una manutención de manera óptima que asegure la calidad en cada uno de los procesos.

1.2 Generalidades de la empresa

La misión de la organización, según Fertica (2010) “Somos un grupo centroamericano de empresas que producen y comercializa fertilizantes sintetizados, productos industriales y fitosanitarios con altos estándares de calidad,

desarrollando soluciones y tecnología a sus clientes a través de un servicio técnico, personalizado con integridad y compromiso, para así asegurar nuestro éxito sostenido”.

Asimismo, la visión de la organización, de acuerdo con Fertica (2010): “Ser una institución multinacional enfocada al cliente, comprometida con el medio ambiente y creadora de valor para sus accionistas, sus colaboradores y la sociedad”.

1.1.1 **Objetivos organizacionales**

El objetivo general de la organización consiste en elaborar continuamente fertilizantes para diferentes tipos de cultivo, con el fin de brindar productos con niveles altos de calidad aumentando el grado de satisfacción del cliente.

Por su parte los objetivos específicos se definen de la siguiente manera:

- ✓ Brindar productos de alta calidad, que cumplan con los estándares mundiales establecidos.
- ✓ Utilizar materias primas de alta calidad.
- ✓ Ofrecer los artículos de seguridad específicos para cada trabajador.
- ✓ Proporcionar la calibración exacta de los equipos para ofrecer una nutrición integral a los cultivos.
- ✓ Capacitar y brindar soporte a la fuerza de ventas, mediante capacitaciones que permitan aumentar el conocimiento del personal interno de la empresa.

- ✓ Ampliar el conocimiento agrónomo y desarrollar las capacidades de producción, tanto propias como de sus clientes.

1.1.2 ***Política de calidad de la organización***

Por otra parte, Fertica (2010), detalla la política de calidad: “En FERTICA, S.A. producimos y comercializamos productos relacionados con la nutrición, salud vegetal y con la industria química. Quienes aquí laboramos permanecemos continuamente mejorando nuestros productos, procesos y servicios, en un ambiente de desarrollo personal y profesional, para así lograr la satisfacción de nuestros clientes”.

1.1.3 ***Antecedentes Históricos***

Dos hechos que ocurrieron al final de la década del cincuenta marcan los antecedentes inmediatos que hicieron surgir la idea de instalar en Costa Rica una planta productora de fertilizante. Por un lado, a nivel internacional la FAO “Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Cimentación”, inicia una campaña sistemática de lucha contra el hambre, especialmente en los países del tercer mundo, para la cual enfatiza el uso de fertilizante para aumentar la productividad agrícola. Por otro lado, a nivel interno, se produce un fuerte movimiento que busca la ampliación y la diversificación de la estructura económica del país, hasta entonces basada en el cultivo del café como principal fuente generadora de divisas.

Durante estos años numerosas empresas transnacionales de la industria química mostraron interés en participar en este tipo de proyecto, alentadas además por los esquemas de sustitución de importaciones que empezaban a florecer en muchos países, espacialmente en Latinoamérica. La instalación de una empresa industrial no fue un proyecto aislado, o una simple ocurrencia de un grupo de inversionistas, sería un eslabón de un complejo industrial y comercial dedicado a la producción y ventas de insumos agrícolas en el área centroamericana.

Fertilizantes de Centroamérica Costa Rica (FERTICA) S.A., la primera planta fabricante de fertilizantes químicos establecida en Centroamérica, tuvo inicio al principio en la década de los sesenta.

En el mes de enero de 1961 se fundó en la ciudad de Panamá la compañía FERTICA S.A., la que fungiría como casa matriz, encargada de la organización y coordinación de las dos empresas subsidiarias que posteriormente se crearon con fines comerciales e industriales a la vez, FERTICA Costa Rica y FERTICA El Salvador, con plantas en Puntarenas y Acajutla respectivamente. Esto es lo que se puede llamar la primera etapa en desarrollo de FERTICA S.A. y como consecuencia de la organización de la empresa a nivel centroamericano hubo participación de capital proveniente de tres distintas fuentes, las cuales deberían financiar por terceras partes la inversión total.

La primera partida de fertilizante fue una producción simbólica y se realizó el 17 de octubre de 1963. Finalmente, la planta se inauguró el 06 de diciembre. Hasta esas fechas se había invertido un total de \$11, 5 millones.

La instalación de esta planta fue fuertemente objetada por los importadores de fertilizantes que veían en FERTICA una competencia e ilegal, un monopolio que disfrutaría entre otros, los beneficios de la “Ley de Protección de Desarrollo Industrial”, y que les dejaría fuera del mercado.

Los importadores de fertilizante se declaraban a favor de la libre competencia exenta de privilegio. FERTICA se concibió como una empresa de capital accionario en su mayoría nacional, sin embargo, al final la participación costarricense fue poco significativa.

La etapa de producción inició al entrar en funcionamiento, la planta de Nitrato de Amonio, operación que marcó una nueva actividad industrial en la historia del país y que luego se amplió al iniciarse la fabricación de abonos complejos.

En lo que puede considerarse la siguiente etapa en la evolución de FERTICA, bajo una nueva administración, se experimentan cambios significativos tanto en la parte industrial como en la comercial, se exploran nuevos mercados y se aumenta el número y las capacidades de las instalaciones.

La corporación FERTICA S.A. y su amplio complejo de sucursales y subsidiarias dedicadas a la producción y ventas de insumos agrícolas en el área, es adquirida por la compañía Gusanos y Fertilizantes de México S.A. esta firma mexicana compra el paquete de acciones e inicia la adquisición del resto aún en manos de 284 accionistas centroamericanos. Su interés básicamente se enfoca a la unión en el proceso integracionista de la región a través de una intensificación comercial.

Después de una serie de negociaciones realizadas por los representantes del istmo en busca de un acuerdo para la compra de FERTICA S.A., en 1978, se produce un cambio radical en la estrategia de negociaciones por parte de la firma mexicana para la venta de la empresa.

Es así, como se procede a abandonar el ámbito de la totalidad de los gobiernos centroamericanos como marco para la negociación para intentar lograr acuerdos específicos entre 105 distintos estados del área y las respectivas subsidiarias de FERTICA S.A.

Entre enero y marzo de 1978, se realizaron conversaciones entre los presidentes de Costa Rica y México para establecer las bases de la venta de FERTICA – Costa Rica al gobierno costarricense. Como resultado final de esas negociaciones se firmó un convenio, el 11 de enero de 1978 en el que Costa Rica se comprometía a comprar el 50% de las acciones de FERTICA (Subsidiaria de Costa Rica). La transacción tendría un costo de 107 millones (\$12, 5 millones) para el gobierno costarricense pagaderos en un plazo de ocho años y cuyos recursos serían aportados por la empresa Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE).

En julio de 1978, el presidente de Costa Rica pide a su colega mexicano negociar la compra de FERTICA, mediante la devolución al gobierno mexicano de 40% de las acciones de la empresa, de tal manera que el estado costarricense quedaría solo con la participación del 10%, lo que se consideraba más acorde con los recursos financieros del país y particularmente con la capacidad financiera de RECOPE, para asumir el costo de la transacción

Es así como en septiembre de ese año se reduce nuevamente la participación accionaría del estado costarricense en FERTICA Costa Rica a tan sólo el 10%.

Otro factor que contribuyó al cambio de actitud es que, en diciembre de 1979, FERTICA S.A. amenaza con cerrar las oficinas y plantas de las subsidiarias en Costa Rica. Para esas fechas las instalaciones que posee en El Salvador y Guatemala se han clausurado y se tiene a la venta las oficinas en Panamá. Asimismo, la sucursal en Honduras ya ha sido vendida y la de Nicaragua se ha cedido al gobierno de esta nación. Esto es un fuerte indicio de que FERTICA era una mala inversión para los mexicanos.

Es así como el 01 de enero de 1980, se anuncia la compra de Fertilizantes de Centroamérica (Costa Rica) S.A., a un costo de \$25 millones, los cuales 2.5 se pagarían de contado. Esas fueron básicamente las mismas condiciones en que originalmente se habían pactado la compra del 50% de las acciones, es decir, cada acción se adquirió al mismo precio con la desventaja que el equipo adquirido tenía más de dos años de depreciación.

En febrero de 1980 el gobierno integra una comisión (Ministerio de Economía Industria y Comercio) con representantes de las principales cámaras y asociaciones de agricultores y ganaderos del país para analizar la compra de FERTICA.

De aquí la adquisición del total de las acciones por parte del gobierno costarricense, hasta en 1995, son adquiridas por un consorcio chileno

norteamericano, quienes son los apoderados de dichas acciones hasta ese momento.

El proceso de regionalización culminó exitosamente en marzo de 2005, cuando el actual grupo de accionistas de FERTICA Salvador compró la planta de fertilizantes de fórmulas químicas NPK, ubicada en el Puerto de Puntarenas, Costa Rica, a un grupo de accionistas norteamericanos y chilenos.

Además de la totalidad de los activos de la planta de Puntarenas, la operación de compra incluyó marcas, patentes y demás propiedad intelectual, la cual goza de un alto reconocimiento logrado por la presencia de la empresa como líder en el mercado costarricense durante más de 45 años.

Es importante destacar la valiosa colaboración del gobierno de Costa Rica y de instituciones públicas y privadas, especialmente del colegio de Agrónomos de dicho país, para agilizar el registro de más de 120 marcas y productos, el cual se realizó en un periodo de 30 días.

Los análisis de mercado y de localización recomendaron instalar dos plantas de producción, ubicadas en los puertos de Acajutla, El Salvador y Puntarenas, Costa Rica. Las terminales portuarias habían sido recientemente modernizadas por las autoridades de sus respectivos países. La ubicación en los puertos fue determinada por la disponibilidad de descarga de materias primas directamente desde los vapores hacia las plantas y por criterios estratégicos relacionados con la distribución eficiente del producto a los mercados meta. En ambas plantas los procesos de

producción fueron adaptados a las características nutricionales específicas de los suelos de cada región.

Además, en los complejos de Puntarenas y Acajutla se ampliaron los tanques de materias primas, las bodegas de producto terminado, los edificios administrativos y las instalaciones recreativas, además de la construcción de amonio ductos desde los muelles hasta las plantas, con la finalidad de implementar un sistema seguro y eficiente para el transporte de amoniaco.

Finalmente, los gobiernos de El Salvador y Costa Rica acogieron con entusiasmo, a la nueva empresa la que procedió a enfatizarse en sus dos plantas; la primera en Puntarenas, Costa Rica, dedicada a fabricar Nitrato de Amonio y Complejos, y la otra, dedicada también a la fabricación de complejos, incluyendo el radical Azufre, ubicada en el nuevo puerto de Acajutla (El Salvador) que se perfilaba desde entonces como el órgano vital para el desarrollo económico de El Salvador.

1.1.4 *Ubicación geográfica de la planta*

FERTICA S.A. se ubica de la entrada del Hospital Monseñor Sanabria, 900 metros oeste y 500 metros norte, Carrizal de Puntarenas.

1.1.5 *Descripción de la estructura administrativa*

El esquema organizacional de Fertica S.A. se encuentra conformado por las siguientes Gerencias:

Gerencia administrativa

El departamento administrativo está conformado por el área de Recursos Humanos, encargados desempeñar diversas funciones respecto de la administración y control de los trabajadores, y el área Financiera encargada de los registros económicos de la empresa. Las dos áreas están dirigidas por el Gerente Financiero, el cual es el encargado supervisar y asignar las actividades a estas dos áreas.

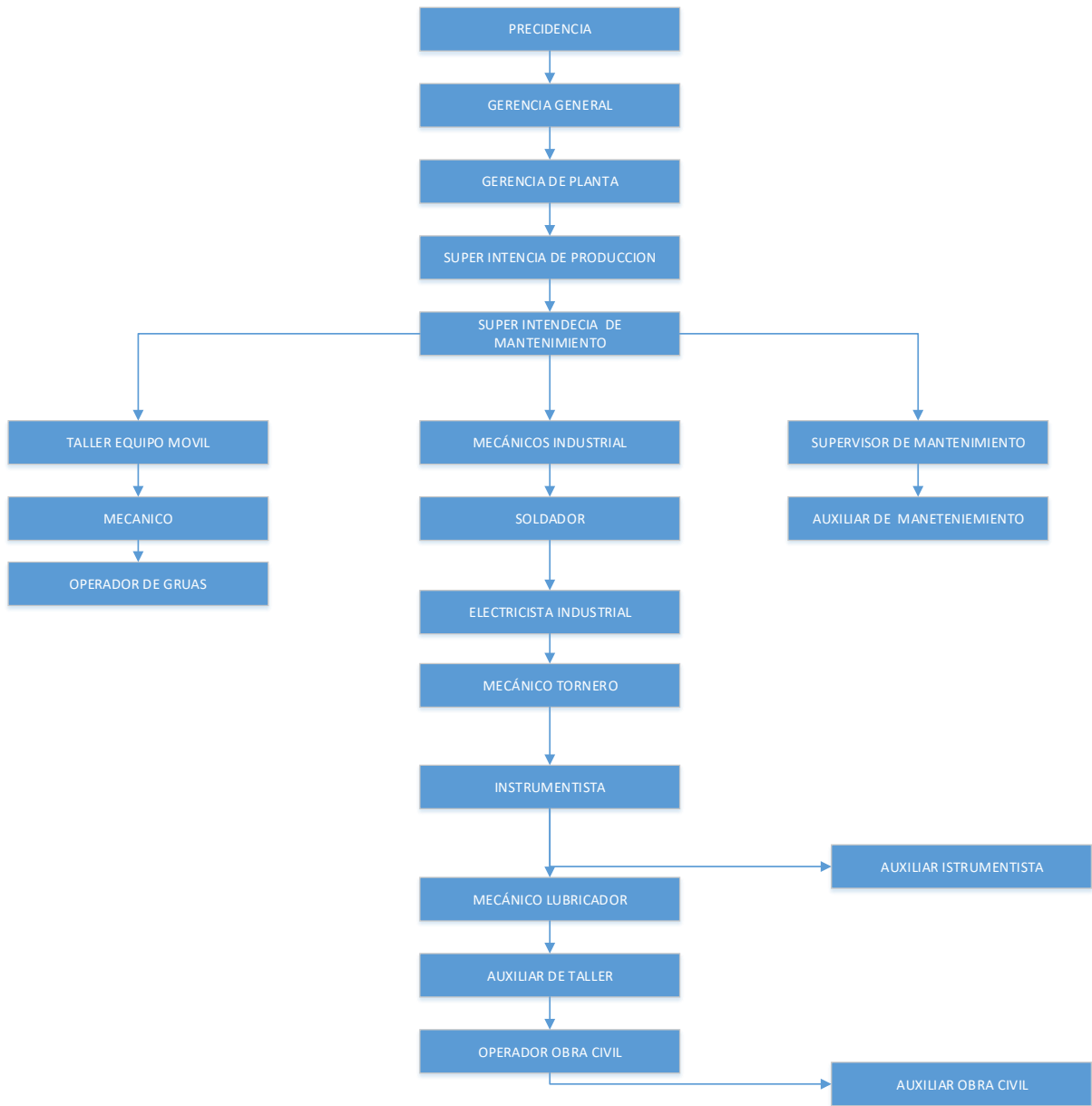
Gerencia comercial

Este departamento es conformado por cuatro personas a cargo del servicio al cliente y agentes vendedores, donde los encargados del servicio al cliente ayudan al agente vendedor en relación con órdenes de compra y pedidos solicitados.

Gerencia de operaciones

Este departamento es conformado por 3 áreas: Mantenimiento, Producción y Manejo de Materiales. El área de mantenimiento, está a cargo de verificar y controlar que se cumpla el mantenimiento adecuado de la maquinaria, como también que se tenga lo necesario para su uso, el área de Producción se encarga de la actividad productiva de la planta, la gestión y control de la calidad de los productos que ofrece a sus clientes. Por último, se encuentra el área de Manejo de Materiales que se encarga del abastecimiento, resguardo y control de las materias primas que son utilizadas en el proceso de producción.

Figura 1.Organigrama de Mantenimiento Fertica



Nota: Autoría Propia (2020)

1.1.6 ***Tipos de productos y sus características generales***

La empresa brinda diferentes tipos de productos (fertilizantes). Dentro de las cuales se encuentran los siguientes:

- Mezclas físicas
- Formulas químicas (TVA)
- Mezclas simples
- Hidrosolubles
- Líquidos: foliares, formulas liquidas (producidas en planta), agroquímicos (glifosatos).
- Agroquímicos.

1.1.7 ***Mercado de Exportación***

Fertica S.A., siendo su capital salvadoreño la planta de Fertica en Costa Rica, exporta sus productos a diferentes países centroamericanos, por esta razón siempre busca mejorar sus procesos y procedimientos.

Es así como la Planta de Puntarenas atiende los mercados de Nicaragua, Costa Rica y Panamá. Fertica Costa Rica cuenta con bodegas de almacenaje y despacho ubicadas en Neilly, Cañas, Liberia, Muelle y Guápiles. Las oficinas administrativas están en San José.

Por otra parte, las oficinas de Pro agro Honduras están ubicadas en San Pedro Sula. La Planta de Gráneles de Fertilizantes, ubicada en Puerto Cortés, tiene

capacidad de almacenar más de 30, 000 TM de fertilizantes. Pro-agro está presente en todos los cultivos, tanto con fórmulas químicas como con materias primas como Urea, KCl, 18-46-0 (DAP), Nitrato de Amonio y Sulfato de Amonio.

Por otro lado, Fertica Guatemala se dedica a la aplicación mecanizada de fertilizantes líquidos y a la distribución de fertilizantes NPK producidos en el Jardín Industrial de Acajutla. Coordina la comercialización de amoníaco anhidro y ácido sulfúrico. Sus productos son destinados mayoritariamente para el cultivo de hortalizas, café, caña de azúcar, palma africana, entre otros. Cuenta con instalaciones en Tecún Umán, Retalhuleu y La Gomera. Las oficinas administrativas están ubicadas en la capital.

Consiguiente, Fertica Nicaragua tiene las oficinas y bodegas en Managua. Las operaciones fueron iniciadas en marzo de 2011. La bodega tiene una capacidad de almacenamiento de 600 toneladas métricas. Comercializa fórmulas químicas, elementos menores y materias primas. Personal de Oficinas Centrales La planta está ubicada en Puerto Sandino y tiene una capacidad de almacenamiento de 16, 000 toneladas métricas. Comercializa fórmulas químicas, elementos menores, materias primas y productos fitosanitarios.

Cabe destacar, que el proyecto de Panamá ha sido un reto prometedor ya que estar en la zona agrícola de David, Chiriquí le ha dado una ventaja competitiva a Pro agro. Desde 2016, el agricultor panameño ha podido experimentar y encontrar toda la paleta de productos y servicios calidad insuperable de Grupo Fertica. Actualmente, le apostamos a fortalecer la preferencia de más agricultores panameños, pieza fundamental de la riqueza agrícola del país.

Figura 2. Exportaciones por país



Nota: Empresa Fertica S.A. (2019)

1.1.8 Descripción del Proceso productivo

Fertica es una empresa con un gran mercado a nivel centroamericano, tiene diferentes plantas en los países de Panamá, Guatemala, Nicaragua, Costa Rica y el Salvador, siendo este último el de mayor envergadura debido a que en la capital salvadoreña operan las centrales del Grupo Fertica.

Fertica Costa Rica tiene su Planta de Producción Ubicada en Puntarenas, en el cantón de Chacarita, esta planta abastece a Nicaragua y Panamá. Cuenta con 3 bodegas de distribución, cada una se encuentra en las zonas de Cañas, Guápiles y San Carlos, y sus oficinas centrales están localizadas en San José, desde esta parte se realiza toda la actividad comercial de los productos.

Para la elaboración de los diferentes productos que ofrece Fertica a sus clientes, se llevan a cabo gran cantidad de actividades, que se encargan de definir el proceso como tal, para ello se dividen en los siguientes Procesos:

1.1.8.1 Programación de la Producción

La Programación de la producción inicia desde las oficinas centrales de comercialización, las cuales están ubicadas en San José, en coordinación se gestiona las ordenes de producción con el cliente, estas son elaboradas y trasladadas a los ingenieros de la Planta de Producción en Carrizal Puntarenas, que a su vez realizan los planes de Producción, según el orden y prioridad en la fecha de entrega de los productos a sus clientes.

1.1.8.2 Recepción de Materia Prima

La recepción de la materia prima es determinada por las cantidades existentes dentro de la empresa y su necesidad de consumo en periodos a corto plazo, es por ello que, una vez considerado estos factores, se gestiona el aprovisionamiento logístico de la misma.

1.1.8.3 Almacenamiento en Planta

Sobre este aspecto, las materias primas y su almacenamiento están definido por 2 tipos:

- **Materias Primas a granel:** son aquellas materias primas que no cuentan un con empaque o embalaje, por la enorme cantidad requerida por la empresa, esta materia prima es almacenada dentro en Silos y Bines.
- **Materias primas Ensacadas:** las materias primas ensacadas vienen determinada en diferentes presentaciones de empaque o embalaje, en la empresa se maneja gran número de materias de este tipo, en presentaciones de sacos (25 Kg, 45 Kg, 50 Kg, etc.), Bolsones (1000 Kg, 1200 Kg, 2000 Kg, etc.), estas materias primas se almacenan dentro de una bodega acondicionada para este propósito.

1.1.8.4 Aprovechamiento de la Materia Prima

La empresa adquiere las materias primas a través de múltiples proveedores, a nivel nacional e internacional.

Con respecto al proceso de logística de aprovisionamiento de materias primas nacionales, se gestiona el transporte y el día de llegada del producto a la empresa, normalmente tienen un tiempo corto de llegada, estos productos pasan por la báscula de pesaje para la comprobación de las cantidades adquiridas antes de ingresar a la empresa.

Por su parte, la logística de aprovisionamiento de materias primas internacionales es el proceso con mayor tiempo de espera para su aprovisionamiento y de mayor dificultad para empresa, por los protocolos y políticas aduanales.

La materia prima proveniente del exterior puede ser transportada vía marítima y/o terrestre.

Las materias primas por vía marítima tienen una logística detallada en la cual se considera el transporte y maquinarias para que el producto salga del muelle e ingrese a la empresa, en cuanto a las materias

1.1.8.5 Proceso de Pesaje de los camiones transportadores

El proceso de pesaje es un control muy importante para la comprobación de las cantidades que realmente ingresan y salen de la empresa, de materias primas y producto terminado.

- **Pesaje de materia prima:** el control de peso realizado a los camiones que transportan la materia prima se realiza conforme a la coordinación del tiempo y espacio para descarga de este, desde el área de bascula estos gestiona el debido ingreso una vez es realizado la comprobación de peso.
- **Pesaje de Producto terminado:** el pesaje que corresponde a la salida del producto terminado se gestiona según la llegada de los camiones y el acuerdo entre: el área comercial y el cliente, se toma el peso de los camiones a la entrada y salida ya con el producto abordo de este para determinar que la cantidad del producto sea la solicitada por el cliente.

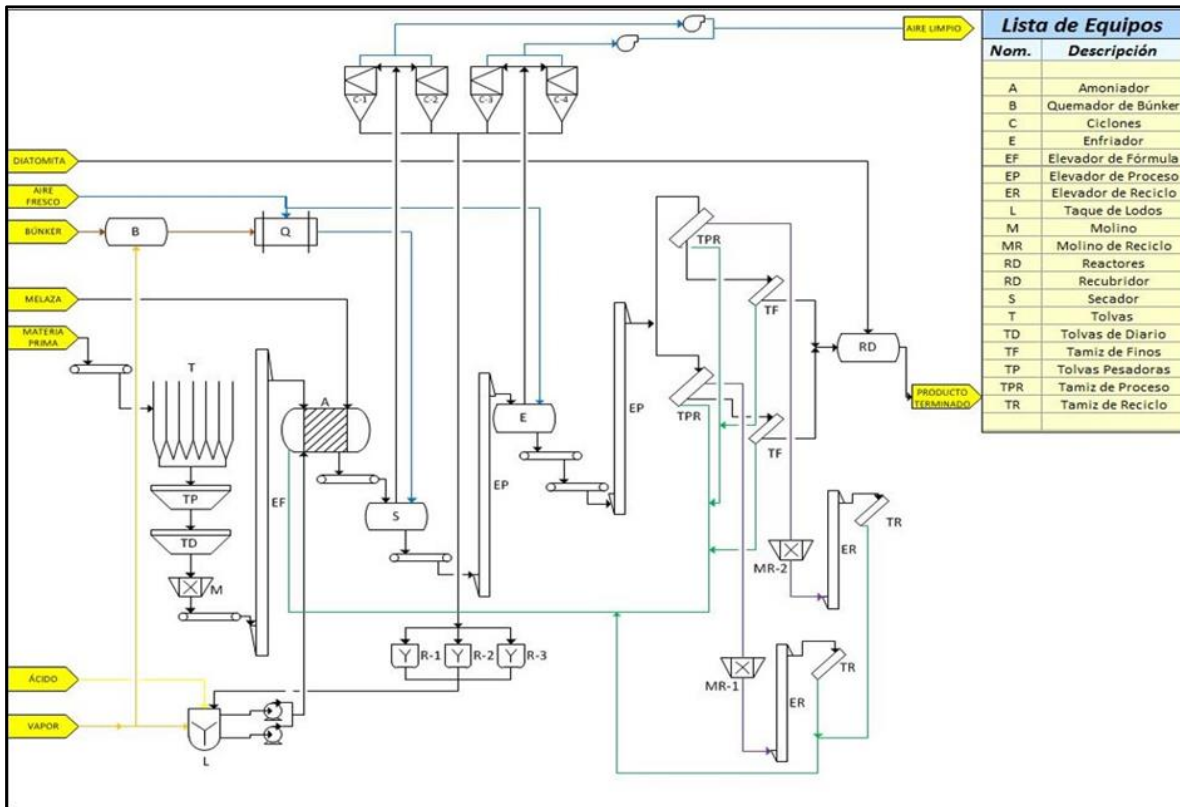
1.1.8.6 Proceso de Producción

El proceso productivo inicia una vez gestionado y notificado el plan de producción por parte del departamento comercial, al encargado del área de producción. Es aquí donde se confecciona la receta y se analiza por parte del departamento de calidad el grado de la formula, acorde a las materias primas y su aporte de nutrientes, para el producto a elaborar.

La receta una vez aprobada, a cargo del ingeniero de la planta, se procede a su programación en el software utilizado para proceso de producción.

Con la programación del software listo, se procede a la coordinación y abastecimiento de la materia prima a utilizar. Esta materia prima es desplazada mediante un cargador desde su ubicación en los silos y bins, hasta una tolva que conecta con la banda encargada de ingresar las materias en planta, a partir de este punto inicia su proceso de transformación en donde las materias primas son combinadas, granuladas, secadas para obtener cada fertilizante químico, el cual una vez obtenido es trasladado al bin de producto terminado para su ensacado.

Figura 3. Diagrama de Flujo de Planta Complejos



Nota: Empresa Fertica (2016)

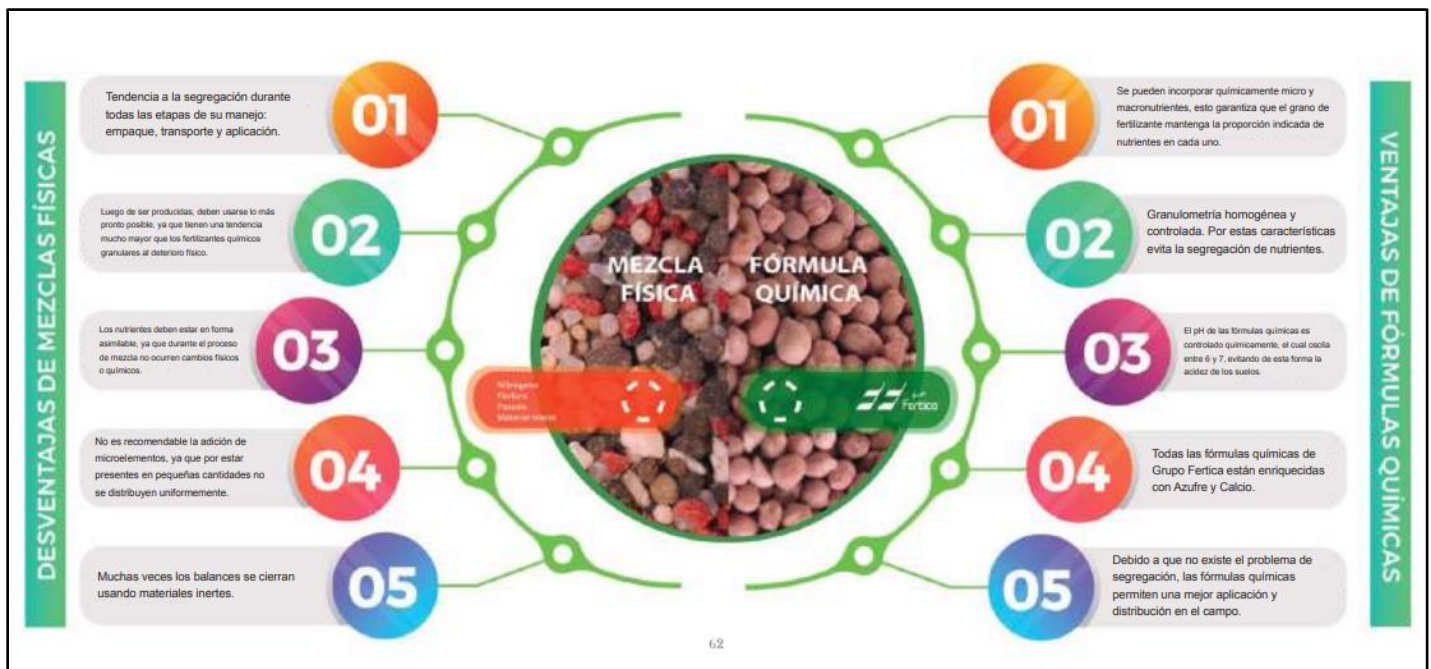
1.3 Área de Estudio

La investigación se centra en el área de complejos de la planta de Fertica, sitio donde se elabora fertilizantes de mezclas físicas y químicas. Cada uno de los fertilizantes que se elabora pasa por un proceso de transformación de acuerdo a las especificaciones de los clientes, estos productos pasan por pruebas de calidad en el laboratorio de control para determinar si las fórmulas tienen los componentes idóneos y las cantidades especificadas, una vez que el producto tenga la aprobación del laboratorio, el producto puede continuar con su logística y por ende su distribución.

La planta de complejos cuenta con instalaciones donde se descarga y se almacena las materias primas y el producto terminado la capacidad de almacenamiento disponible es 200, 000 TM. Así como también con diferentes departamentos como laboratorio de control de calidad, taller de mantenimiento y oficinas administrativas.

La capacidad de producción de la planta de complejos es de 120, 000 TM anuales de fórmulas químicas, fórmulas físicas 100, 000 TM y de fertilizantes líquidos 30, 000 TM.

Figura 4. Desventajas y Ventajas de las Mezclas Físicas



Nota: Empresa Fertica (2021)

1.4 Tema

Diseño de un plan estratégico de mantenimiento basado en la filosofía TPM, para el área de planta de complejos en la empresa Fertica S.A., Costa Rica en el periodo 2019-2020.

1.5 Delimitación del Problema

El proyecto de investigación se desarrolla en el área de Planta química de la empresa Fertica S.A., para el periodo comprendido entre setiembre 2019 a setiembre 2020, la investigación se basa en la recopilación y análisis de datos de duración, frecuencia, cantidad y tipo de mantenimiento en los equipos del proceso productivo.

La información anterior se tomará como base para una propuesta de mejora del proceso actual del mantenimiento, con el fin de disminuir los tiempos y cantidad de paros por averías para aumentar la disponibilidad operativa de los equipos involucrados, determinando a su vez indicadores necesarios para el control y mejora constante de la actividad del mantenimiento realizada.

El proyecto de investigación se encuentra desarrollado en el ámbito académico de Ingeniería en producción Industrial, para su desarrollo se utilizará diferentes herramientas y conocimientos de producción, mantenimiento, estadística, métodos, operaciones y costos, indispensables para la propuesta de mejora en la gestión del mantenimiento que será basada en la filosofía TPM.

1.1.9 Alcances

- Contempla la elaboración y evaluación de la herramienta de mejora continua como lo es el OEE que mide en forma de indicador la eficacia y la disponibilidad, rendimiento y calidad de los equipos necesarios para el desarrollo de la propuesta.

- El proyecto considera aspectos de la filosofía TPM para la reducción de paros por averías en los equipos involucrados directamente en proceso productivo, para determinar el tipo de falla más frecuente de los equipos de acuerdo con las grandes pérdidas.
- Contempla la elaboración de fichas técnicas para los equipos, fichas de lubricación, fichas de inspección diarias de los equipos y un plan estratégico para el mantenimiento preventivo.
- El proyecto busca la mejora de los procesos de mantenimiento partiendo de una solicitud de orden de trabajo, hasta la finalización y entrega de informes del mantenimiento realizado.
- Una vez determinado los equipos que generan mayor impacto en el proceso, se procede a realizar un manual con el propósito de guiar, instruir y generar un procedimiento organizado y sistemático de las tareas que se deben de seguir de forma diaria, semanal, mensual, trimestral, semestral y anual, con el propósito de establecer una secuencia de pasos para realizar el mantenimiento preventivo.
- Al realizar el análisis de costo beneficio, se demostrará la validez del proyecto por medio del aumento de productividad, ya que, al reducir los tiempos de mantenimientos correctivos, y aumento de los tiempos preventivos por ende disminución en las pérdidas de capital.
- La investigación considera únicamente los equipos, los materiales y costos económicos de mantenimiento, que tienen un impacto considerable sobre la productividad de la empresa.

1.1.10 **Limitaciones**

La principal limitación que enfrenta este proyecto es la pandemia a nivel mundial, ya que debido a esta crisis ha sido difícil el acceso a la empresa y sus instalaciones, afectando la obtención de la información que se requiere para la realización del proyecto y por ende un retraso en el tiempo de ejecución, cabe mencionar además que la dependencia del encargado de mantenimiento para la obtención de información ha sido otro factor determinante sobre el proyecto debido a que por sus responsabilidades con la empresa ha tenido que cancelar continuamente las visitas para la recopilación de datos e información.

La segunda de las limitantes enfrentadas es la carencia de información o control de indicadores ante la atención de las fallas presentadas en la empresa, que ha generado problemas para definir la situación actual de la empresa en cuanto a la eficiencia.

La tercera limitante, es la información no certera de la parte de datos históricos de mantenimiento, esto genera que, al realizar un análisis para determinar el diagnóstico de la situación actual, los resultados no sean tan concisos, por lo que retrasa el proceso de evaluación, y se tendría que volver a reestructurar este apartado.

Otra situación que se enfrentara en la realización del proyecto es la falta de indicadores de la duración de los paros, los cuales actualmente la empresa no cuenta con el mismo, aunque la acción de reparación se ejecute de manera inmediata, sin embargo, no se lleva un registro del control de los tiempos de paro,

por lo que esto ocasiona un retraso en la aplicación de métodos o técnicas de mantenimiento, para la obtención de resultados.

1.6 Justificación

Con el presente trabajo en el área de complejos de la empresa Fertica S. A, se realiza una propuesta enfocada en la mejora de los procesos de mantenimiento de los equipos que garantice su disponibilidad, rendimiento y calidad del producto final.

Por esta razón la propuesta de mejora que se realiza al área de complejos, es fundamental para la disminución de paros no programados del proceso que afectan aspectos de económicos, de eficiencia y productividad de la organización.

Por lo tanto, el motivo del presente trabajo consiste en una necesidad por parte de la organización de mejorar y fortalecer la gestión actual del mantenimiento de los equipos que han estado presentando un aprovechamiento deficiente por la constante aparición de fallas operacionales que como consecuencia afectan la productividad de la organización.

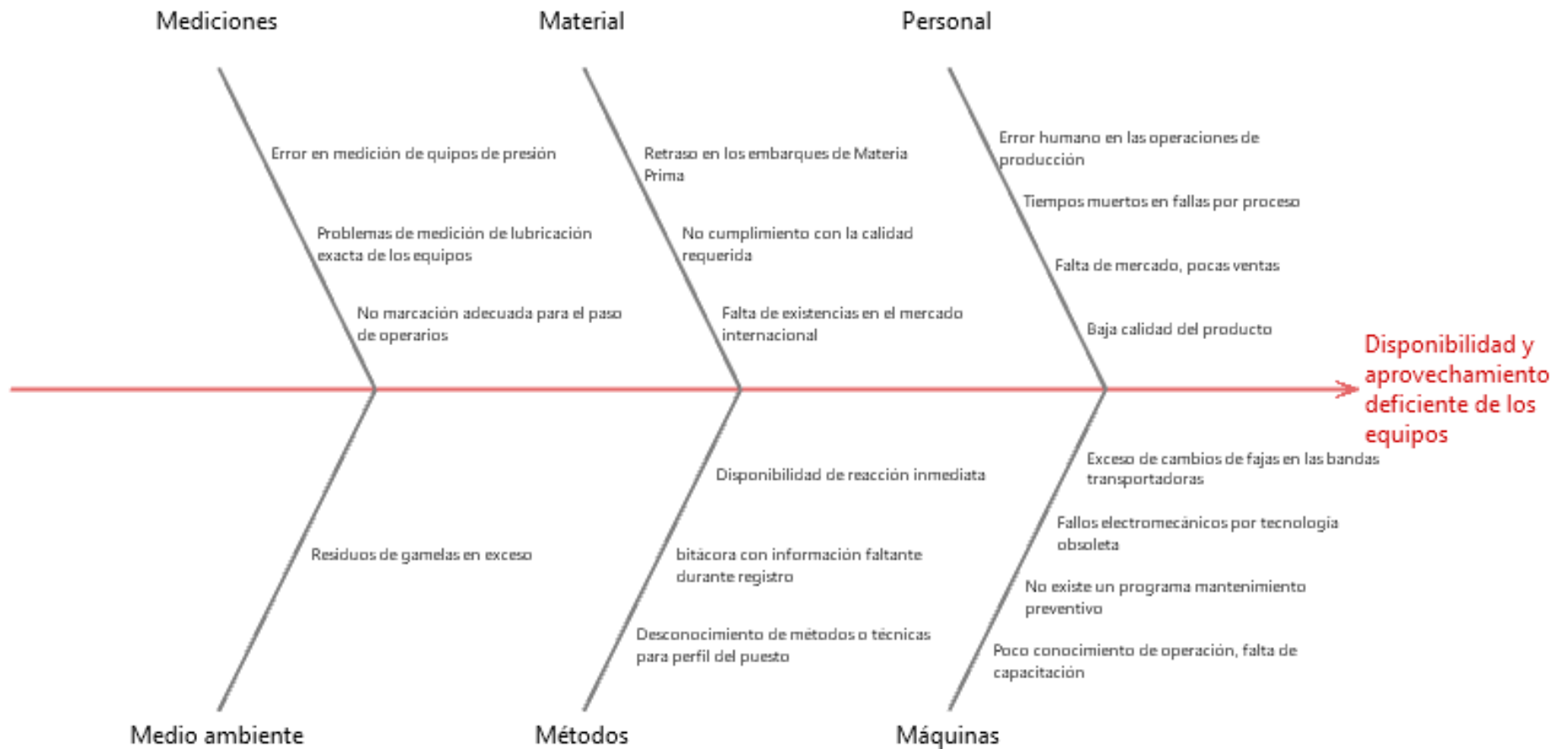
Con la propuesta de mejora la organización tendrá un beneficio importante a nivel económico y procedimental, al tener una reducción de tiempos de paro, aprovechamiento de los equipos y actividades definidas para la intervención en cada equipo, que a su vez permita establecer precedentes para la mejora continua como una organización consolidada en el desarrollo de fertilizantes.

1.7 Planteamiento del Problema

En la actualidad en las industrias se presentan diferentes sucesos y eventos, en los cuales por causas humanas se han tenido fallas relevantes en el funcionamiento de los equipos. Lo que ha llevado a ocasionar paros improductivos en el proceso de producción, afectando los resultados. (Económico, estado financiero, utilidad, no cumplimiento de cliente, pérdida de los activos, daños de los equipos y a los recursos humanos por minimización de mano de obra o por falta de repuesto). Es por esta razón que la gestión del mantenimiento es una prioridad para la disponibilidad, seguridad y disminución de riesgos laborales en las instalaciones, ya que permite que los sistemas no sufran anomalías durante su utilización y que puedan funcionar de forma óptima o eficiente durante el mayor tiempo posible de su vida útil. Por consiguiente, los recursos se enfocan en el aumento de la disponibilidad de los equipos y la reducción de la tasa de fallas o Paros no programados, con el propósito disminuir los costos asociados al mantenimiento (costos de operación, costos de reparación (mantenibilidad)) y los tiempos improductivos que generan retrasos en la producción.

En el siguiente análisis de causa efecto (diagrama Ishikawa) se puede evidenciar cuales son las causas que originan el problema actual en el área de mantenimiento:

Figura 5. Análisis de Causa y Efecto



Nota: Autoría propia (2020)

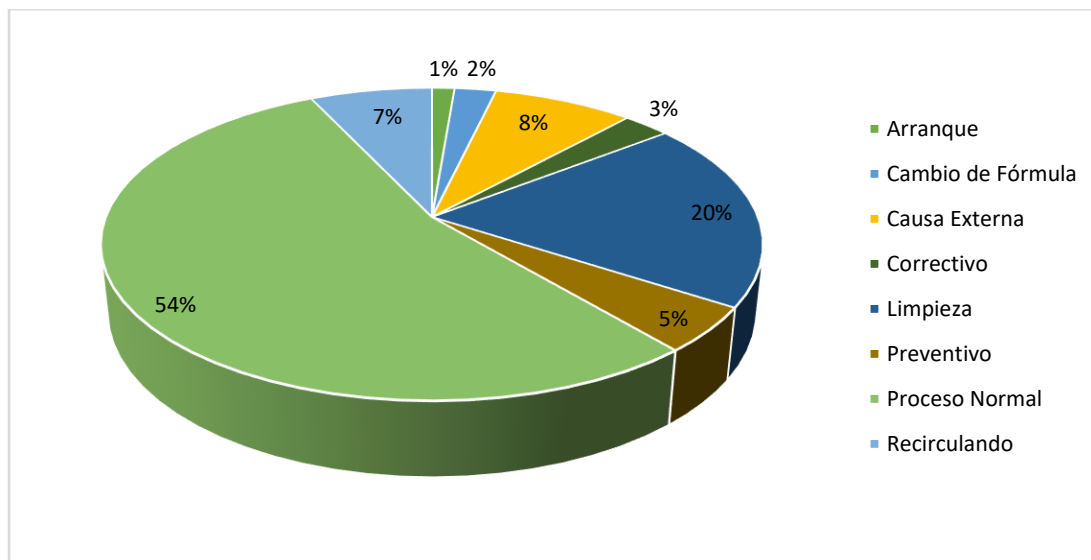
Así mismo, como se puede visualizar en el diagrama de Ishikawa son muchas las causas que se encontraron en el área de mantenimiento, por lo que se plantea la implementación de diferentes herramientas del mantenimiento productivo total (TPM), con el propósito de demostrarle a la empresa los beneficios que traería si se implementara.

Con respecto a lo anterior, tal es el caso de la empresa que es objeto de este estudio, en donde no se tiene una gestión de mantenimiento adecuada, para los equipos involucrados en el proceso productivo, esto porque sus actividades de mantenimiento están centradas en el tipo correctivo, lo que ha provocado que la disponibilidad de los equipos y su aprovechamiento se vea reducido a causa de paros constantes y en ocasiones paros que ocasionan la parada total de la planta de complejos.

Aunado a esto, la falta de documentación y seguimiento sobre los trabajos de mantenimiento históricos por parte de la empresa, resultan un problema para determinar indicadores sobre los tiempos promedios de reparación y fallas, que son claves para conocer la disponibilidad y confiabilidad de sus equipos, y no solo eso, sino que actualmente al no tener control de las fallas y un planeamiento adecuado de mantenimiento, impiden gestionar un stock adecuado de repuestos.

De acuerdo con la tabla y gráfico de febrero de 2019, se evidencia el porcentaje y el tiempo en horas de la cantidad de mantenimiento por categorías (limpieza, mantenimiento preventivo, recirculación, causa externa, cambio de fórmula, mantenimiento correctivo, arranque), conforme con el tiempo efectivo y tiempo de paros.

Figura 6. Representación de datos históricos de mantenimiento en febrero 2018



Nota: Empresa Fertica (2019)

En este de febrero, la empresa presentó 18.33 horas de mantenimiento correctivo equivalente a un 3%, en donde se identificaron problemas con el motor del extractor del enfriador, reparación de sensor de temperatura del quemador de bunker, reparación de base y reductor del elevador de fórmula, cambio de fajas motriz a diferentes equipos de planta, reparación roles de tamiz de proceso reparación del motor de la caldera 1.

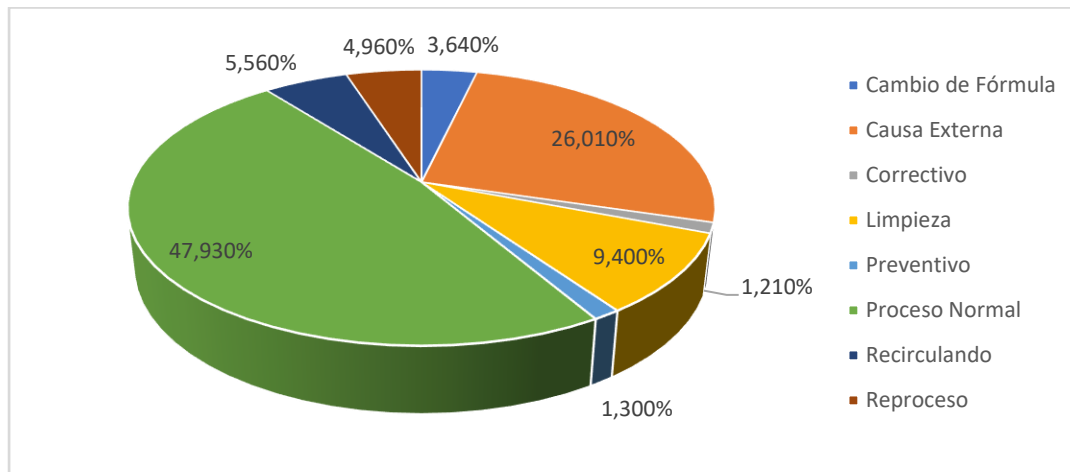
Tabla 1. Distribución de tiempos por paro Febrero

Distribución % de Paros		
Detalle	Horas	Porcentaje (%)
Proceso Normal	363,89	54,15
Limpieza	131,62	19,59
Causa Externa	54,5	8,11
Recirculando	47,33	7,04
Preventivo	31,49	4,69
Correctivo	18,33	2,73
Cambio de Fórmula	16,08	2,39
Arranque	8,75	1,30
Total General	671,99	100,00

Nota: Autoría propia (2019)

Al mismo tiempo, de acuerdo con el gráfico (6) se observa en el mes de marzo un porcentaje de 1.21% de reparaciones o cambios de componentes de los equipos.

Figura 7. Representación de datos históricos de mantenimiento en marzo 2018



Nota: Empresa Fertica (2019)

Dentro de las actividades por mantenimiento correctivo se encuentran: reparación de banda de producto terminado, problema con la boquilla de bunker caldera #1, reparación de diferentes bandas y transportadores, cambio de fajas de transmisión de motores y reductores y reparación de caja reductora del elevador de proceso "A", reparación del ducto de gases del quemador de bunker, los cuales representan un paro por 9 horas en el mes de marzo conforme a históricos del área de mantenimiento.

Tabla 2. Distribución de tiempos por paro Marzo

Distribución % de Paros		
Detalle	Horas	Porcentaje (%)
Proceso Normal	356,58	47, 93
Limpieza	69,92	9, 40
Causa Externa	193,5	26, 01
Recirculando	41,33	5, 56
Preventivo	9, 67	1, 30
Correctivo	9	1, 21
Cambio de Fórmula	27, 08	3, 64
Arranque	36, 92	4, 96
Total General	744	100, 00

Nota: Autoría propia (2019)

Este tipo de mantenimiento correctivo, perjudica a la empresa en términos financieros al destinar recursos económicos para la reparación de los mismos, ya que los equipos de Fertica son equipos diseñados específicamente para el proceso productivo de fertilizantes, por lo que son máquinas muy viejas y por el tipo de proceso la vida útil se acorta cada vez más, es por esta razón que se debe de dar un mayor

mantenimiento preventivo en los componentes para no recurrir a mayores gastos económicos, esto solo se logra estableciendo un plan estratégico de mantenimiento productivo total, para aumentar la vida útil y darle una mayor disponibilidad a los equipos para que operen con el rendimiento y la eficiencia adecuada.

Por otra parte, de acuerdo con el Arata, (2009) afirma que:

Un aspecto que ha tomado significativa relevancia en el desarrollo de nuevos proyectos se refiere a la seguridad de funcionamiento de las instalaciones y de los equipos, lo que ha motivado, para el diseño de las plantas industriales y la selección de los equipos que en ella participan, la utilización del enfoque de costo durante todo el ciclo de vida (p. 47).

Es así como, este enfoque busca que la toma de decisiones considere el efecto económico durante la vida de la planta de producción y los equipos que la conforman, por ello se contemplan los costos asociados a la seguridad de funcionamiento, que son ocasionadas por pérdidas de producción, anomalías o fallas debido a la indisponibilidad de las instalaciones, problemas de calidad, paros no programados y causas externas.

Pregunta formuladora: ¿Qué mejora productiva podría representar la empresa Fertica S.A.?, si implementara la propuesta para la disminución de paros por Mantenimientos de tipo correctivo?

1.8 Objetivos

1.1.11 *Objetivo General*

Diseñar un plan estratégico de mantenimiento basado en la filosofía TPM, para lograr la productividad del área de la Planta de complejos en la Empresa Fertica S.A., Costa Rica, mediante la reducción de tiempos de paro improductivos por mantenimiento, asegurando la disponibilidad para un funcionamiento óptimo de los equipos en el proceso productivo.

1.1.12 *Objetivos Específicos*

Determinar las fallas que provocan la mayor cantidad de paradas, mediante un diagnóstico de la situación actual (análisis de Pareto), que permita la identificación de los equipos que ocasionan mayor impacto o criticidad en las operaciones de la planta de complejos, generando una base de datos que permita la puesta en marcha de un plan estratégico de mantenimiento planificado.

Realizar la documentación técnica de las máquinas y equipos de la planta de complejos, mediante fichas de información técnicas, lista de repuesto, que permitan visualizar la información básica para un control eficiente del mantenimiento.

Elaborar un plan de mantenimiento productivo total, mediante la estructuración de actividades periódicas de mantenimiento a las máquinas o equipos, determinando la frecuencia en que se inspeccionan los componentes vitales de la planta de Complejos.

1.9 Estado de la cuestión

Después de haber realizado una búsqueda y lectura exhaustiva de publicaciones, investigaciones y otros documentos relacionados al tema de estudio, se ha logrado encontrar cinco antecedentes de interés, los que se ha procedido a categorizar en dos tipos debido a su ubicación de estudio (nacionales e internacionales), como se muestran a continuación:

1.1.13 *Antecedente nacional*

En primer lugar, en la investigación de (Moya Leitón, 2015) se presenta el desarrollo de un plan de mantenimiento productivo total en la empresa Fabrica del Sabor (FAS), en la cual se ha procedido analizar mediante el diagrama de Pareto, los problemas y equipos que tienen un gran impacto sobre el proceso productivo. El propósito de la investigación el autor lo fundamenta en la necesidad de mejorar la gestión y operaciones del mantenimiento de los equipos críticos, considerando para lo cual la implementación de un mantenimiento preventivo capaz de reducir los paros inesperados, las horas de no disponibilidad, así como las pérdidas que estas generan por la falta de trabajos preventivos, la implementación de un mantenimiento autónomo , que permite mantener una condición aceptable de las máquinas y el establecimiento de índices de eficiencia general de los equipos (OEE) para atacar los puntos débiles y promover la mejora continua. El resultado del estudio muestra que la empresa presenta un ambiente apto para la implementación del plan de TPM, de la mano del mantenimiento preventivo, autónomo, la puesta en marcha de las 5 eses y la mejora continua, adicional a eso representar mediante una codificación a cada equipo permite

gestionar de manera fácil y ordenada los análisis por equipo, tiempo de mantenimiento y fallas producidas en períodos establecidos. La eficiencia general de los equipos se podrá determinar de manera más exacta con el análisis de los tiempos muertos con base a las 16 grandes pérdidas.

