

**TEC** | Tecnológico  
de Costa Rica

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA.**



**“Diseño del Modelo de Gestión del Mantenimiento para la planta de extrusión  
Arkiplast Internacional S.A.”**

**Informe de Práctica de Especialidad para optar por el título:  
Ingeniero en Mantenimiento Industrial, grado Licenciatura.**

**REALIZADO POR:  
José Daniel Méndez Rojas**

**COORDINADOR DE PRÁCTICA:  
Ing. Greivin Barahona Guzmán**

**San Carlos, Alajuela, Costa Rica, II semestre 2018.**



**Carrera evaluada y acreditada por:**

Canadian Engineering Accreditation Board

Bureau Canadien d'Accréditation des Programmes d'Ingénierie

CARTA DE ENTENDIMIENTO

Fecha: 12-11-2018

Señores  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Sistema de Bibliotecas del Tecnológico

Yo José Daniel Méndez Rojas  
carné No. 201208601,  si autorizo  no autorizo, al Sistema de Bibliotecas del Tecnológico  
(SIBITEC), disponer del Trabajo Final de graduación, del cual soy autor, para optar por el grado  
de Licenciatura, en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial  
, presentado en la fecha 14-11-2018, con el título Diseño del Modelo  
de Gestión Mantenimiento para la planta de extrusión Arkiplast Internacional S.A.

para ser ubicado en el Repositorio Institucional y Catálogo SIBITEC, con el objetivo de ser visualizado a través de la red Internet.

Firma de estudiante: José Daniel M.

Correo electrónico: jomend8@gmail.com

Cédula No.: 206900449

## **Información estudiante y empresa.**

### **Datos personales**

**Nombre:** José Daniel Méndez Rojas

**Cédula:** 206900449

**Número de carné:** 201208601

**Edad:** 27

**Teléfono:** 85448561

**Correo electrónico:** jomend8@gmail.com

**Dirección domicilio:** 350 m Este y de la entrada de Marsella de Venecia, Alajuela, Costa Rica

**Horario por cumplir:** L-V 7:30 am – 5:00 pm

### **Datos de la Empresa**

**Nombre:** Arkiplast Internacional S.A.

**Actividad:** Transformación de plástico para sistemas constructivos.

**Dirección:** Platanar, Provincia de Alajuela, Costa Rica.

**Contacto:** Lic. Adrián Villalobos Cubero.

**Teléfono:** 2460-5727

## Contenido

1. Resumen.....	4
2. Abstract.....	5
3. Introducción. ....	7
3.1 Descripción de la empresa.....	7
3.1.1 Reseña histórica Arkiplast Internacional S.A. ....	7
3.1.2 Ubicación Geográfica. ....	7
3.1.3 Visión de la compañía ....	8
3.1.4 Misión de la empresa Arkiplast Internacional S.A.....	8
3.1.5 Política de calidad ....	8
3.1.6 Filosofía empresarial: ....	8
3.1.7 Objetivos de calidad: ....	9
3.1.8 Organigramas.....	9
3.2 Descripción del proceso productivo de la empresa Arkiplast Internacional S.A. 10	
4. Definición del proyecto.....	12
4.1 Problema y situación actual. ....	12
4.2 Justificación del proyecto. ....	15
4.3 Objetivos del proyecto.....	16
4.4 Viabilidad. ....	17
4.5 Alcance: ....	18
4.6 Limitaciones: ....	21
5. Fundamentos Teóricos. ....	22
5.1 Modelo de Gestión de Mantenimiento.....	22
5.2 Extrusión.....	23

5.2.1	Proceso de extrusión.....	23
5.3	Estrategias de Mantenimiento.....	24
5.3.1	Cuadro de Evaluación de criticidad de equipos.....	25
5.3.2	Mantenimiento RCM.....	27
5.3.3	Mantenimiento Productivo Total (TPM). ....	31
5.3.4	Pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	31
5.4	Técnicas para Análisis de Fallas.....	34
5.5	Gestión de Activos. ....	35
5.6	Documentos de mantenimiento. ....	36
5.6.1	Órdenes de Trabajo.....	36
5.6.2	Planes de mantenimiento. ....	36
5.6.3	Despacho de materiales.....	36
5.7	Indicadores de Mantenimiento. ....	36
5.8	Cuadro de Mando. ....	38
5.8.1	Metodología de Cuadro de Mando Integral. ....	38
5.9	Auditorías de evaluación de la gestión del mantenimiento. ....	40
5.9.1	Técnica de Auditoría “Maintenance Effectiveness Survey” (MES). ....	40
5.10	Análisis Cualitativo FODA (Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas).....	42
5.10.1	Variables del análisis FODA.....	42
5.11	Sistemas informáticos de mantenimiento.....	43
5.12	Análisis económico ....	43
6.	Análisis de la situación actual. ....	46
6.1	Contribuyentes a la pérdida de productividad.....	46

6.1.1	Listado de contribuyentes.....	46
6.1.2	Listado y causas probables de los paros en líneas extrusoras. ....	47
6.1.3	Documento propuesto para llevar registro de fallas inicialmente. ....	48
6.2	Impacto monetario a Productividad.....	49
6.2.1	Cantidad de kilogramos de desperdicios producidos al mes.....	51
6.2.2	Indicadores actuales de las líneas de extrusión. ....	51
6.3	Análisis y diagnóstico del área de mantenimiento (Auditoría de los servicios de Mantenimiento).....	53
6.3.1	Expectativa de la empresa. ....	53
6.3.2	Situación actual del mantenimiento en el negocio.....	53
6.3.3	Análisis diagnóstico en el área de mantenimiento.....	54
6.3.4	Resultados obtenidos de la auditoría “MES” a la planta.....	55
6.3.5	Análisis de resultados de la auditoria. ....	56
6.4	Gestión de los procesos actuales. ....	57
6.5	Proceso de Mantenimientos Correctivos no rutinarios actualmente. ....	58
6.6	Proceso de Mantenimientos Preventivos actualmente. ....	59
7.	Medidas correctivas para el fortalecimiento de las debilidades identificadas en la auditoría “MES”. ....	60
7.1	Introducción de las estrategias propuestas.....	60
7.2	Acciones de mejoras propuestas a partir del análisis de resultados del diagnóstico del área de mantenimiento. ....	60
7.2.1	Acciones de Mejora en el área 1 (Equipos y Técnicas de Mantenimiento preventivo): .....	61
7.2.2	Acciones de mejora en el área 2 (Gerencia de la información). ....	62
7.3	Acciones de mejora en el área 3 (Área de planificación y ejecución). ....	63

8. Definición de objetivos, estrategias y responsabilidades de mantenimiento mediante el Cuadro de Mando Integral. ....	65
8.1 Resultados del análisis de FODA .....	67
8.2 Mapa Estratégico. ....	68
8.3 Planes de acción para el alcance de la sostenibilidad del modelo y objetivos estratégicos del cuadro de mando integral. ....	70
8.4 Definición de los objetivos del cuadro de mando integral. ....	78
8.4.1 Objetivos para perspectiva de Aprendizaje y crecimiento. ....	78
8.4.2 Objetivos para perspectiva Procesos Internos. ....	79
8.4.3 Objetivos para perspectiva del cliente. ....	80
8.4.4 Objetivos para perspectiva Financiera. ....	81
8.5 Validación de los indicadores.....	82
8.6 Resumen del cuadro de mando integral propuestos.....	83
8.7 Modelo de Gestión Propuesta.....	87
8.7.1 Fase A (Identificar). ....	91
8.7.2 Fase B (Planificar). ....	92
8.7.3 Fase C (Coordinar). ....	93
8.7.4 Fase D (Ejecución). ....	94
8.7.5 Fase E (Evaluación). ....	95
8.7.6 Fase F (Mejorar). ....	96
8.8 Unidad de Mantenimiento en la planta Arkiplast Internacional S.A. ....	97
8.9 Propuestas respecto de la Gestión de los procesos. ....	98
8.9.1 Proceso de Mantenimientos no rutinarios propuesto.....	98
8.9.2 Proceso de Mantenimientos Rutinarios propuesto. ....	100

9. Análisis estructurado y categorización de los equipos de la planta Arkiplast Internacional S.A.....	102
9.1 Árbol lógico de equipos.....	103
9.2 Formato de codificación de equipos. ....	106
En la planta existen dos (2) líneas .....	110
Tabla 38. Sistema de codificación para líneas Peletizadoras. ....	110
9.2.1 Categorización de equipos a partir de su criticidad. ....	112
9.3 Análisis de los resultados obtenidos del análisis criticidad de los equipos. ....	113
9.4 Análisis de Modos y Efectos de Fallas de los equipos.....	113
9.5 Beneficios de aplicar la metodología. ....	114
10. Manuales de Mantenimiento Rutinario Preventivo y Predictivo. ....	124
10.1 Introducción a los planes de mantenimiento rutinario. ....	124
10.2 Objetivo de los planes de mantenimiento rutinario. ....	125
10.3 Formato inicial utilizado.....	126
10.4 Acciones en pro del mantenimiento autónomo. ....	129
10.5 Costo de Mano de obra para la realización de los planes de mantenimientos rutinarios propuestos. ....	130
10.6 Consideraciones para el presupuesto.....	130
10.7 Formato utilizado para el análisis de costo de Mano de Obra. ....	131
10.8 Costo total de Mano de Obra para la realización de los manuales de mantenimientos rutinarios para 1 año. ....	132
10.9 Listado de repuestos mínimos requeridos para la realización del mantenimiento preventivo propuesto.....	132
10.10 Acciones recomendadas.....	134
11. Control de bodegas.....	136

11.1	Manejo de las herramientas.....	136
11.2	Manejo de los repuestos.....	137
11.3	Propuesta de cinco ese.....	138
12.	Sistema informático de Mantenimiento asistido por computadora, complemento de un mantenimiento inteligente.....	142
12.1	Introducción a los sistemas informáticos de mantenimiento.....	142
12.2	Objetivos de un sistema informático de mantenimiento.....	142
12.3	Herramienta de programación MP versión 9.....	143
12.4	Metodología para la implementación de la herramienta informática en la planta.....	144
12.4.1	Primer paso.....	144
12.4.2	Segundo paso.....	144
12.4.3	Tercer paso.....	146
12.4.4	Cuarto paso.....	146
12.5	Labores previas.....	147
12.5.1	Catálogo de localización de los equipos:.....	147
12.5.2	Catálogo de equipos.....	148
12.5.3	Catálogo de planes de mantenimiento rutinario.....	149
12.5.4	Catálogo de mano de Obra.....	150
12.6	Aplicaciones respecto de las responsabilidades.....	150
12.6.1	Para Jefe de Producción.....	151
12.6.2	Para Coordinador de programa.....	155
12.6.3	Para Jefe de Mantenimiento.....	156
12.7	Órdenes de trabajo.....	159
12.8	Proceso final y mejora continua.....	161

13. Análisis financiero a partir del ahorro esperado. ....	163
14. Conclusiones. ....	168
15. Recomendaciones. ....	169
16. Bibliografía .....	170
17. Anexos .....	172
17.1 Anexo 1. Descripción de equipos productivos de la planta Arkiplast Internacional S.A. ....	172
17.1.1 Creación de Pellet. ....	172
17.2 Anexo 2. Guías para la puesta en marcha de la metodología 5S. ....	181
17.3 Anexo 3. Controles de limpieza de las áreas. ....	184
17.4 Anexo 4. Hojas de validación de indicadores del cuadro de mando integral. 186	
17.5 Anexo 5. Análisis de sistemas críticos. ....	195
17.6 Anexo 6. Manuales de mantenimientos rutinarios. ....	225
17.7 Anexo 7. Formato de hojas de análisis del costo de los manuales de Mantenimiento preventivo. ....	238

### **Índice de Figuras.**

Figura 1.Ubicación Geográfica de planta Arkiplast Internacional S.A. ....	7
Figura 2. Organigrama de la organización. ....	9
Figura 3 . Organización por jerarquías de la empresa Arkiplast Internacional S.A. ...	10
Figura 4.Descripción gráfica del proceso productivo de la empresa Arkiplast Internacional S.A. ....	11
Figura 5. Modelo de proceso de gestión del mantenimiento .....	22
Figura 6. Representación esquemática de una extrusora de husillo. ....	23
Figura 7. Perspectivas globales del BSC o CMI. ....	39

Figura 8. Documento temporal para el control de salidas de servicio. ....	48
Figura 9. Simbología utilizada y su significado.....	57
Figura 10.Flujograma de actividades de Mantenimiento No Rutinarias actuales en Arkiplast Internacional S.A. ....	58
Figura 11.Flujograma de labores de mantenimientos preventivos actuales en la planta Arkiplast Internacional S.A. ....	59
Figura 12 Metodología usada para la definición del cuadro de mando integral .....	67
Figura 13.Análisis FODA al área de Mantenimiento .....	67
Figura 14 Mapa estratégico del Cuadro de Mando Integral .....	69
Figura 15. Formato de hoja de validación de indicadores propuestos. ....	82
Figura 16. Modelo de gestión propuesto.....	89
Figura 17.Flujograma de labores de mantenimiento no rutinarias, propuesto. ....	98
Figura 18.Flujograma de labores rutinarias propuestas Arkiplast Internacional S.A. ....	100
Figura 19. Metodología para codificación de equipos de la planta Arkiplast Internacional S.A.....	106
Figura 20. Ejemplo de la metodología para delimitación de frontera. ....	118
Figura 21. Subdivisión del sistema en componentes mantenibles usado según norma ISO 14224.....	119
Figura 22. Formato de hoja de trabajo para el Análisis de Modos y Efectos de Fallos en equipos.....	120
Figura 23.Formato empleado para la realización de los manuales de mantenimiento preventivo de los equipos. ....	127
Figura 24. Formato propuesto para el control de herramientas. ....	137
Figura 25. Formato propuesto de control de repuestos y consumibles.....	137
Figura 26. Resumen de la metodología usada para la futura implementación de la herramienta informática .....	146
Figura 27. Menú de catálogos de localizaciones.....	147

Figura 28. Menú de catálogo de equipos.....	148
Figura 29. Menú de catálogos de planes de mantenimiento.....	149
Figura 30. Menú de catálogos de Mano de Obra.....	150
Figura 31. Menú principal de la aplicación MP9 versión para móvil.....	151
Figura 32. Menú de datos para solicitudes de labores de mantenimiento. ....	152
Figura 33. Menú para agregarle foto o vídeo a la solicitud de trabajo.....	153
Figura 34. Menú final para envío de solicitud de trabajo.....	154
Figura 35. Menú de generación de Órdenes de Trabajo (OT). ....	155
Figura 36. Datos que pueden generarse para imprimir en órdenes de trabajo. ....	156
Figura 37. Menú para registro de labores terminadas de órdenes de trabajo.....	157
Figura 38. Orden de Trabajo generada en el MP 9. Parte 1. ....	159
Figura 39. Orden de Trabajo generada en el MP 9. Parte 2.....	160
Figura 40. Modulo para ver índices de mantenimiento de los equipos. ....	162
Figura 41. Mezclador de materias primas. ....	172
Figura 42. Enfriador de mezcla. ....	173
Figura 43. Extrusora de Pellet.....	173
Figura 44. Zaranda.....	174
Figura 45. Primer parte de máquina de molduras.....	175
Figura 46. Mesa Enfriadora (sekey).....	176
Figura 47. Dispositivo para hallar las molduras (Oruga).....	176
Figura 48. Mesa cortadora.....	176
Figura 49. Sistema de Vacío.....	177
Figura 50. Compresor del sistema de aire comprimido y Evaporador del sistema de enfriamiento. ....	178
Figura 51. Torre de Enfriamiento para sistema de enfriamiento 1. ....	178
Figura 52. Estación de Pulverizado.....	179
Figura 53. Máquinas de laminado.....	179

Figura 54. Máquinas de pintura y abrillantado. ....	180
Figura 55 Validación del indicador de Porcentaje de costos de mantenimiento por servicios terceros .....	186
Figura 56 Validación del indicador de cantidad de proyectos de ahorro energéticos anuales .....	186
Figura 57 Validación del indicador de consumo energético en relación con los kilogramos producidos .....	187
Figura 58 Validación del indicador de Disponibilidad de extrusoras .....	187
Figura 59 Validación del indicador Tiempo Medio entre fallas .....	188
Figura 60 Validación del indicador índice de calidad .....	188
Figura 61 Validación del indicador del índice de rendimiento operacional.....	189
Figura 62 Validación del indicador de Efectividad operacional .....	189
Figura 63 Validación del indicador Trabajos de Mantenimiento correctivo no rutinario .....	190
Figura 64 Validación del indicador de Mantenimiento preventivo y predictivo en relación al total de mantenimiento.....	190
Figura 65 Validación del indicador de optimización de estrategias de mantenimiento .....	191
Figura 66 Validación del indicador de cumplimiento de OT programadas .....	191
Figura 67 Validación del indicador de tiempo promedio fuera de servicio .....	192
Figura 68 Validación del indicador Formación del personal.....	192
Figura 69 Validación del indicador de entrenamiento del personal de mantenimiento .....	193
Figura 70 Validación del indicador de seguridad laboral.....	193
Figura 71 Validación del indicador de número de prácticas y acciones inseguras identificadas .....	194
Figura 72 Delimitación de fronteras de Distribución de Aire comprimido .....	195
Figura 73 División del sistema de Enfriamiento .....	202

Figura 74 División del sistema de Vacío .....	211
Figura 75 Frontera de Motor Eléctrico.....	214
Figura 76. Fronteras del sistema de alimentación eléctrica. ....	216
Figura 77. Definición de la frontera de extrusoras.....	221
Figura 78. Delimitación de frontera de línea de pintado.....	223
Figura 79. Hoja de trabajo RCM de línea de pintado .....	224

## Índice de Tablas.

<b>Tabla 1. Jornadas de trabajo de operarios .....</b>	<b>10</b>
Tabla 2. Costo de la diferencia entre lo producido y la meta de producción. ....	12
Tabla 3 Tabla de criterios de criticidad.....	25
Tabla 4. Desglose de evaluación por criterio .....	26
Tabla 5. Tabla de evaluación de Ocurrencia de los modos de falla del análisis NPR	28
Tabla 6. Tabla de evaluación de Efectos de los modos de falla del análisis NPR .....	29
Tabla 7. Tabla de evaluación de Probabilidad de detección de los modos de falla del análisis NPR.....	30
Tabla 8. Rangos de categorización de modos de fallo.....	31
Tabla 9. Categorías de evaluación de la norma MES .....	41
Tabla 10. Cálculo de pérdidas debido a paros en proceso por unidad de tiempo para cada tipo de extrusora.....	49
Tabla 11. Calculo de pérdidas debido a paros en proceso para la totalidad de extrusoras. ....	50
Tabla 12. Costo de las mermas en el proceso de líneas productivas de extrusión....	51
Tabla 13. Indicadores Actuales de la eficiencia global OEE .....	51
Tabla 14. Patrón de clase mundial para la eficiencia global (OEE).....	52
Tabla 15. Resultados Auditoria MES/ Arkiplast Internacional S.A.....	55

Tabla 16. Debilidades encontradas y medidas correctivas para el área de equipos y técnicas de mantenimiento preventivo .....	61
Tabla 17. Debilidades encontradas y medidas correctivas para el área de Gerencia de la información.....	62
Tabla 18. Debilidades encontradas y medidas correctivas para el área de planificación y ejecución. ....	63
Tabla 19. Plan de acción para ahorro energético.....	70
Tabla 20 Plan de acción para seguimiento de los costos de mantenimiento .....	71
Tabla 21 Plan de acción para seguimiento de registros fiables .....	72
Tabla 22 Plan de acción para seguimiento del mantenimientos rutinarios.....	73
Tabla 23 Plan de acción para gestión de repuestos .....	74
Tabla 24. Plan de acción para capacitación del personal técnico.....	75
Tabla 25. Plan de acción mejoramiento de las áreas y ambiente laboral .....	77
Tabla 26. Objetivos de la perspectiva de Aprendizaje y crecimiento. ....	78
Tabla 27. Objetivos para perspectiva Procesos Internos. ....	79
Tabla 28. Objetivos para perspectiva del cliente.....	80
Tabla 29. Objetivos para perspectiva Financiera. ....	81
Tabla 30. Resumen de la perspectiva financiera del Cuadro de Mando Integral. ....	83
Tabla 31. Resumen de la perspectiva Cliente del Cuadro de Mando Integral. ....	84
Tabla 32. Resumen de la perspectiva de Procesos Internos del Cuadro de Mando Integral.....	85
Tabla 33. Resumen de la perspectiva de Aprendizaje y Crecimiento del Cuadro de Mando Integral .....	86
Tabla 34. Codificación de Áreas de Planta Arkiplast Internacional S.A. ....	104
Tabla 35. Metodología codificación Líneas de Producción. ....	107
Tabla 36. Sistema de codificación para sistemas auxiliares. ....	108
Tabla 37. Sistema de Codificación para sistemas de Mezcladores. ....	109
Tabla 38. Sistema de codificación para líneas Peletizadoras. ....	110

Tabla 39. Sistemas de codificación de las diferentes estaciones.....	111
Tabla 40. Resumen de análisis de criticidad de los sistemas. ....	112
Tabla 41. Tipología para clasificar el tipo de modo de falla .....	121
Tabla 42. Tipos de Efectos de los modos de falla.....	122
Tabla 43. Clasificación de tipos de acciones proactivas. ....	122
Tabla 44. Nomenclatura usada en manuales.....	126
Tabla 45. Código usado en los manuales para la frecuencia de las inspecciones...	128
Tabla 46. Codificación utilizada para los recursos humanos .....	128
Tabla 47. Estimación del Salario de los recursos humanos .....	130
Tabla 48. Resumen de costos para trabajos especializados de mantenimiento predictivo.....	130
Tabla 49. Formato utilizado para presupuestar la Mano de Obra de los manuales.	131
Tabla 50. Listado de repuestos para los planes de mantenimiento preventivo Arkiplast Internacional S.A. ....	132
Tabla 51. Proceso de limpieza de molde de extrusión.....	134
Tabla 52. Resultados esperados del apartado A. ....	163
Tabla 53. Resultados esperados apartado B. ....	164
Tabla 54. Resultados esperados apartado C.....	164
Tabla 55. Resultados esperados apartado D.....	164
Tabla 56. Resultados esperados apartado E .....	165
Tabla 57. Resumen de resultados esperados.....	165
Tabla 58. Flujos efectivos .....	166
Tabla 59. Cuadro de resumen del cálculo de los indicadores financieros.....	167
Tabla 60 Aspectos para evaluar la puesta en marcha S de organización.....	181
Tabla 61 Aspectos para evaluar la puesta en marcha S de Ordenar.....	181
Tabla 62 Aspectos para evaluar la puesta en marcha S de Limpiar .....	182
Tabla 63 Aspectos a evaluar puesta en marcha S de Estandarización .....	182

Tabla 64 Aspectos a evaluar puesta en marcha S de Disciplina.....	183
Tabla 65 Control de limpieza del taller de mantenimiento de moldes y tornillos .....	184
Tabla 66 Control de limpieza del área de líneas de extrusión.....	184
Tabla 67 Control de limpieza del área de pintado .....	185
Tabla 68 Control de limpieza del área de ensamblaje de puertas.....	185
Tabla 69 Componentes mantenibles del sistema de Distribución de aire comprimido .....	196
Tabla 70 Hoja de trabajo RCM Compresor de Aire Hoja 1 de 2 .....	197
Tabla 71 Hoja de trabajo RCM Compresor de Aire hoja 2-2.....	198
Tabla 72 Hoja de trabajo RCM Secador de Aire hoja 1-2. ....	199
Tabla 73 Hoja de trabajo RCM Secador de aire Hoja 2-2 .....	200
Tabla 74 Hoja de trabajo RCM Red de Aire Comprimido.....	201
Tabla 75 Partes mantenibles del sistema de refrigeración #01 .....	202
Tabla 76 Componentes mantenibles del Sistema de Refrigeración #02.....	203
Tabla 77 Hoja de trabajo RCM Sistema Refrigeración #01 hoja 1-2.....	204
Tabla 78 Hoja de trabajo RCM sistema de Refrigeración #01 Hoja 2-2.....	205
Tabla 79 Hoja de trabajo RCM Torre de Enfriamiento hoja 1-2 .....	206
Tabla 80 Hoja de trabajo RCM Torre de Enfriamiento hoja 2-2 .....	207
Tabla 81 Hoja de trabajo RCM de Enfriador #02 hoja 1-2 .....	208
Tabla 82 Hoja de trabajo RCM Torre de enfriamiento Hoja 2-2 .....	209
Tabla 83 Hoja de trabajo RCM de condensador de flujo forzado Hoja 1-1 .....	210
Tabla 84 Componentes mantenibles Sistema de vacío .....	211
Tabla 85 Hoja de trabajo RCM Bomba de vacío .....	212
Tabla 86 Hoja de trabajo RCM Torre de Enfriamiento del sistema de vacío.....	213
Tabla 87 Componentes mantenibles motor Eléctrico .....	214
Tabla 88 Hoja de trabajo RCM Motor Eléctrico de sistema de vacío Hoja 1-1.....	215
Tabla 89 Componentes del sistema de Alimentación Eléctrica.....	216

Tabla 90. Hoja de trabajo RCM para Tablero Principal de Nave 01.....	217
Tabla 91. Hoja de trabajo RCM de tablero principal de líneas de producción.....	218
Tabla 92. Hoja de trabajo RCM de tablero principal de nave 02 .....	219
Tabla 93. Hoja de trabajo RCM Tablero secundario de Nave 02 .....	220
Tabla 94 Componentes mantenibles de líneas de producción.....	221
Tabla 95. Hoja de trabajo RCM de Extrusora.....	222
Tabla 96. Componentes mantenibles, línea de pintado .....	223

## **Dedicatoria.**

A Dios, por su cuidado y bendiciones.

A mi familia, que ha sido mi pilar de apoyo incondicional, especialmente a mi madre Ana Ligia.

## **Agradecimientos.**

A Dios, por darme la fortaleza de enfrentar los retos presentados durante mis años de estudio.

A mis padres, por apoyarme en todas las decisiones tomadas y por las enseñanzas de vida que me han formado como persona.

Mis tíos de Cartago, que siempre me hicieron sentir en casa a pesar de estar lejos de mi hogar durante mi tiempo universitario, en especial a mi tía Flory y mi tío Noel por el gran apoyo y ayudas ofrecidas durante estos años.

A mis primos David y Rebeca, que me acompañaron durante todos mis años de estudio y por tantos momentos vividos y tantas enseñanzas.

A mis amigos, que siguen presentes en mi vida como una bendición por su valiosa amistad.

A mis amigos de la universidad Milena, Daniel, Douglas, Emmanuel, Luis y tantos otros, que me ofrecieron sus consejos y apoyo en los momentos difíciles.

A los profesores, quienes contribuyeron a mi formación como profesional, especialmente a mi profesor tutor Gilbert Bonilla por la orientación para el desarrollo del proyecto.

A la empresa Hidro Mantenimiento S.A. y Arkiplast Internacional S.A. por permitirme realizar la práctica profesional y darme la oportunidad de crecer como persona y como profesional, a todo el personal que labora en ellas por brindarme apoyo técnico y su buen trato.

## **Definiciones clave**

Indicador (KPI): Característica (o conjunto de características) de un fenómeno medido, de acuerdo con una fórmula dada, que evalúa la evolución. (Los indicadores están relacionados con objetivos).

BSC/CMI: Cuadro de mando Integral, conjunto de indicadores asociados, consistentes y complementarios, que proporcionan información sintética y global.

MES: Maintenance Effectiveness Survey. (Auditoria de mantenimiento).

AMFE: Análisis Modal de Fallas y Efectos.

RCM: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

SIM: Sistema Informático de Mantenimiento.

NPR: Risk Priority Number. (Prioridad según el riesgo del modo de falla).

TEC: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

FODA: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.

OEE: Overall Equipment Effectiveness

MP9: Software de mantenimiento MP versión 9.

OT: Orden de trabajo

## **1. Resumen.**

La planta Arkiplast Internacional S.A, recientemente goza del beneficio estar funcionando bajo la modalidad de zona franca, con esto se expande su demanda tanto a nivel nacional como internacional, por esta razón es fundamental el contar con un alto grado de efectividad, calidad y mejora continua de todos sus procesos y su adecuado control, lo que evidencia la necesidad de contar con un modelo de gestión de mantenimiento y estrategias adecuadas a la planta para el alcance de los objetivos empresariales y ser competente a nivel global.

El proyecto consiste en la creación de un modelo de gestión de mantenimiento y el establecimiento de estrategias que permita la estandarización así como la mejora de los procesos y rendimientos actuales de la unidad de mantenimiento, de esta forma evidenciar su integración en el proceso productivo y la forma en que puede impactar en el alcance de los objetivos empresariales.

Como parte del modelo se establece un árbol lógico de los equipos productivos, la metodología de codificación y análisis de criticidad para cada uno de estos para lo que se realiza un análisis de confiabilidad tomando como referencia la norma SAE JA 1011 para cada uno de los equipos críticos para lo que se crean grupos interdisciplinarios de trabajo y la creación de planes de mantenimiento preventivo y predictivo para cada uno de estos posterior a la delimitación de la frontera para cada uno de estos según la norma ISO 14224.

Se establecen mejoras para el control de áreas y bodegas.

Se establece la metodología para la incorporación de una herramienta computacional para optimizar el proceso de mantenimiento fomentando el mantenimiento inteligente y mejorar la comunicación entre los usuarios y mantenedores de los equipos.

Se definió un Cuadro de Mando Integral a partir de las necesidades evidenciadas para las que se establecen planes de acción e indicadores con los respectivos

responsables de su seguimiento con el fin de mejorar los controles y desempeños de la organización para facilitar el establecimiento de mejoras en el proceso.

Las mejoras propuestas están basadas en el fortalecimiento de las áreas con mayor debilidad de la unidad de mantenimiento a partir de la aplicación de la auditoria “MES” y las necesidades identificadas en la planta.

Finalmente se determina el costo estimado de la realización de las labores preventivas propuestas para los equipos críticos y a partir de dos escenarios en donde se evidencia el peor y el mejor de los casos respecto del alcance de las metas propuestas se evidencian los beneficios esperados al implementarse estas labores en el proceso productivo.

## **2. Abstract**

Plant Arkiplast internacional S.A., recently enjoys the benefit be functioning in the form of free zone, this expands your demand both domestically and internationally, for this reason it is fundamental to having a high degree of effectiveness, quality and continuous improvement of all processes and their control, which demonstrates the need for a maintenance management model and strategies appropriate to the plant for the achievement of business objectives and be competent at the global level.

The project consists in the creation of a maintenance management model and the establishment of strategies that allow the standardization as well as improvement of processes and current maintenance, this unit yields way demonstrate their integration into the production process and how that may impact on the scope of the business objectives.

As part of the model establishes a logical tree of productive equipment, coding methodology and analysis of criticality for each of these for what a reliability analysis is carried out with reference to the standard SAE JA-1011 for each of the critical equipment to what you create interdisciplinary working group and the creation of preventive maintenance plans and predictive for each of these back to the delimitation of the border for each of these standard ISO 14224

Improvements to control areas and wineries are established.

Establishes the methodology for the incorporation of a computational tool to optimize the process of maintenance promoting intelligent maintenance and improve communication between users and maintainers of equipment.

A Balanced Scorecard is defined from the evidenced needs for which action plans and indicators are established with the respective leaders of its follow-up in order to improve controls and performance of the organization to facilitate the establishment of improvements in the process.

The proposed improvements are based on the strengthening of the areas with the biggest weakness of the maintenance unit from the application of the audit "MES" and the needs identified on the ground.

Finally determines the estimated cost of carrying out preventive work proposed for critical equipment and from two scenarios where there is evidence of the worst and the best with regard to the scope of the proposed targets are evident the benefits expected to implement these tasks in the production process.

### 3. Introducción.

#### 3.1 Descripción de la empresa.

##### 3.1.1 Reseña histórica Arkiplast Internacional S.A.

En el año 2000 la empresa comienza sus operaciones y la realización de productos hechos ciento por ciento costarricenses con el nombre de Arkiplast S.A.

La empresa Arkiplast S.A. en el mes de abril del año 2018 pasa a ser administrada por la empresa Hidro Mantenimiento S.A., luego de la compra de la mayoría de las acciones en la misma, la cual pasa a considerarse como una subdivisión de la empresa Hidro Mantenimiento S.A. y recibe el nombre de Arkiplast Internacional S.A.

##### 3.1.2 Ubicación Geográfica.

La empresa Arkiplast Internacional S.A. se encuentra ubicada 200 metros Sur de la Plaza de Deportes de Platanar de Florencia, San Carlos en la provincia de Alajuela. Se presenta la ubicación geográfica que se identifica en Google Maps.



Figura 1. Ubicación Geográfica de planta Arkiplast Internacional S.A.

Fuente: Google Maps.

### **3.1.3 Visión de la compañía**

La compañía en análisis, cuenta con la siguiente visión: “Elaboración de productos con materiales de PVC de alta calidad para ser aplicados en sistemas constructivos con amplitud de soluciones en diseño y logrando ser referente en la aplicación de responsabilidad social empresarial”.

### **3.1.4 Misión de la empresa Arkiplast Internacional S.A.**

Como motor de producción se tiene definida la siguiente misión: “Producir materiales de construcción a base de polímeros, para diversas aplicaciones arquitectónicas, siendo competitivos, eficientes, y amigables con el ambiente”.

### **3.1.5 Política de calidad**

En Arkiplast Internacional S.A. fabricamos productos arquitectónicos de PVC, que satisfacen a cabalidad las necesidades de nuestros clientes, así como los requisitos legales vigentes para el caso, y por la vía de la mejora continua de productos y procesos.

### **3.1.6 Filosofía empresarial:**

La filosofía empresarial se basa en colaborar estrechamente con nuestros clientes, brindándoles un servicio personalizado, transparente, de excelente calidad y acorde con sus necesidades. Para lograrlo, nos basamos en una gestión eficiente y versátil del uso de todos nuestros recursos económicos, materiales y humanos.

### 3.1.7 Objetivos de calidad:

Con el fin de aportar al mercado local e internacional productos competitivos, se poseen los siguientes objetivos de calidad:

- Equilibrio financiero (costos, márgenes, rentabilidad) adecuado según parámetros de la industria
- Nivel de producción de al menos 90% de la capacidad instalada
- Precio competitivo
- Crecimiento sostenido según proyección estratégica

### 3.1.8 Organigramas.

A continuación, se ilustran los diagramas de la organización jerárquica general y del área operativa de la empresa Arkiplast Internacional S.A.

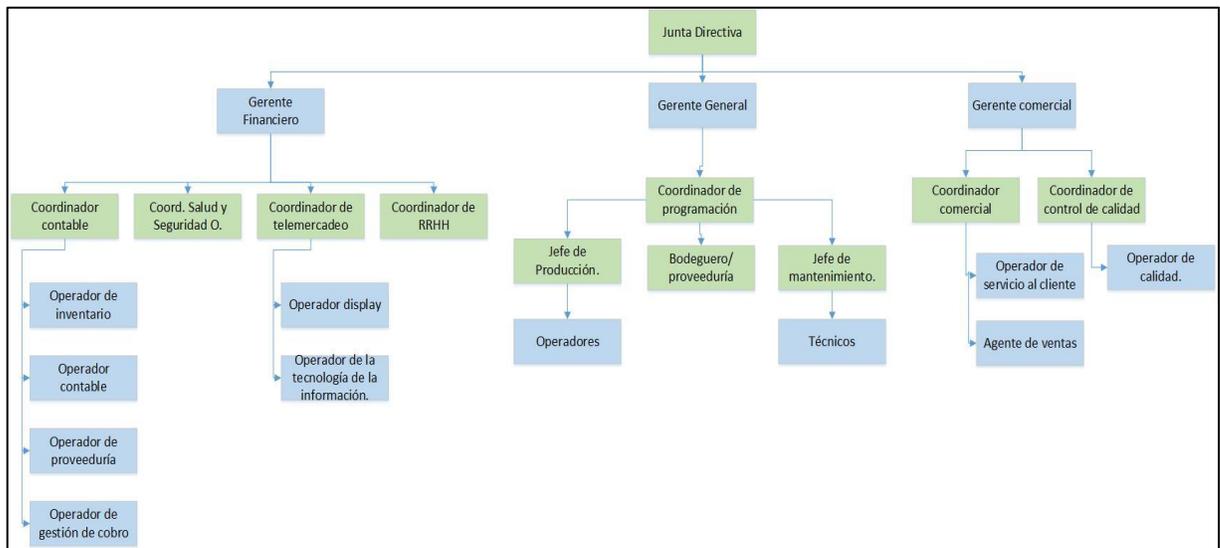


Figura 2. Organigrama de la organización.

Elaboración propia MS Visio.

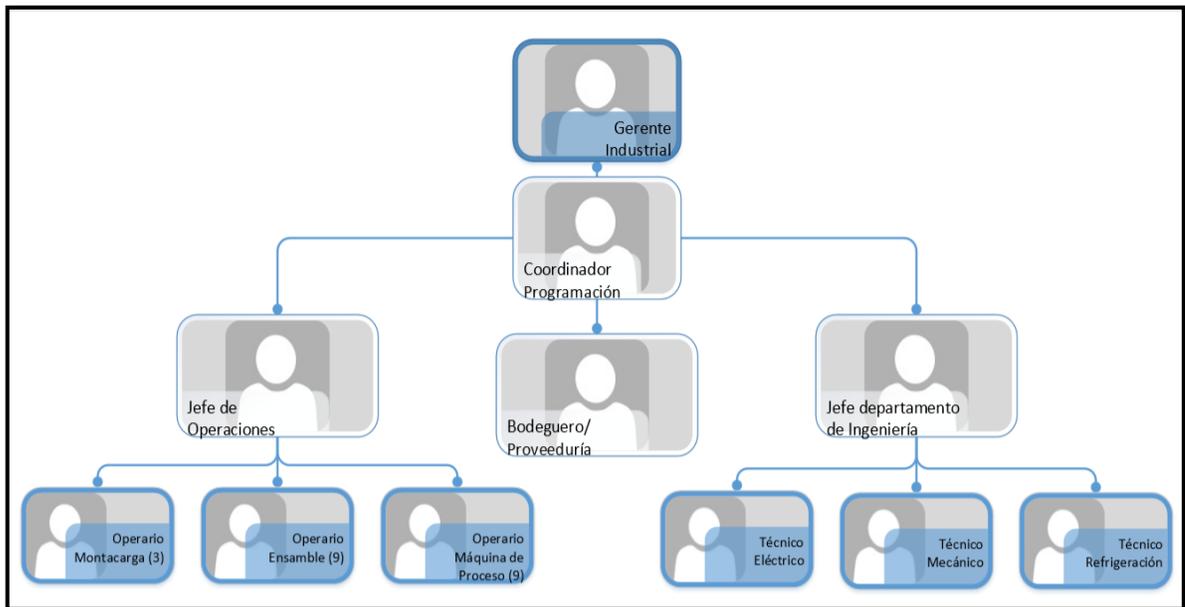


Figura 3 . Organización por jerarquías de la empresa Arkiplast Internacional S.A.

Elaboración propia MS Visio.

### 3.2 Descripción del proceso productivo de la empresa Arkiplast Internacional S.A.

En la empresa Arkiplast Internacional S.A. el personal administrativo trabaja una jornada comprendida desde las 7:00 am hasta las 5:00 pm, por otra parte, el personal operario comprendido por un total de 57 personas labora 3 jornadas durante los 7 días de la semana distribuidos en 3 turnos de 8 horas mostrados a continuación:

Tabla 1. Jornadas de trabajo de operarios

Turno	Horario
A	6:00 am- 2:00 pm
B	2:00pm- 10:00 pm
C	10:00 pm – 6:00 am

Fuente: Elaboración propia. MS Word.

A continuación, se evidencia el proceso productivo de la empresa una vez que se recibe una orden de compra:

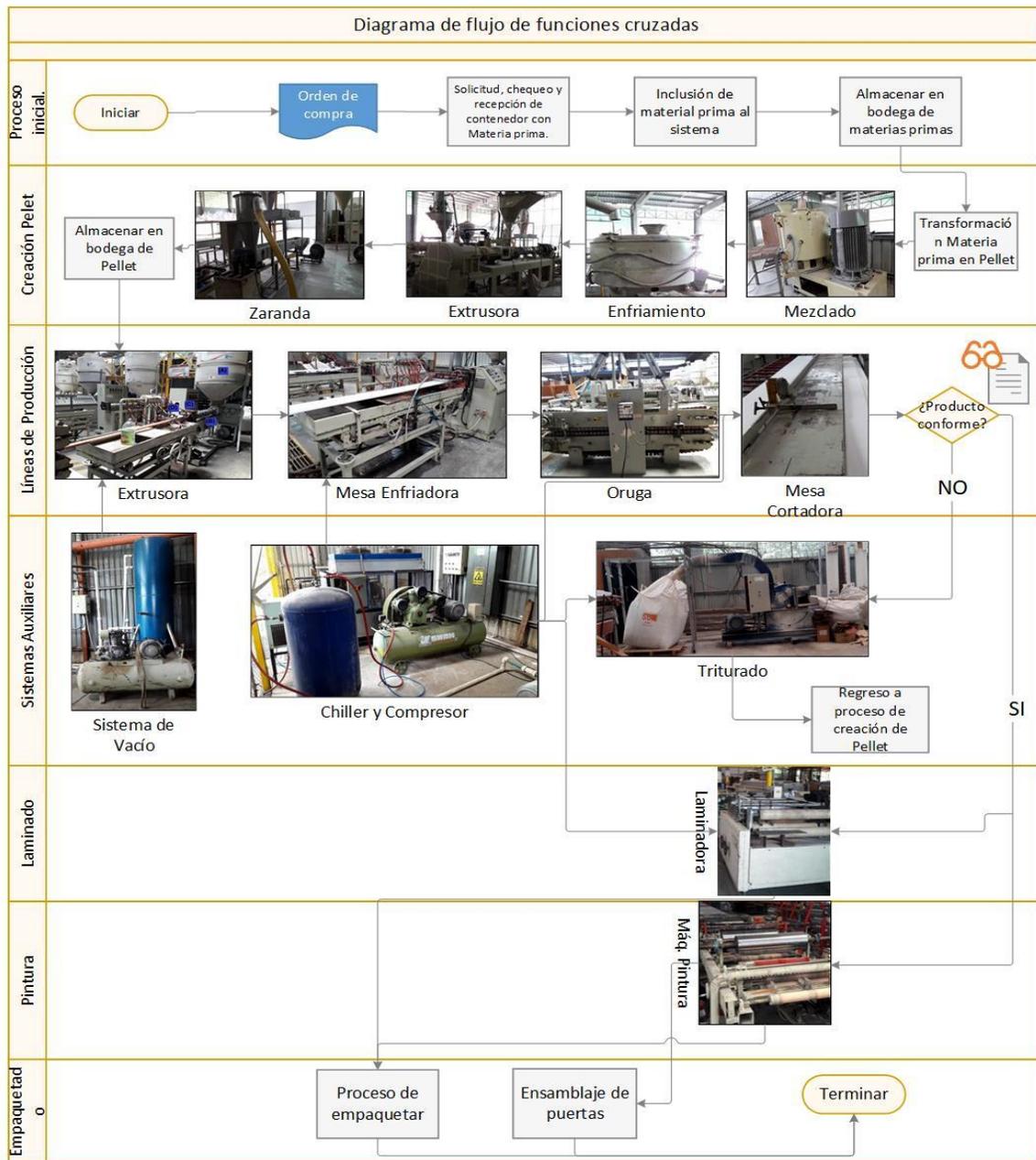


Figura 4. Descripción gráfica del proceso productivo de la empresa Arkiplast Internacional S.A.

Fuente: Elaboración Propia MS Visio.

Nota: Ver anexo 1 para descripción específica de cada proceso.

## 4. Definición del proyecto.

### 4.1 Problema y situación actual.

La empresa Arkiplast Internacional S.A. cuenta con 10 líneas de extrusión para la fabricación de tablilla y molduras plásticas (PVC y otros aditivos termoplásticos) las cuales están diseñadas y construidas para producirse por varios días en forma continua, durante el periodo en estudio se ha detectado un incremento significativo de paros inesperados en estas máquinas (puede ser posible que siempre ha existido esta tendencia pero no se le había puesto atención) debido a factores de producción (ver gráfico No.1) y a una deficiente labor del mantenimiento de los equipos que provocan fallas para las cuales no existe algún tipo de prevención, provocando mermas, atrasando los tiempos estimados de producción.

Se tiene una meta fijada por la empresa de producir al menos 160 000 kg en productos mensualmente, en los últimos meses esta meta no se ha cumplido teniendo una diferencia promedio por debajo de la meta de 10 000 kg en productos.

El precio de estos kilogramos producidos es de ₡1332 (mil trescientos treinta y dos colones), por lo que económicamente se tiene un faltante mensual evidenciado a continuación.

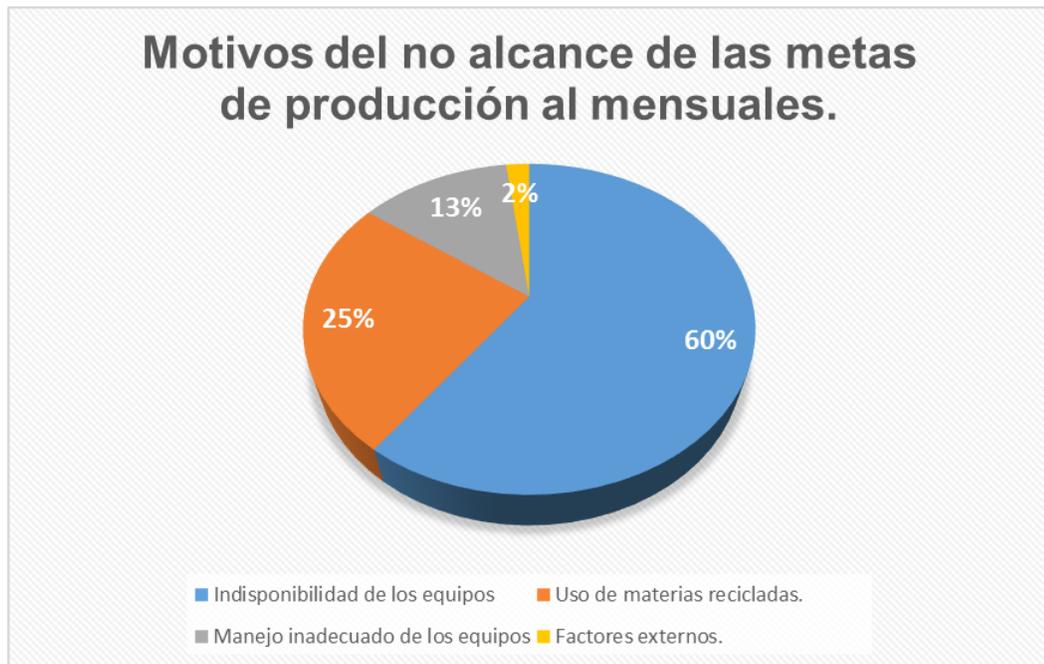
Tabla 2. Costo de la diferencia entre lo producido y la meta de producción.

Meta. (Kg)	Diferencia máxima (kg).	Precio por kg. (colones)	Monto económico faltante mensual. (colones)
160 000	10 000	₡1332,00	₡13.320.000,00

Elaboración propia MS Word.

Esta diferencia es causada por una variedad de motivos, en el área de producción se tiene un estimado de los porcentajes de las causas que provocan este faltante en la producción mensual, que se evidencia de forma gráfica a continuación.

Gráfico 1. Motivos del no alcance de las metas de producción mensuales.



Elaboración propia MS Excel

Analizando el gráfico anterior se tiene que:

- El motivo de mayor peso es producto de la no disponibilidad de los equipos con un promedio de 60%, debido a la aparición de fallas incipientes para las cuales no se cuenta con ningún tipo de prevención, presentadas en los tiempos de producción, evidenciando limitaciones respecto de las estrategias del mantenimiento actual de la planta, este será el principal problema por atacar.
- El uso de materias primas recicladas en el proceso de producción cuenta con un 25% del peso total, esto se debe a que al hacer uso de materias primas se requiere de una mayor cantidad de paros para la limpieza de moldes por la contaminación con la que cuenta la materia prima reutilizada, este proceso requiere paros de entre 2 a 5 horas del proceso productivo al día en promedio.

- Un 13% del peso de esta deficiencia se estima que es debida al uso y manejo inadecuado de los equipos así como la realización incorrecta de trabajos de montaje y desmontaje de elementos de los equipos productivos como lo es el filtro y molde de las extrusoras (realizado por operarios).
- El resto del porcentaje es el menos recurrente y este es debido a factores externos como: al corte del suministro eléctrico en la planta por parte de la empresa proveedora del servicio o por un atraso en la compra de nuevas materias primas, entre otros imprevistos.

Adicionalmente, la dirección de la compañía aplica a la planta la estrategia de mantenimiento correctivo como herramienta cotidiana, al realizar labores de mantenimientos correctivos a los equipos productivos en el momento en que estos entran en una condición de falla o dejan de realizar su función, además de esta errónea práctica a las labores aplicadas, se carece de un registro de las fallas presentadas en los equipos, y el registro o archivo confiable de las labores que se les realiza, se podría inferir que obedece a la falta de una unidad de mantenimiento en la planta y por lo tanto de un adecuado modelo de la gestión de la misma, dando lugar a la imposibilidad de ejecutar y evaluar labores de mantenimiento adecuadas y estandarizadas, obtener valores numéricos (indicadores) que retroalimenten la eficiencia y eficacia del desempeño y por otra parte tener una visión clara de la finalidad de los mantenimientos aplicados para ayudar en la toma de decisiones gerenciales y estratégicas para prevenir las fallas y llevar el negocio por un camino exitoso.

No se debe omitir que, la falta de un modelo de gestión ha incrementado los desgastes anormales y fallos inesperados que afectan de gran manera las metas de producción de la empresa y que además se incurre en horas extra de operarios que deben atender estas fallas fuera de su horario normal de trabajo, para lo que se tiene un promedio de 30 horas extra al mes lo que incurre en un costo de ₡244 035.00 (doscientos cuarenta y cuatro mil treinta y cinco colones), lo que es considerado como un monto elevado por la empresa.

## **4.2 Justificación del proyecto.**

La empresa al no contar con un modelo de gestión de las labores de mantenimiento que muestre de manera gráfica los procesos que deben de realizarse y la relación que debe existir con otros departamentos en pro de una reducción de los paros inesperados en el proceso productivo debido a una deficiente labor de prevención y análisis de las fallas presentadas en los equipos de la planta incurrirá en que no se sigan cumpliendo las metas productivas y la imposibilidad por mejorar las labores actuales.

La empresa tiene como objetivo estratégico la mejora continua de productos y procesos, es por esta razón que las mejoras que se desean abordar en este proyecto van muy ligadas a la misión y objetivos estratégicos de la empresa pues no se puede mejorar algo que no se está controlando; se evidencia la necesidad de normalizar los procesos en la empresa, que permitan establecer un marco de referencia global de la forma en que se desarrollan las labores que permitan generar valor para la empresa según sus necesidades específicas.

La implementación de este proyecto fomenta la disminución de pérdidas productivas y de recursos, al orientarse en buenas prácticas para la disminución de los desgastes anormales de los equipos y estudio de los modos de falla y su prevención, con la ayuda de un modelo del sistema de organización del mantenimiento, la empresa podrá suplir su demanda con producto de calidad en el menor tiempo posible al menor costo productivo y haciendo uso eficiente de los recursos humanos, materiales y energéticos.

Un modelo de gestión establecido permite controlar los desempeños de las iniciativas de la unidad de mantenimiento y la forma en que estas afectan la rentabilidad del negocio permitiendo un mejor control y evaluación que permita evidenciar los aspectos de mejora que se deben abordar y de esta forma optimizar los servicios brindados por el departamento.

### **4.3 Objetivos del proyecto.**

#### **Objetivo General:**

Diseñar el modelo de gestión de mantenimiento para la empresa Arkiplast Internacional S.A., optimizando los procesos de mantenimiento y mejorando en un 5% el Índice de Efectividad Global de los equipos productivos de extrusión de la compañía a partir del primer semestre del 2019.

#### **Objetivos Específicos:**

1. Evaluar el estado actual de la gestión de la unidad de mantenimiento de la organización mediante el uso de diagnósticos de tipo cuantitativo y cualitativo.
2. Determinar las mejoras en las estrategias y servicios actuales de la unidad de mantenimiento de la planta que le permitan impactar positivamente en la rentabilidad de la organización.
3. Establecer un Cuadro de Mando Integral, sus indicadores y respectivos responsables que le posibilite a la organización evaluar el impacto del modelo de gestión y mejorar el control del proceso productivo y sus activos según sus necesidades.
4. Integrar un sistema de información de mantenimiento computarizado al modelo para mejorar los servicios brindados por la unidad de mantenimiento en la empresa y la toma de decisiones respecto de sus activos.

#### **4.4 Viabilidad.**

Se cuenta con el apoyo de los recursos técnicos y el total respaldo por parte de la administración y gerencia pues identifican la necesidad y la importancia de contar con una correcta administración del mantenimiento, la buena ejecución y gestión de éste para poder alcanzar con los estándares de calidad que son requeridos por la empresa y además controlar los costos implicados en la manutención de los equipos productivos.

Además, el personal tiene conocimiento por la experiencia a lo largo de varios años de las fallas comunes que se presentan en los diferentes equipos, por otra parte, la empresa cuenta con técnicos especializados en las distintas áreas requeridas según los equipos con los que se cuenta y profesionales en distintas áreas.

Otro aspecto relevante que fortalece la realización de este proyecto es que al contar con un modelo de gestión de mantenimiento adecuado se puede optar por la valoración de entes u organismos externos con el fin de contar con certificaciones operativas o ambientales que le proporcionarían palancas para realizar uniones estratégicas con empresas externas o para incrementar el abanico de clientes.

## **4.5 Alcance:**

El proyecto tiene un enfoque basado en propuestas de mejora en labores e interacciones de la unidad de mantenimiento con la producción, su alcance se encuentra dividido en tres grupos (alcance técnico, alcance gerencial y alcance financiero) que se amplían a continuación.

### **Alcance Técnico.**

Se desarrollará una metodología para la correcta codificación de valor de los activos productivos con los que se cuenta en la planta, para posteriormente identificar los equipos críticos mediante un análisis de criticidad de estos.

Establecimiento del análisis de confiabilidad de los equipos críticos por lo que se realizarán análisis de modos y efectos de fallas potenciales con el fin de determinar el correcto establecimiento de planes de mantenimientos preventivos para los sistemas críticos que fomenten la disminución de estas y el aumento de la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, se pretende que una vez realizado el análisis en equipos críticos se expanda a la totalidad de los equipos de la planta en el transcurso del tiempo, pues ya existirá un mayor sentido de análisis y un enfoque preventivo por parte del personal.

Se entregarán planes de mantenimiento preventivo diseñados para cada equipo crítico, así como también se realizará un estudio del tiempo requerido para las labores de mantenimiento y los repuestos mínimos para la realización de las labores propuestas y el costo estimado de la aplicación de estas.

Además, se busca complementar las labores con un sistema de información brindado por la empresa denominado MP versión 9 para un mejor seguimiento de las labores realizadas en los equipos y su desempeño.

### **Alcance Gerencial.**

Se hará uso del cuadro de mando integral para la definición de indicadores pertinentes para el seguimiento y control de las labores de la unidad de mantenimiento de la empresa, así como las metas y responsables para el seguimiento del modelo propuesto, para una correcta orientación de lo que se espera a futuro y los objetivos que se deben alcanzar.

El proyecto por realizar tiene como alcance el obtener el diseño de un Modelo de Gestión de Mantenimiento, de forma que se le genere a la empresa, herramientas y técnicas para gestionar el mantenimiento del equipo y personal involucrado en el proceso productivo de la empresa.

Respecto al cambio cultural, al formar grupos de trabajo interdisciplinarios (mantenimiento y operaciones), se pretende un incremento en el conocimiento técnico del personal y un mayor sentido de pertenencia y de esta forma cambiar la mentalidad correctiva de problemas (actual en la empresa) por una mentalidad que se oriente en la continuidad de las funciones de los equipos previniendo la aparición de posibles fallos con probabilidad de presentarse, y en la mejora continua de los procedimientos establecidos.

Se brindarán herramientas e indicadores que permitan cuantificar el impacto de mantenimiento en la elaboración de los productos que ofrece la planta Arkiplast Internacional S.A.

### **Alcance Financiero**

Se pretende estimar los costos actuales asociados al tipo de mantenimiento (pérdidas) que se dan en la empresa para posteriormente compararlos con los costos implicados al realizar labores de mantenimientos que ayuden a prevenir las fallas antes de su ocurrencia y no sólo reparar una vez que se presenta el fallo como se realiza actualmente.

Se estimarán los costos actuales asociados a paros imprevistos y posteriormente compararlos con los costos de realizar las labores propuestas con enfoque preventivo y análisis de las fallas.

Se determinará el costo económico implicado en la realización de las labores propuestas y se comparan con el beneficio económico estimado de las metas esperadas una vez implementadas las labores propuestas.

## 4.6 Limitaciones:

Dentro de las limitaciones detectables para el logro de esta propuesta se pueden mencionar:

- a. Confidencialidad de la información (o del mercado).
- b. Resistencia al cambio cultural propuesto.
- c. Multifuncionalidad del recurso humano de mantenimiento limitando su capacidad para realizar prácticas propuestas para una adecuada técnica de gestión del mantenimiento y de los equipos.
- d. Carencia de información técnica y labores realizadas en los diferentes equipos de las líneas de producción.
- e. Dependencia de una herramienta informática desconocida, limitación debida a que no se puede buscar la implementación de otra herramienta informática pues la empresa requiere que se utilice el programa MP versión 9 que se ha utilizado en otras plantas que son gestionadas por Hidro Mantenimiento S.A. la cual gestiona actualmente la planta de Arkiplast Internacional S.A.
- f. La cuantificación de las metas propuestas o esperadas con la implementación de esta propuesta podrán ser verdaderamente aplicadas y/o cuantificada hasta que ésta sea implementada en la planta.
- g. Por problemas legales se dio un paro de labores en la planta por lo que la cuantificación exacta de los costos de mantenimiento actuales y la toma de datos para los índices propuestos no pudieron ser completados, por lo que se propone la estrategia para cuantificarlos y mejorarlos una vez definidos.

## 5. Fundamentos Teóricos.

### 5.1 Modelo de Gestión de Mantenimiento.

La moderna gestión de mantenimiento incluye todas aquellas actividades de gestión que determinan los objetivos o prioridades de mantenimiento (que se definen como las metas asignadas y aceptadas por la dirección del departamento de mantenimiento), las estrategias (definidas como los métodos de gestión que se utilizan para conseguir esas metas u objetivos), y las responsabilidades de gestión.

El modelo consiste en un bucle cerrado y secuencial que intenta caracterizar de forma precisa el curso de acciones a llevar a cabo en este proceso de gestión para asegurar la eficiencia, eficacia y mejora continua del mismo (Crespo Márquez & Parra Márquez, 2015).

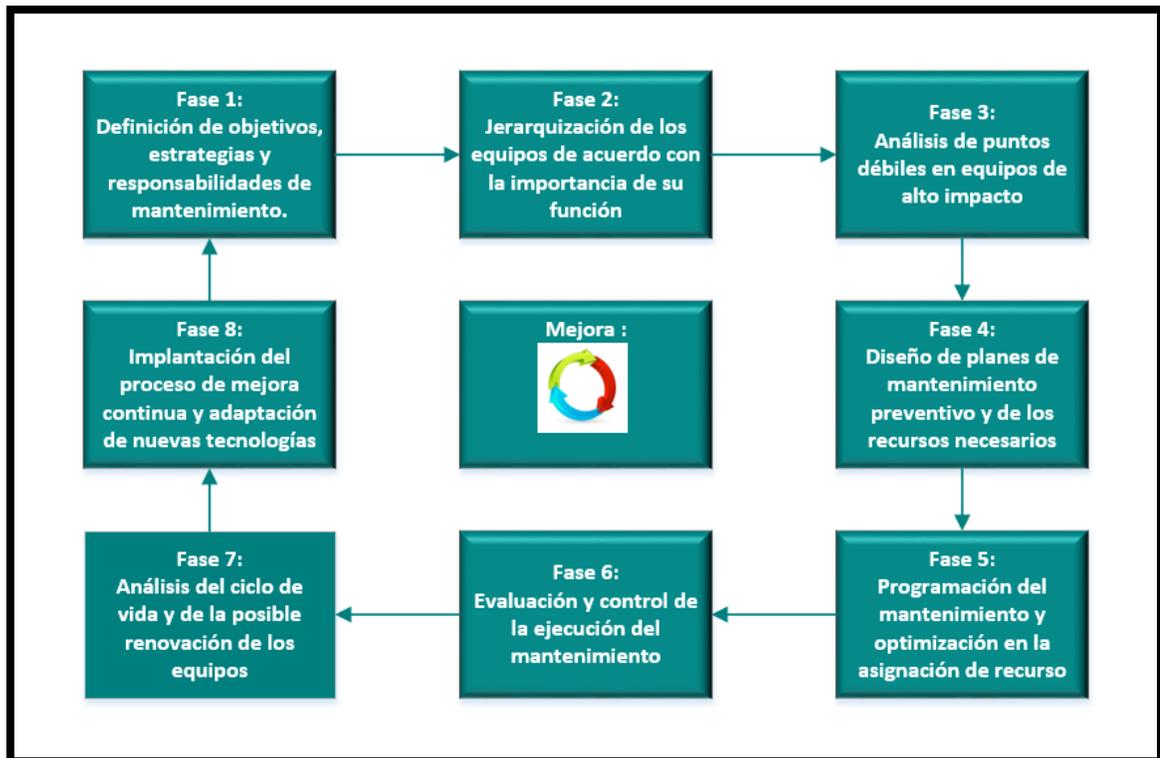


Figura 5. Modelo de proceso de gestión del mantenimiento

Fuente: (Crespo 2007)

## 5.2 Extrusión.

Hace referencia a la operación de transformación en la que un material fundido es forzado a atravesar una boquilla para producir un artículo de sección transversal constante y, en principio, longitud indefinida (Beltrán Rico, 2012).

### 5.2.1 Proceso de extrusión.

El polímero se alimenta en forma sólida a la máquina extrusora y sale de la extrusora en estado fundido.

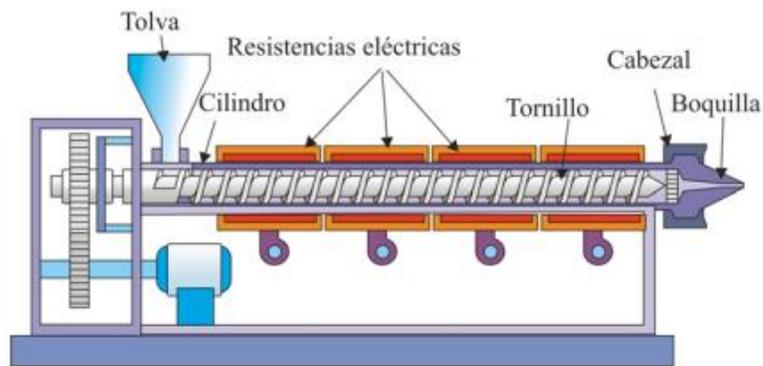


Figura 6. Representación esquemática de una extrusora de husillo.

Fuente: (Beltrán Rico, 2012).

### **5.3 Estrategias de Mantenimiento**

#### **Métodos de priorización de equipos.**

El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía del proceso, sistemas o equipos de un proceso de producción complejo, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable. En otras palabras, estos métodos buscan priorizar los activos e identificar aquellos para los cuales vale la pena dirigir recursos (económicos, humanos y tecnológicos) en función de su importancia (Crespo Márquez & Parra Márquez, 2015).

#### **Análisis cualitativo. Método de flujo-grama de análisis de criticidad.**

Análisis cualitativo, se basa en una serie de preguntas para diferentes categorías como lo son referentes al medio ambiente, la seguridad, la calidad, el tiempo que trabaja el equipo entre otras, para cada una de estas categorías de preguntas se evalúan según corresponda en categorías A, B y C, finalmente el resultado del proceso es una clasificación de los equipos en estas 3 categorías A, B o C, siendo los equipos A los equipos de mayor prioridad (Crespo Márquez & Parra Márquez, 2015).

#### **Modelo de criticidad semi-cuantitativo o Criticidad por riesgo.**

Proceso de análisis semi-cuantitativo, soportado por el concepto de riesgo, entendido como la consecuencia de multiplicar la frecuencia de fallo por la severidad de este (Crespo Márquez & Parra Márquez, 2015).

#### **Modelo de criticidad cuantitativo proceso de análisis jerárquico.**

Herramienta flexible para la toma de decisiones multi-criterio, utilizada en problemas o equipos en los cuales necesitan evaluarse aspectos tanto cualitativos como cuantitativos (Crespo Márquez & Parra Márquez, 2015).

### **5.3.1 Cuadro de Evaluación de criticidad de equipos.**

El método consiste en una lista de criterios de evaluación, para cada criterio hay una calificación que va desde “0” siendo el puntaje mínimo hasta el “3” correspondiente al criterio máximo.

Finalmente, se suma el puntaje obtenido en la totalidad de criterios evaluados para cada uno de los sistemas y se obtiene un puntaje total, el criterio para definir si el activo es crítico o no dependerá de si su puntaje es igual o mayor a 12 puntos, cualquier activo con una calificación igual o por encima a este se considera como crítico.

#### **Criterios de evaluación de criticidad.**

Tabla 3 Tabla de criterios de criticidad.

Criterios de evaluación		Definición del criterio
A	Impacto a la seguridad	Medida en que una falla provoca la exposición a riesgos en salud e higiene ocupacional, tanto a los colaboradores como a la comunidad.
B	Impacto en el medio ambiente	Medida en que una falla produce emanaciones de gases, partículas en suspensión, derrames químicos, contaminación de todo tipo de aguas y a la tierra.
C	Impacto en la producción total	Medida en que su falla provoca el riesgo de un paro TOTAL de la planta de producción.
D	Impacto en la producción de línea	Medida en que su falla provoca el riesgo de un paro total a la línea específica de producción donde se encuentra este equipo o instalación.
E	Impacto a la seguridad de equipos	Medida en que, por su inadecuada operación repercute en daños a otros equipos.
F	Impacto en la calidad	Provoca una alteración directa en la calidad de los procesos productivos, no cumpliéndose los parámetros de calidad establecidos.
G	Valor económico	Precio de la máquina.
H	Dificultad de adquisición	Su disponibilidad de repuestos no es inmediata y la importación del equipo o instalación requiere de un tiempo prolongado.

Fuente: Bibliografía Administración de Mantenimiento I. Ing. Carlos Piedra Santamaría.

Elaborado en MS Excel.

Para determinar de una mejor forma el puntaje que se le debe dar a cada uno de los equipos analizados, el método cuenta con la siguiente tabla que categoriza cada criterio para facilitar la evaluación objetiva de los mismos.

### 5.3.1.1 Rangos de evaluación de criticidad.

Tabla 4. Desglose de evaluación por criterio

Criterio de Evaluación		Aspectos de evaluación para el criterio.	
A	Impacto a la seguridad	0	Sin riesgo de accidente
		1	Riesgo accidente no fatal, requiere tratamiento, daños reversibles.
		2	Riesgo de vida limitada, incapacidad parcial, daños irreversibles.
		3	Riesgo de vida común, serios daños irreversibles, incapacidad total, muerte.
B	Impacto en el Medio ambiente	0	No contamina el ambiente
		1	Daños en el ambiente sostenibles, sin violación de leyes, reparables o compensables.
		2	Daños irreversibles, que no violan ley ambiental.
		3	Violación grave de ley ambiental, daños irreversibles, irreparables, alto grado de contaminación, larga durabilidad del contaminante.
C	Impacto en la producción total	0	No altera la producción total.
		1	Sin paro productivo, pero altera levemente la producción total.
		2	Paro parcial productivo, altera considerablemente la producción total.
		3	Paro total de la producción.
D	Impacto en la producción de línea	0	No altera la producción de línea.
		1	Sin paro productivo, pero altera levemente la producción de línea.
		2	Paro parcial productivo, altera considerablemente la producción de línea.
		3	Paro total de la producción de línea.
E	Impacto a la seguridad de equipos	0	Sin daño de equipos.
		1	El daño afecta levemente a otros equipos sin detenerlos, afectación de la integridad a largo plazo.
		2	El daño puede detener parcialmente otros equipos, afectación de la integridad a corto plazo.
		3	El daño detiene totalmente los equipos, afectación de la integridad instantáneamente.
F	Impacto	0	Sin alterar calidad del producto.

Criterio de Evaluación		Aspectos de evaluación para el criterio.	
	en la calidad	1	Altera la calidad del producto sin ser rechazado.
		2	Altera la calidad del producto, es rechazado, pero reprocesable.
		3	El producto es desechado sin posibilidad de reproceso.
G	Valor Económico	0	Sin costo económico o menor ₡ 500 000.
		1	Costo económico entre ₡ 500 000 a ₡7 000 000
		2	Costo económico entre ₡7 000 000 a ₡15 000 000
		3	Costo económico mayor a ₡15 000 000
H	Dificultad de adquisición	0	Adquisición económica y entrega inmediata.
		1	Adquisición medianamente barata y entrega comprometida en plazos de semanas.
		2	Adquisición costosa y entrega comprometida en plazos de semanas.
		3	Adquisición costosa y entrega comprometida en plazos de meses.

Fuente: Bibliografía Administración de Mantenimiento I. Ing. Carlos Piedra Santamaría.

Elaborado en MS Excel

Los rangos de evaluación de valor económico fueron modificados para adaptarlos a la realidad de la planta productiva.

### **5.3.2 Mantenimiento RCM.**

El RCM es un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual (Moubray, 2004).

#### **Análisis de modos de falla y efectos.**

Es un método que analiza sistemáticamente todos los posibles modos potenciales de falla de un sistema e identifica el efecto resultante de tales fallas sobre el sistema. Es una herramienta bastante útil en la cuantificación del riesgo, pues consiste en el análisis detallado de las fallas de componentes, equipos y sistemas (Lourival Augusto Tavares).

A continuación, se evidencian las tablas utilizadas para cuantificar el riesgo de cada modo de falla, la tabla utilizada para clasificar la frecuencia de la ocurrencia de un modo de falla específico es el siguiente:

Tabla 5. Tabla de evaluación de Ocurrencia de los modos de falla del análisis NPR

<b>FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE LOS MODOS DE FALLA (F).</b>		
	<b>Tasa.</b>	<b>Probabilidad de falla</b>
Remota: Las fallas son improbables	1	< 1 en 10 000 000
Baja: Relativamente pocas veces	2	1 en 20000
	3	1 en 4000
Moderada: Fallas ocasionales	4	1 en 1000
	5	1 en 400
	6	1 en 80
Alta: Fallas repetitivas.	7	1 en 40
	8	1 en 20
Muy Alta: Fallas casi inevitables.	9	1 en 8
	10	1 en 2

Fuente: (Lourival Augusto Tavares).

Tabla 6. Tabla de evaluación de Efectos de los modos de falla del análisis NPR

SEVERIDAD DE EFECTOS (S)		Tasa
Despreciable	Este modo de falla no tiene efecto sobre el sistema. El usuario probablemente no notará la falla.	1
Baja	Este modo de falla solamente tiene un leve efecto sobre el sistema.	2
	El cliente/usuario solamente va a notar un leve deterioro del desempeño del sistema	3
Moderada	Causa cierta insatisfacción del usuario/cliente	4
		5
		6
Alta	Provoca una alta insatisfacción del cliente, por ejemplo, un sistema inoperante intentando violar la seguridad o normas reglamentarias del gobierno.	7
		8
Muy Alta	Este modo de falla va a provocar una alta insatisfacción del cliente, como ejemplo, un sistema inoperante. Sin embargo, viola la seguridad o normas reglamentarias del gobierno.	9
		10

Fuente: (Lourival Augusto Tavares).

La última evaluación usada para cada modo de falla es la probabilidad de detección evidenciada en la siguiente tabla la forma para evaluar la puntuación de la tasa.

Tabla 7. Tabla de evaluación de Probabilidad de detección de los modos de falla del análisis NPR

PROBABILIDAD DE DETECCIÓN	Tasa
Muy alta: Procedimientos de verificación (PV) del proyecto o del control del proceso (PC) usándose para detectar verdaderamente el modo de	1
	2
Alta. PV o CP tienen muy buena posibilidad de detectar el modo de falla	3
	4
Moderada. PV o CP se puede detectar el modo de falla	5
	6
Baja. PV o CP probablemente no se puede detectar el modo de falla	7
	8
Muy baja. PV o CP tiene una probabilidad muy baja de detectar el modo de falla.	9
Certeza absoluta de NO detección. PV o CP no está contemplado detectar en las posibilidades el modo de falla.	10

Fuente: (Lourival Augusto Tavares).

Esta evaluación permite evidenciar cuales modos de falla son los más críticos, partir del número de RPN o de riesgo para los cuales se debe de establecer labores que permitan la disminución de la aparición de estos.

La prioridad según el RPN se determina a partir del producto de la multiplicación de la tasa del modo para las tres clasificaciones como se muestra a continuación:

$$RPN = (Tasa\ de\ severidad) * (Tasa\ de\ frecuencia) * (Tasa\ de\ detección).$$

La prioridad se establece respecto de la siguiente tabla:

Tabla 8. Rangos de categorización de modos de fallo

Puntuación RPN	Prioridad
500-1000	Alto Riesgo de falla.
125-499	Riesgo de Falla Medio.
1-124	Riesgo de Falla bajo.
0	No existe riesgo de falla.

Elaboración propia MS Word.

### **5.3.3 Mantenimiento Productivo Total (TPM).**

Conocido como TPM por sus siglas en inglés (“Total Productive Maintenance”). El TPM se originó, desarrollo y optimizo en Japón inicialmente en la industria automotriz con la finalidad de mejorar los procesos productivos y alcanzar altos niveles de calidad, tiene como objetivo el aumentar la eficacia integral de los activos fijos instalados y con ello la competitividad y flexibilidad de la empresa (Brenes, 2014).

### **5.3.4 Pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM).**

#### **Mantenimiento Autónomo.**

Este tipo de mantenimiento pretende alcanzar en su máximo estado de desarrollo evolutivo la autogestión plena de los operadores, asumiendo estas responsabilidades sobre las máquinas que no requieren la intervención de otros sectores, salvo para tareas específicas (Pistarelli).

### **Mantenimiento planeado.**

El propósito principal de este mantenimiento es el “cero averías” y reducir los gastos operativos y de mantenimiento a través de la gestión de los activos bajo despliegue. Durante el despliegue del mantenimiento planeado el departamento de mantenimiento se ocupa de los rediseños menores y de mejorar la gestión administrativa de los procesos internos (Pistarelli).

### **Mejora Enfocada o Individual.**

Las actividades desarrolladas en este pilar enfocan u orientan los esfuerzos en un grupo de personas para resolver problemas específicos, concretos y de cierta complejidad, este pilar hace uso de la herramienta conocida como PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar).

### **Pilar de la Gestión temprana.**

Este pilar tiene como objetivo que las nuevas unidades funcionales (componentes, equipos y sistemas) operen satisfactoriamente desde la puesta en marcha, pues pretende eliminar precozmente los problemas de diseño o errores de fabricación.

### **Mantenimiento para la calidad.**

Tiene como objetivo primordial evitar, con acciones regulares de mantenimiento o con mejoras (rediseños), pérdidas por la calidad en los productos.

### **Capacitación y desarrollo.**

Constituye un soporte para articular los demás procesos de la metodología TPM, las acciones en esta etapa están dirigidas a cubrir aspectos metodológicos, aspectos técnicos y de autogestión. Trabaja sobre dos aspectos el primero tiende a elevar o adecuar el nivel técnico a las necesidades de la organización y el segundo aspecto busca desarrollar la capacidad de gestión y autogestión.

## **Gestión de sectores administrativos.**

Este pilar orienta sus esfuerzos en dos sentidos, el primero apunta a mejorar la eficiencia integral de las tareas administrativas de soporte, reduciendo trabajos innecesarios, demoras, pérdidas energéticas, re-trabajos, etc. El segundo objetivo propicia crear ámbitos de trabajo saludables y cómodos.

### **Pilar Higiene, Seguridad y Medio Ambiente.**

Tiene como objetivo principal luchar por tener cero accidentes y por el cuidado infatigable del medio ambiente. La meta de cero accidentes se capitaliza manteniendo vivo el interés por la higiene y la seguridad de las personas dentro y fuera de su puesto de trabajo.

#### **5.3.4.1 Las cinco ese.**

Consiste en un sistema de pasos y procedimientos que deben utilizar las personas y los equipos para optimizar sus áreas de trabajo, su limpieza, su seguridad, su confort y el rendimiento de su labor (Brenes, 2014).

Esta metodología tiene este nombre debido a las 5 letras S las cuales son las iniciales de los nombres en japonés para los diferentes pasos con los que cuenta esta metodología mostrados a continuación:

- **Seiri-Organizar.**

Se debe entender como la organización, la selección y descarte de los objetos que no son de uso en las actividades que se llevan a cabo en determinada área de trabajo.

- **Ordenar.**

Los artículos que no son eliminados se deben acomodar o colocar de forma que sea fácil localizarlos cuando se requiera.

- **Limpiar.**

En este apartado se considera tanto la limpieza visual como la limpieza física.

- **Estandarizar.**

Este ofrece información acerca de la localización de los objetos.

- **Disciplinar.**

Está completamente asociada a que cada uno haga su parte para llevar adelante el programa de las cinco S.

## **5.4 Técnicas para Análisis de Fallas.**

### **Principio de Pareto.**

Este principio establece que, en la mayoría de los casos un problema es originado por un grupo pequeño de un total de posibles causas. El diagrama surge como consecuencia de aplicar este principio, y permite identificar las causas de mayor importancia y magnitud capaces de provocar el efecto o inconveniente estudiado.

### **Tormenta de Ideas.**

Es un proceso participativo y creativo que se nutre del conocimiento de los integrantes del grupo de trabajo. Suele utilizarse como herramienta de aproximación inicial para listar los modos de falla en RCM.

### **Técnicas del por qué - por qué.**

Es una técnica de fácil aplicación y se utiliza principalmente, para análisis simples o iniciales. Cuando el nivel de deterioro del activo es muy avanzado es suficiente aplicar esta técnica, usada para identificar la causa raíz de un problema preguntándose 5 veces el ¿por qué? Del problema y de esta forma encontrar la causa.

### **Diagrama Causa – Efecto.**

También conocido como diagrama Ishikawa, es un diagrama que permite visualizar rápidamente aquellas causas o modos de falla que podrían derivar en una falla funcional de un sistema complejo. Es utilizada cuando se requiere el análisis de fallas funcionales complejas.

### **Análisis Causa-Raíz de falla (RCA).**

Se trata de un proceso estructurado y deductivo que sirve para identificar las causas primarias (raíces) que desencadenan en una falla funcional, problema o incidente. Es un análisis pos-mortem, ya que nada puede hacerse para evitar la consecuencia sucedida. Sin embargo, es de gran ayuda para prevenir su recurrencia. (Pistarelli)

Cada una de las raíces identificadas se debe agrupar en el grupo que corresponda:

- Raíces físicas: Asociadas a componentes.
- Raíces Humanas: Asociadas a intervenciones humanas inadecuadas.
- Raíces latentes: Asociadas a deficiencias del sistema organizativo.

## **5.5 Gestión de Activos.**

Es una disciplina que surge a finales de los años 90, ésta se enfoca en la toma de decisiones a través de todo el ciclo de vida del activo físico, desde su creación o adquisición, utilización, mantenimiento y renovación o disposición final. La gestión de activos conjunta conceptos y técnicas de diferentes ámbitos, tales como finanzas, ingeniería, tecnología, operaciones, etc. (Crespo Márquez & Parra Márquez, 2015).

## **5.6 Documentos de mantenimiento.**

### **5.6.1 Órdenes de Trabajo.**

Una orden de trabajo describe claramente las tareas a efectuar y, si existen, debe incluir procedimientos de trabajo, normas, técnicas de inspección predictivas, detectivas, etc. La mayor parte de la información manejada por el área de mantenimiento se centraliza y canaliza a través de las Órdenes de Trabajo.

### **5.6.2 Planes de mantenimiento.**

El plan de mantenimiento es un documento que contiene el conjunto de tareas de mantenimiento programado que debemos realizar en una planta para asegurar los niveles de disponibilidad que se hayan establecido. Es un documento vivo, pues sufre de continuas modificaciones, fruto del análisis de las incidencias que se van produciendo en la planta y el análisis de los diversos indicadores de gestión (Garrido S. G., 2003).

### **5.6.3 Despacho de materiales.**

Cuando los usuarios de mantenimiento o producción desean retirar materiales de almacén, confeccionan un “retiro o requisición de materiales” que indica la orden de trabajo en la que se usaran los mismos, esto permite conocer el gasto por equipo.

## **5.7 Indicadores de Mantenimiento.**

Conjunto de datos que ayuda a medir objetivamente la evolución de un proceso o de una actividad. Algunos de ellos son los siguientes: (Crespo Márquez & Parra Márquez, 2015).

**MTTF (TPO) Mean Time to Failure (Tiempo promedio operativo).**

Unidad de medición: Tiempo (horas, días, meses, etc.).

$$MTTF = \frac{\sum TTF}{n}$$

Dónde:

- TTF= Tiempos operativos hasta el fallo.
- n= número total de fallos en el período evaluado.

**FF (Frecuencia de fallos).**

Unidad de medición: fallos/tiempo (fallos/año, fallos/mes, fallos/semana, fallos/día)

$$FF = \frac{1}{MTTF}$$

Dónde:

- MTTF=TPO Mean Time to Failure Tiempo promedio operativo.

**TPFS=MDT (Tiempo Promedio Fuera de Servicio). “Mean Down Time”.**

Unidad de medición: tiempo (horas, días, semana, etc.)

$$MDT = \frac{\sum DT}{n}$$

Dónde:

- DT= Tiempos fuera de servicio.
- n= número total de fallos en el período evaluado.

**D = Disponibilidad.**

$$D = \frac{MTTF}{(MTTF + MDT)} * 100\%$$

Dónde:

- MTTF=Mean Time To Failure. Tiempo operativo hasta la falla.
- MDT= Mean Down Time. Tiempo promedio fuera de servicio.

## **5.8 Cuadro de Mando.**

Herramienta de gestión que facilita la toma de decisiones, y que recoge un conjunto coherente de indicadores que proporcionan a la alta dirección y a las funciones responsables una visión comprensible del negocio o de su área de responsabilidad. La información aportada por el cuadro de mando permite enfocar y alinear los equipos directivos, las unidades de negocio, los recursos y los procesos con estrategias de la organización.

### **5.8.1 Metodología de Cuadro de Mando Integral.**

El Cuadro de Mando Integral es una estrategia que ha sido integrada a la gestión estratégica del negocio, ésta permite integrar la estrategia y a la vez la evaluación del desempeño, sin embargo, también ha tenido muy buenos resultados al aplicarse en diferentes procesos del negocio como lo es el área de mantenimiento.

Esta estrategia surge de la necesidad de una herramienta gerencial, que facilite la transición hacia una gerencia más estratégica, orientada permanentemente en la visión de la empresa y que permita integrar las diferentes áreas de la empresa, la estrategia traduce la estrategia en cuatro perspectivas las cuales son:

- Cliente: Ofrece al gestor una posición clara del segmento objetivo de los negocios, pero la acción de conquista acontece “dentro de casa” es decir, acciones de logística, desarrollo de productos, servicios y calidad en la actividad de mantenimiento.
- Procesos Interno: Apunta a los caminos críticos a recorrer en la búsqueda de la excelencia, a fin de atender los objetivos de los accionistas y de los clientes especificados como objetivo.
- Innovación y aprendizaje: Apunta a desarrollar una estructura capaz de soportar el cambio y aprender con ella el crecimiento y la madurez organizacional.

- Perspectiva Financiera: Esta perspectiva tiene un perfil de riesgo, crecimiento y rentabilidad.

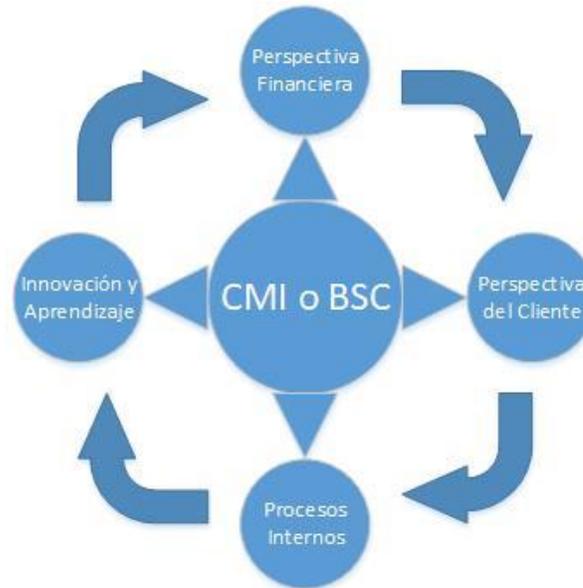


Figura 7. Perspectivas globales del BSC o CMI

Fuente (*Lourival Augusto Tavares*): Elaboración Propia MS Visio.

Cada una de estas perspectivas debe ser sustentada con objetivos para los cuales hay que definir indicadores de gestión con su respectiva meta y estrategia, además estos deben estar interactivamente conectados.

Se debe entender al BSC o CMI como un complemento de la política de costos y metas trazados para la organización, por tanto, es una herramienta de movilización con direccionamiento y metas claras, con objetivos tangibles en la búsqueda de resultados estratégicos, dentro de la cadena de valor establecida por la organización y para sus clientes (*Lourival Augusto Tavares*).

Puntos fuertes y beneficios del BSC según *Lourival Augusto Tavares*.

- Permite el análisis de desempeño en todos los niveles jerárquicos.

- Define el acopio de los indicadores, alineados a la estrategia organizacional.
- Detección automática de problemas de desempeño.
- Mejora en la comunicación interna de la organización
- Control del plan de acción sin pérdida de foco
- Foco en el esfuerzo de cambio
- Facilidad en la aplicación de nuevos procesos de innovación en la organización.
- Establecer un proceso de evaluación continua de la estrategia de la organizacional.

#### **5.8.1.1 Variables del cuadro de mando integral.**

- Las mediciones son importantes “Si no puedes medirlo no puedes gerenciarlo”.
- Consideración de todas las perspectivas simultáneamente.
- El CMI parte de la visión y la misión de la empresa.
- Logra integrar la estrategia y la evaluación del desempeño del negocio.

### **5.9 Auditorías de evaluación de la gestión del mantenimiento.**

#### **5.9.1 Técnica de Auditoría “Maintenance Effectiveness Survey” (MES).**

La Auditoria MES es una auditoria propuesta por el instituto Marshall (<http://www.marshallinstitute.com>), la misma está basada en un cuestionario de evaluación de 60 preguntas repartidas en las siguientes 5 áreas de evaluación del mantenimiento:

- Recursos Gerenciales.
- Gerencia de información (Software de gestión del mantenimiento)
- Equipos y técnicas de mantenimiento preventivo.

- Planificación y ejecución.
- Soporte, Calidad y Motivación.

La metodología que sigue esta evaluación es de la siguiente forma: Las personas seleccionadas, evalúan las 12 preguntas desarrolladas para cada una de las 5 áreas mencionadas en función de una escala que va desde el 1 al 5. Para la calificación que las diferentes preguntas evaluadas se sigue la siguiente escala de medición:

- 1 = No se cuenta o muy deficiente.
- 2 = Deficiente.
- 3 = Regular.
- 4 = Bueno
- 5 = Excelente

La máxima puntuación por área que se puede obtener es de 60 puntos, mientras que la puntuación mínima es de 12 unidades por área.

Una vez realizada la evaluación a un total de personas las puntuaciones totales se suman y se promedian entre el número de personas encuestadas, para finalmente estimar la posición del mantenimiento en función de los siguientes rangos:

Tabla 9. Categorías de evaluación de la norma MES

Rango	Categoría
<b>300-261</b>	Categoría “clase mundial” /Nivel de excelencia en mantenimiento.
<b>201-260</b>	Categoría “Muy buena” /Nivel de buenas prácticas en mantenimiento.
<b>141-200:</b>	Categoría “Por arriba del nivel promedio” / nivel aceptable en mantenimiento.
<b>81-140</b>	Categoría “Por debajo del promedio” /Nivel no muy bueno de mantenimiento, con oportunidades para mejorar.
<b>Menos de 80</b>	Categoría “Muy por debajo del promedio” /Nivel muy malo de mantenimiento con muchas oportunidades para mejorar.

Fuente: (Marshall Institute, 2018). Elaborado en MS Word.

## **5.10 Análisis Cualitativo FODA (Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas).**

El diagnóstico situacional FODA es una herramienta que posibilita conocer y evaluar las condiciones de operación reales de una organización, a partir del análisis de esas cuatro variables principales, con el fin de proponer acciones y estrategias para su beneficio. Las estrategias de una empresa deben surgir de un proceso de análisis y concatenación de recursos y fines, además ser explícitas, para que se constituyan en una “forma” viable de alcanzar sus objetivos (Rojas).

### **5.10.1 Variables del análisis FODA.**

#### **Fortalezas.**

Es algo en lo que la organización es competente, se traduce en aquellos elementos o factores que estando bajo su control, mantiene un alto nivel de desempeño, generando ventajas o beneficios presentes y claros, con posibilidades atractivas en el futuro.

Las fortalezas pueden asumir diversas formas como: recursos humanos maduros, capaces y experimentados, habilidades y destrezas importantes para hacer algo, activos físicos valiosos, finanzas sanas, sistemas de trabajo eficientes, costos bajos, productos y servicios competitivos, imagen institucional reconocida, convenios y asociaciones estratégicas con otras empresas, etc.

#### **Debilidad.**

Significa una deficiencia o carencia, algo en lo que la organización tiene bajos niveles de desempeño y por tanto es vulnerable, denota una desventaja ante la competencia, con posibilidades pesimistas o poco atractivas para el futuro. Constituye un obstáculo para la consecución de los objetivos, aun cuando está bajo el control de la organización. Al igual que las fortalezas éstas pueden manifestarse a través de sus recursos, habilidades, tecnología, organización, productos, imagen, etc.

Las oportunidades y amenazas son variables externas que constituyen los límites determinados por el sector productivo a que pertenece una entidad, y el entorno general que define el ambiente competitivo.

### **Oportunidades.**

Son aquellas circunstancias del entorno que son potencialmente favorables para la organización y pueden ser cambios o tendencias que se detectan y que pueden ser utilizados ventajosamente para alcanzar o superar los objetivos. El reconocimiento de oportunidades es un reto para los administradores debido a que no se puede crear ni adaptar una estrategia sin primero identificar y evaluar el potencial de crecimiento y utilidades de cada una de las oportunidades prometedoras o potencialmente importantes.

### **Amenazas.**

Son factores del entorno que resultan en circunstancias adversas que ponen en riesgo el alcanzar los objetivos establecidos, pueden ser cambios o tendencias que se presentan repentinamente o de manera paulatina, las cuales crean una condición de incertidumbre e inestabilidad en donde la empresa tiene muy poca o nula influencia, las amenazas también, pueden aparecer en cualquier sector como en la tecnología, competencia agresiva, productos nuevos más baratos, restricciones gubernamentales, impuestos, inflación, etc. La responsabilidad de los administradores con respecto a las amenazas está en reconocer de manera oportuna aquellas situaciones que signifiquen riesgo para la rentabilidad y la posición futura de la organización.

## **5.11 Sistemas informáticos de mantenimiento.**

Un sistema informático de mantenimiento (SIM) es una gran base de datos que almacena registros y puede mostrarlos de forma particular gracias a funciones específicas e interdependientes que posee.

## **5.12 Análisis económico**

### **Período de recuperación**

El periodo de recuperación es el cálculo del plazo, en tiempo, en el cual los flujos de entrada de efectivo sean iguales a los flujos de salida. El período de recuperación no indica explícitamente que tan deseable es un proyecto, sino solo la velocidad con la cual se recupera la inversión (Sullivan, Wicks, & Luxhoj, 2004).

$$\sum_{t=1}^{\theta} (I - E)(P/F, i\%, t) - \text{Inversión inicial} \geq 0$$

Donde I son los ingresos, E los egresos, i% es la tasa de rendimientos mínima atractiva, y t el período de tiempo donde se cumple la ecuación. Este valor de t es el período de recuperación.

### **Valor presente neto**

El valor presente neto o valor actual neto es la suma de todos los flujos de entrada de efectivo actualizados, menos todos los flujos de salida actualizados, de un proyecto o inversión. Este indicador permite determinar el valor del dinero actualmente, que va a recibir la inversión o el proyecto, en el futuro a una cierta tasa de interés y un periodo determinado. Un valor actual neto mayor que cero indica que los flujos de entrada son mayores a la inversión inicial (Hamilton & Pezo, 2005).

$$VPN = \sum_{t=1}^n \left( \frac{FE_t}{(1+k)^t} - \text{Inversión Inicial} \right)$$

Donde FE son los flujos de efectivo netos (ingresos menos egresos) en el período dado t, y k la tasa de descuento de los flujos.

### **Tasa interna de retorno**

La tasa interna de retorno (TIR) de un proyecto de inversión es la tasa de descuento (i) que hace que el valor actual de los flujos positivos sea equivalente al valor actual de los flujos de negativos. Es decir, es la tasa que hace que el valor actual neto de los flujos sea cero (Jiménez, Espinoza & Fonseca, 2007).

Las reglas de decisión a utilizar para este indicador económico son las siguientes: Para proyectos mutuamente excluyentes, se elige el proyecto con el TIR mayor. Por otro lado, para proyectos independientes, se usa la siguiente regla de decisión: Si el  $TIR > TMAR$ , se elige el proyecto mientras que si el  $TIR < TMAR$  o  $TIR = 0$  no se elige el proyecto, siendo TMAR la tasa mínima atractiva de retorno (rendimiento mínimo necesario para cubrir los costos financieros) establecida por la organización (Fernández, 2007).

## **6. Análisis de la situación actual.**

### **6.1 Contribuyentes a la pérdida de productividad.**

A continuación, se enuncian los contribuyentes a la pérdida de eficiencia de la productividad de las líneas de extrusión identificados.

#### **6.1.1 Listado de contribuyentes.**

A partir de los registros implementados en el inicio de la propuesta del proyecto y el criterio del personal de mantenimiento y producción de la planta, se pueden enlistar los posibles contribuyentes que se presentan en el proceso productivo y que afecta la pérdida de productividad de la planta.

- Puesta en marcha de las líneas de producción de extrusión mientras se estabilizan los parámetros de temperatura y presión requeridos.
- Cambio de molde por cambio de dimensiones del producto requerido.
- Averías en líneas de producción.
- Averías en equipos auxiliares.
- Faltante en inventario de materia prima.
- Uso inadecuado de la maquinaria o descuidos de los operarios en la operación de los equipos.
- Uso de máquinas con componentes desgastados que provocan efectos negativos en la calidad del producto.
- Uso inadecuado de herramientas.
- Falta de repuestos en bodega aumentando los tiempos de puesta en servicio una vez presentada la falla.
- Trabajos o ajustes mal realizados que se deben corregir durante el proceso de producción.

## **6.1.2 Listado y causas probables de los paros en líneas extrusoras.**

Se hace énfasis en los paros de las líneas extrusoras pues son las que presentan mayor incidencia de paros y son las utilizadas para el plan piloto de control de sus indicadores de desempeño y que se buscan mejorar.

### **Paro # 1. Paro por limpieza rápida del molde. (3 horas por día por cada línea de producción).**

#### **Causas probables:**

- Inadecuada estandarización del proceso de limpieza de moldes en líneas de producción.
- Uso de materias primas recicladas que aumentan la frecuencia de limpiezas.

### **Paro # 2. Paros para limpieza profunda y ajuste adecuado el molde.**

#### **Causas probables:**

- Proceso estandarizado para ajuste de moldes inexistente.
- Inexistente programación para limpieza profunda y ajuste del molde en el tiempo.
- Uso de moldes desgastados.

### **Paro #3. Paros por averías en líneas de producción.**

#### **Causas probables:**

- Inexistente análisis de las causas raíz de las fallas presentadas en los equipos.
- No existen labores de prevención de fallas.
- Ajuste de parámetros de los equipos.
- Falta de stock en bodegas para corregir los elementos que fallan.
- Reparaciones provisionales que no se corrigen posteriormente hasta que vuelve a fallar (inadecuado control de las labores realizadas en los equipos).
- Uso de equipos con presencia de desgastes importantes.

**Paro #4. Paros por averías en Sistemas Auxiliares. (Fallos más importantes pues hacen fallar la totalidad del proceso productivo)**

**Causas probables:**

- Inexistente análisis de las causas raíz de las fallas presentadas en los equipos.
- No existen labores de prevención de fallas o análisis de éstas.
- Falta de stock en bodegas para corregir los elementos que fallan.
- Inexistencia de labores de limpieza y lubricación de equipos.
- No existe un seguimiento de los parámetros de los equipos.

**6.1.3 Documento propuesto para llevar registro de fallas inicialmente.**

Con el fin de registrar las fallas o motivos de paros de las líneas de producción y/o equipos se elaboró un documento que se empezó a usar en la parte inicial de la investigación o análisis de la propuesta, este permite registrar los paros o salidas de servicio de los equipos y con esto tener una base para el control de los paros y los motivos de estos, cuando el motivo de la salida de servicio es una falla se debe especificar en observaciones, este registro es llevado por los operarios de producción y técnicos de mantenimiento.

				CONTROL SALIDAS DE SERVICIO				Período del 30/07/2018 - 30/08/2018		
#	Fecha	Equipo	Registro Horas		Motivo Salida (x)				Observaciones	Firma
			Sale de Servicio	Retoma Servicio	Limp	Falla	Otro	Fin		
1										
2										
3										

Figura 8. Documento temporal para el control de salidas de servicio.

Elaboración propia MS Excel.

## 6.2 Impacto monetario a Productividad.

Las tablillas tienen un peso promedio de 2,3 kg mientras que los accesorios pesan en promedio 0,9 kg, la empresa cuenta con un precio estimado promedio por kilogramo producido en líneas de extrusión el cual es de ₡1332 (mil trescientos treinta y dos colones) el dato es brindado por la empresa y por política de privacidad no se explica la obtención de éste.

A continuación, se presenta una tabla resumen de costos de oportunidad perdidos o que deja de percibir la empresa producto de los paros no planificados en el proceso productivo.

Tabla 10. Cálculo de pérdidas debido a paros en proceso por unidad de tiempo para cada tipo de extrusora.

Pérdidas debido a paros en una línea extrusora unidad de tiempo			
Ítem	Tablilla	Moldura	Unidades
Costo promedio de kg producido	₡1.332,0	₡1.332,00	Colones
Peso Promedio	2,3	0,9	Kg
Unidades estimadas por turno	150	200	Unidad
Horas por turno	8	8	Horas
Promedio de unidades por hora	18,75	25	Unidad/Hora
kilogramos producidos por hora	43,125	22,5	kg/hora
Costo de oportunidad (1 hora)	₡57.443	₡29.970	Colones
Costo de oportunidad (2 hora)	₡114.885	₡59.940	Colones
Costo de oportunidad (3 hora)	₡172.328	₡89.910	Colones
Costo de oportunidad (4 hora)	₡229.770	₡119.880	Colones
Costo de oportunidad (5 hora)	₡287.213	₡149.850	Colones
Costo de oportunidad (6 hora)	₡344.655	₡179.820	Colones
Costo de oportunidad (7 hora)	₡402.098	₡209.790	Colones
Costo de oportunidad (8 hora)	₡459.540	₡239.760	Colones

Fuente: Elaboración propia MS Excel.

En la tabla anterior sólo se muestra el costo del paro en el proceso únicamente para 1 extrusora de tablillas y 1 extrusora de molduras sin considerar el tiempo de inactividad de los operadores que también representa repercusiones monetarias, además estos costos se deben de multiplicar por 6 y 4 respectivamente para tener el valor real del costo de un paro que comprometa el funcionamiento de todas las líneas de extrusión como por ejemplo por un fallo en alguno de los equipos auxiliares, equipos requeridos para el funcionamiento de la totalidad de las líneas de producción.

Tabla 11. Calculo de pérdidas debido a paros en proceso para la totalidad de extrusoras.

PÉRDIDAS DEBIDO A PAROS TOTALES DEL PROCESO POR UNIDAD DE TIEMPO			
Ítem	Tablilla	Moldura	Unidades
Costo de oportunidad (1 hora)	¢344.655,0	¢119.880,0	Colones
Costo de oportunidad (2 hora)	¢689.310,0	¢239.760,0	Colones
Costo de oportunidad (3 hora)	¢1.033.965,0	¢359.640,0	Colones
Costo de oportunidad (4 hora)	¢1.378.620,0	¢479.520,0	Colones
Costo de oportunidad (5 hora)	¢1.723.275,0	¢599.400,0	Colones
Costo de oportunidad (6 hora)	¢2.067.930,0	¢719.280,0	Colones
Costo de oportunidad (7 hora)	¢2.412.585,0	¢839.160,0	Colones
Costo de oportunidad (8 hora)	¢2.757.240,0	¢959.040,0	Colones

Fuente: Elaboración propia MS Excel.

Como se observa en las tablas anteriores, conforme mayor es el tiempo de respuesta en corregir una falla en el sistema en alguna línea de producción o sistema auxiliar respectivamente, mayor es la pérdida por oportunidad de venta con un comportamiento exponencial pues la empresa labora las 24 horas al día, al no existir un modelo de gestión adecuado estas fallas no se previenen y representan un alto costo a la planta pues muchas veces los trabajos tardan varias horas e inclusive días, evidenciando la necesidad de un adecuado control y gestión del mantenimiento enfocado en la prevención de fallas y un stock adecuado de repuestos en la planta que disminuyan los tiempos de respuesta y el evitar de forma asertiva los paros no planificados.

### **6.2.1 Cantidad de kilogramos de desperdicios producidos al mes.**

Tomando como base el registro de producción de los meses de abril, mayo, junio y julio del año 2018, se tiene la siguiente diferencia promedio entre los kilogramos de materia prima utilizados y los kilogramos en producto final (sea en tablilla o moldura) como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 12. Costo de las mermas en el proceso de líneas productivas de extrusión.

<b>Diferencia promedio mensual (kg)</b>	<b>Valor promedio de venta (¢/kg)</b>	<b>Cantidad de colones perdidos promedios al mes</b>
5776	1332	¢7.693.632,00

Fuente: Datos tomados del registro de producción. Elaboración propia MS Word.

### **6.2.2 Indicadores actuales de las líneas de extrusión.**

Como se ha mencionado existen 10 líneas productivas de extrusión para las cuales se determinan los indicadores actuales promedio de los cuatro meses mencionados en el apartado anterior y se muestran a continuación.

Tabla 13. Indicadores Actuales de la eficiencia global OEE

<b>Indicador</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Disponibilidad</b>	65 %
<b>Rendimiento</b>	62,5 %
<b>Índice de calidad</b>	85 %
<b>OEE</b>	34,5%

Elaboración propia MS Word. Fuente: Hojas de registro de producción de 4 meses.

Lo que resulta en un indicador OEE o índice de efectividad global de los equipos del área de extrusión de 34,5%.

Según autores del libro “Mantenimiento centrado en el negocio” el patrón de clase mundial para el indicador de OEE o eficiencia global de los equipos es el siguiente:

Tabla 14. Patrón de clase mundial para la eficiencia global (OEE)

Factores OEE	Clase Mundial
<b>Disponibilidad</b>	90,0%
<b>Rendimiento</b>	95,0%
<b>Índice de calidad</b>	99,9%
<b>OEE</b>	85,4%

Fuente: (Lourival Augusto Tavares). Elaboración propia MS Word

Aunque se evidencia una elevada desviación entre los factores de clase mundial y los actuales, se propone inicialmente aumentar en al menos un 5% el índice de efectividad global ya que es un valor alcanzable y realizable que aumente la motivación del personal involucrado y no lo contrario al estipularse metas inalcanzables para una primera etapa de mejoras.

## **6.3 Análisis y diagnóstico del área de mantenimiento (Auditoría de los servicios de Mantenimiento).**

### **6.3.1 Expectativa de la empresa.**

La empresa Arkiplast Internacional S.A. al comenzar recientemente con el control de las operaciones por parte de una nueva gerencia es consciente de las necesidades que se tienen respecto del modelo de gestión de las estrategias de mantenimiento y labores en los equipos productivos, pues es un enfoque completamente correctivo y se desea la prevención de fallas antes de su ocurrencia durante el proceso de producción.

### **6.3.2 Situación actual del mantenimiento en el negocio.**

En la empresa no se cuenta con un departamento de mantenimiento establecido, por lo tanto, no se cuenta con objetivos claros de la labor de mantenimiento y sus procesos, además las tareas correctivas realizadas en los equipos al fallar no son registradas ni utilizadas para la toma de decisiones futuras.

A nivel general en una empresa se tiene como objetivo el garantizar la competitividad de ésta, por lo que se busca el garantizar la excelencia y las buenas prácticas en todos los niveles, incluido el de procesos de mantenimiento de los activos y gestión del personal.

El mantenimiento preventivo actualmente no se realiza, esto por la inexistencia de un plan que fomente coordinar las tareas y los períodos en los que estos se deben de realizar, además por la falta de labores preventivas se dan gran cantidad de paros de emergencia para corregir los problemas que se presentan en los equipos.

Se realizan labores de mantenimiento correctivo, mas no se lleva control sobre estas ni existe una retroalimentación respecto de las observaciones encontradas en estas, o un adecuado control de si realmente son realizadas de forma adecuada y permanente.

No se tiene un conocimiento real de los costos relacionados a los mantenimientos correctivos que se realizan en los activos, pues no son registrados ni se tiene control de los equipos en los que se utilizan los repuestos.

### **6.3.3 Análisis diagnóstico en el área de mantenimiento.**

Para una correcta propuesta de un modelo de gestión a nivel general es de vital importancia el conocer el contexto operacional de la empresa por lo que se debe investigar e identificar las necesidades de los usuarios.

Dentro de los principios básicos para la definición de una estrategia de mantenimiento según los autores Carlos Parra y Adolfo Crespo, se debe iniciar con la obtención, partiendo de los objetivos corporativos del negocio, los objetivos y políticas de mantenimiento, es decir, se busca transformar los objetivos corporativos en esfuerzos departamentales, así como la obtención de indicadores que permitan evaluar el desempeño de las labores realizadas, además de la evaluación de criterios para la recolección de datos, según la información relevante que se desea obtener de los procesos.

Las técnicas de análisis de gestión de mantenimiento están diseñadas para hacer a las compañías cada vez más rentables bajo el escenario de alta competitividad existente debido a la globalización, de esta forma, las diferentes técnicas de auditoría y diagnóstico identifican de manera detallada y objetiva el estado de madurez y la capacidad de las compañías en el manejo de sus activos físicos sin importar su tamaño o su actividad económica, por lo tanto éstas son herramientas estratégicas que ayudan a definir el éxito de una empresa.

Las técnicas de auditorías de mantenimiento deben enfocarse en la evaluación de los procesos más importantes de la gestión de mantenimiento, con el fin de ayudar con la definición de los objetivos claves para el negocio una vez identificados los puntos débiles en los procesos de la gestión evaluados.