Por otra parte, la investigación realizada por (Canales Mora, 2014) se centra en el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología de RCM (Mantenimiento basado en la confiabilidad) para el departamento de patio de caña, en la empresa CATSA, , el autor lo justifica bajo la necesidad de mejorar la disponibilidad del ingenio, mediante la reducción de los tiempos de paro por atención de las fallas, que se presentan en los equipos durante el proceso de producción, los cuales es posible atribuírseles por desgaste, debido a que deben trabajar las 24 horas , durante un lapso de tiempo de entre 4 a 5 meses que es el periodo de duración de la zafra, en la empresa azucarera CATSA. Los paros ocasionados por fallas de los equipos son perjudiciales para la empresa puesto que retrasa la molienda de la caña, disminuye el aprovechamiento de las propiedades de la caña, además de pérdidas económicas por manteamiento y personal en tiempo ocioso. El resultado del estudio permite a la empresa atacar los modos de las fallas de los equipos y con el plan de mantenimiento preventivo que ha propuesto el autor pretende llevar la disponibilidad del Ingenio a un 91.5% mediante la reducción del tiempo perdido, para esto se ha involucrado el personal en gran medida y mediante la elaboración de manuales para el mantenimiento preventivo se facilita la implementación de estas medidas por parte de los colaboradores.

1.1.14 ***Antecedentes internacionales***

En primer lugar, en la investigación de (Lozada Cepeda, 2017) se lleva a cabo la elaboración de un plan de mantenimiento basado en el Mantenimiento Productivo Total (TPM) para las máquinas de recuperación de turbinas CIRT en la empresa CELEC EP-HIDROAGOYÁN. La investigación se desarrolla con el propósito de reducir las fallas y las paradas por mantenimiento, para esto el autor propone actividades mantenimiento preventivo con base a las técnicas de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM) que a su vez considera análisis de criticidad (AC) y modal de fallos y efectos (AMFE). La aplicación de las 5S, un mantenimiento autónomo programado. Esta investigación tiene como resultado una reducción en las horas de mantenimiento de equipos al determinar y analizar las funciones de cada sistema, subsistema y componente. Con base al AMFE le permitió a la empresa conocer las posibles causas y consecuencias del porque fallan los equipos, para de esta forma poder determinar acciones preventivas y predictivas para la reducción de fallos. Con la implementación de las 5s y el mantenimiento autónomo permitió al personal organizar mejor el área del equipo y una participación mayor en esta gestión del mantenimiento.

En la investigación de (Acosta Martínez, 2017) se presenta la propuesta de un mantenimiento productivo total para el proceso de sacrificios de equinos en la empresa Finca Cristales Ltda., el autor la justifica bajo la necesidad de la empresa por gestionar los mantenimientos necesarios a los equipos para reducción de las fallas y los paros que a su vez generan mayores costos económicos para la misma.

A partir de ese proyecto el autor logra definir el plan de mantenimiento productivo total, con la ayuda en los ocho (8) pilares (mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo, mantenimiento planeado, educación y entrenamiento, control inicial, aseguramiento de la calidad, eficiencia administrativa, seguridad y gestión ambiental), la metodología 5s, el método AMEF y ANDON.

La investigación concluye que la propuesta del mantenimiento productivo total para la Finca de los Cristales va a ser de utilidad a sus equipos, herramientas y el personal al estar más involucrados con este cambio, además de suponer un ahorro y ganancias para con su implementación.

En la investigación de (Portilla Diaz, 2014) se presenta un diseño de implementación de un mantenimiento productivo total en la empresa EPI LTDA, la cual se dedica a la fabricación y comercialización de equipos de protección personal para trabajos en alturas, el objetivo como tal de la investigación es el aumento de la eficiencia productiva, la cual se ha estado viendo afectada por la falta de un programa de mantenimiento en el área de producción de plástico, esto ha ocasionado que incurra en atrasos en la entrega de sus productos y un alto costo en mantenimientos correctivos.

Mediante una lista de chequeo de manera cualitativa se ha evaluado los factores: de mano de obra, procedimientos existentes, conocimiento del personal acerca del proceso y la gestión por parte de la gerencia, esto con la finalidad de conocer la situación actual de empresa y determinar las acciones para la programación del mantenimiento de manera efectiva para la empresa, así como la mejora productiva de la mano del análisis de la eficiencia global del equipo.

Los casos presentados anteriormente tienen una utilidad relevante para el estudio en cuestión, sobre la metodología que se pretende realizar en la empresa Fertica S.A., puesto que en los mismos se describen la utilización de herramientas similares que son necesarias utilizar y que pueden servir de guías para entender mejor los análisis requeridos y el objetivo que se pretende alcanzar que es la disminución de los tiempos de paros del proceso productivo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2. Marco Teórico

En el presente capítulo se abarcarán los conceptos necesarios para facilitar el entendimiento de los temas tratados en el desarrollo del proyecto en cuestión.

2.1 Industria de Fertilizantes

El mercado de fertilizantes en Costa Rica en los últimos cinco años ha revolucionado con la entrada de poderosas empresas, si bien los agroquímicos determinan la competitividad en el sector agrícola, de manera muy significativa estos productos son precisos en la productividad por hectárea cosechada de los agricultores nacionales.

En Costa Rica actualmente se comercializan alrededor de 500.000 toneladas anuales de fertilizantes, por lo que el mercado se encuentra en desarrollo de estrategias competitivas para aumentar el número de producción y comercialización para las diferentes empresas dedicadas dentro del país (Mora, 2014, s.p.)

La calidad de los productos ofrecidos a los agricultores tiene un gran peso dentro de la industria Agro comercial es el punto más importante para este mercado.

El presente trabajo de investigación contemplará conceptos que serán parte del desarrollo del mantenimiento Industrial.

2.2 Proceso de Fertilizantes

En la empresa Fertica S.A., se elaboran fertilizantes de materias primas, importadas de varios países, algunas de las más comunes son (Urea, Kcl, Nitrato de Sodio, etc..) esto con la función de crear fertilizantes que puedan suplir las

necesidades de los suelos, en cuanto a nutrientes necesarios para la siembra de productos agrícolas.

Los fertilizantes de Fertica S.A. son vitales para un buen desarrollo y producción de las plantas de los Agricultores.

2.2.1. Concentración

La elaboración de fertilizante se compone por una mezcla física de elementos o complejos, en cada fertilizante la concentración que tienen se determina mediante la suma de tres elementos principales, que fijan la cantidad específica de contenido útil de abono.

2.2.2. Calidad

Por otra parte, según el autor (Camisón, Cruz, & González, 2006), La Gestión de la Calidad se ha convertido actualmente en la condición necesaria para cualquier estrategia dirigida hacia el éxito competitivo de la empresa. El aumento incesante del nivel de exigencia del consumidor, junto a la explosión de competencia procedente de nuevos países con ventajas comparativas en costes y la creciente complejidad de productos, procesos, sistemas y organizaciones, son algunas de las causas que hacen de la calidad un factor determinante para la competitividad y la supervivencia de la empresa moderna.

Según el autor (Camisón, Cruz, & González, 2006) la Gestión de la Calidad, producirían resultados positivos en cualquier organización, industria o país. Sin

embargo, la observación de la realidad, apoyada en una creciente investigación académica, ha puesto de manifiesto que la imitación de los mejores modelos por otras organizaciones y su transferencia como paquete estándar a entornos distintos ha generado enormes decepciones.

2.3 Diagramas de Flujo

Un diagrama de flujo es la representación gráfica de flujo o secuencia de rutinas simples. Tiene la ventaja de indicar la secuencia del proceso en cuestión, las unidades involucradas y los responsables de su ejecución, es decir, viene a ser la representación simbólica o pictórica de un procedimiento administrativo (Manene, 2011).

2.4 Los sistemas de mantenimiento

Un Sistema de Mantenimiento es un conjunto de funciones que están orientadas a brindar el mayor soporte a la gestión de mantenimiento y lograr así los objetivos de una alta disponibilidad. (Manual, 2000).

Lo que busca el Sistema de Mantenimiento en general es incrementar al máximo la disponibilidad de los recursos. Entendiendo por disponibilidad que el equipo se encuentre en buen estado de funcionamiento la mayor parte del tiempo, cumpliendo así los propósitos para lo cual fue diseñado.

Las ventajas que proporciona un Sistema de Mantenimiento son: mayor disponibilidad, incrementar la vida útil de los recursos, reducir los costos de reparaciones, reducir los tiempos muertos, aumentar la confiabilidad, mejorar las

condiciones de operación y trabajo, propiciar un mejor ambiente laboral y enseñar con calidad.

En resumen, se puede mencionar que el mantenimiento encierra todo lo referido a la organización, aplicación y ejecución de toda actividad que brinde, mejore y conserve el funcionamiento de una máquina al más bajo costo posible.

2.5 Tipos de mantenimiento

Actualmente existen variados sistemas para acometer el servicio de mantenimiento de las instalaciones en operación. Algunos de ellos no solamente centran su atención en la tarea de corregir los fallos, sino que también tratan de actuar antes de la aparición de estos haciéndolo tanto sobre los bienes, tal como fueron concebidos, como sobre los que se encuentran en etapa de diseño, introduciendo en estos últimos, las modalidades de simplicidad en el diseño.

Los tipos de Mantenimiento que se van a estudiar son los siguientes:

Mantenimiento preventivo: Cuando conocemos el desgaste aproximado de una máquina podemos prevenir las averías sustituyendo los elementos que sufren una mayor degradación antes de que lleguen al final de su vida útil.

La principal ventaja de este tipo de mantenimiento es que podemos planificar con antelación la intervención para preparar los recursos necesarios, como el personal y los materiales necesarios (Nieto, 2013, p. 142).

Mantenimiento Predictivo: Hay casos en los que se puede predecir una avería, la predicción puede realizarse midiendo algunos parámetros que varían antes de producirse el fallo.

Evidentemente, este sistema tiene innumerables ventajas, al adelantarnos a la avería sin desperdiciar recursos. además, las herramientas para realizar estos diagnósticos son cada vez más accesibles, de modo que es posible ir implantado este sistema cada vez más situaciones (Nieto, 2013, p. 143).

Mantenimiento Productivo Total (TPM): Es un moderno sistema gerencial de soporte al desarrollo industrial, que permite con la participación total de la organización tener equipos de producción siempre listos. La metodología del TPM, sostenida por varias técnicas de gestión, establece las estrategias adecuadas para mejorar la productividad empresarial, para poder afrontar con éxito el proceso de globalización y apertura de la economía.

El TPM incorpora una serie de nuevos conceptos. Este sistema está basado en el "Mantenimiento al primer nivel", en la que el propio usuario realiza pequeñas tareas de mantenimiento como: reglaje, inspección, sustitución de pequeñas cosas, etc., facilitando al jefe de mantenimiento la información necesaria para que luego las otras tareas se puedan hacer mejor y con mayor conocimiento de causa.

- Mantenimiento: Para mantener siempre las instalaciones en buen estado
- Productivo: Está enfocado a aumentar la productividad
- Total: Implica a la totalidad del personal, (no solo al servicio de mantenimiento)

Este sistema coloca a todos los integrantes de la organización en la tarea de ejecutar un programa de mantenimiento preventivo, con el objetivo de maximizar la efectividad de los bienes.

Centra el programa en el factor humano de toda la compañía, para lo cual se asignan tareas de mantenimiento que deben ser realizadas en pequeños grupos, mediante una dirección motivadora.

2.6 Gestión y manejo de inventarios, repuestos e insumos de mantenimiento

La utilización de un sistema o una metodología que permita administrar y controlar el manejo de los insumos, los repuestos y las materias primas de mantenimiento se considera como un instrumento avanzado, ya que mediante su aplicación se logran sustanciales ahorros en la gestión y la operación del mantenimiento industrial, como también se logran mejoras logísticas en el servicio de mantenimiento.

que los hechos que generan la no funcionalidad y la no disponibilidad de los equipos pueden ser tres: Tareas proactivas (mantenimientos planeados). Reparaciones (mantenimientos no planeados: correctivos o modificativos). Retrasos en el suministro de repuestos, insumos, materias primas de mantenimiento o recursos humanos. (Mora, 2009, p. 361).

2.7 Ficha de Equipo

Para poder llevar a cabo la selección del modelo de mantenimiento que más se adapte a cada equipo, debemos en primer lugar, disponer de la lista de los equipos que compone la planta. Esta lista, como hemos visto, puede ser tan detallada como se quiera: cuanto más detallada sea, más validas serán las conclusiones que obtengamos.

Una vez tengamos esta lista, es necesario elaborar una ficha para cada uno de los ítems que componen la planta. La ficha de equipo debe contener los datos más sobresalientes que afecten al mantenimiento de cada uno de los equipos de la planta.

A la hora de elaborar estas fichas debemos comenzar por los equipos que intuimos más importantes, y después continuar con el resto hasta completar la totalidad de los equipos de la planta (García, 2010, p. 29-31).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3. Marco Metodológico

El proyecto tiene como objetivo diseñar un plan estratégico de mantenimiento basado en la filosofía TPM, para proceder a documentar toda lo referente acerca de sus componentes, para ello, se utilizarán diversas herramientas como lo es las fichas técnicas, esto con el fin de tener un control en caso de que las máquinas o equipos presentan fallas en sus procesos operacionales.

3.2 Enfoque del proyecto

Según (Muñoz Razo, 2011), el enfoque cuantitativo se refiere a: las investigaciones de tesis cuyo planteamiento obedece a un enfoque objetivo de una realidad externa que se pretende describir, explicar y predecir en cuanto a la causalidad de sus hechos y fenómenos. Por otra parte, el enfoque cualitativo son estudios descriptivos, interpretativos e inductivos (que van de lo particular a lo general) y se utilizan para analizar una realidad social al amparo de un enfoque subjetivo, con el propósito de explorar, entender, interpretar y describir el comportamiento de la realidad en estudio. Así mismo, el enfoque mixto es un método de investigación que “recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o serie de investigaciones para al planteamiento de un problema.

De acuerdo con la información anterior, la metodología a desarrollar será un estudio mixto(cuantitativo-cualitativo) en el cual se establezcan mejoras en la planeación y ejecución del mantenimiento, tales bases serán guiadas por los datos históricos del área de producción y mantenimiento.

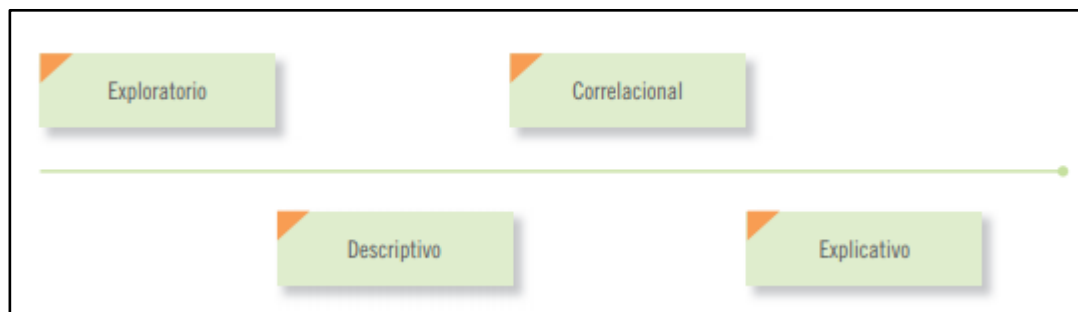
En el proyecto a desarrollar se aplicará los conocimientos adquiridos en los procesos de aprendizaje en la carrera de ingeniería en producción industrial, en esta se procederá a hacer un estudio de las fallas más recurrentes en el área de la planta de complejos.

El propósito de este estudio es encontrar las fallas más recurrentes en el proceso que afectan la disponibilidad en las operaciones, con el propósito de hacer más eficiente el tiempo programado del departamento de mantenimiento.

3.3 Tipo de Investigación

En un proyecto de investigación, de acuerdo con el alcance que tiene un estudio se puede mencionar sus cuatro modelos según el tipo de investigación cuantitativa (Sampieri, Fernández, & Baptista, 2010).

Figura 8. Alcances de la Investigación



Nota: Hernández y otros (2010)

Explorativo: El objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que tan sólo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio, o bien, si deseamos indagar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas.

Descriptivo: Sirven para familiarizarnos con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa respecto de un contexto particular, investigar nuevos problemas, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones futuras, o sugerir afirmaciones y postulados.

Correlacionales: Los estudios correlacionales, al evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, miden cada una de ellas (presuntamente relacionadas) y, después, cuantifican y analizan la vinculación.

Explicativos: Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales.

Basado en el enunciado anterior, el alcance cuantitativo que se utilizará para esta investigación es correlativo, esto porque se analizará el comportamiento de las variables y la forma en que puede afectar una a la otra, en este caso al diseñar un plan de mantenimiento se determinará la relación que tienen los tiempos de paro improductivos respecto a las averías, fallos o deficiencias que se presentadas, para llevar un control y mejora de eficiencia en los procesos.

3.4 Unidades de análisis

Fuenlabrada de la Vega Trucíos (2008), define lo siguiente:

La población como el conjunto de todos los sucesos susceptibles de aparecer en un problema y que interesan a la persona que hace el estudio.

La población, según su tamaño, puede ser finita o infinita; y si nos referimos a su número, se toma como el tamaño de la población.

La población infinita es un numero grande de elementos que son difíciles de poder contar, en cambio la población finita es una población de elementos contables o representativa. (p. 157)

Se utiliza en este trabajo la población finita, ya que se trabaja con una cantidad representativa de equipos, además de que se tiene el imite de dos áreas de estudio que abarca el proceso de producción de las formulaciones químicas y el proceso de mezclas físicas y simples.

De acuerdo con los autores Levine, Krehbie, y Berenson (2014) afirman que:

La muestra es la parte de una población que fue seleccionada para su análisis. En lugar de seleccionar cada elemento de la población, los procedimientos de muestreo estadístico se concentran en reunir una pequeña parte representativa de la población más grande. Existen dos tipos de muestras: las no probabilísticas y las probabilísticas. (p. 220)

Según Gutiérrez, (2012):

En una prueba no probabilística se seleccionan los elementos e individuos sin conocer sus probabilidades de ser seleccionados. Se desglosa cada tipo de muestreo según su clasificación.

Muestreo aleatorio simple: La muestra obtenida con este método resulta de una selección hecha de manera tal que cada elemento de la población tiene la misma oportunidad (probabilidad) de resultar seleccionado.

Muestreo aleatorio sistemático: De acuerdo con este método, para obtener la muestra requerida primero se divide el tamaño de la población (N) entre el tamaño de muestra (n) deseado y el resultado obtenido (k) se redondea al entero más cercano.

Muestreo aleatorio estratificado: Esta técnica se utiliza cuando una población está dividida en grupos, llamados estratos, formados con base en cierta característica, pues así se garantiza que cada miembro de la población esté en un y solamente un estrato.

Muestreo por conglomerados: El muestreo por conglomerados consiste en dividir una población en grupos o conglomerados usando cierto tipo de límite.

Por otro lado, se recopilaron datos certeros de las técnicas, procedimientos y métodos de trabajo utilizados para llevar a cabo el mantenimiento de una manera efectiva, se analizará la información mediante un estudio de anova por medio de un análisis de correlación , para determinar la incidencia sobre los paros de mantenimiento , que ocasionan las principales causas de los tiempos improductivos en el proceso, pérdida en producción, variación en los costos debido a los mantenimientos que se deben de realizar.

Cabe destacar que para el desarrollo de este proyecto de investigación se llevará a cabo de la siguiente manera, análisis de la información recolectada en el departamento de producción y mantenimiento, lista de chequeo de las causas más relevantes, Información de activos, elaboración de fichas técnicas, documentación del control interno del proceso, diseño de un plan de mantenimiento basado en la

filosofía (TPM), validación de un correcto funcionamiento del plan, comparación de la reducción de los paros, con el mantenimiento actual y programado.

En esta fase, se documentará toda la gestión del mantenimiento, bitácoras de control, planeación, fichas técnicas, mejoras de gestión, mejoras en el abastecimiento de repuestos, recopilación de históricos de las fallas, con el propósito de diseñar un plan estratégico de mantenimiento, darle control y seguimiento.

Pimienta y de la Orden, (2014), menciona las fases de búsqueda de fuentes e identificación y selección de los documentos pertinentes, como lo son:

Fuentes primarias: Son aquellas que proporcionan un testimonio o evidencia directa sobre el tema de investigación.

Fuentes secundarias: Son aquellas que interpretan y analizan fuentes primarias.

En esta investigación se utilizará el tipo de fuente de información primaria, debido a que se sustrajo información de documentos originales (libros, artículos, tesis, informes, apuntes de investigación), que proporcionaran evidencia directa sobre el tema que es el objeto de estudio.

Según Muñoz (2011), para esta primera clasificación, partiremos de tres tipos de tesis atendiendo exclusivamente al método de investigación y las técnicas de recopilación que se utilizarán para obtener la información.

Tesis de investigación documental (teórica): son trabajos cuyo método de investigación se concentra exclusivamente en la recopilación de datos de

fuentes documentales, ya sea de libros, textos, sitios Web o cualquier otro tipo de documentos gráficos, iconográficos y electrónicos.

Tesis de investigación de campo (práctica): son las investigaciones cuya recopilación de información se realiza dentro del ambiente específico donde se presenta el hecho o fenómeno de estudio.

Tesis combinada de investigación documental y de campo: son tesis en cuyo método de recopilación y análisis de datos se conjunta la investigación documental con la de campo, con la finalidad de profundizar en el estudio del tema propuesto para tratar de cubrir todos los posibles ángulos de una exploración. (p. 14)

La técnica de recopilación que se utiliza es la tesis combinada de investigación documental y de campo, debido a que, el proyecto se enfocará en la recopilación y análisis de datos en el área de estudio, con el objetivo de validar los antecedentes documentados con los hechos obtenidos.

Según Vega, T (2008), define la población como el conjunto de todos los sucesos susceptibles de aparecer en un problema y que interesan a la persona que hace el estudio. La población, según su tamaño, puede ser finita o infinita; y si nos referimos a su número, se toma como el tamaño de la población.

La población infinita es un número grande de elementos que son difíciles de poder contar, en cambio la población finita es una población de elementos contables o representativa.

Se utiliza en este trabajo la población finita, ya que se trabaja con una cantidad representativa de equipos, además de que se tiene el límite de dos áreas de estudio que abarca el proceso de producción de las formulaciones químicas y el proceso de mezclas físicas y simples.

De acuerdo con Levine, Krehbie y Berenson (2014), la muestra es la parte de una población que fue seleccionada para su análisis. En lugar de seleccionar cada elemento de la población, los procedimientos de muestreo estadístico se concentran en reunir una pequeña parte representativa de la población más grande. Existen dos tipos de muestras: las no probabilísticas y la probabilísticas.

Por otra parte, en una prueba no probabilística se seleccionan los elementos e individuos sin conocer sus probabilidades de ser seleccionados. Se desglosa cada tipo de muestreo según su clasificación, (Gutiérrez Banegas, 2012):

Muestreo aleatorio simple: La muestra obtenida con este método resulta de una selección hecha de manera tal que cada elemento de la población tiene la misma oportunidad (probabilidad) de resultar seleccionado.

Muestreo aleatorio sistemático: De acuerdo con este método, para obtener la muestra requerida primero se divide el tamaño de la población (N) entre el tamaño de muestra (n) deseado y el resultado obtenido (k) se redondea al entero más cercano.'

Muestreo aleatorio estratificado: Esta técnica se utiliza cuando una población está dividida en grupos, llamados estratos, formados con base en cierta

característica, pues así se garantiza que cada miembro de la población esté en un y solamente un estrato.

Muestreo por conglomerados: El muestreo por conglomerados consiste en dividir una población en grupos o conglomerados usando cierto tipo de límite.

Por otra parte, la muestra probabilística se seleccionan los elementos con base en probabilidades conocidas (Gutiérrez Banegas, 2012).

A continuación, se desglosa las técnicas de muestreo probabilísticas:

Muestreo por conveniencia: Técnica de muestreo no probabilística que intenta obtener una muestra de elementos convenientes (Malhotra, 2004).

Muestreo por juicio: Es una forma de muestreo por conveniencia en el que los elementos de una población se seleccionan con base en el juicio del investigador, el cual, empleando su juicio o experiencia, elige a los elementos que se incluirán en la muestra porque cree que son representativos de la población de interés o que son apropiados en alguna otra forma (Malhotra, 2004).

Muestreo por cuota: Se considera como un muestreo de juicio restringido de dos etapas. La primera etapa consiste en desarrollar categorías de control o cuotas de elementos de población. En la segunda etapa los elementos de muestra se seleccionan con base en la conveniencia y el juicio (Malhotra, 2004).

Asimismo, el tipo de muestra que se realizará es la probabilística debido a que se conoce específicamente la cantidad de elementos que se van a desarrollar,

y el muestreo por juicio. En este caso se seleccionó los equipos que son más representativos en el proceso de acuerdo con el análisis de los históricos de mantenimiento y la disponibilidad de los equipos.

Por consiguiente, “Una prueba de hipótesis (o prueba de significancia) es un procedimiento estándar para probar una aseveración acerca de una propiedad de una población” (Triola, 2004, p. 368)

Del mismo modo Navidi (2006), afirma que, la probabilidad condicional es la probabilidad que se basa en un espacio muestral, mientras que una probabilidad que se base en todo el espacio muestral se le denomina probabilidad incondicional.

Muñoz (2011) afirma lo siguiente:

Los instrumentos de investigación son las herramientas utilizadas por el investigador en la recopilación de los datos, las cuales se seleccionan conforme a las necesidades de la investigación en función de la muestra elegida, y se aplican tanto para hacer la recolección, la observación y/o la experimentación.

En el método general de investigación que estamos analizando existen seis herramientas básicas para la recopilación de datos en la investigación de las áreas en ciencias sociales [...]

Recopilación documental: se refiere al acopio de información y antecedentes relacionados con la investigación que se realiza a través de documentos escritos, testimonios fonográficos, grabados, iconográficos, electrónicos o de páginas Web, sean formales e informales, en donde se plasma el

conocimiento que es avalado por autores que realizaron una previa investigación.

Cuestionarios: es la recolección de información que se realiza de forma escrita por medio de preguntas abiertas, cerradas, dicotómicas, de opción múltiple, por rangos, etcétera.

Entrevistas: se emplea para la recopilación de información, cara a cara, para captar tanto las opiniones como los criterios personales, formas de pensar y emociones de los entrevistados.

Encuestas: es la información que se obtiene a través de cuestionarios y sondeos de opinión masiva, generalmente en anonimato, con el propósito de conocer comportamientos y conocer tendencias de los encuestados sobre el hecho o fenómeno a estudiar.

Observación: es la obtención de información a partir de un seguimiento sistemático del hecho o fenómeno en estudio, dentro de su propio medio, con la finalidad de identificar y estudiar su conducta y características.

Experimentación: es el estudio de un fenómeno sometido a condiciones especiales conforme a las necesidades del investigador. (p. 119)

De acuerdo con el enunciado anterior, el tipo de instrumentos de investigación que se va a utilizar para este proyecto es recopilación documental y observación. Esto debido a que se recopila la información y antecedentes relacionados con la investigación, además de que se va a identificar los paros improductivos del proceso y al mismo tiempo las causas que lo provocan.

De acuerdo con lo anterior, se muestra la matriz de consistencia lógica:

Tabla 3. Matriz de Consistencia Lógica

Tema	Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Método	Población	Instrumento
<p>Diseñar un plan de mantenimiento para el área de Planta de complejos en la Empresa Fertica S.A., Costa Rica, mediante la reducción de tiempos de paro por mantenimiento, asegurando la disponibilidad para un funcionamiento óptimo de los equipos en el proceso productivo.</p>	<p><u>Problema general</u></p> <p>¿Existe un control de fallas operacionales que pueden presentar los equipos o máquinas del área de producción de complejos y mezcladora?</p>	<p><u>Objetivo general</u></p> <p>Diseñar un plan de mantenimiento para el área de Planta de complejos en la Empresa Fertica S.A., Costa Rica, mediante la reducción de tiempos de paro por mantenimiento, asegurando la disponibilidad para un funcionamiento óptimo de los equipos en el proceso productivo.</p>	<p><u>Hipótesis general</u></p> <p>Actualmente en la empresa Fertica S.A. se debe de actualizar el plan de mantenimiento actual, para mejorar la disponibilidad de los equipos.</p>	<p><u>Variable independiente</u></p> <p>Análisis del área de la planta de complejos.</p>	<p><u>Método y diseño</u></p> <p>1. Correlacional</p> <p>2. Observacional y Analítica, recopilación documental.</p>	<p><u>Población</u></p> <p>Se considera la población en general en este caso los equipos de complejos y mezcladora.</p>	<p><u>Técnica</u></p> <p>1. Investigación documental y de campo.</p>
	<p><u>Problemas específicos</u></p> <p>a) ¿Cuáles son las fallas que afectan directamente al proceso productivo y el impacto que tienen a nivel productivo?</p> <p>b) ¿Existe una documentación adecuada relacionada con los equipos y los</p>	<p><u>Objetivo específico</u></p> <p>Determinar las fallas que provocan la mayor cantidad de paros en las operaciones, mediante un análisis de Pareto que permita la identificación de los equipos que ocasionan mayor impacto en el proceso productivo de la planta de complejos, generando una base de datos que permita la puesta en marcha de un plan de mantenimiento planificado.</p>	<p><u>Hipótesis específicas</u></p> <p>a) La empresa no tiene un control establecido sobre las fallas más frecuentes a ocasionar paros en el proceso productivo.</p> <p>b) La empresa no tiene actualizado el manual de</p>				

	<p>componentes que lo conforman?</p> <p>c) ¿Existe un control de las actividades periódicas que se tienen que realizar de acuerdo con el plan de mantenimiento en los equipos?</p> <p>c) ¿Actualmente la empresa tiene un rendimiento efectivo en sus procedimientos?</p>	<p>Realizar la documentación de las máquinas y equipos de la planta de complejos, mediante fichas de información técnicas y formulario de repuesto, que permitan visualizar la información básica para un control eficiente del mantenimiento.</p> <p>Elaborar un plan de mantenimiento productivo total, mediante la estructuración de actividades periódicas de mantenimiento a las máquinas o equipos, determinando la frecuencia en que se inspeccionan los componentes vitales de la planta de Complejos.</p> <p>Determinar el índice de eficiencia general de equipos OEE, mediante la elaboración de mediciones que indiquen el rendimiento actual de los mismo, disminuyendo los tiempos improductivos por paros que se generan en el proceso productivo de la planta de complejos.</p>	<p>información de cada equipo o máquina.</p> <p>c) En la empresa Fertica no existe un control que determine el rendimiento actual de los equipos para la eficiencia productiva.</p>				
--	---	---	---	--	--	--	--

Nota: Autoría propia (2019)

CAPÍTULO IV

DIAGNÓSTICO

4. Diagnóstico del Problema

4.1 Diagnóstico de la gestión actual del mantenimiento

La organización de los sistemas productivos ha evolucionado durante mucho tiempo hacia una mejora basada en la productividad de los equipos. En la actualidad, la eficiencia se apoya más en la calidad que acompaña esta productividad y en la garantía de buen funcionamiento de dichos equipos; este es un buen motivo para no concluir una obra como está, dedicada a la organización y gestión eficiente, actual y competitiva de los sistemas de producción, sin dedicar una parte a la misma al mantenimiento de los equipos. Por lo que hace referencia a los equipos de producción que es necesario que operen con los máximos niveles de eficiencia y de calidad (Cuatrecasas Arbós, 2012).

Es por esta razón que, se realizará un diagnóstico de las diversas áreas de la empresa, esto con el propósito de evaluar el funcionamiento en el cual se encuentra la organización:

4.1.1 *Administración de trabajos de mantenimiento*

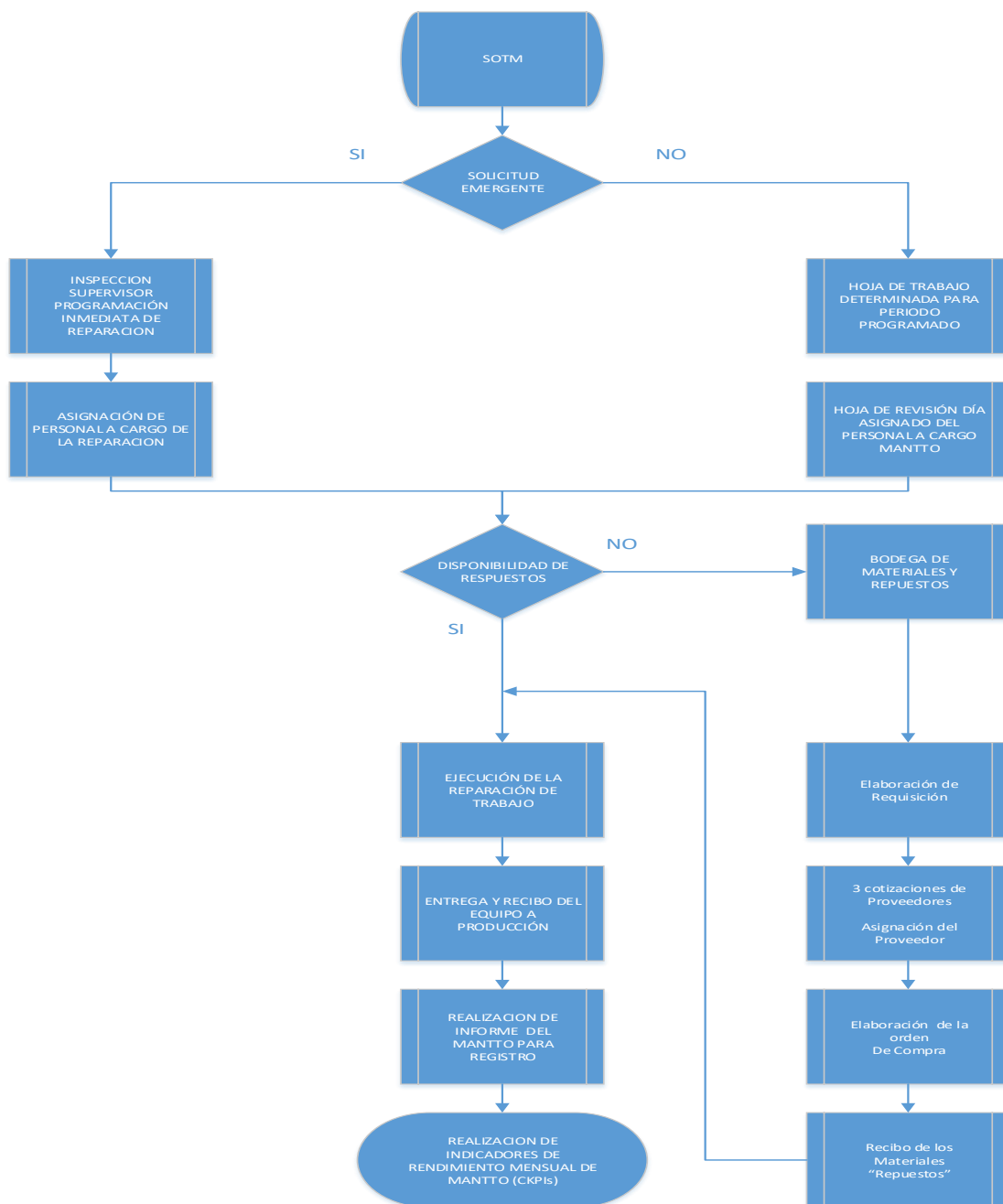
Está basada en una inspección diaria en la maquinaria de equipo por los responsables de mantenimiento en toda la planta, si se detecta una probable falla, ruido extraño, vibración o excepto de vibración, amperaje fuera de rango, temperatura fuera de rango, fracturas y/o causas fuera de rango de operación.

Por otro lado, cuando se encuentra una anomalía en el proceso se le solicita al departamento de producción el paro emergente de la maquinaria y proceder a revisarla. Posteriormente se genera la SOTM para que el departamento de mantenimiento en el proceso administrativo programe su ejecución (emergente/no emergente).

- Las actividades de mantenimiento se basan en el preventivo y correctivo.
- Al mismo tiempo dentro del proceso administrativo existe un plan de mantenimiento preventivo, el cual se deberá de respetar con fechas programadas y coordinadas entre el departamento de mantenimiento producción.
- Las actividades de mantenimiento como: revisiones, lubricación y ajustes menores, están basadas en un programa periódico tanto en equipos en operación como equipos estáticos, con el objetivo de alargar la vida útil de los mismo.
- Las operaciones de la maquinaria o equipo al detectar alguna probable falla en el equipo de inmediato dan aviso al responsable de mantenimiento quien se encarga de realizar dichas inspecciones por medio de la SOTM como lo muestra la figura.
- La programación del mantenimiento está dada según el equipo y la inspección que se realicen en la industria: esta programación es diaria, semanal, quincenal, mensual, etc.

4.1.2 Solicitud orden de trabajo para mantenimiento

Figura 9. Diagrama de flujo solicitud orden de trabajo para mantenimiento



Nota: Autoría propia (2020)

4.1.3 ***Planeación de mantenimiento***

Dentro del proceso administrativo la planeación en el proceso de mantenimiento es fundamental para el óptimo funcionamiento y cuidado de las máquinas y los equipos de una planta productiva. Esta se centra en el orden de la realización de las actividades de mantenimiento de acuerdo con los modelos planteados o tipo de mantenimiento tomando en cuenta la periodicidad. De la misma manera el mantenimiento se realiza en la planta de complejos según su urgencia, disponibilidad del equipo de mantenimiento y si se cuenta con el stock en bodega necesario para el equipo que lo requiera.

Se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo para reducir el impacto de los costos de la producción, tiene una estructura dentro del plan de contar stock de repuesto para una reacción inmediata para poder suplir la necesidad y contar el personal idóneo de conocimientos técnicos, para poder atacar y resolver la falla encontrada.

4.1.4 ***Uso de sistema informáticos***

En la actualidad los sistemas de información son utilizados para llevar el control de los indicadores de gestión (Kpi's), para determinar el histórico de fallas con mayor frecuencia y poder accionar en el tipo de mantenimiento acorde. Sea mantenimiento preventivo y/o correctivo.

Los sistemas informáticos también nos ayudan a llevar los archivos de los datos técnicos de la maquinaria y equipo (catálogos técnicos).

Así mismo, es importante llevar un control informático sobre las solicitudes de órdenes de trabajo de mantenimiento (SOTM), con el objetivo de elaborar la planificación y organización, para la organización y ejecución.

4.1.5 ***Los informes mensuales***

Se generan a través del sistema informático: principales incidentes o fallas ocurridos en el mes con mayor frecuencia, mantenimiento programados preventivos o programados, inspecciones de la maquinaria y equipo para determinar su condición (carta de lubricación), también el otro ejemplo son los controles del amperajes, corriente y la temperatura nominal y la temperatura crítica, la planificación de los mantenimientos previstos para el periodo siguiente, dar seguimiento a la proyección de los indicadores para el mantenimiento del periodo siguiente.

4.1.6 ***Los informes anuales***

Bajo este sistema informático los informes anuales son de mucha importancia, en donde se prepara un resumen de los diferentes informes mensuales realizados a lo largo de años

4.1.7 **Documentación Técnica**

La empresa Fertica cuenta con diferentes tipos de documentación cada vez que pasa una falla por mantenimiento se realiza una solicitud de orden de trabajo el cual se encuentra detallado para explicar claramente lo ocurrido, con esto se procede a la acción inmediata por medio de otra documentación de suma importancia como lo es las fichas técnicas de los equipos estas contienen la descripción completa de las máquinas o equipo para buscar el repuesto solicitado.

Además de esto la empresa cuenta con un registro en Excel de las actividades diarias de mantenimiento además de los mantenimientos programados.

4.1.8 **Costos de Mantenimiento**

Los costos de Mantenimiento no los dirige el departamento como tal si no que el departamento de contabilidad es el encargado de realizar los pedidos de abastecimiento de la bodega de repuestos, este se encuentra disponible en el sistema de contabilidad de la empresa.

Los costos de mantenimiento que ocurren en las máquinas, se consolidan en el departamento de contabilidad los costos de mantenimiento se ven enlazados a la producción anual de la empresa esto a su vez de las órdenes de producción mensual, esta información es vital para desarrollar los indicadores mensuales del departamento de mantenimiento en cuanto a los rendimientos de producción costos por reparación y adquisición de repuestos además de esto el grupo total busca la

mejora continua para así plantear ideas y propuesta para hacer más eficiente las funciones del departamento.

Contabilidad realiza un presupuesto anual mensual para adquisición de repuestos el cual comprende mano de obra, materiales y repuestos y subcontratos.

4.1.9 ***Costos de reparación***

Son los costos de promedio en cada falla de equipo.

Distribución de los costos de mantenimiento, directos, salarios, indirectos, costos de energía eléctrica, agua, repuestos, administración de compras, comunicaciones, materiales y repuestos, materia prima.

4.1.10 ***Diagnóstico de la condición de las Máquinas y equipos del área de complejos.***

En Fertica en el departamento de complejos la mayoría de las máquinas y equipos poseen un porcentaje de dos décadas de antigüedad a excepción de unos equipos instalados recientemente en el proceso automatizados a pesar de esto la empresa a lo largo de los años ha mantenido los equipos en un muy buen estado.

Para determinar la condición de los equipos y su funcionamiento existen varias técnicas como lo es monitoreo de las condiciones la empresa solo utiliza emplea los sentidos de los operarios teniendo en cuenta que cada operario informe

verbalmente de las anomalías sobre su respectiva máquina al supervisor de mantenimiento.

Esto a su vez si el departamento no acude de manera rápida desmotiva a los operarios

4.1.11 Almacén y Manejo de repuestos

La empresa Fertica cuenta con una Bodega de materiales y manejo de repuestos tiene un stock de repuestos de los equipos con mayor criticidad además poseen diferentes tipos de materiales como soldadura, tornillos, tuercas, fajas de motores etc.

En el momento de adquirir un repuesto el técnico se dirige a solicitar la ficha técnica si posee el equipo para buscar de manera inmediata el repuesto a pedir en bodega.

El manejo de inventario de repuesto lo lleva a cabo un encargado el cual mensualmente dirige un informe de la lista de existencia este pasa a jefatura para tramitar órdenes de compra para equipos y materiales de trabajo al departamento de compras.

4.1.12 *Infraestructura y equipos de mantenimiento*

Para la rápida atención de las averías e intervenciones de los equipos como parte de la gestión del mantenimiento, es necesario considerar todos aquellos recursos físicos con los que cuenta la empresa su cantidad y calidad,

Según (García Palencia, 2012), los recursos materiales son imperiosos para el éxito de la gestión, puesto que para el mantenimiento hay que tener los repuestos y contar con los equipos y las herramientas adecuadas para realizar labores efectivas.

En relación con lo anterior, el departamento de mantenimiento cuenta con espacios, equipos y herramientas necesarias para la atención de averías presentadas por los equipos encargados del proceso productivo. A continuación, se detallan los siguientes:

- Espacios: El departamento cuenta con estaciones (áreas de trabajo) de trabajo para la atención de equipos, que, a causa de las acciones a tomar, no puede ser atendido en el espacio de trabajo y debe ser trasladado fuera de la misma para su posterior mantenimiento. Dentro de las áreas de trabajo para realizar el trato, la fabricación y otros detalles se cuenta con áreas específicas dependiendo de la especialidad tales como: área de soldadura, área de mecánica industrial, área de instrumentación, área de electricidad, taller de precisión torno y fresadora, como también taller de Carpintería, fontanería y albañilería, área de sandblasting, pinturas anticorrosivas Una

vez hecho el trato y la fabricación estos son trasladados a la planta de complejos para su respectivo montaje.

- Equipos: Con relación a una atención pronta y oportuna por parte del personal de mantenimiento, la empresa dispone de equipos, tales como:
 1. Equipos de Metalmecánica: se cuenta con equipos de 1 Fresadora y 2 tornos para elaboración de piezas que en su momento no puedan ser proporcionadas por proveedores, no se disponga en inventario o deba ser necesario una creación personalizada de las circunstancias presentadas.
 2. Equipos de soldadura: el departamento de mantenimiento cuenta con equipos de soldadura para atender casos en que los equipos presenten alguna ruptura, deformación, corrosión o desgaste comúnmente presentados en las máquinas, a causa de un uso continuo de trabajo y esfuerzo con variables operaciones de temperatura y presión.

Herramientas: el departamento utiliza una serie de herramientas para su actividad, que van desde una categoría básica, hasta herramientas con una categoría avanzada o especializada. Las herramientas son asignadas de acuerdo con las actividades que realice.

Herramientas Básicas: juego de llaves mixtas, desatornilladores, extractores, cuchillas, gatas hidráulicas, tecles, llaves ALLEN, juego de cubos, Sander, máquinas soldadoras, inversores, caretas, equipo de oxicorte, disco de corte.

Herramientas especializadas: Amperímetros, Voltímetros, Herramienta de medición torsiómetro, tacómetro (mide los rpm), comparador de reloj, termómetro,

equipo de alineamiento, Sander, hidro lavadoras, mesa de trabajo, equipos para prueba neumática, simuladores para variadores de frecuencia, equipo de mediciones de gases, prensas hidráulicas, juego de desatornilladores, lámpara de neón, candado de seguridad, accesorio de repuestos eléctricos.

4.1.13 **Servicios de terceros**

La contratación de servicios externos para realizar el mantenimiento en máquinas y equipos son procesos comunes en las empresas, como parte de la mejora y obtención de una disponibilidad apta de los mismos.

Por otra parte, “Una de las estrategias claras para mejorar la eficiencia de nuestro mantenimiento, entendiendo como tal los resultados técnicos y los costes en los que incurrimos para conseguirlos, es la contratación externa de toda o una parte de nuestra actividad” (González, 2005, p. 269).

La mayor parte del mantenimiento de los equipos es realizado por el departamento de mantenimiento de la empresa, pero también hace uso de servicios de terceros para esta actividad, en lo que se refiere a ciertas máquinas o equipos, en donde no es posible su intervención, algunas de las causas que llevan a la utilización de terceros en la planta son las siguientes:

1. Para brindar un mantenimiento seguro y de calidad a equipos con gran complejidad o que superan la capacidad técnica del personal.
2. Servicios de mantenimiento por parte del proveedor del equipo como parte de la responsabilidad de la calidad del activo.

3. Como opción para la reducción de los costos por el mantenimiento requerido por tal equipo.
4. La empresa requiere contratación cuenta son áreas especialidad, ejemplo Mantenimiento preventivo (balanceo dinámico de turbina), programación de variadores de frecuencia (Hertz), así también sistemas de calibración de celdas de romanas, programación lógica por computadoras (PLC).
5. Ante la falta de equipos y herramientas específicas para la atención de algunas máquinas de la planta como: balanceo dinámico de turbina, programación de variadores de frecuencia (Hz), así también sistemas de calibración de celdas de romanas, programación lógica por computadoras (PLC).

4.1.14 Modelo para la gestión del mantenimiento en la industria Fertica S.A.

El modelo de mantenimiento a implementar en Fertica S.A. Se basa en el Mantenimiento Preventivo, que mitiga con anticipación las consecuencias que pueden ocurrir en una máquina o equipo, logrando prevenir las incidencias, fallos, averías, desgastes antes de que ocurran, es importante mantener la disponibilidad y condiciones óptimas de las instalaciones para un funcionamiento efectivo en las operaciones. Esto se logra mediante revisiones a los elementos de una instalación, independientemente de que se presenten averías o funcionen correctamente.

Sin embargo, si ocurren anomalías el personal de mantenimiento procede a realizar un mantenimiento correctivo, en donde se repara de manera inmediata, ya

que, dependiendo del grado de criticidad, una avería puede parar por completo el proceso de producción.

4.2 Objetivo

El modelo de mantenimiento preventivo para los equipos de la planta de Complejos de Fertica S.A. tiene como objetivo:

Garantizar el buen funcionamiento de las instalaciones, permite minimizar el porcentaje de averías al vigilar el estado de los elementos que la constituyen y posibilitar la reparación o la reposición programa. Además, este mantenimiento permite alargar la vida útil de las instalaciones, garantizado su disponibilidad y confiabilidad operacional de los equipos de la planta de complejos, de una manera más eficiente y segura para un óptimo funcionamiento.

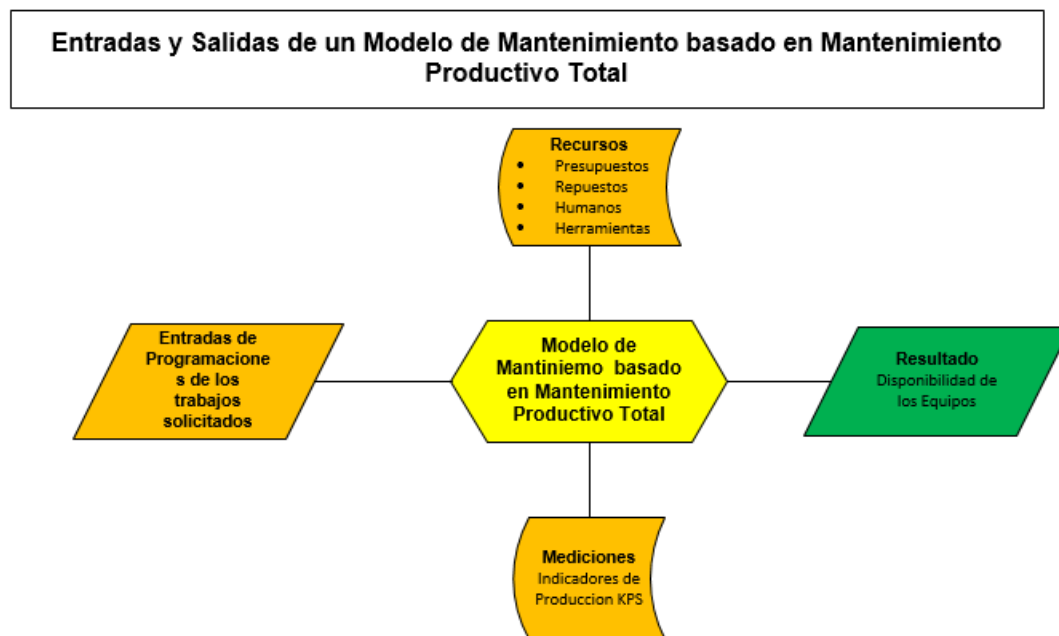
4.3 Propósito secundario

- Disminuir los tiempos muertos o tiempos ociosos que retrasan el proceso productivo
- Mantener una disponibilidad adecuada para todas las instalaciones en la planta de complejos
- Incrementar la vida útil de las máquinas y equipos
- Reducir los costos asociados al mantenimiento
- Implementar un debido mantenimiento a cada equipo, de acuerdo con su necesidad

Entradas y salidas del Modelo de Mantenimiento

Cuando surge una necesidad de trabajo el procedimiento, es elaborar un documento llamado, solicitud de orden de trabajo de mantenimiento (SOTM), el cual lleva un control numérico correlativo por cada departamento, siendo la persona de dicho departamento quien hace la solicitud de trabajo requerido. Esta SOTM, es entregada al departamento de mantenimiento.

Figura 10. Entradas y Salidas de un Modelo de Mantenimiento Productivo Total



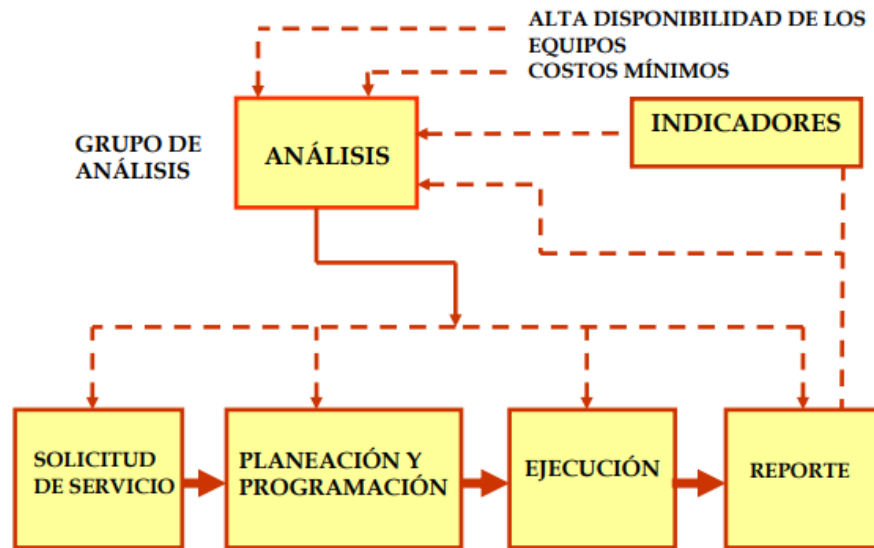
Nota: Autoría propia (2021)

4.1.15 *Flujo básico de mantenimiento*

En este apartado, se desarrollan los pasos por seguir, para una correcta planeación, organización y ejecución de los trabajos de mantenimiento, con el objetivo de maximizar la eficiencia en el mantenimiento.

Por otra parte, una vez identificado la SOTM, y se detecta que el trabajo es emergente, se retiran los materiales y repuestos del departamento de inventarios y se asigna la persona idónea para la atención de la actividad, llámese electricista, mecánico industrial, mecánico soldador e instrumentista. Cuando la solicitud no muestra ninguna emergencia, se reprograma la actividad por realizar, sin embargo, se verifica la disponibilidad o stock de la bodega de inventario, por si fuera el caso que no se cuenta con la lista de materiales y repuestos, se hace el procedimiento descrito anteriormente para elaborar la requisición hasta llegar a la compra de los mismo.

Figura 6. Diagrama de actividades para SOTM



Nota: Antuán (2004)

4.1.16 *Actividades del programa de mantenimiento preventivo*

Las actividades del programa de mantenimiento preventivo, tiene como objetivo preservar las condiciones óptimas del funcionamiento de las máquinas o equipos y la de detectar las diversas a fallas o anomalías que se presentan en las instalaciones, ocasionando paradas en la producción y tiempos improductivos o evitar llegar a un mantenimiento correctivo.

Las actividades de mantenimiento preventivo se ejecutan basados en una rutina diaria de inspección por medio de una lista de chequeo, por cada uno de los técnicos operarios, quienes detectan la necesidad de un mantenimiento preventivo en la maquinaria o equipo. Una vez identificada las probables fallas de la

maquinaria, se elabora el programa de trabajo para llevar a cabo el mantenimiento preventivo en la planta de producción, y este se planifica y se coordina con el departamento de producción para establecer el día y la hora de ejecución. Una vez establecido el día y la hora se notifica al personal de mantenimiento y se le asigna los equipos con los trabajos a realizar, cuando el programa de mantenimiento se concluye se le entrega al personal de producción, quien se encarga de recibir a los electromecánicos.

4.1.17 *Mantenimiento autónomo*

La función del mantenimiento autónomo es detectar de forma pronta las anomalías del equipo y realizar actividades diariamente en los equipos de la planta de Complejos, como: inspecciones, lubricación, limpieza, intervenciones, cambios de repuestos, etc., esto con el propósito de mantener las condiciones de funcionamiento óptimo en el proceso productivo.

4.1.18 *Inspecciones periódicas programadas*

En la empresa Fertica, es de vital importancia las revisiones o inspecciones periódicas a las máquinas y equipos, con el fin de encontrar información útil acerca del estado actual de las partes que lo conforman. Esta información obtenida es utilizada para predecir posibles fallas operacionales en el proceso productivo, con el objetivo de planear las acciones de mantenimiento adecuadas para dichas fallas. De acuerdo con el autor Rosales (2014), define este mantenimiento como:

Un mantenimiento programado con la finalidad de prever los posibles fallos y averías antes de que estos ocurran, evitando así las consecuencias negativas que esto conlleva. Las acciones adoptadas y frecuencia con la que hay que hacerlo dependen de la importancia y trascendencia de las averías, del coste económico, recursos materiales y profesionales de la empresa, etc.

Algunas ventajas del mantenimiento preventivo son:

- Se puede programar para que se realice en el momento adecuado
- Alarga la vida útil de las instalaciones y equipos
- Reduce la posibilidad de interrupciones del servicio por fallos inesperado
- Permite llevar un control del stock necesario

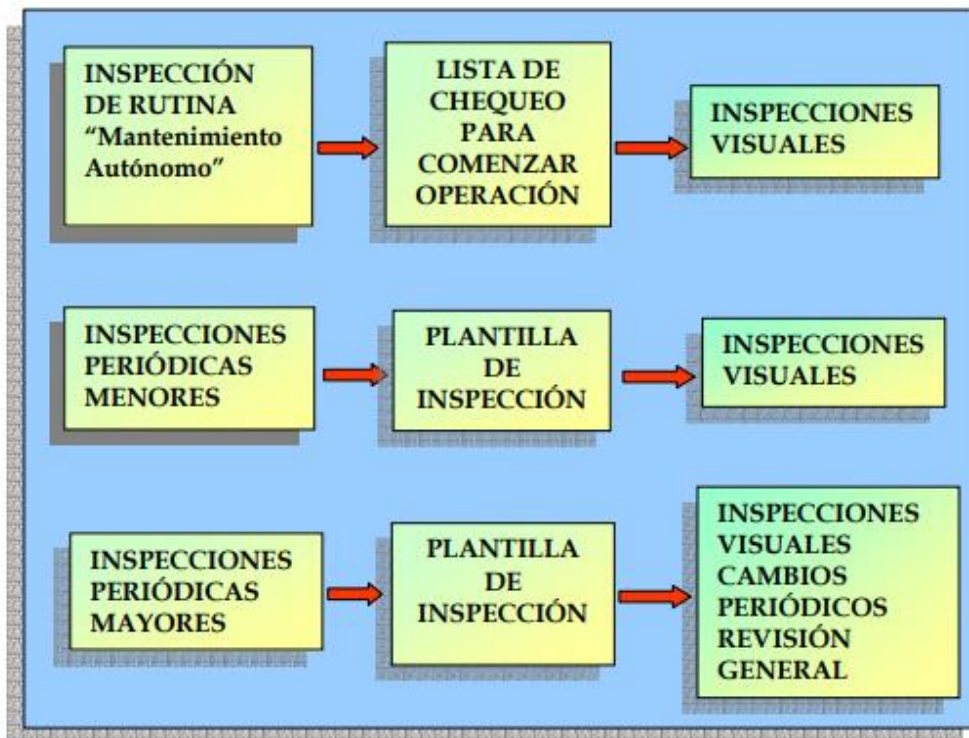
El sistema de inspecciones periódicas está conformado de acuerdo con el grado de intervención en el equipo y su intervalo de ejecución:

Inspecciones de rutina: Cada día se realizan inspecciones en los tres turnos de producción (de 6:00 am a 14:00 pm), (de las 14:00 pm a 22:00 pm) (22:00 pm 6:00 am), están son realizadas por el personal de mantenimiento en el turno correspondiente. Las inspecciones de rutina incluyen condiciones de operación, temperatura, amperaje, lubricación, tensión, transmisión por correa y por cadena.

Inspecciones periódicas menores: Estas inspecciones, se realizan cada 2 o 3 veces por semana, para ir determinando su comportamiento de operación y las posibles fallas técnicas en los máquinas y equipos. Este tipo de inspecciones requieren actividades de tipo mecánico y electromecánico.

Inspecciones periódicas mayores: Cuando la maquinaria y equipo requiere una intervención en coordinación con el departamento de producción este se detiene, colocándole un candado de seguridad al interruptor o botoneras para poder entrar a verificar dicho equipo.

Figura 12. Sistema de Inspecciones por Grado.



Nota: Antuán (2004)

4.1.19 **Lubricación**

La lubricación es uno de los puntos críticos de control con alta relevancia, dentro del mantenimiento, ya que este tiene como función alargar la vida útil de los equipos, para ello se cuenta con personal idóneo y con conocimientos técnicos en dichas áreas. Este personal de mantenimiento basado en un programa de rutina diario y con una ficha de control por cada equipo, en la cual se requiere de un sistema de lubricación tanto en grasas como en aceites.

Dentro del chequeo rutinario, se verifican aspectos tales como: temperatura de rodamientos, chumaceras pillow block, cajas reductoras o cajas de velocidad, cadenas de transmisión y engranes de transmisión abiertos. Una vez determinada la temperatura, se verifica si está dentro del rango de operación, caso contrario si está fuera de rango (temperatura), se procede de inmediato a la aplicación de su lubricación, sea este aceite y o grasas hasta lograr que la temperatura lleve al rango de operación. Este procedimiento se realiza en los tres turnos de operación en toda la maquinaria y equipo.

Tabla 4. Control de lubricación
Control de lubricación



Máquina:			Fabricante:			CME:
Clase de ACTIVIDAD:	RN:Revisar el nivel de aceite	RF:Revisar flujo	AA:Aplicar aceite	AG:Aplicar Grasa	CA:Cambio de aceite	
FRECUENCIA DE LUBRICACIÓN	PARTE A LUBRICAR	TIPO DE LUBRICACIÓN	ACTIVIDAD		DURACIÓN	

Nota: Autoría propia (2021)

4.1.20 **Fichas de Control de lubricación**


Estas actividades permiten mejorar el desgaste de superficies en contacto y en movimiento. Fertica lleva el control por medio de fichas de control en donde se notifica y se registra el estado actual de cada pieza de los equipos.

Figura 137. Control de Rodamientos 1

 CONTROL DE RODAMIENTO 						
Fecha :	domingo, 27 de septiembre de 2020	Turno 06:00 - 14:00				
EQUIPOS EN PLANTA COMPLEJOS, MEZCLADORA	Rodamiento cola. Sproket Inferior		Rodamiento transmision, Sproket Superior		T (°C)	OBSERVACION RETENEDORES CAJA REDUCTORAS. TRUNNER MUÑEQUEROS
	Bueno	Dañada	Bueno	Dañada		
<i>ELEVADORES</i>						
Elevador de proceso A						
Elevador de proceso B						
Elevador de recicló A						
Elevador de recicló B						
Elevador de formula						
Elevador de finos A						
<i>TAMICES</i>						
Tamiz de proceso A						
Tamiz de proceso B						
Tamiz de recicló A						
Tamiz de recicló B						
Tamiz de finos A						
Tamiz de finos B						
<i>BANDAS TRANSPORTADORAS</i>						
Banda arriba de tamices						
Banda reversible producto terminado						
Banda de materia prima						
Banda el baf						
Banda al molino materia prima						
Banda salida granulador						
Banda debajo de tamices						
Banda finos A						
Banda finos B						
Banda salida enfriador						
Banda conexión a pesadora						
Banda pesadora producto terminado						
Banda salida molino materia prima						
Banda gruesos este a oeste						
Banda norte a sur						
Banda producto terminado						
Banda salida del esfero						
<i>EXTRACTORES</i>						
Extractor esfero A						
Extractor enfriador B						

Nota: Empresa Fertica (2020)

Figura 14. Control de Rodamientos 2

Fecha :		lunes, 21 de septiembre de 2020		Turno 06:00 - 14:00		
	Rodamiento cola. Sproket Inferior		Rodamiento transmision, Superior		T (°C)	OBSERVACION RETENEDORES CAJA REDUCTORAS. TRUNNER MUÑEQUEROS
	Buen	Dañada	Buen	Dañada		
MOLINOS DE GRUESOS						
Molino de gruesos este sistema A	✓		✓			
Molino de gruesos oeste sistema A	✓		✓			
Molino de gruesos este sistema B	✓		✓			
Molino de gruesos oeste sistema B	✓		✓			
TANQUES DE PROCESO						
Esfero sistema A Trummer	✓		✓			
Recubridor Trummer	✓		✓			
Enfriador Trummer	✓		✓			
Granulador Trummer	✓		✓			
REACTORES PHILADELFIAS						
Reactor #1 Entrada	✓		✓			
Reactor #1 Salida						No tiene motor
Reactor #15 Entrada	✓		✓			
Reactor #15 Salida	✓		✓			
Reactor #16 Entrada						No esta traba sendo
Reactor #16 Salida	✓		✓			
Tanque de lodo	✓		✓			
BOMBAS DE LODO						
Bomba de lodo sur	✓					TIENE los sellos dañados
Bomba de lodo norte	✓					
MEZCLADORA						
Tambor mezclador	✓		✓			
Elevador mezcladora		X	✓			chumocera de parche dañado
Elevador que recibe mezcla	✓		✓			
Elevador del bing	✓		✓			
Banda Mezcladora	✓			X		TIENE chumocera dañado motor
Banda del bing	✓		✓			
Tamiz mezcladora	✓		✓			
MOLINOS DE MATERIA PRIMA						
Molino materia prima 40 HP	✓		✓			
Molino materia prima 60 HP	✓		✓			
OBSERVACION DE EQUIPOS:						
OPERARIO LUBRICACION:						
NOMBRE: <i>Andrey Faria M</i>		NOTA:		Realizar la inspcion de los equipos de rodamientos una vez por dia, luego de valorar los equipos dar el reporte al Supervisor Edwin para dar seguimiento.		
FIRMA: <i>Andrey</i>						

Nota: Empresa Fertica (2020)

4.1.21 ***Inventario de máquina y equipo***

En este apartado se realiza un listado con las máquinas y equipos, que se encuentran en la planta de complejos. Además, este es un machote que se le proporciona a la empresa para que lleve un control y seguimiento de cada equipo de la organización, esto con el fin de tener una documentación técnica de las máquinas y poder recurrir al inventario de máquinas y equipos para saber el estado funcional y la disponibilidad de cada uno de ellos, esto permite también saber el tipo de plan de mantenimiento que se le aplicó a cada uno (ver figura 15).

- Nombre de máquina o equipo
- Código de máquinas y equipos
- Modelo dependiendo de la máquina
- Documentación técnica
- Fichas técnicas de mantenimiento

Figura 85. Inventario de Maquina y Equipos

Código de Máquinas y Equipos	Nombre de Máquinas o Equipo	Fabricante	Modelo	Año de Fabricación	Documentación Técnica				Fichas de Mantenimiento				
					MF	FT	C	LR	MA	MP	MPRED	MC	

Nota: Autoría propia (2020)

Figura 16. Codificación del Inventario de Máquinas y Equipos


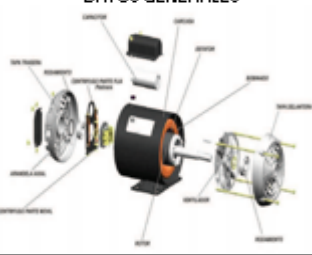
MF:	Manual del fabricante
FT:	Ficha Técnica
C:	Catálogo
LR:	Lista de Repuesto
MA:	Mantenimiento Autónomo
MP:	Mantenimiento Preventivo
MPRED:	Mantenimiento Predictivo
MC:	Mantenimiento Correctivo

Nota: Autoría propia (2021)

4.1.22 *Fichas técnicas*

En este apartado se detallan las características funcionales y variables físicas de cada máquina y equipo. Se tomó en consideración las máquinas y equipos de mayor criticidad respecto a los paros o fallas operacionales.

Figura 17. Ficha Técnica de Equipos

	Nombre de Equipo:		APROBADO POR:	
			FECHA:	
			VERSION:	
DATOS GENERALES 		Función: Averías Comunes: • • •		
ESPECIFICACIONES TECNICAS				
Capacidad de motor		Longitud del eje superior		
Tipo de cadena		Número de candilones		
Longitud de cadena		Polea pequeña		
Sprocket Inferior		Polea grande		
Sprocket Superior		Tipo de faja		
Diámetro interior del sprocket		Reductor		
Diámetro superior del sprocket		Capacidad de candilón		
Ancho de candilones				
Altura de candilones				
Profundidad de candilones				
Tipo de transmisión				
Longitud del eje inferior				
LISTA DE REPUESTOS (PARTES)		REPUESTOS COMUNES		PROVEEDOR

Nota: Autoría propia (2021)

4.1.23 *Ciclo de mejoramiento del programa de mantenimiento*

Figura 18. Ciclo PHVA



Nota: Autoría propia (2021)

P:

- ✓ Planificar la ejecución de los trabajos a realizar en coordinación con el departamento de mantenimiento y producción para la ejecución del programa de mantenimiento preventivo (plan de trabajo), con el objetivo de largar la vida útil de la maquinaria y equipo

H:

- ✓ Mantenimiento preventivo y predictivo
- ✓ Lubricaciones a los equipos y máquinas
- ✓ Rutas de inspecciones y revisiones periódicas a las instalaciones
- ✓ Ajustes y reparación a las máquinas

V:

- ✓ Se llevan los indicadores y graficas de control, como un histórico de fallas y su mantenimiento realizado, por cada equipo y o maquinaria KPI, análisis historiales

A:

- ✓ Inspecciones rutinarias coordinadas con el mantenimiento y producción relación hombre máquina
- ✓ Revisar los programas de mantenimiento
- ✓ Revisión y análisis de falla
- ✓ Análisis de reacción de las fallas recurrentes

4.1.24 **Codificación de activos**

La codificación se realizará con el objetivo de establecer un código para categorizar e identificar las máquinas y los equipos de la Planta de Complejos y las clases de los equipos (hidráulica, mecánica y eléctrica). El código de cada equipo es un sistema alfanumérico, que está constituido por el Código del área de estudio, clase de equipo o máquina y su número consecutivo.

Código de área de estudio: Este Código está conformado por dos letras, que son la primera y la segunda inicial en mayúscula del nombre del área (PC).

Clase de equipo: El Código de la clase está conformada por la primera letra en mayúscula de la máquina o equipo, para las máquinas y equipos que estén conformadas por dos palabras, el Código se forma por la primera letra de cada palabra. En caso de tener tres palabras, se conformará por las tres primeras letras de las palabras, si las máquinas y equipos tienen numeración 1 y 2 se añade, de igual forma si fuera el caso que tienen letras como A y B, se añaden a la simbología.

Tabla 1. Codificación de los equipos y maquinas

EQUIPOS	CÓDIGO
Recubridor de Diatomita	RD
Tamiz de Finos "A"	TFA
Tamiz de Finos "B"	TFB
Tamiz de Proceso "A"	TPA
Tamiz de Proceso "B"	TPB
Tamiz de Reciclo "A"	TRA
Tamiz de Reciclo "B"	TRB
Tanque de Lodo	TL
Tolva de Pesado "Terneras"	TPT
Trasportado de Descarga de Amoniador	TDA
Trasportado de Alimentacion Molino MP	TAMMP
Trasportador de Cargador de MP	TCMP
Trasportador de Diatomita al recubridor	TDR
Trasportador de finos "A"	TFA
Trasportador de Finos "B"	TFB
Trasportador de Producto Terminado	TPT
Trasportador de Salida del Enfriador	TSE
Trasportador de Trasferencia de PT #1	TTPT1
Trasportador de Trasferencia de PT #2	TTPT2
Trasportador debajo de Molino MP	TMMP
Trasportador Gruesos Norte A Sur	TGNAS
Trasportador Gruesos Oeste A Este	TGOAE
Trasportador Reversible de MP	TRMP
Trasportador Reversible de PT	TRPT
Trasportador de Salida Esfero "A"	TSEA
Traspotador Alimentador de Formula	TAF
Causa Externa	CE
Bomba Neumática	BN
Tolva de Diario	TD
Motor	M
Elevador de ensacado	EE
Banda de Tamices	BT
Banda de BAFF	BBAFF
Bomba de aceite	BA
Banda Pesadora	BP
Colector de Polvo #1	CP1
Colector de Polvo #2	CP2
Elevador de Ensacado	EE
Mezclador de diatomita	MD
Banda de salida del Enfriador	BE

Nota: Autoría propia (2021)

De esta forma se procede a realizar la clasificación de los equipos de acuerdo con su función, esto permite a la empresa dar un orden a los diferentes equipos y poder identificarlos de forma más rápida por medio de una codificación de mantenimiento sistematizado, que permite el control de los mismo, así mismo la codificación comprende la clasificación del funcionamiento, seguido de las siglas de la máquina.

Figura 99. Clasificación y Codificación de os Equipos



Nota: Autoría propia (Visio, 2021)

Con base en las tablas anteriores y la figura, se realiza la codificación final de los activos.

Tabla 2. Ciclo de Mejoramiento del Programa de Mantenimiento

CLASIFICACIÓN DE LA FUNCIÓN	EQUIPOS	CÓDIGO
Electromecánico, neumático, hidráulico	Recubridor de Diatomita	EM-RD
Electromecánico	Tamiz de Finos "A"	EM-TFA
Electromecánico	Tamiz de Finos "B"	EM-TFB
Electromecánico	Tamiz de Proceso "A"	EM-TPA
Electromecánico	Tamiz de Proceso "B"	EM-TPB
Electromecánico	Tamiz de Reciclo "A"	EM-TRA
Electromecánico	Tamiz de Reciclo "B"	EM-TRB
Electromecánico	Tanque de Lodo	EM-TL
	Tolva de Pesado "Ternerás"	M-TPT
Electromecánico	Trasportado de Descarga de Amoniador	EM-TDA
Electromecánico	Trasportado de Alimentación Molino MP	EM-TAMMP
Electromecánico	Trasportador de Cargador de MP	EM-TCMP
Electromecánico	Trasportador de Diatomita al Recubridor	EM-TDR
Electromecánico	Trasportador de finos "A"	EM-TFA
Electromecánico	Trasportador de Finos "B"	EM-TFB
Electromecánico	Trasportador de Producto Terminado	EM-TPT
Electromecánico	Trasportador de Salida del Enfriador	EM-TSE
Electromecánico	Trasportador de Tránsito de PT #1	EM-TTPT1
Electromecánico	Trasportador de Tránsito de PT #2	EM-TTPT2
Electromecánico	Trasportador debajo de Molino MP	EM-TMMP
Electromecánico	Trasportador Gruesos Norte A Sur	EM-TGNAS
Electromecánico	Trasportador Gruesos Oeste A Este	EM-TGOAE
Electromecánico	Trasportador Reversible de MP	EM-TRMP

Electromecánico	Trasportador Reversible de PT	EM-TRPT
Electromecánico	Trasportador de Salida Esfero "A"	EM-TSEA
Electromecánico	Transportador Alimentador de Formula	EM-TAF
Hidráulica Mecánico	Bomba Neumática	HM-BN
Electromecánico e hidráulico	Tolva de Diario	M-TD
Electromecánico	Motor	E-M
Electromecánico	Elevador de ensacado	EM-EE
Electromecánico	Banda de Tamices	EM-BT
Electromecánico	Banda de BAFF	EM-BBAFF
Electromecánico	Bomba de aceite	EM-BA
Electromecánico	Banda Pesadora	EM-BP
Electromecánico	Colector de Polvo #1	EM-CP1
Electromecánico	Colector de Polvo #2	EM-CP2
Electromecánico	Elevador de Ensacado	EM-EE
Electromecánico	Mezclador de diatomita	EM-MD
Electromecánico	Banda de salida del Enfriador	EM-BE

Nota: Autoría propia (2021)

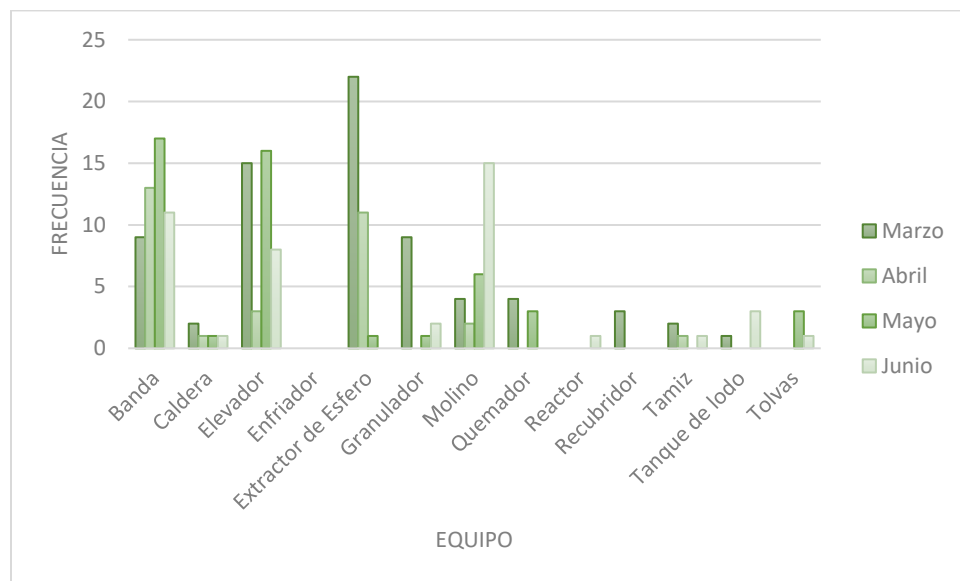
CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

5. Análisis de la situación actual

De acuerdo con la información recopilada en Marzo, Abril, Mayo y Junio del 2019, para el estudio de los paros a causa de mantenimiento, se realiza los siguientes estudios para determinar las causas aparentes de la disminución de la disponibilidad actual en la empresa Fertica, S. A.

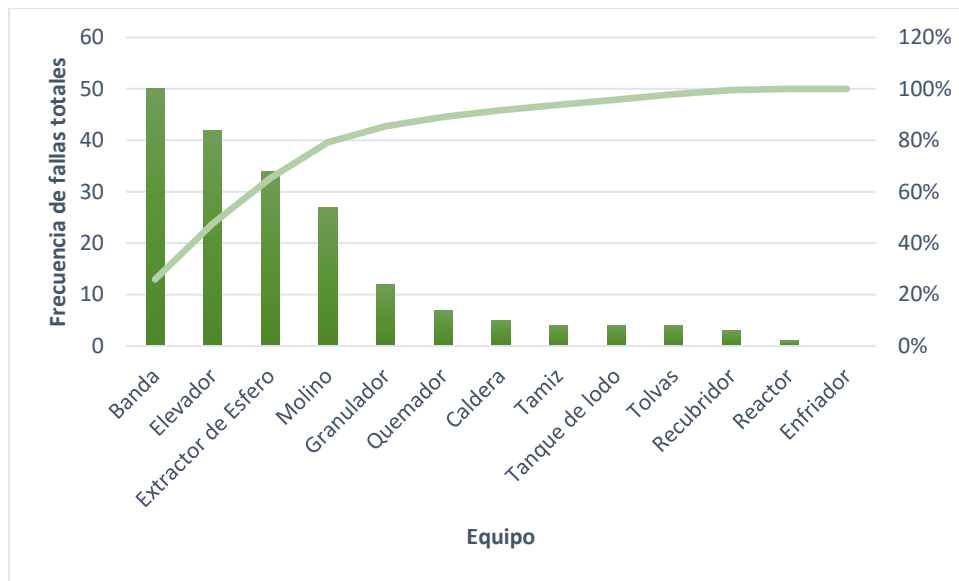
Figura 2010. Frecuencia de Paros por Equipo



Nota: Autoría propia

En la siguiente grafica se muestra la frecuencia total de fallas por cada equipo para el periodo de Marzo a Abril, en el cual son los primeros meses de arranque de la Planta, después de haberse detallado un mantenimiento mensual, se denota que las fallas se han presentado en gran parte, pero principalmente en extractor del esfero, banda, molino y elevadores, lo que resulta en un aspecto crítico del estado actual de cada equipo.

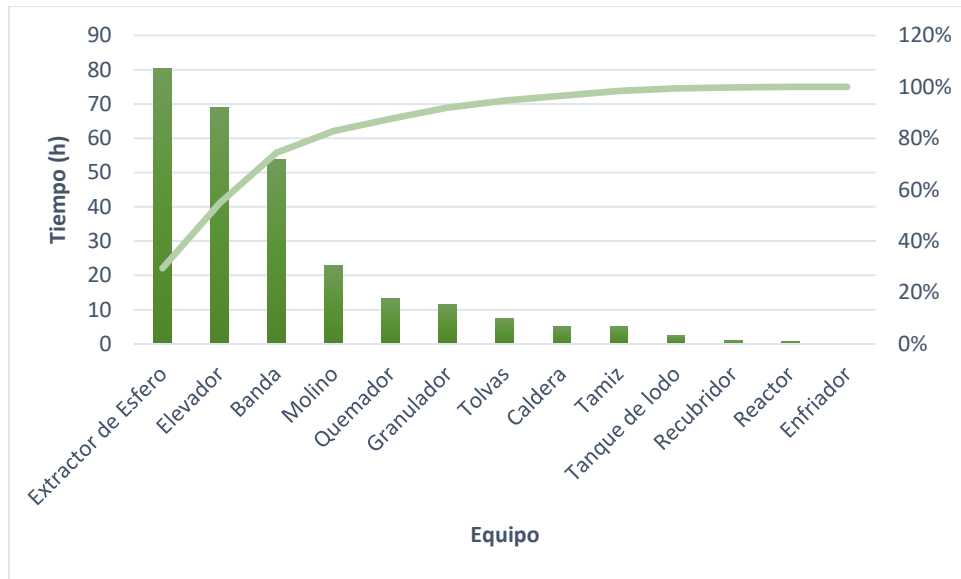
Figura 21. Fallas Totales por Equipo



Nota: Autoría propia

También con la “Figura 21 Tiempo de Mantenimiento por Equipo”, se muestra los tiempos de paro utilizados para el mantenimiento correctivo que han necesitado cada uno de los equipos, los cuales para ser los primeros meses de arranque y de haber tenido un mantenimiento anual previo al inicio de operaciones, confirman la falta de coordinación e intervención adecuada sobre los mismos.

Figura 11. Tiempo de Mantenimiento por Equipo



Nota: Autoría propia (2021)

Por lo tanto, en la Tabla 5 promedio de producción en relación con tiempo, se ha determinado la producción mensual a la cual puede llegar la planta conforme a la cantidad de paros mensuales, que es de aproximadamente 5089, 31 toneladas métricas, y un aproximado de 12,88 toneladas métricas por hora. Pero esto es muy variable debido a las acciones actuales de mantenimiento las cuales pueden tener un impacto positivo como negativo según los procedimientos de intervención para cada equipo que presenta alguna falla.

Tabla 3. Promedio de Producción en Relación al Tiempo

Período	Producción	Tiempo Operativo (Hora)	Producción x Hora	Tiempos de Paro (Hora)
Marzo	4865, 70	408, 52	11, 91	335, 48
Abril	5187, 80	373, 34	13, 90	346, 66
Mayo	5044, 20	390, 07	12, 93	353, 93
Junio	5259, 53	409, 16	12, 85	310, 84
Promedio	5089, 31	395, 27	12, 88	

Nota: Autoría propia (2021)

5.2 Análisis de las causas de Paro de Mantenimiento e incidencia en la producción

5.1.1 Estudio ANOVA: Análisis de incidencia por tipo de pérdida

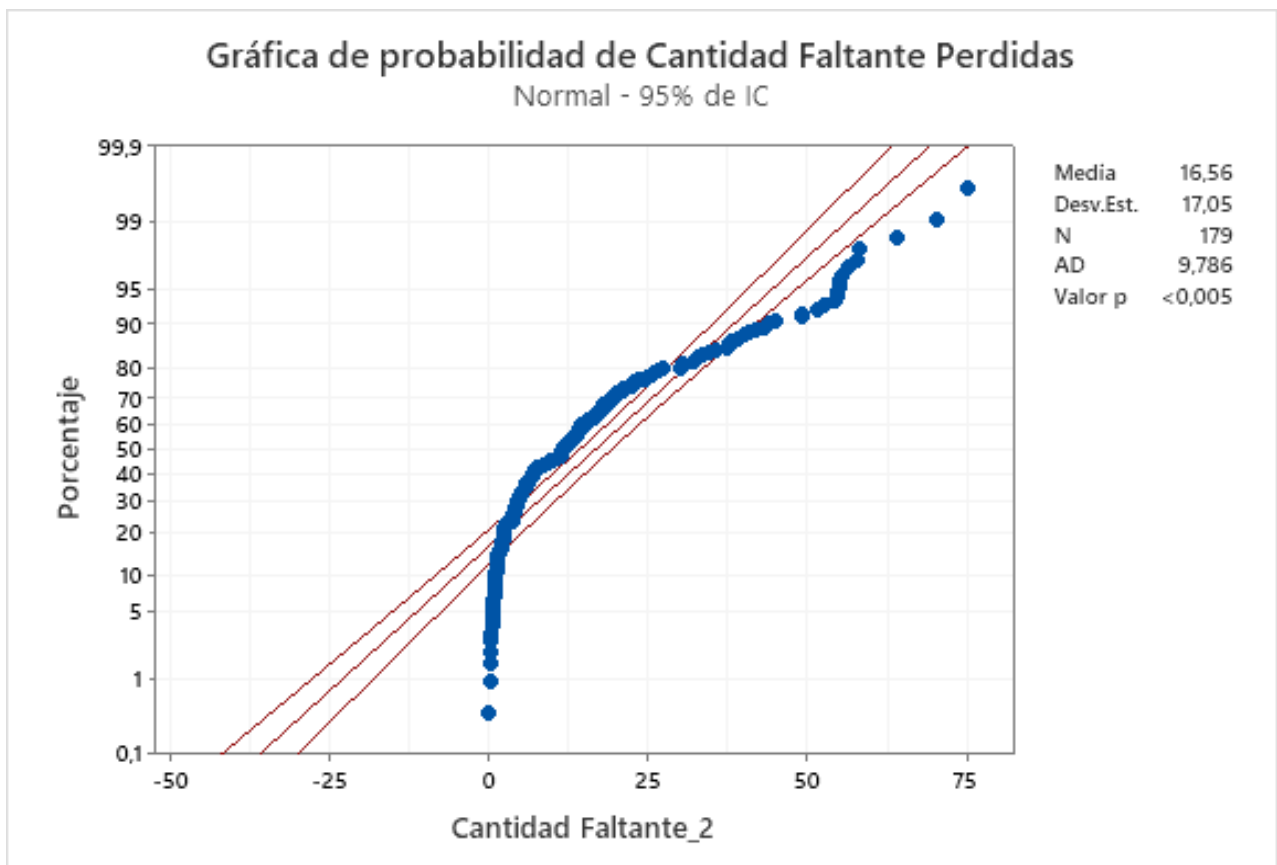
Tabla 4. Análisis de Correlación

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	14, 84	1, 38	10, 72	0, 000	
Tipo de pérdida 2					
Averías	2, 41	2, 29	1, 05	0, 295	1, 71
Defectos de calidad y procesos	-6, 27	3, 34	-1, 87	0, 063	2, 25
Preparaciones y ajustes	2, 24	2, 28	0, 98	0, 327	1, 71
Puesta en marcha	-5, 47	3, 27	-1, 67	0, 096	2, 20
H0 = $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu$ HA = $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$					

Nota: Autoría propia (2021)

Según el análisis de varianza para dar respuesta a las variables de averías, defectos de calidad y reprocesos, preparaciones y ajustes, puesta en marcha, con un 95% de confianza fallo al rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, todas las medias son iguales. Ya que, el nivel de significancia P es mayor que 0,05, por lo que, estos factores inciden con la cantidad faltante de producción.

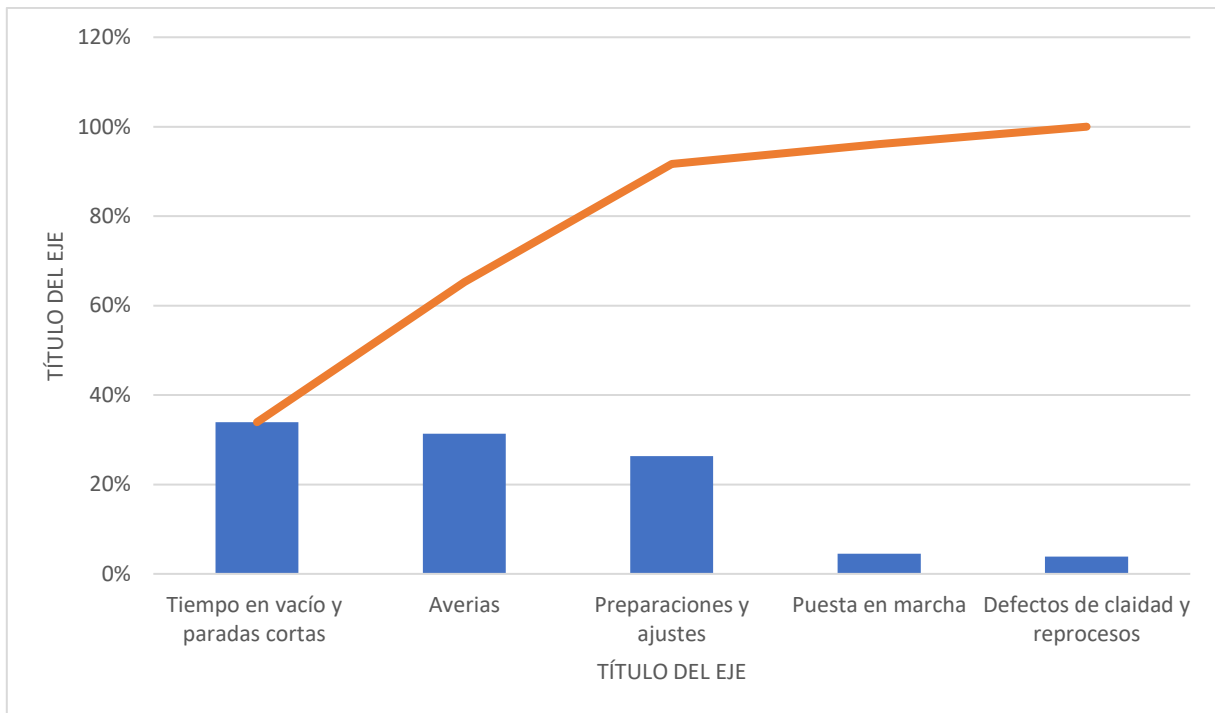
Figura 23. Grafica de Probabilidad de Cantidad Faltante Pérdidas



Nota: Autoría propia (2021)

Con un 95% de confianza, por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula, todos los valores siguen una distribución normal.

Figura 24. Diagrama de Pareto 6 grandes Perdidas



Nota: Autoría propia (2021)

Se concluye con la afirmación de las pérdidas con mayor relevancia sobre los paros de mantenimiento.

a. Análisis para Fallas

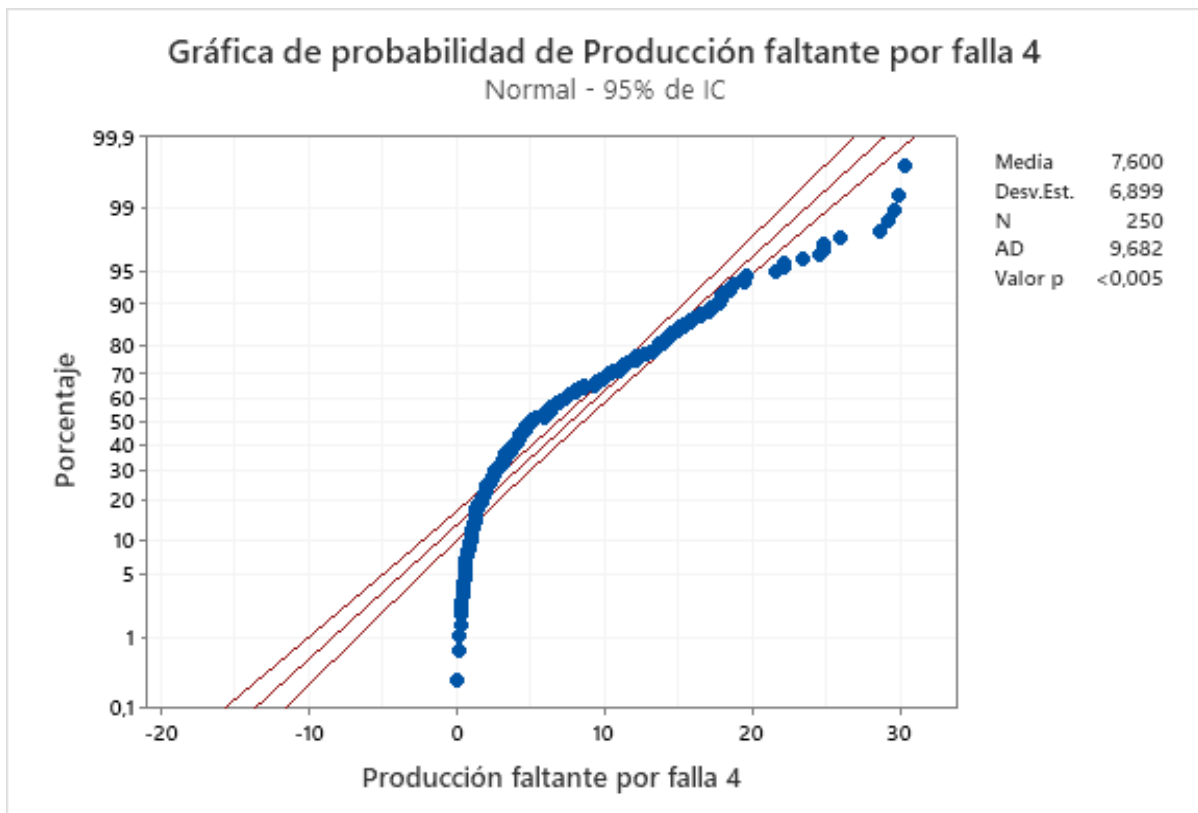
Tabla 5. Análisis de Correlación para Fallas

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	7, 967	0, 511	15, 59	0, 000	
Tipo de Paro 4					
Cambio de Fórmula: CF	5, 08	1, 23	4, 14	0, 000	2, 25
Causa Externa: CE	-0, 159	0, 993	-0, 16	0, 873	1, 88
Falla Eléctrica: FE	-4, 71	1, 74	-2, 71	0, 007	3, 44
Fallas de Proceso: FP	-2, 928	0, 753	-3, 89	0, 000	1, 67
Fallas Mecánicas: FM	0, 254	0, 907	0, 28	0, 780	1, 79

Nota: Autoría propia (2021)

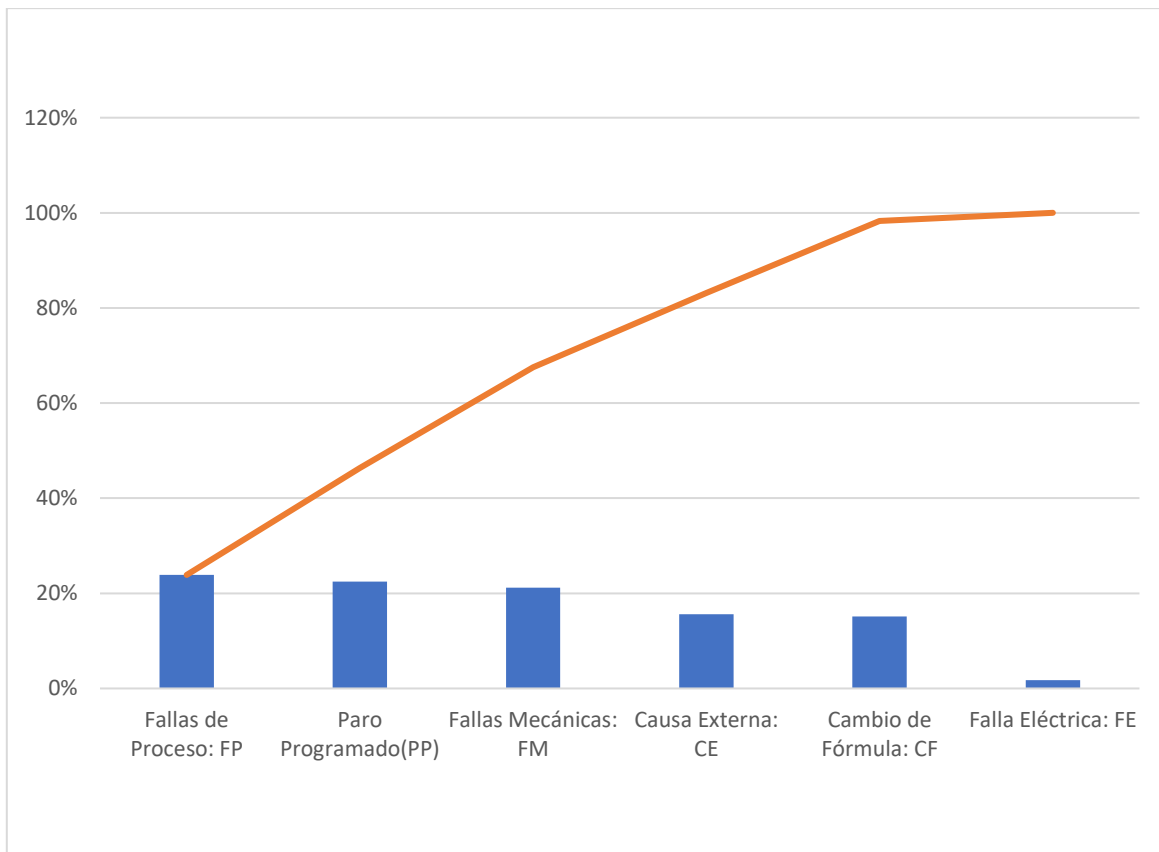
Según el análisis para fallas para dar respuesta a los coeficientes de cambio de fórmula, Causa externa, Falla eléctrica, Fallas de Proceso, Fallas Mecánicas, con un nivel de confianza del 95% se falla al rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, los factores de causa externa y fallas mecánicas tienen las medias iguales. Además, los factores de cambio de Fórmula, falla eléctrica y fallas de proceso no inciden en la cantidad faltante de producción.

Figura 25. Grafica de Probabilidad de Producción Faltante por Falla 4



Nota: Autoría propia (2021)

Con un 95% de confianza, se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, siguen una distribución normal.

Figura 26. Diagrama Pareto por Tipo de Falla

Nota: Autoría propia (2021)

Se concluye con la afirmación del análisis de ANOVA sobre la incidencia de fallas de proceso y mecánicas que afectan relativamente la eficiencia actual de los equipos en el proceso de producción.

b. Análisis de los Pilares del TPM

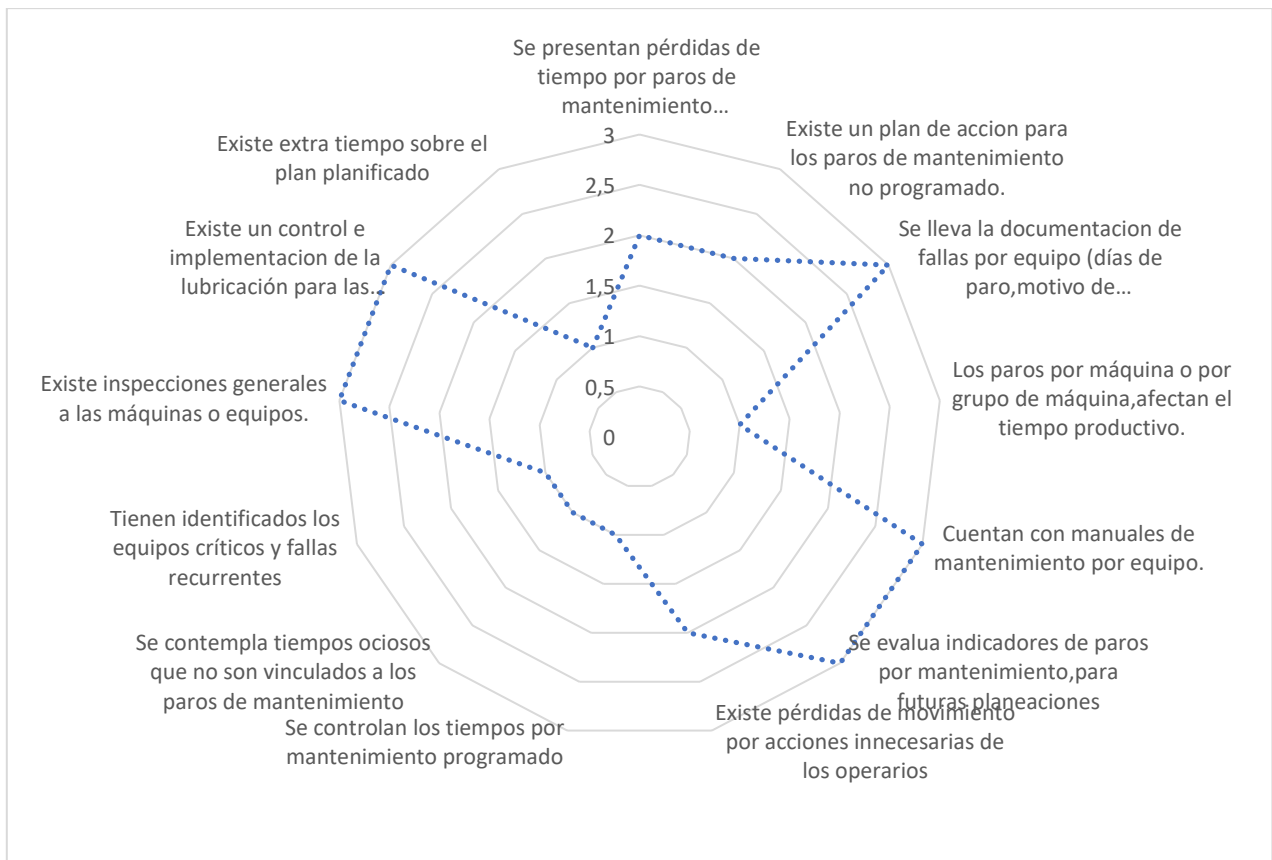
Tabla 6. Lista de Chequeo del Pilar Mejora Enfocada

PILAR EVALUADO			MEJORAS ENFOCADAS
EMPRESA:	FERTICA S.A.		Responsables de análisis:
	FECHA		Elí Jara C.
	N° DOCUMENTO		Gabriela Pastrana A.
	REVISIÓN		Joseph Araya M.
ÍTEM	ACTIVIDAD	VALORACIÓN DE PUNTOS	OBSERVACIONES
1	Se presentan pérdidas de tiempo por paros de mantenimiento programados y no programados.	2	Se debe de realizar el día que se previó el plan de mantenimiento.
2	Existe un plan de acción para los paros de mantenimiento no programado.	2	Son los emergente, esto va de la mano con el stock de repuesto.
3	Se lleva la documentación de fallas por equipo (días de paro, motivó de falla, duración de la falla)	3	Se lleva la bitácora de mantenimiento por cada área de responsabilidad, a nivel de Excel.
4	Los paros por máquina o por grupo de máquina, afectan el tiempo productivo.	1	Si porque se para la producción, hasta conocer el diagnóstico para ver si puede seguir operando el equipo. Hay equipos en los cuales cuentan con duplicidad por ende si se daña uno puede seguir funcionando. Ejemplos: tamiz reciclos y molinos.
5	Cuentan con manuales de mantenimiento por equipo.	3	Si únicamente los manuales del fabricante, en cierta maquinaria o equipo.
6	Se evalúa indicadores de paros por mantenimiento, para futuras planeaciones	3	Por medio de históricos de fallas KPIS, se determina el tiempo productivo y el improductivo.