### 6.3.4 Resultados obtenidos de la auditoría “MES” a la planta.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos luego de la aplicación de la auditoría “MES” al personal relacionado con producción y mantenimiento de la planta Arkiplast Internacional S.A.

Tabla 15. Resultados Auditoria MES/ Arkiplast Internacional S.A.

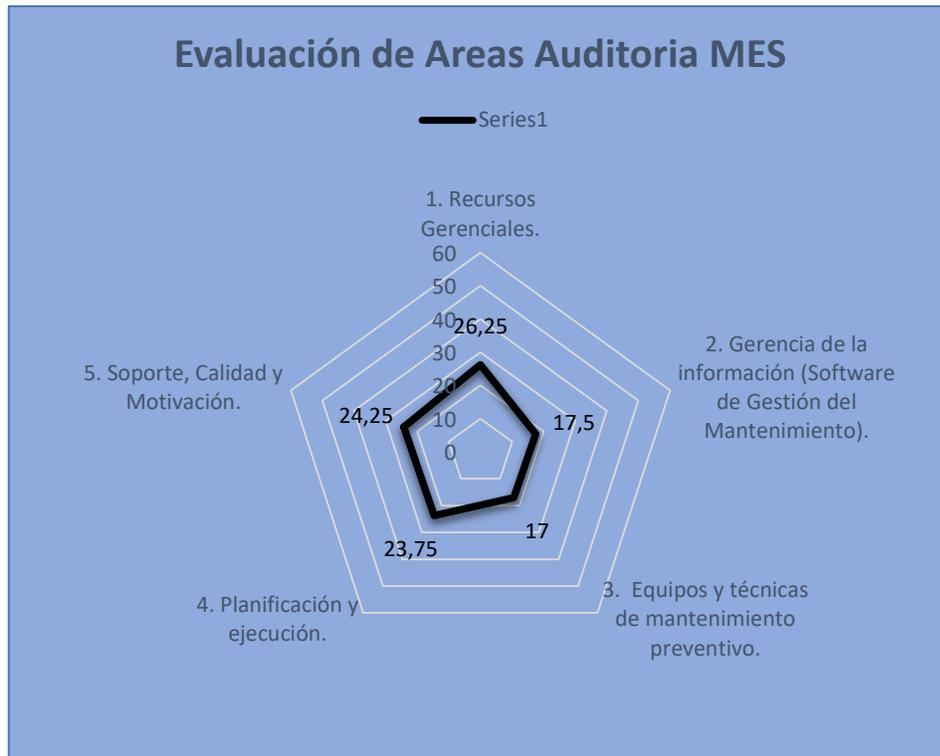
Resultados por Áreas Evaluadas	Promedio	Desviación
1. Recursos Gerenciales.	26,25	4,1
2. Gerencia de la información (Software de Gestión del Mantenimiento).	17,5	7,2
3. Equipos y técnicas de mantenimiento preventivo.	17	4,1
4. Planificación y ejecución.	23,75	6,0
5. Soporte, Calidad y Motivación.	24,25	9,4
<b>TOTAL</b>	<b>108,75</b>	

Fuente: Elaboración propia Excel.

Como se observa en la tabla anterior la puntuación obtenida de la auditoría es de 108.75 puntos, según el nivel de jerarquización propuesto por esta auditoría, el mantenimiento se encuentra en la categoría “Por debajo del promedio” / Nivel no muy bueno de mantenimiento con muchas oportunidades para mejorar.

A continuación, se muestra una manera alternativa para visualizar la puntuación obtenida:

Gráfico 2. Evaluación de áreas Auditoría MES



Fuente: Elaboración propia Excel.

### **6.3.5 Análisis de resultados de la auditoría.**

Como se puede observar en el análisis del mantenimiento en la planta, se identifican mayor debilidad en 3 de las 5 áreas evaluadas, las cuales corresponden a las siguientes áreas.

- Equipos y Técnicas de Mantenimiento preventivo.
- Gerencia de la información.
- Planificación y Ejecución.

## 6.4 Gestión de los procesos actuales.

Para esta sección fue necesario la realización de entrevistas con los jefes de mantenimiento y de producción para tener una visión clara de la forma en que se gestionan los trabajos tanto rutinarios como aquellos no rutinarios dentro de la planta. A continuación, se modelan mediante flujo gramas la gestión con la que se cuenta para cada uno de los procesos y los diferentes responsables.

Para la descripción grafica de los procesos se utiliza la siguiente simbología.

Símbolos	Encabezado
	Inicio y final del proceso.
	Operación: Realización de una labor relativa a un procedimiento.
	Decisión: Proceso de tomar una decisión en el proceso.
	Creación de un documento (físico o digital).
	Unión del diagrama en la misma página.
	Conectores de flujo del proceso

Figura 9. Simbología utilizada y su significado.

Fuente: Elaboración propia MS Visio.

## 6.5 Proceso de Mantenimientos Correctivos no rutinarios actualmente.

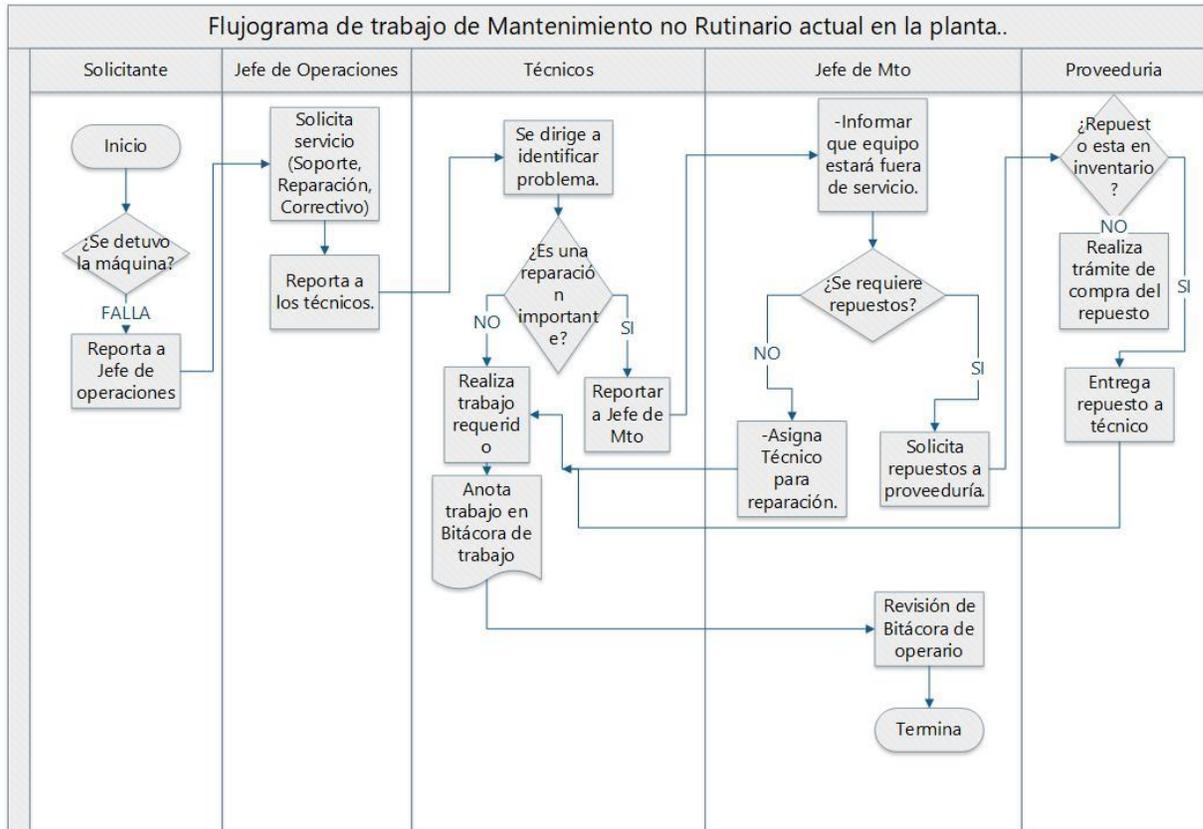


Figura 10. Flujograma de actividades de Mantenimiento No Rutinarias actuales en Arkiplast Internacional S.A.

Fuente: Elaboración propia MS Visio.

Se evidencia que la bitácora es la única documentación de las labores realizadas, ésta es revisada por el Jefe de Mantenimiento pero únicamente controla la operación del técnico, algunas labores incluso no son registradas en la bitácora y no hay control sobre esto, por otra parte no se hace uso de Ordenes de Trabajo por lo que no se tiene conocimiento de que repuestos o consumibles fueron utilizados en la labor, ni existe registro de las labores realizadas para un mismo equipo para determinar de forma objetiva el costo (durante cierto período) que representa el mantener funcionando dicho equipo o el tiempo de realización de las diversas labores en los activos.

Los trabajos de los técnicos algunas veces no son reportados con el jefe de mantenimiento, dificultando el registro de los imprevistos presentados en los equipos.

## 6.6 Proceso de Mantenimientos Preventivos actualmente.

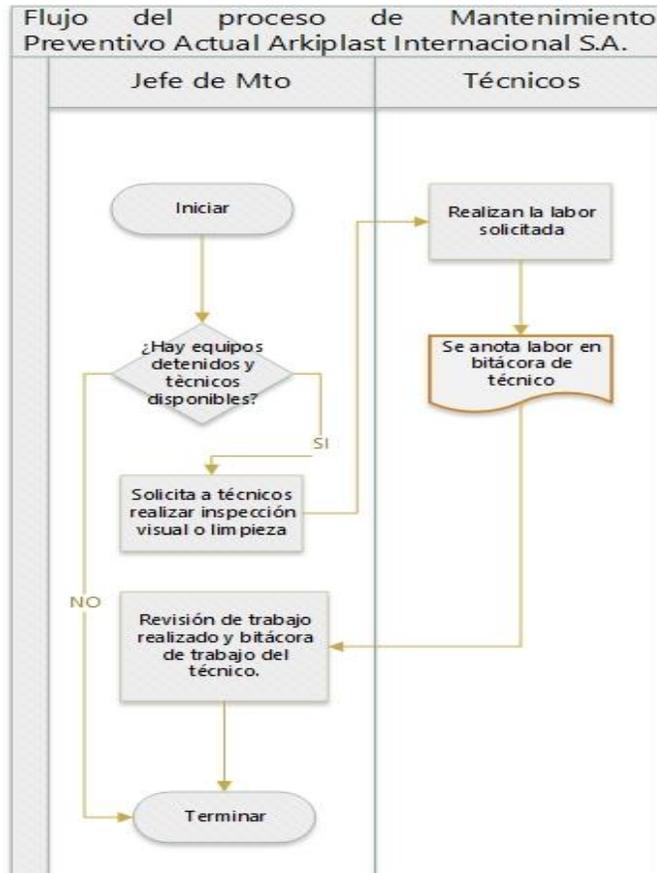


Figura 11. Flujograma de labores de mantenimientos preventivos actuales en la planta Arkiplast Internacional S.A.

Fuente: Elaboración propia MS Visio.

Se evidencia en la figura anterior que las labores preventivas están limitadas a la observación de cuando un equipo está detenido y a la opinión del jefe de mantenimiento, por otra parte, éstas se caracterizan por ser inspecciones visuales o limpiezas, sin embargo, no existe una documentación para estandarizar dichas inspecciones o limpiezas por lo que queda al criterio del técnico la forma en que se realizan estas.

Adicionalmente, no se controla ni se registra a que equipos se les realiza estas labores en un documento distinto a la bitácora de control de tareas de los técnicos.

## **7. Medidas correctivas para el fortalecimiento de las debilidades identificadas en la auditoría “MES”.**

### **7.1 Introducción de las estrategias propuestas.**

A partir del análisis de la situación actual del área de mantenimiento en la empresa Arkiplast Internacional S.A. se evidencian los puntos estratégicos en los que se deben orientar los esfuerzos para un mejoramiento de las distintas actividades y controles que deben tenerse en la planta para evaluar el desempeño de las funciones actuales y evidenciar las rutas para el alcance de los objetivos que se propongan.

### **7.2 Acciones de mejoras propuestas a partir del análisis de resultados del diagnóstico del área de mantenimiento.**

A partir de la tendencia identificada en el análisis y diagnóstico del área de mantenimiento del capítulo anterior, se posibilita identificar las deficiencias de cada una de las áreas evaluadas, para con esto proponer las acciones de mejora que fomenten el aumento de las capacidades en los puntos débiles identificados.

Basado en las consideraciones de cada una de las áreas identificadas con mayor debilidad se proponen las medidas correctivas que permitan aumentar la capacidad y el fortalecimiento de estos puntos débiles.

## **7.2.1 Acciones de Mejora en el área 1 (Equipos y Técnicas de Mantenimiento preventivo):**

Tabla 16. Debilidades encontradas y medidas correctivas para el área de equipos y técnicas de mantenimiento preventivo

<b>AREA 1 (Equipos y Técnicas de Mantenimiento preventivo)</b>		
<b>#</b>	<b>DEBILIDADES IDENTIFICADAS.</b>	<b>MEDIDAS CORRECTIVAS.</b>
1	Se identifica la no existencia de órdenes de trabajo para las actividades de mantenimiento preventivo.	Establecimiento de una metodología que refleje la utilización de éstas y el seguimiento de las mismas mediante una herramienta informática (MP9) e indicadores para su control (BSC)
2	No existen planes de Mantenimiento preventivo para ninguno de los equipos.	Se propone la realización de planes de mantenimientos preventivos para todos aquellos equipos críticos de la planta y análisis de modos de falla, para posteriormente extenderlo a la totalidad de equipos presentes en la planta.
3	La planta tiene personal exclusivo para las labores de mantenimiento sin embargo se utiliza tiempo de estos para otras labores en proyectos.	Se propone la utilización de solicitudes de trabajo para el personal de mantenimiento y de esta forma controlar las labores propias del área de mantenimiento o las realizadas para proyectos adicionales.
4	No se tiene ayuda de los operadores en algunas de las labores de mantenimiento menor como lo es lubricación, ajustes e inspecciones visuales.	Se establece o define mantenimiento autónomo llevado a cabo por los operadores de los equipos. Realizar talleres de trabajo con los operadores de equipos de producción que permitan evaluar el grado de formación que reciben los colaboradores para el aumento de sus capacidades, el personal de operaciones podría encargarse de labores de lubricación de las máquinas si cuentan con la formación adecuada. (BSC)
5	La organización no planea las labores de mantenimiento.	Suministrar el recurso humano idóneo para la realización de esta labor. Se proponen indicadores en el BSC para medir y aumentar las labores planificadas respecto de las no planificadas.
6	No existe una cultura de analizar y evitar las fallas repetitivas que se presentan.	Se propone el establecimiento de un grupo de trabajo (mantenimiento, producción y Gerencia) para el análisis de las fallas que se van dando en el proceso productivo y el adecuado registro de estas para identificar la forma adecuada de prevenir su incidencia.
7	No se da un adiestramiento formal a las personas que van a operar y mantener los equipos.	Definir a nivel empresarial un proceso de inducción operativa para todo el recurso humano que inicie labores. Se propone el contar con un indicador que cuantifique la cantidad de horas de adiestramiento de los operadores y personal de mantenimiento en relación con la operación y mantenimiento de los equipos. (BSC)
8	No hay seguimiento de los costos de operación y mantenimiento de los activos.	Proponer un procedimiento de llenado de las Órdenes de trabajo Mayor y su respaldo administrativo para obtener toda la información asociada para cada documento. Se proponen indicadores en el BSC que permiten controlar los gastos que se presentan en el proceso productivo y la operación de los equipos, así como registros que permitan esclarecer las labores (MP9), repuestos y consumibles utilizados en los diferentes activos (requisiciones de bodega y Ordenes de trabajo).

Fuente: Elaboración propia MS Excel.

## 7.2.2 Acciones de mejora en el área 2 (Gerencia de la información).

Tabla 17. Debilidades encontradas y medidas correctivas para el área de Gerencia de la información.

<b>Área 2 (Gerencia de la información).</b>		
<b>#</b>	<b>DEBILIDADES IDENTIFICADAS.</b>	<b>MEDIDAS CORRECTIVAS.</b>
1	No se tienen identificados ni codificados los equipos de la planta.	Se debe aplicar un árbol lógico de equipos para la identificación y ubicación física de los mismos mediante un código de valor para cada uno de ellos.
2	La organización no hace uso de sistemas computarizados actualmente para la gestión de mantenimiento.	Se propone el hacer uso de la herramienta informática con la que se cuenta en la empresa denominada MP versión 9 y los pasos para su implementación.
3	La organización no cuenta con registros precisos de las fallas de sus sistemas.	El programa propuesto permite registrar las labores realizadas en los equipos identificando las fallas que se presentan en los mismos a lo largo del tiempo.
4	No hay medidas de comparación ni estimaciones de los costos de mantenimiento.	Se pretende el establecimiento de metas y objetivos, así como el establecimiento de los costos de mantenimiento que se deben registrar y evaluar, esto mediante indicadores y los responsables de su seguimiento. (BSC)
5	La organización no registra ni evalúa los tiempos relacionados con reparaciones o tiempos fuera de servicio o funcionales de los activos.	Se establecen indicadores para cuantificar los tiempos relacionados con reparaciones y tiempos fuera de servicio de los activos mediante indicadores (BSC), además el programa MP9 permite controlar los tiempos fuera de servicio a partir de los tiempos de duración de las labores de reparación.

Fuente: Elaboración propia MS Excel.

### 7.3 Acciones de mejora en el área 3 (Área de planificación y ejecución).

Tabla 18. Debilidades encontradas y medidas correctivas para el área de planificación y ejecución.

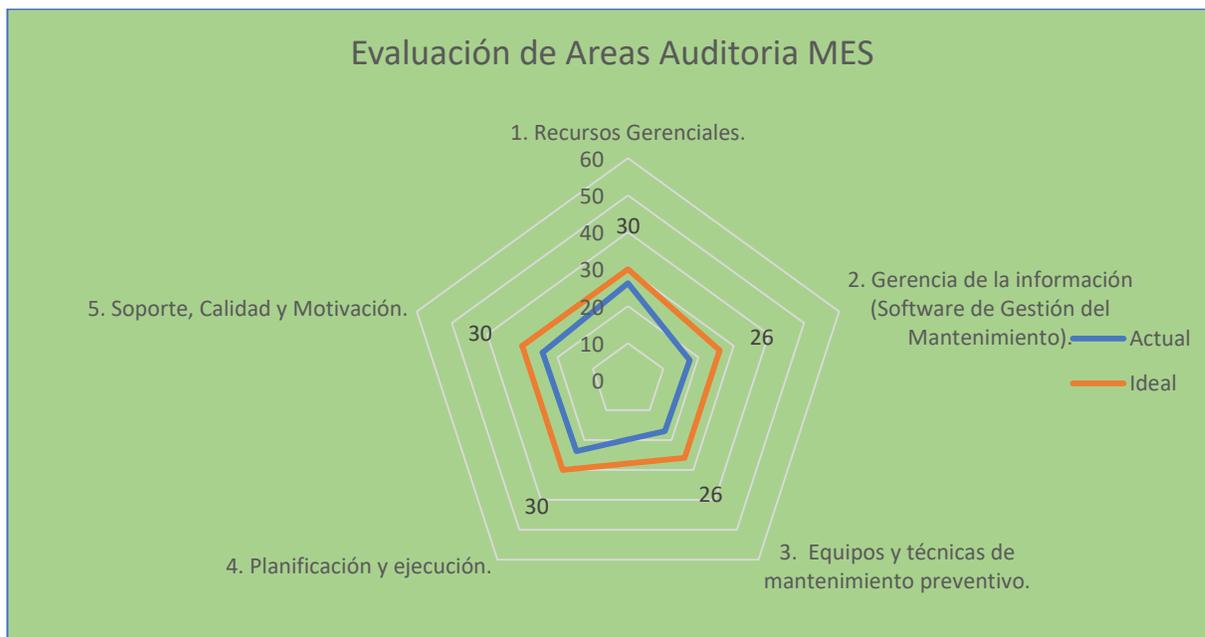
<b>Área 3 (Área de planificación y ejecución).</b>		
<b>#</b>	<b>DEBILIDADES IDENTIFICADAS.</b>	<b>MEDIDAS CORRECTIVAS.</b>
1	La organización no prioriza las actividades de mantenimiento correctivos.	Con el análisis de criticidad de los equipos se tendrá una base para la toma de decisiones para la priorización de los mantenimientos correctivos según el grado de importancia del equipo.
2	No se utilizan órdenes de trabajo para los trabajos correctivos.	A partir de la propuesta del programa MP9 es posible el hacer uso de órdenes de trabajo para trabajos de cualquier tipo de mantenimientos, incluyendo correctivos, realizados o por realizar.
3	No se registra ni se le da seguimiento a la información obtenida por la ejecución de actividades de mantenimiento actual en los activos.	Con el uso de la propuesta informática, el ingeniero coordinador del programa de la empresa, podría darles seguimiento a información recolectada de las actividades de mantenimiento actual en los activos y proponer acciones para su prevención.
4	No hay participación de la organización para la definición de las actividades de trabajo y en la estimación de tiempos de ejecución de estas.	Al manejar la información recolectada por los servicios de mantenimiento en forma digital, se podrán implementar técnicas de análisis en conjunto con el personal técnico y de operación para llegar a una correcta estimación de los tiempos de ejecución para las diversas actividades.
5	No se tienen identificados los repuestos críticos requeridos para los mantenimientos que se deben realizar.	Se debe identificar la lista y cantidad de repuestos para la realización de las labores preventivas en los equipos críticos.

Fuente: Elaboración propia MS Excel.

En trabajo conjunto con la gerencia de Arkiplast Internacional S.A. se establece que el nivel ideal del estado de mantenimiento que se requiere para esta planta debe estar al menos en la Categoría denominada “Por arriba del nivel promedio” / nivel aceptable en mantenimiento es decir con una puntuación de la auditoría dentro del rango (141-200) puntos.

A continuación, se evidencia el estado actual respecto del requerido.

Gráfico 3. Desviación del estado actual respecto del requerido para las áreas evaluadas por la auditoría MES.



Fuente: Elaboración propia Excel.

## **8. Definición de objetivos, estrategias y responsabilidades de mantenimiento mediante el Cuadro de Mando Integral.**

Se propone el uso de la metodología del Cuadro de Mando Integral (CMI) o (BSC), por sus iniciales en inglés, "Balanced Score Card" para evaluar los beneficios de un nuevo modelo de gestión del mantenimiento en la planta y mejorar los controles y estrategias actuales en el proceso productivo.

El insumo inicial para la escogencia de los objetivos dentro del cuadro de mando integral es establecido en conjunta coordinación con la gerencia y haciendo uso de los resultados obtenidos en el análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) y la auditoría de las labores de mantenimiento realizado previamente en la empresa.

Para la escogencia de los indicadores clave de rendimiento se sigue el formato de la metodología definida en la norma internacional UNE-15341, según esta norma el primer paso es la definición de los objetivos que caracterizan el proceso de gestión de mantenimiento en cada nivel de la empresa.

Posteriormente, se hace una selección de los indicadores pertinentes, un indicador pertinente según esta norma debe ser un elemento para la toma de decisiones, es decir la escogencia de cada uno de los indicadores seleccionados debe tener una relación con el objetivo definido previamente, una vez seleccionados los indicadores es preciso definir y caracterizar la forma de recopilación de los datos básicos necesarios para cada uno de estos.

El próximo paso utilizado es el establecer la forma de calcular cada uno de los indicadores, así como la frecuencia de evaluación de estos basado en la disponibilidad y el tiempo de demora de los datos pertinentes, las variaciones en el tiempo del rendimiento a medir y en cómo reacciona el sistema a las acciones tomadas, para finalmente seleccionar el tipo de representación que tendrá cada uno de ellos.

Según esta norma antes de utilizar los cálculos de una manera rutinaria, cada uno de los indicadores se calculará utilizando una muestra que sea representativa durante un tiempo prudente que permita la validación de:

- Los métodos de recopilación y proceso de los datos.
- Los métodos de cálculo y de la forma de realizar la presentación gráfica.
- Los análisis y de la utilización de estos indicadores.

Finalmente, se haría uso del cuadro de mando integral, el cuadro de mando facilita la realización de los análisis para la posterior toma de acciones requeridas, en este cuadro de mando se establece la fuente de información para la recolección de datos para el cálculo de los indicadores y el personal encargado de llevar el control de ellos, para la validación de los indicadores se sigue el formato propuesto en la norma UNE-66175.

Además, se finaliza el cuadro de mando integral estableciendo los niveles de cada indicador para cada una de las categorías (excelente, aceptable y malo) en conjunta colaboración con la gerencia.

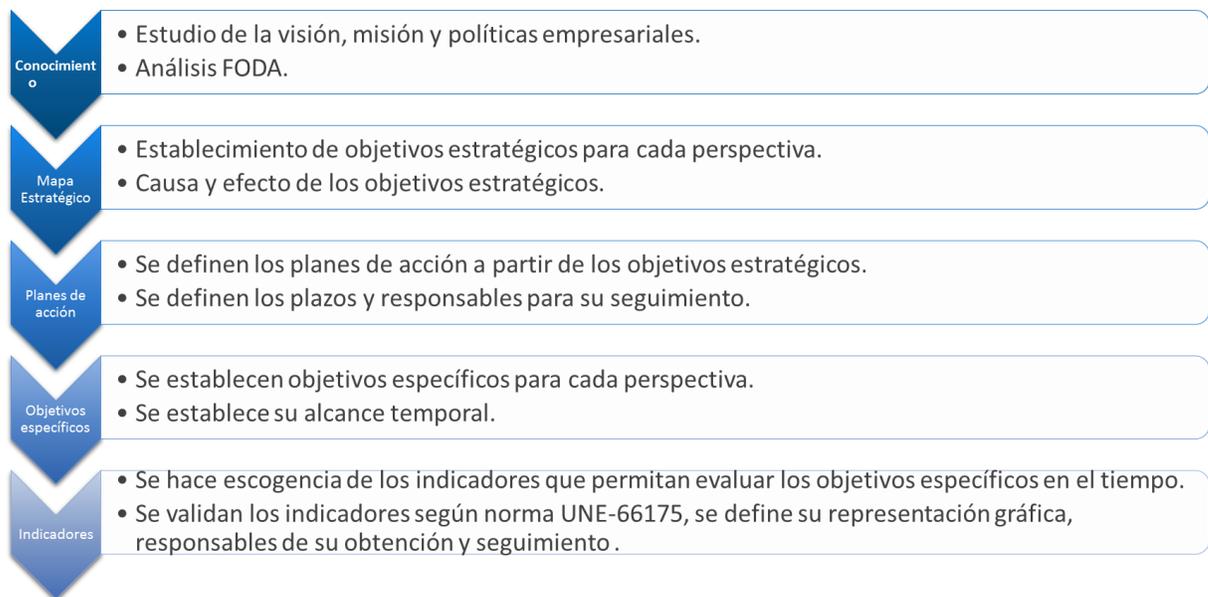


Figura 12 Metodología usada para la definición del cuadro de mando integral

### 8.1 Resultados del análisis de FODA

Este análisis servirá como base para la escogencia de los objetivos del cuadro de mando a proponer.

A continuación, se detalla el diagrama del análisis FODA realizado, este se recomienda revisar y evaluar continuamente al menos una vez al año para identificar las mejoras presentadas, así como posibles modificaciones del contexto presentado a continuación de la empresa.

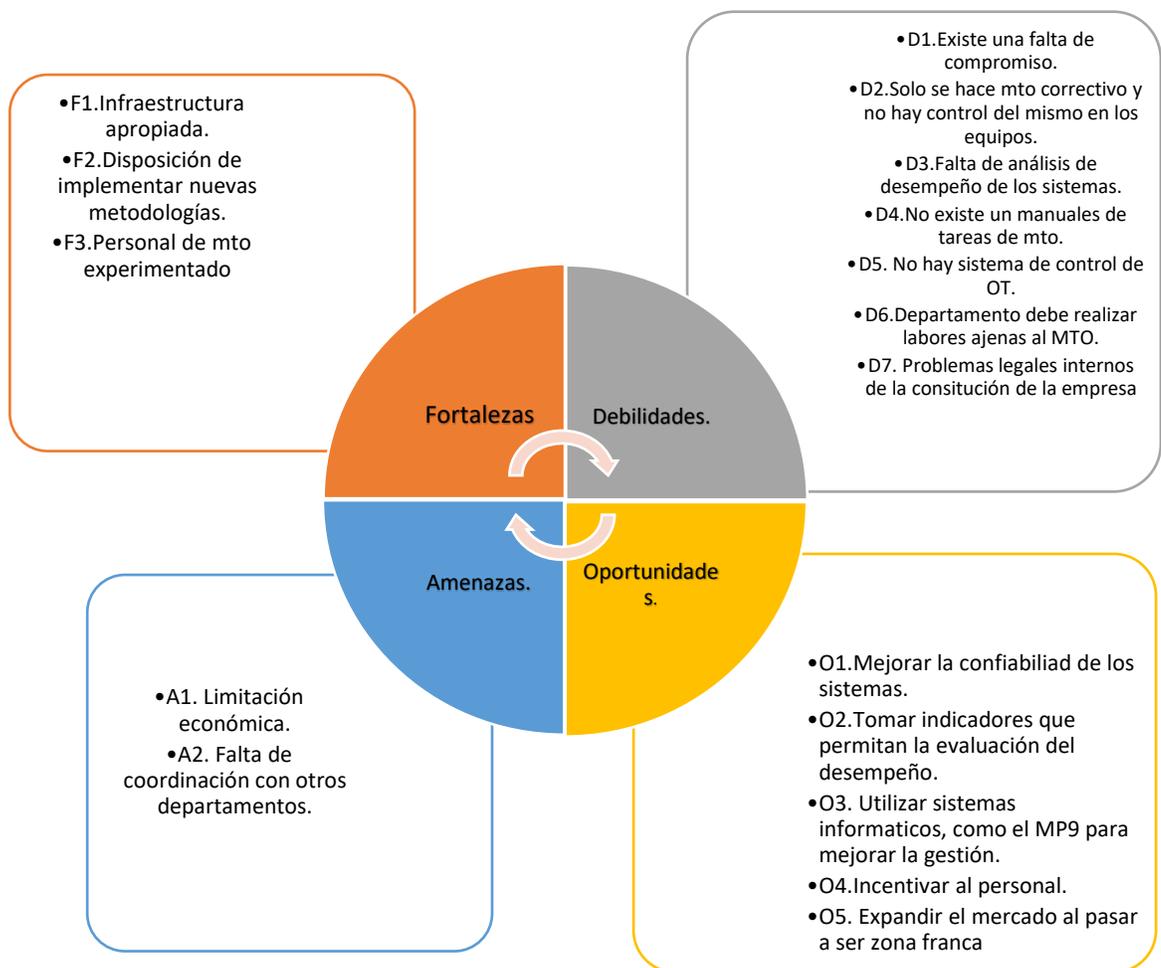


Figura 13. Análisis FODA al área de Mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia MS Excel.

Esta técnica fue realizada en conjunto con los encargados de producción y de mantenimiento de la planta de Arkiplast Internacional S.A. para complementar la evaluación y el conocimiento del área, la idea es que las fortalezas en conjunto con las oportunidades enfrenten a las amenazas y debilidades identificadas, por lo que este análisis ayuda a clarificar las metas que se desean tener en un departamento de mantenimiento.

De forma cualitativa con la ayuda de este análisis es posible el reconocer las mayores debilidades con las que se cuenta en el área de mantenimiento de la empresa y de esta forma trazar una ruta para la mejora de los procesos que finalmente fomenten la disminución de estas debilidades, para lo cual también se enlistan oportunidades que sirven como una base fundamental de apoyo en la búsqueda de objetivos específicos de mejora en el proceso que permitan evaluar y controlar la disminución de las debilidades y fortalecimiento de las oportunidades.

## **8.2 Mapa Estratégico.**

Un mapa estratégico proporciona el marco visual para integrar los objetivos de la empresa en las cuatro perspectivas del cuadro de mando integral, este mapa ilustra las relaciones causa-efecto que vinculan los resultados deseados en las perspectivas (Robert S Kaplan, Mapas Estratégicos Cómo convertir los activos intangibles en resultados tangibles., 2004).

La estrategia en una organización describe de qué forma intenta crear valor para sus accionistas y clientes.

Es decir, se crea un mapa estratégico para describir de qué forma se alinean los objetivos propuestos para cada una de las perspectivas de forma que permiten la generación de valor.

A continuación, se evidencia el mapa estratégico del Cuadro de mando integral y los objetivos estratégicos, se evidencia la manera en que los objetivos específicos en el cuadro de mando integral se relacionan en cada nivel de perspectiva para el alcance de una mejora en la rentabilidad de la empresa, además que la base fundamental se encuentra en las capacidades de crecimiento y aprendizaje de las personas.

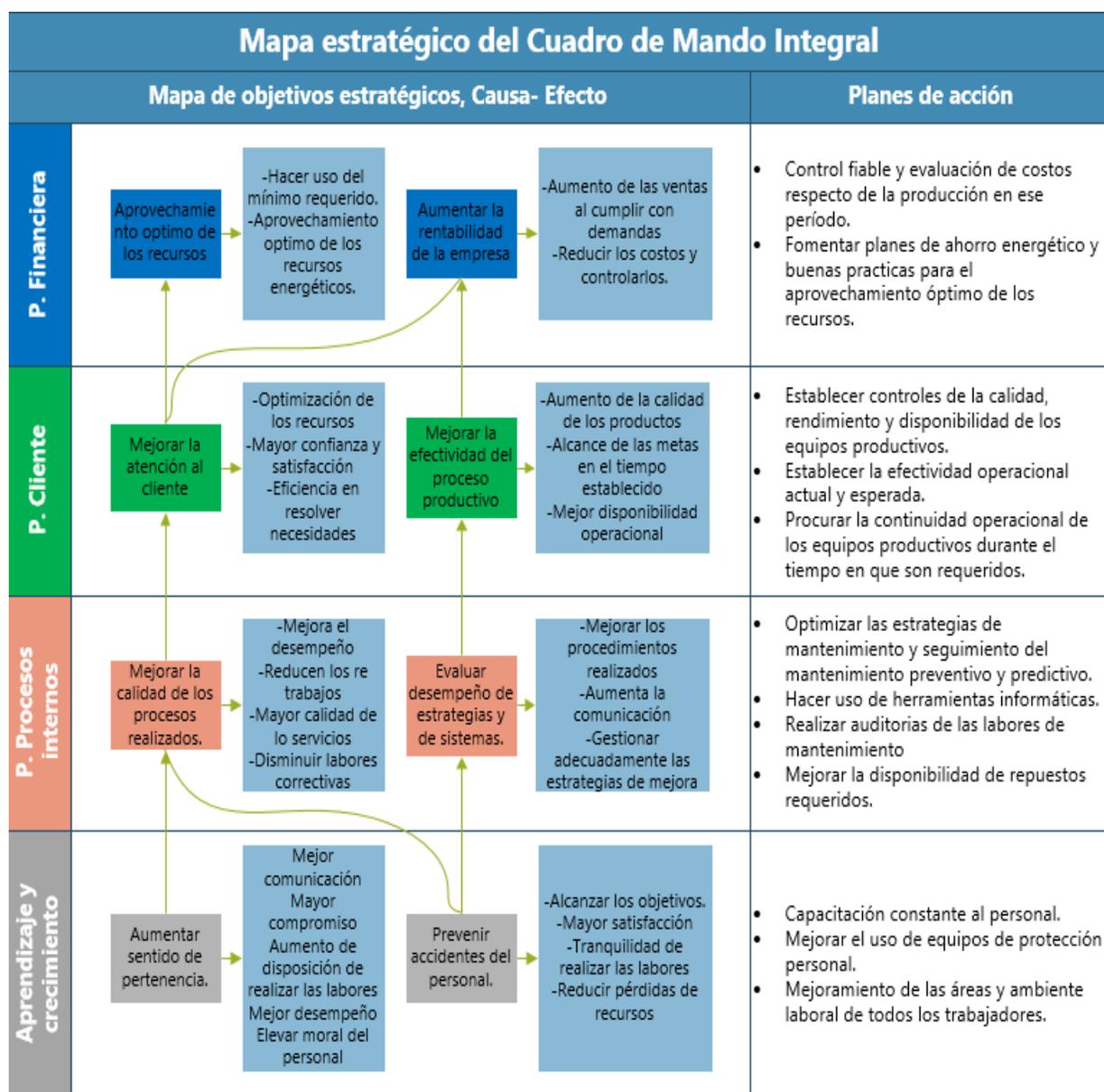


Figura 14 Mapa estratégico del Cuadro de Mando Integral

Fuente: Elaboración propia MS Visio.

### 8.3 Planes de acción para el alcance de la sostenibilidad del modelo y objetivos estratégicos del cuadro de mando integral.

En esta sección se establecen los planes de acción específicos, responsables, tareas y tiempos estimados de duración para la implementación y sostenibilidad del modelo en el tiempo a partir de cada uno de los objetivos estratégicos, algunos ya fueron realizados o están implícitos en los siguientes planes de acción propuestos.

Tabla 19. Plan de acción para ahorro energético

<b>Plan de acción</b>	<b>Fomentar planes de ahorro energético y buenas prácticas para el aprovechamiento óptimo de los recursos.</b>
<b>Responsables</b>	Coordinador de programación, Jefe de mantenimiento.
<b>Tareas requeridas</b>	<p>-Evaluar la totalidad de la planta para determinar calidad y cantidad de equipos o accesorios dependientes de energía eléctrica, estandarizar tipos de insumos eléctricos.</p> <p>Establecer las posibles formas de disminuir el consumo eléctrico de la planta.</p> <p>-Establecimiento e incentivar al personal en la implementación de buenas prácticas de uso de equipos productivos.</p> <p>-Establecer 1 proyecto de ahorro energético anual o semestral.</p> <p>-Realizar reuniones con el personal de la planta para implementar las mejoras identificadas para ahorro de la energía.</p> <p>-Llevar registro del consumo energético y tomar la información del registro de kilogramos producidos del control de producción de cada mes.</p> <p>-Registrar y controlar el consumo energético individual de los equipos productivos.</p> <p>-Negociar con la empresa suministradora de energía eléctrica las tarifas eléctricas para obtener tarifas preferenciales que disminuyan el importe pagado.</p>
<b>Objetivos estratégicos implicados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprovechamiento óptimo de los recursos</li> <li>• Aumento de la rentabilidad de la empresa.</li> <li>• Mejorar la efectividad del proceso productivo.</li> </ul>
<b>Tiempo estimado</b>	6 meses - 1 año

Elaboración propia MSO Word.

Tabla 20 Plan de acción para seguimiento de los costos de mantenimiento

<b>Plan de acción</b>	<b>Control fiable y evaluación de costos respecto de la producción en ese período.</b>
<b>Responsables</b>	Jefe de mantenimiento, Contabilidad de costos, Bodeguero.
<b>Tareas requeridas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Registrar adecuadamente los contratos a terceros para mantenimiento de activos.</li> <li>-Registrar en forma correcta los costos de los repuestos utilizados para cada uno de los equipos mensualmente.</li> <li>-Registro fiable de las horas extra de los técnicos y la justificación de estas.</li> <li>-Cuantificación exacta del mantenimiento mensual de los activos.</li> </ul> <p>Cuantificación adecuada de los costos de producción por línea y/o producto por periodo producido.</p>
<b>Objetivos estratégicos implicados</b>	<p>Aprovechamiento óptimo de los recursos.  Aumentar la rentabilidad de la empresa.  Mejorar la efectividad del proceso productivo</p>
<b>Tiempo estimado</b>	Revisión mensual.

Elaboración propia MSO Word.

Tabla 21 Plan de acción para seguimiento de registros fiables

<b>Plan de acción</b>	<b>Establecer controles de la calidad, rendimiento y disponibilidad de los equipos productivos.</b>
<b>Responsables</b>	Jefe de operación, Jefe de mantenimiento y Operarios.
<b>Tareas requeridas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Registro fiable de los paros presentados en las líneas productivas.</li> <li>-Registrar los datos de la producción de cada uno de los turnos y llenar adecuadamente todos los espacios requeridos en las hojas de control</li> <li>-Determinar los indicadores propuestos.</li> <li>-Identificar posibles mejoras en la toma de datos</li> <li>-llevar el control de indicadores de disponibilidad, rendimiento y calidad en el primer semestre y compararlos con los establecidos para encontrar desviaciones y ajustar las metas de los indicadores.</li> </ul>
<b>Objetivos estratégicos implicados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejorar la atención al cliente.</li> <li>Mejorar la efectividad del proceso productivo.</li> <li>Evaluar el desempeño de estrategias y de sistemas.</li> <li>Mejorar la calidad de los procesos realizados.</li> </ul>
<b>Tiempo estimado</b>	Revisión del adecuado seguimiento de registros semanalmente.

Elaboración propia MSO Word.

Tabla 22 Plan de acción para seguimiento del mantenimientos rutinarios

<b>Plan de acción</b>	<b>Optimizar las estrategias de mantenimiento y seguimiento del mantenimiento preventivo y predictivo.</b>
<b>Responsables</b>	Jefe de operación, jefe de mantenimiento, operadores y técnicos.
<b>Tareas requeridas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Coordinar los planes de acuerdos entre producción y mantenimiento para los tiempos de las labores preventivas que implican la detención de equipos productivos.</li> <li>-Registrar los nuevos equipos que se incorporen en el programa MP9 para el registro de sus parámetros y planes de mantenimiento o labores realizadas sobre ellos.</li> <li>-Realizar las órdenes de trabajo semanales y darles seguimiento en su cumplimiento.</li> <li>-Realizar el análisis de modos de fallas al resto de equipos productivos en la planta con el grupo de trabajo establecido.</li> <li>-Registrar los parámetros de seguimiento de los mantenimientos predictivos en equipos en el programa.</li> <li>-Realizar el registro de todas las labores de mantenimiento y atribuirles a los equipos en el programa MP9.</li> <li>-Realizar reuniones semanales analizando las observaciones de la semana previa.</li> <li>-Migrar los registros de repuestos del programa existente al programa integrado del MP9 para mejorar el seguimiento y facilitando el control de los costos de las labores.</li> <li>Realizar auditoria MES cada 6 meses para evidenciar las mejoras de las estrategias.</li> <li>-Establecer una forma de hacer públicos los indicadores concernientes actuales y esperados del proceso productivo para todo el personal para demostrar las mejoras alcanzadas.</li> <li>-Fomentar el uso de solicitudes de mantenimiento con la herramienta informática MP9.</li> </ul>
<b>Objetivos estratégicos implicados</b>	<p>Mejorar la calidad de los procesos realizados.          Evaluar desempeño de estrategias y de sistemas.          Mejorar la atención del cliente.</p>
<b>Tiempo estimado</b>	1 mes de planificación un semestre de registros y análisis de resultados.

Elaboración propia MSO Word.

Tabla 23 Plan de acción para gestión de repuestos

<b>Plan de acción</b>	<b>Mejorar la disponibilidad de repuestos requeridos.</b>
<b>Responsables</b>	Coordinador del programa, Jefe de mantenimiento y Jefe de proveeduría.
<b>Tareas requeridas</b>	<p>-Cuantificar del precio y registro adecuado de los repuestos comprados semanalmente.</p> <p>-Realizar acuerdos (alianzas estratégicas) con proveedores y tiempos de entrega de los repuestos requeridos por volúmenes. Pudiendo modificar el método de compra (Órdenes de compra abiertas durante cierto período)</p> <p>-Seguimiento y registro de las requisiciones de materiales de la bodega de suministros y atribuir las adecuadamente al equipo en el que será utilizado. (cantidad y costo)</p> <p>Realizar estadísticas de tipo, costo y demanda anual de repuestos, y analizar la posible estandarización de repuestos para disminuir inventarios y costos</p>
<b>Objetivos estratégicos implicados</b>	<p>Mejorar la calidad de los procesos realizados.</p> <p>Mejorar la atención al cliente.</p>
<b>Tiempo estimado</b>	4 meses.

Elaboración propia MSO Word.

Tabla 24. Plan de acción para capacitación del personal técnico.

Plan de acción	Realización del plan de capacitación al personal técnico.
<b>Responsables</b>	Coordinador de programación, Jefe de mantenimiento, técnicos y Jefe de producción.
<b>Tareas requeridas</b>	<p>-Hacer un diagnóstico de los temas afines al área de mantenimiento y producción que se requieren (temas requeridos por el personal técnico de la planta) como lubricación, registros, Análisis Causa Raíz, mantenimiento predictivo y preventivo.</p> <p>-Evaluar y Seleccionar las empresas o instituciones que pueden impartir los cursos que se requieren para el personal técnico de la empresa</p> <p>-Planear cronogramas y establecer los materiales requeridos para las capacitaciones y el considerar la inclusión de personal operario para mejorar el mantenimiento Autónomo.</p> <p>-Dar capacitaciones o coordinar personal que las impartirá.</p> <p>-Dar seguimiento a los nuevos conocimientos del personal por medio de evaluaciones o certificaciones</p> <p>-Llevar registro de las capacitaciones impartidas y por impartirse.</p> <p>-elaborar un sistema de incentivos laborales (ascensos laborales y mejoría en salario) para los empleados que se inscriban en el plan de capacitación anual de la empresa</p>
<b>Objetivos estratégicos implicados</b>	<p>Aumentar el sentido de pertenencia.</p> <p>Mejora la calidad de los procesos realizados.</p>
<b>Tiempo estimado</b>	Dos meses de planeación y seguimiento mensual por un año.

Elaboración propia MSO Word.

Tabla 25. Plan de acción de capacitación al personal y mejorar el uso de equipos de protección personal

<b>Plan de acción</b>	<b>Capacitación constante al personal. Mejorar el uso de equipos de protección personal.</b>
<b>Responsables</b>	Jefe de mantenimiento, Jefe de producción, Operarios, Técnicos.
<b>Tareas requeridas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Contratar los servicios profesionales de alguna persona física o jurídica certificada en el tema para realizar la evaluación de riesgos laborales de la empresa y de sus procesos productivos, solicitándoles los diferentes niveles de seguridad e indumentaria reglamentaria requeridos en cada área de la planta.</li> <li>-Brindar capacitación al personal operario en la correcta operación y parámetros de los equipos productivos.</li> <li>-Establecer los requerimientos de equipo de protección personal para las distintas labores realizadas.</li> <li>-Establecer los tiempos de capacitación y temas a cubrir por semana.</li> <li>-Controlar el seguimiento del uso de equipo de protección y registrar las faltas.</li> <li>-Realizar labores y capacitación de la importancia del registro adecuado de las labores realizadas para el seguimiento de indicadores.</li> </ul>
<b>Objetivos estratégicos implicados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumentar el sentido de pertenencia.</li> <li>Prevenir accidentes del personal.</li> </ul>
<b>Tiempo estimado</b>	Seguimiento mensual por 6 meses.

Elaboración propia MSO Word.

Tabla 25. Plan de acción mejoramiento de las áreas y ambiente laboral

Plan de acción de Mejoramiento de las áreas y ambiente laboral de todos los trabajadores.	
<b>Responsables</b>	Encargado de Seguridad ocupacional.
<b>Tareas requeridas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Dar seguimiento a la implementación de la metodología 5 ese.</li> <li>-Definir la metodología, tareas iniciales y un formato de metas para la implementación de la metodología.</li> <li>-Definición de colaboradores para la puesta en marcha.</li> <li>-Realizar evaluación de la puesta en marcha de Anexos 2, todos los identificados deben abarcarse.</li> <li>-Evaluar las áreas piloto de implementación de la metodología.</li> <li>-Definir un método para el seguimiento y evaluación de las metas propuestas para cada una de las S.</li> </ul>
<b>Objetivos estratégicos implicados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumentar sentido de pertenencia</li> <li>Prevenir accidentes del personal.</li> <li>Mejorar la efectividad del proceso productivo.</li> <li>Mejorar el impacto visual de una planta ordenada y limpia</li> </ul>
<b>Tiempo estimado</b>	9 meses.

Elaboración propia MSO Word.

## 8.4 Definición de los objetivos del cuadro de mando integral.

Para cada una de las perspectivas del Cuadro de Mando Integral se propone una cantidad de objetivos que son mostrados a continuación.

### 8.4.1 Objetivos para perspectiva de Aprendizaje y crecimiento.

Tabla 26. Objetivos de la perspectiva de Aprendizaje y crecimiento.

Perspectiva	Objetivo 1	Objetivo 2
Aprendizaje y crecimiento	Capacitar al personal para mejorar sus capacidades y la realización adecuada de sus labores para aumentar su motivación y sentido de pertenencia.	Mejorar las prácticas de utilización de protección personal para prevenir accidentes del personal en un 100%.

Fuente: Elaboración propia MS Word.

**Objetivo 1. Capacitar al personal para mejorar sus capacidades y la realización adecuada de sus labores para aumentar su motivación y sentido de pertenencia.** La empresa tiene claro que el recurso humano es la principal prioridad, es debido a esto que se propone este objetivo pues se busca que el personal se sienta parte integral de la empresa ampliando sus capacidades como un incentivo al personal, fomentando el aumento de su motivación y sentido de pertenencia, de esta forma se ataca la debilidad D1 con respecto a la falta de compromiso identificado en el análisis FODA y además permite que el personal de operaciones tenga conocimiento y ayude a prevenir las fallas de los equipos lo que provocaría un aumento de la disponibilidad de los equipos.

**Objetivo 2. Mejorar las prácticas de utilización de protección personal para prevenir accidentes del personal en un 100%.**

La importancia de la escogencia de este objetivo es el velar por la seguridad e integridad de los colaboradores, lo cual repercute en la motivación de estos para la realización de las tareas requeridas.

## 8.4.2 Objetivos para perspectiva Procesos Internos.

Tabla 27. Objetivos para perspectiva Procesos Internos.

Perspectiva	Objetivo 1.	Objetivo 2.
Procesos internos	Disminuir el total de mantenimientos no rutinarios en un 6%, respecto del total de mantenimientos.	Optimizar la gestión de mejoras de estrategias de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia MS Word.

- **Objetivo 1. Disminuir el total de mantenimientos no rutinarios en un 6%, respecto del total de mantenimientos.**

Este objetivo surge de la necesidad de mejorar los procesos de la unidad de mantenimiento de la empresa, al buscar una mayor planificación de las labores de mantenimiento en los equipos y con esto abarcar la debilidad D3 con respecto a la falta de análisis de los mantenimientos correctivos realizados en los equipos, además se busca mejorar la coordinación con otros departamentos para atacar la Amenaza A2 identificada en el análisis FODA, esto para prevenir y coordinar los paros en el proceso productivo y de esta forma buscar la oportunidad identificada como O1 que respecta a mejorar la confiabilidad de los sistemas.

- **Objetivo 2. Optimizar la gestión de mejoras de estrategias de mantenimiento.**

Objetivo propuesto para fomentar la ampliación de las competencias del personal tanto de producción como de mantenimiento, respecto del análisis de los equipos y en la búsqueda de mejoras estratégicas que permita el control de las labores realizadas en los activos y la búsqueda de rutas que fomenten una mayor fiabilidad de estos.

### 8.4.3 Objetivos para perspectiva del cliente.

Tabla 28.Objetivos para perspectiva del cliente.

Perspectiva	Objetivo 1.	Objetivo 2.
Cliente	Garantizar el 100% de la fiabilidad de los sistemas auxiliares y optimizar el rendimiento del proceso productivo.	Aumentar la Efectividad Operacional Global de las Líneas de Producción en un 5%.

Fuente: Elaboración propia MS Word.

- **Objetivo 1. Garantizar el 100% de la fiabilidad de los sistemas auxiliares y optimizar el rendimiento del proceso productivo.**

Como parte de las mejoras que se pretenden en la unidad de mantenimiento en la planta, se propone este objetivo para control de la calidad de los servicios prestados por la unidad de mantenimiento realizando actividades para la búsqueda de la continuidad operacional de los sistemas del proceso productivo.

- **Objetivo 2. Aumentar la Efectividad Operacional Global de las Líneas de Producción en un 5%.**

Con este objetivo se pretender tener control y seguimiento del alcance de las metas esperadas para producción basadas en la capacidad productiva establecida para las líneas de producción, debe existir una adecuada coordinación y relación entre las labores de mantenimiento y producción para el alcance de este objetivo.

#### 8.4.4 Objetivos para perspectiva Financiera.

Tabla 29. Objetivos para perspectiva Financiera.

Perspectiva	Objetivo 1	Objetivo 2
<b>Financiera</b>	Disminuir en un 10% el costo anual de los costos que representa para la empresa el mantenimiento de sus activos, a partir de las mejoras propuestas en labores preventivas y de planificación de la unidad de mantenimiento.	Implementar prácticas y planes de ahorro energético que permita reducir en un 2% la facturación energética de la planta, en pro de una mejor relación con el ambiente por parte de la empresa.

Fuente: Elaboración propia MS Word.

- **Objetivo 1. Disminuir en un 10% el costo anual de los costos que representa para la empresa el mantenimiento de sus activos, a partir de las mejoras propuestas en labores preventivas y de planificación de la unidad de mantenimiento.**

Se deben controlar los costos generados por el mantenimiento de los sistemas productivos, tanto por servicios externos como lo es el personal y materiales.

- **Objetivo 2. Implementar prácticas y planes de ahorro energético que permita reducir en un 2% la facturación energética de la planta, en pro de una mejor relación con el ambiente por parte de la empresa.**

Objetivo que tiene como base la optimización del uso de los recursos se pretende que en conjunto con los demás departamentos se busque una reducción de los costos energéticos, al implementarse buenas prácticas de uso de los equipos y nuevos planes de ahorro.

## 8.5 Validación de los indicadores.

Para validar los indicadores de seguimiento propuestos se utiliza el formato de hoja de validación propuesta en la norma UNE 66175, como se muestra a continuación.