7	Existe pérdidas de movimiento por acciones innecesarias de los operarios	2	Ya que existe un plan de seguridad y un plan de acción el cual se debe seguir. Ejemplo: entrar a un enfriador, hay que hacer mediciones de gases antes que pueda entrar una persona.
8	Se controlan los tiempos por mantenimiento programado	1	Se establecen los tiempos de cada mantenimiento, aunque si hay un problema se durara más.
9	Se contempla tiempos ociosos que no son vinculados a los paros de mantenimiento	1	
10	Tienen identificados los equipos críticos y fallas recurrentes	1	Por medio de los KPIS, salen las fallas recurrentes, cuando hay más de lo normal se dan los puntos críticos de control.
11	Existe inspecciones generales a las máquinas o equipos.	3	Existe inspecciones rutinarias, tres veces en un turno.
12	Existe un control e implementación de la lubricación para las máquinas y equipos.	3	Existe fichas de control y un programa de lubricación interno como para los equipos de lubricación externa.
13	Existe extra-tiempo sobre el plan planificado	1	Se maneja dependiendo de la dificultad encontrada.
	Total de puntos	26/39	Con 26 puntos tendría un total del 67% de cumplimiento de las actividades

Nota: Autoría propia (2021)

Figura 27. Evaluación Mejora Enfocada



Nota: Autoría propia (2021)

Con 26 puntos tendría un total de 67% de cumplimiento de las actividades en el pilar de mejora enfocada, en donde hay 5 elementos que son fortaleza en la empresa como lo es el control e implementación de la lubricación para máquinas y equipos, inspecciones generales a las máquinas y equipos, cuenta con manuales de mantenimiento por equipo y se evalúa indicadores de mantenimiento, además existe actividades que son una debilidad en la empresa como los paros por máquina o por grupo de máquina, se contempla tiempos ociosos que no son vinculados a los paros de mantenimiento, tienen identificados los equipos críticos.

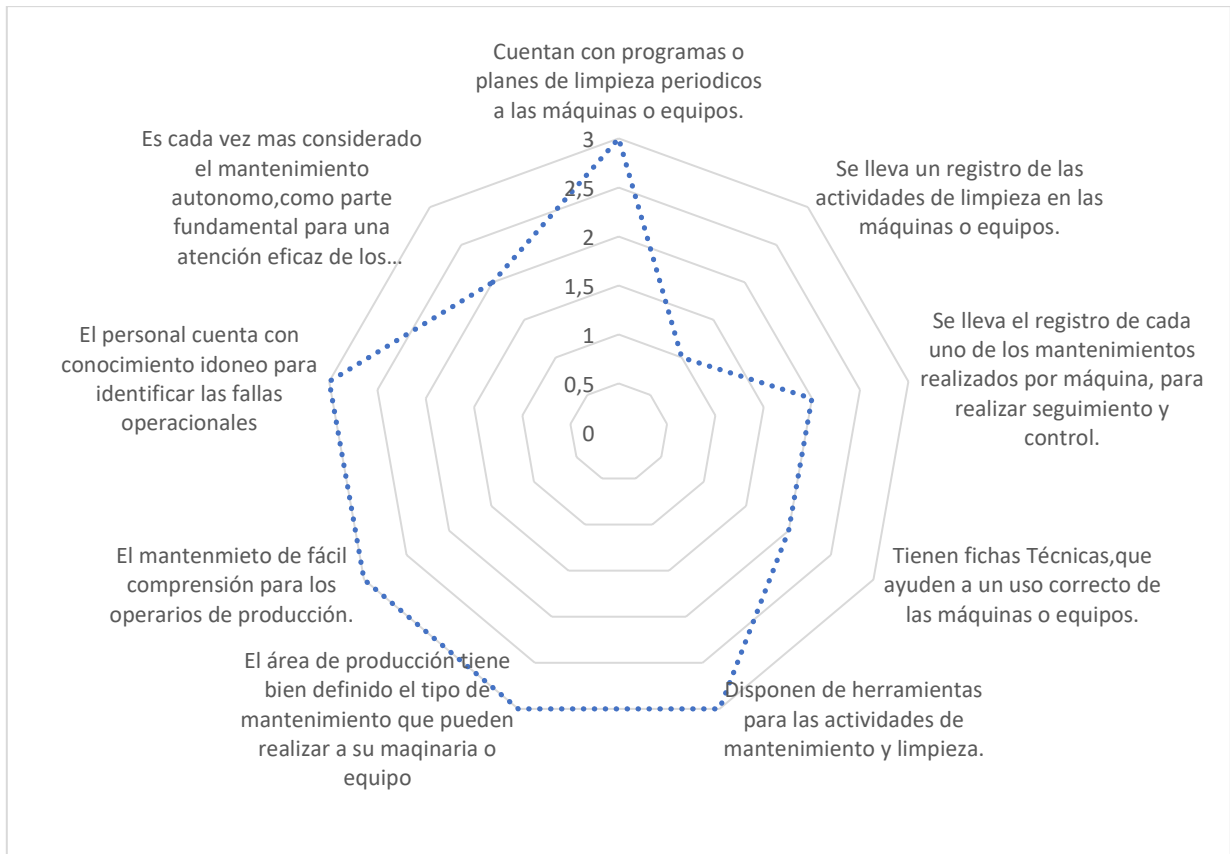
Tabla 7. Lista de Chequeo del Pilar de Mantenimiento Autónomo

PILAR EVALUADO			MANTENIMIENTO AUTÓNOMO
EMPRESA:	FERTICA S.A.		Responsables de análisis:
FECHA			Elí Jara C.
N° DOCUMENTO			Gabriela Pastrana A.
REVISIÓN			Joseph Araya M.
ÍTEM	ACTIVIDAD	VALORACIÓN DE PUNTOS	OBSERVACIONES
1	Cuentan con programas o planes de limpieza periódicos a las máquinas o equipos.	3	Existe un programa de lubricación.
2	Se lleva un registro de las actividades de limpieza en las máquinas o equipos.	1	Existe un programa de limpieza que son dos horas programadas diarias.
3	Se lleva el registro de cada uno de los mantenimientos realizados por máquina, para realizar seguimiento y control.	2	
4	Tienen fichas Técnicas, que ayuden a un uso correcto de las máquinas o equipos.	2	
5	Disponen de herramientas para las actividades de mantenimiento y limpieza.	3	Se cuenta con herramientas específicas para cada máquina y cada actividad.
6	El área de producción tiene bien definido el tipo de mantenimiento que pueden realizar a su maquinaria o equipo	3	Se tiene definido el mantenimiento a realizar a las máquinas.
7	El mantenimiento de fácil comprensión para los operarios de producción.	3	
8	El personal cuenta con conocimiento idóneo para identificar las fallas operacionales	3	Para eso se contrata con un perfil idóneo para los puestos.

9	Es cada vez más considerado el mantenimiento autónomo, como parte fundamental para una atención eficaz de los equipos.	2	No puede ser autónomo, en algo que no conoce como el área de producción.
	Total de puntos	22/27	Con 22 puntos tendría un total del 81% de cumplimiento de las actividades

Nota: Autoría propia (2021)

Figura 2812. Evaluación de Mantenimiento Autónomo



Nota: Autoría propia (2021)

Con 22 puntos tendría un total de 81% de cumplimiento de las actividades en el pilar de mantenimiento autónomo, en donde existe una debilidad en el registro de actividades de limpieza o un plan específico de las actividades de limpieza, el departamento de mantenimiento tiene una gran fortalezas en el área de conocimiento del personal debido a que brindan capacitaciones periódicas para lograr que los operarios comprendan las actividades de mantenimiento que se desarrollan, además tienen definido el tipo de mantenimiento que se le va realizar a cada máquina, utilizando las herramientas mecánicas necesarias para realizar la reparación, ajuste o cambio en los componentes de las máquinas. Sin embargo, la

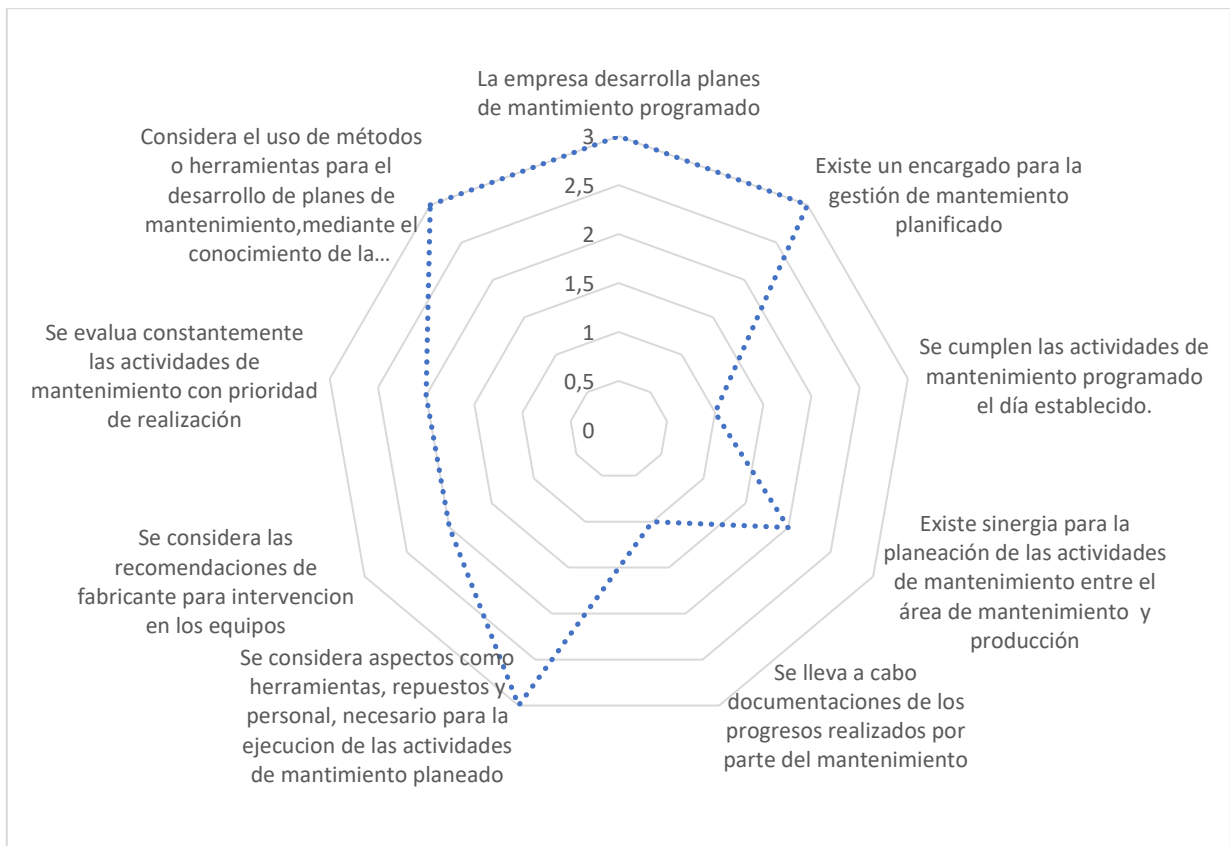
empresa tiene varios puntos de mejora como registrar de manera específica los tipos de mantenimiento realizados a cada una, el control y desarrollo de las fichas técnicas de todos los equipos y la implementación del mantenimiento autónomo.

Tabla 8. Lista de Chequeo del Pilar de Mantenimiento Planeado

PILAR EVALUADO			MANTENIMIENTO PLANEADO
EMPRESA:	FERTICA S.A.		Responsables de análisis:
FECHA			Elí Jara C.
N° DOCUMENTO			Gabriela Pastrana A.
REVISIÓN			Joseph Araya M.
ÍTEM	ACTIVIDAD	VALORACIÓN DE PUNTOS	OBSERVACIONES
1	La empresa desarrolla planes de mantenimiento programado	3	
2	Existe un encargado para la gestión de mantenimiento planificado	3	El gerente de mantenimiento hace el plan de trabajo.
3	Se cumplen las actividades de mantenimiento programado el día establecido.	1	
4	Existe sinergia para la planeación de las actividades de mantenimiento entre el área de mantenimiento y producción	2	Si porque el área de producción está en relación hombre-máquina y detecta una falla operacional, la reporta a mantenimiento para la visita de campo.
5	Se lleva a cabo documentaciones de los progresos realizados por parte del mantenimiento	1	Por medio de la SOTM, que va relacionado con la bitácora.
6	Se considera aspectos como herramientas, repuestos y personal, necesario para la ejecución de las actividades de mantenimiento planeado	3	Dentro del programa se verifican.

7	Se considera las recomendaciones de fabricante para intervención en los equipos	2	Por el catálogo de los equipos.
8	Se evalúa constantemente las actividades de mantenimiento con prioridad de realización	2	Si las SOTM , las emergentes y no emergentes.
9	Considera el uso de métodos o herramientas para el desarrollo de planes de mantenimiento, mediante el conocimiento de la condición de los equipos (lista de chequeo)	3	
	Total de puntos	20/27	Con 20 puntos tendría un total del 74% de cumplimiento de las actividades

Nota: Autoría propia (2021)

Figura 2913. Evaluación Mantenimiento Planeado

Nota: Autoría propia (2021)

Con 20 puntos tendría un total del 74% de cumplimiento de las actividades en el pilar de mantenimiento planeado, considerando un rango de 1 a 3 de cumplimiento, se determina que la empresa tiene 2 actividades que son debilidad dentro de la empresa, una de ellas sería que la empresa no tiene todos los históricos de las actividades de mantenimiento, por lo que esto dificultad poder evaluar el progreso de todos los años anteriores en comparación con el año actual. Dentro de las oportunidades de mejora están los catálogos de los fabricantes, ya que actualmente la empresa no tiene disponible todos los manuales de cada máquina, ya que estos ayudan a la empresa a saber las características, especificaciones de

los componentes y la periodicidad de lubricación de cada parte de las máquinas. Por otra parte, la empresa tiene elementos que son fortaleza en la misma y su realización es la adecuada.

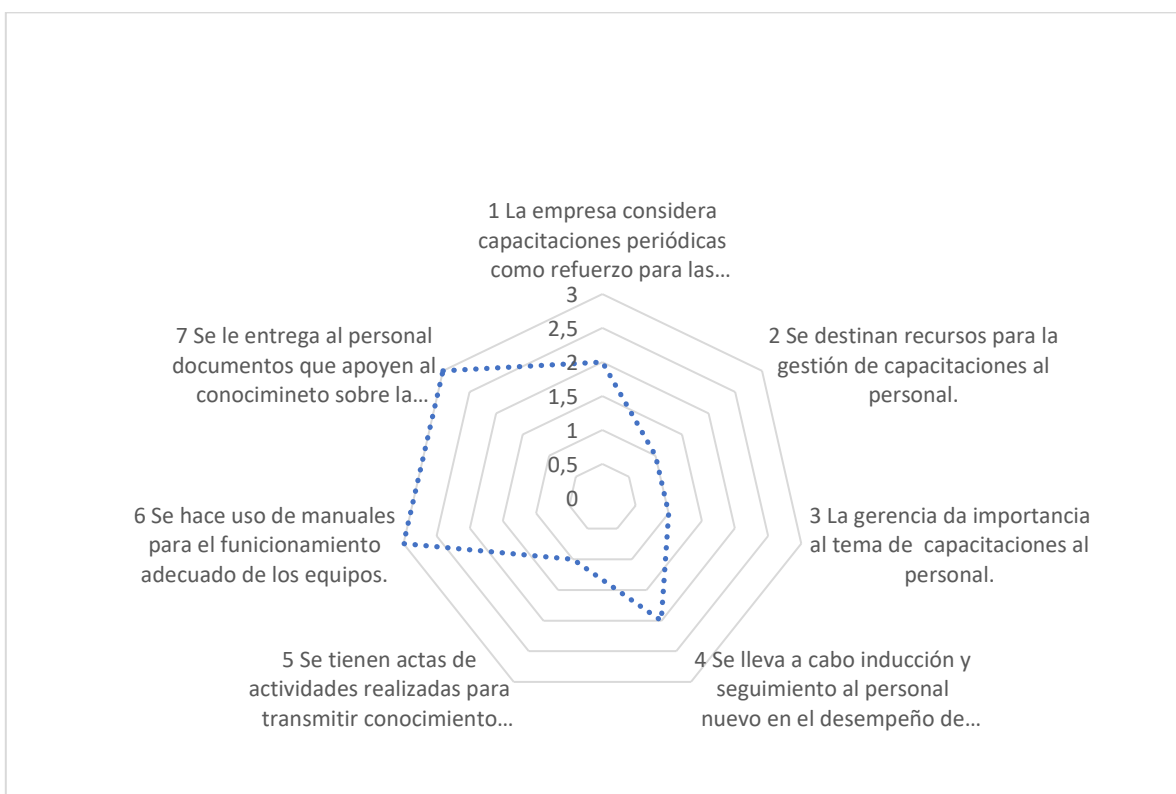
Tabla 9. Lista de Chequeo del Pilar de Educación y Entrenamiento

PILAR EVALUADO			EDUCACIÓN Y ENTRENAMIENTO
EMPRESA:	FERTICA S.A.		Responsables de análisis:
FECHA			Elí Jara C.
N° DOCUMENTO			Gabriela Pastrana A.
REVISIÓN			Joseph Araya M.
ÍTEM	ACTIVIDAD	VALORACIÓN DE PUNTOS	OBSERVACIONES
1	La empresa considera capacitaciones periódicas como refuerzo para las actividades de mantenimiento	2	Hay un programa de capacitaciones técnicas.
2	Se destinan recursos para la gestión de capacitaciones al personal.	1	
3	La gerencia da importancia al tema de capacitaciones al personal.	1	
4	Se lleva a cabo inducción y seguimiento al personal nuevo en el desempeño de las actividades de mantenimiento	2	
5	Se tienen actas de actividades realizadas para transmitir conocimiento sobre métodos de mejora en las actividades de mantenimiento entre el personal	1	Capacitaciones Internas
6	Se hace uso de manuales para el funcionamiento adecuado de los equipos.	3	Existen manuales de funcionamiento de equipo.

7	Se le entrega al personal documentos que apoyen al conocimiento sobre la operatividad de las máquinas	3	
	Puntos totales	13/21	Con 13 puntos tendría un total del 61% de cumplimiento de las actividades

Nota: Autoría propia (2021)

Figura 30. Evaluación Educación y Entrenamiento



Nota: Autoría propia (2021)

Con 13 puntos tendría un total del 61% de cumplimiento de las actividades del pilar de educación y entrenamiento, en el cual la empresa tiene un grupo grande de fortalezas, sin embargo tiene dos debilidades que se deben de ver como oportunidades de crecimiento y de mejora, la primera sería las capacitaciones, esto porque a pesar de que la empresa si brinda capacitaciones al personal pero de

forma interna, ya que el gerente de mantenimiento es quien realiza todas las capacitaciones y es muy difícil que aparte de ocuparse de sus funciones tenga que sacar tiempo extra para brindarlas, además la empresa no cuenta con manuales de los equipos, que permitan al personal consultar cualquier duda acerca del mantenimiento diario, semanal, mensual, quincenal, trimestral, semestral y anual, ya que estos manuales permiten clasificar las actividades de mantenimiento de acuerdo a la cantidad de días que se realizan.

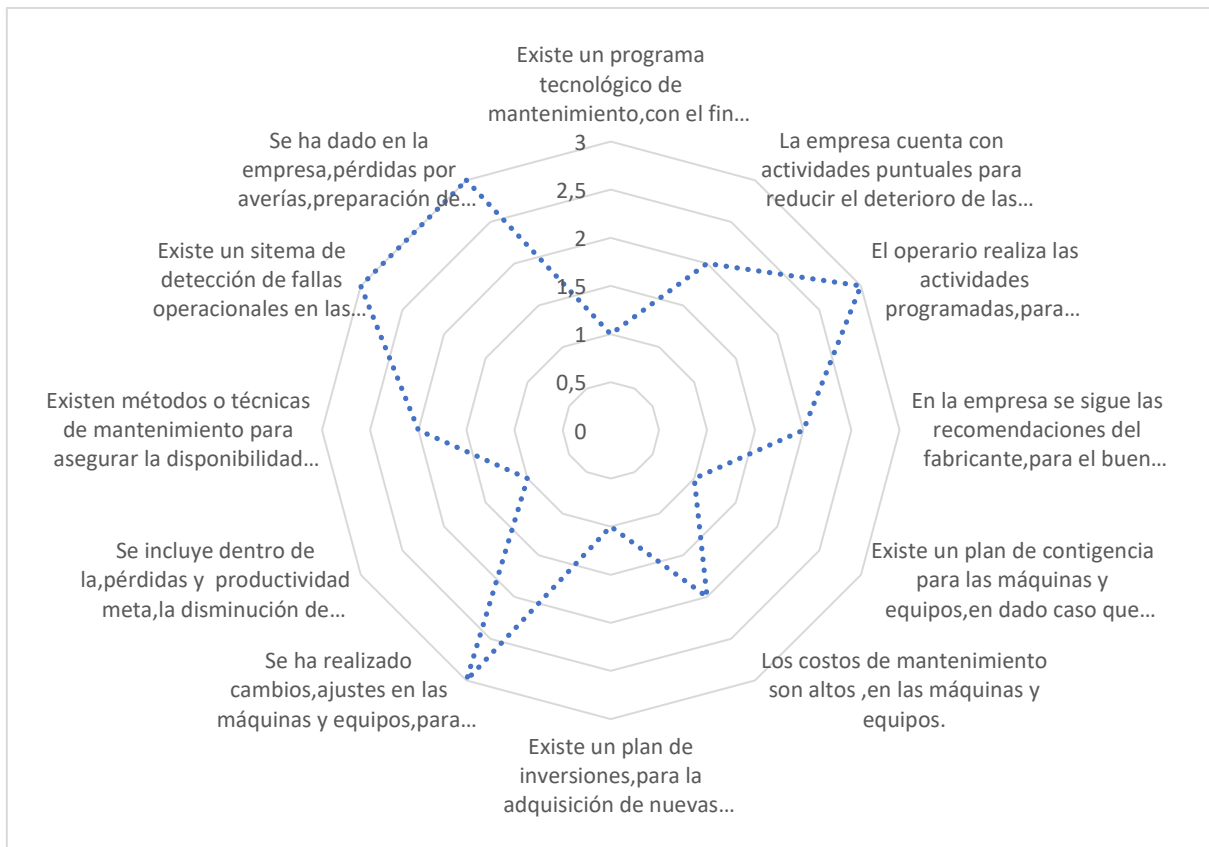
Tabla 10. Lista de Chequeo del Pilar de Control Inicial

PILAR EVALUADO			CONTROL INICIAL
EMPRESA:	FERTICA S.A.		Responsables de análisis:
FECHA			Elí Jara C.
N° DOCUMENTO			Gabriela Pastrana A.
REVISIÓN			Joseph Araya M.
ÍTEM	ACTIVIDAD	Valoración de Puntos	OBSERVACIONES
1	Existe un programa tecnológico de mantenimiento, con el fin de obtener una mejora continua en los procesos y estandarizarlo.	1	
2	La empresa cuenta con actividades puntuales para reducir el deterioro de las máquinas.	2	Carta de lubricación y planes de mantenimiento
3	El operario realiza las actividades programadas, para prolongar la vida útil de las máquinas.	3	
4	En la empresa se sigue las recomendaciones del fabricante, para el buen funcionamiento de las máquinas.	2	Por medio de catálogos de los equipos

5	Existe un plan de contingencia para las máquinas y equipos, en dado caso que la máquina que se haya dañado, no se encuentre en la bodega el repuesto.	1	Si el repuesto no está en stock, se debe de mandar a traer y esperar hasta que llegue, sin embargo, si se hacen arreglos momentáneos para no parar la producción.
6	Los costos de mantenimiento son altos , en las máquinas y equipos.	2	
7	Existe un plan de inversiones, para la adquisición de nuevas maquinarias.	1	No hay planes de inversiones, ya que se cuenta con las máquinas necesarias para el proceso.
8	Se ha realizado cambios, ajustes en las máquinas y equipos, para mejorar su operatividad.	3	Se realiza ajustes y reparaciones a las máquinas cuando presentan una anomalía.
9	Se incluye dentro de la pérdidas y productividad meta, la disminución de fallas, pérdidas y defectos.	1	
10	Existen métodos o técnicas de mantenimiento para asegurar la disponibilidad de los equipos.	2	
11	Existe un sistema de detección de fallas operacionales en las máquinas y equipos.	3	
12	Se ha dado en la empresa, pérdidas por averías, preparación de máquinas, por defectos de calidad.	3	
		24/36	

Nota: Autoría propia (2021)

Figura 3114. Evaluación Control Inicial



Nota: Autoría propia (2021)

Con 24 puntos tendría un total de 66 % de cumplimiento de las actividades del pilar de control inicial, en el cual existen 3 elementos que presentan debilidad en la empresa como lo es que no existe un programa tecnológico de mantenimiento para el registro de actividades, no existe un plan de contingencia en dado caso que un equipo se le deba realizar un cambio de un componente y no se encuentre en stock de repuesto, ya que se debe de mandar a pedir y su duración es aproximadamente 2 a 3 días, 2 o una semana dependiendo del repuesto y esto retrasaría la producción. Por otro lado, existen oportunidades de mejora como la disminución del mantenimiento correctivo que incurre en los costos de

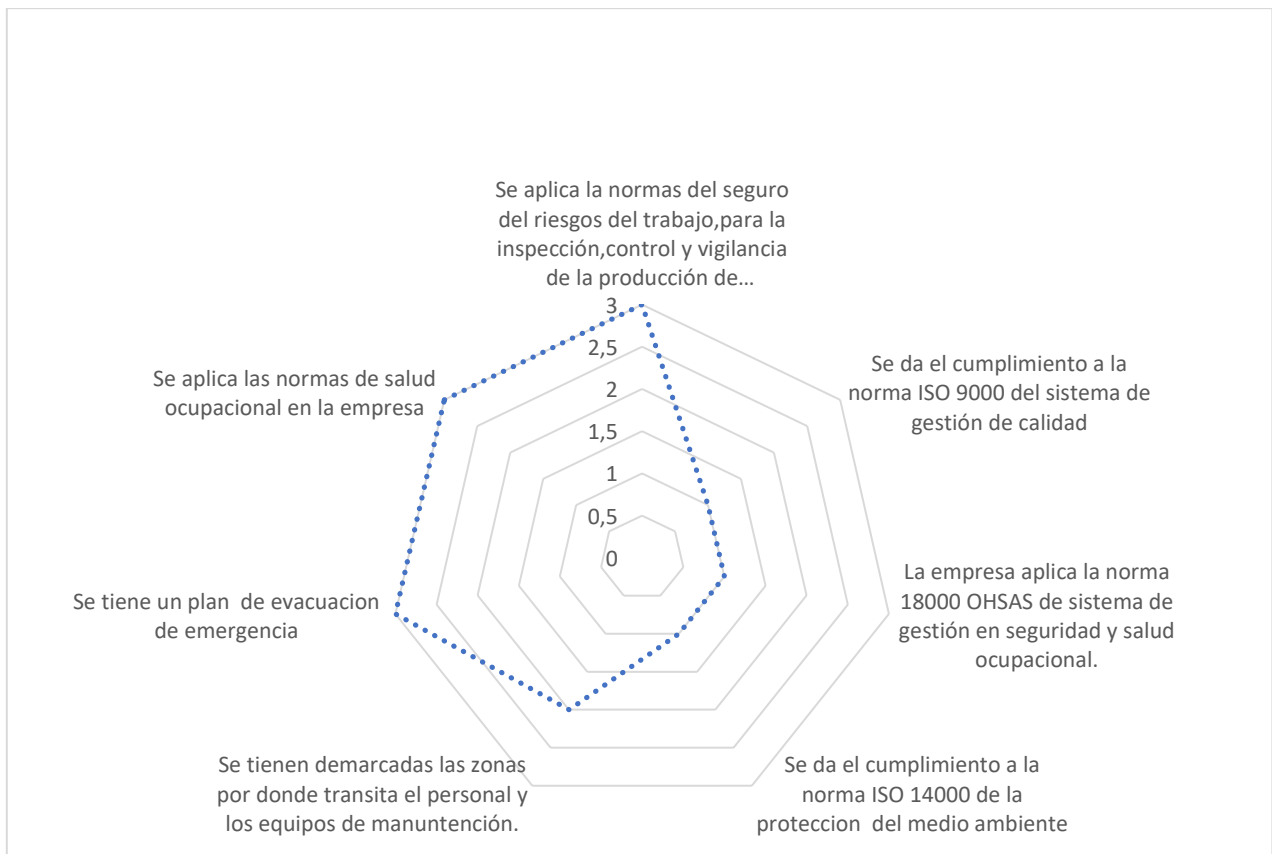
mantenimiento y aplicar más técnicas de mantenimiento que aseguren la disponibilidad de los equipos.

Tabla 11. Lista de Chequeo del Pilar de Aseguramiento de la Calidad

PILAR EVALUADO		ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	
EMPRESA:	FERTICA S.A.	Responsables de análisis:	
FECHA		Elí Jara C.	
N° DOCUMENTO		Gabriela Pastrana A.	
REVISIÓN		Joseph Araya M.	
ÍTEM	ACTIVIDAD	Valoración de Puntos	OBSERVACIONES
1	Se aplica las normas del seguro del riesgos del trabajo, para la inspección, control y vigilancia de la producción de fertilizantes químicos.	3	La empresa cuenta con un programa para la prevención de riesgos y seguridad laboral.
2	Se da el cumplimiento a la norma ISO 9000 del sistema de gestión de calidad	1	La empresa no cuenta con un modelo enfocado para el mejoramiento continuo del sistema de gestión de calidad.
3	La empresa aplica la norma 18000 OHSAS de sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional.	1	La empresa no cuenta con la norma, sin embargo, si aplica las normas y principios de esta ISO.
4	Se da el cumplimiento a la norma ISO 14000 de la protección del medio ambiente	1	La empresa no implementa la norma amigable con el medio ambiente.
5	Se tienen demarcadas las zonas por donde transita el personal y los equipos de manutención.	2	Sin embargo, ya casi no se visualiza las zonas demarcadas en donde se tienen que desplazar los operarios y el personal.
6	Se tiene un plan de evacuación de emergencia	3	La empresa en el área de salud ocupacional cuenta con un plan o programa de evacuaciones o simulacros de emergencia.

7	Se aplica las normas de salud ocupacional en la empresa	3	Existe un departamento para el cumplimiento de estas.
	TOTAL	14/21	

Nota: Autoría propia (2021)

Figura 3215. Evaluación de la Calidad

Nota: Autoría propia (2021)

Con 14 puntos tendría un total de 66 % de cumplimiento de las actividades del pilar de aseguramiento de la calidad, en la cual los puntos débiles son con respecto a las normas ISO , ya que actualmente la empresa no cuenta con ninguna, sin embargo si existe el área de salud ocupacional, pero la empresa en si no está certificada por la norma de sistema de calidad, seguridad y salud ocupacional, protección al medio ambiente, esto es perjudicial para la empresa ya que es importante llevar un control o auditoria acerca de las actividades en cada una de estas áreas, otra deficiencia que presenta la empresa, es que las zonas demarcadas

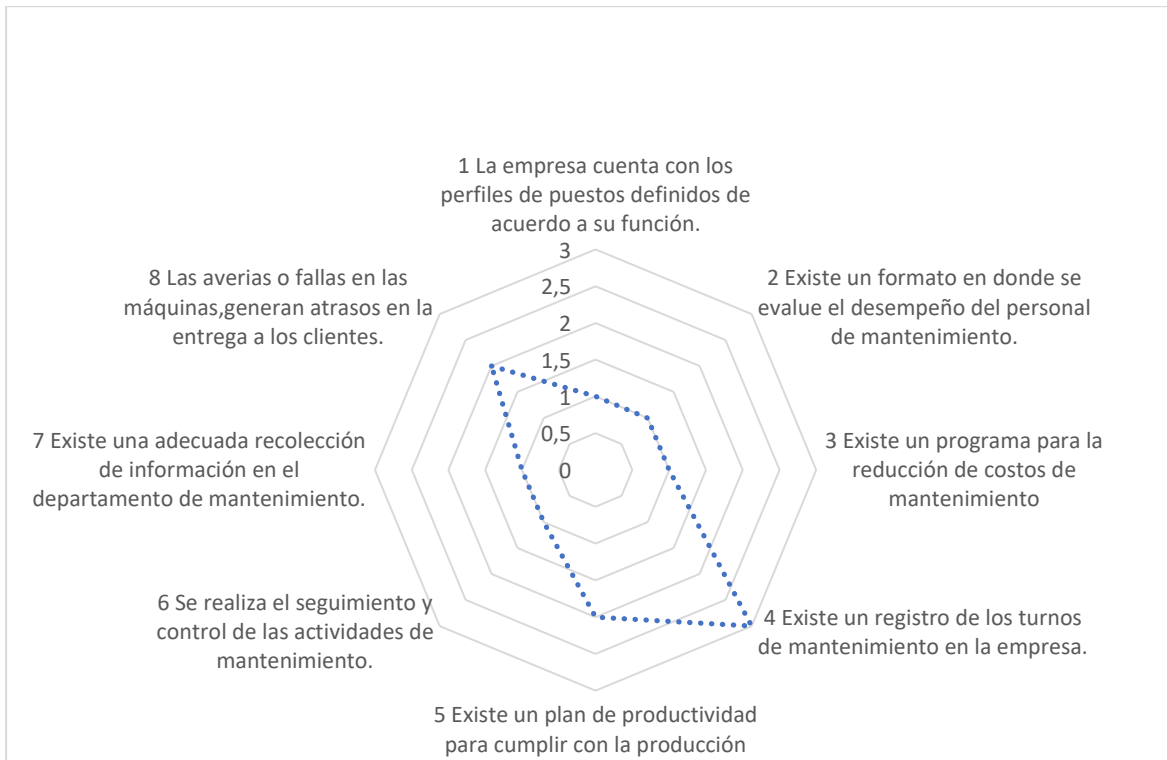
por donde transita el personal y los montacargas no se visualiza las líneas amarillas y esto puede ocasionar un accidente laboral.

Tabla 12. Lista de Chequeo del Pilar de Eficiencia Administrativa

PILAR EVALUADO			EFICIENCIA ADMINISTRATIVA
EMPRESA:	FERTICA S.A.		Responsables de análisis:
FECHA			Elí Jara C.
N° DOCUMENTO			Gabriela Pastrana A.
REVISIÓN			Joseph Araya M.
ÍTEM	ACTIVIDAD	Valoración de Puntos	OBSERVACIONES
1	La empresa cuenta con los perfiles de puestos definidos de acuerdo con su función.	1	
2	Existe un formato en donde se evalúa el desempeño del personal de mantenimiento.	1	
3	Existe un programa para la reducción de costos de mantenimiento	1	
4	Existe un registro de los turnos de mantenimiento en la empresa.	3	
5	Existe un plan de productividad para cumplir con la producción meta de la empresa.	2	
6	Se realiza el seguimiento y control de las actividades de mantenimiento.	1	
7	Existe una adecuada recolección de información en el departamento de mantenimiento.	1	
8	Las averías o fallas en las máquinas generan atrasos en la entrega a los clientes.	2	
	TOTAL	11 / 24	

Nota: Autoría propia (2021)

Figura 33. Evaluación Eficiencia Administrativa



Nota: Autoría propia (2021)

Con 11 puntos tendría un total de 45% de cumplimiento de las actividades del pilar de eficiencia administrativa, existen 5 actividades que presentan debilidades en la empresa como lo es, que no existe un manual de puestos definido, no existe un formato para la evaluación del desempeño del personal, un programa para la reducción de costos, un control en el seguimiento de actividades de mantenimiento por medio de un programa tecnológico, un correcto almacenamiento de la información del departamento de mantenimiento.

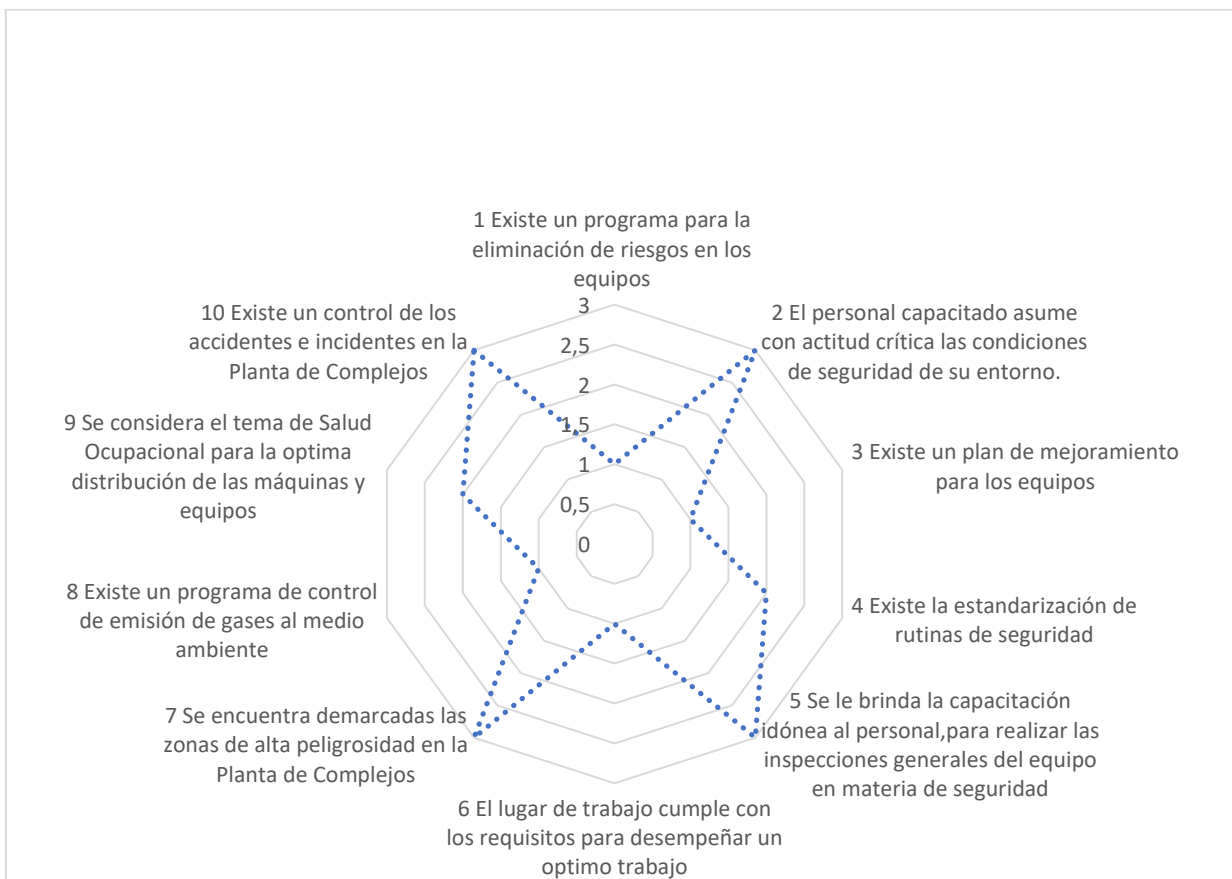
Tabla 13. Lista de Chequeo del Pilar de Seguridad y Gestión Ambiental

PILAR EVALUADO			SEGURIDAD Y GESTIÓN AMBIENTAL
EMPRESA:	FERTICA S.A.		Responsables de análisis:
FECHA			Elí Jara C.
N° DOCUMENTO			Gabriela Pastrana A.
REVISIÓN			Joseph Araya M.
ÍTEM	ACTIVIDAD	VALORACIÓN DE PUNTOS	OBSERVACIONES
1	Existe un programa para la eliminación de riesgos en los equipos	1	
2	El personal capacitado asume con actitud crítica las condiciones de seguridad de su entorno.	3	
3	Existe un plan de mejoramiento para los equipos	1	
4	Existe la estandarización de rutinas de seguridad	2	
5	Se le brinda la capacitación idónea al personal, para realizar las inspecciones generales del equipo en materia de seguridad	3	
6	El lugar de trabajo cumple con los requisitos para desempeñar un óptimo trabajo	1	
7	Se encuentra demarcadas las zonas de alta peligrosidad en la Planta de Complejos	3	Si existe, sin embargo, casi no se visualizan las demarcaciones.
8	Existe un programa de control de emisión de gases al medio ambiente	1	
9	Se considera el tema de Salud Ocupacional para la óptima distribución de las máquinas y equipos	2	

10	Existe un control de los accidentes e incidentes en la Planta de Complejos	3
	TOTAL	20/30

Nota: Autoría propia (2021)

Figura 3416. Evaluación seguridad y Gestión Ambiental



Nota: Autoría propia (2021)

Con 20 puntos tendría un total de 66% de cumplimiento de las actividades del pilar de seguridad y gestión ambiental, En el cual existe 2 elementos que tienen oportunidad de mejora y cuatro elementos que cumplen con cada ítem y son una fortaleza para la empresa, en este caso las debilidades son mayores que las

fortalezas, ya que no existe un programa para la eliminación de riesgos en la empresa, condiciones óptimas del lugar de trabajo, un programa de control de emisión de los gases al medio ambiente.

Con respecto al diagnóstico inicial de los diferentes pilares, se obtuvo una solución para cada uno de los problemas presentados, por medio de una propuesta a cada ítem acerca de métodos o técnicas ingenieriles que ayudan a resolver cada debilidad o deficiencia de la empresa. En la siguiente tabla se adjunta un resumen del porcentaje inicial por cada pilar de mantenimiento:

Tabla 14. Diagnóstico Inicial del TPM por Pilar

Pilar	Estado Inicial
Mejora Enfocada	67%
Mantenimiento Autónomo	81%
Mantenimiento Planeado	74%
Educación y Entrenamiento	61%
Control Inicial	66%
Aseguramiento de la calidad	66%
Eficiencia Administrativa	45%
Seguridad y Gestión Ambiental	66%

Nota: Autoría propia (2021)

Este análisis permite a la empresa determinar las debilidades y fortalezas de cada elemento a evaluar y poder darle a la empresa un valor cuantitativo porcentual del estado actual de la empresa conforme a cada área (mejora enfocada, mantenimiento autónomo, Mantenimiento planeado, Educación y entrenamiento, Control inicial, Aseguramiento de la calidad, Eficiencia administrativa, Seguridad y gestión ambiental) y consecutivamente permite evaluar las oportunidades de mejora y el avance porcentual que estas puedan tener.

Esta lista de chequeo conforme a los pilares, se establece cada actividad evaluando la necesidad de la empresa en cada área en donde al aplicar la lista de chequeo se establece si cumple o no cumple con los requerimientos, el segundo paso es establecer una puntuación, en este caso es el rango de 1 a 3, se asigna dependiendo el grado de cumplimiento de las actividades y por último se contabilizan los puntos obtenidos en comparación del total de puntos.

Por otro lado, para determinar el porcentaje de cumplimiento de las actividades se utilizó esta fórmula:

Total de puntos: ítem x valor máximo de evaluación (Rango)

Porcentaje de cumplimiento: $\frac{\text{Puntos obtenidos}}{\text{Puntos Totales}} \times 100\%$

5.2 Análisis de Eficiencia global de los equipos

El análisis de la eficiencia global de los equipos (OEE), determinara la capacidad de rendimiento actual de producción que tienen los equipos de la planta de Complejos, mediante la evaluación de los parámetros de disponibilidad, eficiencia y calidad para lograr una mejora continua y mayor productividad en los procesos operativos.

Para esto se hace uso de los siguientes factores que determinaran el nivel de excelencia de acuerdo con la clasificación de variables (Inadmisible, Regular, Aceptable, Buena).

Tiempo total de trabajo

$$= \textit{Tiempo Total} * \textit{Tiempo dia}$$

Tiempo paradas programadas

$$= \textit{Reuniones, alimentacion, preparacion, etc ...}$$

Tiempo planificado de producción

$$= \textit{Tiempo total} - \textit{Tiempo planeado}$$

Tiempo productivo

$$= \textit{Tiempo planificado de producción} - \textit{Tiempo paradas no programadas}$$

Tiempo paradas no programadas

$$= \textit{Tiempo de averías} + \textit{Tiempo cambio producto} + \dots$$

Disponibilidad

$$= \frac{\textit{Tiempo productivo}}{\textit{Tiempo disponible}}$$

Capacidad productiva

$$= \textit{Tiempo productivo} + \textit{Capacidad estandar}$$

Producción real

$$= \textit{Tiempo de productivo} * \textit{Capacidad real}$$

Eficiencia

$$= \frac{\textit{Producción real}}{\textit{Capacidad Productiva}}$$

Calidad

$$\frac{\textit{Producción real} - \textit{Cantidad no conforme}}{\textit{Produccion real}}$$

OEE

$$= \textit{Disonibilidad} * \textit{Eficiencia} * \textit{Calidad}$$

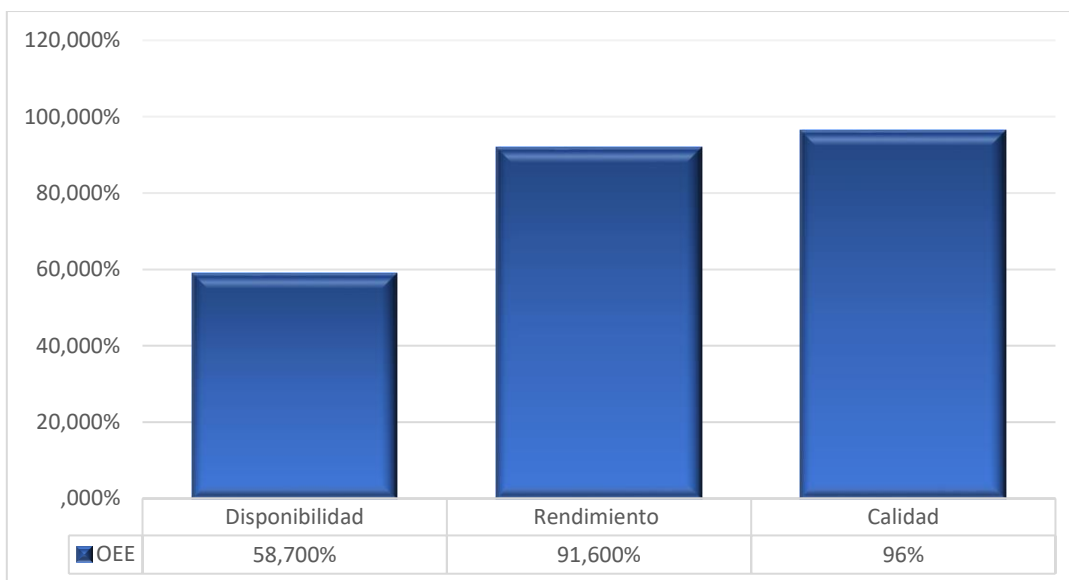
Tabla 15. Criterios de Clasificación OEE

CLASIFICACIÓN DE EFICIENCIA
OEE < 0,65 Inadmisible
0,65 ≤ OEE < 0,75 Regular
0,75 ≤ OEE < 0,85 Aceptable
0,85 ≤ OEE < 0,95 Buena

Nota: Autoría propia (2021)

5.2.1 Eficiencia General para el mes de Marzo 2020

Figura 3517. Eficiencia Global de los Equipos marzo

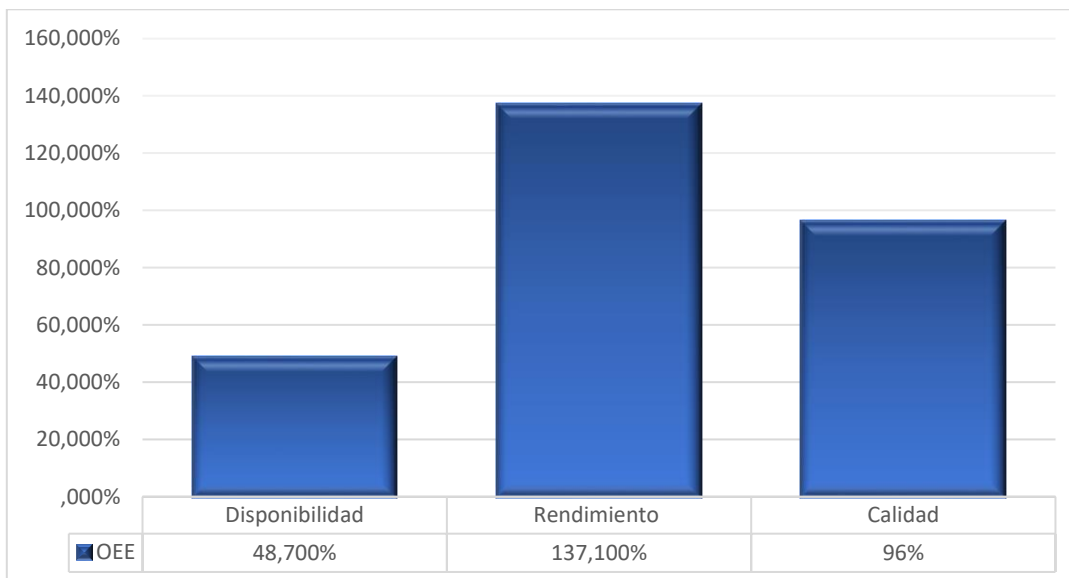


Nota: Autoría propia (2021)

El presente grafico realizado para determinar la eficiencia actual de los equipos, para el mes de marzo, con la evaluación de las variables de Disponibilidad= 58,7%, rendimiento= 91,6% y Calidad 96%, se ha obtenido como resultado un OEE= 51,6%, que comparado con la tabla de clasificación se encuentra en un nivel de inadmisible,

5.2.2 Eficiencia General para el mes de Abril 2020

Figura 3618. Eficiencia Global de los Equipos Abril

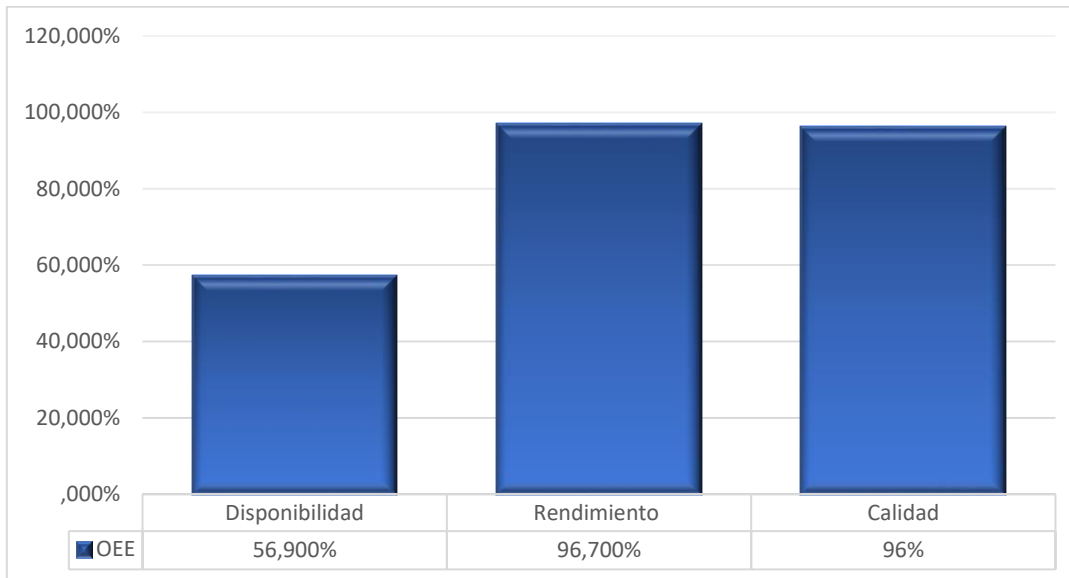


Nota: Autoría propia (2021)

El presente grafico del análisis de eficiencia global de los equipos para el mes de abril al evaluar las variables de Disponibilidad =48, 7%, rendimiento=137, 10% y calidad= 96% se obtiene como resultado un OEE= 64, 1%, que, revisado con la tabla de clasificación, se mantiene para este mes a un nivel inadmisibile.

5.2.3 Eficiencia General para el mes de Mayo 2020

Figura 3719. Eficiencia Global de los Equipos Mayo

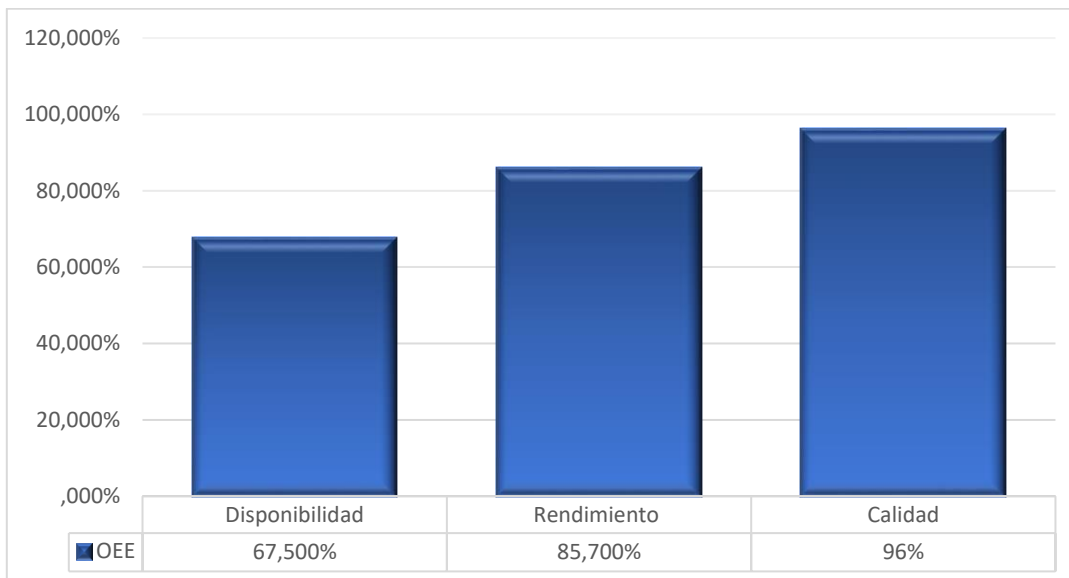


Nota: Autoría propia (2021)

Con el presente gráfico, para el mes de mayo con el cálculo y evaluación de las variables de Disponibilidad=, rendimiento= y calidad=, se ha obtenido como resultado un OEE=, que, conforme a la tabla de clasificación, este tiene un valor inadmisibles.

5.2.4 Eficiencia General para el mes de Junio 2020

Figura 3820. Eficiencia Global de los Equipos Junio



Nota: Autoría propia (2021)

Los datos obtenidos en la gráfica siguiente para el mes de junio en cuanto a disponibilidad= 67, 50%, rendimiento=85, 7% y calidad=96 %, dan como resultado un OEE=52, 2%, calificando como inadmisibles la eficiencia de los equipos para este mes.

Con los resultados obtenidos del análisis de la eficiencia global de los equipos, se ha determinado como la cantidad de paros presentes en la empresa han estado afectando sobre la disponibilidad de los equipos, ya que los porcentajes de cumplimiento sobre los meses de marzo a junio del 2019 están por debajo de los factores de evaluación aceptables.

CAPÍTULO VI

PROPUESTAS

6. Propuesta

6.2 Propuesta basada en los Pilares TPM

Con el análisis acerca del cumplimiento de los pilares, y con el fin de mejorar los procesos dentro de la empresa, se ha determinado las siguientes propuestas:

Tabla 16. Propuesta de Analisis de Pilares Mantenimiento Autónomo

ACTIVIDAD AUDITADA	% INICIAL	HERRAMIENTA	METODOLOGÍA	SOLUCIÓN
Se cuenta con programas o planes de limpieza periódicos a las máquinas o equipos.	81%	Check List Diario	Es una herramienta que se utiliza para la comprobación sistemática de las acciones realizadas, para verificar el nivel de cumplimiento de la lista preliminar de actividades.	Es de vital importancia verificar o comprobar diariamente y de forma rápida el progreso de los objetivos establecidos es así como se debe aplicar lista de chequeo o plantillas de inspección para llevar un control de la periodicidad de realización de limpieza a las máquinas o equipos, y de la misma forma que no se repitan acciones erróneas en el mantenimiento. Estas listas de chequeo continua, ayuda a la empresa a monitorear y evaluar el estado actual de las máquinas y al mismo tiempo su disponibilidad operacional.
Se lleva un registro de las actividades de limpieza en las máquinas o equipos.		Ficha de Control de Limpieza	Es una planilla que se utiliza para medir y controlar las actividades que realizan las máquinas y equipos. Están basadas en información acerca de la limpieza y su periodicidad en que se va a ejecutar.	El operario audita las actividades de limpieza en cada máquina, llevándose un control o registro de la periodicidad de realización, con el fin de darle seguimiento y analizar los posibles puntos de mejora o soluciones a cada ficha de Control.
Se lleva el registro de cada uno de los mantenimientos realizados por máquina, para realizar seguimiento y control.		Método FMECA	Este método tiene como objetivo el análisis de fallo, efectos y criticidad, con el propósito de realizar un análisis minucioso de las operaciones de mantenimiento y el estado actual de las máquinas o equipos. Con esta herramienta se evalúa criterios	Este método ayudará a prevenir fallas y analizar los riesgos de un proceso, mediante la identificación de los efectos o la raíz causante de las fallas. Esto mejorara la confiabilidad y seguridad de la maquinaria y el proceso productivo.

		como: número de fallos, frecuencia, gravedad, evidencia y criticidad.	
Hay fichas Técnicas, que ayuden a un uso correcto de las máquinas o equipos.	N/A	N/A	N/A
Se dispone de herramientas para las actividades de mantenimiento y limpieza.	Las 5 S	Consiste en desarrollar actividades de orden y limpieza para un determinado proceso. La empresa deberá velar por un entorno de trabajo más organizado, con el propósito de establecer todas las herramientas y elementos de trabajo de acuerdo con las 5S.	Establece capacitaciones al personal de mantenimiento, con el propósito de inculcar una cultura organizativa, para mantener el lugar y las herramientas de trabajo en condiciones óptimas. Por medio de esta herramienta se va a detectar las deficiencias en las áreas de trabajo respecto a esta filosofía, ya que al analizar cada principio se encontrará herramientas en posiciones inadecuadas, desorden, falta de limpieza y clasificación o selección de los utensilios de trabajo.
El área de producción tiene bien definido el tipo de mantenimiento que pueden realizar a su maquinaria o equipo	N/A	N/A	N/A

<p>El mantenimiento de fácil comprensión para los operarios de producción.</p>		<p>Manuales de Procedimiento</p>	<p>Es un documento que brinda información detallada, ordenada y concreta de todas las instrucciones, responsabilidades acerca de las políticas, funciones, sistemas, descripciones de puestos, formas de evaluar los tipos de mantenimientos, periodicidad de lubricación en las máquinas. La empresa actualmente cuenta con manuales generales de puestos, pero no con manuales para cada área de trabajo, en donde se especifique todo lo expuesto anteriormente.</p>	<p>El operario podrá diligenciar la información que requiera, para mejorar el proceso de implementación del mantenimiento, en el cual puede existir retrasos, fallas operacionales, averías o hasta paros en el proceso de producción. Teniendo este manual la persona encargada podrá tener un guía para proporcionar una mayor disponibilidad en las máquinas y equipos.</p>
<p>El personal cuenta con conocimiento idóneo para identificar las fallas operacionales</p>		<p>Perfil de Puesto o cargo</p>	<p>Este documento describe detalladamente cada puesto en el departamento de mantenimiento tanto por funciones, responsabilidades y destrezas que debe de tener cada puesto.</p>	<p>Organizar cada perfil de puesto y tenerlo bien establecido desde el puesto de una persona del área de limpieza hasta una jefatura o gerencia,</p>

Es considerado el mantenimiento autónomo, como parte vital para atención eficaz de equipos.		N/A	N/A	N/A
---	--	-----	-----	-----

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 17. Propuesta de Análisis de Pilar Mejora Enfocada

ACTIVIDAD AUDITADA	% INICIAL	HERRAMIENTA	METODOLOGÍA	SOLUCIÓN
Se presentan pérdidas de tiempo por paros de mantenimiento programados y no programados.	67%	PDCA	Es una herramienta de autoevaluación para una mejora continua capaz de integrarse a la estructura de una optimización y gestión del mantenimiento	El objetivo del PDCA es asegurar la disponibilidad funcional de los equipos, apoyando a la gestión del mantenimiento para continuidad de las operaciones.
Existe un plan de acción para los paros de mantenimiento no programado.		SOTM	Es una herramienta, la cual describe las características y las acciones de mantenimiento por realizar a las máquinas y equipos. Además, en dado caso que se presente una falla se procede a realizar la Solicitud de Orden de Trabajo de Mantenimiento, de acuerdo con su prioridad de ejecución.	El objetivo es generar un registro y control diario, mensual y anual de cada mantenimiento realizado a las máquinas, con el propósito de documentar los trabajos y seguimiento que se les da a las máquinas.
Se lleva la documentación de fallas por equipo (días de paro, motivo de falla, duración de la falla)		Documento de registro diario (bitácora)	Es un registro de las actividades de soporte que se realizan en los equipos, ya sea para mantenimiento preventivo o correctivo, con el propósito de documentar cronológicamente cada tarea de mantenimiento.	Se realiza la bitácora, para que la persona encargada del puesto pueda tener documentado la información pertinente de cada actividad que se realiza, con sus respectivos tipos de mantenimiento que se efectuaron (mantenimiento preventivo y correctivo), o cualquier tipo de avería o falla operacional que presente los equipos.
Los paros por máquina o por		n/a	n/a	n/a

grupo de máquina, afectan el tiempo productivo.			
Se evalúa indicadores de paros por mantenimiento, para futuras planeaciones		Cálculo del OEE	Es un método que evalúa la eficiencia global de los equipos, en términos de eficiencia productiva, para la determinación de la capacidad disponible de cada equipo o máquina, para un periodo de producción determinado. Se contempla dentro del análisis los tiempos de paros, producidos por averías o fallas en el proceso.
Existe pérdidas de movimiento por acciones innecesarias de los operarios		FICHAS TÉCNICAS	La consulta a las fichas técnicas de las máquinas y equipos permite al operario verificar las características funcionales y documentación técnica de cada equipo, en caso de que se presente una falla operacional y consulte a la misma para saber la lista de repuesto que se utiliza de acuerdo con las especificaciones de los equipos.
Se controlan los tiempos por mantenimiento programado		SAP	Es un ERP, que le servirá a Fertica para el procesamiento de datos y para administrar de forma idónea las acciones de la
			Esto permite a la empresa, conocer el funcionamiento y eficiencia actual con el que operan los equipos, para tener una medición estándar de la capacidad de cada máquina. Esta información fiable en tiempo real les ayudara a los operarios de la planta, a saber, si se está operando a su máxima capacidad o nivel permitido, con el objetivo de tener una respuesta inmediata en dado caso que se presente lo contrario.
			La empresa Fertica, utiliza estas fichas como un catálogo de las especificaciones según el fabricante que se debe de utilizar en los repuestos de cada equipo. Esto ayudara, a tener una respuesta inmediata en caso de una avería, falla, o problema que se presente en las máquinas.
			Esta herramienta permite a la empresa gestionar, controlar y recopilar todo tipo de datos de la empresa y procesarlos para proporcionar a las diferentes áreas de la organización, la

<p>Se contempla tiempos ociosos que no son vinculados a los paros de mantenimiento</p>			<p>empresa como producción (área de Complejos), logística, inventario, contabilidad, mantenimiento.</p>	<p>información que requieran para la toma de decisiones, logrando así la maximización en el acierto en las decisiones empresariales, sean operativas o estratégicas. Además, esto permitirá a la empresa a trabajar por áreas organizacionales, pero también interactuar entre ellas. Así mismo, la información proporcionada es en tiempo real, siendo una ventaja para saber la anticipación de cambios que se pueda realizar.</p>
<p>Tienen identificados los equipos críticos y fallas recurrentes</p>		<p>Diagrama de ISHIKAWA , Análisis de ABC</p>		<p>La información que proporciona el análisis de los datos históricos de mantenimiento para los indicadores genera al gerente de mantenimiento los resultados de cada mes, para determinar las condiciones de mantenimiento para cada año, con el propósito de disminuir los costos operacionales y las fallas en las máquinas y equipos. En este caso se le sugiera a la empresa recurrir a una rutina diaria de inspección de las máquinas para tener un control y darle seguimiento. Así mismo, la implementación de mantenimiento predictivo y preventivo para la viabilidad económica de la empresa.</p>
<p>Existe inspecciones generales a las máquinas o equipos.</p>		<p>N/A</p>	<p>N/A</p>	<p>N/A</p>

<p>Existe un control e implementación de la lubricación para las máquinas y equipos.</p>		<p>CARTA DE LUBRICACIÓN</p>	<p>Esta carta de lubricación es un inventario, donde se caracterizan los puntos de lubricación, el cual detalla las actividades y las máquinas o equipos que se deben de lubricar en un tiempo establecido, con el fin de asegurar la confiabilidad durante la operación.</p>	<p>Esto ayudara asegurar la disponibilidad de los equipos, ya que permite que las máquinas y equipos no se desgasten, se agrieten, o se rompan por un mal manejo de la grasa o aceite. Para los operarios es de utilidad, ya que esta carta de lubricación les ayuda a saber el tiempo adecuado en que deben de realizarlo y la continuidad que se le tiene que dar a las instalaciones.</p>
--	--	-----------------------------	---	--

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 18. Propuesta de Análisis de Pilar Mantenimiento Planeado

ACTIVIDAD AUDITADA	% INICIAL	HERRAMIENTA	METODOLOGÍA	SOLUCIÓN
<p>La empresa desarrolla planes de mantenimiento programado</p>	<p>74%</p>	<p>bitácora de planes de mantenimiento</p>	<p>Es una herramienta de registro diario, semanal o mensual, en donde se llevan las actividades de mantenimiento que se realizan a los equipos, esta abarca el registro de las diversas acciones de soporte. Se procura realizar el mantenimiento preventivo en las máquinas, debido a que este tiene menor costo y es mejor porque se detecta la falla en su proceso inicial, en cambio el mantenimiento correctivo su costo operacional es muy alto y en algunas ocasiones los equipos ya se encuentran muy deteriorado, por ende, su arreglo es más complicado y su vida útil es menor.</p>	<p>Permite llevar un registro escrito de diversas acciones realizadas en un tiempo específico, estas ayudan a la empresa a saber en tiempo real las fallas operacionales que presentan los equipos y de la misma forma es un control para saber el tipo de mantenimiento que se le ha aplicado a cada instalación, y poder llevar un control exhaustivo del mantenimiento.</p>

Existe un encargado para la gestión de mantenimiento planificado	N/A	N/A	N/A
Se cumplen las actividades de mantenimiento programado el día establecido.	Cronograma o Calendario de planificación de actividades de mantenimiento	Es una herramienta que sirve para especificar todas las tareas o acciones que se deben de realizar para completar un determinado proyecto. En Fertica, se elabora un diagrama de Gantt, donde se establece cuanto tiempo va a costar a la organización que los recursos lleven a cabo cada proceso, por esta razón se establecen días específicos para el mantenimiento de las máquinas y equipos son mensuales, semanales y anuales.	Esto beneficiara a la empresa, ya que sirve de guía para establecer el grado de avance en la consecución de objetivos tomando en cuenta las restricciones y las incertidumbres, Además comprende la realización de toda la secuencia lógica para hacer realidad los resultados o reajustar continuamente lo necesario para gestionar los recursos, costes u objetivos de cada proyecto. Para la empresa Fertica es de gran utilidad, esto porque ellos por medio de esta herramienta llevan un control de las actividades planificadas que se debe de realizar, esto mejora la disponibilidad de los equipos y su vida útil para un óptimo funcionamiento.
Existe sinergia para la planeación de las actividades de mantenimiento entre el área de mantenimiento y producción.	PCM	Es una herramienta que trabaja con procesos para llevar a cabo la planificación, programación y control del mantenimiento, realizando así toda la gestión estratégica de todos los procesos y recursos necesarios para optimizar y asegurar el perfecto funcionamiento de los equipos de la planta.	ellos se encuentran la optimización de tiempos, el aumento de la productividad, la garantía de disponibilidad de equipos mediante paradas programadas y el logro de metas mediante planes correctivos el objetivo siempre será mejorar el funcionamiento y asegurar el perfecto funcionamiento de los activos.
Se lleva a cabo documentacion	bitácora de Mantenimiento	Es una herramienta de registro, en la cual se anotan las actividades que se	Esto beneficiará a la empresa, debido a que organizará las actividades de acuerdo con su

<p>es de los progresos realizados por parte del mantenimiento</p>		<p>realizan en el departamento de mantenimiento (equipos), este documento se lleva en Excel, en el cual se crea una columna para detallar las actividades de los planes de mantenimiento y una fila para definir los días que se establecieron para la implementación, en este reporte en caso del equipo presentar una falla operacional, se hace una descripción de lo ocurrido y un diagnóstico de solución a la falla.</p>	<p>orden cronológico, facilitando a la empresa la revisión de los contenidos.</p>
<p>Se considera aspectos como herramientas, repuestos y personal, necesario para la ejecución de las actividades de mantenimiento planeado</p>	<p>Inventario de Repuestos</p>	<p>Es una lista que se genera en Excel, con el propósito de representar todas aquellas partes y piezas que se encuentran almacenadas en el inventario de la bodega de la Planta de Complejos.</p>	<p>Esta herramienta permite a la empresa, saber en tiempo real las cantidades y tamaños disponibles de las piezas de los equipos, con el fin de apoyar logísticamente actividades de mantenimiento para alcanzar los objetivos fijados.</p>
<p>Se considera las recomendaciones de fabricante para intervención en los equipos</p>	<p>Catálogo de Equipos</p>	<p>En Fertica, cuando se adquiere un equipo el proveedor entrega un catálogo o un manual con las especificaciones y el mantenimiento que se le debe de realizar, en cuanto a la lubricación, tamaño de piezas, condiciones o generalidades del funcionamiento del equipo.</p>	<p>El catálogo permite conocer y localizar las generalidades del funcionamiento de los equipos, de la misma forma le proporcionará al encargado de mantenimiento las especificaciones y características de cada equipo.</p>

<p>Se evalúa constantemente las actividades de mantenimiento con prioridad de realización</p>	<p>Matriz de Criticidad para los equipos</p>	<p>Es un método que permite cuantificar las consecuencias o el impacto que tienen las fallas en el proceso , y la frecuencia con que se presentan los paros en el proceso productivo.</p>	<p>Esta Técnica, permitirá a Fertica poder identificar los paros que presentan mayor incidencia en el proceso y los fallas con mayor frecuencia en las operaciones, además que permite saber el nombre del equipo que tiene mayor afectación en su operación de acuerdo con la criticidad. Por otra parte, esto ayudara a establecer tareas de mantenimiento en aquellas áreas que están generando mayor repercusión en la funcionalidad, confiabilidad, mantenibilidad, riesgos y costos totales.</p>
<p>Considera el uso de métodos o herramientas para el desarrollo de planes de mantenimiento, mediante el conocimiento de la condición de los equipos (lista de chequeo)</p>	<p>N/A</p>	<p>N/A</p>	<p>N/A</p>

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 19. Propuesta de Análisis de Pilar Educación y Entrenamiento

ACTIVIDAD AUDITADA	% INICIAL	HERRAMIENTA	METODOLOGÍA	SOLUCIÓN
La empresa considera capacitaciones periódicas como refuerzo para las actividades de mantenimiento	61%	N/A	N/A	N/A
Se destinan recursos para la gestión de capacitaciones al personal.		N/A	N/A	N/A
La gerencia da importancia al tema de capacitaciones al personal.		N/A	N/A	N/A
Se lleva a cabo inducción y seguimiento al personal nuevo en el desempeño de las actividades de mantenimiento		Capacitaciones Periódicas por medio de talleres, conferencias.	Las capacitaciones son un método para transmitir conocimiento, habilidades, actitudes a las personas en sus puestos de trabajo. En Fertica se realiza capacitaciones periódicas, cuando ingresa un equipo nuevo o cuando surgen filosofías, métodos o nuevas técnicas de mantenimiento, las cuales se debe de brindar una inducción para que el personal	Esto permitirá el aumento de la productividad, eficiencia y calidad de trabajo, ya que permite adquirir conocimientos teóricos y prácticos, logrando que las personas actualicen sus conocimientos y adquieran nuevos, de esta forma se le facilitara su capacidad de respuesta ante los cambios del entorno o de sus requerimientos laborales para una mayor preparación día a día , esto ayuda a disminuir la necesidad de supervisión, mejora la estabilidad de la organización y su flexibilidad, además por medio de las capacitaciones permite al

		de mantenimiento conozca las nuevas teorías.	personal la toma de decisiones y el logro de metas individuales.
Se tienen actas de actividades realizadas para transmitir conocimiento sobre métodos de mejora en las actividades de mantenimiento entre el personal	Tablero de Kanban	Esta herramienta sirve para gestionar y organizar el tiempo disponible, través de un tablero, en el cual se crean actividades, se visualiza el trabajo que está en ejecución, se asigna tareas, y ordena las tareas según los estados de avance en que se encuentre cada actividad.	Esta herramienta permite tener un mayor control y orden con las actividades planeadas, con el objetivo de visualizar las actividades de trabajo, limitar la acumulación de tareas pendientes y maximizar la eficiencia o el flujo de trabajo, ya que hay que priorizar las tareas en curso y terminarlas antes de comenzar con otras nuevas.
Se hace uso de manuales para el funcionamiento adecuado de los equipos.	N/A	N/A	N/A
Se le entrega al personal documentos que apoyen al conocimiento sobre la operatividad de las máquinas	N/A	N/A	N/A

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 20. Propuesta de Análisis de Pilar Control Inicial

ACTIVIDAD AUDITADA	% INICIAL	HERRAMIENTA	METODOLOGÍA	SOLUCIÓN
Existe un programa tecnológico de mantenimiento, con el fin de obtener una mejora continua en los procesos y estandarizarlo.		SAP	Este programa tecnológico, sirve para poder organizar los datos de toda índole en una plataforma, para poder compartir la información de cada departamento.	Esto beneficiará a la empresa, ya que permitirá el control y manejo de la información en tiempo real, evitando tiempos y movimientos innecesarios o una manipulación errónea de los datos, además disminuirá la cantidad de datos incorrectos.
La empresa cuenta con actividades puntuales para reducir el deterioro de las máquinas.		Planes de mantenimiento	Es un elemento en un modelo de gestión de activos, que permite definir los programas de mantenimiento a los activos de acuerdo con su necesidad o falencia operativa.	La solución que brindará es mejorar la efectividad en las funciones de los mismo en las tareas diarias, semanales o mensuales y de igual manera definir la periodicidad o frecuencia con que se debe de implementar cada plan.
El operario realiza las actividades programadas, para prolongar la vida útil de las máquinas.		N/A	N/A	N/A
En la empresa se sigue las recomendaciones del fabricante, para el buen funcionamiento de las máquinas.		N/A	N/A	N/A
Existe un plan de contingencia para las máquinas y equipos, en dado		N/A	N/A	N/A

caso que la máquina que se haya dañado, no se encuentre en la bodega el repuesto.			
Existe un sistema de detección de fallas operacionales en las máquinas y equipos.	ANDON	Es un sistema utilizado para alertar o detectar de manera visual los problemas en un proceso de producción, en caso de encontrarse con un defecto, avería o falla en la cual se tenga que detener por despilfarros.	Facilitará la toma de decisiones, como la interacción de hombre-máquina, proporcionando al mismo tiempo información acerca de cómo su desempeño influye en los resultados, logrando así tener una cantidad mínima de anomalías en el proceso.

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 21. Propuesta de Análisis de Pilar Aseguramiento de la Calidad

ACTIVIDAD AUDITADA	% INICIAL	HERRAMIENTA	METODOLOGÍA	SOLUCIÓN
Se aplica la norma del seguro del riesgo del trabajo, para la inspección, control y vigilancia de la producción de fertilizantes químicos.	66%	Lista de chequeo para evaluar el cumplimiento de la norma	Son una herramienta de listado de control que permite a la empresa evaluar el nivel de cumplimiento de los requisitos de la norma de Salud de riesgos laborales.	Esto permite a la empresa, saber el estado actual de la empresa y el nivel o grado de cumplimiento hacia la norma. Además de que deja plasmado el cumplimiento del objetivo a los que se quiere llegar por medio de las observaciones visualizadas en cada área de acuerdo con la norma.

<p>Se da el cumplimiento a la norma ISO 9000 del sistema de gestión de calidad</p>		<p>Manual de Calidad de las normas ISO para el cumplimiento</p>	<p>Es un documento que sirve para establecer los objetivos y los estándares de calidad que debe de cumplir una organización. Describe las políticas de calidad. Herramientas o instrumentos con los cuales la empresa lograra cumplir sus objetivos, alcance, procedimientos de la gestión de calidad, generalidades de la empresa como misión, visión, valores respecto al área de calidad.</p>	<p>El propósito con esta elaboración del manual es para saber el nivel de cumplimiento que tiene la empresa, y tener el resultado de la auditoría de calidad aplicada, para proceder aplicar las mejoras respectivas.</p>
<p>La empresa aplica la norma 18000 OHSAS de sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional.</p>		<p>Manual de procedimientos de las normas ISO para el cumplimiento (guía)</p>	<p>Es un documento de registro del sistema de control interno, el cual se crea para proporcionar y obtener información detallada, sistemática e integral en la cual contiene las políticas de calidad, instrucciones, funciones, sistemas y procedimientos de las distintas operaciones, con el fin de evaluar y mejorar las normas existentes de acuerdo con las normas ISO 18000.</p>	<p>A Fertica le ayudará en sus operaciones, ya que facilitará la capacitación y adiestramiento del personal, permite darles un control y seguimiento a las políticas actuales de la empresa y de igual forma proponer nuevas normas actualizadas de la ISO 18000.</p>
<p>Se da el cumplimiento a la norma ISO 14000 de la protección del medio ambiente</p>				
<p>Se tienen demarcadas las zonas por donde transita el personal</p>		<p>Guía de las normas INTECO</p>	<p>Es un documento que establece normas, leyes, requisitos, especificaciones, directrices, procedimientos o características, que tienen como objetivo</p>	<p>Esta guía permitirá a la empresa saber si las reglas actuales están siendo aplicadas de una forma correcta para tener un ambiente y entorno de trabajo seguro y con las óptimas condiciones,</p>

y los equipos de manutención.		garantizar que una empresa cumpla con las normas de salud y seguridad.	además se encarga del proceso de normalización, que se refiere al proceso de formular y aplicar las reglas de una actividad en específico.
Se aplica las normas de salud ocupacional en la empresa			

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 22. Propuesta de Análisis de Pilar Eficiencia Administrativa

ACTIVIDAD AUDITADA	% INICIAL	HERRAMIENTA	METODOLOGÍA	SOLUCIÓN
La empresa cuenta con los perfiles de puestos definidos de acuerdo con su función.	45%	Manual de Perfiles de puesto	Es un manual descriptivo de responsabilidades que describe las actividades y funciones que debe de realizar cada trabajador de acuerdo con su departamento, así como también sus interrelaciones con otras áreas. En Fertica no existe un manual de puestos, ya que lo único que existe es un organigrama jerárquico. Cada descripción de puesto contiene el nombre del puesto, Encargado del puesto, Requisitos Mínimos, descripción general y específica, relaciones de trabajo.	Este manual será de gran ayuda para la empresa, porque será un documento de referencia para todos los puestos de trabajo, además de que facilita el proceso de reclutamiento y selección de personal de Gerencia de Recursos Humanos, establece una herramienta administrativa que contiene toda la información de cada puesto de trabajo de acuerdo con el Organigrama, facilita la inducción al trabajo del nuevo personal.

Existe un formato en donde se evalúa el desempeño del personal de mantenimiento.		Método de escala gráfica	Es un método que evalúa el desempeño de los integrantes de un puesto, mediante factores de evaluación previamente definidos y graduados. La empresa deberá de realizar ítems para cada factor y una escala sea numérica o cualitativa para dar un porcentaje de cumplimiento del desempeño y poder mejorar las debilidades encontradas.	Le proporciona a la empresa un seguimiento y control de desempeño de cada trabajador de la empresa, en un plazo de tiempo corto, se puede identificar las debilidades de cada empleado en determinadas actividades y seleccionar los empleados que cumplen con las condiciones para desarrollar dicho trabajo, permite dar mayores oportunidades de ascenso, seguimiento del personal, logrando estimular la productividad en la empresa.
Existe un plan de productividad para cumplir con la producción meta de la empresa.		Goal Enforcer	Es una herramienta de software de planificación de objetivos, el enfoque y el cumplimiento de metas. Esta app muestra una sección de códigos de colores, informes de estado, gráficas de progreso, calendario de actividades	Le permite a Fertica, establecer y realizar un seguimiento de los objetivos, subjetivos, tareas y subtareas, para llevar un control del paso a paso del cumplimiento de la Toneladas métricas que se van cumpliendo.
Se realiza el seguimiento y control de las actividades de mantenimiento.		Trello	Es una herramienta para la gestión de proyectos que utiliza un modelo Kanban, en donde se puede asignar las tareas a cada persona y dentro de cada tarjeta se puede adjuntar documentos, imágenes, crear y diseñar una lista de tarea de acuerdo con su prioridad, añadirle una descripción a cada tarea y ponerle un tiempo límite.	Permite tener un orden en las actividades de mantenimiento, agiliza el procesamiento de la información y de la misma forma el compartimiento de esta, este software constantemente tiene actualizaciones, además contiene recursos, ideas, actividades pendientes, actividades en proceso, siguiente actividad, Revisión y seguimiento y actividades finalizadas.
Existe una adecuada		N/A	N/A	N/A

recolección de información en el departamento de mantenimiento.				
Las averías o fallas en las máquinas generan atrasos en la entrega a los clientes.		Justo a Tiempo	Es una filosofía que tiene como principal objetivo, organizar, planear y gestionar la producción en una empresa, además esta planifica la cantidad necesaria (materia prima) y la logística que lleva el producto, para que sea entregado en el tiempo adecuado y al destino previsto.	Esto permitirá eliminar las tareas que no aporten nada al proceso productivo y ofrecer un servicio con mayor satisfacción al cliente con entregas en los tiempos establecidos, sin influencia de las fallas operacionales.

Nota: Autoría propia (2021)

Como solución a la actividad auditada del pilar de pérdidas de tiempos por paros de mantenimiento, Es diseñar un PDCA, con el propósito de mejorar continuamente la gestión de mantenimiento y llevar un control de las actividades y el proceso de mantenimiento. Esta herramienta de mejora continua sirve para estandarizar la información y reducir la raíz de los problemas que influyen en la toma de decisiones, entregando resultados concisos y consistentes de acuerdo con los paros programados y no programados en los equipos o máquinas de la Planta de Complejos. Es importante aplicar un ciclo de Deming, cuando exista un problema en un área determinada, esto con el propósito de disminuir fallas, riesgos potenciales, aumento de eficacia y eficiencia y plantear la solución del problema.

1. P: Plan. Planificar

En esta parte se describe la raíz del problema y se organiza quienes lo van a realizar, cuando, con qué recursos contarán, como se va a llevar a cabo y cuáles son los indicadores que utilizarán para medir el resultado en comparación con los objetivos.

1.2 Técnica 4W1H

Por medio de esta técnica se definirá el problema de una forma más detallada, respondiendo estas interrogantes, Qué, Dónde, Cuándo, Quien, como.

2. D: Do. Hacer

En esta parte se pone en marcha el análisis para saber cuál es la principal causa que afecta la pérdida de tiempo de los paros programados y no programados, para luego implementar las soluciones para reducir o contener el problema.

2.1 Estudio de Tiempos y movimientos

Para la determinación de los tiempos estándares de cada una de las actividades de un proceso, en este caso se llevará un análisis y un registro de los tiempos de paros programados y no programados y de la misma forma se estipulará las pérdidas de tiempo innecesario que no aportan un valor agregado al proceso final.

2.2 Lista de chequeo

Se realizará esta lista de chequeo para evaluar si la empresa cuenta con un programa de detección de las pérdidas de los paros programados y no programados, si existe un método para el registro de pérdidas de los paros, si las personas han sido entrenadas para identificar qué tipo de paro se presenta en el proceso y están los tiempos estandarizados para el proceso.

3.C: Check. Verificar

En este apartado se crean herramientas para encontrar o verificar la raíz del problema y sus posibles soluciones:

3.1 Lluvia de ideas

Es una actividad donde se discute un tema y los involucrados generan ideas o propuestas sobre el tema dado, se puede llevar a cabo por medio de conferencias con el departamento de mantenimiento y el día que se lleva acabo se documenta la información.

3.2 Diagrama de causa y efecto:

Se realiza este diagrama para determinar el problema, por medio de factores que están involucrados en el proceso, para determinar de forma específica cada problema de cada factor en el proceso.

1. Se describe el problema dentro del rectángulo por medio de la técnica 4W1H.
2. Se definen los factores que a evaluar: máquinas, mano de obra, método, materiales y medio ambiente.
3. Escribir la lluvia de ideas dentro de cada línea secundaria del diagrama, se debe de colocar de acuerdo con cada factor.

3.3 Análisis de los 5 Porqués

Este método permite realizar preguntas para indagar acerca de las relaciones de causa-efecto que genera un problema específico, identificando la raíz del problema por medio de la estructura de los "5 porque".

Como solución a los indicadores de paros por mantenimiento para futuras planeaciones, se realiza el cálculo del OEE, para la determinación de la eficiencia productiva de los equipos de la Planta de Complejos. El beneficio que este método aporta a la empresa es que mide un indicador con base a los parámetros de disponibilidad, rendimiento y calidad.

Se dice que engloba todos los parámetros fundamentales, porque del análisis de las tres razones que forman el OEE, es posible saber si lo que falta hasta el 100% se ha perdido por disponibilidad (la maquinaria estuvo cierto tiempo parada), eficiencia (la maquinaria estuvo funcionando a menos de su capacidad total) o calidad (se han producido unidades defectuosas). (Cruelles, 2010).

Una de las soluciones para la falta de documentación informativa para los operarios para la manipulación y control de las máquinas y equipos, es realizar las fichas técnicas como un documento de consulta, en donde los operarios puedan verificar y observar las características funcionales y técnicas de los equipos y actuar de forma inmediata en caso de que se presente una anomalía.

Las partes que conforman la ficha técnica son nombre del equipo, especificaciones técnicas o características del equipo, función que realiza en el proceso, averías o anomalías comunes, lista de repuesto o partes del equipo, repuestos comunes y proveedores de los repuestos.

Por otra parte, para dar solución al problema de la documentación de las fichas técnicas, se diseña un modelo de manual de procedimiento, que sea de fácil comprensión para la persona que los llene y de la misma manera se pueda seguir paso a paso como se registrara la información. Se mostrará una tabla que indica cómo gestionar los manuales de procedimiento:

Tabla 23. Procedimiento para un Manual de Procedimiento

Concepto
Este formato es un documento en donde se registra la información de forma detallada, sistemática y ordenada de las máquinas y equipos.
Objetivo
Explicar cómo deben seguir las instrucciones y procedimiento para obtener la información de una manera concisa y luego poder sustraerla para la elaboración de las fichas Técnicas.
Propósito
<p>Proporcionar resultados concisos mediante la realización de la información prescritas en el manual de procedimiento.</p> <p>Crear un procedimiento o instructivo para obtener la información.</p> <p>Garantizar que la información proporcionada sea transferida a los demás involucrados.</p>
Beneficios
<p>Permite documentar el proceso de desarmar una máquina o equipo para poder saber las características y el tamaño de cada pieza y conocer los elementos que los componen.</p> <p>Permite establecer el procedimiento a seguir, en caso de que la persona no conozca los pasos para el desmontaje.</p>
Proceso de Gestión y creación del procedimiento
Diseñar un procedimiento o instructivo
Entrenar e implementar el procedimiento
Revisar que este estipulado todas las partes del procedimiento
Información General

Nombre del equipo
Proveedor
Modelo del equipo
Marca del equipo
Serie del equipo
Función
Averías comunes

Nota: Autoría propia (2021)

Figura 39. Manual de Procedimientos

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS						Fecha:
						Versión:
						Código de Equipo:
1.0 DATOS GENERALES						
Nombre del equipo			Función			
Proveedor			Averías Comunes			
Modelo del equipo						
Marca del equipo						
Serie del equipo						
2.0 CONSIDERACIONES PREVIAS ANTES DE REALIZAR LAS LABORES DE DESARMADO						
Verificar el orden y aseo del área donde se va realizar el desmontaje del equipo						
Verificar el buen estado de las herramientas e instrumentos de medición						
Registrar componentes o partes faltantes del equipo						
Notificar si una pieza se encuentra en mal estado para proceder a realizar el cambio						
Motivo de arribo		Contabilizar y ver las especificaciones de cada pieza		Falla en el Equipo		Cambio de piezas
3.0 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS						
4.0 PROCEDIMIENTO DE DESARMADO						
Actividad 1			Actividad 6			Actividad 11
Actividad 2			Actividad 7			Actividad 12
Actividad 3			Actividad 8			Actividad 13
Actividad 4			Actividad 9			Actividad 14
Actividad 5			Actividad 10			Actividad 15
EVALUACIONES DE PARTES O COMPONENTES (OBSERVACIONES):						
LISTA DE REPUESTOS ,RESPUESTOS MAS COMUNES:						

Nota: Autoría propia (2021)

El tema de evaluación de la situación actual de la empresa, en este caso de acuerdo con la actividad auditada que es si la empresa cuenta con programas o planes de limpieza periódicas a las máquinas, se lleva a cabo por medio de listas de chequeo, en la cual se establece una serie de ítems de acuerdo con los pilares del TPM. En este caso la empresa no realiza auditorias del área de mantenimiento, es así como se le sugiere establecer este tipo de evaluaciones semanales, mensuales y anuales para llevar un control en los activos de la empresa.

Esto permitirá establecer los puntos débiles o deficientes que tiene la empresa y poder dar una solución a los mismos, en este caso por medio de esta lista se asignara un porcentaje de acuerdo con cada ítem de las actividades auditadas se establece una puntuación del 1 al 3 en donde los porcentajes son considerado malo, regular y bueno, eso dependiendo de la situación actual de la empresa, así mismo se realiza observaciones acordes a los procedimientos actuales por parte del departamento de mantenimiento. Así mismo esta valoración genera un porcentaje el cual es sacado por medio del número de ítems multiplicado por el número mayor de la valoración de puntos en este caso 3, una vez obtenido este resultado se saca el % para saber el nivel de cumplimiento de las actividades enfocada en cada pilar. Una vez realizada la lista de chequeo se procede realizar un cuadro en donde se evalúa el porcentaje inicial obtenido de la lista de chequeo, la herramienta de sugerencia para actividad auditada, la metodología que es la forma o definición de cada herramienta y por último la solución que explica el objetivo y beneficio que tiene implementar el método en la empresa.

Cada herramienta es una propuesta, a cada problema, sin embargo, existe herramientas que la empresa utiliza para llevar el control de la información, pero no se implementa de la mejor manera posible, es por esta razón que por medio de la aplicación de cada propuesta se llegara a obtener un resultado final en porcentaje con la mejora aplicada. Esto permite a la empresa saber qué tipo de técnica se debe de utilizar de acuerdo con cada problema y cuál es su beneficio e impacto que tiene la misma, así mismo le permite tener una información más certera y concisa para la toma de decisiones.

Como solución al registro de las actividades de limpieza en las máquinas o equipos, se le propone a la empresa como herramienta la implementación de las fichas de control de limpieza, que consisten en establecer inspecciones periódicas , por medio de un formato de rutina de limpieza a cada máquina, esto con el fin de conocer el estado actual de los factores a evaluar de cada máquina, así mismo se establecen acciones correctivas de acuerdo al estado en que se considere cada máquina (Bueno , Reparable , Descartable).

Figura 4021. Formato de Rutina

FORMATO DE RUTINA				
MÁQUINA:	ÁREA:			
PROCESO:	FECHA:			
RESPONSIBLE DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS:	AUDITADO POR:			
INSPECCIONES	ESTADO			ACCIONES CORRECTIVAS
	BUENO	REPARABLE	DESCARTABLE	
SUCIEDAD	ACEITE	x		Los aceites y grasas utilizados son con las características técnicas ya decuadas y resistente para la protección del equipo
	FUGAS		x	
	POLVO	x		Los equipos estan diseñados para agintra los nivels de polvo
TREPIDACIÓN	DESGATE	x		El desgata de una de las funciones objetivas ene le uqipo para evitar el desgata
	DEFORMACIÓN		x	Replazo por medio de un mantenimiento correctico, porque pierde sus propiedades técnicas
	CORROSIÓN	x		Deberan llevar un tratamiento anticorrosivo
ANORMALIDAD	RUIDO		x	se detecta por medio de un detector de ruido
	TEMPERATURA	x		existe un programa de toma de tempertura diaria en la maq y equipo con un termometro
	VIBRACIÓN		x	Si se ilva pero con empresa otspring
	PRESIÓN	x		atarves de manometros de presion y presiones hidraulicas
ADHERENCIA	DESPEGADO			
	FALTA DE ACEITE			
LUBRICACIÓN	ENGRASADOS			
AJUSTES				

Nota: Autoría propia (2021)

Como solución al problema de registro de las actividades de limpieza en las máquinas y equipos, se le propone a la empresa implementar el método FMECA para identificar el modo de fallas y efectos y poder predecir las fallas en los procesos.

Es importante este método, ya que permite encontrar las posibles fallas de los equipos, evaluar los niveles críticos, establecer sistemas de confiabilidad para encorar las fallas y proponer oportunidades de mejora para el correcto funcionamiento de los equipos.

Existen diferentes tipos de FMECA:

FMEA Sistema: Esta centrado en el funcionamiento, en este caso se enfoca en el programa SAP, en las fallas por perdida de funcionalidad, y la forma en que se produce la falla, es decir la raíz del problema.

FMEA proceso: Centrado en el área de la planta de complejos que sería la producción y el mantenimiento de los equipos, el montaje, revisión, ajustes, inspecciones, etc.

FMEA diseño: Este está basado en la gestión de los riesgos que conlleva un problema, es decir sería el área de proyectos de una empresa, en donde se propone soluciones al modo de falla encontrado.

Para el FMECA se realiza teniendo en cuenta los siguientes criterios de selección:

Tabla 24. Criterio de Evaluación para el FMECA

EFEECTO	RANGO	CRITERIO O DETALLE
Frecuencia de fallas	De un rango de 1 a 5	Sumamente probable, improbable, posible, probable, frecuente
Tasa Operativa	Calificación va de 4 en 4 (1, 4, 8, 12)	Productividad alta, media, baja, no aceptable
Impacto sobre el proceso	Calificación va de 3 en 3 (1, 3, 6, 9, 12)	Pérdida máxima o superior 75%, Pérdida intermedia entre 50% y 74%, Pérdida de producción entre 25% y 49%, Pérdida de producción entre 10% y 24%, Pérdida de producción menor al 10%
Calidad	Calificación va de 2 en 2 (2, 4, 6, 8)	Decisiva, Importante, Sensible, Nula
Horas de paro mensual	Calificación va de 3 en 3 (3, 6, 9, 12)	Alto, intermedio, Medio, bajo

Nota: Autoría propia (2021)

Una vez establecido los factores se procede a detallar la frecuencia de aparición de las fallas de forma cuantitativa y cualitativa, dando una calificación de acuerdo con cada detalle.

Establecimiento de criterios: La definición de los criterios a evaluar en el análisis de criticidad se debe realizar de acuerdo con los datos proporcionados por la empresa y además adecuarlos al objetivo que se quiere lograr con dicha aplicación.

Esto con el fin de determinar el impacto del equipo en diferentes factores que se consideran relevantes para la empresa en términos de económicos y de productividad.

Por otra parte, un punto importante a considerar para la definición de los criterios es la documentación de datos históricos por la empresa, para obtención de valores como el tiempo total de paros, tiempo disponible, eficiencia requerida. Además, este registro no especifica el tipo de falla en los equipos, costos de mantenimiento ni la lista de repuestos más comunes.

Así mismo, se tomó en consideración los siguientes criterios de selección:

Tabla 27. Frecuencia de Aparición

Fallas		
Frecuencia aparición		
Característica	Detalle	Calificación
Sumamente improbable	1 evento en 3 meses	1
Improbable	1 evento en dos meses	2
Posible	1 evento al mes	3
Probable	2 eventos al mes	4
Frecuente	3 o más evento al mes	5

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 28. Tasa Operativa

Producción		
Tasa operativa		
Característica	Detalle	Calificación
>64%	Productividad alta	12
entre 55% y 63%	Productividad media	8
entre 54% y 62%	Productividad Baja	4
53%>	No Aceptable	1

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 29. Impacto Sobre el Proceso

Producción		
Característica	Detalle	Calificación
Pérdida Máxima o Superior 75%	Genera un paro total del Proceso	12
Pérdida intermedia entre 50% y 74%	Impacta significativamente en los tiempos de entrega de producto al cliente	9
Pérdida de producción entre 25% y 49%	Genera paros en cadena sobre el sistema o subsistema	6
Pérdida de producción entre 10% y 24%	Impacta sobre los niveles de inventario	3
Pérdida de producción menor al 10%	No genera ningún efecto significativo sobre el proceso	1

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 30. Impacto Sobre el Producto

Calidad		
Característica	Detalle	Calificación
Decisiva	Productos con impacto negativo en el mercado	8
Importante	Productos con fallos en el proceso interno	6
Sensible	Productos que han sido manipulados de forma incorrecta y presentan anomalías	4
Nula	Productos sin ningún fallo en el proceso	2

Nota: Autoría propia (2021)

Una vez que se establezcan estos criterios, se procederá a realizar un análisis de criticidad tomando en consideración los factores a evaluar para obtener al final el grado de criticidad de los equipos por color (rojo, amarillo y verde), esto le

permitirá a la empresa establecer un nivel de importancia a las máquinas de acuerdo con las fallas, producción, calidad, mantenimiento y seguridad.

Así mismo se debe de calcular la tasa de operatividad, que está basado en disponibilidad actual, disponibilidad deseada, horas operativas reales, horas de mantenimiento actuales y diferencia de las horas de mantenimiento.

Figura 4122. Cálculo Tasa Operativa

Calculo Tasa Operativa													
Equipo	Banda	Caldera	Elevador	Enfriador	Reactor de Esf	Granulador	Molino	Quemador	Reactor	Recubridor	Tamiz	tanque de loc	Tolvas
Disponibilidad actual													
Disponibilidad deseada													
Horas operativas reales													
Horas de mantenimiento calculadas													
Horas de mantenimiento actuales													
Diferencia de las horas de mantenimiento													

Nota: Autoría propia (2021)

Figura 4223. Análisis de Criticidad

ANÁLISIS DE CRITICIDAD								
EQUIPO	FALLAS	PRODUCCION		CALIDAD	MANTENIMIENTO		SEGURIDAD	VALOR DE CRITICIDAD
	Frecuencia aparición	Tasa operativa	Impacto sobre el proceso	Impacto sobre la calidad del producto	Horas de paro mensual	Grado de especialidad técnica	Impacto en la seguridad o medio ambiente	

Autoría propia (2021)

Para dar solución al problema de disposición de las herramientas para las actividades de mantenimiento, se plantea utilizar una filosofía japonesa como lo es las 5'S para establecer un procedimiento que permita mejorar el rendimiento, eficiencia y finalmente mejorar la productividad del lugar de trabajo. Esto le servirá a la empresa porque le permite ordenar y limpiar la zona de trabajo que se encuentre desorganizada, estandarizar los métodos o técnicas de trabajo, clasificar las herramientas y aplicar la autodisciplina en los procesos operativos.

A continuación, se describe cada partido encargado de dar forma la herramienta 5s:

1. Clasificar:

En esta etapa se separa los artículos necesarios de los que son innecesarios para establecer un orden:

Bodega de materiales:

- Se clasifica los materiales que se reutilizan y los que no sirven se almacenan aparte.
- Se verifica el inventario en stock de repuestos y los materiales que no sean necesarios se trasladan a otro sitio

Mantenimiento:

- Se almacenan los documentos que son de gran valor para la empresa y se verifica los documentos que no tienen validez para desechar
- Se clasifican o se separan los manuales de los equipos que se encuentran vigentes en la empresa, y los catálogos de los equipos que no estén se almacenan en un lugar para eliminarlos.
- Las herramientas e instrumentos se clasifican por estado físicos, si una herramienta está en mal estado (oxidación y herrumbre), se procede a botarlos.

2. Ordenar

Esta etapa consiste en colocar los artículos necesarios en un acceso visible y a fácil acceso para la utilización, con el objetivo de tenerlos a disposición y simplificar el proceso de mantenimiento.

Localización: Organizar en una bodega o un mueble las herramientas o instrumentos de medición.

Etiquetar: Etiquetar la bodega por color, por nombre y por características de cada herramienta para distinguir de forma fácil cada una de ellas y especificar la función que realiza cada herramienta para que a la hora de que el operario vaya a utilizar una herramienta sepa con claridad cuál es la correcta.

Espacio: Designar un espacio considerable para el almacenamiento de las herramientas e instrumentos de medición (ancho, altura, volumen).

Organizar: Establecer el orden en documentos, folder, catálogos de las máquinas, SOTM, bitácora de mantenimiento y todos los documentos pertinentes.

- Organizar las herramientas y equipos de precisión, equipos de protección personal del taller de precisión.
- Hacer una biblioteca de documentos en donde se etiqueten y se clasifiquen todos los documentos vigentes de la empresa
- Se tiene ordenado el área de soldadura, mecánica industrial, eléctrica taller equipo móviles instrumentación
- Revisar que Cada ficha de control se tiene para las medidas estándares de cada componente
- Demarcaciones de cada área de trabajo con líneas amarillas
- implementación de placas de señalización
- Diseñar las líneas donde debe de transitar el operario y la máquina

El objetivo de esta etapa es organizar el espacio de trabajo para disminuir los tiempos y movimientos innecesarios y ahorra tiempo para utilizarlo en otras actividades para esto se establece una tabla de criterios para ordenar todos los utensilios de acuerdo con su grado de utilización.

Tabla 31. Frecuencia de Utilización de las 5'S

Frecuencia de uso o utilización	Donde ubicarlo
En todo momento	A la par del operario junto a la mesa de trabajo
Varias veces al día	A una distancia considerable del operario que este a fácil acceso
Varias veces por semana	En un estante cerca del área de trabajo
Algunas veces al mes	Almacenar en un área en la cual se encuentre rotulada y no necesariamente tan cerca del operario
Algunas veces al año	En la bodega de stock de materiales

Nota: Autoría propia (2021)

3. Limpiar

- Esta área consiste en aplicar una metodología de limpieza en todas las áreas de mantenimiento para que trabajen en condiciones óptimas y tengan un mayor desempeño.
- Identificar que cada área este ordenada y limpia
- Realizar inspecciones periódicas del estado de suciedad de los diferentes departamentos
- Limpiar de utensilios, herramientas de la presencia de grasa, suciedad o corrosión.

- Limpieza de armarios, mueble, bodega deben estar debidamente ordenados y limpios
- Aplicar una cultura de reciclaje en la empresa, por medio de campañas y concientizando a la población de la importancia de botar los desechos y clasificarlos
- Asegurar que las grietas, paredes, maquinaria, cajones de las mesas de trabajo se encuentren libre de suciedad, polvo, grasa, residuos de materia prima.
- Control para la manipulación de riesgo físicos y químicos en la planta de complejos

4. Estandarizar

Esta etapa consiste en crear un procedimiento para realizar todas las disciplinas anteriores de la misma forma, esto con el objetivo de que los operarios lo realicen en un tiempo promedio las actividades.

- Aplicar listas de chequeo para evidenciar el estado de las demás etapas y darle seguimiento, para saber la forma en que deben de quedar organizadas cada área.
- Estandarizar las inspecciones, verificaciones y revisiones de limpieza general en los equipos.
- Establecer colores y una técnica para etiquetar todos los utensilios de trabajo.

5. Autodisciplina

La disciplina es importante ya que sin ella no se puede lograr las etapas anteriores es por esto por lo que la empresa para implementar esta filosofía debe de brindar:

- Capacitaciones periódicas al personal
- Implementar una serie de procedimientos y formatos para asegurar el cumplimiento de los estándares, con el objetivo de evaluar el progreso de las diferentes etapas
- Crear un flujo de información más coherente, veraz y confiable a todos los departamentos
- Implementar las oportunidades de mejora propuesta
- Mantener el área de trabajo limpia, clasificada y desinfectada de la materia prima, grasa o algún otro residuo
- Crear más mecanismos para implementar las medidas de seguridad en el área de trabajo

Para dar solución a la actividad de comprensión por parte de los operarios para las actividades de mantenimiento, se le sugiere a la empresa realizar un manual de procedimientos para detallar de forma sistemática, ordenada y concisa los pasos que se deben de seguir para realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos. El manual está conformado por el nombre de equipo, los componentes serían las partes que lo conforman, criticidad es el nivel de importancia en el proceso, actividades de mantenimiento correctivo, tiempo dado en minutos, actividades de mantenimiento preventivo, tiempo en minutos, los recursos

serían las herramientas para realizar cada actividad a los equipos y por último la lista de repuestos que son los más comunes que deberían tener en el stock de inventarios de la bodega.