VALIDACIÓN DE INDICADOR.																													
<b>NOMBRE DE INDICADOR:</b> Costos de Mantenimiento en relación a la producción		<b>CODIGO DE REFERENCIA:</b> FA 01																											
		<b>UNIDAD:</b> ¢/kg																											
<b>DESCRIPCIÓN:</b> Indicador que mide la relación entre el costo total del mantenimiento (CTMN) y la producción total en el período(PTPR).																													
<b>FORMA DE CÁLCULO:</b> CMRP=Costos total de Mantenimiento/ kg producidos																													
<b>FUENTE DE INFORMACIÓN:</b> Contabilidad de costo		<b>METAS:</b>																											
		<b>Excelente</b> <20,00	<b>Aceptable</b> [20,00-30,00]																										
		<b>Malo</b> >30,00																											
<b>PRESENTACIÓN:</b> Gráfica anual		<b>RESPONSABLES:</b> Responsables de contabilidad.																											
 <table border="1"> <caption>Data for Figure 15: Monthly Maintenance Costs per kg Produced</caption> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Costo (¢/kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Enero</td><td>3,75</td></tr> <tr><td>Febrero</td><td>5</td></tr> <tr><td>Marzo</td><td>3,75</td></tr> <tr><td>Abril</td><td>0,3125</td></tr> <tr><td>Mayo</td><td>3,75</td></tr> <tr><td>Junio</td><td>0,21875</td></tr> <tr><td>Julio</td><td>3,75</td></tr> <tr><td>Agosto</td><td>0,28125</td></tr> <tr><td>Septiembre</td><td>3,75</td></tr> <tr><td>Octubre</td><td>0,0625</td></tr> <tr><td>Noviembre</td><td>0,09375</td></tr> <tr><td>Diciembre</td><td>3,75</td></tr> </tbody> </table>				Mes	Costo (¢/kg)	Enero	3,75	Febrero	5	Marzo	3,75	Abril	0,3125	Mayo	3,75	Junio	0,21875	Julio	3,75	Agosto	0,28125	Septiembre	3,75	Octubre	0,0625	Noviembre	0,09375	Diciembre	3,75
Mes	Costo (¢/kg)																												
Enero	3,75																												
Febrero	5																												
Marzo	3,75																												
Abril	0,3125																												
Mayo	3,75																												
Junio	0,21875																												
Julio	3,75																												
Agosto	0,28125																												
Septiembre	3,75																												
Octubre	0,0625																												
Noviembre	0,09375																												
Diciembre	3,75																												

Figura 15. Formato de hoja de validación de indicadores propuestos.

Fuente: Elaboración propia MS Excel.

Se realiza una hoja de validación para cada uno de los indicadores propuestos, se encuentran en la sección de anexos debido a su extensión.

## 8.6 Resumen del cuadro de mando integral propuestos.

### Perspectiva financiera.

Tabla 30. Resumen de la perspectiva financiera del Cuadro de Mando Integral.

Objetivo	Indicador	Descripción	Código	Fuente Información	Fórmula	Unidad	Frec	Responsable	Excelente	Aceptable	Malo
Disminuir en un 10% el costo anual de los costos que representa para la empresa el mantenimiento de sus activos, a partir de las mejoras propuestas en labores preventivas y de planificación de la unidad de mantenimiento.	Costos de Mantenimiento en relación con la producción	Indicador que mide la relación entre el costo total del mantenimiento (CTMN) y la producción total en el período (PTPR).	FA1	Contabilidad de costos	$CMRP = \text{Costos total de Mantenimiento} / \text{kg producidos}$	₡/kg	Mes	Responsables de contabilidad y mantenimiento	<20,00	[20,00-35,00]	>35,00
	Porcentaje de costos de mantenimiento por servicios terceros	Mide el costo de servicios de terceros respecto del costo total de mantenimiento	FA2	Contabilidad de costos /facturación de servicios contratados o externos	$HHNO = (\text{Costo Servicios. Terceros} / \text{Costo total de Mantenimiento}) * 100$	%	Mes	Responsables de contabilidad	≤5%	[5%-20%]	≥20%
Implementar prácticas y planes de ahorro energético que permita reducir en un 2% la facturación energética de la planta, en pro de una mejor relación con el ambiente por parte de la empresa.	Cantidad de proyectos de ahorro energético anuales.	Este indicador cuantifica la cantidad de iniciativas por parte de la empresa en búsqueda de ahorros de energía.	FB1	Registros de mantenimiento y producción	Cuantificación/año	Unidad	Anual	Coordinador del programa	2	1	0
	Consumo Energético de la planta en relación con los kg producidos	Indicador evidencia la relación entre el consumo Eléctrico de la planta y a cantidad de kg producidos por la planta en ese período.	FB2	Contabilidad de costos / registro de producción	$Cxkg = \text{Costo} \times \text{KW} / \text{kg}$	₡/kg	Mes	Responsables de contabilidad.	1% < Promedio Actual	Promedio actual	1% > Promedio Actual

Fuente: Elaboración propia MS Excel.

**Perspectiva cliente.**

Tabla 31. Resumen de la perspectiva Cliente del Cuadro de Mando Integral.

Objetivo	Indicador	Descripción	Código	Fuente Información	Fórmula	Unidad	Frec	Responsable	Excelente	Aceptable	Malo
Garantizar el 100% de fiabilidad de los sistemas auxiliares y optimizar el rendimiento del proceso productivo.	Disponibilidad	Permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado.	CA1	Registros de Producción	$D = (\text{Horas totales-programadas} - \text{Horas paradas por fallos} / \text{Horas totales programadas}) * 100$	%	Mes	Responsable Producción	>85%	[85%-70%]	<70%
	Tiempo medio entre fallas (TMEF)	Indicador de fiabilidad que cuantifica el tiempo promedio operativo hasta el fallo o indicador de continuidad operacional. Donde TTF: Tiempos operativos hasta el fallo, n: número total de fallos en período evaluado	CA2	Registros de Producción y programa MP9	$TMEF = \sum TTF / n$	Horas	Mes	Responsable de Producción	>10 horas	[5-10] horas	<5 horas
Aumentar la Efectividad Operacional Global de las Líneas de Producción en un 5%.	Índice de Calidad	Es el obtenido de la relación entre la calidad de los productos aceptables y la cantidad de insumos	CB01	Registros de Producción	$IC = (\text{Cantidad productos aceptables} / \text{Cantidad de Insumos})$	%	Mes	Responsable Producción	> 90%	[90%-80%]	<80%
	Efectividad Operacional	Es el producto de la disponibilidad, el rendimiento y la calidad.	CB03	Registros de Producción	$OEE = D * IR * IC$	%	Mes	Responsable Producción	>70%	[70%-36%]	<36%
	Índice de Rendimiento Operacional	Es el índice que permite evidenciar la cantidad de piezas producidas respecto de la cantidad de piezas que se podrían haber producido	CB02	Registros de Producción	$IR = \text{Producción real} / \text{Capacidad productiva}$	%	Mes	Responsable Producción	> 90%	[90%-81%]	<80%

Fuente: Elaboración propia MS Excel.

## Perspectiva de procesos internos.

Tabla 32. Resumen de la perspectiva de Procesos Internos del Cuadro de Mando Integral.

Objetivo	Indicador	Descripción	Código	Fuente Información	Fórmula	Unidad	Frec	Responsable	Exce-lente	Acceptable	Malo
Disminuir el total de mantenimientos no rutinarios en un 6%, respecto del total de mantenimientos.	Trabajos en Mantenimiento Correctivo no rutinario	Mide la relación entre las horas hombre, gastadas en reparaciones correctivas (HHMC) y las horas hombre disponibles (HHDP).	PA1	Registro de Mantenimiento	$HHNO = ((\Sigma HRMC) / \Sigma HHDP) * 100$	%	Mes	Responsable de Mantenimiento.	<30 %	[30-50] %	>50 %
	Mantenimiento Preventivo y Predictivo	Porcentaje de horas invertidas en mantenimientos preventivos y predictivos sobre el total de horas disponibles en mantenimiento	PA2	Registro de Mantenimiento	$PM - PMd = HrasPM + HrasPMd / \text{Horas totales de Mantenimiento}$	%	Mes	Responsables de Mantenimiento	>50 %	[50-20] %	<20%
Optimizar la gestión de mejoras de mantenimiento	Optimización de Estrategias de Mantenimiento	Porcentaje de sistemas con estrategias de mantenimiento optimizadas o planeadas (ACR, RCM, TPM) $\Sigma$ Sistemas optimizados: Cantidad de activos analizados y mejoradas sus estrategias, $\Sigma$ sistemas a optimizar: Cantidad total de sistemas en la planta por optimizar	PB1	Registro de mantenimiento.	$\text{Optimización} = \Sigma \text{Sistemas optimizados} / \Sigma \text{sistemas a optimizar}$	%	Anual	Responsable de Mantenimiento	100 %	[100-50] %	<50%
	Cumplimiento de OT programadas	Relación entre las OT cerradas de un total definido de abiertas programadas	PB2	Registro de Mantenimiento en MP9	$COT = \Sigma OT \text{ cerradas} / \text{Total de OIT}$	%	Men-sual	Coordinador Programación	100 %	[100-60] %	<60%
	Tiempo Promedio Fuera de Servicio (TPFS)	Indicador de Tiempo Promedio Fuera de Servicio de los equipos, mide el tiempo promedio que se tarda en restituir a un componente a una condición adecuada de operación luego de una falla.	PB3	Registro de operación / Registro de Mantenimiento.	$TPFS = \Sigma DT / n$	Horas	Mes	Responsable de Mantenimiento	1 hora	[1-4] horas	>4 horas

Fuente: Elaboración propia MS Excel.

## Perspectiva de Aprendizaje y Crecimiento.

Tabla 33. Resumen de la perspectiva de Aprendizaje y Crecimiento del Cuadro de Mando Integral

Objetivo	Indicador	Descripción	Código	Fuente Información	Fórmula	Unidad	Frec	Responsable	Excelente	Aceptable	Malo
Capacitar al personal para mejorar sus capacidades y la realización adecuada de sus labores para aumentar su motivación y sentido de pertenencia.	Formación del personal	El indicador permite cuantificar las horas de capacitación que recibe el personal para su formación como profesional	AA1	Administración del personal.	Total de horas de capacitación anual	Horas	Anual	Coordinador Programación	>24 horas	[24-1] horas	0 horas
	Entrenamiento del personal de mantenimiento	Este indicador permite relacionar las horas hombre gastadas en entrenamiento del personal de mantenimiento (HHTR) y las horas hombre disponibles (HHDP)	AA2	Administración del personal.	$TRPM = (\sum HTR / \sum HHDP) * 100$	%	Mes	Coordinador Programación	>10%	[10%-1]	0%
Mejorar las prácticas de utilización de protección personal para prevenir accidentes del personal en un 100%	Seguridad laboral	Indicador cuantifica el número de accidentes que se presentan en el personal de mantenimiento en un período establecido.	AB1	Administración del personal.	$TFAC = \sum \text{lesiones-accidentes} / \text{año}$	#accidentes al año	Anual	Jefe de Mantenimiento	0 accidentes	[0-4] accidentes	>4 accidentes
	Número de prácticas y acciones inseguras identificadas	Indicador cuantifica el número de prácticas o acciones inseguras identificadas en períodos de evaluaciones	AB2	Registros de Jefe de Producción	Observaciones realizadas a los operarios o técnicos.	# de observaciones	Anual	Responsable de producción	0 observaciones	[0-10]	>10

Fuente: Elaboración propia MS Word

## **8.7 Modelo de Gestión Propuesta.**

La metodología para el alcance de los objetivos propuestos en este proyecto tendrá como base el modelo propuesto por los autores Carlos Alberto Parra Márquez y Adolfo Crespo Márquez, el cual está compuesto por ocho bloques, que distinguen y caracterizan acciones concretas a seguir en los diferentes pasos del proceso para el diseño, implementación y evaluación de un proceso de gestión de mantenimiento y la norma internacional para un modelo de gestión de procesos ISO 9000.

Las prácticas que se desarrollarán para cada una de las deficiencias encontradas estarán orientadas en la mejora continua, es decir, que posiblemente las estrategias y planes que se definan en un punto inicial para la definición del modelo estará sujeto a modificaciones que permitan cada vez más, una mejora en el proceso de gestión del mantenimiento en la empresa hasta alcanzar un nivel óptimo.

Como se menciona en el libro “Mantenimiento centrado en el negocio” (...) la naturaleza de las acciones de mantenimiento dependen de la decisión de hacer o no hacer inversión (dinero, tiempo), buscando la mayor productividad global, que puede ser resumida en la eficiencia de la planeación de producción y eficiencia en la aplicación de recursos.

Según la Norma Internacional ISO 9000 para que una organización opere de manera eficaz, tienen que identificar y gestionar numerosos procesos que interactúan. Esta norma, pretende fomentar una adopción del enfoque basado en procesos para gestionar con calidad una organización o departamento.

Según esta norma un enfoque adecuado para desarrollar y posteriormente implementar un sistema de gestión de calidad debe comprender diferentes etapas listadas a continuación:

- a) determinar las necesidades y expectativas de los clientes y de otras partes interesadas;
- b) establecer la política y objetivos de la calidad de la organización;
- c) determinar los procesos y las responsabilidades necesarias para el logro de los objetivos de la calidad;
- d) determinar y proporcionar los recursos necesarios para el logro de los objetivos de la calidad;
- e) establecer los métodos para medir la eficacia y eficiencia de cada proceso;
- f) aplicar estas medidas para determinar la eficacia y eficiencia de cada proceso;
- g) determinar los medios para prevenir no conformidades y eliminar sus causas;
- h) establecer y aplicar un proceso para la mejora continua del sistema de gestión de la calidad.

A partir de las consideraciones identificadas anteriormente, se propone el diseño de un modelo de gestión que pretende abarcar todas las necesidades de una adecuada gestión de calidad, que de forma gráfica se presenta a continuación.

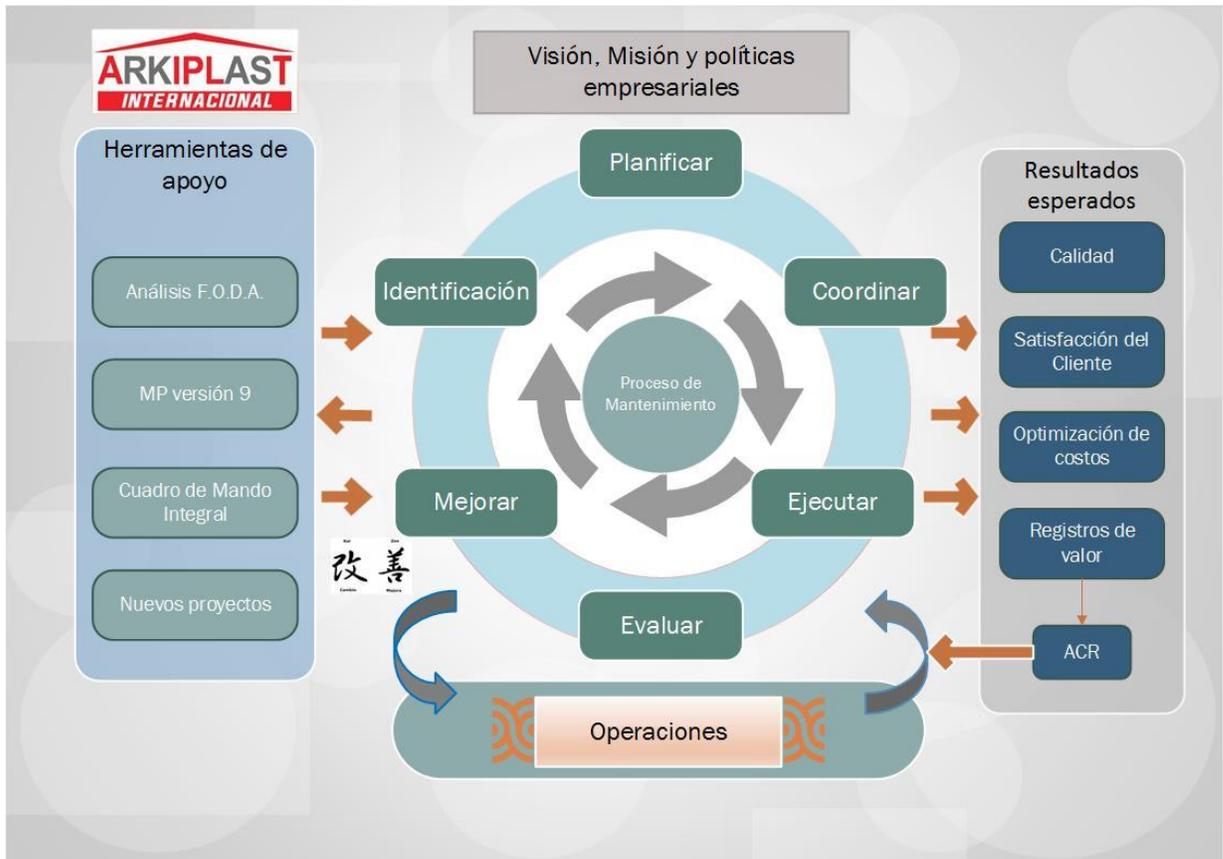


Figura 16. Modelo de gestión propuesto.

Elaboración propia MS Visio.

Se evidencia la existencia de elementos que ingresan a éste en su lado izquierdo como lo es el Cuadro de Mando Integral, Análisis de fortalezas oportunidades debilidades y amenazas y el programa MP9, estas son las herramientas que utiliza este modelo, de gestión para llevar a cabo las propuestas de una forma asertiva.

En la parte inferior del esquema se encuentra Operaciones, como se observa la flecha apunta en ambas direcciones esto se debe a que el proceso de mantenimiento y operación, para este modelo de gestión propuesto tiene relación en todo momento, es decir, es un trabajo en conjunto para el alcance de las metas, esto como parte de la interrelación y que se fomente una mejor comunicación entre departamentos que tienen relación directa con los equipos productivos de la planta.

Los resultados los podemos encontrar en la parte derecha del modelo, en este se evidencia que la meta del modelo, las herramientas utilizadas y las relaciones con operaciones tienen el fin de tener calidad en los procesos para satisfacer al cliente y los requerimientos de nuevos proyectos que surjan en la empresa a través del tiempo.

El modelo propuesto muestra en su interior el proceso que se quiere tener para la unidad de mantenimiento de la planta, como se evidencia se trata de un bucle cerrado, es decir, no tiene un final establecido, esto es importante recalcar pues se pretende que todas las fases del proceso de la unidad de mantenimiento se encuentren ligados a un proceso de mejora continua.

Estas fases del proceso se describen a continuación:

- a. Identificar: En este proceso se da la identificación de elementos, se definen los requerimientos para cada uno de ellos y se identifican las brechas entre lo real y lo requerido, mediante auditorías y análisis de criticidad.
- b. Planificar: Siguiendo proceso caracterizado por la asignación temporal del alcance de las metas pendientes para abarcar las brechas existentes previamente identificadas y se planifican las acciones requeridas para esto.
- c. Coordinar: Una vez identificadas las acciones y planificadas en el tiempo se elige a las partes responsables para la realización de estas, también se deben identificar los requerimientos del personal para la realización de estas acciones.

- d. Ejecución: Etapa comprendida por la realización de las labores requeridas para el alcance de las metas propuestas.
- e. Evaluación: En este proceso las ejecuciones realizadas previamente deben evaluarse, con el fin de aceptarlas o regresar al proceso previo en caso de no aprobarse la ejecución realizada.
- f. Mejoramiento: En esta etapa se deben evaluar todas las deficiencias encontradas de los procesos anteriores fomentando la modificación o creación de nuevas labores que favorezcan el cumplimiento de los objetivos de la organización, y por otra parte la búsqueda de nuevas metas por alcanzar por encima de las propuestas previamente.

Cada una de estas fases cuenta con actividades que deben desarrollarse para la correcta implementación de un nuevo modelo de gestión de la unidad de mantenimiento de la empresa. (Se usarán dos asterisco (\*\*)) para mostrar las labores pendientes y sus responsables)

### **8.7.1 Fase A (Identificar).**

Entradas.

- Conocimiento de la planta y sus procesos actuales.
- Auditoria de las áreas de mantenimiento.
- Datos Históricos.
- Equipos productivos.
- Estudio de los requerimientos de la planta con el área de mantenimiento.
- Estudio de los procesos actuales.
- Criterios de evaluación de equipos productivos.

Salidas.

1. Flujo grama de las labores actuales que evidencien de forma gráfica los responsables y la forma de realizar las tareas de mantenimiento en la planta.
2. Categorizar el mantenimiento de la planta a partir de la evaluación de sus áreas con la auditoría “MES”.

3. Árbol lógico de los equipos productivos de la planta Arkiplast Internacional S.A.
4. Metodología de codificación de valor para todos los equipos productivos de la planta.
5. Criticidad de los equipos productivos de la planta.
6. Identificación de los datos importantes y la forma en que deben tomarse para controlar el desempeño del proceso productivo y del área de mantenimiento.

### **8.7.2 Fase B (Planificar).**

Entradas:

- Evaluación de la auditoría (“MES”)
- Criticidad de los equipos productivos de la planta.
- Presupuestos de mantenimiento.
- Problema identificado.

Salidas:

1. Medidas correctivas para atacar los puntos débiles evidenciados en las áreas de la unidad de mantenimiento con la auditoría “MES”.
2. Análisis RCM de equipos críticos.
3. Planes de mantenimiento de los equipos críticos y la frecuencia de la ejecución de labores.
4. Plan de mantenimiento para todos los equipos productivos de la planta y frecuencia de ejecución de las labores. (\*\* Responsables: Grupo de trabajo RCM)
5. Tiempos estimados para la realización de las labores requeridas en los planes de mantenimiento,
6. Presupuesto estimado de repuestos y consumibles para realizar los planes de mantenimiento de los equipos críticos.

7. Presupuesto estimado de los repuestos y consumibles para la realización de los planes de mantenimiento de todos los equipos productivos de la planta. (\*\* Responsables: Grupo de trabajo RCM)
8. Propuesta del Cuadro de Mando Integral para la identificación de los planes de acción que permitan el alcance de los objetivos estratégicos de la empresa y el tiempo estimado para su realización.

### **8.7.3 Fase C (Coordinar).**

#### Entradas:

- Medidas correctivas para cerrar las brechas en los puntos débiles de las áreas según la auditoría MES.
- Planes de mantenimiento de equipos productivos.
- Propuesta del Cuadro de Mando Integral.

#### Salidas:

1. Responsables de la realización o seguimiento de las labores correctivas de las áreas de mantenimiento según la auditoría “MES”.
2. Establecimiento de responsables para la ejecución de los planes de mantenimiento preventivo y requerimientos técnicos para la realización de las labores.
3. Flujo gramas de la propuesta en que deben de realizarse los trabajos de mantenimiento y los responsables de su seguimiento.
9. Creación de órdenes de trabajo rutinarias y no rutinarias. (\*\* Responsables: Coordinador del programa)
10. Responsables para la realización de los planes de acción del cuadro de mando integral y los períodos de evaluación. (\*\* Responsables: Personal descrito en cada plan de acción inconcluso)
11. Acuerdo de producción con mantenimiento para coordinar las paradas para realizar los mantenimientos preventivos que requieren paro de equipos. (\*\* Responsables: Jefe de Mantenimiento y Jefe de producción)

12. Coordinar los servicios externos de mantenimiento. (\*\* Responsables: Jefe de mantenimiento y encargado de suministros)

#### **8.7.4 Fase D (Ejecución).**

Entradas:

- Planes de mantenimiento preventivo y predictivo de equipos productivos.
- Solicitudes de labores correctivas o de emergencia requeridas.
- Costo de repuestos y consumibles para mantenimientos correctivos.
- Registro de repuestos para cada equipo durante un período establecido.
- Ordenes de trabajo generado que requieren ser ejecutadas.

Salidas: (\*\* Responsables: Jefe de Mantenimiento, jefe de producción operadores y técnicos)

1. Realización de las órdenes de trabajo que requieren ser ejecutadas.
2. Realización de labores correctivas presentadas en los equipos productivos y registrarlos debidamente en el programa MP 9.
3. Retroalimentar los tiempos reales que toman la realización de las labores que fueron estimados inicialmente.
4. Retroalimentar el sistema con los consumibles y repuestos que se requieren realmente en cada labor.
5. Registro de labores realizadas en cada uno de los equipos de la planta en el MP9.
6. Registrar los parámetros reales de funcionamiento de los equipos en el MP 9 para darles seguimiento posteriormente.
7. El no cumplimiento de Órdenes de Trabajo debe ser debidamente justificado indicando el motivo y ser aprobado por el jefe de mantenimiento.
8. Registro de accidentes presentados en el proceso.

### **8.7.5 Fase E (Evaluación).**

Entradas:

- Labores correctivas de emergencia o no rutinarias realizadas.
- Retroalimentación al sistema MP 9 y a los programas de mantenimiento.
- Labores preventivas.
- Fallas presentadas y las causas asociadas.
- Registro de accidentes presentados

Salidas: (\*\* Responsables: Coordinador de programa, Jefe de mantenimiento, Grupo de trabajo RCM)

1. Cierre adecuado de las órdenes de trabajo.
2. Registros fiables de las labores realizadas, repuestos y consumibles en cada equipo en el MP 9.
3. Retroalimentación de observaciones presentadas a partir de las labores realizadas y fallas presentadas.
4. Análisis de las causas que provocaron el accidente si se presenta.
5. Análisis Causa Raíz para cada uno de las fallas de los equipos productivos presentadas.

### **8.7.6 Fase F (Mejorar).**

Entradas:

- Registros fiables de las labores realizadas, repuestos y consumibles en cada equipo en el MP 9.
- Retroalimentación de observaciones presentadas a partir de las labores realizadas y fallas presentadas.
- Análisis de las causas que provocan los accidentes laborales.
- Análisis de los alcances de las metas esperadas.
- Control de los costos presentados durante el período.
- Auditoria MES

Salidas: (\*\* Responsables: Coordinador de programa, grupo de trabajo RCM)

1. Modificación de los planes de mantenimiento y tiempos de ejecución de las labores.
2. Planes de mantenimiento para todos los equipos productivos.
3. Migrar la base de datos de repuestos al MP 9 para mejorar los registros y controles.
4. Establecimiento de nuevas metas para los objetivos específicos.
5. Evaluación de las áreas de mantenimiento con la auditoría MES y categorización de la unidad de mantenimiento de la planta.
6. Hacer públicos los resultados presentados durante el semestre de análisis con todo el personal de la planta.

## **8.8 Unidad de Mantenimiento en la planta Arkiplast Internacional S.A.**

### **Misión del departamento.**

“Brindar un servicio personalizado acorde a las necesidades de mantenimiento de la planta Arkiplast Internacional S.A”

### **Visión.**

“Ofrecer un servicio de calidad con un enfoque de mejora continua de los procedimientos, manteniendo estándares de calidad y seguridad para las personas y brindando un servicio adecuado a cada uno de los activos de la planta”

### **Objetivos del departamento.**

- A. Brindar un servicio de mantenimiento adecuado a cada uno de los equipos asegurando la realización y el seguimiento de labores preventivas y predictivas en estos, así como tener control de las labores correctivas realizadas en los activos de la planta.
- B. Dar soporte a cualquier falla presentada en los equipos productivos de la planta, y localizaciones y fomentando la retroalimentación para tomar medidas de prevención de estas.

Objetivos establecidos partiendo de la filosofía empresarial que como se mencionó anteriormente “se basa en colaborar estrechamente con nuestros clientes, brindándoles un servicio personalizado, transparente, de excelente calidad y acorde con sus necesidades. Para lograrlo, nos basamos en una gestión eficiente y versátil del uso de todos nuestros recursos económicos, materiales y humanos.” Por lo que se busca llevarlo al nivel del área de mantenimiento donde los clientes vienen siendo los usuarios de los activos en los procesos productivos de la planta.

## 8.9 Propuestas respecto de la Gestión de los procesos.

Una vez identificados los procesos de la gestión actual de la unidad de mantenimiento de la planta se hace una propuesta para realizar los procesos y labores de mantenimientos tanto correctivos como los rutinarios los cuales son parte de la propuesta de mejora, ya que son inexistentes en la planta.

Estos mantenimientos rutinarios o planeados pretenden dar a la empresa la oportunidad de mejorar sus labores y compromiso del personal con la planta haciéndolos participes del proceso de la creación de manuales de mantenimientos preventivos, insumos para los mantenimientos rutinarios posteriormente propuestos.

A continuación, se identifican los flujos propuestos para cada uno de los procesos que debe realizar la unidad de mantenimiento, en ellos se evidencia la creación de documentos de mantenimiento, los cuales serán descritos posteriormente.

### 8.9.1 Proceso de Mantenimientos no rutinarios propuesto.

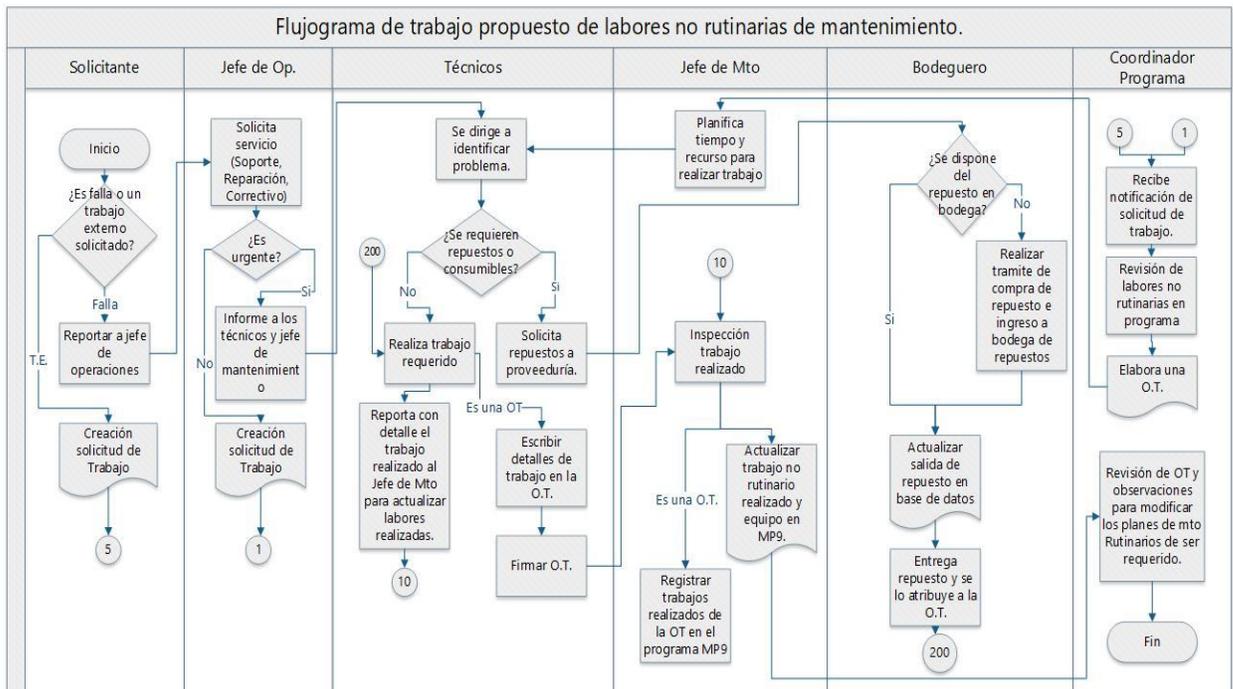


Figura 17. Flujograma de labores de mantenimiento no rutinarias, propuesto.

Elaboración propia MS Visio.

Dentro de los principales cambios en el flujo de realización de labores no rutinarias se encuentra la implementación de controlar mediante solicitud de trabajos para aquellas labores externas al mantenimiento propio de los equipos productivos como lo son proyectos y labores varias como eventualidades en localizaciones.

Adicionalmente, se agrega el uso de órdenes de trabajo, las cuales pueden ser realizadas directamente del programa con el que cuenta la empresa "MP9", además se agrega al proceso al coordinador de programaciones y los planes de mantenimiento preventivo, esto para que a partir de las observaciones que hace el técnico en las ordenes de trabajo cuando realiza una labor en el equipo, se realicen de ser necesario modificaciones en los planes de mantenimientos preventivos que fomente a la disminución de las fallas presentadas en los equipos.

El bodeguero tiene la responsabilidad de darle seguimiento a los repuestos que entrega para trabajos no rutinarios de emergencia, de anotar finalmente el equipo y la orden de trabajo a la que se le atribuye este repuesto.

## 8.9.2 Proceso de Mantenimientos Rutinarios propuesto.

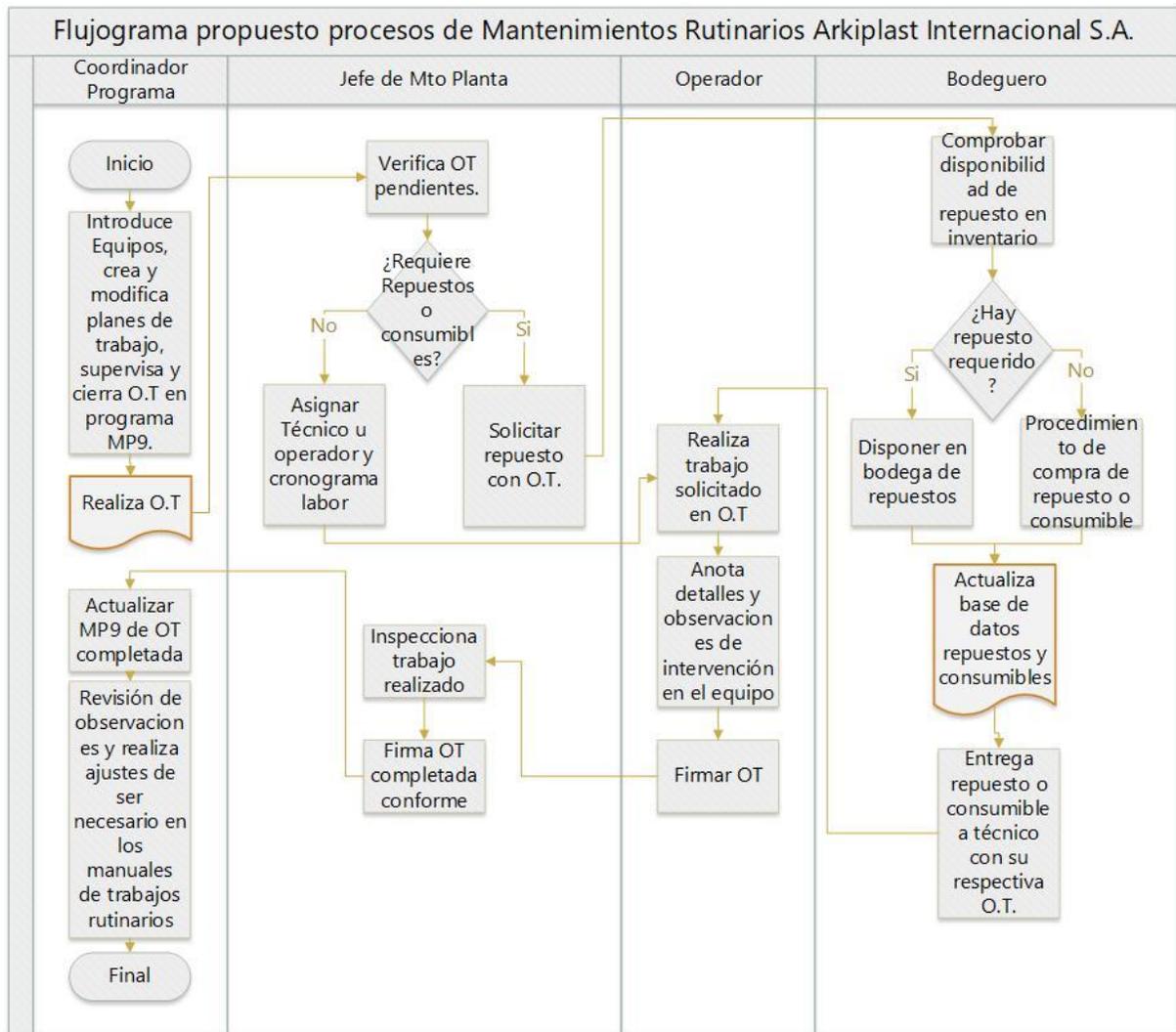


Figura 18. Flujograma de labores rutinarias propuestas Arkiplast Internacional S.A.

Elaboración propia MS Visio.

Con respecto de la propuesta del proceso de los mantenimientos rutinarios, los principales cambios respecto del proceso actual, se encuentra en agregar al coordinador de programación al proceso de estas labores, esta persona es especialista e Ingeniero en Mantenimiento Industrial que labora en la empresa, el cual estará encargado de la incorporación de los equipos y planes de mantenimiento de estos y a partir de esto realizar las ordenes de trabajo así como la coordinación de labores preventivas en los equipos y realización de labores predictivas.

En este nuevo flujo de trabajo, cada repuesto o consumible que sea entregado por parte de bodegas a los técnicos debe estar atribuida a una orden de trabajo o un equipo específico o localización, con esto se tendrá un mayor control de los costos de las labores realizadas y los fines de las inversiones.

Posteriormente, se propone que una vez realizadas las labores se anoten observaciones en las ordenes de trabajo, luego de haber sido coordinadas, revisadas y aprobadas por el jefe de mantenimiento, las observaciones anotadas en órdenes de trabajo servirán de insumo para modificar si fuera necesarios los planes de mantenimientos, sean las frecuencias o el tipo de labor en función de la mejora continua de los procesos.

## **9. Análisis estructurado y categorización de los equipos de la planta Arkiplast Internacional S.A.**

En esta etapa del proceso se requiere una jerarquización de los equipos según la importancia de su función, es importante contar con un registro de los sistemas con los que se cuentan en la planta y una definición clara de los equipos que lo componen.

Cada uno de los equipos presentes en los distintos sistemas ocupa una posición distinta en el proceso industrial, además de contar con características propias que lo hacen diferente del resto, incluso de otros equipos similares.

Para optimizar los esfuerzos en el área de mantenimiento no es justificable el aplicar algún tipo de mantenimiento (correctivo, preventivo o predictivo) basado en las características de un conjunto de equipos similares.

Para una correcta aplicación del mantenimiento requerido en los distintos equipos de diferentes sistemas es necesario analizar una variedad de factores importantes como lo es el coste de la parada del equipo o sistema, su influencia en la seguridad y de esta forma determinar las tareas de mantenimiento más convenientes para cada equipo que no incurran en el uso de recursos a menos que sea verdaderamente necesario.

Es por esta razón que para una correcta organización del mantenimiento y posterior creación de un plan de mantenimiento de una planta se deben de realizar labores previas grandes y de suma importancia como lo es el estudio de cada uno de los equipos que la constituyen con cierto nivel de detalle o clasificación, para lo que se propone un árbol lógico de equipos en la planta.

## **9.1 Árbol lógico de equipos.**

Dentro de los primeros desafíos para un adecuado estudio de los equipos es de vital importancia el elaborar una lista ordenada de los equipos que hay en ella. Un simple listado de motores, bombas, sensores, y demás de la planta no es útil ni practica según el autor Santiago García Garrido en su libro organización y gestión integral de mantenimiento.

En la planta Arkiplast Internacional S.A. no se contaba con un listado detallado de los equipos ni una categorización adecuada de los mismos; por esta razón se inicia el proceso de conocimiento de los sistemas con la creación de una metodología de clasificación que permita ofrecer una lista de equipos estructurada que aporte información de los diferentes sistemas y equipos que lo componen, así como su ubicación física en la planta.

La codificación siguió un formato distinto al de la norma ISO 14224 pues la codificación usada permite identificar al equipo en su lugar físico y en el sistema al cual pertenece.

A recomendación del sistema de clasificación utilizado en la empresa Hidro Mantenimiento S.A. se procede a clasificar los activos de la planta de la siguiente manera en seis (6) niveles.

- **Nivel 1. Nombre de la Planta y Área Física:**

Este es el nivel más alto de clasificación de los equipos los cuales estarán atribuidos a la planta Arkiplast Internacional S.A. y cada una de las Áreas físicas en las que se subdivide la misma.

Tabla 34. Codificación de Áreas de Planta Arkiplast Internacional S.A.

Codificación de Áreas Planta Arkiplast Internacional S.A.	
Área.	Código.
<b>Nave 01</b>	AR01
<b>Nave 02</b>	AR02
<b>Nave 03</b>	AR03

Fuente: Elaboración propia MS Word.

- **Nivel 2. Sistema:**

Para este nivel se considera el conjunto de equipos que cumplen una tarea específica dentro del proceso productivo.

- **Nivel 3. Unidad Operativa:**

Este nivel de detalle se considera aquellas unidades que cumplen una parte específica del proceso productivo total de cada sistema considerado en el nivel anterior.

- **Nivel 4. Equipo:**

Es en este nivel de detalle que se identifican los elementos objetos del mantenimiento, estos son aquellos equipos unitarios que en conjunto caracterizan cada una de las unidades que conforman los sistemas.

- **Nivel 5. Parte de equipo.**

Nivel más bajo de análisis, en este nivel se clasificaron aquellas subpartes del equipo en estudio, es decir, cada componente que conforman un equipo, algunos pueden ser visibles mientras otros podrían estar no identificables a simple vista.

Una vez definidos los niveles del listado de activos requerido es importante la implementación de un sistema de codificación, esto para facilitar la identificación de los equipos, permitiendo que a partir de los niveles establecidos se genere un código único para cada equipo de los sistemas, de esta forma se puede diferenciar, por ejemplo, un motor eléctrico de otro únicamente observando su código.

Existen dos posibilidades de codificación de equipos (Garrido S. G., 2003):

- Sistemas de codificación no significativos: Son sistemas que asignan un número o un código correlativo a cada equipo, pero el número o código no aporta información adicional.
- Sistemas de codificación significativos o inteligentes, en el que el código asignado aporta información.

La ventaja del primer sistema de codificación es su simplicidad y brevedad del código, sin embargo, presenta la dificultad de ubicar una máquina a partir de su código, además de la dificultad de conocer qué tipo de equipo es por lo que hay que llevar una lista para una correcta relación entre un código y el equipo al que le pertenece.

Partiendo de los niveles identificados anteriormente se presenta el establecimiento de una metodología que permite representar el tipo de equipo, el sistema al cual pertenece y el lugar en el que se encuentra de la planta de una forma sencilla y precisa.

Esta metodología permite la identificación de los equipos actuales con los que se cuenta en la planta, además de funcionar de guía para la codificación de cualquier otro equipo que sea adquirido en la planta posteriormente.

El listado de equipos y las características mínimas requeridas según la norma ISO 14224 son cargados en el programa MP versión 9.

## 9.2 Formato de codificación de equipos.

El formato que sigue esta codificación es la siguiente:

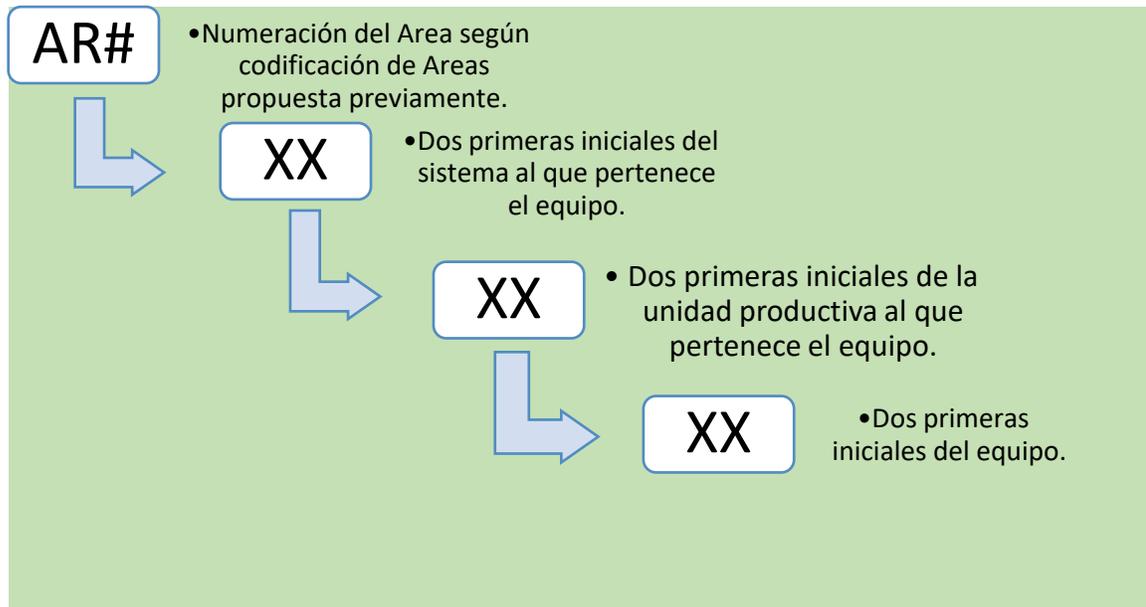


Figura 19. Metodología para codificación de equipos de la planta Arkiplast Internacional S.A.

Elaboración propia MS Word

A continuación, se muestran la codificación de los equipos.

### Líneas de producción de tablillas y molduras.

Cantidad total: 10 Líneas de producción.

Tabla 35. Metodología codificación Líneas de Producción.

Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Nivel 4	
Código	Planta	Código	Sistema	Código	Unidad Operativa	Código	Equipo
AR #	Arkiplast Internacional (#de planta)	LP #	Línea de Producción	EX	Extrusora	ME	Motor Eléctrico
						TM	Transmisión Mecánica
						PC	Panel de Control.
						VC #	Ventilador Centrifugo
				ME	Mesa Enfriadora	CL	Conjunto llaves de paso
						PC	Panel de Control.
				OR	Oruga	TR	Transmisión Mecánica
						VF	Variador de Frecuencia
						ME	Motor Eléctrico
						TR	Transmisión Mecánica
BA	Bandeja	UM	Unidad de Mantenimiento				
		FC	Final de Carrera				
		CN	Conjunto Neumático				

Fuente: Elaboración propia MS Excel.

### Codificación para Sistemas Auxiliares.

Existen 2 sistemas de Aire comprimido, 4 sistemas de Chiller y 2 Sistemas de vacío.

Tabla 36. Sistema de codificación para sistemas auxiliares.

Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Nivel 4	
Código	Planta	Código	Sistema	Código	Unidad Operativa	Código	Equipo
AR #	Arkiplast Internacional (#de planta)	SA	Sistemas Auxiliares	AC#	Sub Sistema de Aire Comprimido	MC	Motor Compresor.
						CT	Compresor de Tornillo.
						TA	Tanque de Presión.
						SA	Secador Aire
						RA	Red Aire
				CH #	(Chiller) Sub Sistema Refrigeración	BC #	Bomba Centrífuga.
						ME	Motor Eléctrico
						VE	Válvula de Expansión
						CF	Condensador Flujo Forzado
						COM	Compresor Frascool
						EV	Evaporador
						TE	Torre Enfriamiento
				SV #	Sub Sistema de Vacío	BV	Bomba de Vacío
						ME #	Motor Eléctrico
						TR	Transmisión Mecánica
						TE	Torre Enfriamiento
						PC	Panel de Control
				AE	Alimentación Eléctrica	DS	Deposito Separador
						TP	Tablero Principal
						TS #	Tablero Secundario
						TF	Transformadores de potencia

Fuente: Elaboración propia MS Excel.

### Sistemas mezcladores.

En la planta existen dos (2) sistemas

Tabla 37. Sistema de Codificación para sistemas de Mezcladores.

Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Nivel 4	
Código	Planta	Código	Sistema	Código	Unidad Operativa	Código	Equipo
AR #	Arkiplast Internacional (#de planta)	MX #	Mixer	MZ	Mezclador	ME	Motor Eléctrico
						CN	Conjunto Neumático
						TR	Transmisión Mecánica.
						PA	Paletas
				EN	Enfriador	ME	Motor Eléctrico
						RE	Reductor
						BC	Bomba Centrifuga
						PN	Pistón Neumático
				SL	Sistema llenado	RO #	Romana
						EV#	Electroválvulas
						BV	Bomba de Vacío
						PC	Panel de Control
				AE	Alimentación Eléctrica	PC	Panel de Control

Fuente: Elaboración propia MS Excel.

## Sistemas de Peletizadoras.

En la planta existen dos (2) líneas

Tabla 38. Sistema de codificación para líneas Peletizadoras.

Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Nivel 4	
Código	Planta	Código	Sistema	Código	Unidad Operativa	Código	Equipo
AR #	Arkiplast Internacional (#de planta)	PE #	Peletizadora	EX	Extrusora de Pellet	ME #	Motor Eléctrico
						TR	Transmisión Mecánica
						VC #	Ventilador Centrifugo
						MD	Molde
						CO	Cortadora
						RE	Reductor
				ZA	Zaranda	AB#	Abanico
						ME#	Motor Eléctrico
						TR	Transmisión Mecánica
						PC	Panel de Control
				AE	Alimentación Eléctrica	VC #	Ventilador Centrifugo
						TP	Tablero Principal
						TS	Tablero Secundario
TP	Banco de Transformadores Principales						
		TS	Transformadores secundarios.				

Fuente: Elaboración propia MS Excel.

### Sistemas varios categorizados como estaciones.

Tabla 39. Sistemas de codificación de las diferentes estaciones.

Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Nivel 4	
Código	Planta	Código	Sistema	Código	Unidad Operativa	Código	Equipo
AR #	Arkiplast Internacional (#de planta)	ES	Estaciones	CR	Cortadora de Rollo	ME #	Motor Eléctrico
						BH	Bomba Hidráulica.
						FE	Freno Eléctrico
						PC	Panel de Control
						PN	Pistón Neumático x2
						SP	Sensor de Proximidad X2
				TM	Transmisión Mecánica		
				LA	Laminadora de accesorios	ME #	Motor Eléctrico x5
						PC	Panel de Control
						VC #	Ventilador Centrifugo
						HS	Horno de Secado
				LT	Laminadora de tablilla	TR	Transmisión Mecánica
						BP #	Bomba Pegamento Neumática
						SP	Sensor de Proximidad X2
						FE	Freno Eléctrico
						PC	Panel de Control
						RC	Rodillos Calientes
						UM	Unidad de Mantenimiento
						TR	Transmisión Mecánica
				TP	Transformación de potencia	ME #	Motor Eléctrico
						TE	Transformador Eléctrico
				AC	Aire Acondicionado	CA	Cableado
						EV	Evaporador
						CO	Condensador
PI	Línea de pintura	RR	Red de Refrigerante				
		ME #	Motor Eléctrico x3				
		VC	Ventilador Centrifugo x2				
		BT	Bandas transportadoras				
		HO	Horno de Secado				
MS	Máquina de sello y brillo						

Fuente: Elaboración propia MS Excel.

### 9.2.1 Categorización de equipos a partir de su criticidad.

A raíz de que los recursos que tiene una empresa para mantener una planta son limitados, las empresas deben realizar un análisis para identificar aquellos equipos o sistemas de mayor importancia, esto con el fin de concentrar los recursos en los equipos que representan mayor peligro para la empresa cuando fallan, a este análisis se le conoce como análisis de criticidad el cual debe estar sujeto a criterios de evaluación que permita evaluar las fallas en los equipos desde diferentes perspectivas, para una selección objetiva de los sistemas críticos de la planta.

Se hace uso de la tabla de criticidad diseñada por el profesor Carlos Piedra Santamaría presentada en el curso de Administración de Mantenimiento I de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial, método basado en el criterio del profesional. Seguidamente, se evidencia el análisis de criticidad realizado, a nivel de sistemas:

Tabla 40. Resumen de análisis de criticidad de los sistemas.

Sistemas de la planta	Subsistema	Criterios								Puntuación
		A	B	C	D	E	F	G	H	
Línea Producción	1 Extrusora	1	1	1	3	0	2	2	2	12
	2 Mesa Enfriadora	0	1	1	2	0	2	1	0	7
	3 Oruga	1	0	1	3	0	2	2	2	11
	4 Bandeja	2	0	1	3	0	2	0	1	9
Sistema Auxiliar	5 Aire Comprimido	1	0	3	3	0	2	1	2	12
	6 Refrigeración (Agua helada)	0	1	2	3	0	2	2	2	12
	7 Sistema de Vacío	1	1	3	3	1	2	1	1	13
	8 Alimentación Eléctrica	3	0	3	3	3	3	2	1	18
Estaciones	16 Cortadora de Rollo	2	0	2	3	0	3	0	0	10
	17 Laminadora de Accesorios	2	0	2	3	0	3	0	0	10
	18 Laminadora de Tablillas	2	0	2	3	0	3	0	0	10
	19 Transformación de potencia	3	0	2	2	3	0	1	0	11
	20 Línea de Pintura	1	1	3	3	0	2	2	1	13
	21 Aire Acondicionado	0	1	0	0	0	0	1	1	3

Elaboración propia MS Excel

### **9.3 Análisis de los resultados obtenidos del análisis criticidad de los equipos.**

Los sistemas de Mixer y Peletizadora no son considerados en el análisis debido a que en este momento no se está haciendo uso de estos sistemas, esto porque se está comprando el Pellet fabricado y no la materia prima.

Los subsistemas considerados según el análisis como de alta criticidad son los siguientes:

1. Sistema de Alimentación Eléctrica.
2. Aire comprimido de sistemas auxiliares.
3. Sistema de refrigeración o de agua helada de sistemas auxiliares.
4. Sistema de Vacío.
5. Extrusora de las líneas de producción.
6. Línea de Pintura.

### **9.4 Análisis de Modos y Efectos de Fallas de los equipos.**

Para esta sección se realizan esfuerzos en la utilización de una adaptación de la metodología RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) por sus iniciales en inglés haciendo uso de su herramienta denominada Análisis de Modos y Efectos de las Fallas (AMFE) en los equipos, para el análisis de los modos de fallas o las formas en que estos sistemas podrían fallar, y en la búsqueda de una correcta aplicación que les permita la continuidad de las funciones requeridas por estos sistemas en la planta, pues esta herramienta de gestión es utilizada para identificar y cuantificar situaciones de peligro y colaborar en la propuesta y mejora de los Planes de Mantenimiento en el ámbito industrial.

La metodología usada tiene un principio analítico inductivo por lo que se escoge esta metodología al no contarse con registros históricos de los equipos productivos de la planta ni de las labores realizadas a lo largo de su ciclo de utilización, pues como se describe en el libro “Manual de Mantenimiento” del autor Alejandro J. Pistarelli el AMFE es una técnica de análisis “base cero” porque no tiene en cuenta solamente los fallos que se han manifestado alguna vez, sino que procura estudiar los que, aun no habiendo ocurrido, tienen cierta probabilidad de hacerlo, permitiendo adaptarse a la realidad que se presenta en la empresa, razón por la que se elige antes que los otros métodos de análisis de fallas.

## **9.5 Beneficios de aplicar la metodología.**

- Mejora la comprensión del funcionamiento de los equipos con los que se cuentan en la planta por una mayor cantidad de personas.
- Estudio de la posibilidad de fallo de un equipo y el desarrollo de los mecanismos que tratan de evitarlas.
- Contribuye a la elaboración de planes que permitan garantizar la operación de los equipos dentro de los parámetros marcados o definidos.

Para el análisis de los equipos de la planta se procede a realizar la subdivisión similar a la recomendada por la Norma Internacional ISO-14224, esta norma está adaptada a grandes equipos que se encuentran en la industria del petróleo y gas, debido a esto, se utiliza esta norma para la descripción de los límites o fronteras de análisis de los diferentes sistemas en estudio, así como también su nivel de análisis.

El diagrama de límites según esta norma deberá mostrar las subunidades y las interfaces con los equipos adyacentes, y posteriormente un cuadro resumen de los ítems que se les puede dar mantenimiento para cada una de las divisiones establecidas.

Según esta norma, la definición de los límites tiene como función asegurar que se tenga una idea clara de qué equipo se incluirá dentro de la frontera de un sistema particular para su análisis.

El ámbito de aplicación de la norma SAE JA-1011, está diseñado para ser utilizado por cualquier organización que tiene o hace uso de activos físicos que desea administrar de manera responsable como lo menciona textualmente esta norma, es utilizado normalmente para la evaluación de metodologías RCM por lo que se pretende abarcar los requisitos mínimos establecidos en esta normativa.

Como parte de estos criterios mínimos la norma especifica que para cualquier análisis basado en la confiabilidad se debe responder de manera satisfactoria y en el orden especificado las siguientes preguntas:

- a) ¿Cuáles son las funciones y los asociados patrones deseados de rendimiento del activo en su estado actual del contexto operativo (funciones)?
- b) ¿De qué manera se puede dejar de cumplir con sus funciones (fallas funcionales)?
- c) ¿Qué causa cada falla funcional (modos de falla)?
- d) ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla (efectos de falla)?
- e) ¿De qué manera cada falla sucede (consecuencias de las fallas)?
- f) ¿Qué debe hacerse para predecir o prevenir cada falla (tareas proactivas e intervalos de tarea)?
- g) ¿Qué debe hacerse si una tarea proactiva adecuada no puede ser encontrada (acciones por defecto)?

Este análisis tiene como propósito el poder identificar las políticas que deben implementarse para administrar los modos de falla que razonablemente tienen probabilidad de causar la falla funcional de cualquier activo físico en un contexto operativo dado.

El listado de los modos de falla según se establece en la norma, abarca a aquellos modos de falla que han ocurrido antes, los que están actualmente impedidos por los programas de mantenimiento existentes y modos de falla que aún no han sucedido, pero que son razonablemente probables en el contexto de operación.

Se hace uso de esta metodología porque incluso en las normas internacionales utilizadas se reconoce que los datos utilizados inicialmente pueden ser inherentemente imprecisos, pero que con el tiempo los datos más precisos estarán disponibles, es por esta razón que el proceso inicialmente establecido estará sujeto a revisiones periódicas para asegurar que los activos continúen cumpliendo las expectativas de funcionamiento de sus propietarios y usuarios.

Para una mejor clasificación de los modos de falla, se propone el hacer uso de un sistema de evaluación propuesto por el autor Lourival Augusto Tavares, para la realización del Análisis Modal de Fallas y Efectos, para cada modo se tienen tres clasificaciones que son: Frecuencia, Severidad y Detección, cada una de estas clasificaciones tienen una puntuación de tasa comprendida en un rango de 1 a 10; una vez clasificados adecuadamente cada uno de los fallos para cada una de estas clasificaciones, se tiene una criticidad del riesgo denominada RPN por sus siglas en inglés (Risk Priority Number), (ver capítulo de fundamentos teóricos).

Se deben atacar los problemas con RPN altos, así como aquellos que tengan una tasa alta de ocurrencia no importando si el NPR es alto o bajo.

La hoja de trabajo RCM utilizada para el análisis de los equipos clasificados previamente como críticos, es la mostrada a continuación, a la hoja de trabajo se le agrega la clasificación de la criticidad para clarificar la importancia y categorizar los distintos modos de falla que se pueden presentar en el sistema.

Antes de comenzar el análisis de los sistemas críticos se realiza una delimitación de las fronteras del análisis para cada uno de ellos, donde se evidencia hasta qué punto se abarca el análisis para cada uno de los sistemas, en esta parte se hace uso de la norma ISO 14224 para la delimitación de las fronteras como se mencionó previamente.

Tomando como ejemplo al sistema de Refrigeración o de generación de agua helada se tiene que la delimitación de las fronteras es de la siguiente manera:

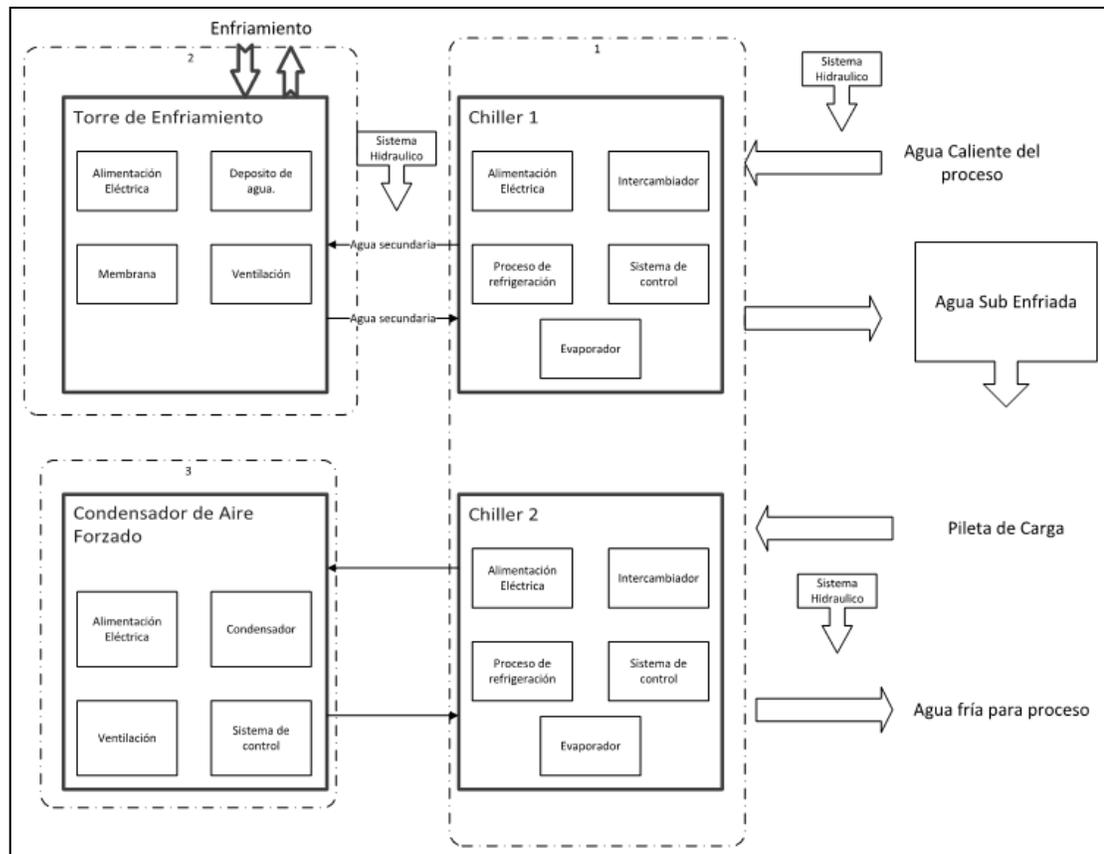


Figura 20. Ejemplo de la metodología para delimitación de frontera.

Elaboración propia MS Visio.

En la imagen anterior se evidencia la metodología de delimitación frontera en el que se divide el sistema de refrigeración de la planta, al presentarse equipos similares como lo son los enfriadores o "chiller" se realiza un solo plan de mantenimiento preventivo para ambos, sin embargo, se establecen las funciones y parámetros específicos para cada uno de estos.

Una vez delimitados los límites frontera de los sistemas se deben de enlistar los componentes mantenibles que componen a cada una de las subdivisiones que se hagan a cada frontera establecida del sistema, esto permite clarificar en qué componente mantenible se puede presentar el modo de falla y de esta forma atacarlo de una manera eficaz. A continuación, se ejemplifica la forma en que se realiza esta subdivisión de los sistemas:

SISTEMA DE ESTUDIO	Sistema de Refrigeración (1) con Torre de Enfriamiento (Agua helada)			
Unidad Operativa	Chiller	Torre de Enfriamiento	Evaporador	Sistema de hidráulico
<b>Componentes mantenibles</b>	Compresor Frascool Armazón Refrigerante Tubería de Cobre Filtros Secadores Vista Refrigerante Panel de Control Intercambiador Manómetro Refrigerante Termostato Presostato	Cuerpo Membrana Motor Abanico Aspas de Abanico Deposito de agua	Indicador de baja presión Indicador de alta presión Válvula de Expansión	Bomba Centrífuga Tubería de agua

Figura 21. Subdivisión del sistema en componentes mantenibles usado según norma ISO 14224.

Elaboración propia MS Excel.

Cuando se alcanza este nivel se procede a completar las hojas de trabajo RCM en conjunto con operadores, técnico y jefes tanto del área de producción como de mantenimiento con el propósito de reducir el paro inesperado de los equipos y la prevención de los posibles modos de falla identificados.

El formato utilizado se presenta a continuación:



**HOJA DE TRABAJO RCM**

Página 1 de 1

Realizó: Equipo de trabajo

Coordinador: José Daniel Méndez Rojas

Revisión: Jefe de Mantenimiento.

Fecha: 28/09/2018

Empresa ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.

Sistema LINEAS DE PRODUCCION **CÓD** AR1-LP#

**Sub-Sistema** Extrusora **CÓD** AR1-LP#-EX

FUNCION	FALLA FUNCIONAL	SUBPARTE	MODO DE FALLA	Frecuencia	CAUSA	Detección	EFECTO	Severidad	NPR	Acción Recomendada
---------	-----------------	----------	---------------	------------	-------	-----------	--------	-----------	-----	--------------------

Figura 22. Formato de hoja de trabajo para el Análisis de Modos y Efectos de Fallos en equipos.

Fuente: Elaboración propia MS Excel.

Este tiene una casilla inicial en la parte izquierda que permite la numeración de las diferentes funciones que se establecen para la unidad en estudio, estas funciones requieren de una definición previa de los índices de funcionamiento, se tiene que tener claro en este punto que no es posible aumentar la capacidad que tiene un equipo mucho más allá de sus características de diseño, no existe un mantenimiento capaz de alcanzar el requerimiento y en este caso la única solución es el sustituir el equipo con una capacidad de diseño mayor o igual a la requerida por el-usuario.

En la casilla de Falla funcional, estas son enlistadas con letras del alfabeto desde A hasta la Z, esto para cada una de las funciones, en la casilla de sub-parte se evidencian los componentes mantenibles de las subdivisiones realizada, se debe tener claro que una falla funcional significa que el activo no está siendo capaz de realizar la función requerida o por debajo de los parámetros establecidos requeridos en la casilla de los modos de falla se cuenta con una numeración para enlistarlos, es decir, cada modo de falla tiene un número propio, y además se cuenta con una casilla adicional la cual tipifica el modo de falla según se presente este de la siguiente manera:

Tabla 41. Tipología para clasificar el tipo de modo de falla

Tipo de modo de falla	
I	Interno
E	Externo

Fuente: Bibliografía del curso Mantenimiento I Escuela Electromecánica TEC, profesor Luis Gómez

Donde los modos de falla Internos son aquellos producidos debido a un desgaste anormal de los componentes y tienen relación directa con los equipos físicos mientras que los externos pueden ser errores humanos, de diseño o de sistemas externos al analizado.

En la columna de “Causas” se tiene tres espacios en donde se deben anotar las posibles hipótesis que se tengan de las causas que tienen posibilidad de llevar la unidad a un modo de falla identificado.

La siguiente columna es la relacionada con el efecto del modo de falla para el cual se clasifica de la siguiente forma, y además escribir en prosa el efecto que produce el modo de falla analizado.

Tabla 42. Tipos de Efectos de los modos de falla

<b>Tipos de efectos</b>	
1	La seguridad de las personas
2	El medio ambiente
3	La eficiencia de la producción
4	Las pérdidas del producto
5	La calidad del producto
6	La propia máquina

Fuente: Bibliografía del curso Mantenimiento I Escuela Electromecánica TEC, profesor Luis Gómez

El NPR se evalúa en la hoja de trabajo de la forma que se estableció anteriormente.

La parte final de la hoja de trabajo es la columna de acción proactiva, para cada una de las acciones proactivas se presenta una columna para la numeración de ésta, un número para identificar el tipo de labor proactiva escogida y posteriormente se escribe en prosa la acción proactiva, tomando como base el árbol lógico de decisiones.

A continuación, se presenta la tabla utilizada para tipificar las labores proactivas.

Tabla 43. Clasificación de tipos de acciones proactivas.

<b>Tipos de acción proactiva</b>	
0	Se definirá posteriormente
1	Inspección de mantenimiento predictivo
2	Inspección de mantenimiento preventivo
3	Procedimiento de operación administrativo (Control visual, capacitación al personal)
4	Trabajo de rediseño (Rotulación, aviso, cambio)
5	Dejar fallar. Trabajo de mantenimiento. Correctivo.

Fuente: Bibliografía del curso Mantenimiento I Escuela Electromecánica TEC, profesor Luis Gómez

Las acciones proactivas son el insumo principal para la elaboración de los planes de mantenimiento preventivo de los equipos, estos son básicamente la solución más factible para la disminución de la incidencia de los modos de falla analizados, cada modo de falla deberá estar asociado por lo tanto a una acción proactiva siempre y cuando sea factible de realizarse y que dé lugar al objetivo específico para la disminución de la probabilidad de ocurrencia del modo de falla, por esta razón los modos de falla clasificados como de mayor riesgo son los que requieren con mayor importancia una acción proactiva que permita su disminución, cuando no es posible el poder definir una tarea de prevención de la falla, se utiliza la casilla numerada con el número cinco (5), Dejar fallar, que implica la realización de una tarea correctiva o un trabajo de rediseño.

## **10. Manuales de Mantenimiento Rutinario Preventivo y Predictivo.**

### **10.1 Introducción a los planes de mantenimiento rutinario.**

El plan de mantenimiento es un documento que contiene el conjunto de tareas de mantenimiento programado que se deben de realizar en una planta a los equipos para asegurar el mayor tiempo operativo de los mismos y fomite a la disminución de las fallas funcionales que podrían ocurrir.

Se debe tener claro que los planes de mantenimiento son documentos vivos o activos, se considera de esta forma debido a que no es un documento estático y definitivo, es decir, los planes de mantenimiento desde su creación son documentos que sufren de continuas modificaciones, debido al análisis de los resultados de las incidencias que se van presentando en la planta en su proceso productivo y durante el tiempo de aplicación de las tareas propuestas.

Según menciona el autor Santiago Garrido, la elaboración del plan de mantenimiento debe atravesar una serie de fases iniciales, de las que se mencionan la descomposición de la planta en áreas, la descomposición de los sistemas productivos y equipos, así como el listado y codificación de estos (Garrido S. G., 2003).

## **10.2 Objetivo de los planes de mantenimiento rutinario.**

Con la creación de planes de mantenimientos para los equipos se pretende fomentar a un cambio en la metodología de los trabajos realizados actualmente en la planta, donde se fomente el registro de las actividades y observaciones encontradas en los diferentes equipos, lo cual servirá como un insumo para la toma de decisiones para las modificaciones pertinentes de los planes de mantenimiento establecidos inicialmente, teniendo como objetivo principal en todo momento el ajustar las frecuencias y forma de realizar las labores que permita una continuidad y mayor confiabilidad y disponibilidad operacional de los equipos analizados a partir del comportamiento de los mismos.

Se tiene que tener claro que con la realización de planes de mantenimiento planificado no se busca eliminar la necesidad de realizar labores correctivas, esto debido a que el proceso de análisis preventivo debe extenderse a todos los equipos productivos ya que se cuenta con equipos en la planta que no están directamente relacionados con las producciones como lo son Aires Acondicionados e instalaciones administrativas, además de aquellas fallas que podrían darse debido a un error humano como lo es una mala operación de los equipos.

### 10.3 Formato inicial utilizado.

Los planes son establecidos inicialmente en un formato en MS Excel de forma estandarizada, pero con un enfoque que permita la fácil implementación de estos en el Sistema Informático de Mantenimiento como lo es el MP versión 9.

Para este formato inicial de los planes se utiliza la siguiente nomenclatura para los encabezados de las columnas principales de las labores.

Tabla 44. Nomenclatura usada en manuales

Nomenclatura usada en manuales.	
FRE	Frecuencia
DET	¿Hay que detener el equipo?
DUR	Duración
ENC	Personal encargado
TIP	Tipo de Mto. MP=Mantenimiento Preventivo MPd= Mantenimiento Predictivo. MC= Mantenimiento Correctivo

Fuente: Elaboración propia MS Excel.

Para cada una de las actividades se debe de identificar la sub-parte específica del equipo a la que se le debe de realizar la labor, a continuación, se evidencia el formato utilizado para los diferentes planes de mantenimiento establecidos.

En la casilla “DET” las posibles clasificaciones son “Sí” para los casos en los que la inspección requiere que el equipo se encuentre detenido para la realización segura de la misma, y “No” para aquellas inspecciones que no requieren que el equipo se mantenga en funcionamiento para la correcta realización o comprobación de la inspección.

ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A. MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
Equipo: Secador de Aire		Código: AR1-SA-AC01-SA		Hoja: 3 de 3		
No	Inspección	FRE	DET	DUR	ENC	TIP
	Sub Parte: Alimentación Eléctrica.					
1	Verificar la conexión del cableado que se encuentre integro. Reportar	2M	Si	10	T	MP

Figura 23. Formato empleado para la realización de los manuales de mantenimiento preventivo de los equipos.

Fuente: Elaboración propia MS Excel.

Como se evidencia en la imagen anterior, se realiza un manual de mantenimiento preventivo donde se identifica el equipo, así como su código característico, esto para facilitar la identificación y ubicación exacta del equipo dentro de la planta, cada una de las actividades está numerada con un consecutivo para cada uno de los equipos analizados, esto se observa en la columna denominada con “No” de los manuales.

Para la correcta definición de las inspecciones están deben de contener un Verbo, la descripción de la tarea, el objeto al que se le realiza la labor, un estándar del objetivo que se requiere alcanzar al realizar la inspección o labor y finalmente se escribe la acción por realizar.

Se debe recalcar que en la columna denominada “FRE” referida a la frecuencia es establecida de forma cronológica, en la siguiente tabla se evidencia la nomenclatura usada en los manuales para caracterizar cada una de las frecuencias de las inspecciones.

Tabla 45. Código usado en los manuales para la frecuencia de las inspecciones.

<b>Código</b>	<b>Detalle</b>
A	Anual
2A	Cada 2 años
6M	Semestral
3M	Trimestral
2M	Bimensual
M	Mensual
S	Semanal
D	Diaria

Fuente: Elaboración propia MS Excel.

En la columna “DUR” referente a la duración de cada una de las inspecciones se establece el tiempo promedio aproximado para la realización de cada una de éstas, establecidas en minutos, para el establecimiento de estas duraciones se consideró la recomendación de los operarios, técnicos e ingenieros que han realizado la labor o que deben de realizarlas según los tiempos que consideran adecuado para la realización dependiente del tipo de inspección y su nivel de complejidad.

En la casilla “ENC” referente al encargado o encargados de la realización de la inspección se tienen las siguientes categorías.

Tabla 46. Codificación utilizada para los recursos humanos

<b>CODIGO</b>	<b>DETALLE</b>
T	Técnico Eléctrico Mecánico
OP	Operador
IC	Coordinador Programación

Fuente: Elaboración propia MS Excel.

#### **10.4 Acciones en pro del mantenimiento autónomo.**

Tomando como referencia la tabla anterior algunas de las labores que no requieren de un nivel técnico especializado podrían ser realizadas por operadores de producción, esto como parte de la integración de uno de los pilares del mantenimiento productivo total (TPM) denominado mantenimiento autónomo, el cual permite que algunas labores menores sean realizadas por personal operario y de esta forma contar con mayor tiempo para la realización otras labores técnicas por parte de los técnicos especializados de las diferentes áreas, esto para fomentar el buen funcionamiento de los equipos y otorgar un mayor sentido de pertenencia a los usuarios de los equipos los cuales son los que tienen claro el funcionamiento de estos.

Para fomentarlo se establecen labores que deben ser realizadas por el personal operario dentro de los manuales de mantenimiento preventivo, los referentes a limpiezas menores e inspecciones visuales que no requieren de una elevada formación técnica.

## 10.5 Costo de Mano de obra para la realización de los planes de mantenimientos rutinarios propuestos.

## 10.6 Consideraciones para el presupuesto.

A partir de los manuales de mantenimiento preventivo previamente desarrollados se realiza un análisis del costo que implica su realización, para lo cual se utilizaron los siguientes valores para establecer el costo del personal requerido para cada una de las tareas.

Tabla 47. Estimación del Salario de los recursos humanos

Personal	salario bruto	Cargas sociales	Costo Cargas	Total salario+cargas sociales	Salario Diario	Costo Hora
OP	₺ 416.437,00	52,04%	₺ 216.713,81	₺ 633.150,81	₺ 21.105,03	₺ 2.638,13
T	₺ 856.125,00	52,04%	₺ 445.527,45	₺ 1.301.652,45	₺ 43.388,42	₺ 5.423,55
IC	₺ 1.233.200,00	52,04%	₺ 641.757,28	₺ 1.874.957,28	₺ 62.498,58	₺ 7.812,32

Elaboración propia MS Excel.

Además, se consideran los siguientes costos para las labores de mantenimientos preventivos especializados.

Tabla 48. Resumen de costos para trabajos especializados de mantenimiento predictivo

Trabajo de mantenimiento predictivo	Costos implícitos.
Hora de termografía	₺80.000
Cada punto de análisis de vibraciones	₺6.500
Por análisis de aislamiento	₺25.000

Elaboración propia Fuente: Costos que se manejan en la empresa Hidro Mantenimiento S.A.

## 10.7 Formato utilizado para el análisis de costo de Mano de Obra.

A partir de estas consideraciones y según el tiempo estimado para la realización de las diferentes tareas propuestas se procede a realizar el análisis económico para cada uno de los manuales propuestos. De la siguiente forma:

Tabla 49. Formato utilizado para presupuestar la Mano de Obra de los manuales.

<b>HOJAS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>																		
Sistema:		Sistema de Refrigeración																
Subsistema:		Condensador de Flujo Forzado																
Acción proactiva	Frecuencia										Tiempos		M.O Requerida y costo estimado con cargas sociales					
	Diaria	Semanal	Bisemanal	Mensual	Bimensual	Trimestral	Semestral	Anual	Bi Anual	Minutos	Horas	Técnico		Operador		Ingeniero		
	360	52	26	13	6	4	2	1	0.5			Costo/Hora	Total	Costo/Hor	Total	Costo/Hora	Total	
Verificar el funcionamiento adecuado de los ventiladores del condensador que funcionen en paralelo. Reportar		52								5	0,08	₺ 5.424	₺ 23.502	₺2.638		₺ 7.812		
Inspeccionar ajuste e integridad de las conexiones eléctricas del condensador, deben estar aisladas en su totalidad y estar fijas en sus conexiones. Corregir o Socar.			26							5	0,08	₺ 5.424	₺ 11.751	₺2.638		₺ 7.812		
Revisar integridad del serpentín del condensador debe estar libre de fugas o deformaciones. Reportar							2			10	0,17	₺ 5.424	₺ 1.808	₺2.638		₺ 7.812		
Verificar la no presencia de polvo, grasa, aceite o humedad en el serpentín del condensador y cuerpo. Realizar una limpieza completa.				13						20	0,33	₺ 5.424	₺ 23.502	₺2.638		₺ 7.812		
Realizar limpieza de las aspas del ventilador del serpentín hasta que se encuentren libres de suciedad (polvo, aceite, humedad)						4				20	0,33	₺ 5.424	₺ 7.231	₺2.638		₺ 7.812		
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	₺	67.794,40	<b>TOTALES PARCIALES</b>										₺	67.794,4	₺-		₺-	

Elaboración propia MS Excel.

## 10.8 Costo total de Mano de Obra para la realización de los manuales de mantenimientos rutinarios para 1 año.

Para lo que se obtiene un valor del costo de la implementación de los manuales de mantenimientos preventivos propuestos de ₡5.140.752,52 (cinco millones ciento cuarenta mil setecientos cincuenta y dos colones con cincuenta y dos céntimos).

## 10.9 Listado de repuestos mínimos requeridos para la realización del mantenimiento preventivo propuesto.

Tabla 50. Listado de repuestos para los planes de mantenimiento preventivo Arkiplast Internacional S.A.

REPUESTOS REQUERIDOS PARA LOS PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.				
Repuesto/Consumible	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Costo Total
Fajas Vbelt B-63	₡7.500	Unidad	3	₡22.500
Aceite SAE 30	₡2.000	Litro	5	₡10.000
Refrigerante 134a	₡47.000	Galón	1	₡47.000
Filtro Aire Comprimido TU-15F MARCA JMEC	₡12.000	Unidad	2	₡24.000
Fitineria de tubería de Aire Comprimido.	₡55.000	N/A	1	₡55.000
Refrigerante R32	₡23.675	Galón	1	₡23.675
Válvula expansión para chiller	₡6.330	Unidad	2	₡12.660
Roles 6203ZZ	₡2.204	Unidad	1	₡2.204
Roles 6204ZZ	₡4.500	Unidad	1	₡4.500
Rodamientos para bomba de vacío	₡21.000	Unidad	2	₡42.000
Breaker 30 A trifásico	₡84.948	Unidad	1	₡84.948
Limpiador Dieléctrico	₡7.432	Unidad	10	₡74.320
Contactador trifásico 210 V	₡38.000	Unidad	1	₡38.000
Penetrante WD 40	₡9.521	Galón	12	₡114.252
Termocuplas de 1/4	₡4.920	Unidad	100	₡492.000
Estados solidos 24 Voltios	₡5.000	Unidad	10	₡50.000
Ventilador pequeño para cañones 65	₡122.000	Unidad	1	₡122.000

**REPUESTOS REQUERIDOS PARA LOS PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.**

<b>Repuesto/Consumible</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Total</b>
Ventilador grande para cañones 85	¢133.000	Unidad	1	¢133.000
Relé térmico metasol	¢24.000	unidad	10	¢240.000
Transformador de 240 a 12 Voltios	¢12.000	Unidad	2	¢24.000
Filtros para máquinas 80x25	¢25.000	Unidad	5	¢125.000
Filtros para maquina 45x40x80	¢15.000	Unidad	5	¢75.000
Fajas de transmisión B-97	¢4.693	Unidad	40	¢187.720
Fajas de transmisión B-78	¢3.682	Unidad	40	¢147.280
Polea 18" B-38	¢20.000	Unidad	2	¢40.000
Polea 4" B-34	¢18.000	Unidad	2	¢36.000
Resistencia circular 120x125	¢36.000	Unidad	8	¢288.000
Resistencia circular 96x145	¢32.000	Unidad	8	¢256.000
Resistencia rectangular moldes 140x380x90	¢17.200	Unidad	8	¢137.600
Resistencia rectangular moldes 100x120x90	¢19.368	Unidad	8	¢154.944
Contactador trifásico 220 V para resistencias	¢18.000	Unidad	10	¢180.000
Contactador shinlin SP-11 220V 3KW	¢6.000	Unidad	20	¢120.000
Rodamiento 6311ZZ	¢14.323	Unidad	10	¢143.230
Rodamiento 6310ZZ	¢12.500	Unidad	10	¢125.000
Aceite de transmisiones	¢3.750	litro	19	¢71.250
WPC	¢3.674	Unidad	52	¢191.048
Tornillo tuerca y arandela 25x120mm	¢7.000	Unidad	30	¢210.000
Muñonera parche 1"	¢4.394	Unidad	2	¢8.788
Toma para resistencias 220 V twin 85	¢4.500	Unidad	24	¢108.000
<b>TOTAL</b>				<b>¢4.220.918,50</b>

De los que resulta un costo total de ¢4.220.918,50 (cuatro millones doscientos veinte mil novecientos dieciocho colones con cincuenta céntimos de colón).

## 10.10 Acciones recomendadas.

- a. Se establece una forma estandarizada para la limpieza de los moldes por ser uno de los contribuyentes importantes en el no alcance de las metas productivas por ser una de las labores que representan el mayor número de paros en las líneas de extrusión.

Tabla 51. Proceso de limpieza de molde de extrusión.

#	Acción	Duración.
1	Uso del equipo de seguridad (gafas de seguridad, guantes de tela)	10 min
2	Se apagan las (2 o 4) resistencias cuadradas del molde y espere. (En este tiempo se debe de traer la mesa móvil de trabajo)	20 min
3	Aflojar los 4 tornillos de sujeción del molde	5 min
4	Se trasladan las 2 partes externas del molde a mesa móvil de trabajo.	1 min
5	Se hace soplado de las impurezas con pistola de aire comprimido	2 min
6	Se realiza limpieza de cada uno de los dientes y ranuras con lija #600 y cuchillas metálicas de limpieza	15 min
7	Se realiza un soplado final con pistola de aire comprimido	2 min
8	Se vuelve a colocar las partes móviles del molde y se atornillan nuevamente	10 min
9	Se encienden las resistencias eléctricas y se espere (En este tiempo recoja las herramientas y regrese la mesa móvil a su lugar establecido).	40 min
10	Encienda nuevamente el motor y verifique que el material salga con los parámetros de calidad y sin defectos debidos a suciedad del molde	5 min

Elaboración propia MS Word.

A esta propuesta se le deben agregar fotografías las cuales no son mostradas en este proyecto, pero debe disponerse en un lugar visible para los operarios encargados de realizar dicha labor.

Las desviaciones a estos tiempos deben registrarse para un mejor control y evaluación de propuestas de mejora.

- b. Se propone realizar mezcla entre materia prima reciclada y materia nueva en una proporción de (70%-30%), para fomentar la disminución de la necesidad de limpieza en los moldes y filtros, esta proporción es utilizada en otras empresas internacionales que realizan este proceso, además se debe de tener la precaución de que el material que va para el proceso de picado esté libre de contaminantes como polvo, aceite o cualquier otro agente externo, se propone limpiar las piezas y cuchillas de la picadora antes de procesarse un nuevo lote de materia prima a reutilizar.
- c. Se recomienda la estandarización de la utilización adecuada de las extrusoras y capacitación a los operarios para ampliar el conocimiento de estos en temas técnicos que les permita identificar acciones de mejoras en los procesos y en el análisis prevención de posibles modos fallas.
- d. Se debe de presupuestar un tratamiento químico de la dureza del agua utilizada en torres de enfriamiento, ya que esto supondría la reducción de frecuencias de limpieza de estas y una menor probabilidad de falla en la bomba de vacío.

## **11. Control de bodegas.**

En la planta se cuenta con una bodega de suministros la cual cuenta con repuestos, consumibles y herramientas, para esta bodega existe un programa informático en el cual se lleva control de las nuevas adquisiciones y la salida del material, además se tiene un código para cada uno de estas, sin embargo, se tiene la problemática de que no es posible identificar el equipo al que se le atribuyen los consumibles o repuestos solicitados pues todos son cargados a un solo conjunto denominado "Mantenimiento", en este conjunto se incluyen además materiales usados en proyectos como lo es ampliaciones o mejoras en las instalaciones.

Se da el caso en el que se requiere una herramienta, el operador o técnico se dirige a la bodega y aunque se tiene conocimiento de que la empresa cuenta con la herramienta requerida, ésta no se encuentra en el lugar establecido, debido a la falta de control de solicitudes y devoluciones de la herramienta prestada previamente, se tiene un alto porcentaje de herramientas perdidas según indica el encargado de bodegas.

### **11.1 Manejo de las herramientas.**

Como se mencionó anteriormente, en la empresa se cuenta con un sistema informático que lleva el registro de la compra de herramientas y el inventario de estas.

Para tener un mayor control del préstamo de herramientas, se propone un formato en el cual se evidencia la fecha en que se hace la solicitud de una herramienta, la persona solicitante y su firma correspondiente, las últimas dos casillas son llenadas una vez que el solicitante devuelve la herramienta a la bodega en donde el bodeguero se encargara de anotar la fecha del ingreso de la herramienta y firma el visto conforme para el reingreso y colocación de la herramienta en su lugar correspondiente.

El formato propuesto se muestra a continuación:

		Control de herramientas					
Fecha	Código	Descripción	Solicitante	Firma Solicitante	Fecha devolución.	Firma de bodeguero	Observación

Figura 24. Formato propuesto para el control de herramientas.

Fuente: Elaboración propia MS Excel.

## 11.2 Manejo de los repuestos.

Para el inventario de los repuestos también se cuenta con un sistema informático que lleva el control de los repuestos comprados y el inventario de los mismos, sin embargo, todos los repuestos que salen de bodega son cargados a una sola cuenta denominada “Mantenimiento” imposibilitando el poder atribuir a qué equipos se les debe atribuir este repuesto, se propone hacer uso de un documento que permita evidenciar y controlar el destino que tendrá el repuesto o consumible cuando sale de bodega y de esta forma cuantificar el costo que implica el mantenimiento de un determinado equipo de una forma más exacta, y además llevar un control de cuales equipos cuentan con repuestos nuevos y la frecuencia de falla de este al utilizarse en el equipo.

El documento propuesto para este control en la bodega es el mostrado a continuación:

		Control de consumo de repuestos				
Fecha de uso	Código del repuesto	Descripción	Cantidad	O.T.	Destino (Equipo en el que se utilizará)	Código del equipo

Figura 25. Formato propuesto de control de repuestos y consumibles

Elaboración propia MS Excel.

### **11.3 Propuesta de cinco ese.**

Aunque en las bodegas de suministro se tiene orden y un lugar establecido para cada uno de los artículos comprados y registrados en el sistema informático, se propone las bases para la futura implementación de la metodología 5S (pilar del TPM o trabajo productivo total) para las distintas áreas de la planta, tomando como base la propuesta del autor Julio Carvajal Brenes (Brenes, 2014).

Para el adecuado cumplimiento de esta metodología se debe definir un plan de acción como lo menciona el autor, educar a un grupo de trabajo, evaluar el área de trabajo, iniciar la implementación de las 5S, y finalmente, medir los resultados. Para estas funciones se propone sea realizado por el coordinador de salud y seguridad ocupacional que será el denominado coordinador de las 5S, en conjunto con el coordinador de programación y el coordinador de control de calidad.

Para facilitar la implementación de la metodología a los encargados de la implementación de esta metodología se proponen a utilizar las guías de evaluación de la puesta en marcha propuesta por el autor mencionado anteriormente. (Ver anexo 2)

Estas guías funcionan de referencia para facilitar la discusión acerca de tareas que necesitan ser ejecutadas durante la puesta en marcha y sostenimiento de las 5S.

A continuación, se establecen algunas propuestas para facilitar la implementación futura de una adecuada metodología de trabajo 5S.

#### **Para la S de Organización.**

Para esta primera etapa de la metodología, el grupo de trabajo seleccionado debe de realizar un recorrido por su área específica de trabajo, (los encargados de la implementación deben elegir los responsables de las respectivas áreas).

Posteriormente, cada individuo del grupo de trabajo camina a través de su área de responsabilidad y va tocando físicamente cada objeto y a cada uno de estos se le asignara una etiqueta de colores, se propone la siguiente clasificación de colores según el cuestionamiento respecto del propósito de ese objeto en el área.

- Sin etiqueta: Considerados como necesarios en el área, tienen un propósito definido.
- Etiqueta Roja: No tiene un propósito definido, no es necesario o es peligroso.
- Etiqueta Amarilla: Cuando no se tiene claro su propósito (estos deben de enlistarse y cuestionarse con el grupo acerca de su propósito).
- Etiqueta Verde: Si es un artículo sin propósito para el área, pero pertenece a otra área (por ejemplo, herramientas, repuestos, consumibles), estos deben enlistarse y disponerse en su respectiva área.

#### **Para la S de Organización.**

Para esta S se propone realizar pizarras con sombra para el área de taller de moldes y en ensamblaje de puertas para la disposición de las herramientas de uso frecuente, como lo son las herramientas para limpieza y desmontaje de los moldes de extrusión.

#### **Para la S de Limpieza.**

Para esta S se propone la elaboración de lista de todas las actividades de limpieza que se deben de concretar diaria o semanalmente para cada una de las áreas. Para este primer alcance se propone el listado de tareas de limpieza para algunas áreas. (Se muestran en anexo 3)

#### **Para la S de estandarización.**

Para este aspecto se propone hacer uso de la codificación propuesta previamente para los diferentes equipos productivos, ya que facilita su ubicación física dentro de la planta, y permite identificar a que sistema pertenece.

Con respecto a las máquinas herramientas, consumibles y repuestos se propone la siguiente codificación. Como se mencionó anteriormente en este proyecto, cuando se ingresa un nuevo artículo en bodega de suministro, la herramienta informática le dispone de un código característico, sin embargo, este no suministra suficiente información del artículo, por lo que queda a consideración del bodeguero su clasificación y disposición en bodega, este cuenta con capacidades técnicas para esta labor, sin embargo, esta metodología precede un proceso de estandarización por lo que se hará uso de una clasificación que será incluida antes del código suministrado por la herramienta informática.

- **Equipo de Protección Personal = (EPP)**

Clasificados en esta categoría aquellos artículos comprados para el uso del personal, cuyo fin es el proteger la integridad del personal para la realización de las diversas tareas.

- **Herramientas mayores = (HMA)**

En esta categoría entran todas aquellas herramientas (o activos) que requieran de mantenimiento para su uso o que tengan un costo mayor a los ₡50 000 (cincuenta mil colones).

- **Herramientas Menores = (HME).**

En esta categoría se tendrán aquellas herramientas (o activos) que no requieren mantenimiento ni uso de consumibles, su daño justifica su reposición con uno nuevo y que tengan un costo menor a los ₡50 000 (cincuenta mil colones).

- **Consumibles = (CON)**

Son aquellos artículos que se compran para alguna herramienta (Mayor o Menor) debido al desgaste por su utilización normal o para utilización en labores preventivas como limpiezas, artículos de oficina.

- **Repuestos = (REP)**

Esta categoría será utilizada para aquellos artículos que son comprados para ser sustituidos en algún equipo productivo.

Se hace la clasificación de todos los artículos ingresados en la bodega de suministros, sin embargo, su listado no es presentado en este proyecto por políticas de privacidad de la compañía.

Debido a que la S de Disciplina contempla aspectos de seguridad personal y requerimientos mínimos de protección contra incendios entre otras, será el encargado de la implementación de la metodología quien abarque este aspecto en su totalidad al ser una persona profesional en esta área.

## **12. Sistema informático de Mantenimiento asistido por computadora, complemento de un mantenimiento inteligente.**

### **12.1 Introducción a los sistemas informáticos de mantenimiento.**

Según se especifica en el libro “Manual de Mantenimiento” del autor Alejandro J. Pirelli antes de elegir un sistema informático, debe analizarse el modelo de gestión vigente para comprender lo que necesita la empresa y a partir de esto seleccionar un sistema informático.

Por lo tanto, se debe iniciar por identificar las necesidades del modelo de gestión propuesto para la toma de decisión respecto a la escogencia del programa.

### **12.2 Objetivos de un sistema informático de mantenimiento.**

El objetivo general del sistema es proporcionar un medio de análisis para la optimización de la gestión y ayuda en la toma de decisiones estratégicas, tácticas y operativas.

Además, se tienen objetivos particulares como lo son:

- Ayudar a la programación de las tareas de mantenimiento.
- Facilitar la mejor utilización de los recursos, generando proactivamente avisos para la correcta gestión de estos.
- Optimizar y priorizar con base en históricos y a riesgos de las actividades del mantenimiento, buscando la eficiencia y eficacia de su aplicación.

Se identifica que el programa MP cumple con estas expectativas y las necesidades del modelo de gestión propuesto, además permite la realización y seguimiento de documentación de apoyo para las labores rutinarias y no rutinarias.

### **12.3 Herramienta de programación MP versión 9.**

El MP es una herramienta de programación de mantenimiento de origen mexicano.

En la empresa Hidro Mantenimiento (empresa que gestiona actualmente el proceso de la planta) se cuenta con el programa MP versión 9, se hace la sugerencia por parte de la gerencia de integrar este sistema al modelo de gestión, en un inicio se observa como una limitante al tener que adaptarse a un sistema informático establecido, sin embargo, una vez que se hace la propuesta de gestión de mantenimiento se identifica que se deben realizar esfuerzos para el manejo y registro de los datos generados en las labores diarias de mantenimiento, pero que además permita un análisis y manejo de estos datos para la toma de decisiones.

Partiendo de esto, se realiza un estudio de los módulos y funciones que tiene esta herramienta informática, y se evidencia la posibilidad de adaptarla a los requerimientos de la nueva propuesta de la gestión de labores en la unidad de mantenimiento de la planta.

La empresa cuenta con un profesional Ingeniero en Mantenimiento Industrial que es experto en la utilización de este programa ya que es el programa utilizado para el seguimiento del mantenimiento de otras plantas administradas por la misma empresa, por lo que se tiene experiencia en la gestión de la herramienta.

Adicionalmente la empresa cuenta con un manual de procedimiento de las responsabilidades del personal al implementarse esta herramienta en una planta hidroeléctrica, se hace un estudio de lo descrito en este manual y se adapta a las necesidades de la planta.

## **12.4 Metodología para la implementación de la herramienta informática en la planta.**

### **12.4.1 Primer paso.**

Como se mencionó anteriormente, el primer paso para la adopción de esta herramienta fue la investigación preliminar de las diferentes funciones y módulos del sistema en donde se debía evaluar si está cumplía con las necesidades del modelo.

Se crea en este paso un sentido de urgencia, mediante reuniones se identifica la necesidad de contar con una herramienta que permita el registro de las actividades y comportamientos de los equipos productivos de la planta de una forma amigable y que no requiera de un alto consumo de tiempo para este fin pero que además permita la representación de esta y permita la obtención de indicadores de los equipos.

Este paso es fundamental pues se crean coaliciones que facilitan la incorporación de cambios.

### **12.4.2 Segundo paso.**

Una vez que se identifica la necesidad de la implementación del programa en las labores de la planta y que en conjunto se busca un cambio, se procede a definir las responsabilidades de los usuarios de esta herramienta, partiendo de la estructura de la gestión de los procesos definidos previamente en el desarrollo de este proyecto.

#### **Responsabilidades del coordinador del programa.**

- Encargado de la gestión completa del MP9.
- Creación y modificación de los planes de trabajo a partir de las observaciones presentadas en la realización de las labores.
- Creación y supervisión de las órdenes de trabajo.
- Cierre de las órdenes de trabajo.

### **Responsabilidad del Jefe de Operaciones con la herramienta.**

- Solicitud de mantenimientos no rutinarios cuando ocurre un imprevisto en los equipos o estructuras.
- Ejecutar y asignar los trabajos requeridos de mantenimientos rutinarios que deben realizar los operarios. (Mantenimiento Autónomo)

### **Responsabilidad de los operarios.**

- Comunicar al jefe de operaciones la necesidad de un mantenimiento no rutinario requerido y comprobar que este sea registrado.

### **Responsabilidades del Jefe de Mantenimiento con la herramienta.**

- Asegurar el cumplimiento de las órdenes de trabajo.
- Asegurar la retroalimentación de los acontecimientos identificados en las órdenes de trabajo de las observaciones encontradas.
- Asignar los trabajos requeridos al personal calificado de realizarlo.
- Asignar al personal para corregir los imprevistos de emergencia y posteriormente introducirlos como un trabajo de mantenimiento no rutinario (marcando que el trabajo ya fue realizado).
- Verificar el cumplimiento de las labores realizadas.

### **Responsabilidad del personal de mantenimiento.**

- Cumplir con los requerimientos de los trabajos rutinarios y no rutinarios solicitados en las órdenes de trabajo.
- Realizar los trabajos de urgencia y comprobar que el jefe de mantenimiento registre estas labores luego de la realización de estas.
- Realizar observaciones encontradas durante la realización de los trabajos en equipos y localizaciones.

### 12.4.3 Tercer paso.

A partir de la distribución de las responsabilidades se procede a realizar capacitación general en donde se presentan los diferentes módulos con los que cuenta el programa para que todo el personal tenga un conocimiento del potencial con el que cuenta la herramienta de programación propuesta, sin embargo, la utilización de todas las herramientas del programa representa un gran cambio que podría ser perjudicial en una etapa inicial, por lo que en un inicio se delimitan los alcances de la puesta en marcha de la herramienta.

### 12.4.4 Cuarto paso.

En este paso se brinda capacitación a los usuarios directos de la herramienta, específicamente en la función de interés según el usuario y las propuestas para facilitar la utilización de la herramienta.

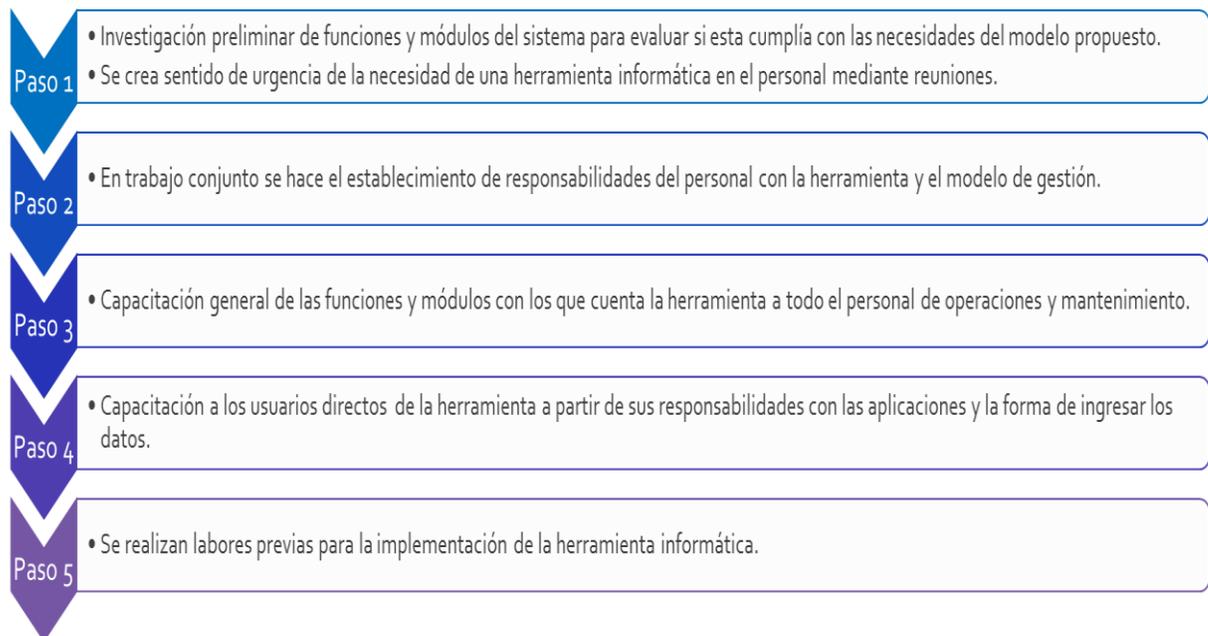


Figura 26. Resumen de la metodología usada para la futura implementación de la herramienta informática

Elaboración propia MS PowerPoint.

## 12.5 Labores previas.

En este punto se procede a cargar los catálogos pertinentes para esta primera etapa de implementación del programa, por los que se cargarán serán los siguientes.

### 12.5.1 Catálogo de localización de los equipos:

En este catálogo se utiliza la división de la planta propuesta en capítulos anteriores la cual es utilizada en la codificación de los equipos para su mejor ubicación física.

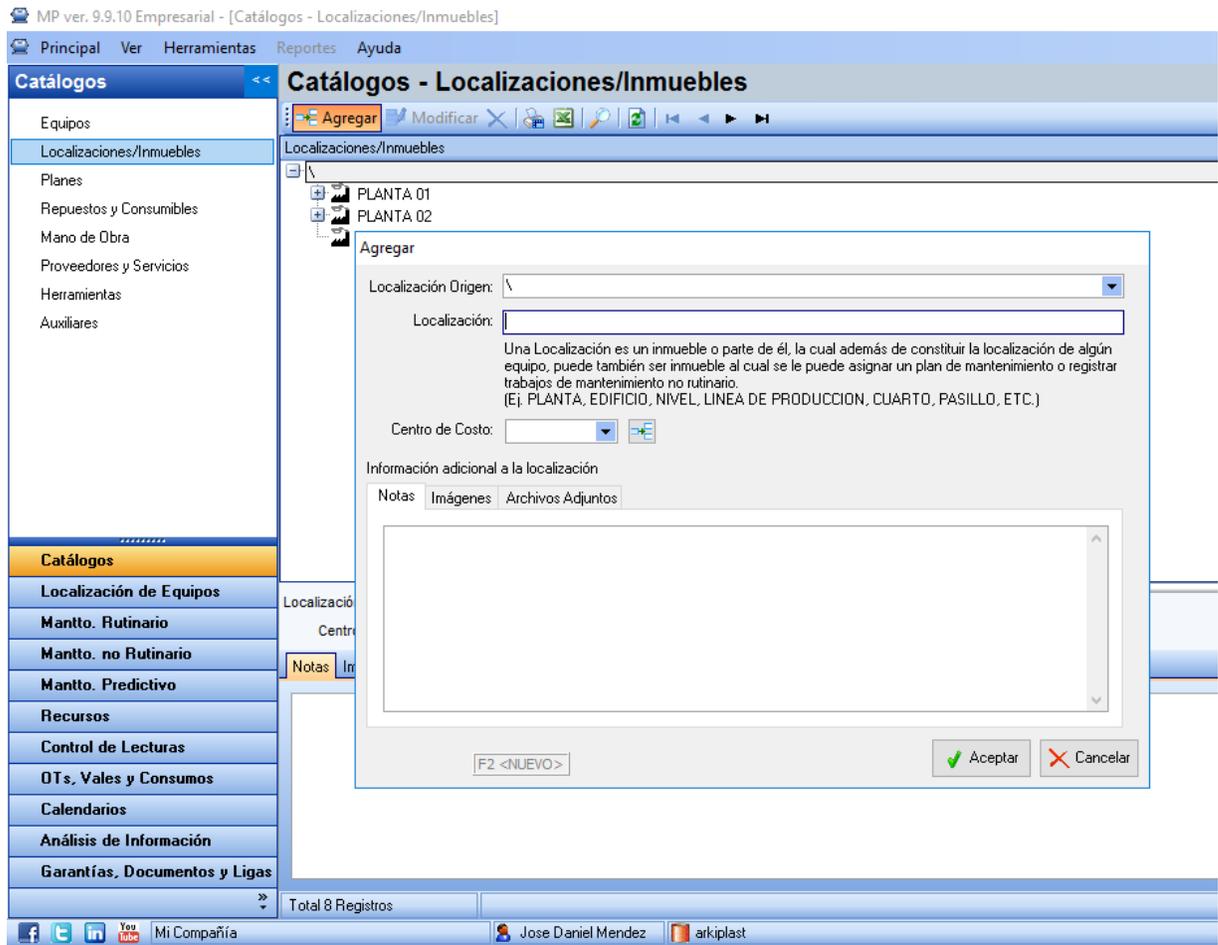


Figura 27. Menú de catálogos de localizaciones.

Fuente: Programa MP versión 9.

## 12.5.2 Catálogo de equipos.

Los equipos productivos más significativos de la planta son cargados en el programa en donde se deben de llenar los campos requeridos según la norma ISO 14224 para la correcta identificación y caracterización de estos.

El programa permite cargar los equipos y la selección del equipo padre de éste, por lo que se puede llegar hasta el nivel de detalle de componentes sin embargo para este primer plan se llega hasta el punto de Unidad Operativa según el árbol lógica de equipos para los equipos productivos mientras que a los sistemas evaluados como críticos se alcanza el detalle de Equipo específico para un mejor análisis y control.

Como se muestra en la siguiente Figura uno de los campos es el Código, para este se hace uso de la codificación propuesta para los equipos.