Tabla 32. Tabla de Observación de Actividades Mantenimiento

Equipo	Componente	Criticidad	Actividad Mantenimiento Correctivo	Tiempo (Min)	Actividad Mantenimiento Preventivo	Tiempo (Min)	Recursos	Lista de repuestos

Nota: Autoría propia (2021)

Para dar solución al pilar de mantenimiento autónomo a la actividad auditada acerca de que, si el personal cuenta con conocimiento idóneo para desarrollar las funciones asignadas, se le sugiere a la empresa realizar un perfil de puesto o cargo en el cual se defina y se especifique las funciones que debe de cumplir la persona que vayan a seleccionar para que desarrolle dicha labor.

A continuación, un ejemplo del formato que la empresa debe de aplicar, para ver si cumple con los requisitos o requerimientos para desempeñar las funciones de forma idónea:

Tabla 33. Perfil del Puesto de Trabajo

Empresa de Fertilizantes	Descripción de Cargos	Versión 01
Identificación del Cargo		
Puesto:		
Departamento:		
Cargos que supervisa:		
Perfil profesional y Experiencia		
Descripción del Cargo		
Responsabilidades del Cargo		
Funciones del cargo:		
Requisitos del puesto		
Relaciones de Trabajo		
Interna	Externa	

Nota: Autoría Propia (2021)

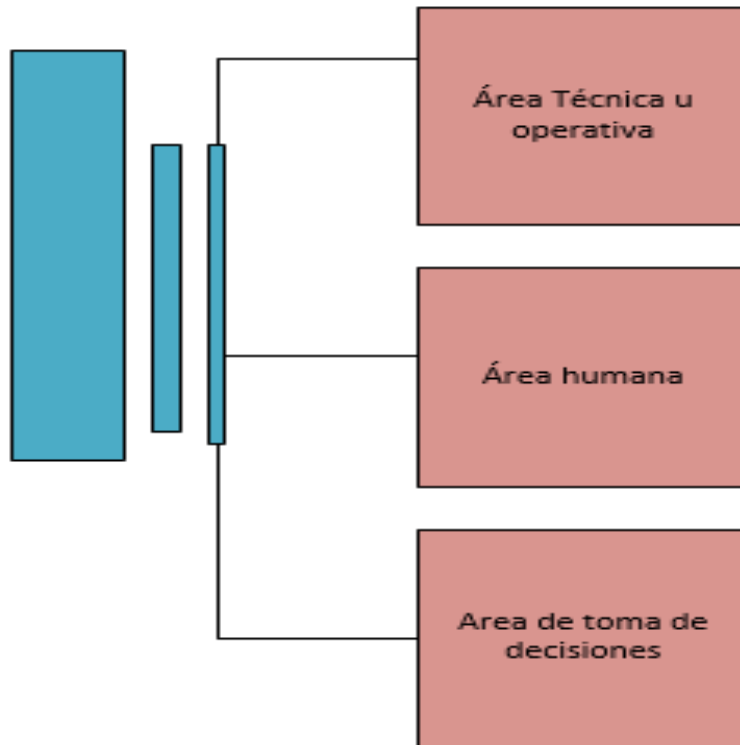
Para dar solución a la actividad de inducción y seguimiento al personal en el desempeño de las actividades de mantenimiento se le recomienda a la empresa realizar un diagrama de capacitación, seguido de la técnica del tablero Kanban con el propósito de establecer las tareas, métodos de trabajo y el orden a desarrollar de los programas de capacitaciones, esto fortalece el conocimiento de todos los integrantes de la organización y mejorara el desempeño de estos.

Por otra parte, es importante considerar diferentes aspectos para poner en marcha el diagrama de capacitación:

- Se debe de entrenar y supervisar al personal para que realicen las funciones de forma idóneo
- Cambiar la cultura y visión a los colaboradores para que se adapten al cambio y puedan proponer oportunidades de mejora de acuerdo con su experiencia
- Motivar a los colaboradores por medio de compensaciones de acuerdo con su rendimiento laboral
- Cambiar las condiciones de trabajo en cuanto al entorno laboral y proporcionarles a los colaboradores las condiciones óptimas para desarrollar el trabajo

A continuación, se mostrará el diagrama de capacitaciones las 3 áreas que debe implementar la empresa:

Figura 43. Diagrama de Capacitaciones



Nota: Autoría propia (2021)

El área técnica que se basa en las herramientas, maquinaria, métodos o técnicas y la interacción de hombre-máquina se le recomienda a la empresa aplicar estas actividades para realizar la capacitación:

- El personal de producción y de mantenimiento tenga un conocimiento básico acerca del equipo y fichas técnicas, para que tengan mayor participación para realizar limpiezas, detectar anomalías, revisiones de lubricaciones, engrase, ruido o temperatura

- Implementar y estandarizar los manuales de limpieza para que todo personal involucrado sea participe del mismo
- Actualizar los manuales o catálogos de los equipos para darle seguimiento y entrenamiento al personal
- Manejo del equipo para que el personal sepa manipularlo

Por otra parte, para el área de humana que está basado en las relaciones interpersonales, la calidad de condiciones en el área de trabajo, un buen clima laboral, aspectos motivacionales, creación de una cultura positiva, responsable, proactiva en los colaboradores con el fin de establecer un buen equipo de trabajo.

- Verificar las áreas de trabajo que están cumpliendo con las normas de INTECO
- El ambiente o entorno de trabajo tenga un clima pacifico, colaborativo y proactivo
- Realizar charlas acerca del cambio de paradigma en los métodos, técnicas y procesos
- Establecer los métodos o técnicas de los aspectos motivacionales (el empleado del mes, bonificaciones u oportunidades de subir de puesto)

El área de toma de decisiones es la última etapa en donde el personal debe detectar, inspeccionar, verificar y chequear el funcionamiento operativo de las máquinas de acuerdo con su capacidad, además de detectar anomalías, ruidos extraños, fallas, tiempos improductivos, problemas de mantenimiento de los equipos.

- Verificar por medio de una lista de chequeo cada componente de la máquina
- Realizar un cronograma de mantenimiento por cada máquina o equipo en un periodo determinado
- Reportar las fallas operacionales de las máquinas y equipos
- Llevar el control del stock de repuestos de cada equipo y la lista de repuestos más comunes

Una forma de organizar las actividades y distribuir el tiempo de una forma correcta es el tablero Kanban, ya que permite visualizar las actividades que se han realizado, las actividades que aún están en proceso y las actividades que están por hacer, esto se complementaría con el diagrama de capacitaciones porque una vez establecidas las actividades del diagrama se ordenan y se gestionan por prioridad de realización cada una de ellas, para tener en control el tiempo en que se deben de cumplir y cuantas actividades quedan por finalizar.

A continuación, se muestra un ejemplo de la forma en que se puede llevar este tablero:

Tabla 34. Tablero Kanban de Capacitación al Personal

Prioridad	Actividad por realizar	Actividad en curso	Actividad realizada
Urgente			
Importante			
Normal			

Nota: Autoría propia (2021)

Para dar solución a la actividad auditara de la evaluación del desempeño se le propone a la empresa realizar evaluaciones periódicas del desempeño, con el propósito de aumentar la productividad y mejorar el rendimiento del personal.

Este método se evaluará de forma cuantitativa y cualitativa, ya que se tiene factores definidos con una escala numérica, que demostrara las debilidades de cada colaborador y poder darle seguimiento y control a las actividades que realiza.

En este caso se evaluará de forma grupal en la cantidad de tonelaje métrico producido, ya que deben de producir las cantidades correspondiente, en dado caso que no llegue a la cantidad seria por paros de mantenimiento, por limpieza, tipo de fórmula, manejo o manipulación de los equipos o de las herramientas, paros por cambio de fórmula, capacidad para el traslado de materia prima, ya que las tolvas quedan vacías.

Se evaluará las variables de responsabilidad, trabajo en equipo, comunicación, dominio de los procedimientos.

Figura 44. Evaluación Periódica del Desempeño al Personal

Variables	Rango o Calificación de las actividades				
Responsabilidad	Requiere supervisión continua	Requiere de supervisión frecuente	Requiere supervisión eventual	Requiere supervisión en veces	No requiere de supervisión
El colaborador participa en todas las actividades de la empresa	5	4	3	2	1
Trabajo en equipo	Se le da las mejores condiciones para trabajar en equipo	Se le da dificultad integrarse	Es fácil la integración	Se integra plenamente	Integra a cualquier grupo de trabajo
Considera la habilidad de colaborar con los demás colaboradores	5	4	3	2	1
Comunicación	Comunicación Nula	Comunicación casi nula	Poca comunicación	Comunicación aceptable	Comunicación asertiva
Transmite la información correcta y en el tiempo idóneo	5	4	3	2	1
Dominio de procedimientos	Conocimiento nulo	Conocimiento casi nulo	Poco Conocimiento	Conocimiento aceptable	Conocimiento correcto
Manipula y maneja todos los procedimientos para realizar las actividades	5	4	3	2	1

Nota: Autoría Propia (2021)

6.3 Propuesta plan de mantenimiento preventivo de los equipos

6.1.1 Calderas

Mantenimiento diario

- Inspección general de cada sección de las calderas:

Realizar una revisión por turno, del técnico de mantenimiento a cargo, inspeccionando el funcionamiento normal de los controles (PLC), motores, bombas, válvulas, presencia de fugas, ruidos extraños, aumentos de temperatura u otra condición anómala.

- **Inspección de las Válvulas de solenoide**

Comprobar el funcionamiento correcto al descartar la presencia de fugas en alguna de las tuberías y/o válvulas.

- **Inspección de la temperatura y presión**

Revisión de la lectura de los niveles de presión en el manómetro y los niveles de temperatura en el termómetro digital / analógico.

En caso de detectar aumento de temperatura o presión, el encargado deberá regular el flujo de aire y combustible mediante el panel de control.

- **Purga de la caldera**

Realizar una purga a la caldera por lo menos en cada turno de trabajo por parte del encargado, para reducir y eliminar residuos que pueden originar corrosión y obstrucción en las paredes de las tuberías.

Para ello:

Proceso con equipo en operación

Colocar el interruptor de control de combustible al mínimo

1. Abrir la válvula de purga de forma gradual hasta que el nivel de agua se estabilice
2. cierre completamente

Proceso con equipo en Paro.

1. Colocar el interruptor de la bomba de alimentación en modo manual y aumentar el nivel de agua a la mitad en el nivel visible
2. Abrir la válvula de purga de forma gradual hasta que el nivel de agua se estabilice
3. cierre completamente

- **Condición del quemado**

Inspeccionar el modulador encargado de controlar el flujo de aire y combustible para que se mantenga dentro del nivel de especificado para la operación.

- **Control de alimentación bomba de agua**

Verificar y controlar los suministros de agua a la caldera, y evitar el descenso que ocasione que se dispare el quemador.

- **Realizar una vez por turno inspección en las siguientes partes:**

- ✓ mallas de la entrada de aire al ventilador
- ✓ Filtros de combustible
- ✓ Áreas en general de la caldera

Mantenimiento semanal

- **Inspección y limpieza Boquilla del quemador y del electrodo de encendido**

Se desmonta la boquilla del quemador y se desarma para la limpieza del filtro (para la limpieza se puede utilizar carburante como tinner o diésel).

- **Lubricación**

Lubricación de los motores y rodamientos en el caso que corresponda según cronograma, antes de lubricar o engrasar se debe remover de lubricantes o grasa anteriores para un proceso acertado

- **Verificación y limpieza de las válvulas de solenoide**

Se procede a desmontar el equipo en general bobina y el vástago para remover la suciedad presente en estas partes de la válvula.

- **Verificación y alineación de la bomba de agua / motor ventilador**

Al inspeccionar y detectar vibración por desajuste en la bomba o el motor ventilador es necesario la revisión de los tornillos y accesorios de sujeción al suelo

- ✓ En caso de estar los accesorios en buen estado se alinea la bomba o motor ventilador y se ajustan nuevamente los soportes al suelo
- ✓ Si se encuentran accesorios quebrados o en mal estado, se procede a realizar el cambio de estos, posteriormente se alinea nuevamente el equipo y se ajustan los soportes a suelo.

- **Limpieza Filtros de combustible**

Se realiza el desmontaje previo de los filtros y se limpia toda suciedad presente en las mallas.

- **Limpieza mallas del ventilador**

Se realiza la limpieza completa de suciedad adherida con el uso de una brocha o cepillo y algún carburante como tinner o diésel.

- **Inspección de las líneas de alimentación de agua/ combustible**

Revisión de todo el trayecto de la línea de alimentación en caso de fugas desde el tanque hasta el quemador, de presentarse deterioro, oxidación o picaduras realizar el cambio de empaques, tubos, válvulas y ajuste de conexiones.

- **Inspección de válvulas de seguridad**

Verificación del funcionamiento de las válvulas de seguridad de mediante el accionamiento periódico de 1 a 2 veces en la semana (evitar riesgo de no funcionamiento al presentarse un aumento brusco de presión).

- **Inspección de las fajas de transmisión**

Verificar que la tensión de las fajas se mantenga dentro de la medida permitida, de lo contrario ajustar el equipo o realizar el cambio de fajas.

Mantenimiento Mensual

- **Revisión F fotocelda**

Se inspecciona el estado físico y se realiza prueba de funcionamiento que consiste en desmontaje de la fotocelda y obstrucción de la luz, para verificar que el sistema se inhabilite por la falla, de lo contrario, inspeccionar el sistema eléctrico y corregir el problema, se hace limpieza de esta.

- **Verificación sistema de ignición (cables de ignición, electrodos)**

- ✓ Electrodos: se desmonta y se verifica el estado del aislante, se presenta algún daño, cambiar inmediatamente

- ✓ Cables de Ignición: se hace prueba de funcionamiento con multímetro para confirmar continuidad de corriente
- ✓ Aisladores de ignición: se verifica el estado cerámico y en caso de roturas o algún otro daño, cambiar inmediatamente.
- **Inspección trampas de vapor**

Para una revisión completa de las trampas de vapor, se procede a destapar para verificar el estado físico, y la limpieza de toda suciedad presente.

Es necesario el cambio de empaques y la aplicación de solución para un sellado adecuado del equipo.

- **Revisión y limpieza del quemador**

Se realiza el desmontaje y desarme de partes se revisa el estado del equipo en general y se realiza limpieza para remover el hollín acumulado. (Importante el uso de disolvente como tinner o diésel)

- **Revisión de empaques de la bomba alimentación de agua**

Se realiza el desarme del equipo y se inspecciona el estado de los empaques si previamente se presenta una fuga cambiar inmediatamente los empaques.

Mantenimiento trimestral

- Revisión y Limpieza PLC

Se verifica que todas conexiones estén en condiciones óptimas condiciones, se procede a la limpieza del terminal y ajustes de las conexiones, en caso de ser necesario.

Para limpieza se considera, el desmontaje del programador, revisión de los terminales, limpieza y ajuste, se revisa los platinos de temporizador se efectúa limpieza con tela y líquido para contactos, en caso de estar flojos ajustar los tornillos, los fusibles deben de verificarse su estado físico y el ajuste y en caso de suciedad darles la limpieza adecuada, así como el cambio de estos en caso de que los actuales presenten daños.

- Revisión y limpieza chimenea

Se revisa el estado físico de la chimenea, posibles filtraciones de agua (corregir inmediatamente) y acumulación de hollín, en este último proceder a limpiar.

- Revisión del manómetro

Se inspecciona la lectura del manómetro de la línea de alimentación con un manómetro patrón, si se presenta variación en la lectura entre uno y otro, proceder a cambiar el equipo inmediatamente.

- **Revisión del piloto de gas**

Se inspecciona el estado físico y existencia de alguna fuga, se revisa la presión de gas (con lectura manómetro) de presentar una variación en la presión se procede a ajustar la misma con el regulador hasta que esté dentro del rango permitido nuevamente.

Se realiza limpieza a la salida de conducción

- **Limpieza de termómetro**

Se realiza el desarme del termómetro se realiza limpieza en el bulbo del sensor y el presuroso con una brocha posteriormente se revisa el estado físico de las capsulas de mercurio. (en caso de algún daño cambiar inmediatamente)

Mantenimiento semestral

- **Revisión y limpieza cuerpo de la caldera**

Se realiza lavado completo de la caldera e inspecciona las superficies en búsqueda de fugas, corrosión, incrustación de objetos, en caso de encontrarse reparar inmediatamente

- **Limpieza Tanque de agua**

Realizar lavado del tanque e inspección de fugas, corrosión e incrustamiento de objetos y corregir inmediatamente

- **Revisión y limpieza de los tubos**

- ✓ Las tuberías del lado de fuego deben ser limpias de la presencia de hollín, bunker y se inspecciona el estado físico de los tubos, de ser necesario cambiar inmediatamente.
- ✓ Las tuberías de la caldera se realiza limpieza de la presencia de lodo u otros residuos, adicional se inspecciona la rotura, corrosión o incrustaciones de objetos, cambiar inmediatamente.

Mantenimiento anual

En este apartado se realiza de manera programada las actividades del mantenimiento semestral

- **Revisión de los motores**

De ser posible realizar un desmontaje completo de los motores y realizar inspección completa del equipo, limpieza, pruebas de funcionamiento eléctrico, soplado de bobinas y cambio de aceite

- **Restauración de pintura**

Una vez realizado los cambios e inspecciones anuales, se procede a colocar pintura a la mayor parte de los subequipos, como método de restauración y conservación.

6.1.2 *Elevadores*

Mantenimiento diario

- Inspección general de los Elevadores de cangilones:

Mínimo una vez por turno de trabajo el técnico de mantenimiento realizara inspección visual a los siguientes componentes:

- ✓ Motores: verificara aumento de temperatura, vibraciones, ruidos extraños, cortos circuitos, aumento de temperatura (sobrecalentamiento), corto espiral, corto en la conexión, desbalanceo de tensión, Desequilibrio del eje, Desgaste, fallas de rodamiento, Ajuste incorrectos en el eje, atascamiento, Agrietamiento, Oxidación y corrosión.
- ✓ Sprocket: Desgaste excesivo en el sprocket, Insuficientes dientes en el sprocket, Desalineación de los sprocket, obstrucción de los sprocket, velocidad alta de los sprocket, ranura de los sprocket, ruidos anormales, temperatura excesiva, dientes desgastados.
- ✓ Canjilones: Cangilones sueltos o flojos, acumulación de material,
- ✓ Poleas: Revisión de fracturas, fisuras, desalineaciones, desgaste de poleas, poleas oxidadas, esquinas filosas o borradas, quemaduras por giros, velocidad incorrecta
- ✓ Chumaceras: falta de lubricación, montaje incorrecto, desalineación, cargas excesivas, movimiento excesivo del eje, fricción excesiva.

-Inspección de la temperatura del motor y amperaje:

Corroborar la temperatura del motor y rodamiento con un termómetro portátil, para establecer el rango de temperatura permitido por el fabricante.

Se debe de tener un control en el ajuste correcto de los rodamientos y engrasar cada vez que sea necesario.

Los pasos para seguir para la toma de la temperatura son:

1. El termómetro digital Se pone directamente en la parte trasera del motor donde va la tapa del abanico
2. En el role delantero del eje de salida del rotor y el del acople
3. Directamente al bobinado del motor del rotor

-inspección de los canjilones de todas las cadenas:

Corroborar el estado actual de los canjilones, debido a que pueden presentar pernos sueltos y acumulaciones de materia prima.

Realizar una revisión periódicamente a los canjilones, para determinar que no presenten grietas, deformaciones, fracturas o desgaste.

Realizar una limpieza diaria a los canjilones para que no quede residuos en los mismos, y no afecten la formulación de otros productos.

-Inspección de Poleas

Se debe realizar un montaje adecuado de la polea, ya que un montaje inadecuado producirá:

- Deformaciones o roturas en las poleas
- Calentamiento excesivo en el montaje
- Tensión en la polea y por ende daño en otros componentes de esta
- Desgaste incorrecto en el centralizador, debido a un montaje incorrecto de la polea cigüeñal.

-Revisar alineamientos de la cadena, fajas o Correas de la polea

Identificar en los eslabones fricciones, los cuales causan desalineamiento en los elevadores, esto debe ser corregido antes de poner a funcionar la máquina.

Algunas de las causas comunes por las cuales los equipos presentan vibraciones y por ende desalineación son:

- Utilización excesiva de acoplamientos elásticos y rodamientos autoalineables, estos mismos provocan problemas en las máquinas y por ende deslizamientos los cuales generan desalineación.
- Sobrecalentamiento del sistema conductor.
- Desgaste de acoplamientos, Fracturas de pernos, Roturas de ejes
- Precisión y ajuste incorrectos.
- Tensión inadecuada, esto puede provocar sobrecalentamiento, fallos en la correa de distribución y deterioro de las superficies de contacto de los tensores y las poleas.

- Componentes gastados del motor.
- Fractura de dientes, fractura de tornillos.

-Verificar alineamientos del eje de la base, eje del cabezal, eje de polea

Es importante verificar el estado diariamente de los ejes, ya que es inevitable que durante el uso pierdan su alineación.

Las causas más comunes que provocan la desalineación son:

- Ejes deteriorados o defectuosos y soportes
- Desgaste de los ejes
- Fallos prematuros en ejes
- Vibraciones en sentido radial y axial, ruidos extraños
- Tornillos o pernos de la base sueltos
- Agrietamiento de ejes o rupturas

-Inspección y limpieza de polea motriz, correa o fajas de la cadena, ejes

Revisar siempre todas las piezas para comprobar que cada componente de los elevadores se encuentre instalado correctamente de acuerdo con la posición en que debe de estar, ya que componentes que se coloquen en un lugar incorrecto dañarían el sistema y lo desalinearían.

Además, se debe tener en consideración las causas comunes que hacen que los componentes se deterioran:

- Alta tensión, afecta la longitud de la correa

- Vibraciones por descargar de la máquina: Cuando se descarga una máquina hace que las correas en V se muevan en exceso y se salgan de transmisión.
- Fallo prematuro de la Correa: Correas rotas
- Desgaste excesivo o Anormal de la Correa: Agrietamiento, Desgaste de la cadena, Desgaste de las equinas superiores e inferiores de la correa, Desgaste de los flancos de la correa, Quemadura, ruptura de los flancos de la correa.
- Ruido y vibraciones de las correas: Ruido de roce, Ruido de golpeteo, Correas sueltas.

Problemas con la polea: Poleas rotas, dañadas y ruptura, agrietamientos, desgaste, poleas alejadas en el eje, velocidad incorrecta de la polea, desalineamiento de poleas, poleas excéntricas (cuando no coincide el centro de rotación con el geométrico de la polea).

Problemas de los ejes: vibración, calentamiento anormal, fallas eléctricas, desequilibrio o bases inestables de los ejes, desgaste corrosivo o herrumbre, deterioro de la tensión térmica.

Se inspecciona todas las partes de la polea (eje, cuerpo, cubo, chavetero, arandela, soporte) para conocer el estado físico de sus componentes, y detectar imperfecciones que pueden dañar la correa de la polea, estas se pueden verificar al tacto, preferiblemente con la protección de un paño o guante. Para verificar el desgaste se utiliza una galga de polea, si el fondo se encuentra lustroso eso indica que esta desgastada, o que el tipo de correa que se utiliza no es la correcta o diseño

incorrecto. Las ranuras de las poleas se deben de inspeccionar periódicamente para verificar si existe corrosión desgaste o fracturas excesivas.

Cada polea se debe de limpiar cuidadosamente, del polvo, suciedad, grasa o aceite y otros elementos contaminantes que producen corrosión, oxidación y aceleran el deterioro de la vida útil de las mismas.

Igualmente, se debe de cambiar en un tiempo establecido los empaques de los ejes, engrasarlos y verificar que no tengan rupturas en los flancos de los dientes, o desgaste por uso, desalineamiento de estos, se deben de limpiar para que no agarren corrosión y tenga un mayor funcionamiento el sistema.

Se debe de verificar e inspeccionar el estado de las correas tanto en su funcionamiento como la parte mecánica, es por esta razón que es importante verificar la frecuencia de tensión de las correas, las transmisiones de correas en cuanto a su uniformidad, limpiar las correas con un paño seco, en dado caso que salpique grasa o aceite, no es correcto utilizar limpiadores inflamables ni recubrimientos en las correas, verificar que los pernos no se encuentren sueltos.

-Verificar e inspeccionar la cadena de los canjilones, para diagnosticar si se encuentra desgaste prematuro en los componentes.

Se debe de inspeccionar los cangilones que se encuentren bien ajustados, sin residuos de materia prima, sin rupturas o fracturas, es importante que la cadena de los cangilones sea resistente a estiramiento y tener una resistencia transversal que permita sujetar los cangilones de una forma adecuada.

Existen diversos tipos de fallos:

Elevador tiene vibraciones:

- Cadena sobre tensada.
- Cadena desajustada o floja.
- Cangilones sueltos o flojos.
- Eje desalineado de los cangilones.

Elevador no arranca:

- Obstrucción en la bota del elevador, por exceso de material
- Falla eléctrica en el motor.
- Cadenas de transmisión rotas.
- Deterioro de caja o envoltura.
- Grietas o deformidades en los cangilones.

Rodamientos se calientan:

- Falta de lubricación.
- Obstrucción por exceso de aceite.
- Velocidad excesiva.
- Desalineación entre la bota y el eje de la cabeza.
- Elongación y desgaste en pines de la cadena.

-Inspeccionar las tolvas de carga de materia prima:

- Inspección del sistema PLC, inspección de los cilindros neumáticos esos son los q pesan, revisión de las electroválvulas, revisión many full, Revisión de los sistemas de almejas y alimentación.

- Inspección y limpieza para retirar los grumos, suciedad, polvo que ocasionan desgaste, herrumbre y corrosión.

Mantenimiento semanal

-Limpieza general de superficies

El encargado de mantenimiento tiene que dar la orden a los operarios para que realicen la limpieza respetando las diversas normativas establecidas por la empresa para que sea satisfactoria y aumente la vida útil.

El procedimiento que se sigue para realizar la limpieza es:

1. El personal de producción debe de entregar a mantenimiento por normativa, los equipos y máquinas limpias, y además debe de coordinar el día que se va a realizar y la hora de esta, con el propósito de que el departamento de mantenimiento pueda ejecutar el trabajo.
2. Las herramientas que se utilizan para la limpieza de las máquinas son palas, escobas, carretillos estos trabajos se realizan de forma manual, y en última circunstancia si el equipo ocupa lavarse se lava con agua a presión, este método es efectivo para la limpieza y desinfección.
3. Las herramientas que utilizan los elevadores son picas, rotomartillos eléctricos y neumáticos, mazos, barras, escobones, carretillos, palas, etc.

-Lubricar y engrasar chumaceras:

Las diferentes condiciones de lubricación requieren índices de lubricación a los componentes. Es por esta razón, que es importante aplicar el tipo de grasa o

aceite, en la cantidad adecuada. Para alcanzar los niveles máximos de rodamiento, se requiere de una adecuada lubricación, por lo tanto, se deben de tomar muestras para determinar el estado físico en que se encuentran.

Para una adecuada lubricación se necesita poder inspeccionar periódicamente las fugas de aceite y grasa según el equipo a inspeccionar, a la vez se revisa los sellos del equipo que están cubiertos de grasa para una buena protección del polvo y partículas que dañan su vida útil, De la misma forma revisar la viscosidad del aceite y la consistencia que debe de tener para las condiciones de funcionamiento, así mismo es necesario que los operarios cada vez que realizan la lubricación agenden en el cronograma la fecha y la hora , para que el siguiente turno sepa la última lubricación , si no se realiza al tiempo asignado trae consecuencias como:

- Desgaste por lubricación ineficaz
- Ruptura y desgaste de Chumaceras
- Corrosión
- Fugas en los sellos

-Inspección, alineamientos y tensión de la correa de los elevadores:

Revisar que la correa tenga un deslizamiento correcto hacia el centro de las poleas inferiores y delanteras.

Verifique el alineamiento del eje delantero y el eje fosal, que ambos funcionen en paralelo entre sí.

Revisar la tensión de la cadena y se ajusta según sea necesario.

Colocar suplementos debajo de los cojinetes de las chumaceras para nivelar las poleas.

-Inspección de Rodamientos

Se procede a realizar una revisión del estado de funcionamiento de los rodamientos, por desgaste o ruptura

Se debe de tener un control en el ajuste correcto de los rodamientos y engrasar cada vez que sea necesario. (tanto en cantidad como tipo de lubricación en grasa o aceite)

-inspección de los controles, cubiertas y dispositivos de seguridad de los elevadores

El técnico de mantenimiento debe controlar que no haya piezas sueltas, flojas o tengan rupturas y revisar que el funcionamiento de los controles se esté dando de acuerdo con lo establecido, los controles deben tener su respectiva guardería de protección que lo cubre de cualquier daño físico o mecánico. Además, la cadena de transmisión se debe verificar que tenga puesta la cubierta de protección, esta actividad le corresponde al personal de mecánica.

-Revisión de los ejes de los elevadores

Revisión de los ejes a través de un Mantenimiento predictivo: Este consiste en llevar el eje al taller de presión o torno, en el cual se verifica a través de un comparador del reloj, como también de si es necesario se ejecuta la prueba del líquido penetrante o partícula magnética para detectar cualquier fisura o

agrietamiento interno, si no se revisa a tiempo generara que se caiga la cadena de transmisión.

-Verificar el estado de los tornillos de soporte de los canjilones

Con un torquímetro para ver la precisión de sujeción si hay algo con fisura o ruptura se cambian.

Calibrar los tornillos de la cadena interna del elevador.

Con la herramienta de un cubo se revisan los que se sujetan a los canjilones en la cadena y se verifica el estado en el que se encuentren.

-Verificar que el acople este alineado:

Se revisa si en el cabezal se están produciendo vibraciones, por desalineamiento y falta de lubricación.

Cuando hay alta vibración en el Acople de transmisión, existe desalineamiento entre el motor y reductor lo cual conlleva abrir para volverlo alinear.

Se debe de chequear que se le esté aplicando el engrase adecuado, ya que utiliza grasa internamente.

Mantenimiento mensual

-Revisar el estado de los prisioneros y las poleas

Se procede a identificar los diferentes riesgos provocados por roturas, fracturas, agrietamientos, desgaste de la zona de la superficie alrededor de las

mismas, grietas y aristas producidas por desgaste de un uso severo en la tornillería en general.

Se realiza una inspección visual de los pernos o prisioneros y el nivel de apriete de los mismos y que se encuentren con el nivel de lubricación adecuado.

Revisar el funcionamiento de las poleas, para determinar el estado físico en que se encuentran. La manera de revisar las poleas de forma visual es:

Primero se debe de sujetar con el dedo índice y pulgar, con los dedos girar la polea hacia el lado que gira cuando está el funcionamiento, si cuando se gira la polea y el giro no es libre y no se da, significa que esta defectuosa.

El segundo paso es girar la polea en sentido contrario, si hay una pequeña resistencia y no gira de forma libre, quiere decir que se encuentra en mal estado.

-Revisar o corroborar la elongación de la correa

Los ruidos extraños en las correas evidencian una posible avería en el funcionamiento, algunas de las causas más comunes que ocasionan ruidos y vibraciones en las poleas:

Polea en mal estado: Por desgaste, rotura o desequilibrio en los ejes, puede ocasionar ruidos y disminuir la elongación de la correa y por ende el desacople de la correa.

Correa endurecida: Uno de los factores por el cual se endurece la correa y provoca chirrido desagradable por algo que roza, es el envejecimiento por el paso

del tiempo, la reacción al contacto de productos químicos de la planta de Complejos y los agresivos cambios de temperatura.

Correa mal tensada: Una correa con una tensión incorrecta provocara diferentes ruidos en el funcionamiento (zumbidos, crujidos y roce). Esto lo provoca que el tensor de la correa este en mal estado o desalineado.

Grumos en la correa: Los residuos de materia prima, polvo, suciedad se pueden incrustar en diferentes componentes de la correa como rodillos, poleas y la misma correa, esto afecta la fricción correcta entre cada una de las partes y por consecuente chillidos, desgaste, ruptura. Si se realiza una limpieza periódica se puede proveer estas causas y aumentar la vida útil de cada uno de ellos.

Mal estado de los rodillos: El mal estado de los rodillos puede ocasionar el desequilibrio o que la correa se salga de su ubicación además de ruidos muy severos.

-Inspeccionar las unidades almacenadas o inactivas

- Realizar el giro manualmente de los ejes y proceder a rociar en los componentes internos y agregar vapores retardantes de óxidos.
- Engrasar los tornillos de la banda interna del elevador.
- Engrasar o lubricar todos los componentes, ya sea con grasa o aceite.

Mantenimiento anual

-Lubricación a los reductores de velocidad:

Se suministra un aceite preventivo a este componente, el cual ayuda a proteger las partes contra los óxidos, corrosión, herrumbre, reducir la fricción entre los dientes de los engranajes que entran en contacto y desgaste, extender la vida del rodamiento, disipa el calor de los rodamientos. Además, se debe de determinar la viscosidad del aceite para la correcta operación de los reductores, cuando esta puesta en marcha se puede variar el grado de viscosidad para compensar la temperatura del ambiente, de trabajo o funcionamiento para ajustarlo a una temperatura adecuada.

-Valoración de la potencia del motor

Se realiza con la fórmula de las revoluciones por minuto versus la potencia de hp, para determinar el nivel en que se encuentra.

Arriba de 50 hp se puede poner un arrancador suave, para estabilizar el motor y esto disminuye el costo de electricidad de la empresa.

Así como los variadores de frecuencia para regular el rpm de las bandas.

-Cambio de fajas de los elevadores

Algunos de los problemas que se pueden presentar en el sistema de funcionamiento de las fajas son:

Fatiga mecánica: Esto se da cuando el material está sometido a carga cíclicas y sobrepasa la resistencia máxima, causando grietas o defectos a tal punto que la pieza no es capaz de soportar la cantidad de material.

Ruptura de la faja:

- Montaje forzado
- Objetos, ruidos y vibraciones
- Bloqueo en la transmisión

Desgaste en los flancos de las fajas

- Canales de poleas desgastados
- Poleas no alineadas
- Tensado incorrecto

Otras causas

- Fajas con grietas
- Fajas con desgaste en la base
- Restos excesivos de lubricante y grumos de materia prima que obstruyen el funcionamiento
- Roce de la correa con el tensor y por ende se ocasiona un daño en el tensor
- Correa tensada

-Cambio de poleas

Canales de poleas desgastados.

Ruidos en las poleas: Por falta de alineación o una excesiva tensión de la correa.

Poleas fundidas: Esto se produce porque la polea a operado a una temperatura muy alta la cual la funde o un fallo del rodamiento puede hacer que la polea se recaliente o se funda o se fracture.

Daños en la polea: por sobretensión, falta de alineación lo que provocó una rotura de la fijación y división de las poleas.

- **Cambio de rodamiento, cangilones, cadenas, sprocket, chumaceras**

Existen diferentes factores que crean problemas en la operatividad de los elevadores:

Alineación incorrecta: Un elevador que no esté bien alineado crea golpeteo en los cangilones, puede crear desalineación en los ejes y ruptura en los cangilones o ejes.

Tensión inadecuada: Esto ocasiona que la polea motriz patine, o un mal funcionamiento de otros componentes, desgaste de los dientes, sprocket.

Falta de lubricación: La lubricación inadecuada ocasiona desgaste prematuro por falta de lubricación en los rodamientos, en las chumaceras, cadenas, sprocket.

Fallos por agrietamiento: Esto es cuando se forman grietas en los flancos de los dientes, esto se puede producir por altas temperaturas, falta de lubricación, desgaste abrasivo.

Es importante seguir ciertas recomendaciones para asegurar el funcionamiento de los componentes:

- Comprobar la transmisión, alineamiento de las correas y poleas
- Montaje de un juego nuevo de poleas, chumaceras, rodamientos y sprocket
- Ajustar la tensión de las cadenas, chumaceras, rodamientos

6.1.3 ***Bandas***

Mantenimiento Diario

- Revisión de raspadores primarios y secundarios:

Limpieza general de los raspadores primarios y secundarios con el propósito de evitar daños en otros componentes como cintas, rodillos, ejes y rodamientos, ya que cuando se transporta el material se ensucia la cinta y en algunos caso quedan incrustaciones en el lado de carga de la cinta y estas provocan sobre tensiones, desalineamiento , daños en las empaquetaduras, roturas en las cintas, desgaste debido al material acumulado bajo la cinta, atascamiento de rodillos , desgaste mediante roce, acumulación de suciedad.

Se debe revisar diariamente el estado de los raspadores, que no tengan rajaduras, fisuras o que se encuentran con mucha suciedad adherida a la banda debido a que ocasiona que se tranque el rodillo de cola o el rodillo motriz.

Algunas recomendaciones cuando se instala un raspador:

- Verificar que los elementos de fijación se encuentren ajustados o apretados, en caso de que no se encuentren realícelo un ajuste adecuado
- inspección de los raspadores para verificar que no presente desgaste o acumulación de material
- Verificar la tensión en los raspadores
- El raspador se encuentra a la distancia correcta de la superficie de la banda
- **Revisión de correas de transmisión**

Se debe de proteger la transmisión de correas contra acumulación de suciedad o polvo, daños y la intemperie.

Observar que las correas de transmisión no se les acumule ningún tipo de material, ya que este actúa como aislante, y causaría que la transmisión funcione a una temperatura mayor.

Verificar que el funcionamiento de las correas, que no presenten grietas, áreas con roturas, cortes o indicios de desgaste anormal, pérdida de dientes en una correa sincrónica.

Verificar la temperatura de las correas, para determinar si sobrepasa el límite permitido, debido a que si es muy alto indicado un cambio de mantenimiento en algún componente.

- **Limpieza de las cintas de las bandas transportadoras:**

Es importante realizar la limpieza de las fajas, correas y cintas diariamente, ya que debido al material con que se trabaja deja adheridos grumos de materia prima, la limpieza se realiza de manera manual con agua y con diferentes herramientas como palas, carretillos y escobas. Se debe de tomar en consideración de los siguientes aspectos:

- Limpieza y engrasado de los componentes de rodamiento.
- Ajuste y reglaje de la banda transportadora.
- Revisión e inspección de fugas de aceite, estado físico de conexiones eléctricas.
- Revisar y comprobar el funcionamiento de los sistemas de protección y seguridad de las bandas transportadoras.
- Inspeccionar que las bandas no tengan los rodillos bloqueados, los cojinetes con rupturas o desgaste en la correa por falta de lubricación o porque esta desalineada y puede llegar a la fractura. Los cojinetes deben de revisarse para ver si tienen desgaste, ya que esto ocasionaría que la cinta de la banda se esté deslizando más hacia un lado y por ende crea un desgaste excesivo, se debe de ajustar y calibrar para que quede en su lugar correcto.

Mantenimiento Semanal

- Verificar e inspeccionar el estado físico de las bandas:

Inspeccionar primordialmente el desgaste prematuro que se origina especialmente en las orillas de las bandas.

Verificar el nivel de tensión de la banda, si se encuentra muy suelta esto puede ocasionar mayor desgaste.

Chequear que las bandas sean flexibles y se doblen con facilidad y no presenten grietas, deshilados y desgaste.

- Alineación de la cinta:

Centrado y tensado

Es importante alinear con precisión la estructura y los componentes de la cinta, realizar un tensado adecuadamente por personal cualificado.

- Lubricación chumaceras, reductores

Se debe de revisar el nivel de aceite, suciedad en el aceite, fugas de aceite, y la viscosidad que se le aplica a cada componente, esto con el fin de combatir los desgastes, fricción, corrosión o herrumbre.

Algunos problemas de falta de lubricación:

- Bajo nivel de aceite en el sistema de circulación de aceite
- Inadecuada cantidad y nivel de engrase

- Problemas en las ranuras de lubricación por obstrucción de las boquillas o conductos
- Bloqueo por grasa reseca
- **Verificación de poleas**

Revisar si presentan desgaste anormal o daños en las poleas, ranuras trapezoidales.

Verificar los diámetros en diferentes puntos de la polea para proporcionar que sean consistentes.

- **Alineación de las Poleas**

Verificar el adecuado montaje de las poleas, un montaje inadecuado acorta la vida útil de la correa.

Alguna de las causas principales de desalineación es:

- Mal colocación de las poleas en los ejes.
- No existe ejes paralelos del rodo motriz y de la conducida.
- inclinación de las poleas debido a un montaje incorrecto.

- **Verifique los rodillos de transición, rodos inferiores y los soportes:**

Revisar y verificar que todos los rodillos giren libremente sin ninguna interrupción y se puedan ajustar a la altura correcta, para que las transiciones sean suaves, todos los tornillos deben de estar ajustados y apretados para un correcto funcionamiento.

Las fallas mecánicas más comunes que producen vibraciones son:

Desbalanceo: El desequilibrio de los elementos rotatorio se produce por la excitación de los componentes que hacen que el rotor se salga de la posición.

Desalineamiento: Esta causa puede ocurrir en los componentes de la banda, existen dos tipos, el primero es desalineamiento angular, en donde las líneas de los ejes se cruzan hasta formar un ángulo y la otra es desalineamiento axial en donde la línea de los ejes tiene cierta separación y deben de correr paralelamente, esto causa fricción en los ejes y por consecuente desgaste.

-Revisión de motores y reductores

Se debe de revisar el nivel de aceite del reductor, verificar fugas de aceite, ajustar las flechas del reductor, Revisar la bomba de aceite, Revisar las diferentes partes del motor.

Recomendaciones para los motores:

- Inspeccionar y verificar los interruptores de los motores.
- Verificar el estado del filtro de suciedad, obstrucciones o residuos.
- Revisar la presión y temperatura de la bomba.
- Revisar el nivel de aceite.

Algunas recomendaciones para el reductor son:

- Evitar el viento que viene con humedad y expuesto a la intemperie, ya que eso daña los reductores.
- Tener el reductor con una base de apoyo para que no se den desplazamientos

- Lubricar todas las partes externas mecanizadas
- Limpiar el reductor de todos los residuos de materia prima.
- Verificar la correcta alineación de los ejes, ya que una incorrecta desgasta el reductor.

Fallas comunes en los reductores:

- Desgaste y ralladura
- Ruptura de dientes
- Picadura destructiva

Mantenimiento Mensual

-Ajuste e inspección de Guarderas

Roturas por impacto:

Esto se origina cuando el material que se está transportando golpea a gran velocidad las Guarderas, y es originalmente causado en la zona del material, esto provoca huecos, fisuras o perforaciones en las Guarderas.

Daño por aprisionamiento:

Esto se origina por la presencia de grietas en la cinta o banda transportadora cerca del borde el cual provoca:

Cuando existe presión en las Guarderas laterales, es porque se utilizan materiales duros, lo cual produce un desgaste excesivo en los puntos de contacto con las bandas.

La segunda es retención del material u obstrucción de este, que queda atrapado entre la banda transportadora y el sistema de Guarderas.

Grietas:

Este problema es ocasionado cuando existe un desalineamiento entre la banda y los diámetros de las poleas. Se debe de respetar el radio mínimo de cada curvatura, ya que si la banda gira sobre un radio más pequeño genera sobre tensión y por ende grietas o rupturas de las Guarderas que le dan protección.

-Revisión de la tensión de la Correa

Se examina la tensión de la correa y se verifica si se encuentra ajustada.

Mida, en el centro del ramal (t), la fuerza de deflexión necesaria para obtener una flecha de 2 mm por cada 100 mm de longitud del ramal (correas sincronas) o 1 mm por cada 100 mm de longitud del ramal (correas trapezoidales) de la posición normal de la correa.

B. Si la fuerza medida es inferior a la fuerza de deflexión mínima recomendada, hay que volver a tensar las correas.

C. Las correas nuevas tienen que tensarse hasta que la fuerza de deflexión sea lo más cerca posible de la fuerza de deflexión máxima recomendada.

D. Para facilitar la medición de la tensión, Gates ha introducido el tensiómetro sónico. (Gates, 2009).

-Revisión y Lubricación de cojinetes

Se realiza la inspección basada en la temperatura de los rodamientos y chumaceras, con una bomba manual se le pone la grasa a la chumacera.

Alguno de los problemas por vibraciones que presentan los cojinetes son:

Inestabilidad: Esto se da cuando una máquina trabaja a altas velocidades y la presión de aceite bombeado hace que se genere turbulencias o remolinos que hacen que el eje realce movimientos alrededor del centro de la chumacera. Este problema se puede corregir:

- Cambiar la velocidad de operación.
- Cambios en la presión o temperatura del aceite.
- Aumento de la carga del eje.

Cuando se presentan problemas en la velocidad crítica se recomienda hacer lo siguiente:

- Colocar los cojinetes lo más cerca de los extremos de los ejes
- Aumentar la potencia de los cojinetes
- Realizar el montaje de los soportes de una manera rígida

Realizar la lubricación en la maquinaria, es importante porque ayuda a predecir fallas del funcionamiento de los componentes por esta razón, que se debe saber el tipo de lubricación que se va a realizar y la cantidad.

Al analizar el aceite se determina:

- Condición del lubricante
- Prevenir daños, desgaste de los componentes
- Condición de viscosidad, punto de inflamación y punto de fluidez

-Revisión del estado de los sprocket y engranajes

Inspección del funcionamiento de los sprocket y su lubricación para prolongar la vida útil, Algunos factores que inciden en un incorrecto funcionamiento son:

- Elevación de temperatura
- Aumento del nivel de vibración
- Aumento del nivel de ruido
- Falta de lubricación

Las fallas más comunes en los diferentes tipos de engranajes son:

Ruidos producidos por los engranajes: Juego incorrecto de engranajes, transmisión desalineamiento de engranajes, engranajes desgastados, velocidad de transmisión demasiado alta, rompimiento del engranaje, desfiguración del diente.

Desgaste excesivo de los dientes

- Fracturas de engranajes: Esto se da por vibraciones y por los puntos de desgaste externos o desequilibrios interiores en los componentes.
- Grieta por fatiga: Esto ocurre cuando los engranajes se le hace un dobladura, estrés mecánico, estrés térmico.

- Fractura por fatiga: Esto se da cuando el diente se ruptura o desgarras o se le hacen grietas, estas si no se tratan a tiempo terminan fracturando el diente.
- Degaste por fatiga: Es cuando en los engranajes se da deformaciones repetidas.

Algunas recomendaciones para alargar la vida útil de los componentes:

- Revisar el alineamiento después de 100 horas por fugas.
- Realice el cambio de lubricación
- Desarmar el equipo y revisar los componentes que no presenten desgaste excesivo, desalineamiento, realinear ejes y reemplazar las partes desgastadas del acople.
- Revisar cadenas y sprocket que no se encuentren gastados y que no tengan ningún perno roto.
- Inspeccioné que los componentes estén funcionando con la velocidad adecuada y lubricadas correctamente.
- Revise que los tornillos no estén sueltos y no hagan falta.

-Revisión de los rodillos tensores de bandas

- Inspeccionar la fricción y tensión de los rodillos
- Verificar el estado de los rodillos que no se encuentren desgastados
- Determinar las áreas de desalineamiento
- Engrase de rodillos

Mantenimiento Trimestral

-Revisión la alineación del motor reductor:

- Inspeccionar los ruidos extraños en los rodamientos, soportes y engranes del motor reductor.
- Realizar la toma de temperatura y amperaje del motor.
- Corroborar visualmente que no exista fugas o pérdida de aceite en los componentes.
- Retirar las acumulaciones de polvo.
- Comprobar las fugas en los retenes.
- Limpiar el rodete del ventilador del motor.
- Inspeccionar y analizar el estado del aceite.

-Revisión y verificación del tensor de la cadena y el circuito de seguridad:

Se debe de verificar que no se fracture el tornillo del tensor.

Desalineación del conjunto del tensor de la cadena: Dificultad en el recorrido de la correa en la polea del tensor, debido a mal alineamiento, tensión incorrecta o corrosión en el tensor.

Ruido en el tensor: Ruidos, chillidos, traqueteos en el tensor.

-Verificar que las ruedas dentadas y las cadenas sean lubricadas:

Se debe de aplicar la lubricación a los componentes en una cantidad considerable para evitar que se gotee o que se acumule por exceso de lubricación, ya que pueden presentar desgaste.

La grasa especial a alta temperatura se adhiere a la parte externa, para evitar que esta se vuelva en estado líquido, que no se lique.

-Revisión del reductor

Es importante revisar el estado del funcionamiento del reductor, debido a vibraciones por piezas en malas condiciones, ruidos extraños, temperatura de trabajo elevada (nivel de aceite muy baja, impurezas en el aceite, paso del aire obstruido), pérdidas de aceite (retenes desgastados o estancados), dificultad en el reductor (viscosidad de aceite elevado, desalineación de ejes).

Algunas recomendaciones antes de proceder al uso del reductor es seguir las siguientes recomendaciones:

- Limpieza general del reductor, eliminando así los restos de polvos, residuos de materia prima.
- Asegúrese que la estructura soporte el reductor, y verifique que tenga los tornillos y los pernos no estén fracturados.
- Comprobar la alineación entre los ejes del motor y los rodamientos, una alineación incorrecta ocasiona rotura, desgaste en los ejes y los rodamientos.
- Se debe de inspeccionar el nivel de aceite en los rodamientos

Para el funcionamiento óptimo del reductor es necesario seguir las siguientes recomendaciones:

- Verificar que exista una correcta fijación y que se evite las vibraciones y tensiones
- Verificar que no existan cargas no uniformes, ya que esta sobrecarga puede ocasionar roturas en el reductor o averías en el motor
- Se debe de pintar el reductor en caso de que este expuesto a agentes corrosivos y cubrir las fugas.

-Revisión de rodamientos

Se debe de realizar una inspección visual para determinar el estado en que se encuentran, si presentan falta de lubricación o exceso de partículas o una falla en el rodamiento o daños en la estructura.

Alguno de los problemas más frecuentes que los rodamientos son:

- Condiciones de funcionamiento por humedad, temperaturas altas o residuos de materia prima que obstruyen el funcionamiento.
- Suciedad porque cuando se hizo la limpieza general, las herramientas de limpieza no estaban funcionando de la mejor manera
- Lubricación excesiva

-Inspección del tambor motriz

Verificar la transmisión de la potencia del tambor motriz

Verificar la alineación de los ejes motriz y conducido

Se verifica que no haya desgaste en el rodo motriz, en los ejes que no haya fisuras o torques, en los cuñeros o prisioneros que estén trabajan bien sin desalineamiento.

-Inspección y verificación de las cadenas por poleas y fajas

Principales fallas en las cadenas o correas:

- Correas rotas
- Degaste en el dorso de la correa
- Agrietamiento
- Desalineación de la cadena
- Vibración excesiva
- Poleas rotas o dañadas
- Ejes torcidos
- Desgaste abrasivo de las cadenas
- Desgaste de las ruedas dentadas

Mantenimiento Anual

En este caso, el reemplazo o cambio depende del estado en que se encuentra en las bandas, dependiendo del diagnóstico presentado por el técnico de mantenimiento, sin embargo, esta actividad se recomienda hacer una vez al año, cada vez que sea necesario, son actividades de mantenimiento técnico que dependen de muchos factores del equipo.

Alguna de las actividades de mantenimiento que se realizan de forma anual, dependiendo del estado del equipo.

- Cambio o Reemplazo de Bandas
- Cambio o Reparación de chumaceras
- Cambio o Reparación de poleas
- Cambio o Reparación de rodos inferiores
- Cambio de aceite de la caja de engranajes del motor
- Revisión de la bomba de aceite y sus conductos
- Revisión de engranajes y piñones

6.1.4 **Amoniador**

Mantenimiento diario:

-Revisión de la transmisión:

Comprende motor reductor de velocidad, piñones de transmisión, cadena transmisión, alineamiento, chumaceras pillow block trunión o rol de sujeción.