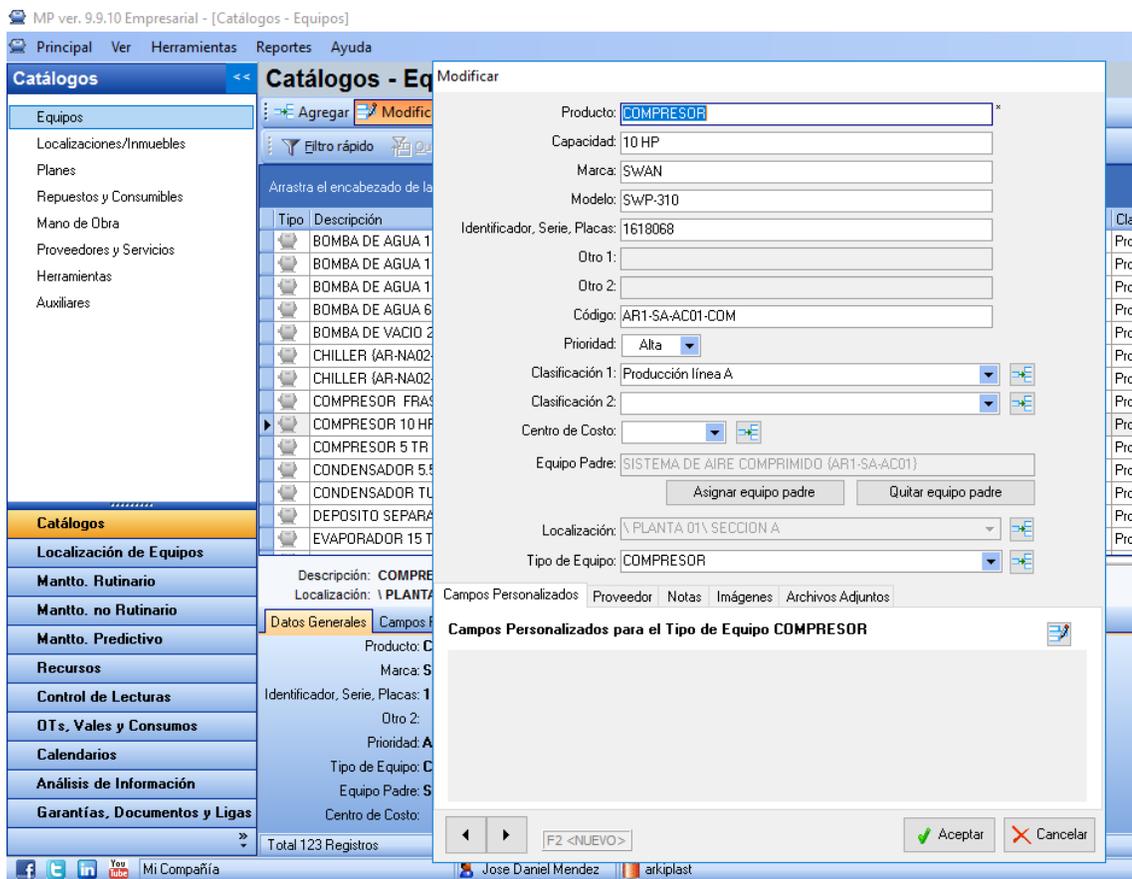


Figura 28. Menú de catálogo de equipos.

### 12.5.3 Catálogo de planes de mantenimiento rutinario.

Adicionalmente se cargan los planes de mantenimiento obtenido de los análisis en capítulos anteriores para equipos críticos, y además se hace uso y adaptación de otros planes que se encuentran en la galería de la herramienta, estos planes deben de ser ligados a los equipos específicos posteriormente.

Como se observa en la figura tomada del programa una vez creado un nuevo plan, se permite modificar las actividades, donde se incluyen las partes específicas y el procedimiento, estos deben ser verificados y modificados conforme se vayan encontrando mejoras en el proceso.

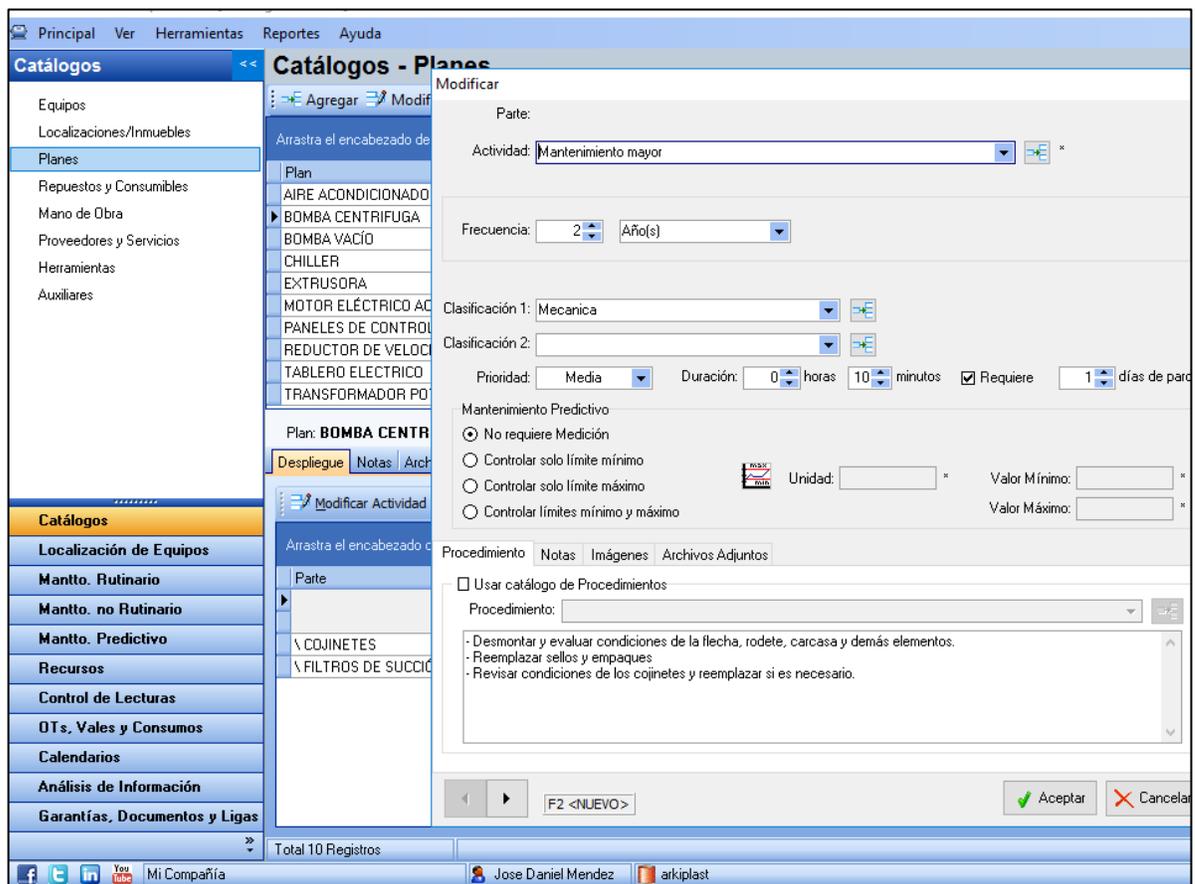


Figura 29. Menú de catálogos de planes de mantenimiento

## 12.5.4 Catálogo de mano de obra.

El programa cuenta con un catálogo de la mano de obra disponible, los cuales deben agregarse para posteriormente identificar la carga de trabajo para cada uno, a continuación, se evidencian los campos que deben completarse para cada uno de los recursos.

The screenshot shows a software window titled "Catálogos - Mano de Obra". On the left side, there is a vertical menu with the following items: Equipos, Localizaciones/Inmuebles, Planes, Repuestos y Consumibles, Mano de Obra (which is highlighted in blue), Proveedores y Servicios, Herramientas, and Auxiliares. Below this menu is a sub-menu with the following items: Catálogos, Localización de Equipos, Mantto. Rutinario, Mantto. no Rutinario, and Mantto. Predictivo. The main area of the window is titled "Agregar" and contains several form fields: "Nombres:" (text box), "Apellidos:" (text box), "Clave:" (text box), "Iniciales:" (text box), "Teléfono:" (text box with a location pin icon), "Clasificación:" (dropdown menu), "Costo/Hr ordinaria:" (text box), and "Costo/Hr extraordinaria:" (text box). Below these fields are two tabs: "Notas" and "Imágenes". The "Notas" tab is active, showing a large text area with a vertical scrollbar and a location pin icon. At the bottom of the window, there are four buttons: "F2 <NUEVO>", "Otro", "Aceptar", and "Cancelar".

Figura 30. Menú de catálogos de Mano de Obra.

Fuente: Programa MP versión 9.

## 12.6 Aplicaciones respecto de las responsabilidades.

Partiendo de las responsabilidades propuestas anteriormente se procede a capacitar y se establece en conjunto la forma de realizar las labores requeridas para cada uno de los usuarios de la herramienta.

### 12.6.1 Para Jefe de Producción.

Como se menciona anteriormente el jefe de producción debe estar al tanto de introducir las labores requeridas de mantenimiento, el programa MP cuenta con una aplicación para dispositivos móviles, se propone la utilización de esta para el registro de las labores no rutinarias requeridas del área operativa, por la facilidad y uso eficiente del tiempo.

Es importante recalcar la importancia de introducir todas estas solicitudes y labores para un adecuado control y capacidad de mejorar los procesos.

A continuación, se evidencia la forma en que el Jefe de Operarios y producción debe cargar estas labores.

Una vez que se le asigna un usuario al Jefe de Operaciones y se abre la aplicación de dispositivo móvil, se despliega la siguiente interfaz, en esta se cuenta con un botón denominado “Registrar Solicitud de Mantenimiento”.



Figura 31. Menú principal de la aplicación MP9 versión para móvil.

Fuente: Programa MP versión 9.

Una vez que se selecciona este botón se despliega la siguiente interfaz.

MP MPmobile v.9 Cerrar

Solicitud de mantenimiento

[Descripción de la falla y/o trabajo de mantenimiento que desea reportar.](#)

SOLICITANTE

Solicitante X

BREVE DESCRIPCION

Breve descripción X

Urgente

NOTAS ADICIONALES

Figura 32. Menú de datos para solicitudes de labores de mantenimiento.

Fuente: Programa MP versión 9.

En el menú de la solicitud se puede ingresar opcionalmente el solicitante que para nuestro caso podría ser el jefe de operarios o personal administrativo, y una breve descripción de la falla, para los equipos productivos que cuentan con codificación se propone la utilización de este en esta casilla, en notas adicionales se puede dar una descripción más detallada de que es el problema presentado y de qué forma está afectando, se puede además seleccionar el botón de urgencia para labores de carácter urgente, posteriormente debe marcarse el botón de “check” para continuar con la solicitud.

Posteriormente se desprende el siguiente menú, en este se permite la introducción de una foto para detallar aún mejor el problema o falla presentada, de esta forma se favorece el proceso de identificar la cantidad de personal, especialización requerida y posibles herramientas requeridas para el trabajo.

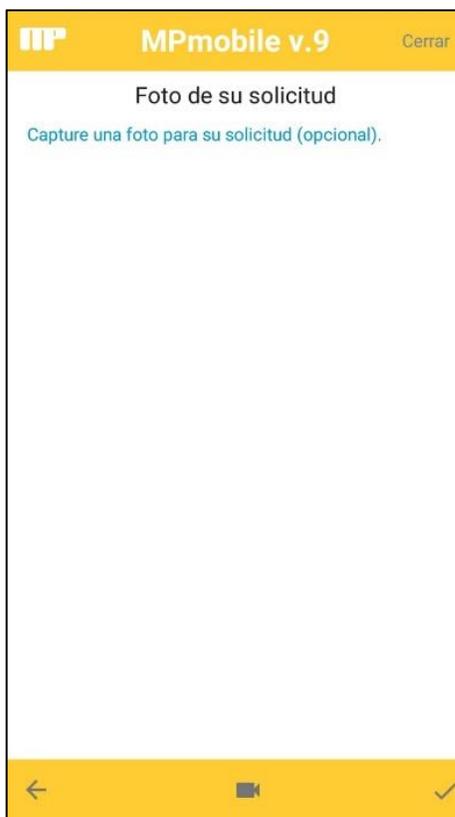


Figura 33. Menú para agregarle foto o vídeo a la solicitud de trabajo.

Fuente: Programa MP versión 9.

Para continuar con la solicitud debe marcarse el signo de “Check”.

Y finalmente, se desprende el siguiente menú, una vez que se selecciona el botón “enviar”, automáticamente el programa MP carga esta solicitud como un trabajo pendiente (estos trabajos pendientes son los insumos para la creación de órdenes de trabajo).



Figura 34. Menú final para envío de solicitud de trabajo.

Fuente: Programa MP versión 9.

Una vez que se presiona “ENVIAR” al coordinador del programa le llega una notificación de forma inmediata.

## 12.6.2 Para Coordinador de programa.

Como se mencionó previamente, este usuario es experto en la utilización del programa, una vez que una notificación de un nuevo trabajo es recibida ésta pasa a ser un trabajo pendiente junto con todas las labores de mantenimientos rutinarios cargados en los planes de mantenimiento para esa semana según las frecuencias establecidas inicialmente, este usuario se encarga de generar la Orden de Trabajo en el módulo de generación de órdenes de trabajo del programa MP, de aquí la importancia de utilizar el código en el campo propuesto previamente en la solicitud de un mantenimiento pues este usuario debe asignarle la labor a un equipo específico.

Una vez que se genera una Orden de Trabajo con los trabajos pendientes, estos dejan de aparecer en el listado de trabajos pendientes y pasan al listado de órdenes de trabajo abiertas.

Estas pueden ser generadas independientes por equipo o generar una orden de trabajo con la cantidad de trabajos que son considerados pertinentes en ese periodo (semanal, diaria, etc.) por el coordinador del programa, en esta sección se puede observar la duración estimada para la realización de la Orden de Trabajo a partir de los trabajos con los que cuenta.

**Generación de Ordenes de Trabajo**

Existen varios equipos seleccionados...

Generar varias OTs con folio independiente por equipo

Concentrar todos los equipos bajo una OT y un mismo folio.

Duración estimada de los trabajos seleccionados: **18 h 20 m**

Responsable: **(Ninguno)**

Al Cerrar la OT, generar automáticamente el consumo 18 h 20 m del Responsable

Imprimir las OTs que se generen

Generar los vales de almacén correspondientes en forma automática

Figura 35. Menú de generación de Órdenes de Trabajo (OT).

### 12.6.3 Para Jefe de Mantenimiento.

Una vez que es generada la orden de trabajo estas aparecen en el módulo de Órdenes de Trabajo abiertas (Fase 2), en esta sección se puede observar los detalles de las ordenes de trabajo o seleccionar la opción imprimir las ordenes de trabajo, lo cual puede realizarse en pantalla o en papel, en este punto se despliega el siguiente menú.

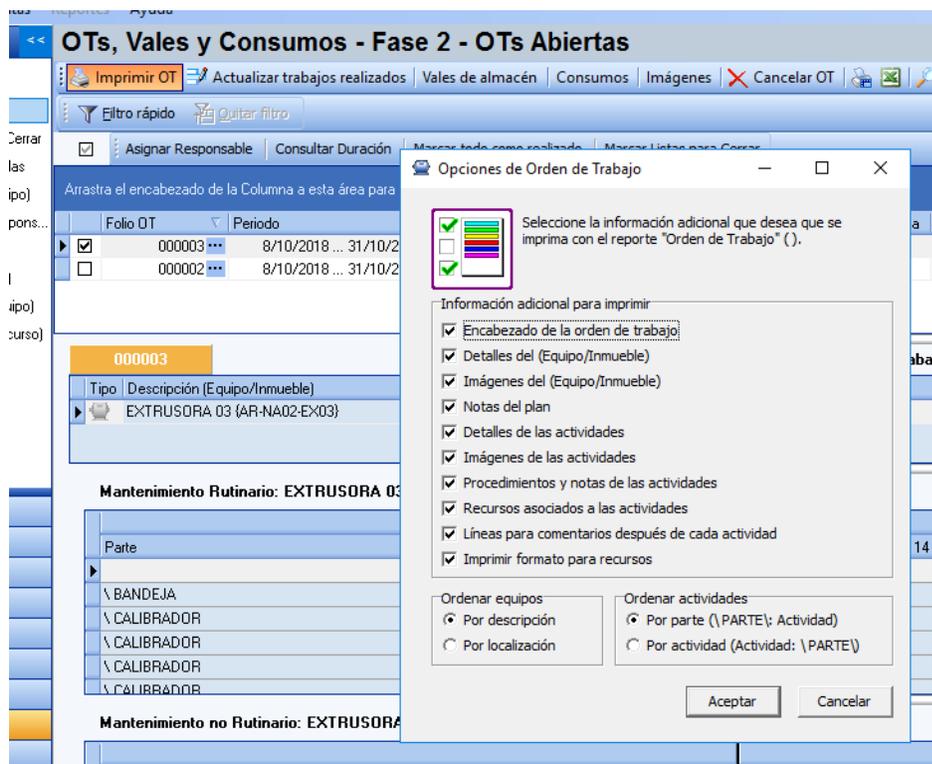


Figura 36. Datos que pueden generarse para imprimir en órdenes de trabajo.

En esta sección se selecciona la información que se requiera observar en la orden de trabajo.

El jefe de mantenimiento una vez que recibe una nueva orden de trabajo debe asignar al personal que considere prudente en los mantenimientos no rutinarios (los mantenimientos rutinarios ya cuentan con la asignación de personal según el tipo de labor).

En la imagen anterior se observa que junto a la opción de “imprimir OT” se encuentra la opción de “Actualizar trabajos realizados”, en este apartado quedan evidenciadas las labores de la OT seleccionada, en esta sección el jefe de mantenimiento debe marcar los trabajos que ya han sido realizados y son aprobados por él, así como las mediciones si son parte de lo requerido en el procedimiento.

En la siguiente figura se observa que en el calendario aparecen puntos amarillos los cuales representan cada una de las labores de la orden de trabajo, basta con darle “click” sobre éste punto, se observa que el símbolo de “check” aparece sobre el punto amarillo y en la parte superior derecha se evidencia el porcentaje de realización de la OT, en este punto el jefe de mantenimiento deberá anotar las observaciones pertinentes haciendo uso del botón en la parte inferior denominado “Observaciones”.

Actualización de Orden de Trabajo

Folio OT: 000003    Estado: Sin imprimir    Período: 8/10/2018 ... 31/10/2018    Duración: 9 h 10 m    Porcentaje realizado: 7,27  
 Generó: Jose Daniel Mendez    Responsable: (Ninguno)     Lista para cerrar

**Equipos comprendidos en la Orden de Trabajo**

Tipo	Descripción (Equipo/Inmueble)	Clasificación 1	Clasificación 2	Prioridad
	EXTRUSORA 03 (AR-NA02-EX03)	Producción línea A	ELECTROMECAÁNICO	Alta

**Mantenimiento Rutinario: EXTRUSORA 03 (AR-NA02-EX03)**                1 2 3

Parte	Actividad	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	INSPECCION GENERAL	✓																				
\ BANDEJA	INSPECCION GENERAL	✓																				
\ CALIBRADOR	REVISIÓN DEL MOTOR	✓																				
\ CALIBRADOR	INSPECCION GENERAL	✓																				
\ CALIBRADOR	LUBRICACIÓN	✓																				
\ CALIBRADOR	ALINEAMIENTO	✓																				
\ CAÑÓN	LIMPIEZA GENERAL CAÑÓN-TOF	✓																				

**Mantenimiento no Rutinario: EXTRUSORA 03 (AR-NA02-EX03)**    1 2 3

Descripción    8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29

<No hay información>

Figura 37. Menú para registro de labores terminadas de órdenes de trabajo

Fuente: Programa MP versión 9.

Cuando la totalidad de labores dentro de una orden de trabajo son marcadas como realizados (100%) la orden de trabajo se cierra automáticamente y pasa a la fase 3.

En caso de no realizarse alguna actividad solo no debe marcarse, se puede cerrar una orden de trabajo con alguna tarea sin realizarse, marcando en la opción de “Lista para cerrarse” en la parte superior derecha del menú anterior.

El Coordinador del programa se encarga de verificar los porcentajes de realización de las labores y debe de pedir cuentas de las tareas no realizadas las cuales deben estar debidamente justificadas.

Este usuario también puede registrar labores realizadas sin una orden de trabajo previamente, en caso de requerirse, basta con utilizar la opción de registro de Mantenimientos no rutinarios el cual permite registrar labores realizadas previamente o que se deben de realizar en un equipo, para este segundo caso se agrega a una orden de trabajo, en estas labores que normalmente se presentan por un fallo inesperado, se cuenta con la opción de registrar la causa de la falla, esto servirá como insumo para el posterior análisis causa raíz de las fallas y el control de la frecuencia de fallas de los diferentes equipos en la planta.

## 12.7 Órdenes de trabajo.

A continuación, se evidencia el formato en que el programa imprime las Órdenes de Trabajo.

	<b>Arkiplast Internacional S.A.</b> Unidad de Mantenimiento	(clave ISO) (revisión ISO)																																																			
<b>Orden de Trabajo</b>	<b>Folio:</b>	<b>000003</b>																																																			
		 del 8-oct.-2018 al 31-oct.-2018																																																			
<b>Responsable:</b>	<b>Duración aproximada: 9 h 10 m</b>																																																				
<b>Generó: Jose Daniel Mendez</b>	<b>Fecha y hora de recepción de la OT:</b>																																																				
<b>Revisó:</b>	<b>Fecha y hora de devolución de la OT:</b>																																																				
<b>Autorizó:</b>																																																					
<b>EXTRUSORA 03 {AR-NA02-EX03}</b>																																																					
Localización: \ PLANTA 01 \ SECCION A																																																					
Equipo padre:																																																					
Prioridad: <b>Alta</b>																																																					
Clasificación 1: <b>Producción línea A</b>																																																					
Clasificación 2: <b>ELECTROMECHANICO</b>																																																					
Centro de costos:																																																					
<b><u>Actividades rutinarias</u></b>																																																					
<b>INSPECCION GENERAL</b>																																																					
Frecuencia: <b>1 Mes(es)</b>																																																					
Duración aproximada: <b>0 h 10 m</b>																																																					
Requiere paro: <b>No</b>																																																					
Prioridad: <b>Alta</b>																																																					
Clasificación 1: <b>INSPECCION VISUAL</b>																																																					
Clasificación 2: <b>ELECTROMECHANICO</b>																																																					
Procedimiento: REVISIÓN GENERAL DE LOS VARIADORES DE FRECUENCIA ,RESOQUE DE BORNERAS REVISIÓN DE RELÉS DE ESTADO SÓLIDO , RELÉS TÉRMICOS DE LOS BLOWER Y LA REVISIÓN DE CONTACTORES,BREAKS EN GENERAL																																																					
<table border="1"><tr><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31																											
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31																														
																																																					
Comentarios: _____																																																					

Figura 38. Orden de Trabajo generada en el MP 9. Parte 1.

Fuente: Programa MP versión 9.



Se puede observar en la figura anterior la hoja final de la orden de trabajo, aquí se permite registrar los repuestos y consumibles requeridos para el cumplimiento de la orden de trabajo, así como la Mano de Obra (este es llenado automáticamente) y además permite registrar si se hace uso de servicios externos (tercerización del mantenimiento) cuando es requerido para la realización de alguna labor en algún equipo o localización de la orden.

## **12.8 Proceso final y mejora continua.**

Finalmente, el Coordinador del programa hace una revisión mensual de los porcentajes de cumplimiento de las ordenes de trabajo, para lo que se propone una reunión en donde se deben justificar las labores no realizadas y el proceso de análisis de fallas recurrentes que fomentaron la solicitud de trabajos de mantenimientos no rutinarios partiendo de un análisis causa raíz buscar la forma de prevenirlos.

El programa cuenta con un módulo denominado “análisis de la información”, en donde se permite graficar las causas raíz de las fallas presentadas en los equipos, comparativos entre equipos, gráficas de mantenimientos programados vs realizados y el análisis de algunos índices de mantenimiento (generados automáticamente a partir de las labores realizadas en los equipos).

Estos índices son TMEF (tiempo medio entre fallas), TMPR (tiempo medio para reparar) y la confiabilidad de los equipos.

Este módulo es esencial pues requiere de análisis para tomar decisiones que favorezcan el mejoramiento de estos índices e identificar las fallas que podrían prevenirse antes de su ocurrencia y las modificaciones pertinentes en planes de mantenimientos rutinarios (base fundamental para la mejora continua).

MP ver. 9.9.10 Empresarial - [Análisis de Información - Índices de Mantenimiento]

Principal Ver Herramientas Reportes Ayuda

**Análisis de Información** << **Análisis de Información - Índices de Mantenimiento**

Generar Índices de Mantenimiento Ver Filtro Mostrar Detalle Grupos

DEL 1/10/2018 AL 8/10/2018

Arrastra el encabezado de la Columna a esta área para agruparla

Tipo	Descripción (Equipo/Inmueble)	TMEF	TMPR	Confiabilidad
...	BOMBA DE AGUA 10 GAL/MIN (AR-NA02-CH01-BA01)			100,00 %
...	BOMBA DE AGUA 10 GAL/MIN (AR-NA02-CH02-BA04)			100,00 %
...	BOMBA DE AGUA 12 GAL/MIN DESPLAZAMIENTO FORZADO (AR-NA02-CH01-BA02)			100,00 %
...	BOMBA DE AGUA 6 GAL/MIN (AR-NA02-CH02-BA03)			100,00 %
...	BOMBA DE VACIO 20 HP JEEA TAI INDUSTRIAL CO (AR1-SA-SV01-BV)			100,00 %
...	CHILLER (AR-NA02-CH01)			100,00 %
...	CHILLER (AR-NA02-CH02)			100,00 %
...	COMPRESOR FRASCOOL, SISTEMA DE PISTÓN 15 TR (AR-NA02-CH01-CP01)			100,00 %
...	COMPRESOR 10 HP SWAN SWP-310 1618068 (AR1-SA-AC01-COM)			100,00 %
...	COMPRESOR 5 TR (AR-NA02-CH02-CP02)			100,00 %
...	CONDENSADOR 5.5 TR (AR-NA02-CH02-CD02)			100,00 %
...	CONDENSADOR TUBULAR ENFRIADO POR AGUA 15 TR (AR-NA02-CH01-CD01)			100,00 %
...	DEPOSITO SEPARADOR (AR1-SA-SV01-DS)			100,00 %
...	EVAPORADOR 15 TR (AR-NA02-CH01-E01)			100,00 %
...	EVAPORADOR 5 TR (AR-NA02-CH02-E02)			100,00 %
...	EVAPORADOR DE CONVECCIÓN FORZADA. 6 TR (AR-NA02-CH03-E03)			100,00 %
...	EXTRUSORA 02 (AR-NA02-EX02)			100,00 %
...	EXTRUSORA 03 (AR-NA02-EX03)			100,00 %
...	EXTRUSORA 04 (AR-NA02-EX04)			100,00 %
...	EXTRUSORA 05 (AR-NA02-EX05)			100,00 %
...	EXTRUSORA 06 (AR-NA02-EX06)			100,00 %
...	EXTRUSORA 07 (AR-NA02-EX07)			100,00 %
...	EXTRUSORA 08 (AR-NA02-EX08)			100,00 %
...	EXTRUSORA 09 (AR-NA02-EX09)			100,00 %
...	EXTRUSORA 10 (AR-NA02-EX10)			100,00 %
...	LINEA A			100,00 %
...	LINEA B			100,00 %

**Catálogos**

**Localización de Equipos**

**Mantto. Rutinario**

**Mantto. no Rutinario**

**Mantto. Predictivo**

**Recursos**

**Control de Lecturas**

**OTs, Vales y Consumos**

**Calendarios**

**Análisis de Información**

**Garantías, Documentos y Ligas**

Figura 40. Modulo para ver índices de mantenimiento de los equipos.

Fuente: Programa MP versión 9.

### 13. Análisis financiero a partir del ahorro esperado.

Como se evidencia en el capítulo 8 el costo de Mano de obra para la realización de las propuestas de los planes de mantenimiento preventivo de los equipos críticos tiene un costo de ₡5.140.752,52 (cinco millones ciento cuarenta mil setecientos cincuenta y dos colones con cincuenta y dos céntimos) y se estiman un costo por el requerimiento de repuestos y consumibles para dichas labores de ₡4.220.918,50 (cuatro millones doscientos veinte mil novecientos dieciocho colones con cincuenta céntimos de colon) ambos anuales, de lo que resulta un total de aproximadamente ₡9.361.671.02 (nueve millones trescientos sesenta y un mil seiscientos setenta y un colones).

A partir de las propuestas de mejora se establecen dos escenarios uno pesimista y otro optimista de los resultados esperados respecto del ahorro que representaría la implementación del proyecto en la planta.

A. La implementación de labores preventivas en equipos favorece a la reducción del pago de horas extra de los operarios pues se reduce la cantidad de paros inesperados en horarios nocturnos para lo que se espera lo siguiente al final del primer trimestre del año 2019.

Tabla 52. Resultados esperados del apartado A.

Escenario	Pesimista	Optimista
Porcentaje de reducción esperado (%)	20%	60%
Ahorro que representa (₡)	₡48.807	₡146.421

Elaboración propia MS Word. Fuente: Registro promedio de horas extra pagadas a los técnicos.

B. Reducción en productos producidos de scrap o desperdicio debido a la recomendación de realizar limpieza de las piezas antes de su triturado y el uso de 30% de materia virgen en el reproceso, y el aumento de las capacidades mediante capacitaciones continuas al personal de operación y mantenimiento de los equipos productivos sería evidente a partir del primer mes de su implementación.

Tabla 53. Resultados esperados apartado B.

Escenario	Pesimista	Optimista
Porcentaje de reducción esperado (%)	20%	50%
Ahorro que representa (₡)	₡2.308.089,6	₡3.846.816

Elaboración propia MS Word

C. Mejorando la disponibilidad de los equipos de líneas de producción que permita el alcance de las metas de producción estimadas al mes a partir de la disminución de fallas en los equipos productivos y con esto los índices de calidad y rendimiento resultados evidentes a finalizar el primer semestre del año 2019.

Tabla 54. Resultados esperados apartado C.

Escenario	Pesimista	Optimista
Porcentaje de reducción esperado (%)	14.4%	56.5%
Ahorro que representa (₡)	₡1.158.653	₡4.517.233.5

Elaboración propia MS Word

D. Disminuyendo el consumo energético de la planta a partir de proyectos de ahorro energético y de buenas prácticas de operación y reducción de productos defectuosos que se deben implementar.

Tabla 55. Resultados esperados apartado D.

Escenario	Pesimista	Optimista
Porcentaje de reducción esperado (%)	1%	2%
Ahorro que representa (₡)	₡113.817,6	₡227.635,2

Elaboración propia MS Word

E. Reducción del costo de mantenimiento, tomando el objetivo del cuadro de mando integral de reducir en un 10% los costos anuales debido al mantenimiento de los activos al implementarse labores de prevención de fallas y disminuyendo los trabajos correctivos se tiene un beneficio mensual estimado a partir del mes 3 de:

Tabla 56. Resultados esperados apartado E

Escenario	Pesimista	Optimista
Porcentaje de reducción esperado (%)	5%	10%
Ahorro que representa al año (₡)	₡455.979,40	₡1.681.322,00

Elaboración propia MS Word

Resumiendo los escenarios mostrados en las tablas anteriores en la tabla 56, se evidencian los resultados esperados a partir del final del primer semestre del año 2019.

Tabla 57. Resumen de resultados esperados.

Escenario	Pesimista	Optimista
<b>Total mensual</b>	₡4.085.346,6	₡10.419.427,7

Elaboración propia MS Word

Finalmente se calculan los flujos de caja para la propuesta de solución desde la perspectiva pesimista, para lo que se utiliza una tasa atractiva de retorno del 8,5% que se tiene en la empresa Arkiplast Internacional S.A. y un factor de inflación igual a la tasa de efectiva del Banco Central de Costa Rica del 2,3%, los cuales se evidencian a continuación.

Tabla 58. Flujos efectivos

Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Inversión inicial</b>	- 4220919								
<b>Ahorros</b>									
<b>Reducción de horas extras por paros inesperados</b>				4880 7	4880 7	4880 7	4880 7	4880 7	4880 7
<b>Reducción de Scrap</b>			2308 090						
<b>Reducción de Consumo Energético</b>							1138 18	1138 18	1138 18
<b>Reducción de Costo de Mantenimiento</b>				4559 79	4559 79	4559 79	4559 79	4559 79	4559 79
<b>Ingresos</b>									
<b>Disponibilidad de equipos</b>				1158 653	1158 653	1158 653	1158 653	1158 653	1158 653
<b>Total</b>	- 4220919	0	2308 090	3971 529	3971 529	3971 529	4085 347	4085 347	4085 347
<b>Egresos</b>									
<b>Costos por Mano de Obra Mensual requerida</b>		4283 96	4283 96	4283 96	4283 96	4283 96	4283 96	4283 96	4283 96
<b>Total</b>	0	4283 96	4283 96	4283 96	4283 96	4283 96	4283 96	4283 96	4283 96
<b>Flujo de efectivo</b>		- 4283 96	1879 694	3543 133	3543 133	3543 133	3656 951	3656 951	3656 951
<b>Factor</b>		0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Flujo de efectivo (con inflación)</b>		- 4382 49	1922 927	3624 625	3624 625	3624 625	3741 060	3741 060	3741 060

Elaboración propia Excel.

A continuación y basado en la tabla anterior se procede a hacer el cálculo de los indicadores financieros VAN (Valor actual neto), TIR (Tasa Interna de Retorno) y el período de recuperación de la inversión.

Tabla 59. Cuadro de resumen del cálculo de los indicadores financieros

Indicador	Valor
<b>VAN</b>	¢21.286.589
<b>TIR</b>	44%
<b>Período de recuperación (mensual)</b>	3,42

Elaboración propia MS Excel.

Del cuadro anterior se concluye la viabilidad económica de la implementación y desarrollo del proyecto ya que el VAN tiene un valor de ¢21.286.589 y es positivo.

Se evidencia que la TIR tiene un valor de 44% la cual tiene un valor mayor al de la Tasa de Retorno de la empresa (8,5%), se recalca que el proyecto tendría un período de recuperación mensual de 3,42 meses, es decir se recuperaría la inversión antes de finalizar el primer semestre del año 2019.

## 14. Conclusiones.

- Se determina el valor actual del índice OEE de los equipos de extrusión de la planta y la pérdida económica mensual debido a la indisponibilidad de estos equipos que se encuentra en rango de los 7.000 000 C.R. colones .
- Se determina una propuesta de modelo de gestión de mantenimiento basado en los objetivos y necesidades de la empresa, que representa de forma gráfica los procesos requeridos de la unidad de mantenimiento de la planta.
- Se define la metodología de implementación y utilización de la herramienta informática MP9 ya que satisface las necesidades del modelo para mejorar las capacidades de la unidad de mantenimiento.
- Las estrategias y acciones correctivas propuestas en el estudio incidirán en el fortalecimiento en las áreas con mayor debilidad del mantenimiento determinadas con la auditoria “MES”.
- A partir del análisis realizado FODA se estipulan objetivos que permiten aprovechar las oportunidades y fortalezas para disminuir cada una de las debilidades y amenazas identificadas.
- El Cuadro de Mando Integral permite evaluar el alcance de los objetivos propuestos para cada una de las perspectivas y mejorar el control, desempeño y comunicación de las labores internas y externas del departamento, adicionalmente la evaluación continúa de la estrategia organizacional.
- A partir del análisis de confiabilidad de los equipos críticos con un grupo de trabajo interdisciplinario, se potencializan las capacidades técnicas y analíticas del personal para mitigar las fallas que se presenten a futuro, ahora con un enfoque de prevención de su incidencia y no solo en su corrección.
- El árbol lógico de los equipos planteado facilita identificar al equipo en su lugar físico y en el sistema al cual pertenece para darle seguimiento a cualquier acción que se aplique a cada equipo.

- La evaluación de la implementación del proyecto a partir de dos escenarios uno pesimista y otro optimista evidencia un beneficio mensual esperado entre los 4 y 10 millones de colones luego del primer semestre del año 2019.
- Se evidencia que la TIR del proyecto tiene un valor de 44%, valor mayor al de la Tasa de Retorno de la empresa (8,5%), se recalca que el proyecto tendría un periodo de recuperación mensual de aproximadamente 4 meses desde la perspectiva pesimista, se recuperaría la inversión al finalizar el primer semestre del año 2019.

## **15. Recomendaciones.**

- Dar seguimiento a este proyecto mediante la implementación de la propuesta del modelo de gestión de mantenimiento para mejorar la organización de la empresa y la inclusión de labores preventivas para los activos productivos.
- Hacer uso del cuadro de mando integral propuesto y sus indicadores para evaluar el desempeño de mantenimiento, los costos relacionados a la producción debidos a éste.
- Extender el análisis de prevención de fallas a la totalidad de los equipos productivos para fomentar una nueva cultura organizacional preventiva, así como la realización y revisión de las labores preventivas propuesta.
- Velar por el registro y seguimiento de la totalidad las labores realizadas en los equipos productivos y el tiempo real que conllevan.
- Dar formación al personal en el análisis de Causa Raíz de las fallas para dar continuidad a la mejora continua de los procesos planteados y capacidades del personal.
- Realizar una reevaluación semestral de los análisis realizados (MES, FODA) para identificar nuevas medidas correctivas y el alcance de las metas propuestas.
- Dar seguimiento a los planes de acción para el alcance de los objetivos estratégicos.

## 16. Bibliografía

- Amendola, L. (s f.). Obtenido de <https://es.scribd.com/document/2939997/Balanced-Scorecard-en-la-Gestion-del-Mantenimiento>
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2007). *Norma Europea UNE-En 15341 versión en español*. Madrid, España: AENOR. Obtenido de Normalización
- Beltrán Rico, M. (2012). *Tecnología de los polímeros* . España: Publicaciones Universidad de Alicante.
- Brenes, J. C. (2014). TPM Mantenimiento Productivo Total Orientaciones para su implementación. En J. C. Brenes, *TPM Mantenimiento Productivo Total Orientaciones para su implementación*. (págs. 21-43). ASIMA.
- Crespo Márquez , A., & Parra Márquez, C. A. (2015). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos*. España: Asociación para el desarrollo de la ingeniería de Mantenimiento.
- Garrido, S. G. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Diaz de Santos S.A.
- Garrido, S. G. (2003). *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*. Madrid: Diaz de Santos.
- International Organization for Standardization. (2005). *ISO 9000*.
- International Standards Organization . (1999). *ISO 14224:1999*. International Standards Organization.
- Lourival Augusto Tavares, J. E. (s f.). *Mantenimiento Centrado en la Negocio* (Vol. II). Noria Latín América.
- Marshall Institute. (2018). *Marshall Institute*. Obtenido de MES Maintenance Effectiveness Survey: <http://www.marshallinstitute.com/>
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento centrado en la confiabilidad (Reliability-Centred Maintenance)*. Asheville, North Carolina: Aladon LLC.

- Norma Española UNE 66175. (2003). *Sistema de Gestión de la calidad. Guía para la implementación de sistemas de indicadores*. Madrid, España: Asociación Española de Normalización y Certificación.
- Pistarelli, A. J. (s f.). *Manual de Mantenimiento Ingeniería, Gestión y Organización*.
- Robert S Kaplan, D. P. (2004). *Mapas estratégicos Como convertir los activos intangibles en resultados tangibles*. Barcelona: ]Gees.
- Robert S Kaplan, D. P. (2004). *Mapas Estratégicos Cómo convertir los activos intangibles en resultados tangibles*. Barcelona: Gestión 2000.
- Rojas, J. L. (s f.). *Procedimiento para la elaboración de un análisis FODA como una herramienta de planeación estratégica en las empresas*. Académico del Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores de las Ciencias Administrativas de la Universidad Veracruzana.
- Society of Automotive Engineers. (1999). *SAE JA-1012*.
- Society of Automotive Engineers. (1999). *SAE JA-1011*.
- Alvarez Torres, M. G. (s.f.). *Manual para elaborar manuales de Políticas y procedimientos*. PANORAMA.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Pilar Baptista, L. (s.f.). *Metodología de la investigación*.
- Mora Gutierrez, A. (2009). *Mantenimiento, Planeación, ejecución y control*. México: Alfa Omega Grupo Editor S.A.
- Kaplan RS, Norton DP, 1992, *The Balanced Scorecard- Measures that drive performance*.
- Jiménez, F., Espinoza, C. L., & Fonseca, L. (2007). *Ingeniería Económica*. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Hamilton, M., & Pezo, A. (2005). *Formulación y evaluación de proyectos tecnológicos aplicados*. Bogotá: Convenio Andrés Bello.
- Sullivan, W. G., M, W. E., T, L. J., DeGarmo, E. P., & Munger, B. (2004). *Ingeniería Económica de Degarmo*. Naucalpán de Juárez : Pearson : Prentice Hall.

## 17. Anexos

### 17.1 Anexo 1. Descripción de equipos productivos de la planta Arkiplast Internacional S.A.

A continuación, se describirán los equipos productivos de producción con las que cuenta la empresa para la elaboración del producto final que se comercia tanto a nivel nacional como internacional.

#### 17.1.1 Creación de Pellet.

##### **Mezclado.**

En esta etapa se recibe la materia prima en una mezcladora que a su vez calienta la mezcla de materias primas como lo es el PVC y variedad de distintos componentes ver figura #4, transcurrido un tiempo y cierta temperatura la mezcla es enviada a un enfriador.



Figura 41. Mezclador de materias primas.

La segunda fase del mezclado consiste en enfriar y seguir mezclando el material previamente calentado a una baja velocidad para disponerlo posteriormente al proceso de pelletizado.



Figura 42. Enfriador de mezcla.

### **Pelletizado.**

Luego de que el material baja su temperatura se dispone en una tolva para ser calentado extruido y recortado en el siguiente equipo denominado extrusor de pellet.



Figura 43. Extrusora de Pellet

## Zaranda.

Es el siguiente proceso que tiene el Pellet una vez que tiene forma de pequeños cilindros mediante un sistema denominado zaranda (ver figura 44) se dispone en una mesa giratoria donde se ventila y se disminuye su temperatura para finalmente enviarlo mediante sopladores a sacos, los cuales son el componente para la siguiente fase del proceso.



Figura 44. Zaranda.

## Proceso Molduras.

Una vez que se cuenta con Pellet en Bodega y se recibe una orden de compra, el Pellet se dispone en tolvas de alimentación, ver (indicación (A), Figura 45) que se encuentran en el inicio de las máquinas líneas de producción de extrusión.

El granulado baja de las tolvas por gravedad y mediante un tornillo sin fin accionado por un motor eléctrico y un reductor se hace pasar por un dispositivo denominado cañón o mandril, ver ((B) figura 45), dispositivo que calienta el pellet hasta alcanzar una sustancia pastosa; la misma se hace pasar por el calibrador ((C) figura 45), éste cuenta con un filtro y un molde con resistencias cuadradas con dimensiones que pueden variar dependiendo del tipo de producto requerido, dándole la forma final a éste mediante una calibración de vacío provocado en la parte externa del calibrador.

El calibrador ocasiona una diferencia de presiones que hace que el polímero, aún moldeable por la temperatura elevada en que se encuentra, se mantenga en contacto con el tubo formador metálico, que tiene la forma interior igual al exterior del producto requerido.

La inmersión total o aspersion de agua de enfriamiento en este punto suministra la estabilidad final para evitar deformaciones posteriores, esto se realiza en el dispositivo denominado Mesa Enfriadora o Sekey. (Ver figura 46)

Posteriormente, es halado por un dispositivo denominado Oruga, ver (figura 47), éste dispositivo cuenta con una presión establecida que hace circular la pieza plástica hasta la mesa cortadora, ver (figura 48), ésta realiza cortes a una medida específica de la pieza final y con ayuda de un final de carrera mecánico accionado por la tabla, energiza un pistón que baja la estructura de apoyo en el que esta la tabla, la misma es depositada y estribada, proceso final de moldura, este proceso se acompaña de un análisis tanto físico como visual de la calidad de la tabla.

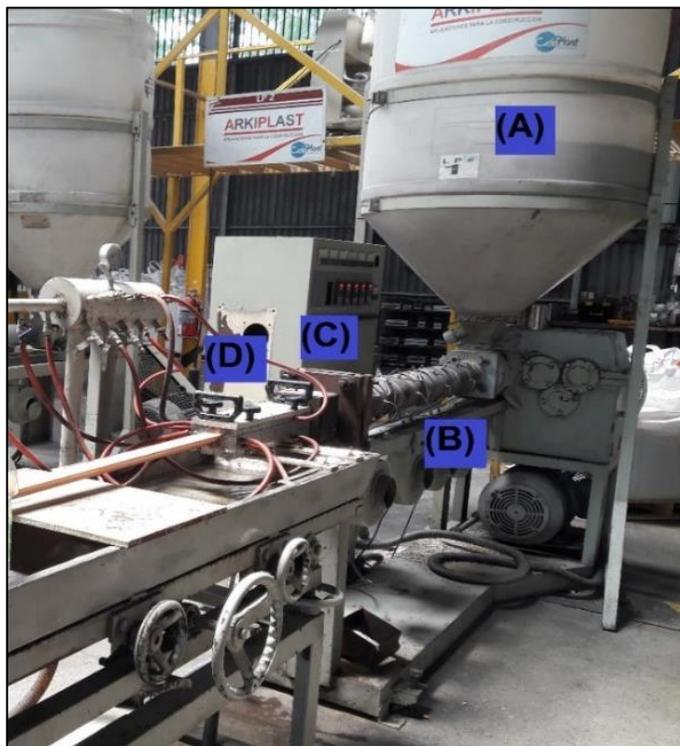


Figura 45. Primer parte de máquina de molduras



Figura 46. Mesa Enfriadora (sekey)



Figura 47. Dispositivo para hallar las molduras (Oruga)



Figura 48. Mesa cortadora.

Este proceso requiere de los siguientes sistemas auxiliares durante su operación.

**Sistema de Vacío.**

Sistema requerido por el calibrador de todas las máquinas extrusoras para la aplicación de un diferencial de presiones que mantenga en contacto el polímero con el molde y darle la forma final al mismo este sistema requiere de una torre de enfriamiento para refrigeración de la bomba de Vacío y un tanque separador.



Figura 49. Sistema de Vacío.

## Sistema de Refrigeración y Aire Comprimido.

Sistemas requeridos para el funcionamiento de las extrusoras, el sistema de refrigeración es el encargado de suministrar de un flujo constante de agua fría en las mesas enfriadoras encargadas de estabilizar el producto final para evitar deformaciones; mientras que el Aire Comprimido se requiere para las mesas de corte final del producto (pistones y cortadoras neumáticas).



Figura 50. Compresor del sistema de aire comprimido y Evaporador del sistema de enfriamiento.



Figura 51. Torre de Enfriamiento para sistema de enfriamiento 1.

### **Reproceso de picado y pulverizado.**

La empresa cuenta con un proceso para las piezas defectuosas y consiste en procesarlas con una máquina picadora de pellet. (Ver Figura 52).



Figura 52. Estación de Pulverizado.

### **Proceso de laminado.**

Es uno de los procesos que puede tomar una pieza una vez que finaliza el proceso de extrusión y consiste en hacer pasar la pieza por un proceso de calentamiento y aplicación de láminas adhesivas con diferentes tipos de acabado a las piezas, (tipos de acabado según sea lo requerido o solicitado por el cliente), posteriormente la pieza se empaqueta y se almacena para su posterior venta.



Figura 53. Máquinas de laminado.

### **Proceso de pintado.**

Estación por la que pasan aquellas piezas que no requieren laminado, la máquina permite hacerles un abrillantado a todas las tablas y aplicarle color a aquellas que lo requieren, luego de calentar y enfriar la pintura o abrillantador la pieza ha terminado su proceso productivo y se puede empacar y almacenar para su posterior venta.



Figura 54. Máquinas de pintura y abrillantado.

### **Corte y ensamblaje de puertas.**

En esta fase del proceso se realiza el corte y ensamblaje de distintas piezas producidas previamente para disponer de las mismas con ayuda de bases de fortalecimiento la creación de puertas con distintos acabados donde se utiliza gran variedad de herramientas manuales, una vez terminadas se empacan y se preparan para su venta.

## 17.2 Anexo 2. Guías para la puesta en marcha de la metodología 5S.

Tabla 60 Aspectos para evaluar la puesta en marcha S de organización.

Aspectos a evaluar puesta en marcha S de Organización.	Sí	No
¿Conocen todos los miembros del equipo por que se desea implementar este programa?		
¿Se han establecido criterios para distinguir los artículos necesarios de los innecesarios?		
¿Se han removido todos los artículos innecesarios del área?		
¿Entiende todos los empleados los beneficios o ventajas de haber logrado esta implementación?		
¿Se ha desarrollado un método confiable para prevenir la acumulación de los artículos innecesarios?		
¿Se ha definido un proceso para que los empleados busquen implementar nuevas mejoras?		

Elaboración propia MS Word. Fuente: (Brenes, 2014)

Tabla 61 Aspectos para evaluar la puesta en marcha S de Ordenar

Aspectos a evaluar puesta en marcha S de Ordenar.	Sí	No
¿Existe un lugar visible marcado, específico para cada objeto?		
¿Está todo colocado en su lugar?		
¿Está el almacenamiento bien organizado y los artículos son fácilmente localizables?		
¿Están las herramientas y suministros convenientemente localizables?		
¿Conocen todos los miembros del equipo donde debe estar cada artículo?		
¿Se ha desarrollado una metodología para determinar la cantidad de cada artículo que debe estar en el área?		
¿Es fácil observar de un vistazo si los artículos están donde deben estar?		
¿Se utilizan carteles para facilitar el orden?		

Elaboración propia. Fuente: (Brenes, 2014)

Tabla 62 Aspectos para evaluar la puesta en marcha S de Limpiar

Aspectos a evaluar puesta en marcha S de Limpiar.	Sí	No
¿Están las áreas de trabajo y de recreo, las oficinas y los salones de conferencia limpios y ordenados?		
¿Están los pisos barridos y libres de aceite, grasa y desechos?		
¿Están las herramientas, maquinaria y equipos de oficina limpios y bien reparados?		
¿Son removidos oportunamente los depósitos de basura?		
¿Están los manuales, etiquetas y carteles en buenas condiciones de lectura y presentación?		
¿Están las líneas de demarcación limpias y en buen estado?		
¿Son fácilmente accesibles los materiales de limpieza?		
¿Entienden los empleados las expectativas de la limpieza de su área?		

Elaboración propia MS Word. Fuente: (Brenes, 2014)

Tabla 63 Aspectos a evaluar puesta en marcha S de Estandarización

Aspectos a evaluar puesta en marcha S de Estandarización	Sí	No
¿Está el proceso adecuadamente documentado? (Diagramas del proceso)		
¿Han analizado y están todos usando la mejor práctica común?		
¿Tienen todos los empleados acceso a la información que requieren?		
¿Han desarrollado en el lugar método para remover el material obsoleto?		
¿Entienden todos los empleados el proceso que les pertenece?		
¿Está definido un sistema de comunicación que provea a los empleados la oportunidad de mejorar el proceso existente?		

Elaboración propia MS Word. Fuente: (Brenes, 2014)

Tabla 64 Aspectos a evaluar puesta en marcha S de Disciplina

Aspectos a evaluar puesta en marcha S de Disciplina	Sí	No
¿Se siguen las normas de seguridad, operación y mantenimiento?		
¿Está la información de seguridad colocada en un lugar apropiado?		
¿Están las áreas de riesgo bien identificadas?		
¿Utilizan los empleados la ropa de seguridad apropiada?		
¿Están los extintores y las mangueras funcionando correctamente?		
¿Se guardan adecuadamente los artículos personales?		
¿Es la limpieza personal evidente?		
¿Quedan las áreas de descanso limpias después de su uso?		
¿Entienden y ponen en práctica los empleados los procedimientos establecidos?		
¿Cuentan los empleados con el entrenamiento y las herramientas necesarias para hacer que el programa funcione?		
¿Existe un verdadero entendimiento, seguimiento y compromiso con las cinco ese?		

Elaboración propia MS Word. Fuente: (Brenes, 2014)

### 17.3 Anexo 3. Controles de limpieza de las áreas.

Tabla 65 Control de limpieza del taller de mantenimiento de moldes y tornillos

Control de limpieza del taller de Mantenimiento de moldes y tornillos.					
Semana # _____ Del _____ al _____					
Area _____					
Responsable del Area _____					
No	Tarea	Frecuencia	Día realizado	Firma	Comentario
1	Separar objetos utilizables de no utilizables. Botar	S			
2	Botar basura del area en basureros	S			
3	Limpieza de mesas de trabajo.	D			
4	Limpieza de herramientas y colocarlas en su lugar establecido.	D			
5	Reportar objetos externos al área.	D			
6	Barrer pisos del area.	D			
7	Vaciado de basureros.	S			
Firma del encargado/Fecha _____					
Símbología. D=Diaria, S=Semanal					

Elaboración propia MS Excel.

Tabla 66 Control de limpieza del área de líneas de extrusión

Control de limpieza del área de líneas de producción.					
Semana # _____ Del _____ al _____					
Area _____					
Responsable del Area _____					
No	Tarea	Frecuencia	Día realizado	Firma	Comentario
1	Separar objetos utilizables de no utilizables. Botar	S			
2	Botar basura del area en basureros	S			
3	Limpieza externa de las máquinas.	D			
4	Colocar herramientas en su lugar establecido.	D			
5	Reportar objetos externos al área.	D			
6	Barrer pisos del area.	D			
7	Vaciado de basureros.	S			
Firma del encargado/Fecha _____					
Símbología. D=Diaria, S=Semanal					

Elaboración propia MS Excel.

Tabla 67 Control de limpieza del área de pintado

<b>Control de limpieza de área de pintado.</b>					
Semana # _____ Del _____ al _____					
Area _____					
Responsable del Area _____					
No	Tarea	Frecuencia	Día realizado	Firma	Comentario
1	Separar objetos utilizables de no utilizables. Botar	S			
2	Botar basura del area en basureros	S			
3	Limpieza externa de las máquinas.	D			
4	Colocar herramientas en su lugar establecido.	D			
5	Reportar objetos externos al área.	D			
6	Barrer pisos del area.	D			
7	Vaciado de basureros.	S			
Firma del encargado/Fecha _____					
Símbología. D=Diaria, S=Semanal					

Elaboración propia MS Excel.

Tabla 68 Control de limpieza del área de ensamblaje de puertas

<b>Control de limpieza del area de ensamblaje de puertas.</b>					
Semana # _____ Del _____ al _____					
Area _____					
Responsable del Area _____					
No	Tarea	Frecuencia	Día realizado	Firma	Comentario
1	Separar objetos utilizables de no utilizables. Botar	S			
2	Botar basura del area en basureros	S			
3	Limpieza externa de las máquinas.	D			
4	Colocar herramientas en su lugar establecido.	D			
5	Limpieza de máquinas herramientas.	D			
6	Reportar objetos externos al área.	D			
7	Barrer pisos del area.	D			
8	Vaciado de basureros.	S			
Firma del encargado/Fecha _____					
Símbología. D=Diaria, S=Semanal					

Elaboración propia MS Excel.

## 17.4 Anexo 4. Hojas de validación de indicadores del cuadro de mando integral.

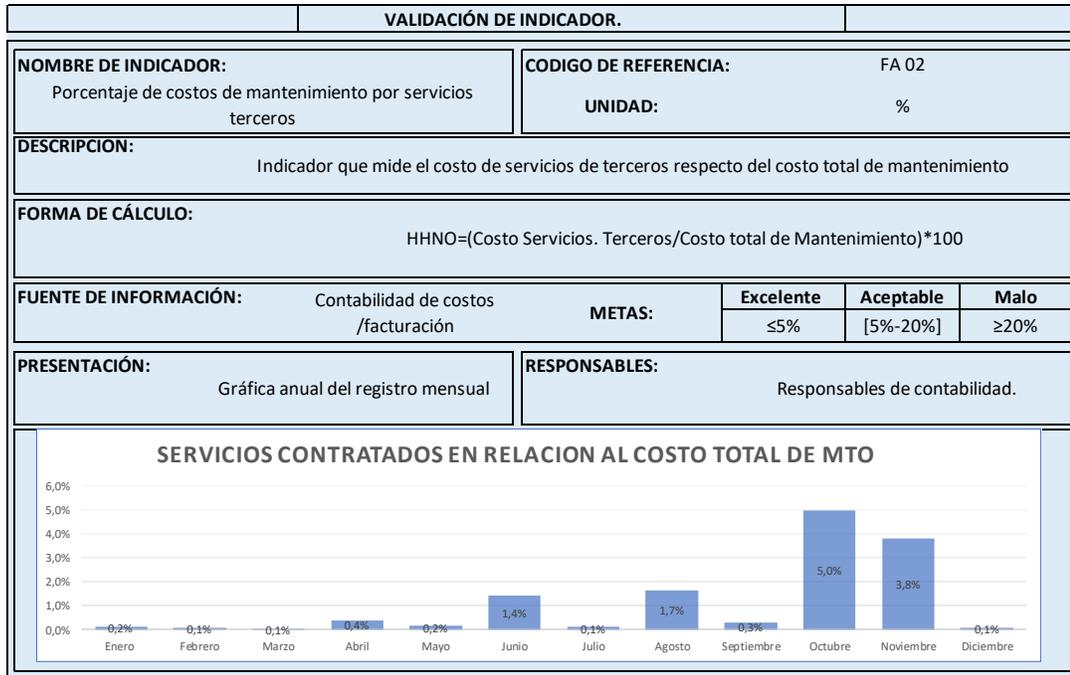


Figura 55 Validación del indicador de Porcentaje de costos de mantenimiento por servicios terceros

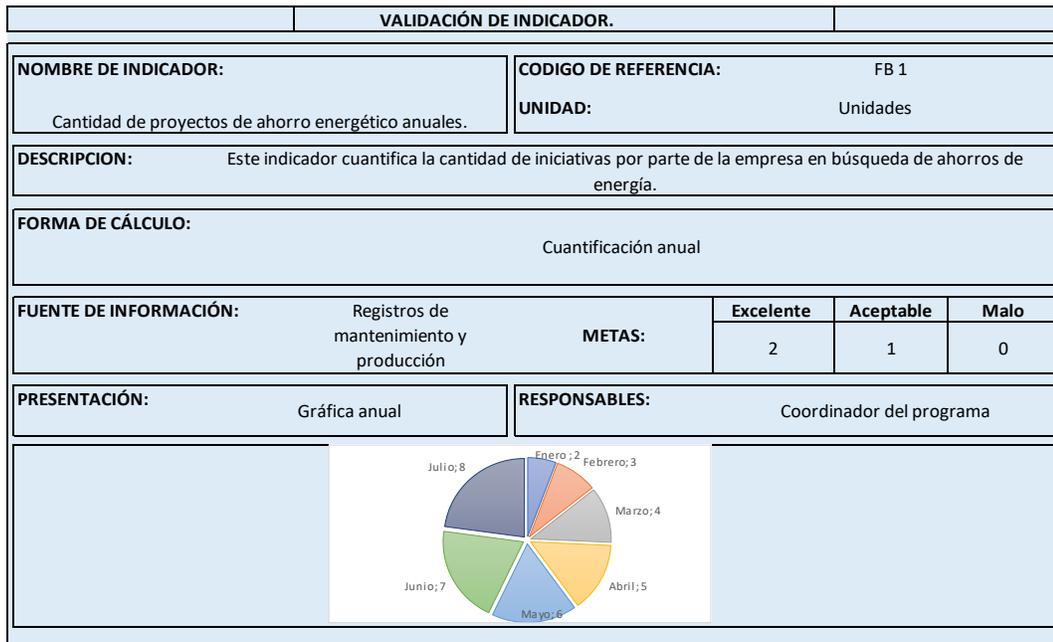


Figura 56 Validación del indicador de cantidad de proyectos de ahorro energéticos anuales

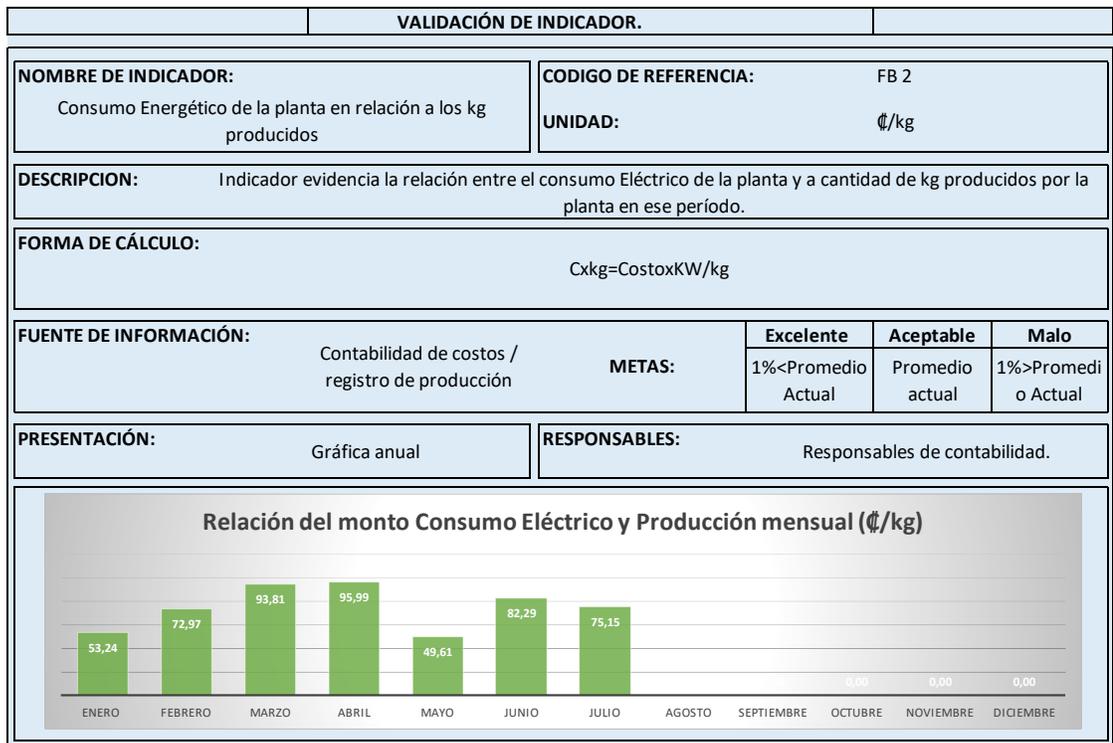


Figura 57 Validación del indicador de consumo energético en relación con los kilogramos producidos

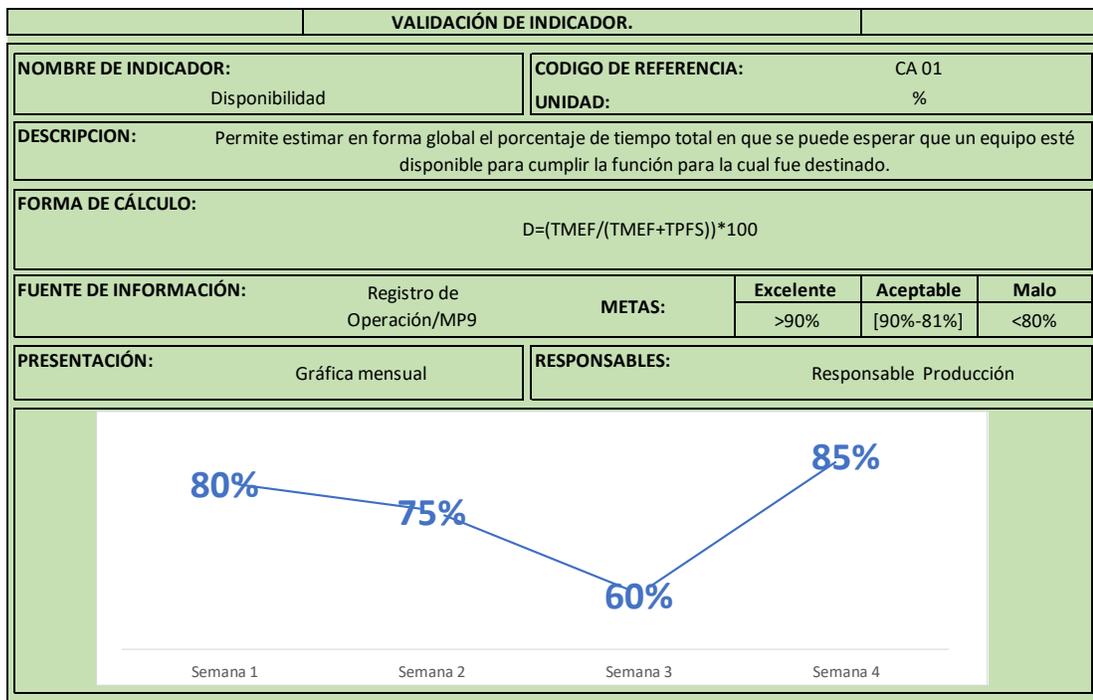


Figura 58 Validación del indicador de Disponibilidad de extrusoras

VALIDACIÓN DE INDICADOR.			
<b>NOMBRE DE INDICADOR:</b> Tiempo medio entre fallas (TMEF)		<b>CODIGO DE REFERENCIA:</b> CA 02	
		<b>UNIDAD:</b> Horas	
<b>DESCRIPCION:</b> Indicador de fiabilidad que cuantifica el tiempo promedio operativo hasta el fallo o indicador de continuidad operacional. Donde TTF: Tiempos operativos hasta el fallo, n: número total de fallos en período evaluado			
<b>FORMA DE CÁLCULO:</b> $TMEF = \sum TTF / n$			
<b>FUENTE DE INFORMACIÓN:</b> Registros de Producción/MP9		<b>METAS:</b>	
		<b>Excelente</b> >10 horas	<b>Aceptable</b> [5-10] horas
		<b>Malo</b> <5 horas	
<b>PRESENTACIÓN:</b> Gráfica mensual		<b>RESPONSABLES:</b> Responsable Producción	
GRAFICO DEL MP 9			

Figura 59 Validación del indicador Tiempo Medio entre fallas

VALIDACIÓN DE INDICADOR.													
<b>NOMBRE DE INDICADOR:</b> Índice de Calidad		<b>CODIGO DE REFERENCIA:</b> CB 01											
		<b>UNIDAD:</b> %											
<b>DESCRIPCION:</b> Es el obtenido de la relación entre la calidad de los productos aceptables y la cantidad de insumos (Kg)													
<b>FORMA DE CÁLCULO:</b> $IC = (\text{Cantidad productos aceptables} / \text{Cantidad de Insumos})$													
<b>FUENTE DE INFORMACIÓN:</b> Registros de Producción		<b>METAS:</b>											
		<b>Excelente</b> >90%	<b>Aceptable</b> [90%-80%]										
		<b>Malo</b> <80%											
<b>PRESENTACIÓN:</b> Gráfica mensual		<b>RESPONSABLES:</b> Responsable Producción											
<table border="1" style="margin: auto;"> <caption>Datos del Gráfico de Índice de Calidad</caption> <thead> <tr> <th>Semana</th> <th>Índice de Calidad (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Semana 1</td> <td>80%</td> </tr> <tr> <td>Semana 2</td> <td>75%</td> </tr> <tr> <td>Semana 3</td> <td>60%</td> </tr> <tr> <td>Semana 4</td> <td>85%</td> </tr> </tbody> </table>				Semana	Índice de Calidad (%)	Semana 1	80%	Semana 2	75%	Semana 3	60%	Semana 4	85%
Semana	Índice de Calidad (%)												
Semana 1	80%												
Semana 2	75%												
Semana 3	60%												
Semana 4	85%												

Figura 60 Validación del indicador índice de calidad

VALIDACIÓN DE INDICADOR.													
<b>NOMBRE DE INDICADOR:</b> Índice de Rendimiento Operacional		<b>CODIGO DE REFERENCIA:</b> CB 02											
		<b>UNIDAD:</b> %											
<b>DESCRIPCION:</b> Es el índice que permite evidenciar la cantidad de piezas producidas respecto de la cantidad de piezas que se podrían haber producido													
<b>FORMA DE CÁLCULO:</b> $IR = \text{Producción real} / \text{Capacidad productiva.}$													
<b>FUENTE DE INFORMACIÓN:</b> Registros de Producción		<b>METAS:</b>											
		<b>Excelente</b> 90%	<b>Aceptable</b> [90%-81%]										
		<b>Malo</b> <80%											
<b>PRESENTACIÓN:</b> Gráfica mensual		<b>RESPONSABLES:</b> Responsable Producción											
<table border="1"> <caption>Data for Figure 61: IR by Week</caption> <thead> <tr> <th>Semana</th> <th>IR (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Semana 1</td> <td>80%</td> </tr> <tr> <td>Semana 2</td> <td>75%</td> </tr> <tr> <td>Semana 3</td> <td>60%</td> </tr> <tr> <td>Semana 4</td> <td>85%</td> </tr> </tbody> </table>				Semana	IR (%)	Semana 1	80%	Semana 2	75%	Semana 3	60%	Semana 4	85%
Semana	IR (%)												
Semana 1	80%												
Semana 2	75%												
Semana 3	60%												
Semana 4	85%												

Figura 61 Validación del indicador del índice de rendimiento operacional

VALIDACIÓN DE INDICADOR.																													
<b>NOMBRE DE INDICADOR:</b> Efectividad Operacional		<b>CODIGO DE REFERENCIA:</b> CB 03																											
		<b>UNIDAD:</b> %																											
<b>DESCRIPCION:</b> Es el producto de la disponibilidad, el rendimiento y la calidad.																													
<b>FORMA DE CÁLCULO:</b> $OEE = D * IR * IC$																													
<b>FUENTE DE INFORMACIÓN:</b> Registros de Producción		<b>METAS:</b>																											
		<b>Excelente</b> 90%	<b>Aceptable</b> [90%-81%]																										
		<b>Malo</b> <80%																											
<b>PRESENTACIÓN:</b> Gráfica mensual		<b>RESPONSABLES:</b> Responsable Producción																											
<table border="1"> <caption>Data for Figure 62: OEE by Month</caption> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>OEE (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Enero</td> <td>80%</td> </tr> <tr> <td>Febrero</td> <td>75%</td> </tr> <tr> <td>Marzo</td> <td>70%</td> </tr> <tr> <td>Abril</td> <td>60%</td> </tr> <tr> <td>Mayo</td> <td>45%</td> </tr> <tr> <td>Junio</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>Julio</td> <td>75%</td> </tr> <tr> <td>Agosto</td> <td>85%</td> </tr> <tr> <td>Septiembre</td> <td>90%</td> </tr> <tr> <td>Octubre</td> <td>77%</td> </tr> <tr> <td>Noviembre</td> <td>73%</td> </tr> <tr> <td>Diciembre</td> <td>60%</td> </tr> </tbody> </table>				Mes	OEE (%)	Enero	80%	Febrero	75%	Marzo	70%	Abril	60%	Mayo	45%	Junio	50%	Julio	75%	Agosto	85%	Septiembre	90%	Octubre	77%	Noviembre	73%	Diciembre	60%
Mes	OEE (%)																												
Enero	80%																												
Febrero	75%																												
Marzo	70%																												
Abril	60%																												
Mayo	45%																												
Junio	50%																												
Julio	75%																												
Agosto	85%																												
Septiembre	90%																												
Octubre	77%																												
Noviembre	73%																												
Diciembre	60%																												

Figura 62 Validación del indicador de Efectividad operacional

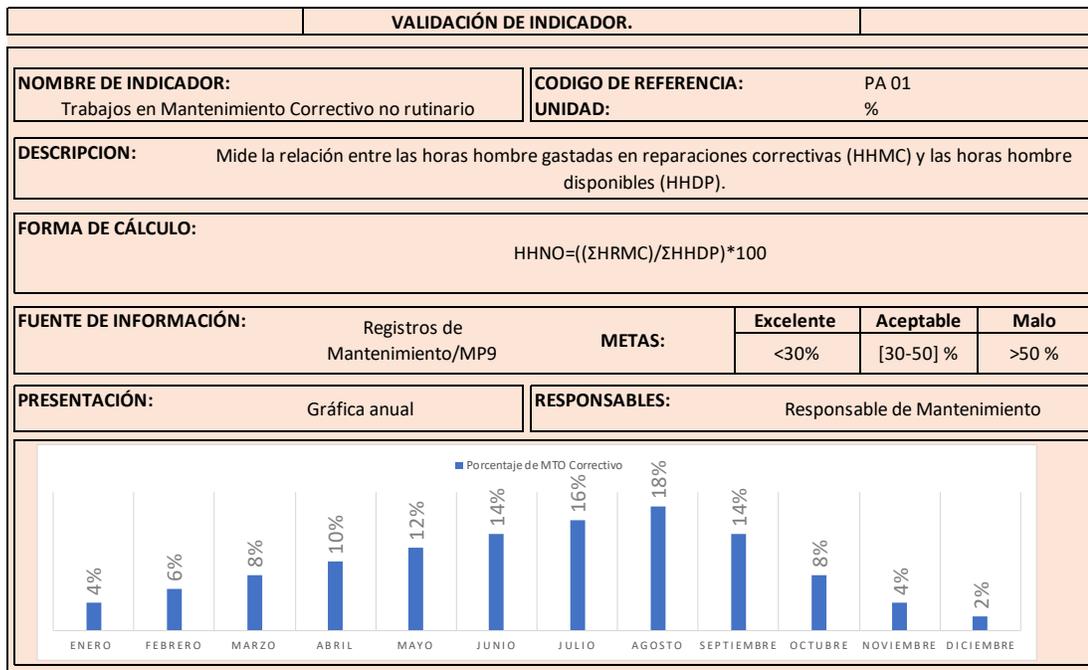


Figura 63 Validación del indicador Trabajos de Mantenimiento correctivo no rutinario

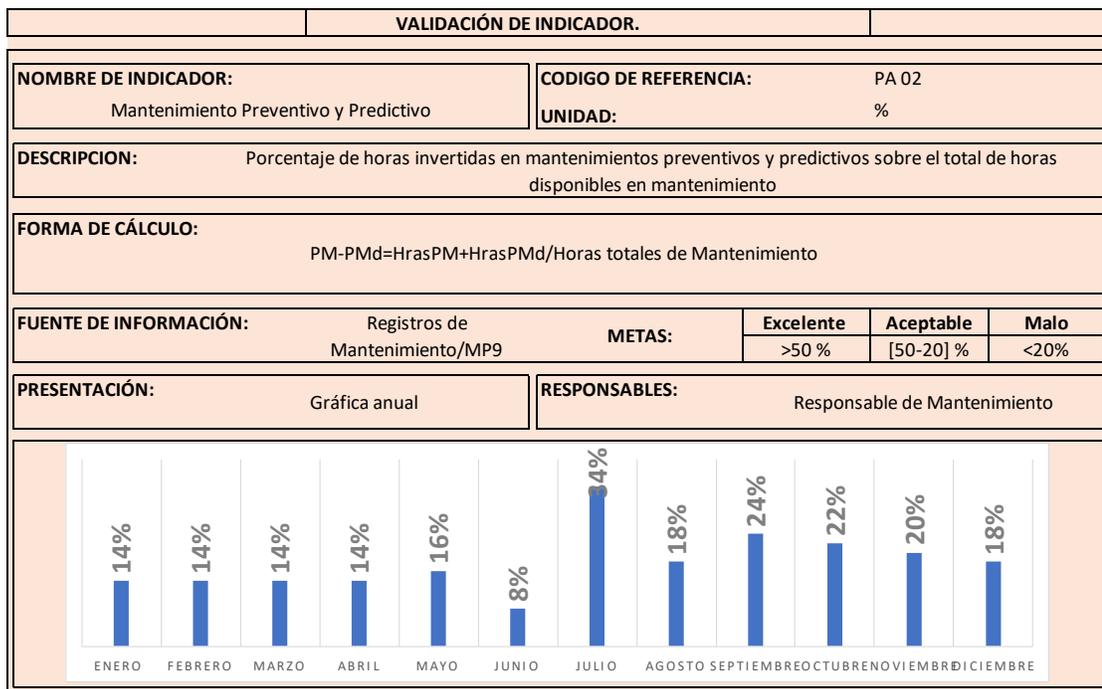


Figura 64 Validación del indicador de Mantenimiento preventivo y predictivo en relación al total de mantenimiento

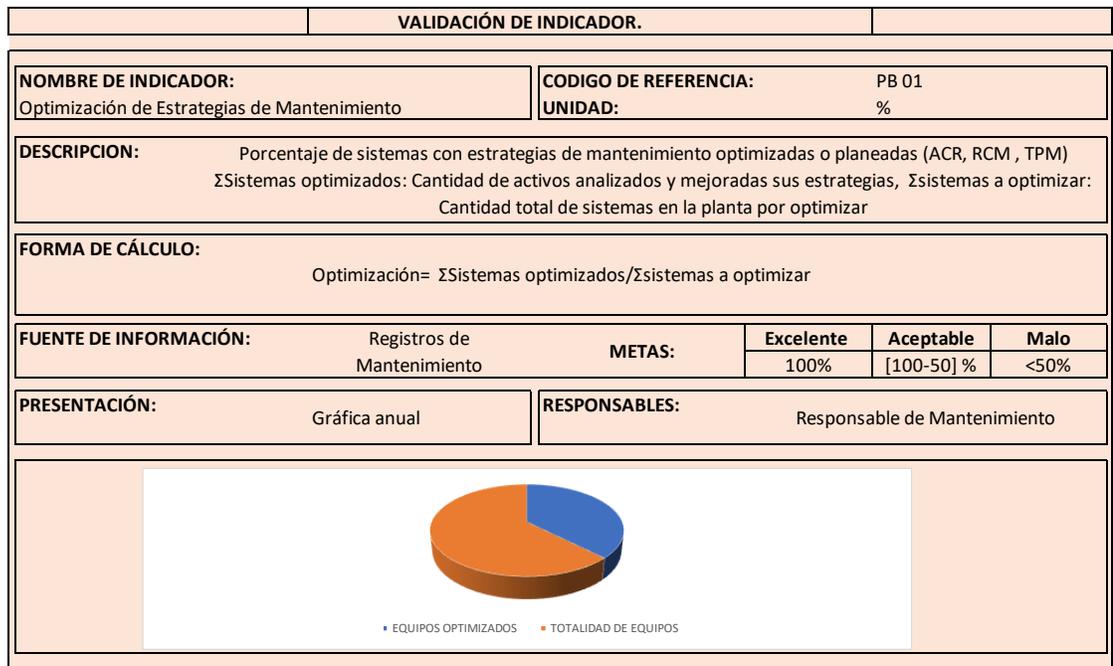


Figura 65 Validación del indicador de optimización de estrategias de mantenimiento

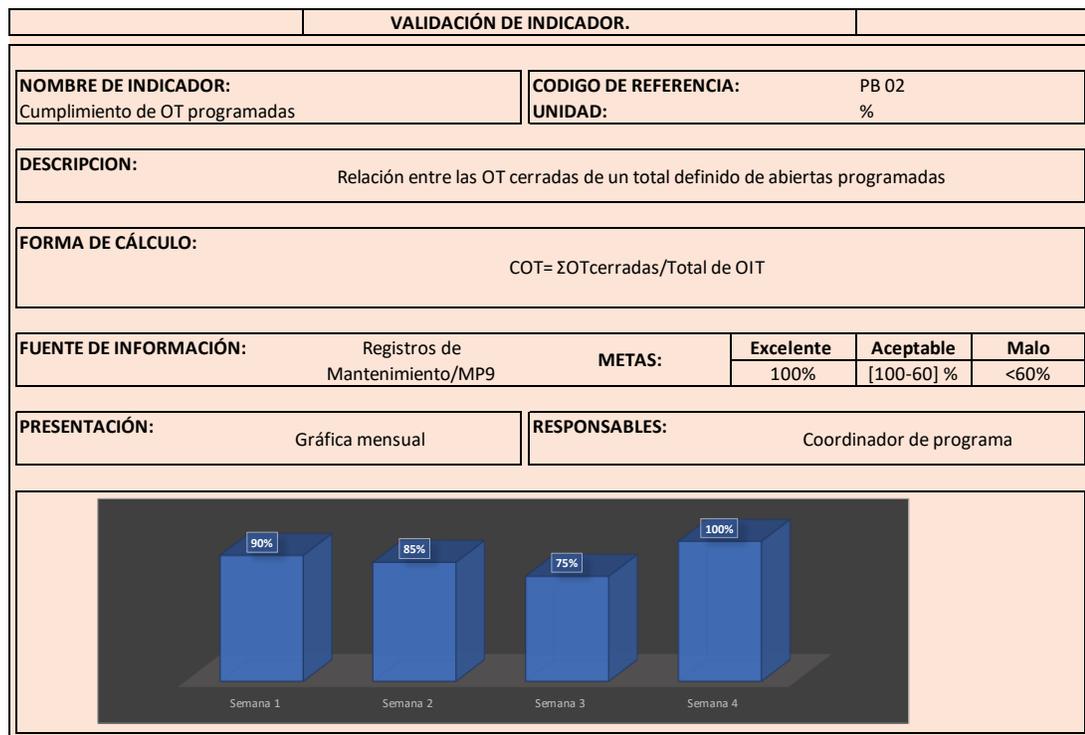


Figura 66 Validación del indicador de cumplimiento de OT programadas

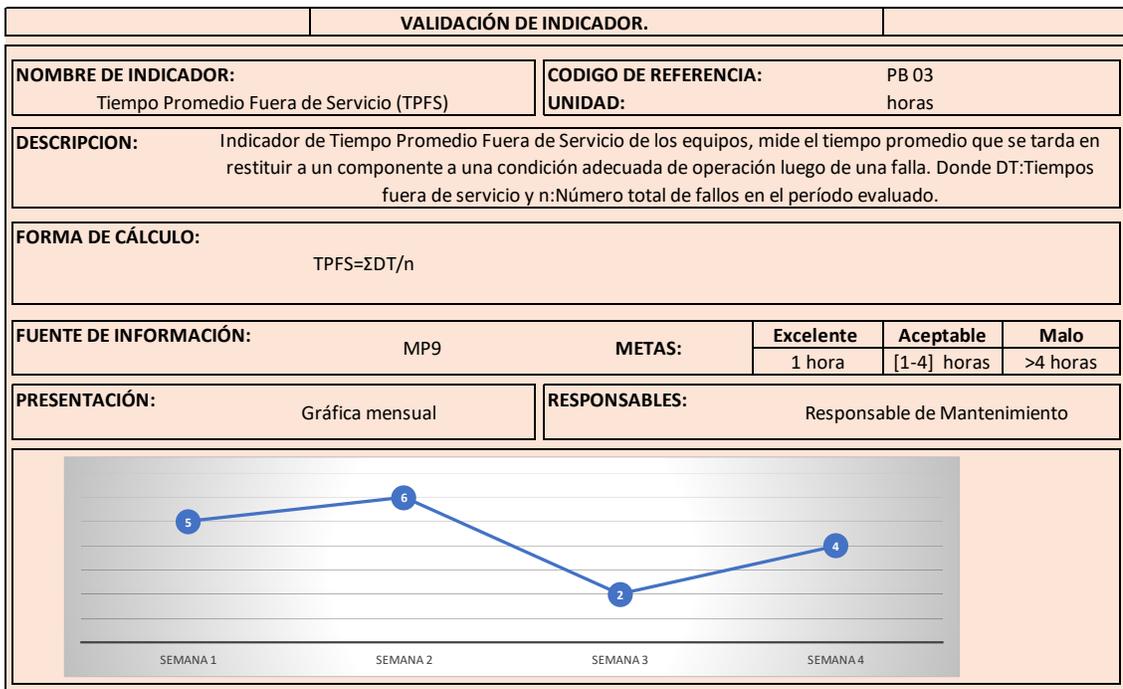


Figura 67 Validación del indicador de tiempo promedio fuera de servicio

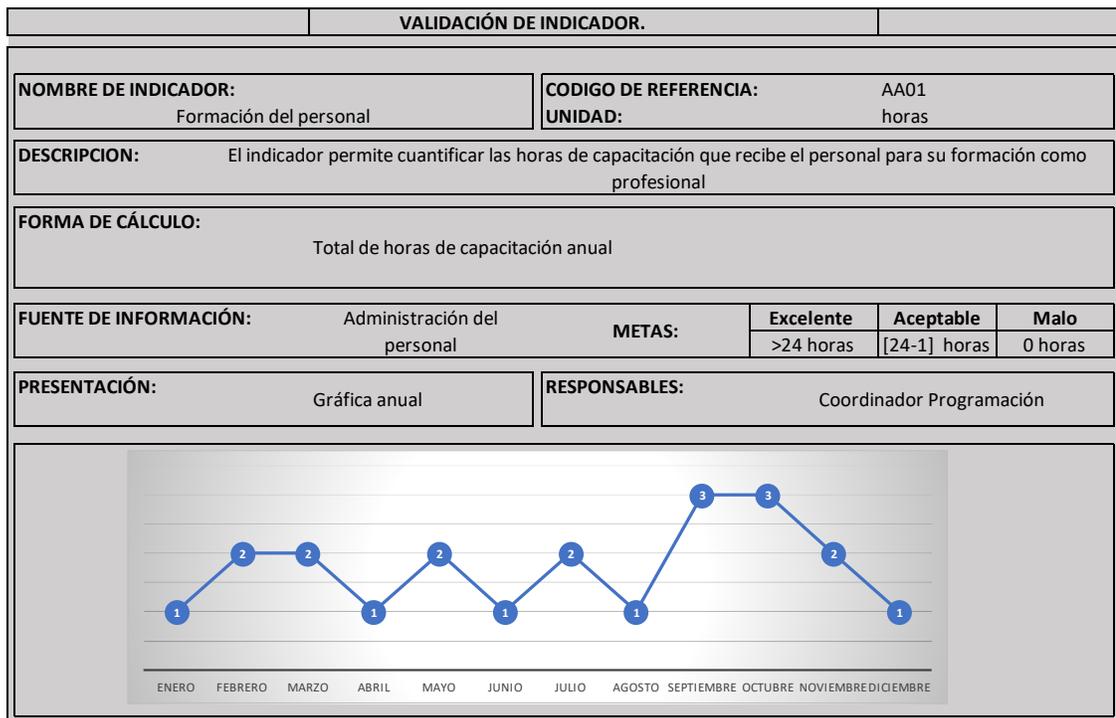


Figura 68 Validación del indicador Formación del personal

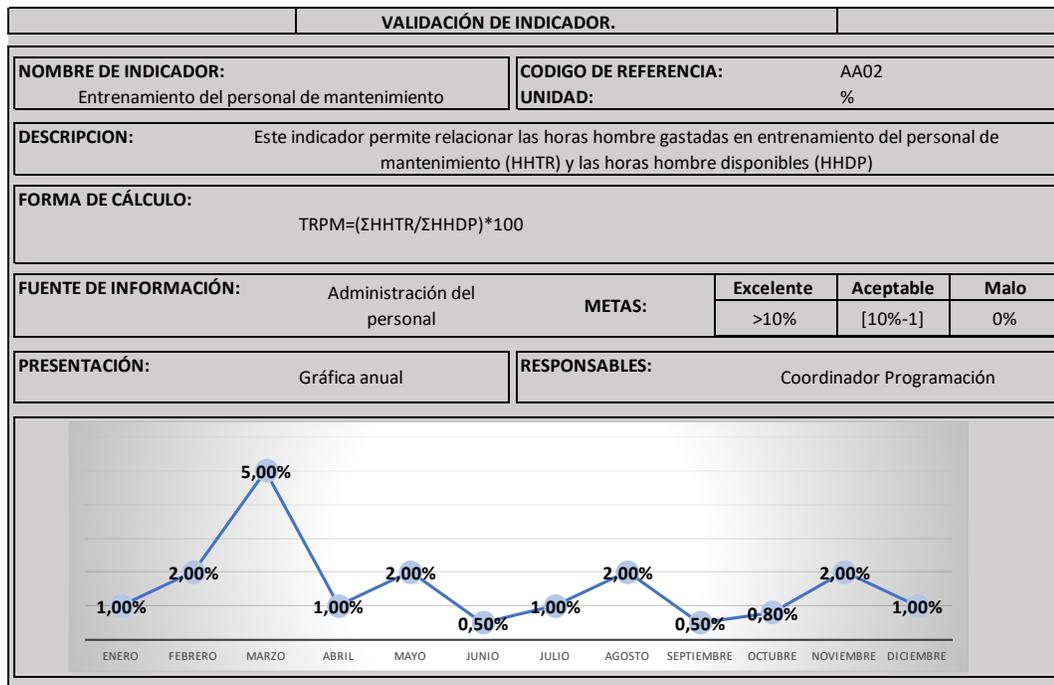


Figura 69 Validación del indicador de entrenamiento del personal de mantenimiento

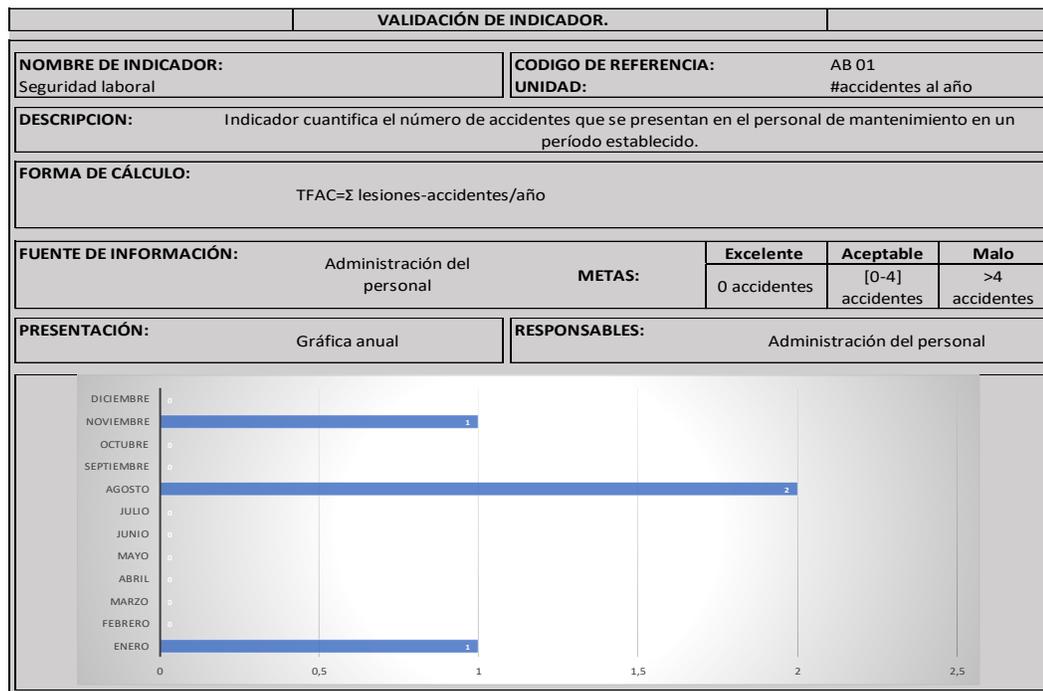


Figura 70 Validación del indicador de seguridad laboral

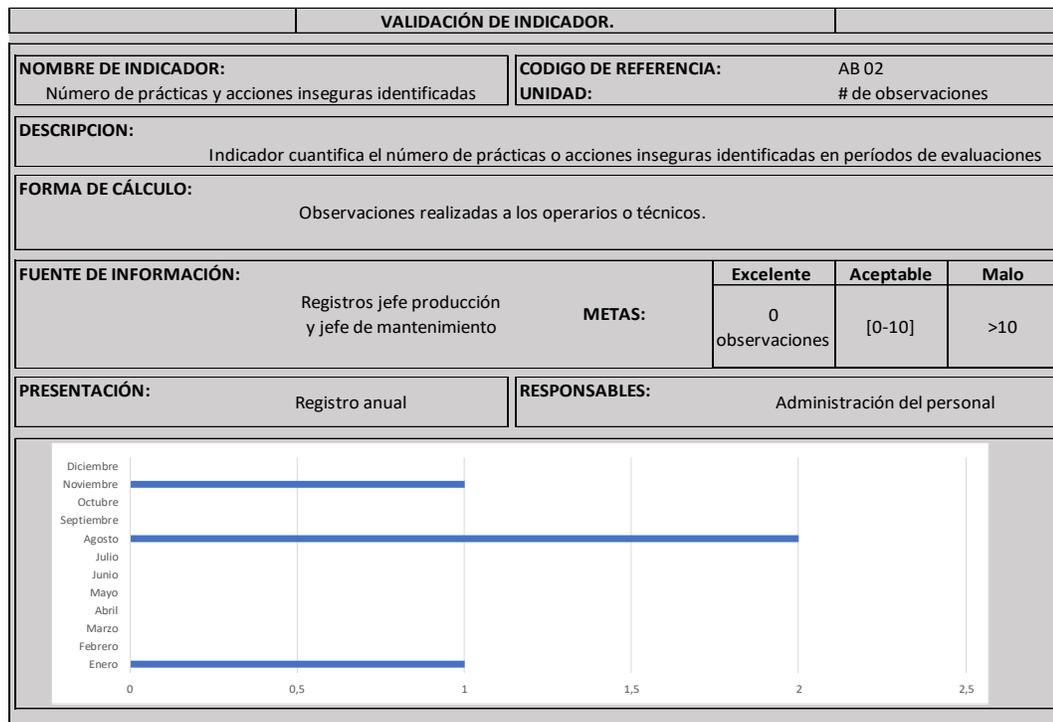


Figura 71 Validación del indicador de número de prácticas y acciones inseguras identificadas

## 17.5 Anexo 5. Análisis de sistemas críticos.

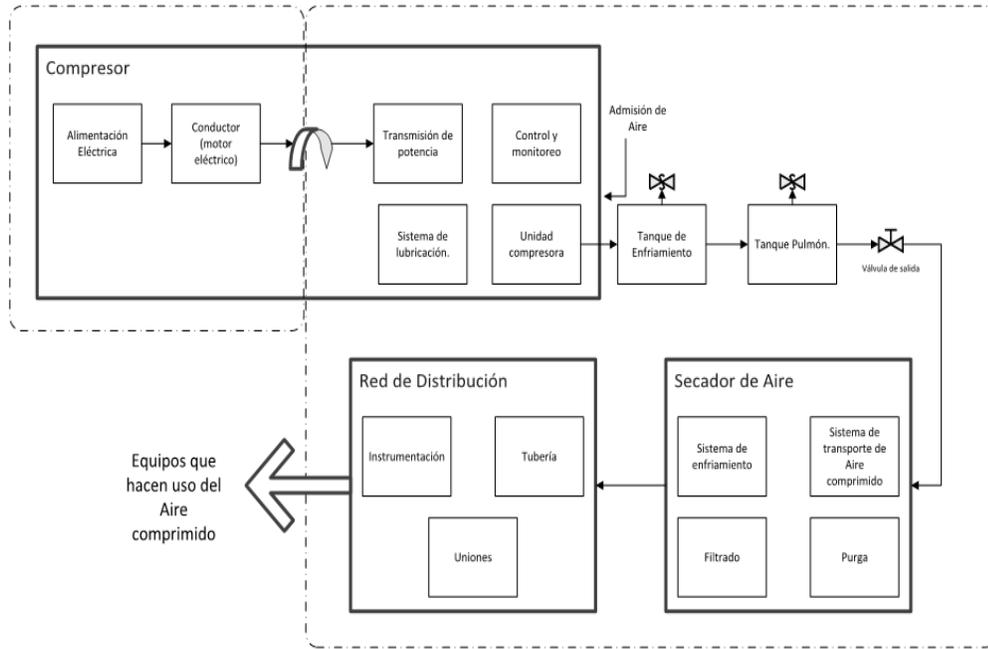


Figura 72 Delimitación de fronteras de Distribución de Aire comprimido

Tabla 69 Componentes mantenibles del sistema de Distribución de aire comprimido

<b>SISTEMA DE ESTUDIO</b>			
<b>Sistema de Aire Comprimido</b>			
<b>Unidad Operativa</b>	<b>Compresor</b>	<b>Secador</b>	<b>Red De Aire Comprimido</b>
<b>Componentes mantenibles</b>	Motor Eléctrico	Compresor interno del sistema refrigerante	Tubería
	Fajas	Serpentín de refrigerante	Uniones
	Presostato	Alimentación Eléctrica	
	Válvula anti retorno	Presostato	
	Alimentación Eléctrica	Condensador	
	Uniones	Purga	
	Anillos	Tuberías de transporte	
	Válvulas de admisión de aire	Filtros (admisión y salida)	
	Filtros de Aire		
	Tanque de aire comprimido		

Tabla 70 Hoja de trabajo RCM Compresor de Aire Hoja 1 de 2

Hoja de trabajo RCM																		
Empresa ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.			CÓDIGO AR1-SA-AC			Realizó: Grupo de trabajo RCM.			Fecha 17/08/2018									
Sistema Sistemas Auxiliares			CÓDIGO AR1-SA-AC-COM			Revisión Jefe de Mantenimiento			hoja 1 de 1									
Unidad Compresor de Aire.																		
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	SUBPARTE	MODO DE FALLA		CAUSA			EFECTO			ACCION PROACTIVA							
									Frecuencia	Severidad	Detección	NP R						
1		A	1	E	Corto Circuito	Mala Conexión	Error humano	3	6	Equipo se detiene completamente, líneas de producción se deben detener	1	8	2	16	1	1,2	Inspección de temperatura de cableado (01) estandarizar tareas de conexión (03).	
1	Extraer el aire ambiental para comprimirlo en el tanque hasta alcanzar una presión de 8± 0.5 bar	A	Incapacidad de comprimir el aire totalmente	2	I	Desgaste normal de los cables de conexión	Desgaste devanado	Corto circuito en devanados	3	6	Equipo se detiene completamente, líneas de producción se deben detener	3	8	4	96	2	1,2	Inspeccionar temperatura del motor en búsqueda de sobrecalentamientos debidos a desgaste del barniz del devanado o conexión (01) y medición de aislamiento (02)
1		A		3	I		Daño en el ventilador		3	6	Equipo se detiene completamente, líneas de producción se deben detener	2	8	2	32	3	1	Inspección sensorial periódica del funcionamiento adecuado del ventilador del motor. (02)
1		A		4	E		Obstrucción		3	6	Equipo se detiene completamente, líneas de producción se deben detener	2	8	2	32	4	2	Inspección del motor y ranuras de ventilación como deposito de polvo, aceite o contaminante en ranuras de ventilación. (02). Reportar (03) y limpiar si se requiere (5)
1		A		5	I		En trabamamiento de roles	Lubricación en exceso	3	6	Equipo se detiene completamente, líneas de producción se deben detener	2	8	8	128	5	3	Estandarizar proceso de lubricación de los roles del motor. (3)
1	Extraer el aire ambiental para comprimirlo en el tanque hasta alcanzar una presión de 8± 0.5 bar	A	Incapacidad de comprimir el aire totalmente	6	I			Falta de lubricación	3	6	Equipo se detiene completamente, líneas de producción se deben detener	1	8	5	40	6	3	Estandarizar proceso de lubricación de los roles del motor. (3)
1		A		7	I		Desgaste de roles	Envejecimiento normal	3	6	Equipo se detiene completamente, líneas de producción se deben detener	2	8	3	48	7	3	Inspección termo gráfica en búsqueda de excesos de calor en roles o devanados. Considerando clase de aislamiento del motor. Llevar control de condiciones de trabajo de motor temperatura propia y ambiental.
1	Extraer el aire ambiental para comprimirlo en el tanque hasta alcanzar una presión de 8± 0.5 bar	A	Incapacidad de comprimir el aire totalmente	8	E	Fajas Rotas	Sobreesfuerzo	Error de montaje	1	3,6	Compresor no se mueve, una faja podría herir a un trabajador que se encuentre cerca, la producción se debe detener	8	8	5	320	8	2,3	Realizar correctamente el proceso de montaje de la faja de ser necesario capacitar al personal para el correcto montaje de la faja de distribución.
1		A		9	E	Fajas Rotas	Desgaste normal		1	3,6	Compresor no se mueve, una faja podría herir a un trabajador que se encuentre cerca, la producción se debe detener	8	8	2	128	9	2	Inspección periódica de la integridad de la faja de distribución.
1		A	Contacto	10	E	Motor no enciende	Sobrecalentamiento	Obstrucción de conectores	3	6	Motor del compresor no enciende	1	8	2	16	#	2	Inspeccionar la integridad del contactor.

Tabla 71 Hoja de trabajo RCM Compresor de Aire hoja 2-2

FUNCION	FALLA FUNCIONAL	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA			EFECTO			Frecuencia	Severidad	Detectable	NPR	ACCION PROACTIVA					
1	Extraer el aire ambiental para comprimirlo en el tanque hasta alcanzar una presión de 8± 0.5 bar	A	Válvula anti retorno	11	I	Motor no se detiene	Sobrecalentamiento	Vida útil de Válvula anti retorno	3	6	No se alcanza la presión requerida	1	6	6	36	#	2	Inspección de funcionamiento adecuado de válvula anti retorno, en caso de encontrar anomalías reportar.	
1		A	Alimentación Eléctrica	12	E	Motor no enciende	Sobrecalentamiento	Falso contacto	3	6	Equipo se detiene completamente, líneas de producción se deben detener	4	6	5	120	#	1,2	Inspección de temperatura de cableado, estandarizar tareas de conexión y resoque, verificar integridad de equipos.	
1		A	Alimentación Eléctrica	13	E	Motor no enciende	Pérdida de energía		3	6	Equipo se detiene completamente, líneas de producción se deben detener	1	6	10	60	#	5	Problema externo	
1		A	Bielas	14	I	Golpeteo fuerte en compresor	Falta de lubricación	Desgaste de camisas	Aumento de la fricción	3	6	Compresor se mueve pero presenta sonidos fuertes de golpeteos además no eleva la presión	2	8	7	112	#	2	Inspección de los niveles adecuados de aceite en compresor y del sonido producido por el compresor.
1	Extraer el aire ambiental para comprimirlo en el tanque hasta alcanzar una presión de 8± 0.5 bar	B	Válvula anti retorno	15	I	Válvula anti retorno no cierra debidamente	Obstrucción de válvula	Válvula bloqueada	3	6	compresor funciona pero nunca alcanza una presión requerida o se pierde la presión rápidamente	2	4	3	24	#	2	Inspeccionar funcionamiento de válvula anti retorno	
1		B	Anillos	16	I	Desgaste de anillos	Falta de lubricación	Error humano	Aumento de la fricción	3	6	Compresor no alcanza la presión requerida o tarda mucho tiempo en hacerlo, deteniendo el proceso productivo o parte del mismo	2	4	5	40	#	2	Inspección de los niveles adecuados de aceite en compresor y de la presión en el manómetro. Revisión predictiva de la temperatura del compresor o sus etapas.
1		B	Válvulas de admisión de aire	17	I	Baja presión	Contaminación	Cuerpos físicos en la entrada de las válvulas		3	6	Compresor no alcanza la presión requerida o tarda mucho tiempo en hacerlo, deteniendo el proceso productivo o parte del mismo	2	3	2	12	#	2	Inspección visual de la no presencia de contaminación o suciedad en entradas de válvulas de admisión de aire periódicamente.
1		B	Filtros de Aire	18	I	Baja presión	Contaminación	Final de vida Útil del filtro		3	6	Compresor no alcanza la presión requerida o tarda mucho tiempo en hacerlo, deteniendo el proceso productivo o parte del mismo	3	5	2	30	#	2	Inspección de la condición de los filtros de aire.
2	Almacenar la totalidad de aire comprimido en el tanque de almacenamiento sin permitir el escape del mismo.	A	Tanque de aire comprimido	19	E	Baja presión	Golpe	Error Humano	3	6	Tanque del compresor no almacena el aire comprimido por lo que nunca se detiene o alcanza la presión necesaria	2	3	2	12	#	2	Inspección visual de la integridad del tanque, reportar en caso de existencia.	
2		A	Uniones	20	I	Baja presión	Fugas	Golpe	Desgaste de uniones	3	6	Tanque del compresor no almacena el aire comprimido por lo que nunca se detiene o alcanza la presión necesaria	2	3	2	12	#	2	Inspección visual de la integridad de las uniones de mangueras y partes del compresor.
2		A	Válvula de seguridad	21	E	Baja presión	Vida útil	Golpe		3	6	Válvula de seguridad trabada y libera el aire comprimido antes de una presión peligrosa	2	3	5	30	#	2,5	Inspeccionar el funcionamiento correcto de la válvula y cambiar en caso de presentar problemas.
3	Encender al motor cuando se alcanza un presión mínima establecida de 6 bar	A	Presostato	22	I	Motor no enciende	Vida útil	Daño en el presostato	3	6	El motor no enciende cuando alcanza la presión mínima establecida	3	6	2	36	#	2	Verificar el funcionamiento del presostato	
4	Apagar el motor cuando se alcanza la presión máxima de 8 bar.	A	Presostato	23	I	Motor no apaga	Vida útil	Daño en el presostato	3	6	El motor no sale de operación una vez alcanzada la presión máxima de trabajo, puede provocar que se queme por sobrecalentamiento.	3	6	2	36	#	2	Verificar el funcionamiento del presostato	
4		A	Contacto	24	E	Motor no apaga	Soldadura de contactos	Contacto trabado	3	6	El motor no se apaga provocando un sobrecalentamiento del mismo	3	6	2	36	#	2	Inspeccionar la integridad del contactor.	

Tabla 72 Hoja de trabajo RCM Secador de Aire hoja 1-2.

Empresa ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A. <span style="float: right;"><b>Hoja de trabajo RCM</b></span>																			
Sistema: Sistemas Auxiliares		CÓDIGO AR1-SA-AC		Realizó: Grupo de tr Fecha 17/08/2018															
Unidad: Secador de Aire Comprimido		CÓDIGO AR1-SA-AC-SA		Revisión Jefe de Ma hoja 1 de 1															
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA			EFECTO		Frecuencia	Severidad	Detección	NPR	ACCION PROACTIVA						
1	Extraer humedad del aire comprimido o por condensación bajando su temperatura de 148°C hasta una temperatura de aproximadamente 95°C	A	Compresor interno del sistema refrigerante	1	I	Compresor quemado	Corto Circuito	Mala Conexión	Humedad	3	4	2	7	5	70	1	1	Inspección de temperatura de cableado y registrar	
1		A	Serpentin de refrigerante	2	I	Daño en tubería de cobre	Fuga	Deformación		3	6	2	7	5	70	2	2	Inspección de integridad de serpentín o presencia de fugas y presión de refrigerante. En caso de encontrarse reportar. Refrigerante 134a.	
1		A	Alimentación Eléctrica	3	I	Compresor no enciende	Falta de suministro eléctrico	Mala conexión		3	4	5	7	1	35	3	1	Inspección de la correcta conexión del cableado.	
1		A	Presostato	Presostato	4	I	Presostato dañado	Vida Útil			3	4	5	7	8	280	4	4	Cambio de presostato.
1		A			5	I	Presostato bloqueado	Suciedad			3	4	5	7	2	70	5	2	Limpieza general del presostato.
1		A			6	I		Error Humano			3	4	2	7	2	28	6	2	Verificar correcto seteo del presostato.
1		B	Condensador	7	I	Condensador Sucio	Suciedad	Golpe		3	4	2	7	2	28	7	2	Limpieza general del condensador	

Tabla 73 Hoja de trabajo RCM Secador de aire Hoja 2-2

FUNCION		FALLA FUNCIONAL	SUBPARTE	MODO DE FALLA		CAUSA			EFECTO		Frecuencia	Severidad	Detección	NPR	ACCION PROACTIVA					
2	Purgar de forma automática las gotas de agua debido a la humedad extraída.	A	Incapacidad de purgar las gotas de agua	Purga	8	I	Purga bloqueada	Suciedad			3	6	Equipo no purga provocando exceso de humedad interna en el mismo pudiendo provocar corrosión.	2	5	2	20	4	2	Limpieza periódica del filtro de purga
3	Permitir el transporte de la totalidad de aire comprimido desde su válvula de admisión hasta la válvula de escape.	A	Incapacidad de transportar el aire comprimido	Tuberías de transporte	9	I	No circula aire comprimido	Suciedad	Golpe externo		3	4	Equipo no circula adecuadamente el aire comprimido parando el proceso productivo.	2	5	2	20	5	2	Inspección de integridad de tubería o presencia de fugas. En caso de encontrarse reportar.
3	Permitir el transporte de la totalidad de aire comprimido desde su válvula de admisión hasta la válvula de escape.	A	Incapacidad de transportar el aire comprimido	Filtros (admisión y salida)	10	I	No circula aire comprimido	Suciedad	Mal montaje		3	4	Equipo no circula adecuadamente el aire comprimido parando el proceso productivo.	2	5	2	20	6	2	Limpieza periódica de los filtros y verificar correcto ajuste.