-Revisión del motor el amperaje y temperatura:

Lubricador es chequera la temperatura de los niveles de grasa e informar con el mecánico industrial cualquier reparación inmediata emergente antes de llegar al mantenimiento correctivo.

El eléctrico debe chequear la temperatura del motor, y la corriente su voltaje en las 3 fases chequear la humedad en las líneas de alimentación o tuberías de alimentación y chequear el Panel de control con su breaker o el guarda motor variador de frecuencia o arrancador suave.

-Revisión de la parte interna:

El mecánico que son tuberías, chequear que no estén obstruidas de alimentación de vapor de agua y amoniaco.

Mantenimiento semanal**-Inspección del cilindro Recubridor:**

Se debe de chequear las alineaciones, calidad del aire (humedad y lubricación), controles visuales de fuga, regulación de amortiguadores, limpieza de elementos y recambios, verificar ruidos o anomalías en condiciones de operación, Limpieza y lubricación del compartimiento del motor (rodamientos, alineación y transmisión), engrasado de embragues y cojinetes, Revisar los tensores.

-Revisar transmisión motriz:

Verificar que esté funcionando en condiciones óptimas la potencia del motor, inspeccionar y cambiar el aceite de la transmisión motriz, Prevenir el recalentamiento de la transmisión, Revisar el estado de los embragues que no tengan desgastes, picaduras o rupturas.

Mantenimiento Quincenal**-Revisión del reductor y su alineamiento:**

- Chequeo de temperatura: termómetro digital, niveles de lubricación, ruidos extraños o golpes, fugas de aceite, retenedores de aceite, ejes de acople, piñón de alta, etc.
- Niveles de aceite:

- Alineamiento de reductores: se verifica a través de un láser se tira el láser y se gira, si tiene una luz es que esta cruzada el reductor.

-Inspección de los piñones:

Inspeccionar los piñones de que no sufran desgaste, corrosiones, desprendimiento, fisuras o rupturas en los engranajes o dientes, verificar que los piñones no se encuentren oxidados, herrumbrados, desalineamiento de las ruedas dentadas, falta de lubricación, deterioro de la cadena de los piñones, deterioro de los soportes de la transmisión, desalineación de las ruedas dentadas, acumulación de material entre los dientes de los piñones.

-Revisión de las cuñas:

Desgaste, fisuras, rupturas en la cuña en la media del espesor y longitud, Así como también el que recibe la cuña, verificar el estado de lubricación de los rodamientos.

-Inspección de la cadena:

Desgaste en el rodillo, en los pines y los rines, para ello se verifica si es necesario cambiar candado completo o medio candado.

Verificar que no haga desgaste en las articulaciones, ya que esta es la causa principal de fallo en la transmisión de la cadena.

Inspeccionar que no exista desgaste en los rodamientos de la cadena y ruptura en los agujeros de las placas, debido a que esta ruptura está asociada por la fatiga del material que soporta gran cantidad de magnitud durante los recorridos del eslabón en los ramales de la cadena.

Inspeccionar que el tensado de la cadena sea el adecuado, que tenga una lubricación en tiempos establecidos.

Verificar la temperatura de la correa que no haya calor excesivo, que no sobrepase los límites permitidos

-Inspección del Acople:

- Verificar que los acoples estén transmitiendo las fuerzas de rotación entre los ejes del acople.
- Verificar que los acoples estén lubricados y protegidos contra el movimiento de baja amplitud que se desarrolla entre los demás componentes, periódicamente se debe extraer el lubricante para eliminar los subproductos dañinos de la descomposición del lubricante (grasa reseca).
- Verificar que el aceite de lubricación tenga alta viscosidad para disminuir las fugas.
- Verificar la alineación en el acople cada vez que se realizan reparaciones o mantenimientos.

-Inspecciones de los rodos de soporte:

Verificar que los componentes estén engrasados, para que no provoquen desgaste ni ruptura.

En el taller de precisión se verifica que no haya torque en el eje o fisuras, si se encuentra un desperfecto y presenta torque en el eje, esto puede provocar desalineamiento y por ende fallos en el proceso. Además, si al examinarlo el eje este torcido puede aflojar el juego de chumaceras y provocar desgastes abrasivos.

-Inspección de Tuberías:

El mecánico industrial, debe verificar si hay desgaste en las tuberías y proceder a repararlo o reemplazarlo.

Para verificar el estado de las tuberías, que no presenten fugas, se realiza estos pasos:

1. Se abre la válvula o llave, para inspeccionar que por lo agujeros o huequillos salga correctamente el líquido, si no sale quiere decir que presenta un daño.
2. Se verifica que la válvula no esté taponeada o tenga obstrucción de materia prima.
3. Verificar que la válvula no tenga corrosión o herrumbre en la carcasa

-Revisión del ajuste y estado de los prisioneros:

El mecánico industrial verifica por medio de una llave allen el estado físico de los prisioneros que no presenten desgaste, ni estén sobre ajustados, Además el mecánico debe de inspeccionar que ningún prisionero este flojo o dañado los hilos de este o roscas.

-Limpieza general:

Realizada por el personal de departamento de producción con un roto martillo eléctrico o neumático arrancan los grumos.

6.1.5 **Molinos**

Mantenimiento diario

- **Inspección general de los Molinos**
 - ✓ Revisión general de ruidos, vibraciones, sobrecalentamiento y derrames de aceite en el equipo.
 - ✓ limpieza del cilindro y partes externas en donde acumule materia prima o producto semiterminado
- **Inspección del motor**
 - ✓ Verificar la temperatura del motor y el ajuste en suelo,
 - ✓ Se verifica aislamiento y tensión, así como ajuste de los bornes

Mantenimiento semanal

- **inspección del sistema de alimentación**
- **Lubricación**

Antes de proceder a lubricar es necesario revisar la cantidad actual presente en la caja reductora, de ser necesario nivelar la cantidad. Se procede a lo siguiente:

En primer lugar, que no exista fugas, y en caso de presentarse derrames por fugas, proceder a reparar.

Luego proceder a aplicar el lubricante necesario para llegar a los niveles recomendados y proceder a llenar carta de lubricación con las actividades realizadas

- **Inspección chumaceras**

Se verifica el estado físico de las chumaceras del tornillo sin fin, en caso de estar en buen estado se procede a realizar la limpieza y revisión del engrasado.

Si requiere de engrase se procede con el mismo y se realiza registro en las cartas de lubricación de la actividad.

- **Revisión de cuchillas**

Verificar el estado de las cuchillas, en caso de presentar daño en las mismas proceder a cambiar, se debe realizar limpieza en caso de presentarse residuos de producto adherido en las cuchillas.

Se verifica el estado de las varillas y se procede a cambiar de ser necesario.

- **revisión de la cadena**

Se verifica el estado físico de la cadena, así como a lubricación pertinente, en caso de desgaste o corrosión proceder a cambiar, y en el caso de la falta de aceite lubricante, realizar colocación y registrar en las cartas de lubricación dicha actividad.

Mantenimiento Mensual

- **Inspección de estructura del molino**

Se verifica la estructura general del molino en búsqueda de perforaciones, corrosión o desgaste, en caso de presentarse se procede a las reparaciones de este, para su puesta en marcha oportuna.

- **Inspección del motor- reductor**

Se procede al desarme y desmontaje de la carcasa y se hace inspección de las correas para determinar estado, si presenta alguna picadura o desgaste se procede a cambiar

- **Inspección del estado de Fajas**

Revisión de la tensión mediante una prueba de la deflexión presente en la faja.

En caso de requerir tensionarla, es necesario aflojar las contra tuercas de que están entre as poleas, presionar el tensor y ajustar de nuevo las tuercas.

Inspección comprobación de alineamiento de las fajas conforme a las poleas, registrar la causa y proceder a ajustar nuevamente.

Mantenimiento anual

- **Limpieza y lavado general**

Se realiza un lavado y limpieza general del molino, sin omitir ninguna de sus partes, para darle una inspección y reparación completa.

- **Inspección y desarme del motorreductor**

✓ Se desarma el motor, se hace limpieza interna, pruebas de tensión y se cambian partes dañadas.

✓ Si la carcasa presenta deterioro como corrosión, fisuras o detalles de pintura, se procede a realizar mejoras.

✓ Se realiza verificación y cambio de los tornillos de ajuste a suelo

- **Lubricación**

Se inspecciona las sub partes del molino, se procede a limpiar y se realiza lubricación engrase completo.

- **Inspección de carcasa**

Se procede a desarmar el molino, se lava completamente la carcasa y se inspecciona estado actual, si presenta desgaste, corrosión o fisuras, reparar completamente.

- **Inspección de chumaceras**

Se verifica el estado físico de las chumaceras del tornillo sin fin, se valora el cambio y de ser necesario se realiza.

6.1.6 *Tanque de lodo*

Mantenimiento diario:

-Toma de Temperatura y amperaje del motor:

Se debe de inspeccionar el funcionamiento de los componentes del motor. Para la inspección se utiliza un termómetro laser el cual se apunta para tomar la temperatura en el rodo trasero, rodo delantero y el rotor, si la temperatura se sale del rango permitido es que está próximo a recalentarse el bobinado y esto puede ocasionar que se queme el motor. Además, se tiene que verificar que no haya ninguna línea de las 3 fases con corto circuito, ya que esto daña los componentes

de este, igual forma se debe de verificar que no haya presencia de humedad, obstrucción, polvo, corrosión o herrumbre.

-Limpieza general:

Inspeccionar el funcionamiento de los componentes del tanque de lodo, verificar que no estén desgastado o presente ruptura, corrosión o herrumbre las tuberías, bombas, tanques, impulsores, pistones, lanners, puerta de succión.

El mecánico eléctrico debe de limpiar toda el área del motor y verificar que no haya humedad ni partículas de lodo en los componentes para que el motor no se quemara por presencia de líquido.

-Inspección del cilindro del tanque:

Se debe de revisar el agitador que las hojas rotativas estén girando sin obstrucción de partículas de lodo endurecido, si no se revisa constantemente se endurece el agua con lodo e impide que el agitador pueda mezclar los residuos.

Además, se debe de inspeccionar y verificar el estado físico del reductor de velocidad, el motor, las fajas y las poleas.

Mantenimiento Quincenal:

-Inspección tuberías serpentinas de vapor:

El mecánico soldador debe de chequear, y quitar las fugas de vapor para mantener la temperatura del agua lodo. Además, el mecánico industrial debe de verificar el eje del agitador incluido sus acoples para evitar que este se vaya a fracturar o presente obstrucciones, las cuales ocasionen que la máquina no gire y

el lodo se vuelva en estado sólido por ende que la máquina no pueda operar su función de forma idónea.

Por otra parte, es importante chequear el motor y los reductores que estén operando en las óptimas condiciones y que no presenten anomalías en su funcionamiento.

-Inspección de la bomba de lodo norte:

El mecánico industrial deberá chequear que las bombas del manejo de agua lodo estén trabajando en óptimas condiciones tanto el motor como los componentes de la bomba. Se debe de verificar que no presenten fugas, corrosión, herrumbre y que no tengan rupturas en la estructura.

-Inspección de la bomba sur:

Se debe verificar que los lanners, impulsores no presenten desgaste abrasivo, que no haya torque en el eje porque esto provocaría torceduras y rupturas en el motor y por ende se puede quemar, verificar que el impulsor no tenga fugas a través de las trenzas, o presenten goteos en las estructuras o componentes.

-Inspección de los lanners:

Se debe verificar el estado físico y el funcionamiento, en dado caso de presentar ruidos extraños o anomalías se procede abrir la bomba y chequear los componentes como lanners y cilindros impulsores.

6.1.7 Recubridor de Diatomita

Mantenimiento Diario

-Limpieza general de componentes y estructura del recubridor:

Esta limpieza se realiza de forma periódica en donde se evalúa el cambio, reajuste o arreglo de los componentes del recubridor.

Se debe de inspeccionar el cilindro rotativo, el reductor, el motor, el acople falk a la hora de realizar la limpieza se debe verificar que no haya desgaste ni presenten humedad los componentes.

-Inspección de la temperatura y amperaje:

El mecánico eléctrico debe de chequear la temperatura y el amperaje del motor que este no presente ruidos extraños en el piñón de alta, no que presente obstrucciones, humedad, polvo y herrumbre. Además, se debe de chequear la rejilla del acople del motor y del reductor, ya que si presenta fracturas la velocidad se verá afectada.

Los pasos para seguir para realizar el desarmado del motor para mantenimiento o para limpieza son:

- Desarmado del motor
- Revisión específica de bobina
- Revisión del torque del estator
- Revisión del torque del rotor
- Revisión de los núcleos

- Aplicación de barniz del bobinado
- Pintura externa del motor
- Armado del motor
- Prueba de aislamiento
- Aplicación de la calefacción en el cuarto de temperatura

-Inspección de transmisión:

Se debe chequear el sistema de transmisión del motor, acople, reductor de velocidad, alabes.

Se debe de limpiar uno por uno los alabes y verificar que no presenten obstrucción de materia prima, porque si no se mantienen limpios esto ocasiona que el producto se rebalse y se hagan despilfarros.

Mantenimiento Quincenal:

-Inspeccionar cilindro rotativo:

Para chequear el cilindro rotativo y realizar la limpieza interna respectiva las personas se deben de meter dentro de la estructura, primeramente por precauciones y por las políticas de seguridad se debe de bajar el interruptor o el breaker principal, luego se procede a poner el candado de seguridad, se hace una prueba de botonera que no arranque el máquina, una vez que no arranque se procede hacer la prueba de gases, temperatura, y al final se firma el permiso de trabajo con el encargado de salud ocupacional.

-Inspección de tolva de descarga:

Estos ductos de caída se deben de verificar que no exista suciedad ni obstrucción para que el producto salga de forma correcta, ya que si existe obstrucción se atascaría la tolva de descarga y se harían despilfarros de materia prima.

-Inspección de rodillos:

Verificar que los rodillos no tengan daños en la parte externa, que no haya torque en el eje, que no haya fisura en el eje, que no haya desgaste, rupturas, desalineamiento en las chumaceras.

-Inspección de retenedores:

Se debe de verificar que los retenedores no tengan fisuras o fugas de aceite o que estén goteando, porque esto indicaría que el nivel de aceite no es el correcto.

Si algún componente de los retenedores o empaquetaduras están dañadas, el mecánico industrial en el mantenimiento programado procederá a abrir y cambiar, ajustar o reparar el daño.

Por otra parte, un retenedor de aceite se mide por diámetro interior x diámetro exterior x espesor (ancho de rueda)

-Inspección del reductor:

Se debe de verificar que el estado físico del reductor esté en condiciones óptimas que no presente fractura en piñones internos, ruptura de retenedores y aceite, daño en las empaquetaduras de la caja, fisuras o rupturas en las cajas.

-Inspección del acople Falk y su transmisión:

Verificar que no presente desgaste, fisuras o rupturas en el reductor, la rejilla y que presente un ajuste adecuado en los prisioneros, inspeccionar que la transmisión de los componentes no tenga interrupciones en su funcionamiento.

6.4 Cronograma de Mantenimiento Propuesto

Tabla 35. Propuesta de Cronograma de Mantenimiento por periodos establecidos

MES	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SETIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Caldera																																																
Actividad																																																
D I A R I O	Inspección general de cada sección de las calderas:																																															
	Inspección de las Válvulas de solenoide																																															
	Inspección de la temperatura y presión																																															
	Purga de la caldera																																															
	Condición del quemado																																															
	Control de alimentación bomba de agua																																															
	Inspección mallas, filtros y áreas en general																																															
S E M A N	Inspección y limpieza Boquilla del quemador y del electrodo de encendido																																															

6.5 Análisis económico del proyecto

Para efectos de mostrar la contabilización y mejora con el plan de mantenimiento propuesto, se detalla los siguientes costos:

Tabla 36. Salarios Promedio (Hora) por Puesto de Trabajo

Cantidad de Personal	Puesto	Salario Promedio hora (\$)
1	Instrumentista	\$3,64
2	Soldador	\$2,75
2	Mecánico	\$3,26
2	Eléctrico	\$2,86
1	Limpiador y lubricador	\$2,45

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 37. Técnicos y Salario Mensual Promedio

Técnicos	Salario Mensual Promedio hora (\$)
Instrumentista	\$814, 55
Soldador	\$1 232, 93
Mecánico	\$1 458, 78
Eléctrico	\$1 281, 06
Limpiador y lubricador	\$547, 97
TOTAL	\$5 335, 27

Nota: Autoría propia (2021)

Actualmente la empresa, para las labores de mantenimiento, cuenta con el personal mencionado en la “Tabla 29 Técnicos y Salarios Mensual Promedio” el costo de utilización tiene un valor mensual de \$5 335, 27 aproximado, al mismo no se le ha efectuado alguna propuesta, debido a que es la cantidad mínima de personal requerida para las actividades del plan actual y propuesto.

Tabla 3825. Análisis Económico del Proyecto

ANALISIS	Tipo Mantenimiento	Tiempo Promedio Mantenimiento	Producción Promedio en horas	Producción pérdida por Mantenimiento	Costo x TM (\$)	Costo de producción pérdida por Mantenimiento (\$)
Actual	Preventivo	92	13	1196	75,00	89 700,00
	Correcto	244,7	13	3181,1	75,00	238 582,50
Propuesto	Preventivo	92	13	1196	75,00	89 700,00
	Correcto	208,0	13	2703,935	75,00	202 795,13
Ahorro mensual estimado		36,7		477,165		35 787,38

Nota: Autoría propia (2021)

Al evaluar el costo de mantenimiento, es necesario partir de la duración que tienen las intervenciones los equipos por mantenimientos preventivos y correctivos, el plan actual tiene previsto un uso de 244, 7 horas en mantenimientos correctivos, con la propuesta se pretende reducir un mínimo de 15% la duración de intervención en los equipos, resultando en 208 horas mensuales en paros por mantenimiento, para un ahorro estimado de 36, 7 horas , y lo que es más importante un aumento de producción estimada de 477, 17 toneladas métricas mensuales, este monto calculado sobre una base de producción por hora de 13 toneladas métricas. Considerando lo anterior la empresa con el plan de mantenimiento propuesto obtiene un ahorro estimado de \$35 787, 38 mensuales, resultado obtenido del costo por tonelaje métrico de 75\$ y el total de 477, 17 tonelaje aprovechado con la disminución de los paros.

Tabla 3926. Análisis Económico del Proyecto

Análisis	Actual	Propuesta	Ahorro anual estimado
Detalle	Costos estimados	Costos estimados	
Costos por salario Anual	\$64 023, 27	\$64 023, 27	\$0, 00
Costo de pérdida por mantenimiento preventivo	\$1 076 400, 00	\$1 076 400, 00	\$0, 00
Costo de pérdida por mantenimiento correctivo	\$2 862 990, 00	\$2 433 541, 50	\$429 448, 50
TOTAL	\$4 003 413, 27	\$3 573 964, 77	

Nota: Autoría propia (2021)

En resumen, con la propuesta de mantenimiento preventivo sin intervenir en los costos de salarios y los costos por mantenimiento preventivo actuales, la empresa obtiene un beneficio de ahorro anual de aproximadamente \$429 448, 50.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7. Conclusiones y recomendaciones

7.2 Conclusiones

El diagnóstico del estado actual de la maquinaria permite establecer que los equipos de la planta de complejos requieren de un mantenimiento exhaustivo para aumentar su disponibilidad y disminuir los paros no programados. La empresa carece de un orden de los datos históricos del mantenimiento, por lo que es difícil comparar la variación de fallas operacionales en el mantenimiento, es por esta razón que se realizó un análisis de ANOVA de correlación para concluir que elementos son los que presentan mayor probabilidad de sufrir un fallo o avería durante el funcionamiento de los equipos, además esto nos permite saber que tanto se afirma que las averías del proceso productivo (cambio de fórmula, Causa externa, Falla eléctrica, Fallas de Proceso, Fallas Mecánicas) o qué tipo o categoría de fallas eran, mantenimiento correctivo, esto con el fin de establecer la relación del tiempo disponible con la cantidad de toneladas métricas producidas mensual y ver las pérdidas de toneladas métricas por tiempo detenido del proceso.

Mediante la implementación de la lista de chequeo basado en las 8 pilares del TPM, se logra identificar las deficiencias en el área de mantenimiento y las oportunidades de mejora por medio de técnicas o métodos que ayudaran aumentar la eficiencia operativa de la empresa, a cada pilar se le otorgo una puntuación para establecer el grado de cumplimiento de las actividades, se llegó a la conclusión que el pilar que tiene mayor cumplimiento es el de mantenimiento autónomo con un 81% y el que tiene mayores deficiencias es la eficiencia administrativa 45%, seguido de

la educación y entrenamiento 61%, aseguramiento de la calidad 66%, seguridad y gestión ambiental 66%, al realizar las sugerencias y propuestas de mejora para cada actividad de los pilares se lograra aumentar la productividad y eficiencia de las operaciones al reducir tiempos improductivos en métodos que no generan resultados idóneos.

Se realiza el análisis OEE para los equipos en donde se determinó la eficiencia global del equipo mediante la evaluación de parámetros de disponibilidad, rendimiento y calidad, en este caso se evalúa para 4 meses (marzo, abril , mayo, Junio del año 2019), obteniendo un 51, 1% en el mes de marzo, para el mes de abril 64, 1%, mayo 52,8% y junio 55,2%, en donde estos datos revelan un nivel inadmisibles de eficiencia en la disponibilidad de los equipos, por lo que se llega a la conclusión que el mantenimiento actual no es óptimo para la planta de producción por la constante detención del proceso a causa de paros por fallas en los equipos que imposibilitan la disponibilidad y eficiencia para el cumplimiento de las metas de producción.

Ante esto, se elabora un manual de procedimiento para la realización del mantenimiento preventivo a cada equipo, en los diferentes lapsos de tiempo, diario, semanal, quincenal, mensual, trimestral, semestral y anual, acorde a la necesidad de revisión por parte de los encargados que a su vez con esta documentación técnica permita una orientación y seguimiento adecuado, para asegurar la disponibilidad requerida y el cumplimiento de los objetivos de producción de la empresa.

Asimismo, se define un cronograma donde se establecen las fechas de realización de actividades por periodos de tiempo con el fin de reducir los tiempos de paros por mantenimiento, ya que al tener los días estipulados y planeados se llevará un control más exhaustivo en cuanto al cumplimiento de actividades de acuerdo con el manual de los equipos. Con el cronograma se pretende mejorar la disponibilidad, vida útil, funcionamiento y rendimiento de los equipos, disminuyendo así los tiempos improductivos.

Al evaluar el costo de mantenimiento, es necesario partir de la duración que tienen las intervenciones los equipos por mantenimientos preventivos y correctivos, el plan actual tiene previsto un uso de 244, 7 horas en mantenimientos correctivos, con la propuesta se pretende reducir un mínimo de 15% la duración de intervención en los equipos, es así que se obtiene un tiempo de 208 horas mensuales la misma, lo que igual a 36, 7 horas de ahorro, y lo que es más importante un aumento de producción estimada de 477, 17 toneladas métricas mensuales, este monto calculado sobre una base de producción por hora de 13 toneladas métricas. Considerando lo anterior la empresa con el plan de mantenimiento propuesto obtiene un ahorro estimado de \$35 787, 38 mensuales, resultado obtenido del costo por tonelaje métrico de 75\$ y

el total de 477, 17 tonelaje aprovechado con la disminución de los paros.

La empresa Fertica no tenía las fichas técnicas de todos los equipos ni estaban estandarizadas, al elaborar los equipo más representativo del proceso productivo, permite identificar las características técnicos que necesita cada máquina para un adecuado funcionamiento, además de permitir el control de las

misma en Excel , y de proporcionarles al personal un documento en donde pueden verificar que cambios o reparaciones se han realizado según su historial de funcionamiento y con estos registros se pudo determinar datos de disponibilidad y fiabilidad que tienen los equipos durante su producción.

La metodología 5S le proporciona a la empresa una mayor gestión en las áreas de trabajo, ya que permite establecer el orden , limpieza , organización , clasificación de las estaciones de trabajo, al aplicar esta técnica el operario no se va desplazar grandes distancias , por lo que las herramientas, utensilios van a estar a disposición del personal, esto ayudara a eliminar tiempo y movimientos innecesarios , aumentara la productividad, se eliminaran objetos innecesarios y se reemplazaran por útiles

7.3 Recomendaciones

En el marco de desarrollo del presente trabajo es importante mencionar las siguientes recomendaciones que permitan

Se recomienda capacitar al personal de mantenimiento del usos y beneficio de cada una de las herramientas planteadas en la propuesta, para darle un mayor seguimiento y control de las actividades a realizar con el propósito de realizar un ciclo de mejora de los nuevos técnicas o métodos que se utilizaran para evaluar las deficiencias del mantenimiento.

Desarrollo y control de indicadores basados en el registro de información histórica del mantenimiento.

Compromiso, coordinación y comunicación entre las áreas de mantenimiento y producción con los programas de mantenimiento.

Darle continuidad a la metodología 5 s como una política empresarial, involucrando no solo el área de producción si no los demás departamentos.

Se recomienda optimizar al máximo los procesos en mantenimiento, para aumentar la disponibilidad y disminuir los costos por mantenimiento correctivo

Se recomienda realizar cada 6 meses el análisis de costo beneficio del mantenimiento y evaluar la posibilidad de implementar más un mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos.

Una vez elaborada la codificación de los equipos, se debe de adherir a los equipos de forma que cada vez que se realice una actividad se coordine a través de

su código, esto permite al personal familiarizarse con la nueva codificación de los equipos.

BIBLIOGRAFÍA

8. Bibliografía

- Acosta Martínez, S. (2017). *Propuesta de Mantenimiento Productivo Total (TPM), en el Proceso de Sacrificio de Equinos en la Empresa Finca los Cristales LTDA ubicada en en Mosquera*. Bogotá, Colombia. Obtenido de <http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/handle/123456789/202>
- Camisón, C., Cruz, S., & González, T. (2006). *Gestión de la calidad: Conceptos, enfoques, modelos y sistemas*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN. Obtenido de <http://www.ebooks7-24.com/stage.aspx?il=&pg=&ed=>
- Canales Mora, C. (2014). *Desarrollo de un Plan de Mantenimiento Preventivo basado en la metodología RCM para el Departamento de Patio de Caña*. Universidad Tecnológica de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2238/5823>
- Cuatrecasas Arbós, L. (2012). *Gestión del mantenimiento de los equipos productivos: Organización de la producción y dirección de operaciones*. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Fuenlabrada de la Vega Trucíos, S. (2008). *Probabilidad y estadística*. México: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA. Obtenido de <http://www.ebooks7-24.com/stage.aspx?il=&pg=&ed=>
- García Palencia , O. (2012). *Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial* (Vol. Primera edición). Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- González Fernández, F. J. (2005). *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*. Madrid, España: Fundación CONFEMETAL.
- Gutiérrez Banegas , A. L. (2012). *Probabilidad y estadística enfoques por competencia*. México: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES S.A. Obtenido de <http://www.ebooks7-24.com/stage.aspx?il=&pg=&ed=>

- Levine, D., Krehbie, T., & Berenson, M. (2014). *Estadística PARA LA ADMINISTRACIÓN*. México: PEARSON EDUCACIÓN. Obtenido de <https://docs.googleusercontent.com/docs/securesc/0g76nbl13egs7b64qc63opeqrk0hodp6/3d4c83v9ms9dapfaid0126dhan5h9uc9/1562176800000/01058102296060368530/03228366544263524433/0B2YbtfoxxviQcXpUY3RHSTR0Z2c?e=download&nonce=2tncpu6etkefm&user=032283665>
- Lozada Cepeda, J. (2017). *Elaboración de un Plan de Mantenimiento basado en el Mantenimiento productivo Total (TPM) para la Maquinaria de Recuperación de Turbinas del CIRT en la Empresa CELEC EP-HIDROAGOYÁN*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26077>
- Malhotra, N. (2004). *Investigación de Mercados un enfoque aplicado*. México: Pearson Educación. Obtenido de [/books.google.co.cr/books?id=SLmEblVK2OQC&pg=PA312&dq=muestreo+no+probabilistico&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjyluLlrbXjAhXEjVkkHcZfA4wQ6AEIJzAA#v=onepage&q=muestreo%20no%20probabilistico&f=false](https://books.google.co.cr/books?id=SLmEblVK2OQC&pg=PA312&dq=muestreo+no+probabilistico&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjyluLlrbXjAhXEjVkkHcZfA4wQ6AEIJzAA#v=onepage&q=muestreo%20no%20probabilistico&f=false)
- Manene, L. M. (28 de julio de 2011). *www.luismiguelmanene.com*. Obtenido de LOS DIAGRAMAS DE FLUJO: SU DEFINICIÓN, OBJETIVO, ELABORACIÓN, FASES, REGLAS Y EJEMPLOS DE: https://moodle2.unid.edu.mx/dts_cursos_md/lic/AE/EA/AM/07/Los_diagramas_de_flujo_su_definicion_objetivo_ventajas_elaboracion_fase.pdf
- Mora, Evelyn Fernández. (09 de Octubre de 2014). El Financiero. *Yara Internacional pretende el 29% del mercado de fertilizantes en Costa Rica tras compra de Cafesa*. Obtenido de [//www.elfinancierocr.com/negocios/yara-internacional-pretende-el-29-del-mercado-de-fertilizantes-en-costa-rica-tras-compra-de-cafesa/WMRUCJCQABEBDKDFVWEF6BENJY/story/](http://www.elfinancierocr.com/negocios/yara-internacional-pretende-el-29-del-mercado-de-fertilizantes-en-costa-rica-tras-compra-de-cafesa/WMRUCJCQABEBDKDFVWEF6BENJY/story/)

- Moya Leitón, O. (2015). *Diseño de un plan de mantenimiento productivo total (TPM) enfocado en el mantenimiento preventivo, mantenimiento autónomo y la eficiencia general de equipos (OEE) para los equipos más críticos de la planta FAS*. Universidad tecnológica de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. Obtenido de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6107>
- Muñoz Razo, C. (2011). *Cómo elaborar y asesorar una tesis de investigación*. México: Pearson Educación de México, S.A. Obtenido de <http://www.indesgua.org.gt/wp-content/uploads/2016/08/Carlos-Mu%C3%B1oz-Razo-Como-elaborar-y-asesorar-una-investigacion-de-tesis-2Edicion.pdf>
- Navidi, W. (2006). *Estadística para ingenieros y científicos*. México: Mc Graw Hill interamericana. Obtenido de [/books.google.co.cr/books?id=9DWw696jLbMC&printsec=frontcover&dq=Estadística+para+ingenieros+y+científicos+naivi&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjwvobqq7_jAhXEo1kKHQoLC-kQ6AEIJzAA#v=onepage&q&f=false](https://books.google.co.cr/books?id=9DWw696jLbMC&printsec=frontcover&dq=Estadística+para+ingenieros+y+científicos+naivi&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjwvobqq7_jAhXEo1kKHQoLC-kQ6AEIJzAA#v=onepage&q&f=false)
- Pimienta Prieto, J. H., & de la Orden Hoz, A. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: PEARSON EDUCACIÓN. Obtenido de <http://uploaded.net/file/35dxqxck/MetodologiaDLInvstgcn.JHPP-LV.rar>
- Portilla Diaz, L. (2014). *Diseño del Programa de Mantenimiento Productivo Total para las áreas de Producción de la Empresa EPI Ltda*. Universidad Autónoma de Occidente , Santiago de Cali, Colombia. Obtenido de <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/6590/1/T04614.pdf>
- Rosales Fuentes , J. (2014). *Mantenimiento y reparación de instalaciones de telefonía y comunicación*. ANTEQUERA, Málaga: IC EDITORIAL. Obtenido de <https://books.google.co.cr/books?id=YV4wBQAAQBAJ&pg=PT79&dq=inspecciones+peri%C3%B3dicas+programadas+para+que+sirve&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjG2K3vhOfraHWjuFkKHfBsBPAQ6AEwCHoECA>

kQAg#v=onepage&q=inspecciones%20peri%C3%B3dicas%20programadas
%20para%20que%20

Sampieri, R. H., Fernández , C. C., & Baptista, M. L. (2010). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. México : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A.

APÉNDICES

Apendice 1. Promedio de producción en relación con el tiempo de Marzo a Abril 2020.

Tabla 27. Producción en Relación al Tiempo

MES	Producción	Tiempo Operativo (Hora)	Producción x Hora	Tiempos de Paro
MARZO	4865, 70	408, 52	11, 91	335, 48
ABRIL	5187, 80	373, 34	13, 90	346, 66
MAYO	5044, 20	390, 07	12, 93	353, 93
JUNIO	5259, 53	409, 16	12, 85	310, 84
PROMEDIO	5089, 31	395, 27	12, 88	

Nota: Autoría propia (2021)

Apendice 2. Datos de Producción y paros

Tabla 28. Datos de Paro Marzo

Análisis de Paros Marzo				
Dia	Tiempo Disponible	Producción	Total de paros	Horas efectivas
1,00	24, 00	0, 00	24, 00	0, 00
2,00	24, 00	35, 00	24, 00	6, 67
3,00	24, 00	224, 00	5, 22	18, 78
4,00	24, 00	236, 00	10, 20	13, 80
5,00	24, 00	281, 00	5, 68	18, 32
6,00	24, 00	294, 00	7, 55	16, 45
7,00	24, 00	142, 00	13, 80	10, 20
8,0	24, 00	275, 00	5, 33	18, 67
9,00	24, 00	258, 00	6, 07	17, 94
10,00	24, 00	186, 00	10, 13	13, 87
11,00	24, 00	79, 00	16, 25	7, 75
12,00	24, 00	82, 00	17, 22	6, 79
13,00	24, 00	126, 00	11, 28	12, 71
14,00	24, 00	21, 00	5, 58	1, 52
14,00	24, 00	110, 00	8, 28	8, 61
15,00	24, 00	125, 00	12, 18	11, 81
16,00	24, 00	270, 00	4, 47	19, 53
17,00	24, 00	266, 00	8, 28	15, 72
18,00	24, 00	196, 00	9, 97	14, 04
19,00	24, 00	182, 00	8, 57	15, 43
20,00	24, 00	167, 00	10, 70	13, 30
21,00	24, 00	190, 00	11, 25	12, 75
22,00	24, 00	85, 00	14, 67	9, 34

23,00	24, 00	60, 00	15, 75	8, 25
24,00	24, 00	135, 70	7, 30	16, 70
25,00	24, 00	87, 00	9, 68	14, 32
26,00	24, 00	136, 00	5, 12	18, 89
27,00	24, 00	55, 00	17, 08	7, 00
28,00	24, 00	191, 00	8, 02	15, 98
29,00	24, 00	68, 00	3, 85	8, 40
29,00	24, 00	61, 00	2, 88	8, 40
30,00	24, 00	98, 00	12, 58	11, 42
31,00	24, 00	144, 00	8, 83	15, 16
Total	744, 00	4865, 70	341, 78	408, 52

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 29 Datos de Paro Abril

Análisis de Paros Abril				
Día	Tiempo Disponible	Producción	Total de paros	Horas efectivas
1,00	24, 00	260, 00	4, 53	19, 46
2,00	24, 00	204, 00	10, 18	13, 82
3,00	24, 00	302, 00	2, 18	21, 82
4,00	24, 00	293, 00	3, 93	20, 06
5,00	24, 00	237, 00	7, 93	16, 07
6,00	24, 00	213, 00	7, 27	16, 73
7,00	24, 00	181, 00	11, 02	12, 98
8,00	24, 00	0, 00	24, 00	0, 00
9,00	24, 00	0, 00	24, 00	0, 00
10,00	24, 00	0, 00	24, 00	0, 00

11,00	24, 00	0, 00	24, 00	0, 00
12,00	24, 00	86, 00	15, 63	8, 37
13,00	24, 00	224, 00	8, 38	15, 61
14,00	24, 00	243, 00	10, 40	13, 60
15,00	24, 00	272, 00	5, 85	18, 15
16,00	24, 00	225, 00	6, 60	17, 40
17,00	24, 00	123, 80	13, 13	10, 87
18,00	24, 00	268, 00	5, 45	18, 55
19,00	24, 00	275, 00	6, 33	17, 67
20,00	24, 00	179, 00	14, 08	9, 92
21,00	24, 00	199, 00	8, 97	15, 03
22,00	24, 00	203, 00	8, 93	15, 06
23,00	24, 00	40, 00	4, 20	4, 51
23,00	24, 00	92, 00	4, 75	11, 61
24,00	24, 00	153, 00	12, 97	11, 03
25,00	24, 00	184, 00	5, 82	18, 18
26,00	24, 00	262, 00	6, 32	17, 68
27,00	24, 00	262, 00	12, 57	11, 44
28,00	24, 00	119, 00	13, 47	10, 54
29,00	24, 00	0, 00	24, 00	0, 00
30,00	24, 00	88, 00	16, 82	7, 18
Total	720, 00	5187, 80	347, 72	373, 34

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 30 Datos de Paro Mayo

Análisis de Paros Mayo				
Dia	Tiempo Disponible	Producción	Total de paros	Horas efectivas
1,00	24, 00	0, 00	24, 00	0, 00
2,00	24, 00	89, 00	16, 63	7, 37
3,00	24, 00	271, 00	3, 37	20, 63
4, 00	24, 00	195, 00	8, 57	15, 44
5,00	24, 00	210, 00	7, 73	16, 26
6,00	24, 00	162, 00	9, 55	14, 43
7,00	24, 00	272, 00	3, 90	18, 97
8,00	24, 00	64, 00	17, 90	5, 86
9,00	24, 00	187, 00	8, 03	14, 70
10,00	24, 00	189, 00	9, 33	14, 70
11,00	24, 00	223, 00	8, 35	15, 65
12,00	24, 00	269, 00	6, 33	17, 66
13,00	24, 00	295, 00	3, 70	19, 18
14,00	24, 00	238, 50	8, 22	15, 79
15,00	24, 00	120, 60	13, 78	10, 21
16,00	24, 00	182, 00	7, 92	16, 08
17,00	24, 00	93, 00	14, 53	9, 47
18,00	24, 00	107, 10	13, 32	10, 68
19,00	24, 00	198, 00	6, 38	15, 81
20,00	24, 00	163, 00	6, 52	17, 48
21,00	24, 00	63, 00	17, 62	6, 38
22,00	24, 00	292, 00	4, 22	19, 79
23,00	24, 00	194, 00	9, 88	14, 11
24,00	24, 00	211, 00	7, 93	16, 06
25,00	24, 00	94, 00	16, 82	7, 18
26,00	24, 00	183, 00	9, 08	14, 91

27,00	24, 00	164, 00	13, 27	10, 73
28,00	24, 00	162, 00	12, 12	11, 89
29,00	24, 00	100, 00	14, 38	9, 62
30,00	24, 00	53, 00	20, 97	3, 03
31,00	24, 00	0, 00	24, 00	0, 00
Total	744	5044, 20	348, 35	390, 07

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 31 Datos de Paro Junio

Análisis de Paros Junio				
Día	Tiempo Disponible	Producción	Total de paros	Horas efectivas
1,00	24, 00	115, 00	14, 98	9, 01
2,00	24, 00	211, 00	6, 05	17, 95
3,00	24, 00	204, 00	7, 95	16, 07
4,00	24, 00	83, 00	16, 87	7, 13
5,00	24, 00	192, 00	10, 05	13, 95
6,00	24, 00	161, 00	11, 63	13, 06
7,00	24, 00	273, 00	5, 93	18, 06
8,00	24, 00	71, 00	16, 48	7, 52
9,00	24, 00	139, 00	12, 13	11, 93
10,00	24, 00	239, 00	6, 33	17, 66
11,00	24, 00	202, 00	10, 32	13, 70
12,00	24, 00	310, 00	3, 75	20, 25
13,00	24, 00	308, 00	4, 95	19, 05
14,00	24, 00	289, 93	5, 78	18, 21
15,00	24, 00	232, 00	7, 98	16, 02
16,00	24, 00	274, 00	5, 22	18, 79
17,00	24, 00	196, 00	9, 23	14, 80
18,00	24, 00	122, 00	14, 48	9, 50
19,00	24, 00	129, 00	9, 17	14, 80
20,00	24, 00	65, 00	16, 65	7, 50
21,00	24, 00	76, 00	17, 33	6, 60
22,00	24, 00	231, 00	6, 42	17, 60
23,00	24, 00	153, 60	9, 13	15, 00
24,00	24, 00	185, 00	8, 27	15, 70

25,00	24, 00	163, 00	7, 62	16, 40
26,00	24, 00	205, 00	6, 23	17, 80
27,00	24, 00	220, 00	6, 33	17, 70
28,00	24, 00	54, 00	18, 85	5, 20
29,00	24, 00	156, 00	11, 77	12, 20
30,00	24, 00	0, 00	24, 00	0, 00
Total	720	5259, 53	311, 90	409, 16

Nota: Autoría propia (2021)

Apendice 3. Lista de Chequeo

Figura 24 Lista de Chequeo

Empresa:	Fertica S.A			Hora de Inicio: 12:10 p. m.
Area:	Departamento de Mantenimiento			Hora de Finalización :
Objetivo de la actividad:	Evaluación del Proceso de mantenimiento actual realizado por el departamento encargado en la empresa			
Descripción	Criterio			Observaciones
	SI	NO	NO APLICA	
General	SI	NO	NO APLICA	
El departamento tiene definido planes de mantenimiento preventivo a las maquinas	X			La realización de mantenimiento preventivo es mínimo, es importante fortalecer los planes actuales
Es frecuente la realización de mantenimientos preventivos a los maquinas	X	X		
Son frecuentes los mantenimientos correctivos en las maquinas	X			
Se realizan inspecciones periódicas programadas a las máquinas y equipos	X			las inspecciones son mínimas, no están bien definidas con base a la cantidad de fallas actuales

Cuenta con personal capacitado para los diferentes mantenimientos	X			
Se dispone de servicios de mantenimiento por terceros (outsourcing) para la atención de las maquinas	X			Cuando son máquinas y equipos especiales y donde no se cuenta con un técnico especializado por su costo es elevado. Ejemplo planta eléctrica de emergencia KOHLER, los compresores KOHLER y INERSOLL RAND
Es frecuente las contrataciones de terceros para la atención de las máquinas.	X			
El departamento cuenta con estructura y herramientas óptimas para la atención de las diversos máquinas y sus fallas.	X			
Se lleva un cronograma de actividades específicas a realizar.	X			
Se reportan las fallas diagnosticadas de las máquinas.	X			Lista de chequeo y Bitácora de Ingenieros
Se realiza a tiempo las actividades programadas		X		Se realizan las actividades programadas, pero continuamente presentan cambios o ajustes debido a fallas críticas constantes que producen demoras o atrasos.
Existe un cronograma de capacitación para el personal			X	los capacita el jefe de mantenimiento, cuando surge una necesidad por un cambio tecnológico en la maquinaria y equipo. Ejemplo: variadores de frecuencia para motores eléctricos y su programación, arrancadores suaves para motores eléctricos, PLC, sistemas neumáticos, sistemas de vibradores neumáticos, cálculos de velocidad RPM. Así como capacitación para refrescarle la importancia que tiene el concepto de mantenimiento tanto predictivo, preventivo o correctivo.
Se realiza evaluaciones del rendimiento y disponibilidad de las maquinas y equipos	X			Por medio de la capacidad nominal y el RATE de producción diario


Inventarios	SI	NO	NO APLICA	
Se cuenta con una bodega repuestos para la atención de las máquinas y equipos	X			
Mantiene un control de stock, de mínimos y máximos de los repuestos.	X			Se lleva control de Inventario mediante software, pero el manejo de mínimos y máximos no está bien controlado por los encargados.
El departamento cuenta con procedimientos definidos para la adquisición de repuestos y equipos.	X			Existe un comité de Compra
Documentación	SI	NO	NO APLICA	
Se confecciona ordenes de trabajo de mantenimiento para el detalle de la intervención de la maquina o equipo	X			Fichas de control de la SOTM
Al intervenir las máquinas y equipos son registrados los detalles en una bitácora de control de fallas detectadas.	X			Bitácora de Fallas operacionales, la descripción de La intervención en el equipo necesita mejora.
Se tiene fichas técnicas de las máquinas y equipos	X			Las fichas técnicas actuales presentan poca información del equipo
Al realizar inspecciones periódicas se confecciona documento de registro	X			Se realizan, pero en el archivo y respaldo de estos documentos presenta deficiencias
Las lubricaciones de las máquinas y equipos son documentadas en cartas de control.	X			
Se tiene en registro las existencias y disponibilidad de los repuestos,	X			
Para las lubricaciones y engrases se tienen manuales de los fabricantes de los equipos	X			se maneja por medio de catálogos, en donde vienen las especificaciones técnicas
Lubricación	SI	NO	NO APLICA	
Comprobaciones constantes de niveles de aceite y/o lubricantes en máquinas y equipos	X			Por medio del catálogo están los niveles o rangos de aceites. El encargado debe verificarlos antes de realizar la lubricación
Realización de engrase y lubricación a las máquinas y equipos.	X			

Revisión periódica del estado de las herramientas (engrasadoras y otros equipos) y lubricantes en bodega		X		
Limpieza				
Se realizan actividades de limpieza y mantenimiento diario o semanales de las máquinas.	X			
Se lleva el registro en formatos de las actividades de limpieza y mantenimiento de las máquinas.	X			Producción lleva u programa establecido diario de la maquinaria o equipo
Cuentan con fichas técnicas de las máquinas para hacer un correcto uso de ellas y la recomendación del fabricante.	X			
Se lleva el registro de cada uno de los mantenimientos realizados por máquina, para realizar seguimiento y control.	X			Los controles y seguimientos de los mantenimientos realizados son mínimos.
Existe un formato de procedimientos, claros y específicos para cada una de las máquinas.		X		
Se cuenta con una herramienta que permita identificar la causa de las fallas.		X		los equipos de alta tecnología, ejemplo un análisis de vibraciones o detector de vibraciones, detector de fisuras internas en ejes, cámaras termográficas por los elevados costos se dan cuando este es requerido por outsourcing
Las actividades de mantenimiento autónomo son seguras y de fácil comprensión para los operarios.	X			
Control Inicial				
Existen actividades puntuales para reducir el deterioro de las máquinas		X		
El operario realiza las actividades programadas, con el fin de prolongar la vida útil de las máquinas	X			
Existe una inversión a futuro para la adquisición de nuevas máquinas.	X			Cuando ya pierde la vida útil o depresiones, se realiza el remplazo de maquinas

Se ha invertido o se ha hecho cambios para mejorar el rendimiento de las máquinas y equipos.	X			Migración de sistema manuales de operación a sistemas automatizados
Se cumplen con las indicaciones y recomendaciones de las máquinas para hacer buen uso de ellas.	X			

Nota: Autoría propia (2021)

Figura 4625. Ficha Técnica Levador de Reciclo

	Elevador de reciclo		APROBADO POR:
			FECHA:
			VERSION:
DATOS GENERALES			
<p>Función: El elevador de reciclo, es el equipo encargado de realizar el transporte de los granos que no cumplen las especificaciones granulométricas necesarias, hacia los tamices de reciclo para proceder a clasificar el producto que será enviado nuevamente al Amoniador.</p> <p>Averías Comunes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ruptura de los ejes • Avería en Caja Reductora • Daño del motor • Ruptura de la cadena de los guacales • Daño en la polea 			
ESPECIFICACIONES TECNICAS			
Tipo de motor	30 HP	Polea pequeña	8"
Tipo de cadena	C-110	Polea grande	10"
Longitud de cadena	50 m	Tipo de faja	B-64
Sprocket inferior	10 dientes	Reductor	25 a 1 ratio
Diametro interior del sprocket	16"	Eje superior del sprocket	4"
Sprocket superior	13 dientes	Eje inferior del sprocket	3 15/16
Diametro exterior del sprocket	20"	Tipo de chumacera Superior	Pillow block
Tamaño Ancho de candilones	8"	Tamaño chumacera	4 15/16"
tipo de polea	3 canales	Altura de candilones	5
Longitud del eje	1.60 m	Profundidad de candilones	3"
Tamaño Chumacera Inferior	2 15/16"	Capacidad de candilon	40 * 3 : 120 pulg
LISTA DE REPUESTOS (PARTES)		REPUESTOS COMUNES	PROVEEDOR
		<p>Cadena de repuesto ,candilone,ejers superior u inferior, sprocker inerio y superior,poleas,dos juegos de fajas,chumacera superior e ingerior pillow block y flanyer blowk</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elvatron • Nube luminosa • Capris • Cenergi • Suplidora técnica

Nota: Autoría propia (2021)

Figura 47. Ficha Técnica Banda de Finos

	Banda de finos		APROBADO POR:	
			FECHA:	
			VERSION:	
DATOS GENERALES				
Función: Encargado de transportar el producto no granulado y que se encuentra como polvo, hacia el amoniador, para ser reprocesado nuevamente.				
Averías Comunes: • Daño en los canales de las poleas • Daño en la pega mecánica de las bandas transportadoras • Daño de la caja reductora • Daño de las chumaceras • Daño de las cuñas de los ejes				
ESPECIFICACIONES TECNICAS				
Tipo de motor	10 HP	cuñero de los ejes	3/4"	
		Amperaje máximo	30 A	
		Tipo de faja	B-60	
		Rpm motor	1800 rpm	
Ancho de banda	24 pulg	diametro externo del rodo de codo	16"	
Tipo de cuñas de rodillos	Pillow block	diametro exxterno rodo motriz	20"	
Tamaño de cuñas de rodillos	2 15/16"	diametro del eje rodo de cola	1 15/16"	
polea del eje rodo	7 1/2"	Tipo chumacera	Pillow Block	
Polea del reductor	8 1/2"	Tamaño chumacera	1 15/16"	
Tipo de polea	tres canales			
longitud de banda lineal	2.6 m			
LISTA DE REPUESTOS (PARTES)		REPUESTOS COMUNES		PROVEEDOR
		• Caja reductora • Motor • Banda lineal hule de 18 y 24 pulg de ancho, banda de longitud 300 metro • Polea, barra calibrada cuadrada 6 mts de largo por 7 mts .		


Nota: Autoría propia (2021)

Figura 48. Ficha Técnica Elevador de Finos

	Elevador fino		APROBADO POR:
			FECHA:
			VERSION:
DATOS GENERALES		Función:	
		Averías Comunes: • Falla de los hidráulicos de apertura y cierre • Falla por desgaste de la tuerca portante del elevador • •	
ESPECIFICACIONES TECNICAS			
Capacidad de motor	10 Hp	Longitud del eje superior	1.60 mts
Tipo de cadena	AK-120 TFZ BKI	Número de candilones	90 candilones
Longitud de cadena	50 mts	Polea pequeña	5 pulg
Sprocket Inferior	10 dientes	Polea grande	7 pulg
Sprocket Superior	13 dientes	Tipo de faja	B-63"
Diámetro interior del sprocket	1 15/16" pulg	Reductor	ratio 25:1
Diámetro superior del sprocket	2 15/16" pulg	Capacidad de candilón	40 toneladas * hrs
Ancho de candilones	7 pulg		
Altura de candilones	3.5 mts		
Profundidad de candilones	4 pulg		
Tipo de transmisión	Polea		
Longitud del eje inferior	1.30 mts		
LISTA DE REPUESTOS (PARTES)		REPUESTOS COMUNES	PROVEEDOR

Nota: Autoría propia (2021)

Figura 49. Ficha Técnica Elevador de Fórmula

	Elevador de Fórmula		APROBADO POR:
			FECHA:
			VERSION:
DATOS GENERALES			
		Función:	
		Averías Comunes: • Fallos en la alimentación eléctrica. • Desgaste de los engranajes. • Mal funcionamiento de los rodamientos.	
ESPECIFICACIONES TECNICAS			
Tipo de motor	20 hp	Longitud del eje superior	1.60 mts
Tipo de cadena	ASA-120	Número de candilones	90 candilones
Longitud de cadena de transmision	1.50 mts	Tipo de faja	B-65"
Piñon Inferior	27 dientes	Reductor	ratio 25:1
Piñon Superior	60 dientes	Capacidad de candilón	60 toneladas * hrs
Diámetro interior del sprocket	2 15/16" pillow block	Acople Falk	10T1080
Diámetro superior del sprocket	3 15/16" ranger block		
Ancho de candilones	8 pulg		
Altura de candilones	6 pulg	elevador de proceso	transmicion no tiene piñones tiene poleas y fajas de transiicon
Profundidad de candilones	5 pulg	polea superior	12
Tipo de transmisión	Piñon por cadenas	Polea inferior	10
Longitud del eje inferior	1.30 mts	trnsicion	3 canales tipo B-65
LISTA DE REPUESTOS (PARTES)		REPUESTOS COMUNES	PROVEEDOR

Nota: Autoría propia (2021)

Figura 50. Ficha Técnica Molino Grueso

	Molino de Gruesos		APROBADO POR:
			FECHA:
			VERSION:
DATOS GENERALES			
		Función:	
		Averías Comunes:	
ESPECIFICACIONES TECNICAS			
Capacidad de motor	40 Hp	Varilla calibrada eje de los discos	1 pulg
RPM	1800 rpm	Chuchillas	7 en un eje
Polea del motor	8 pulg	Cuchillas del molino	28 pulg
Voltio	480 voltios	Total de discos	32 discos
Tipo de transmisión	3 canales tipo C	Total de varillas	4 varillas
Polea de eje del molino	10 pulg	Longitud del machete	10 pulg cada cuchilla
Tipo de faja	C-80	Ancho del machete	3 pulg
Tipo de Chumacera	2 15/16" pillow block	Espesor del machete	3/8 "
Diametro de eje del molino	2 15/16" pulg		
Longitud del eje del molino	35 pulg		
Numero de discos	8 discos		
Diametro de disco interno del molino	10 pulg		
LISTA DE REPUESTOS (PARTES)		REPUESTOS COMUNES	PROVEEDOR

Nota: Autoría propia (2021)


Figura 51. Ficha Técnica Banda Reversible Materia Prima

	Banda Reversible de MP		APROBADO POR:	
			FECHA:	
			VERSION:	
DATOS GENERALES				
Función: Averías Comunes: <ul style="list-style-type: none"> • Daño en los canales de las poleas • Daño en la pega mecánica de las bandas transportadoras • Daño de la caja reductora • Daño de las chumaceras • Daño de las cuñas de los ejes 				
ESPECIFICACIONES TECNICAS				
Tipo de motor	10 HP	Cuñero de los ejes	3/4"	
Ancho de motor	24"	Amperaje máximo	30 A	
Tamaño de tambor accionador	3/4"	Tipo de faja	B-60	
Tamaño de tambor accionador	26"	Rpm motor	1800 rpm	
Ancho de banda	24 pulg	Diametro externo del rodo de codo	16"	
Tipo de cuñas de rodillos	Pillow block	Diametro externo rodo motriz	20"	
Tamaño de cuñas de rodillos	2 15/16"	Diametro del eje rodo de cola	1 15/16"	
Polea del eje rodo	7 1/2"	Tipo chumacera	Pillow Block	
Polea del reductor	8/1/2002			
Tipo de polea	3 canales			
Longitud de banda lineal	1.25 mts			
Tamaño de chumacera	1 15/16" pulg			
LISTA DE REPUESTOS (PARTES)		REPUESTOS COMUNES	PROVEEDOR	
		<ul style="list-style-type: none"> • Chumacera • Caja reductora • Motor • Banda lineal hule • Polea 		

Nota: Autoría propia (2021)


Figura 52. Ficha Técnica Banda BAFF

Ficha técnica banda BAFF

	Banda de BAFF		APROBADO POR:	
			FECHA:	
			VERSION:	
DATOS GENERALES				
		Función:		
		Averías Comunes: <ul style="list-style-type: none"> • Daño en los canales de las poleas • Daño en la pega mecánica de las bandas transportadoras • Daño de la caja reductora • Daño de las chumaceras • Daño de las cuñas de los ejes 		
ESPECIFICACIONES TECNICAS				
Tipo de motor	7 HP	Cuñero de los ejes	3/4" pulg	
Ancho de motor	24"	Amperaje máximo	30 A	
Tamaño de tambor accionador	3/4"	Tipo de faja	B-60	
Tamaño de tambor accionador	26"	Rpm motor	1800 rpm	
Ancho de banda	24 pulg	Diametro externo del rodo de codo	16" pulg	
Tipo de cuñas de rodillos	Pillow block	Diametro externo rodo motriz	20" pulg	
Tamaño de cuñas de rodillos	2 15/16" pulg	Diametro del eje rodo de cola	1 15/16" pulg	
Polea del eje rodo	7 1/2" pulg	Tipo chumacera	Pillow Block	
Polea del reductor	8/1/2002	Tamaño chumacera	1 15/16" pulg	
Tipo de polea	3 canales	Velocidad Lineal	0-60 hertz	
Longitud de banda lineal	25 mts	Tipo de variador	Potenciometro 60 hertz	
Variador de Frecuencia	2.5 hertz			
LISTA DE REPUESTOS (PARTES)		REPUESTOS COMUNES		PROVEEDOR
		<ul style="list-style-type: none"> • Chumacera • Caja reductora • Motor • Banda lineal hule • Polea 		

Nota: Autoría propia (2021)

Figura 54. Ficha Técnica Transportador de Descarga al Amoniador

	Transportador de Descarga de Amoniador		APROBADO POR:
			FECHA:
			VERSION:
DATOS GENERALES			
		Función:	
		Averías Comunes: • Daño en los canales de las poleas • Daño en la pega mecánica de las bandas transportadoras • Daño de la caja reductora • Daño de las chumaceras • Daño de las cuñas de los ejes	
ESPECIFICACIONES TECNICAS			
Tipo de motor	10 HP	Cuñero de los ejes	3/4" pulg
Ancho de motor	24"	Amperaje máximo	30 A
Tamaño de tambor accionador	3/4"	Tipo de faja	B-60
Tamaño de tambor accionador	26"	Rpm motor	1800 rpm
Ancho de banda	24 pulg	Diametro externo del rodo de codo	16" pulg
Tipo de cuñas de rodillos	Pillow block	Diametro exxterno rodo motriz	20" pulg
Tamaño de cuñas de rodillos	2 15/16" pulg	Diametro del eje rodo de cola	1 15/16" pulg
Polea del eje rodo	7 1/2" pulg	Tipo chumacera	Pillow Block
Polea del reductor	8 1/2 " pulg	Tamaño chumacera	1 15/16" pulg
Tipo de polea	3 canales	Velocidad Lineal	0-60 hertz
Longitud lineal de banda	30 mts	Tipo de variador	Potenciometro 60 hertz
Variador de Frecuencia	2.5 hertz		
LISTA DE REPUESTOS (PARTES)		REPUESTOS COMUNES	PROVEEDOR
		<ul style="list-style-type: none"> • Chumacera • Caja reductora • Motor • Banda lineal hule • Polea 	

Nota: Autoría propia (2021)

Figura 55. Ficha Técnica Recubridor de Diatomita

	Diatomita del recubridor		APROBADO POR:
			FECHA:
			VERSION:
DATOS GENERALES			
		Función:	
		Averías Comunes: <ul style="list-style-type: none"> • Daño en los canales de las poleas • Daño en la pega mecánica de las bandas transportadoras • Daño de la caja reductora • Daño de las chumaceras • Daño de las cuñas de los ejes 	
ESPECIFICACIONES TECNICAS			
Tipo de motor	15 HP	Cuñero de los ejes	3/4" pulg
Ancho de motor	24"	Amperaje máximo	30 A
Tamaño de tambor accionador	3/4"	Tipo de faja	B-60
Tamaño de tambor accionador	26"	Rpm motor	1800 rpm
Ancho de banda	24 pulg	Diametro externo del rodo de codo	16" pulg
Tipo de cuñas de rodillos	Pillow block	Diametro exxterno rodo motriz	20" pulg
Tamaño de cuñas de rodillos	2 15/16" pulg	Diametro del eje rodo de cola	1 15/16" pulg
Polea del eje rodo	8 1/2" pulg	Tipo chumacera	Pillow Block
Polea del reductor	10 1/2 " pulg	Tamaño chumacera	1 15/16" pulg
Tipo de polea	3 canales	Velocidad Lineal	0-60 hertz
Longitud lineal de banda	50 m	Tipo de variador	Potenciometro 60 Hz
Variador de Frecuencia	2.5 Hz		
LISTA DE REPUESTOS (PARTES)		REPUESTOS COMUNES	PROVEEDOR
		<ul style="list-style-type: none"> • Chumacera • Caja reductora • Motor • Banda lineal hule • Polea 	

Nota: Autoría propia (2021)

Figura 56. Ficha Técnica Transportador de Finos

		Transportador de Finos		APROBADO POR:
				FECHA:
				VERSION:
DATOS GENERALES		Función:		
		Averías Comunes: • Daño en los canales de las poleas • Daño en la pega mecánica de las bandas transportadoras • Daño de la caja reductora • Daño de las chumaceras • Daño de las cuñas de los ejes		
ESPECIFICACIONES TECNICAS				
Tipo de motor	20 HP	Cuñero de los ejes	3/4" pulg	
Ancho de motor	24"	Amperaje máximo	30 A	
Tamaño de tambor accionador	3/4"	Tipo de faja	B-60	
Tamaño de tambor accionador	26"	Rpm motor	1800 rpm	
Ancho de banda	24 pulg	Diametro externo del rodo de codo	16" pulg	
Tipo de cuñas de rodillos	Pillow block	Diametro externo rodo motriz	20" pulg	
Tamaño de cuñas de rodillos	2 15/16" pulg	Diametro del eje rodo de cola	1 15/16" pulg	
Polea del eje rodo	10 1/2" pulg	Tipo chumacera	Pillow Block	
Polea del reductor	12 1/2" pulg	Tamaño chumacera	1 15/16" pulg	
Tipo de polea	3 canales	Velocidad Lineal	0-60 hertz	
Longitud lineal de banda	80 m	Tipo de variador	Potenciometro 60 Hz	
Variador de Frecuencia	2.5 Hz			
LISTA DE REPUESTOS (PARTES)		REPUESTOS COMUNES	PROVEEDOR	
		<ul style="list-style-type: none"> • Chumacera • Caja reductora • Motor • Banda lineal hule • Polea 		

Nota: Autoría propia (2021)

Apendice 5. Lista de chequeo Pilares TPM

Tabla 32. Lista de Chequeo Pilar Mejoras Enfocadas

LISTA DE CHEQUEO- CUMPLIMIENTO DE PILARES "TPM"			
PILAR EVALUADO		MEJORAS ENFOCADAS	
EMPRESA:	FERTICA S.A.	Responsables de análisis:	
FECHA		Elí Jara C.	
N° DOCUMENTO		Gabriela Pastrana A.	
REVISIÓN		Joseph Araya M.	
ÍTEM	ACTIVIDAD	CUMPLE	OBSERVACIONES
1	Se presentan pérdidas de tiempo por paros de mantenimiento programados y no programados.	X	Se debe de realizar el día que se previó el plan de mantenimiento.
2	Existe un plan de acción para los paros de mantenimiento no programado.	X	Son los emergente, esto va de la mano con el stock de repuesto.
3	Se lleva la documentación de fallas por equipo (días de paro, motivo de falla, duración de la falla)	X	Se lleva la bitácora de mantenimiento por cada área de responsabilidad, a nivel de Excel.
4	Los paros por máquina o por grupo de máquina, afectan el tiempo productivo.	X	Si porque se para la producción, hasta conocer el diagnostico para ver si puede seguir operando el equipo. Hay equipos en los cuales cuentan con duplicidad por ende si se daña uno puede seguir funcionando. Ejemplos: tamiz, reciclós y molinos .
5	Cuentan con manuales de mantenimiento por equipo.	X	Si únicamente los manuales del fabricante, en cierta maquinaria o equipo.
6	Se evalúa indicadores de paros por	X	por medio de históricos de fallas KPIS , se determina el tiempo productivo y el improductivo.

	mantenimiento, para futuras planeaciones		
7	Existe pérdidas de movimiento por acciones innecesarias de los operarios		Ya que existe un plan de seguridad y un plan de acción el cual se debe seguir. Ejemplo: entrar a un enfriador, hay que hacer mediciones de gases antes que pueda entrar una persona.
8	Se controlan los tiempos por mantenimiento programado	X	Se establecen los tiempos de cada mantenimiento, aunque si hay un problema se durara más.
9	Se contempla tiempos ociosos que no son vinculados a los paros de mantenimiento		No hay tiempos improductivos.
10	Tienen identificados los equipos críticos y fallas recurrentes	X	Por medio de los KPIS, salen las fallas recurrentes, cuando hay más de lo normal se dan los puntos críticos de control.
11	Existe inspecciones generales a las máquinas o equipos.	X	Existe inspecciones rutinarias, tres veces en un turno.
12	Existe un control e implementación de la lubricación para las máquinas y equipos.	X	Existe fichas de control y un programa de lubricación interno como para los equipos de lubricación externa.
13	Existe extra-tiempo sobre el plan planificado	X	Se maneja dependiendo de la dificultad encontrada.
	Total de Puntos		

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 33. Lista de Chequeo Pilar Mantenimiento Autónomo

LISTA DE CHEQUEO- CUMPLIMIENTO DE PILARES "TPM"			
PILAR EVALUADO		MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	
EMPRESA:	FERTICA S.A.	Responsables de análisis:	
FECHA		Elí Jara C.	
N° DOCUMENTO		Gabriela Pastrana A.	
REVISIÓN		Joseph Araya M.	
ÍTEM	ACTIVIDAD	CUMPLE	OBSERVACIONES
1	Cuentan con programas o planes de limpieza periódicos a las máquinas o equipos.	X	Existe un programa de lubricación.
2	Se lleva un registro de las actividades de limpieza en las máquinas o equipos.	X	Existe un programa de limpieza que son dos horas programadas diarias.
3	Se lleva el registro de cada uno de los mantenimientos realizados por máquina, para realizar seguimiento y control.	X	
4	Tienen fichas Técnicas, que ayuden a un uso correcto de las máquinas o equipos.	X	
5	Disponen de herramientas para las actividades de mantenimiento y limpieza.	X	Se cuenta con herramientas específicas para cada máquina y cada actividad.

6	El área de producción tiene bien definido el tipo de mantenimiento que pueden realizar a su maquinaria o equipo	X	Se tiene definido el mantenimiento a realizar a las máquinas.
7	El mantenimiento de fácil comprensión para los operarios de producción.		
8	El personal cuenta con conocimiento idóneo para identificar las fallas operacionales	X	Para eso se contrata con un perfil idóneo para los puestos.
9	Es cada vez más considerado el mantenimiento autónomo, como parte fundamental para una atención eficaz de los equipos.		No puede ser autónomo, en algo que no conoce como el área de producción.
	Total de Puntos		

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 34. Lista de Chequeo Pilar Mantenimiento Planeado

LISTA DE CHEQUEO- CUMPLIMIENTO DE PILARES "TPM"			
PILAR EVALUADO		MANTENIMIENTO PLANEADO	
EMPRESA:	FERTICA S.A.	Responsables de análisis:	
FECHA		Elí Jara C.	
N° DOCUMENTO		Gabriela Pastrana A.	
REVISIÓN		Joseph Araya M.	
ÍTEM	ACTIVIDAD	CUMPLE	OBSERVACIONES
1	la empresa desarrolla planes de mantenimiento programado	X	
2	Existe un encargado para la gestión de mantenimiento planificado	X	El gerente de mantenimiento, para hacer el plan de trabajo.
3	Se cumplen las actividades de mantenimiento programado el día establecido.	X	
4	Existe sinergia para la planeación de las actividades de mantenimiento entre el área de mantenimiento y producción	X	Si porque el área de producción está en relación hombre-máquina y detecta una falla operacional, la reporta a mantenimiento para la visita de campo.
5	se lleva a cabo documentaciones de los progresos realizados por parte del mantenimiento	X	Por medio de la SOTM, que va relacionado con la bitácora.
6	Se considera aspectos como herramientas, repuestos y personal, necesario para la ejecución de las actividades de mantenimiento planeado	X	Dentro del programa se verifican.
7	Se considera las recomendaciones de fabrica para	X	Por el catálogo de los equipos.

	intervención en los equipos		
8	Se evalúa constantemente las actividades de mantenimiento con prioridad de realización	X	Si las SOTM , las emergentes y no emergentes.
9	Considera el uso de métodos o herramientas para el desarrollo de planes de mantenimiento, mediante el conocimiento de la condición de los equipos (lista de chequeo)	X	
	Total de puntos		

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 35. Lista de Chequeo Pilar Educación y Entrenamiento

LISTA DE CHEQUEO- CUMPLIMIENTO DE PILARES "TPM"			
PILAR EVALUADO		EDUCACIÓN Y ENTRENAMIENTO	
EMPRESA:	FERTICA S.A.	Responsables de análisis:	
FECHA		Elí Jara C.	
N° DOCUMENTO		Gabriela Pastrana A.	
REVISIÓN		Joseph Araya M.	
ÍTEM	ACTIVIDAD	CUMPLE	OBSERVACIONES
1	La empresa considera capacitaciones periódicas como refuerzo para las actividades de mantenimiento	X	Hay un programa de capacitaciones técnicas.
2	Se destinan recursos para la gestión de capacitaciones al personal.	X	
3	La gerencia da importancia al tema de capacitaciones al personal.	X	
4	Se lleva a cabo inducción y seguimiento al personal nuevo en el desempeño de las actividades de mantenimiento	X	
5	Se tienen actas de actividades realizadas para transmitir conocimiento sobre métodos de mejora en las actividades de	X	Capacitaciones Internas

	mantenimiento entre el personal		
6	Se hace uso de manuales para el funcionamiento adecuado de los equipos.	X	Existen manuales de funcionamiento de equipo.
7	Se le entrega al personal documentos que apoyen al conocimiento sobre la operatividad de las máquinas	X	
	Total de Puntos		

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 36. Lista de Chequeo Pilar Control Inicial

LISTA DE CHEQUEO- CUMPLIMIENTO DE PILARES "TPM"			
PILAR EVALUADO		CONTROL INICIAL	
EMPRESA:	FERTICA S.A.	Responsables de análisis:	
FECHA		Elí Jara C.	
N° DOCUMENTO		Gabriela Pastrana A.	
REVISIÓN		Joseph Araya M.	
ÍTEM	ACTIVIDAD	CUMPLE	OBSERVACIONES
1	Existe un programa tecnológico de mantenimiento, con el fin de obtener una mejora continua en los procesos y estandarizarlo.		
2	La empresa cuenta con actividades puntuales para reducir el deterioro de las máquinas.	X	Carta de lubricación y planes de mantenimiento
3	El operario realiza las actividades programadas, para prolongar la vida útil de las máquinas.	X	
4	En la empresa se sigue las recomendaciones del fabricante, para el buen funcionamiento de las máquinas.	X	Por medio de catálogos de los equipos
5	Existe un plan de contingencia para las máquinas y equipos, en dado caso que la máquina que se haya dañado, no se encuentre en la bodega el repuesto.		Si el repuesto no está en stock, se debe de mandar a traer y esperar hasta que llegue, sin embargo si se hacen arreglos momentáneos para no parar la producción.

6	Los costos de mantenimiento son altos , en las máquinas y equipos.		
7	Existe un plan de inversiones, para la adquisición de nuevas maquinarias.		No hay planes de inversiones, ya que se cuenta con las máquinas necesarias para el proceso.
8	Se ha realizado cambios, ajustes en las máquinas y equipos, para mejorar su operatividad.	X	Se realiza ajustes y reparaciones a las máquinas cuando presentan una anomalía.
9	Se incluye dentro de la, pérdidas y productividad meta, la disminución de fallas, pérdidas y defectos.		
10	Existen métodos o técnicas de mantenimiento para asegurar la disponibilidad de los equipos.	X	
11	Existe un sistema de detección de fallas operacionales en las máquinas y equipos.	X	
12	Se ha dado en la empresa, pérdidas por averías, preparación de máquinas, por defectos de calidad.	X	
	Total de Puntos		

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 37. Lista de Chequeo Pilar Aseguramiento de la Calidad

LISTA DE CHEQUEO- CUMPLIMIENTO DE PILARES "TPM"			
PILAR EVALUADO		ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	
EMPRESA:	FERTICA S.A.	Responsables de análisis:	
FECHA		Elí Jara C.	
N° DOCUMENTO		Gabriela Pastrana A.	
REVISIÓN		Joseph Araya M.	
ÍTEM	ACTIVIDAD	CUMPLE	OBSERVACIONES
1	Se aplica la norma del seguro de los riesgos del trabajo, para la inspección, control y vigilancia de la producción de fertilizantes químicos.	X	La empresa cuenta con un programa para la prevención de riesgos y seguridad laboral.
2	Se da el cumplimiento a la norma ISO 9000 del sistema de gestión de calidad		La empresa no cuenta con un modelo enfocado para el mejoramiento continuo del sistema de gestión de calidad.
3	La empresa aplica la norma 18000 OHSAS de sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional.		La empresa no cuenta con la norma en sí, sin embargo, si aplica las normas y principios de esta ISO.
4	Se da el cumplimiento a la norma ISO 14000 de la protección del medio ambiente		La empresa no implementa la norma amigable con el medio ambiente.
5	Se tienen demarcadas las zonas por donde transita el personal y los equipos de manutención.	X	Sin embargo, ya casi no se visualiza las zonas demarcadas en donde se tienen que desplazar los operarios y el personal.

6	Se tiene un plan de evacuación de emergencia	X	La empresa en el área de salud ocupacional cuenta con un plan o programa de evacuaciones o simulacros de emergencia.
7	Se aplica las normas de salud ocupacional en la empresa	X	Existe un departamento para el cumplimiento de estas.
	Total de Puntos		

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 38. Lista de Chequeo Pilar Eficiencia Administrativa

LISTA DE CHEQUEO- CUMPLIMIENTO DE PILARES "TPM"			
PILAR EVALUADO		EFICIENCIA ADMINISTRATIVA	
EMPRESA:	FERTICA S.A.	Responsables de análisis:	
FECHA		Elí Jara C.	
N° DOCUMENTO		Gabriela Pastrana A.	
REVISIÓN		Joseph Araya M.	
ÍTEM	ACTIVIDAD	CUMPLE	OBSERVACIONES
1	La empresa cuenta con los perfiles de puestos definidos de acuerdo con su función.		
2	Existe un formato en donde se evalúe el desempeño del personal de mantenimiento.		
3	Existe un programa para la reducción de costos de mantenimiento		
4	Existe un registro de los turnos de mantenimiento en la empresa.	X	
5	Existe un plan de productividad para cumplir con la producción meta de la empresa.	X	
6	Se realiza el seguimiento y control de las actividades de mantenimiento.	X	
7	Existe una adecuada recolección de información en el		

	departamento de mantenimiento.		
8	Las averías o fallas en las máquinas generan atrasos en la entrega a los clientes.		
	Total de Puntos		

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 39. Lista de Chequeo Pilar Seguridad y Gestión Ambiental

LISTA DE CHEQUEO- CUMPLIMIENTO DE PILARES "TPM"			
PILAR EVALUADO		SEGURIDAD Y GESTIÓN AMBIENTAL	
EMPRESA:	FERTICA S.A.	Responsables de análisis:	
FECHA		Elí Jara C.	
N° DOCUMENTO		Gabriela Pastrana A.	
REVISIÓN		Joseph Araya M.	
ÍTEM	ACTIVIDAD	CUMPLE	OBSERVACIONES
1	Existe un programa para la eliminación de riesgos en los equipos		
2	El personal capacitado asume con actitud crítica las condiciones de seguridad de su entorno.	X	
3	Existe un plan de mejoramiento para los equipos		
4	Existe la estandarización de rutinas de seguridad	X	
5	Se le brinda la capacitación idónea al personal, para realizar las inspecciones generales del equipo en materia de seguridad	X	
6	El lugar de trabajo cumple con los requisitos para desempeñar un óptimo trabajo		

7	Se encuentra demarcadas las zonas de alta peligrosidad en la Planta de Complejos	X	
8	Existe un programa de control de emisión de gases al medio ambiente		
9	Se considera el tema de Salud Ocupacional para la óptima distribución de las máquinas y equipos	X	
10	Existe un control de los accidentes e incidentes en la Planta de Complejos	X	
	Total de Puntos		

Nota: Autoría propia (2021)

Apendice 6. Análisis ANOVA

Figura 57. Análisis de Varianza 6 Grandes Pérdidas

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tipo de Perdida_2	4	3351	837,6	3,01	0,020
Error	174	48402	278,2		
Total	178	51753			

Nota: Autoría propia (2021)

Figura 58. Resumen del Modelo para 6 Grandes Perdidas

Resumen del modelo

S	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
16,6786	6,47%	4,32% 1,81%

Nota: Autoría propia (2021)

Figura 59. Ajuste Diagnostico de Observaciones ANOVA de 6 grandes Pérdidas

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	Cantidad	Faltante_2	Ajuste	Resid	Resid est.
1	75,34	21,93	53,41	3,24	R
2	70,42	21,93	48,49	2,94	R
3	64,21	17,07	47,13	2,85	R
4	58,35	17,24	41,10	2,49	R
5	57,80	21,93	35,87	2,18	R
6	56,44	17,07	39,36	2,38	R
7	55,60	17,07	38,53	2,33	R
8	55,17	21,93	33,23	2,02	R
9	55,01	17,07	37,93	2,30	R
10	54,90	17,24	37,65	2,28	R
12	54,44	17,24	37,20	2,25	R
14	51,65	17,24	34,41	2,08	R

Residuo grande R

Nota: Autoría propia (2021)

Figura 60. Análisis de Varianza por Fallas

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC	Ajust.	MC	Ajust.	Valor F	Valor p
Tipo de Paro	4	5	1780	355,91	8,62	0,000	
Error		244	10070	41,27			
Total		249	11850				

Nota: Autoría propia (2021)

Figura 61. Resumen del Modelo por Fallas

Resumen del modelo por fallas

Resumen del modelo

	R-cuad.	R-cuad.	R-cuad.	R-cuad.
	S	R-cuad. (ajustado)	(pred)	
	6,42433	15,02%	13,28%	10,38%

Nota: Autoría propia (2021)

Figura 62. Ajuste Diagnostico de Observaciones por Fallas

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	Producción faltante por falla 4	Ajuste	Resid	Resid est.	
18	6,34	3,26	3,08	0,51	X
19	0,64	3,26	-2,62	-0,43	X
20	1,98	3,26	-1,28	-0,21	X
21	0,38	3,26	-2,88	-0,47	X
22	14,27	3,26	11,01	1,81	X
23	0,94	3,26	-2,32	-0,38	X
24	1,69	3,26	-1,57	-0,26	X
37	19,40	5,04	14,36	2,25	R
43	28,59	8,22	20,37	3,20	R
54	24,85	8,22	16,63	2,62	R
87	22,20	7,81	14,39	2,27	R
89	3,66	3,26	0,40	0,06	X
90	1,54	3,26	-1,72	-0,28	X
92	30,33	13,05	17,28	2,75	R
93	29,96	13,05	16,90	2,69	R
110	24,54	10,42	14,11	2,22	R
118	1,18	3,26	-2,08	-0,34	X
167	23,36	10,42	12,94	2,04	R
202	29,59	7,81	21,79	3,44	R
229	29,18	5,04	24,15	3,78	R
245	25,92	8,22	17,70	2,78	R

Residuo grande R
X poco común X

Nota: Autoría propia (2021)

Apendice 7. Procedimiento y actividades de mantenimiento preventivo y correctivo.

Tabla 40. Observaciones Mantenimiento Elevador de Reciclo

TABLA DE OBSERVACIÓN ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO								
Equipo	Componente	Criticidad	Actividad Mantenimiento Correctivo	Tiempo (Min)	Actividad Mantenimiento Preventivo	Tiempo (Min)	Recursos	Lista de repuestos
Elevador de reciclado	Motor 30 HP	alta	Desarmado del motor	40 horas / 1 semana	Toma de temperatura del motor	10 min	Desatornilladores	chumacera
			Revisión específica de bobina	8 por día 3 días	Ruidos extraños con un estetoscopio	15 min	Juego de llaves mixtas	motor
			Revisión específica del estator	8 por día 3 días	Detección de corto circuito	15 min	Extractores de roles	reductor
			Revisión del torque del rotor	30 min	Detección del amperaje	15 min	Alambres	ajes piñones
			Revisión de los núcleos	30 min	Limpieza General	20 min	Inductor	sprocket
			Aplicación de barniz del bobinado	15 min			Testar	candilones
			Pintura externa del motor	30 min			Amperímetro	tornillos
			Armado del motor	2 horas			Termómetro	
			Prueba de aislamiento	30 min			Estetoscopio	
			Aplicación de calefacción en el cuarto de temperatura	2 días				
	Sprocket	alta	Fractura en los dientes sprocket	3 días cada día 8 horas	Medición del espesor del eje	15 min	Herramientas para la detección de fisuras	

		Fractura en el eje	2 días	Localización de la medición de los ejes	15 min	Prueba con partículas magnéticas	
		Pérdida del paso PITH	3 días cada día 8 horas	Medición de los cuñeros y cuñas	14 min	Prueba en el torno de precisión	
		Desgaste en los ejes	2 días	Revisión de los prisioneros o ALLEN	10 min	Torno de precisión	
		Torque en los ejes de los sprocket	3 días cada día 8 horas	Revisión del paso o los dientes	5 min	Comprador de reloj	
		Cambio de chumacera	4 horas	Detectar fisura en el eje	4 horas	Llaves ALLEN	
						Llaves mixtas	
						Calibrador Pie de rey	
Canjilones o Huacales	baja	Fractura de los candilones	3 horas	Revisión de los candilones de todos en la cadena	45 min	Llaves mixtas	
		Cambio de los candilones	3 horas	Limpieza general	30 min	Máquina de soldar	
						Sander	
Polea	media	Desgaste en los canales de la polea	20 min	Revisión de fisuras	10 min	Llaves mixtas para poleas	
		Desgaste en el diámetro inferior	15 min	Inspección de los prisioneros	15 min	Llaves ALLEN	
		Fisuras en la Polea	10 min	Revisión de los cuñeros	10 min	Torno de precisión	
		Desgaste de los Prisioneros	20 min	Revisión de desgaste	15 min	Herramientas para la detección de fisuras	
		Desgaste de los Cuñeros	15 min	Revisión de los canales de la polea	10 min		
		Reemplazo total de la polea	2 horas				

Chumacera	media	Cambio total de chumacera	3 horas	Medición de temperatura	10 min	Llaves ALLEN	
		Fractura de tornillo	15 min	Lubricación	20 min	Grasa de lubricación	
		Fractura de caja	3 horas	Revisión de tornillería de aprete	10 min	Llaves mixtas	
		Desgaste en los componentes internos	3 horas	Limpieza general	20 min	Termómetro	

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 41. Observaciones Mantenimiento Molino Materia Prima

TABLA DE OBSERVACIÓN ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO							
Equipo	Componente	Criticidad	Actividad de Mantenimiento Correctivo	Tiempo (min)	Actividad Mantenimiento Preventivo	Tiempo (min)	Recursos
Molino materia prima	Motor	alta	Desarmado del motor	40 horas / 1 semana	Toma de temperatura del motor	10 min	Desatornilladores
			Revisión específica de bobina	8 por día 3 días	Ruidos extraños con un estetoscopio	15 min	Juego de llaves mixtas
			Revisión del torque del estator	30 min	Detección de corto circuito	15 min	Extractores de roles
			Revisión del torque del rotor	30 min	Detección del amperaje	15 min	Alambres
			Revisión de los núcleos	30 min	Limpieza General	20 min	Inductor
			Aplicación de barniz del bobinado	15 min			Testar
			Pintura externa del motor	30 min			Amperímetro
			Armado del motor	2 horas			Termómetro
			Prueba de aislamiento	30 min			Estetoscopio
			Aplicación de calefacción en el cuarto de temperatura	2 días			

	Polea	alta	Desgaste en los canales de la polea	20 min	Revisión de fisuras	10 min	Llaves mixtas para poleas
			Desgaste en el diámetro inferior	15 min	Inspección de los prisioneros	15 min	Llaves ALLEN
			Fisuras en la Polea	10 min	Revisión de los cuñeros	10 min	Torno de precisión
			Desgaste de los Prisioneros	20 min	Revisión de desgaste	15 min	Herramientas para la detección de fisuras
			Desgaste de los Cuñeros	15 min	Revisión de los canales de la polea	10 min	
			Reemplazo total de la polea	2 horas			
	Chumacera	alta	Cambio total de chumacera	3 horas	Medición de temperatura	10 min	Llaves ALLEN
			Fractura de tornillo	15 min	Lubricación	20 min	Grasa de lubricación
			Fractura de caja	3 horas	Revisión de tornillería de aprete	10 min	Llaves mixtas
			Desgaste en los componentes internos	3 horas	Limpieza general	20 min	Termómetro
	Cuchillas	alta	Reemplazo de las varillas que soporta las cuchillas	5 horas	Inspección de temperatura de chumacera	15 min	Torno de precisión
			Reemplazo de los discos que soportan las cuchillas	5 horas	Inspección de temperatura de las poleas	15 min	Tornillería
			Reemplazo del eje principal del molino	8 horas	Inspección de los discos de las cuchillas	10 min	Máquina de soldar
			Reemplazo de chumacera	3 horas	Inspección de las varillas de las cuchillas	15 min	Chumaceras
			Reemplazo de la polea	3 horas	Inspección del eje principal del molino	10 min	Sander
							Llaves mixtas, ceguetas, buriles
	Fajas		Cambio de fajas por completo	15 min	Revisión de Fajas	10 min	Desatornilladores

			Cambio de poleas	15 min	Revisión de desgaste de los canales de la polea	10 min	Juego de llaves mixtas
			Cambio de polín de retorno	15 min	Inspección de las fisuras de las poleas	15 min	Torno de precisión
			Cambio del motor reductor	15 min	Revisión del desgaste de fajas	10 min	Sander
					Revisión del Polín de retorno	10 min	
					Revisión del estado del motor reductor	10 min	
	Ma che te		Reemplazo de machete	8 horas	Revisión de los machetes	15 min	Torno de precisión
					Revisión de los espesores del machete	10 min	Tornillería
							Máquina de soldar
							llaves mixtas
							Sander

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 42. Observaciones Mantenimiento Bandas

TABLA DE OBSERVACIÓN ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO						
Equipo	Componente	Criticidad	Actividad Mantenimiento Correctivo	Tiempo (min)	Actividad Mantenimiento Preventivo	Tiempo (min)
Banda	Motor	alto	Desarmado del motor	40 horas / 1 semana	Toma de temperatura del motor	10 min
			Revisión específica de bobina	8 por día 3 días	Ruidos extraños con un estetoscopio	15 min
			Revisión del torque del estator	30 min	Detección de corto circuito	15 min
			Revisión del torque del rotor	30 min	Detección del amperaje	15 min
			Revisión de los núcleos	30 min	Limpieza General	20 min

		Aplicación de barniz del bobinado	15 min		
		Pintura externa del motor	30 min		
		Armado del motor	2 horas		
		Prueba de aislamiento	30 min		
		Aplicación de calefacción en el cuarto de temperatura	2 días		
Tambor accionador o rodo de cola	bajo	Ruptura de eje	5 días	Inspección de los ejes	10 min
		Ruptura de tambor accionador	5 días	Revisión del tambor accionador	15 min
		Desgaste del eje	15 min		
		Fisura en el eje	10 min		
Polea rodo/reductor	media	Desgaste en los canales de la polea	20 min	Revisión de fisuras	10 min
		Desgaste en el diámetro inferior	15 min	Inspección de los prisioneros	15 min
		Fisuras en la Polea	10 min	Revisión de los cuñeros	10 min
		Desgaste de los Prisioneros	20 min	Revisión de desgaste	15 min
		Desgaste de los Cuñeros	15 min	Revisión de los canales de la polea	10 min
		Reemplazo total de la polea	2 horas		
Faja	media	Cambio de fajas por completo	15 min	Revisión de Fajas	10 min
		Cambio de poleas	15 min	Revisión de desgaste de los canales de la polea	10 min
		Cambio de polín de retorno	15 min	Inspección de las fisuras de las poleas	15 min
		Cambio del motor reductor	15 min	Revisión del desgaste de fajas	10 min
				Revisión del Polín de retorno	10 min
				Revisión del estado del motor reductor	10 min

Reductor	alto	Reemplazo completo de reductor	5 horas	Inspección de reductores	10 min
		Fractura de piñones internos	8 horas	Inspección de piñones internos	10 min
		Ruptura de retenedores y aceite	1 hora	Revisión de retenedores y aceite	15 min
		Empaquetaduras de las cajas	4 horas	Revisión de empaquetaduras de las cajas	15 min
		Fisuras en la caja	5 horas	Inspección de Fisuras	10 min
		Cambio de retenedores de aceite	1 hora	Revisión de cambio de retenedores	15 min

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 43. Observaciones Mantenimiento de Calderas

TABLA DE OBSERVACIÓN ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO							
Equipo	Componente	Criticidad	Actividad Mantenimiento Correctivo	Tiempo (min)	Actividad Mantenimiento Preventivo	Tiempo (min)	Recursos
Caldera	PLC	alto	Reemplazo de transmisor	1 hora	Inspección de transmisor	15 min	Equipos de presión nanómetros
			Reemplazo o cambio Boquillas del quemador de bunker	4 horas	Inspección de boquillas del quemador de bunker	15 min	Llaves mixtas
			Reemplazo o cambio de válvulas gobernadores de presión de bunker	2 horas	Inspección de las Válvulas gobernadores de presión de bunker	15 min	Llaves allen
			Reemplazo de válvulas solenoides	4 horas	Inspección de válvulas solenoides	15 min	Desatornilladores

		Reemplazo de manómetros de presión	2 horas	Inspección de manómetro de presión	15 min	Amperímetro
		Reemplazo de Válvulas de seguridad de precisión	2 horas	Inspección de válvulas de seguridad de precisión	15 min	
Potenciómetro	alto	Cambio de potenciómetro	1 hora	Inspección de potenciómetro	10 min	
Válvula	medio	Reemplazo de válvulas	3 horas	Inspección de válvulas	10 min	Llaves mixtas y desatornilladores
Regulador de presión Fisher o Válvula solenoide	medio	Reemplazo de válvula solenoide	1 hora	Inspección de válvula solenoide	15 min	Llaves mixtas y desatornilladores
Termómetro digital o análogo	medio	Reemplazo de termómetro de temperatura	20 min	Revisión de termómetro de temperatura	10 min	Llaves mixtas y desatornilladores
		Reemplazo de termómetro de presión	20 min	Revisión de termómetro de presión	10 min	
Carcasa o Tapas	baja	Cambio del concreto refractario a alta temperatura	6 días	Inspección del concreto refractario a alta temperatura	20 min	
Motor de Forzado	alto	Reemplazo del motor	20 min	Inspección del motor	10 min	
		Reemplazo de roles	15 min	Inspección de los roles	10 min	
Bomba de agua de inyección de la caldera	alto	Reemplazo de empaquetaduras de la bomba	2 horas	Inspección de empaquetaduras de la bomba	10 min	
		Reemplazo del motor	5 horas	Inspección del motor	10 min	
		Reemplazo de la bomba	5 horas	Inspección de la bomba	10 min	

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 44. Observaciones Mantenimiento del Recubridor de Diatomita

TABLA DE OBSERVACIÓN ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO						
Equipo	Componente	Criticidad	Actividad Mantenimiento Correctivo	Tiempo (min)	Actividad Mantenimiento Preventivo	Tiempo (min)
Recubridor de Diatomita	Cilindro rotativo	ALTO	Reemplazo del condensador	8 horas	Revisión de la transmisión del piñón	15 min
			Cambio de la válvula de descarga	4 horas	Revisión del acople	10 min
			Cambio de carcasa del cilindro rotativo	3 horas	Revisión de los rodos de soporte	15 min
			Cambio de paletas u hojas rotativas	4 horas	Inspección del condensador	10 min
			Cambio del rodillo	2 horas	Inspección de la carcasa del cilindro	15 min
					Inspección de la válvula de descarga	10 min
					Inspección de paletas u hojas rotativas	15 min
					Inspección de rodillos	10 min
	Reductor	ALTO	Reemplazo completo de reductor	5 horas	Inspección de reductores	10 min
			Fractura de piñones internos	8 horas	Inspección de piñones internos	10 min
			Ruptura de retenedores y aceite	1 hora	Revisión de retenedores y aceite	15 min
			Empaquetaduras de las cajas	4 horas	Revisión de empaquetaduras de las cajas	15 min
			Fisuras en la caja	5 horas	Inspección de Fisuras	10 min
			Cambio de retenedores de aceite	1 hora	Revisión de cambio de retenedores	15 min
	Motor	ALTO	Desarmado del motor	40 horas / 1	Toma de temperatura del motor	10 min

				seman a		
			Revisión específica de bobina	8 por día 3 días	Ruidos extraños con un estetoscopio	15 min
			Revisión del torque del estator	30 min	Detección de corto circuito	15 min
			Revisión del torque del rotor	30 min	Detección del amperaje	15 min
			Revisión de los núcleos	30 min	Limpieza General	20 min
			Aplicación de barniz del bobinado	15 min		
			Pintura externa del motor	30 min		
			Armado del motor	2 horas		
			Prueba de aislamiento	30 min		
			Aplicación de calefacción en el cuarto de temperatura	2 días		
	Transferencia electromecánica a través de un acople FALK	M E D I A	Cambio de reductor	4 horas	Revisión de reductor	15 min
			Cambio de acople Falk	8 horas	Inspección del acople FALK	10 min
			Cambio de regial	2 horas	Inspección de regial	15 min
			Cambio de prisionero	2 horas	Inspección de los prisioneros por fisuras	15 min
			Cambio de cilindro recubridor	2 horas	Revisión del cilindro recubridor	10 min

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 45. Observaciones Mantenimiento al Granulador

Tabla de observación actividades de mantenimiento							
Equipo	Compon ente	Critici dad	Actividad mantenimie	Tiem po (min)	Actividad mantenimie	Tiem po (min)	Recursos

			nto correctivo		nto preventivo		
Amonia dor granula dor	Motor	Alto	Desarmado del motor	40 horas / 1 semana	Toma de temperatura del motor	10 min	
			Revisión específica de bobina	8 por día 3 días	Ruidos extraños con un estetoscopio	15 min	
			Revisión del torque del estator	30 min	Detección de corto circuito	15 min	
			Revisión del torque del rotor	30 min	Detección del amperaje	15 min	
			Revisión de los núcleos	30 min	Limpieza general	20 min	
			Aplicación de barniz del bobinado	15 min			
			Pintura externa del motor	30 min			
			Armado del motor	2 horas			
			Prueba de aislamiento	30 min			
			Aplicación de calefacción en el cuarto de temperatura	2 días			
	Reductor	Alto	Reemplazo completo de reductor	5 horas	Inspección de reductores	10 min	
			Fractura de piñones internos	8 horas	Inspección de piñones internos	10 min	
			Ruptura de retenedores y aceite	1 hora	Revisión de retenedores y aceite	15 min	
			Empaquetaduras duras de las cajas	4 horas	Revisión de empaquetaduras duras de las cajas	15 min	

		Fisuras en la caja	5 horas	Inspección de fisuras	10 min	
		Cambio de retenedores de aceite	1 hora	Revisión de cambio de retenedores	15 min	
piñón	Alto	Cambio por fractura de los ejes del conductor	4 horas	Inspección de los ejes del conductor	20 min	
		Cambio por fractura de cadena	4 horas	Inspección del estado actual de la cadena	15 min	
		Cambio del chavetero o cuñeros	4 horas	Revisión del chavetero	10 min	
		Cambio del piñón conducido	4 horas	Inspección del piñón conducido	10 min	
Acople	Alto	Cambio de reductor	4 horas	Revisión de reductor	15 min	
		Cambio de acople falk	8 horas	Inspección del acople falk	10 min	
		Cambio de regial	2 horas	Inspección de regial	15 min	
		Cambio de prisionero	2 horas	Inspección de los prisioneros por fisuras	15 min	
		Cambio de cilindro recubridor	2 horas	Revisión del cilindro recubridor	10 min	
Trunio o rodos de soporte	Alto	Cambio de rodos de soporte por fisuras	2 horas	Inspección y revisión de lo rodos de soporte por fisuras	5 min	Juego de llaves desatornilladores, termómetros digitales
Toberas para ácido sulfúrico, amoniac o, vapor	Alto	Reemplazo de tuberías	4 horas	Inspección de tuberías	10 min	
		Cambio de empaque de las tuberías	2 horas	Inspección de empaque de tuberías	10 min	Soldaduras, brida, desatornillador
		Cambio de tapas para evitar fugas	2 horas	Inspección de tapas para evitar fugas	15 min	

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 46. Observaciones Mantenimiento del Tanque de Lodo

TABLA DE OBSERVACIÓN ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO							
Equipo	Componente	Criticidad	Actividad Mantenimiento Correctivo	Tiempo (min)	Actividad Mantenimiento Preventivo	Tiempo (min)	Recursos
Tanque de lodo	tubería Serpentina es vapor	bajo	Cambio de serpentines por fugas	8 horas	Revisión de serpentines por fugas	20 min	equipo de soldar, sander, pedazo de laminas
			Cambio del motor	6 horas	Inspección del motor	15 min	
			Cambio de la bomba	8 horas	Inspección de la bomba	10 min	
	Cilindro de tanque	bajo	Soldadura e picaduras de tanque	2 horas			
	Motor	alto	Desarmado del motor	40 horas / 1 semana	Toma de temperatura del motor	10 min	
			Revisión específica de bobina	8 por día 3 días	Ruidos extraños con un estetoscopio	15 min	
			Revisión del torque del estator	30 min	Detección de corto circuito	15 min	
			Revisión del torque del rotor	30 min	Detección del amperaje	15 min	
			Revisión de los núcleos	30 min	Limpieza General	20 min	
			Aplicación de barniz del bobinado	15 min			
			Pintura externa del motor	30 min			
			Armado del motor	2 horas			

		Prueba de aislamiento	30 min			
		Aplicación de calefacción en el cuarto de temperatura	2 días			
Bomba de succión	alto	Cambio de los impulsores	6 horas	Revisión de los impulsores		herramientas mecánicas
		Cambio del pistón	8 horas	Revisión del pistón		
		Cambio lanners	4 horas	Revisión de lanners		
		Cambio de la puerta de succión	4 horas	Revisión de la puerta de succión		
		Cambio del anillo líquido	4 horas	Revisión del anillo líquido		

Nota: Autoría propia (2021)

Apendice 8. Análisis de la eficiencia global de los equipos.

Tabla 47. Eficiencia Global de Marzo

Análisis de Paro en el mes de Marzo	
Tiempo Disponible (h)	744, 00
Producción (Tm)	4865, 70
Total de paros (h)	341, 78
Horas efectivas (h)	401, 85
Tiempo programado (h)	92, 68

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 48. Tiempo Total de Trabajo Marzo

Tiempo total de trabajo (h)	696
Tiempo de parada programadas (h)	92, 68
Tiempo de parada no programadas (h)	249, 10
Capacidad Nominal (Unid/h)	15
Unidades producidas en total	4 866
Unidades no conformes (Tm)	0
Unidades reprocesadas (Tm)	195
Unidades conformes (Tm)	4 671
Unidades defectuosas (Tm)	195

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 49. Resumen del OEE Marzo

Tiempo Planificado de producción (TPP)	603, 32
Tiempo de productivo (TP)	354, 22
Tiempo de ciclo ideal	0, 067

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 50. Porcentaje OEE de Equipo Marzo

Disponibilidad	58, 7%
Rendimiento	91, 6%
Calidad	96, 0%
OEE	51.6%

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 51. Análisis de Paro de Abril

Análisis de paro en mes de Abril	
Tiempo Disponible (h)	720
Producción (Tm)	5187, 8
Total de paros (h)	347, 72
Horas efectivas (h)	373, 34
Tiempo programado (h)	82, 08

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 52. Tiempo Total de Trabajo Abril

Tiempo total de trabajo (h)	600
Tiempo de parada programadas (h)	82, 08
Tiempo de parada no programadas (h)	265, 63
Capacidad Nominal (Unid/h)	15
Unidades producidas en total	5188
Unidades no conformes (Tm)	0
Unidades reprocesadas (Tm)	208
Unidades conformes (Tm)	4980
Unidades defectuosas (Tm)	208

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 53. Resumen OEE Abril

Tiempo Planificado de producción (TPP)	517, 92
Tiempo de productivo (TP)	252, 83
Tiempo de ciclo ideal	0, 067

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 54. Porcentaje OEE de Equipo Abril

Disponibilidad	48,7%
Rendimiento	137,1%
Calidad	96,0%
OEE	64,1%

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 55. Análisis de Paro de Mayo

Análisis de paro en mes de Mayo	
Tiempo Disponible (h)	744
Producción (Tm)	5044,2
Total de paros (h)	348,35
Horas efectivas (h)	347,65
Tiempo programado (h)	84,5

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 56. Resumen del OEE Mayo

Tiempo Planificado de producción (TPP)	611.5
Tiempo de productivo (TP)	347.65
Tiempo de ciclo ideal	0,067

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 57. Tiempo Total de Trabajo Mayo

Tiempo total de trabajo (h)	696
Tiempo de parada programadas (h)	84, 5
Tiempo de parada no programadas (h)	263, 85
Capacidad Nominal (Unid/h)	15
Unidades producidas en total	5044
Unidades no conformes (Tm)	0
Unidades reprocesadas (Tm)	202
Unidades conformes (Tm)	4842
Unidades defectuosas (Tm)	202

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 58. Porcentaje OEE de Equipo Mayo

Disponibilidad	56, 9%
Rendimiento	96, 7%
Calidad	96, 0%
OEE	52, 8%

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 59. Análisis de Paro Junio

Análisis de paro en mes de Junio	
Tiempo Disponible (h)	720
Producción (Tm)	5259, 53
Total de paros (h)	311, 90
Horas efectivas (h)	409, 16
Tiempo programado (h)	85, 7

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 60. Tiempo Total de Trabajo Junio

Tiempo total de trabajo (h)	696
Tiempo de parada programadas (h)	85, 7
Tiempo de parada no programadas (h)	226, 2
Capacidad Nominal (Unid/h)	15
Unidades producidas en total	5260
Unidades no conformes (Tm)	0
Unidades reprocesadas (Tm)	210
Unidades conformes (Tm)	5049
Unidades defectuosas (Tm)	210

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 61. Resumen del OEE Junio

Tiempo Planificado de producción (TPP)	610, 3
Tiempo de productivo (TP)	409.16.65
Tiempo de ciclo ideal	0, 067

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 62. Porcentaje OEE de Equipo Junio

Disponibilidad	67, 5%
Rendimiento	85, 7%
Calidad	96, 0%
OEE	55, 2%

Nota: Autoría propia (2021)

Apendice 9. Estudio de costo

Tabla 63. Salario Base Estimado por Hora

Cantidad de Personal	Puesto	Salario Promedio hora (\$)
1	Instrumentista	\$3, 64
2	Soldador	\$2, 75
2	Mecánico	\$3, 26
2	Eléctrico	\$2, 86
1	Limpiador y lubricador	\$2, 45

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 64. Resumen de Pérdidas en Costos por Mantenimiento Mensual

Tipo Mantenimiento	Tiempo Promedio Mantenimiento	Producción Promedio en horas	Producción pérdida por Mantenimiento	Costo x TM \$	Costo de producción pérdida por Mantenimiento
Preventivo	92	13	1196	\$75, 00	\$89 700, 00
Correcto	244, 7	13	3181, 1	\$75, 00	\$238 582, 50

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 65. Resumen de Costos Totales por Mantenimiento Mensual Actual

Actual	
Detalle	Costos estimados
Costos por salarios Mensuales	\$5 335, 27
Costo de pérdida por mantenimiento preventivo	\$89 700, 00
Costo de pérdida por mantenimiento correctivo	\$238 582, 50
TOTAL	\$333 617, 77

Nota: Autoría propia (2021)

Tabla 66. Resumen de Costos Totales por Mantenimiento Mensual Propuesto

Propuesto	
Detalle	Costos estimados
Costos por salarios Mensuales	\$5 335, 27
Costo de pérdida por mantenimiento preventivo	\$89 700, 00
Costo de pérdida por mantenimiento correctivo	\$202 795, 13
TOTAL	\$297 830, 40

Nota: Autoría propia (2021)