Tabla 74 Hoja de trabajo RCM Red de Aire Comprimido

Hoja de trabajo RCM																				
Empresa ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A. <span style="float: right;"><b>ARKIPLAST INTERNACIONAL</b></span>																				
Sistema: Sistemas Auxiliares CÓDIGO AR1-SA-AC						Realizó: Grupo de Fecha 17/08/2018														
Unidad: Redde Aire Comprimi CÓDIGO AR1-SA-AC-RA						Revisión Jefe de   hoja 1 de 1														
FUNCION	FALLA FUNCION AL		SUBP ARTE	MODO DE FALLA		CAUSA		EFECTO		Frecuencia	Severidad	Defección	NP R	ACCION PROACTIVA						
1	Distribuir el aire comprimido del secador a los equipos productivos de forma continua	A	Tuberías	1	E	Bloqueo de tuberías	Suciedad	Tubería presionada	3	5	No se tiene presencia de aire comprimido en los equipos requeridos.	4	8	2	64	1	2	Inspección visual de la integridad de las tuberías y posibles bloqueos de las mismas.		
1		A				2	I	Filtros bloqueados	Suciedad	Vida util		3	5	7	8	2	112	2	2	Inspección visual de la integridad de los filtros y verificar su vida util.
1		A				3	I	Fugas	Rupturas	Malas uniones		3	5	3	7	5	105	3	2	Inspección y corrección de fugas en las tubería
2	Mantener el aire comprimido en el interior de la tubería hasta los equipos alimentados.	B	Uniones	5	I	Fugas	Rupturas	Malas uniones	3	5	No se mantiene una presión estable en las tuberías de aire comprimido.	7	6	5	210	4	2	Inspección y corrección de fugas en las tuberías		
2		B				5	I	Fugas	Uniones flojas	Uniones con rupturas		3	5	5	6	5	150	2	5	Inspección y correccion de fugas en las uniones de las tuberías.

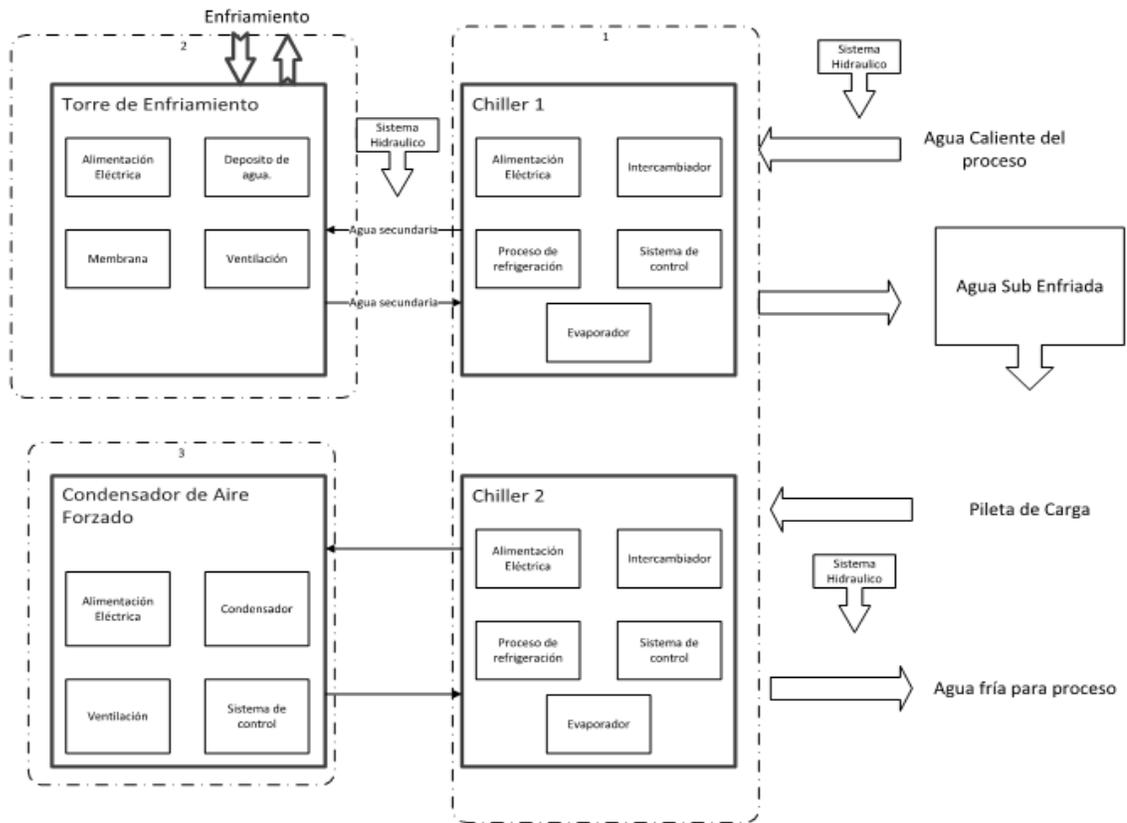


Figura 73 División del sistema de Enfriamiento

Tabla 75 Partes mantenibles del sistema de refrigeración #01

SISTEMA DE ESTUDIO		Sistema de Refrigeración (1) con Torre de Enfriamiento (Agua helada)		
Unidad Operativa	Chiller	Torre de Enfriamiento	Evaporador	Sistema de hidráulico
Componentes mantenibles	Compresor Frascool	Cuerpo	Indicador de baja presión	Bomba Centrífuga
	Armazón	Membrana	Indicador de alta presión	Tubería de agua
	Presostato	Motor Abanico	Válvula de Expansión	
	Tubería de Cobre	Aspas de Abanico		
	Filtros Secadores	Depósito de agua		
	Vista Refrigerante			
	Panel de Control			
	Intercambiador			
	Manómetro			
Termostato				

Tabla 76 Componentes mantenibles del Sistema de Refrigeración #02

<b>SISTEMA DE ESTUDIO</b>				
<b>Sistema de Refrigeración (2) con Condensador de Flujo de aire Forzado (Agua helada)</b>				
<b>Unidad Operativa</b>	<b>Chiller</b>	<b>Condensador Flujo Forzado</b>	<b>Evaporador</b>	<b>Sistema de hidráulico</b>
<b>Componentes mantenibles</b>	Compresor Frascool	Cuerpo	Indicador de baja presión	Bomba Centrífuga
	Armazón	Motor Abanico	Límite de presión Baja	Tubería de agua
	Presostato	Aspas de Abanico	Válvula de Expansión	
	Tubería de Cobre		Indicador de alta presión	
	Filtros Secadores		Límite de presión Alta	
	Vista Refrigerante			
	Panel de Control			
	intercambiador			
	Manómetro Refrigerante			
	Termostato			

Tabla 77 Hoja de trabajo RCM Sistema Refrigeración #01 hoja 1-2

Empresa ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.														Hoja de trabajo RCM					
Sistema Sistemas Auxiliares			CÓDIGO AR1-SA-CH01 Realizó: Grupo de trabajo RCM.																
Unidad: Enfriador #1			CÓDIGO AR1-SA-AC-C Revisión Jefe de Mantenimiento											hoja 1 de 1					
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA			EFECTO			Frecuencia	Severidad	Defectó	NPR	ACCION PROACTIVA					
1	A	Chiller (Compresor Frascol)	Compresor Dañado	Vida Útil	Error Humano golpe externo			3	No se da el proceso de subenfriamiento	1	7	8	56	1	4	Verificar la no presencia de sonidos anormal en el compresor o golpeteo/Reportar.			
1	A	Chiller (Compresor Frascol alimentación eléctrica)	Cables de conexión Suelos	Falso contacto	Sobrecalentamiento	Conexión interrumpida		3	provocando que no se alcance la temperatura mínima requerida en el proceso	1	7	2	14	2	2	Inspeccionar el correcto ajuste de las conexiones eléctricas			
1	A	Chiller (Tubería de Cobre)	Fuga de refrigerante	Fisura por golpe	Ruptura de soldadura			2	3	3	1	7	1	7	3	2	Inspeccionar la presión de refrigerante en el sistema-Cargar de ser necesario con refrigerante R-32		
1	A	Chiller (Filtro Secador)	Filtro Secador bloqueado	Golpe o deformación	Vida Útil			3	No circula refrigerante provocando la incapacidad de extraer el calor del agua para bajar su temperatura.	1	7	3	21	4	2	Inspeccionar que la temperatura en la entrada y salida del filtro no varíe demasiado/ Reportar en caso de variación elevada			
1	A	Chiller (Alimentación Eléctrica)	Cables de conexión dañados	Golpe o quebradura de cableado	Vida Útil	Conexión interrumpida		3	No se da el proceso de subenfriamiento provocando que no se alcance la temperatura mínima requerida en el proceso	1	7	2	14	5	2	Verificar la integridad del cableado de alimentación Eléctrica.			
1	A	Chiller (presostato)	Presostato Trabado	Suciedad	Exceso de Humedad	Golpe		3	requerida en el proceso pues el compresor no enciende para circular el refrigerante	1	8	2	16	6	2	Inspeccionar el funcionamiento del presostato.			
1	A	Chiller (termostato)	Termostato Dañado	Suciedad	Golpe	Desajuste		3		1	8	2	16	7	2	Inspeccionar el funcionamiento del termostato.			

Tabla 78 Hoja de trabajo RCM sistema de Refrigeración #01 Hoja 2-2

FUNCION	FALLA FUNCIONAL	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA			EFECTO			Frecuencia	Severidad	Detección	NPR	ACCION PROACTIVA	
1		Chiller (presostato)	I	Desajuste del presostato	Manipulación inadecuada	Mal Ajuste		3				184	32	82	Inspeccionar que los valores de ajuste del presostato son los adecuados.
1	Absorber el calor del agua que retorna del proceso de extrusión a 27°C±0.5° C hasta alcanzar 16°C±0.5° C en la pileta de carga.	Incapacidad parcial de bajar la temperatura del agua que llega de las líneas extrusoras	I	Falla en válvula de expansión	Vida Útil	Diseño inadecuado de la válvula de expansión	Desgaste	3				162	12	92	Verificar funcionamiento de válvula de expansión
1		Sistema Hidráulico (Tubería de agua principal)	I	Daño de tubería de agua principal	Obstrucción	Fugas de agua	Golpes o daño externo	3				261	12	102	Verificar la integridad de la tubería de agua principal y el flujo adecuado de agua.
2	Transferir el calor absorbido por el refrigerante en el evaporador hasta un sistema secundario de agua	Incapacidad de transferir el calor absorbido por el refrigerante en el evaporador hasta un sistema secundario de agua	I	Intercambiador dañado	Vida Útil	Incrustaciones	Daño externo	3				485	160	112	Verificar la no presencia de incrustaciones/ Realizar tratamiento de dureza del agua secundaria
2		Sistema Hidráulico (Tubería de agua Secundaria)	I	Daño en tubería de agua secundaria	Obstrucción	Fugas de agua	golpe o daño externo	3				261	12	122	Verificar la integridad de la tubería de agua secundaria y el flujo adecuado de agua.

Tabla 79 Hoja de trabajo RCM Torre de Enfriamiento hoja 1-2

Empresa ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.		Hoja de trabajo RCM		ARKIPLAST INTERNACIONAL											
Sistema Sistemas Auxiliares		CÓDIGO AR1-SA-CH01	Realizó: Grupo de trabajo RCM.												
Unidad: Torre de Enfriamiento		CÓDIGO AR1-CH02-TE	Revisión Jefe de Mantenimiento		hoja 1 de 1										
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFECTO	Frecuencia	Severidad	Detección	NPR	ACCION PROACTIVA					
1	Transferir la temperatura del sistema secundario de agua al ambiente mediante un flujo de aire, hasta disminuirla a 20°C	Torre de enfriamiento (Aspas de Motor Abanico)	1 I	Aflojamiento de las aspas	Tornillos flojos	Vibración	1	3	4	7	2	56	1	2	Resocar adecuadamente los pernos de sujeción de las aspas al impulsor.
1			2 I	Aspas del ventilador quebradas	Golpe	Deterioro normal	1	3	2	7	2	28	2	2	Revisar la integridad de las aspas del ventilador de la torre. Reportar para cambio
1		Torre de enfriamiento (Motor Abanico quemado)	3 I	Suciedad	Vida Útil	Falla Eléctrica	1	3	4	7	2	56	3	2	Verificar el funcionamiento adecuado del ventilador de la torre de enfriamiento.
1			3 I	Sobrecarga Eléctrica	Cojinetes Atascados		1	3	2	7	2	28	4	5	Dejar fallar y cambiar el motor debido al bajo costo y poca frecuencia
1			3 I	Sobrecarga Eléctrica	Rodamientos desgastados		1	3	2	7	2	28	5	5	
1			3 I	Sobrecarga Eléctrica	Falla de protección de sobrecarga	Mala selección de protección de sobrecarga	1	3	2	7	2	28	6	3	Capacitación al personal
1			3 I	Falta de lubricante	No hay programa de lubricación		1	3	5	7	2	70	7	3	Capacitación al personal
1			4 I	Falla a tierra corto circuito	Contaminación interna del motor abanico	Falta de protección de transientes	1	3	1	7	2	14	8	2	Medición de aislamiento.

Tabla 80 Hoja de trabajo RCM Torre de Enfriamiento hoja 2-2

FUNCION	FALLA FUNCIONAL	SUBPARTE	MODO DE FALLA		CAUSA			EFECTO		Frecuencia	Severidad	Detección	NPR	ACCION PROACTIVA							
1	Transferir la temperatura del sistema secundario de agua al ambiente mediante un flujo de aire, hasta disminuirla a 20°C	A	Incapacidad de disminuir la temperatura hasta los 20°C	Transmisión	5	Falla en lubricación	Cantidad inadecuada	Mala selección del tipo	Error operacional	1	3	4	7	2	56	9	3	Capacitación al personal			
1				Transmisión	6	Soltura de elementos mecánicos muñoneras	Aflojamiento de tornillos de sujeción				1	3	2	3	5	30	10	2	Resocado de las muñoneras.		
1				Torre de enfriamiento (Membrana)	7	Incrustación de la membrana de la torre de enfriamiento	Tratamiento químico inadecuado del agua	Suciedad			1	3	No se da una transferencia adecuada del calor de la red secundaria de agua con el ambiente pues no se tiene el flujo de aire forzado por el interior de la torre de enfriamiento que permite la correcta transferencia de calor hacia el aire del ambiente		4	3	2	24	11	2	Estandarizar el proceso de tratamiento de agua requerido/Verificar la no presencia de incrustaciones-Limpieza en caso de presencia
1				Aspersores	8	Aspersores Sucios o atascados	Tratamiento químico inadecuado del agua	Error operacional			1	3	4	5	2	40	12	3	Estandarizar el proceso de tratamiento de agua requerido/Verificar la no presencia de incrustaciones-Limpieza en caso de presencia		
1				Boya reposición y tubería de alimentación agua nueva	9	Falta de agua de reposición	No abre el ingreso	Mecanismo bloqueado			1	3	2	6	2	24	13	2	Verificar el funcionamiento y movimiento adecuado del mecanismo		
1				Válvula y tuberías de salida	#	Válvula cerrada	Error humano				1	3	1	7	#	70	14	5	Dejar fallar probabilidad baja		
2	Mantener estándares de apariencia en la carcaza y estructura de soporte	A	Incapacidad de soportar los elementos o de mantener el estándar de apariencia	Carcaza y base metálica		Presencia de focos de corrosión	Envejecimiento normal	Superficies despintadas	Exposición al ambiente	1	6	2	3	2	12	15	2	Verificar la integridad de la carcaza y base metálica.			
3	Almacenar la totalidad de agua del sistema secundario de agua posterior a su transferencia de calor hacia el ambiente	A	Incapacidad total o parcial de almacenar el agua secundaria del sistema	Torre de enfriamiento (Deposito de agua)	#	Fugas de agua en el deposito de agua de la torre de enfriamiento	Daño externo	Golpe		2	3	Se da un desperdicio energético y de recursos naturales pues el agua secundaria no se reutiliza necesitando el ingreso de agua nueva del grifo.		2	7	2	28	16	2	Verificar la no presencia de fugas en el tanque de almacenamiento del agua secundaria del proceso.	
3	Válvulas y tubería			Fuga en uniones	Fugas a través del flanger					2	3	4	5	2	40	17	2	Verificar ajuste de uniones			

Tabla 81 Hoja de trabajo RCM de Enfriador #02 hoja 1-2

Hoja de trabajo RCM																													
Empresa ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.																													
Sistema Sistemas Auxiliares CÓDIGO AR1-SA-CH02 Realizó: Grupo de trabajo RCM.																													
Unidad: Enfriador #2 CÓDIGO AR1-SA-CH02 Revisión Jefe de Mantenimiento hoja 1 de 1																													
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA			EFECTO	Frec	Sev	Det	NPR	ACCION PROACTIVA																	
1	Absorber el calor del agua de la pileta de carga de una temperatura de 16°C±.5°C hasta disminuirla a 8°C±.5°C.	Chiller (Compresor Frascal)	1	Compressor Dañado	Vida Útil	Error Humano golpe externo	3	No se da el proceso de subenfriamiento provocando que no se alcance la temperatura mínima requerida en el proceso pues el	2	7	8	112	1	4	Verificar la no presencia de sonidos anormal en el compresor o golpeteo/Reportar.														
1															2	Cables de conexión Suelos	Falso contacto	Sobrecalentamiento	Conexión interrumpida	3	5	7	2	70	2	2	Inspeccionar el correcto ajuste de las conexiones eléctricas		
1															3	Chiller (Tubería de Cobre)	Fuga de refrigerante	Fisura por golpe	Ruptura de soldadura	2	3	2	7	1	14	3	2	Inspeccionar la presión de refrigerante en el sistema-Cargar de ser necesario con refrigerante R-32	
1															4	Chiller (Filtro Secador)	Filtro Secador bloqueado	Golpe o deformación	Vida Útil	3	No circula refrigerante provocando la incapacidad de extraer el calor del agua para bajar su temperatura.	2	7	3	42	4	2	Inspeccionar que la temperatura en la entrada y salida del filtro no varié demasiado/ Reportar en caso de variación elevada	
1															5	Chiller (Alimentación Eléctrica)	Cables de conexión dañados	Golpe o quebradura de cableado	Vida Útil	Conexión interrumpida	3	No se da el proceso de subenfriamiento provocando que no se alcance la temperatura mínima	5	7	2	70	5	2	Verificar la integridad del cableado de alimentación Eléctrica.
1															6	Chiller (presostato)	Presostato Trabado	Suciedad	Exceso de Humedad	Golpe	3	requerida en el proceso pues el compresor no	2	8	2	32	6	2	Inspeccionar el funcionamiento del presostato.
1															7	Chiller (termostato)	Termostato Dañado	Suciedad	Golpe	Desajuste	3		2	8	2	32	7	2	Inspeccionar el funcionamiento del termostato.

Tabla 82 Hoja de trabajo RCM Torre de enfriamiento Hoja 2-2

FUNCION	FALLA FUNCIONAL	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA			EFECTO	U	S	W	NPR	ACCION PROACTIVA	
1		Chiller (presostato)	8	Desajuste del presostato	Manipulación inadecuada	Mal Ajuste	3				2 8 4 64	8 2	Inspeccionar que los valores de ajuste del presostato son los adecuados.
1	Absorber el calor del agua de la pileta de carga de una temperatura de 16°C±.5°C hasta disminuirla a 8°C±.5°C.	B Incapacidad parcial de bajar la temperatura del agua de la pileta de carga	9	Falla en válvula de expansión	Vida Útil	Diseño inadecuado de la válvula de expansión	Desgaste	3			1 6 2 12	9 2	Verificar funcionamiento de válvula de expansión
1		Sistema Hidráulico (Tubería de agua principal)	#	Daño de tubería de agua principal	Obstrucción	Fugas de agua	golpe o daño externo	3			2 6 1 12	10 2	Verificar la integridad de la tubería de agua principal y el flujo adecuado de agua.

Tabla 83 Hoja de trabajo RCM de condensador de flujo forzado Hoja 1-1

Hoja de trabajo RCM																			
Empresa ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.																			
Sistema Sistemas Auxiliares CÓDIGO AR1-SA-CH02 Realizó: Grupo de trabajo RCM.																			
Unidad: Condensador de flujo forzado CÓDIGO AR1-CH02-CF Revisión Jefe de Mantenimiento hoja 1 de 1																			
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA			EFECTO		Frecuencia	Severidad	Defección	NPR	ACCION PROACTIVA						
				Vida Útil	Suciedad	Obstrucción													
1	Transferir el calor del refrigerante del proceso de enfriamiento al ambiente por medio de un flujo constante de flujo forzado de aire.	A	Imposibilidad de mantener un flujo constante de aire forzado	Motor ventiladores	1	I	Motores abanicos obturado	Vida Útil	Suciedad	Obstrucción	3	6	2	7	2	28	1	2	Verificar el funcionamiento adecuado de los motores ventiladores del condensador del chiller.
1		A		2	I	Fallo del motor abanico del condensador	Círculo abierto	Falla Eléctrica	Suciedad	3	6	4	7	2	56	2	2	Inspeccionar ajuste e integridad de las conexiones eléctricas del condensador	
1		A	Serpentín del Condensador	3	I	Condensador Obturado	Fuga en el serpentín	Serpentín deformado	Suciedad del serpentín	3	6	4	7	2	56	3	2	Revisar integridad del serpentín del condensador.	
1		B	Serpentín del Condensador	4	I	Condensador Sucio	Suciedad	Agentes Externos		3	6	4	7	2	56	4	2	Realizar una limpieza general del serpentín del condensador.	
1		B	Aspas ventilador	5	I	Ventiladores Sucios	Suciedad	Agentes Externos		3	6	4	7	2	56	5	2	Realizar una limpieza de las aspas del ventilador del condensador.	

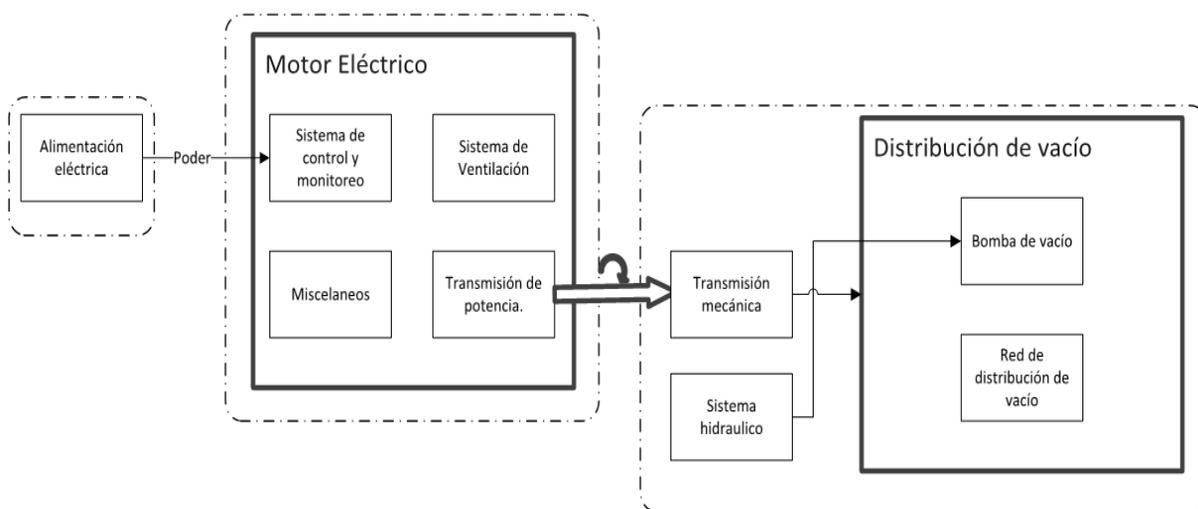


Figura 74 División del sistema de Vacío

Tabla 84 Componentes mantenibles Sistema de vacío

SISTEMA DE ESTUDIO Sistema de vacío.				
Unidad Operativa	Torre de Enfriamiento	Alimentación Eléctrica	Red de distribución de vacío	Bomba de Vacío.
Componentes mantenibles	Tuberías de agua	Panel de Control	Tubería de Vacío.	Puerto Succión
	Aspas de motor abanico	Breaker	Deposito Separador	Puerto de Descarga
	Membrana	Contactador	Manómetro de presión	Eje
	Aspersores	Cableado		Carcaza
	Válvulas			Impulsor
	Cuerpo			Lubricación
	Depósito de agua			Soporte
				Rodamientos
			Acople Bomba	

Tabla 85 Hoja de trabajo RCM Bomba de vacío

Hoja de trabajo RCM																		
Empresa ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A. <span style="float: right;"></span> Sistema Sistemas Auxiliares <span style="margin-left: 50px;">CÓDIGO AR1-SA</span> <span style="margin-left: 50px;">Realizó: Grupo de trabajo RCM.</span> Unidad: Bomba de Vacío <span style="margin-left: 50px;">CÓDIGO AR1-SA-SV-BV</span> <span style="margin-left: 50px;">Revisión Jefe de Mantenimiento</span> <span style="float: right;">hoja 1 de 1</span>																		
FUNCION	LA FUNCION	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA			EFECTO	Frecuencia	Severidad	Detección	NPR	ACCION PROACTIVA						
1		A	Motor Eléctrico	1	E	Se hara un RCM por aparte												
1	Extraer moléculas de gas del depósito separador mediante el anillo líquido, para crear un vacío parcial en el sistema de -9bar	A	Incapacidad total de crear un vacío parcial.	2	I	Bloqueo de Puerto de Succión	Deformación	Incrustación	Suciedad	5	Al no poder ingresar el aire a la bomba no se crea el vacío parcial, los equipos que requieren de este en su proceso productivo podrían paralizar la producción completamente o producción defectuosa	2	7	4	56	1	2	Estandarizar proceso de tratamiento de agua. Limpieza General de planta
3				I	Bloqueo de Puerto de Succión	Deformación	Incrustación	Suciedad	6		2	8	4	64	2	2	Estandarizar proceso de tratamiento de agua. Limpieza General de planta	
4				I	Atascamiento de rodamientos	Vida útil	Deformación		6		3	8	7	168	3	2	Inspeccionar sensorial de sonidos o vibración en la bomba	
5				I	Desbalance del eje de la bomba con eje del motor	Golpe	Desbalance/Vibración		5	No hay movimiento del eje por lo tanto tampoco del impulsor la bomba se mantiene detenida y nunca alcanzar el vacío relativo.	2	2	4	16	4	2	Inspección sensorial y analizar vibraciones.	
6		I	Atascamiento del impulsor	Incrustación	Deformación		5	Hay movimiento del impulsor pero no se alcanza la presión de vacío requerida debido a que el impulsor no es capaz de generar el anillo líquido requerido.	3	5	4	60	5	2	Limpieza general del impulsor y paletas. Estandarizar proceso de tratamiento de agua			
7		I	Deformación de carcasa	Golpe externo	Oxidación		4	Hay movimiento pero no se crea adecuadamente el anillo líquido para crear el vacío	3	5	4	60	6	2	Verificar la integridad de la carcasa de la bomba.			
1	B	Deposito separador	8	I	Bloqueo de flujo en el deposito separador	Incrustaciones	Agentes contaminantes	Falta de purgar el sistema	4	No hay un adecuado flujo de la mezcla agua aire para la succión de la bomba, provocando la incapacidad de crear un vacío parcial	3	8	4	96	7	2	Purgar el deposito separador.	
1	B	Red de vacío	8	I	Fugas en la red de vacío	Golpe externo	Desgaste de uniones		4	No se alcanza el vacío parcial requerido	3	8	4	96	7	2	Verificar integridad de tuberías. Reportar y corregir.	

Tabla 86 Hoja de trabajo RCM Torre de Enfriamiento del sistema de vacío

Hoja de trabajo RCM																																			
Empresa ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A. Sistema Sistemas Auxiliares Sistema Vacío CÓDIGO AR1-SA-SV Realizó: Grupo de trabajo RCM. Unidad: Torre de Enfriamiento CÓDIGO AR1-SA-SV-TE Revisión: Jefe de Mantenimiento										hoja 1 de 1																									
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	SUBPARTE	MODO DE FALLA		CAUSAS			EFECTO	Fug	Des	Det	NPR	ACCION PROACTIVA																						
1	Disminuir la temperatura del agua de la bomba de vacío.	Incapacidad de disminuir la temperatura	Torre de enfriamiento (Aspas de Motor Abanico)	1	Alojamiento de las aspas	Tornillos flojos	Vibración		1	3		4	7	2	56	1	2	Resocar adecuadamente los pernos de sujeción de las aspas al impulsor.																	
1			A	2	Aspas del ventilador quebradas	Golpe	Deterioro normal		1	3			2	7	2	28	2	2	Revisar la integridad de las aspas del ventilador de la torre. Reportar para cambio																
1			A	Torre de enfriamiento (Motor Abanico quemado)	3	I	Suciedad	Vida Útil	Falla Eléctrica	1	3	Se da un aumento considerable en la bomba de vacío provocando daños internos y detención pronta de la bomba de vacío.		4	7	2	56	3	2	Verificar el funcionamiento adecuado del ventilador de la torre de enfriamiento.															
1			A																	3	Sobrecarga Eléctrica	Cojinetes Atascados		1	3		2	7	2	28	4	5	Dejar fallar y cambiar el motor debido al bajo costo		
1			A																	3	Sobrecarga Eléctrica	Rodamientos desgastados		1	3		2	7	2	28	5	5	5	Dejar fallar y cambiar el motor debido al bajo costo	
1			A																	3	Sobrecarga Eléctrica	Falla de protección de sobrecarga	Mala selección de protección de		1	3		2	7	2	28	6	3	3	Capacitación al personal
1			A																	3	Falta de lubricante	No hay programa de		1	3		5	7	2	70	7	3	3	3	Capacitación al personal
1			A																	4	Falla a tierra corto circuito	Contaminación interna del motor abanico	Falta de protección de transientes		1	3		1	7	2	14	8	2	2	Medición de aislamiento.
1			A	Transmisión	5	I	Falla en lubricación	Cantidad inadecuada	Mala selección del	Error operacional	1	3		4	7	2	56	9	3	Capacitación al personal															
1			A																	6	Soltura de elementos mecánicos muñoneras	Alojamiento de tornillos de sujeción		1	3		2	3	5	30	10	2	2	Resocado de las muñoneras.	
1			A	Torre de enfriamiento (Membrana)	7	I	Incrustación de la membrana de la torre de enfriamiento	Tratamiento químico inadecuado del agua	Suciedad		1	3		4	3	2	24	11	2	Estandarizar el proceso de tratamiento de agua requerido/Verificar la no presencia de incrustaciones-Limpieza en caso de presencia															
1			A	Aspersores	8	I	Aspersores Sucios o atascados		Error operacional		1	3		4	5	2	40	12	3	Estandarizar el proceso de tratamiento de agua															
1			A	Boya reposición y tubería de alimentación agua nueva	9	I	Falta de agua de reposición	No abre el ingreso	Mecanismo bloqueado		1	3		2	6	2	24	13	2	Verificar el funcionamiento y movimiento adecuado del mecanismo															
1	A	Válvula y tuberías de salida	10	I	Válvula cerrada	Error humano			1	3		1	7	10	70	14	5	Dejar fallar probabilidad baja																	
2	Mantener estándares de apariencia en la carcasa y estructura de soporte	Incapacidad de soportar los elementos o de mantener el estándar de apariencia	Carcasa y base metálica		Presencia de focos de corrosión	Envejecimiento normal	Superficies despintadas	Exposición al ambiente	1	6		2	3	2	12	15	2	Verificar la integridad de la carcasa y base metálica.																	
3	Almacenar la totalidad de agua del sistema secundario de agua posterior a su transferencia de calor hacia el ambiente	Incapacidad total o parcial de almacenar el agua secundaria del sistema	Torre de enfriamiento (Deposito de agua)	17	I	Fugas de agua	Daño externo	Golpe	2	3		2	7	2	28	16	2	Verificar la no presencia de fugas de agua por la torre de enfriamiento.																	
3		Incapacidad total o parcial de almacenar el agua secundaria del sistema	Válvulas y tubería		Fugas en uniones	Fugas a través del flanger			2	3		4	5	2	40	17	2	Verificar ajuste de uniones																	

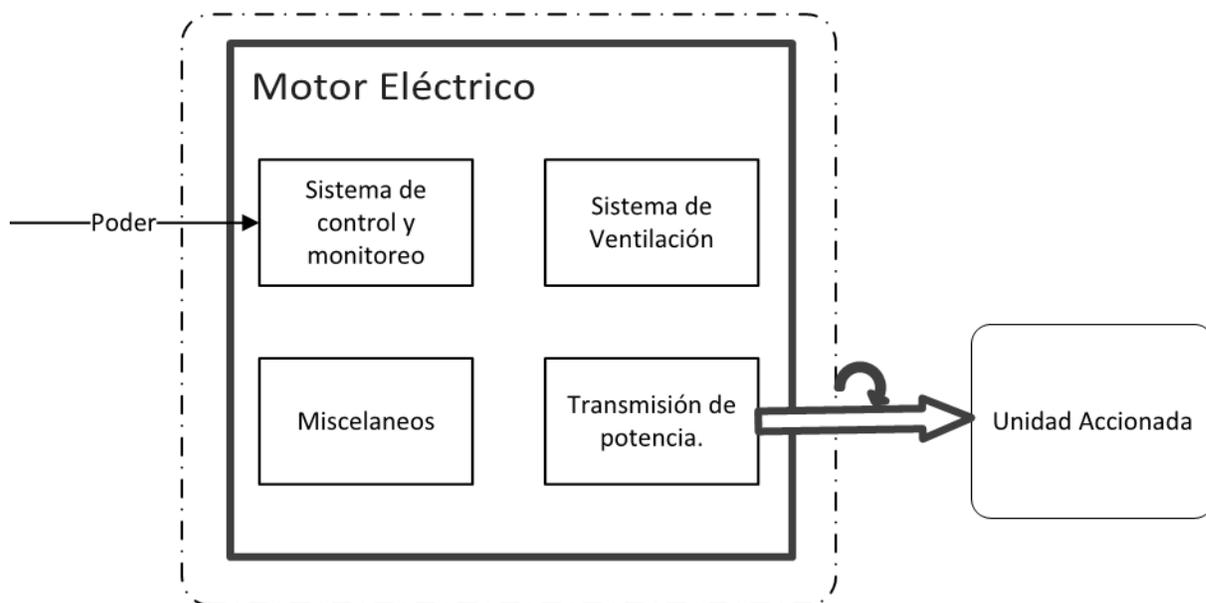


Figura 75 Frontera de Motor Eléctrico

Tabla 87 Componentes mantenibles motor Eléctrico

SISTEMA DE ESTUDIO	
Unidad Operativa	<b>Motor Eléctrico</b>
Componentes mantenibles	Sistema control y monitoreo
	Sistema de ventilación
	Cuerpo
	Transmisión de potencia
	Devanado
	Soporte de motor
	Acople Motor

Tabla 88 Hoja de trabajo RCM Motor Eléctrico de sistema de vacío Hoja 1-1.

Hoja de trabajo RCM																		
Empresa ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.																		
Sistema Sistemas Auxiliares Sister CÓDIGO AR1-SA-SV					Realizó: Grupo de trabajo RCM.					hoja 1 de 1								
Unidad: Motor Eléctrico					CÓDIGO AR1-SA-SV-ME					Revisión Jefe de Mantenimiento								
FUNCION	FALLA FUNCION L	SUBPARTE	MODO DE FALLA		CAUSA			EFECTO			Frecuencia	Severidad	Detección	NPR	ACCION PROACTIVA			
1	Transmitir potencia mecánica rotacional a una unidad accionada a la velocidad requerida por la unidad accionada.	Incapacidad de transmitir potencia mecánica rotacional	Alimentación Eléctrica	1 E	Falla en el suministro Eléctrico	Suspensión del fluido Eléctrico por parte de	Falla en la distribución			1 3	1	7	10	70	1	4	Considerar el diseño de una planta de emergencia.	
1			A	Alimentación Eléctrica	1 I	No arranca al momento de encender	Falla a tierra	Error humano			2 3	1	7	2	14	2	1	Inspeccionar mantenimiento predictivo medición de aislamiento
1			A	Devanado	1 I	No arranca al momento de encender	Sobrecarga Eléctrica	Cojinetes trabados			2 3	4	7	4	112	3	2	Inspeccionar mantenimiento predictivo termografías de motor.
1			A	Devanado	1 I	No arranca al momento de encender	Sobrecarga Eléctrica	Suciedad	Cojinetes desgastados		2 3	4	7	4	112	4	2	Inspeccionar mantenimiento predictivo termografías y análisis de vibraciones del motor.
1			A	Devanado	1 I	No arranca al momento de encender	Falla en la protección de sobrecarga	Mala selección o montaje de protección de sobrecarga	Mal montaje		2 3	4	7	4	112	5	3	Capacitación personal
1			A	Devanado	1 I	No arranca al momento de encender	Deterioro de lubricante				2 3	2	7	4	56	6	2	Inspeccionar mantenimiento predictivo termografía, análisis de vibraciones de motor.
1			A	Devanado	1 I	No arranca al momento de encender	Corto Circuito	Mala conexión	Error humano		2 3	3	7	2	42	7	1	Capacitar al personal y estandarizar tareas de conexión/ Instalar dispositivo de protección de transiente de voltaje
1			A	Devanado	1 I	No arranca al momento de encender	Falla a tierra	Exceso de suciedad			2 3	4	7	4	112	8	5	Limpieza general del interior del motor.
1			A	Devanado	1 I	No arranca al momento de encender	Falta de lubricante	No hay programa de lubricación.			2 3	2	6	4	48	9	4	Capacitar al personal en labores de lubricación.
1			A	Sistema de ventilación	1 I	No arranca al momento de encender	Sobrecalentamiento	Daño en el ventilador	Ranuras de ventilación		2 6	3	7	4	84	10	1	Inspección sensorial periodica del funcionamiento adecuado del ventilador del motor. (02)
1	B	Incapacidad parcial de transmitir potencia mecánica rotacional	Transmisión de potencia	1 I	Ruido Excesivo	Error de montaje	Mal selección		3 3	2	5	3	30	11	4	Capacitar al personal en labores de montaje.		
2	C	Incapacidad de soportar los elementos mecánicos y eléctricos	Cuerpo	1 I	Deficiencia estructural	Eje o soporte doblado	Rozamiento mecánico		3 6	2	7	4	56	12		Verificar integridad de carcasa del motor, debe estar integro y sin deformaciones. Informar.		

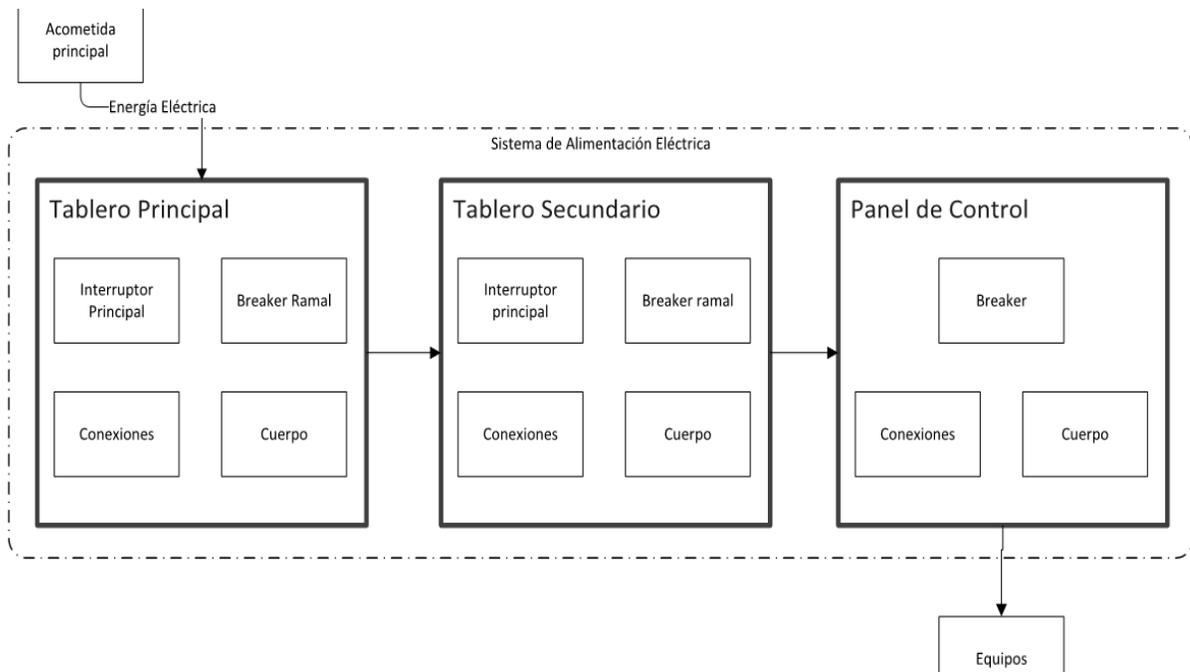


Figura 76. Fronteras del sistema de alimentación eléctrica.

Tabla 89 Componentes del sistema de Alimentación Eléctrica

SISTEMA DE ESTUDIO		Sistema de Alimentación Eléctrica	
Unidad Operativa	Tablero Principal	Tablero Secundario	Paneles de control
<b>Componentes mantenibles</b>	Interruptor principal	Interruptor principal	Contactores
	Interruptores secundarios	Interruptores secundarios	Voltímetros
	Conexiones	Conexiones	Amperímetros
	Cableado de potencia	Cableado	Variador de frecuencia
	Cuerpo de tablero	Cuerpo de tablero	Conexiones
			Luz piloto
			Cuerpo de panel

Tabla 90. Hoja de trabajo RCM para Tablero Principal de Nave 01

Hoja de trabajo RCM																			
Empresa ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A. <span style="float: right;"></span>																			
Sistema Auxiliares Alimentación eléctrica CÓDIGO AR1-SA-AE <span style="float: right;">Realizó: Grupo de trabajo RCM.</span>																			
Unidad: Tablero principal Nave 01 <span style="float: right;">Revisión Jefe de Mantenimiento</span>																			
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	SUBPARTI	MODO DE FALLA	CAUSA			EFECTO			Frecuencia	Gravidad	Detección	NPR	ACCION PROACTIVA					
1	Distribuir la energía eléctrica trifásica de la acometida de la empresa de servicios Coopelesca S.A a tableros principales de la Nave 01 con un voltaje constante de 460VA, 60 HZ	A	Incapacidad total de abastecer de energía eléctrica a alguno de los tableros principales de las nave 01.	Acometida trifásica	1	E	Falla en el suministro Eléctrico	Suspensión del fluido Eléctrico por parte de Coopelesca	Falla en la distribución	1	3	1	6	10	60	1	5	La probabilidad de fallas es muy baja y no se puede prevenir. Reportar.	
1	Distribuir la energía eléctrica trifásica de la acometida de la empresa de servicios Coopelesca S.A a tableros principales de la Nave 01 con un voltaje constante de 460VA, 60 HZ	B	Incapacidad total de abastecer de energía eléctrica a los tableros principales de las nave 01.	Interruptor principal de 800 A	2	I	Interruptor principal en posición de disparo	Cambios repetitivos en la temperatura de los circuitos alimentados		2	3	1	8	5	40	2	1	Verificar estado de los contactos de las conexiones alimentadas, deterioro y continuidad.	
1	Distribuir la energía eléctrica trifásica de la acometida de la empresa de servicios Coopelesca S.A a tableros principales de la Nave 01 con un voltaje constante de 460VA, 60 HZ	B	Incapacidad total de abastecer de energía eléctrica a los tableros principales de las nave 01.	Interruptor principal de 800 A	2	I	Interruptor principal en posición de disparo	Bornes de Conexión sueltos o flojos		3	3	4	8	3	96	3	2	Resocar bornes de conexión. Termografías en búsqueda de puntos calientes.	
1	Distribuir la energía eléctrica trifásica de la acometida de la empresa de servicios Coopelesca S.A a tableros principales de la Nave 01 con un voltaje constante de 460VA, 60 HZ	C	Incapacidad total de abastecer de energía eléctrica a alguno de los tableros principales de las nave 01.	Breaker de ramal	3	I	Breaker del ramal en posición de disparo	Cambios repetitivos en la temperatura de los circuitos alimentados	Excesiva cantidad de arranques en periodos cortos	Fátiga térmica en los terminales	4	3	4	8	3	96	4	2	Resocar bornes de conexión. Termografías en búsqueda de puntos calientes.
2	Proteger de energía eléctrica trifásica de la acometida de la empresa de servicios Coopelesca S.A a los tableros principales de la Nave 01	A	Incapacidad de proteger los ramales de conexión	Breaker de ramal	4	I	Conectores sobrecalentados o quemados	Mala selección de protecciones eléctricas	Mala instalación	Deterioro de la protección	5	3	2	8	4	64	5	2	Capacitar al personal.
3	Contener la totalidad de las conexiones eléctricas y protecciones, de forma íntegra y cumpliendo los estándares de	A	No se esta cumpliendo los estándares de limpieza y apariencia	Panel eléctrico	5	I	Presencia de suciedad, polvo o agentes externos en el interior panel.	Exposición al medio ambiente	Error humano	No hay procedimientos de limpieza y estándares	6	6	5	7	3	105	6	2	Realizar limpieza interna para remover polvo o presencia de agentes externos dentro del panel. Estandarizar procesos de limpieza y apariencia.
4	Permitir desenergizar el flujo eléctrico de los circuitos ramales en caso de ser requerido de forma segura.	A	No permite desconectar los circuitos cuando se requiere	Interruptor principal	6	I	Interruptor principal atorado	Exposición al medio ambiente	Deterioro normal		7	1	2	8	3	48	7	3	Verificar el buen funcionamiento del interruptor y que se encuentre libre de agentes externos o exposición anormal al ambiente.

Tabla 91. Hoja de trabajo RCM de tablero principal de líneas de producción

Hoja de trabajo RCM																				
Empresa ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.																				
Sistema Auxiliares Alimentación eléctrica CÓDIGO AR1-SA-AE																				
Unidad: Tablero principal Líneas de produ. CÓDIGO AR1-SA-AE-TS01																				
Realizó: Grupo de trabajo RCM.																				
Revisión: Jefe de Mantenimiento																				
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	SUBPARTI	MODO DE FALLA	CAUSA			EFECTO				ACCION PROACTIVA									
1	Distribuir y proteger de energía eléctrica trifásica a las Líneas de producción a un voltaje constante de 220V y a 60 HZ de frecuencia. Desde tablero	A	Incapacidad total de abastecer de energía eléctrica a las líneas de producción	Interruptor principal 600A	1	1	Breaker principal en posición de disparo	Corto circuito en algun motor de las líneas de producción	Excesiva cantidad de arranques en poco lapso de tiempo		1	3	No hay flujo eléctrico por lo que los equipos alimentados se detienen o no encienden.	2	5	3	30	1	1	Medir periódicamente el aislamiento de los motores y resistencia eléctricas
1	Distribuir y proteger de energía eléctrica trifásica a las Líneas de producción a un voltaje constante de 220V y a 60 HZ de frecuencia. Desde tablero	B	Incapacidad total de abastecer de energía eléctrica alguna línea de producción	Breaker ramal de LP	2	1	Interrupcion del flujo eléctrico	Deterioro o desgaste de conexiones	Bornes de conexión flojos o sueltos		2	3	Línea de producción se detiene o no enciende paralizando el proceso productivo de extrusión.	3	8	5	120	2	3	Verificar estado de los contactos de las conexiones alimentadas, deterioro y continuidad.
1	Distribuir y proteger de energía eléctrica trifásica a las Líneas de producción a un voltaje constante de 220V y a 60 HZ de frecuencia. Desde tablero	C	Incapacidad total de abastecer de energía eléctrica alguna línea de producción	Breaker de ramal de LP	3	1	Breaker del ramal en posición de disparo	Cambios repetitivos en la temperatura de los circuitos alimentados	Excesiva cantidad de arranques en periodos cortos	Fátiga térmica en los terminales	4	3	Línea de producción se detiene o no enciende paralizando el proceso productivo de extrusión.	4	8	3	96	4	2	Resocar bornes de conexión. Termografías en búsqueda de puntos calientes.
2	Proteger de energía eléctrica trifásica de la cometida de la empresa de servicios Coopesca S.A a los tableros principales de la nave 01.	A	Incapacidad de proteger los ramales de conexión	Breaker de ramal de LP	4	1	Conectores sobrecalentados o quemados	Mala selección de protecciones eléctricas	Mala instalación	Deterioro de la protección	5	3	Línea de producción se detiene o no enciende paralizando el proceso productivo de extrusión.	2	8	4	64	5	2	Capacitar al personal.
3	Contener la totalidad de las conexiones eléctricas y protecciones, de forma integra y cumpliendo los estandares de limpieza y apariencia.	A	No se esta cumpliendo los estandares de limpieza y apariencia	Panel eléctrico	5	1	Presencia de suciedad, polvo o agentes externos en el interior panel.	Exposición al medio ambiente	Error humano	No hay procedimientos de limpieza y estandares	6	6	Se da un deterioro anormal de las conexiones debido a agentes externos presentes en el panel.	5	7	3	105	6	2	Realizar limpieza interna para remover polvo o presencia de agentes externos dentro del panel. Estandarizar procesos de limpieza y apariencia.
4	Permitir desenergizar el flujo eléctrico completamente de los circuitos ramales en caso de ser requerido de forma segura.	A	No permite desconectar los circuitos cuando se requiere	Interruptor principal	6	1	Interruptor principal atorado	Exposición al medio ambiente	Deterioro normal	Contaminación	7	1	No se puede interrumpir el flujo eléctrico en caso de un accidente o para dar mantenimiento.	2	8	3	48	7	3	Verificar el buen funcionamiento del interruptor y que se encuentre libre de agentes externos o exposición anormal al ambiente.

Tabla 92. Hoja de trabajo RCM de tablero principal de nave 02

Hoja de trabajo RCM																				
Empresa ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A. Sistema Auxiliares Alimentación eléctrica CÓDIGO AR1-SA-AE Unidad: Tablero principal Nave 02 CÓDIGO AR1-SA-AE-TP02											Realizó: Grupo de trabajo RCM. Revisión Jefe de Mantenimiento									
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	SUBP ARTE	MODO DE FALLA	CAUSA			EFECTO			Frecuen	Severida	Detecc	NPR	ACCION PROACTIVA						
1	Distribuir la energía eléctrica trifásica de la acometida de la empresa de servicios Coopelesca S.A a tableros principales de la Nave 02 a voltaje constante de 460VA, 60 HZ	A	Incapacidad total de abastecer de energía eléctrica a alguno de los tableros	Acometida trifásica	1	E	Falla en el suministro Eléctrico	Suspensión del fluido Eléctrico por parte de	Falla en la distribución	1	3	No hay flujo eléctrico por lo que los equipos alimentados en los tableros de Nave 02 se detienen o no encienden. Se	1	6	10	60	1	5	La probabilidad de fallas es muy baja y no se puede prevenir. Reportar.	
1		B	Incapacidad total de abastecer de energía eléctrica a los tableros	Breaker principal de 800 A	2	I	Breaker principal en posición de disparo	Cambios repetitivos en la temperatura de los circuitos		2	3	Los equipos alimentados en los tableros de Nave 02 se detienen o no encienden paralizando el proceso productivo	1	8	5	40	2	1	Verificar estado de los contactos de las conexiones alimentadas, deterioro y continuidad.	
1		B	Incapacidad total de abastecer de energía eléctrica a los tableros	Breaker principal de 800 A	2	I	Breaker principal en posición de disparo	Bornes de Conexión sueltos o flojos		3	3	Los equipos alimentados en los tableros de Nave 02 se detienen o no encienden paralizando el proceso productivo	4	8	3	96	3	2	Resocar bornes de conexión. Termografías en búsqueda de puntos calientes.	
1		C	Incapacidad total de abastecer de energía eléctrica a alguno de los	Breaker de ramal	3	I	Breaker del ramal en posición de disparo	Cambios repetitivos en la temperatura de los circuitos	Excesiva cantidad de arranques en periodos cortos	Fatiga térmica en los terminales	4	3	Los equipos alimentados en los tableros de Nave 02 se detienen o no encienden paralizando el proceso productivo	4	8	3	96	4	2	Resocar bornes de conexión. Termografías en búsqueda de puntos calientes.
2	Distribuir la energía eléctrica trifásica de la acometida de la empresa de servicios Coopelesca	A	Incapacidad de proteger los ramales de conexión	Breaker de ramal	4	I	Conectores sobrecalentados o quemados	Mala selección de protecciónes eléctricas	Mala instalación	Deterioro de la protección	5	3	Los equipos alimentados en los tableros de Nave 02 se detienen o no encienden paralizando el proceso productivo pues se alimentan los sistemas auxiliares.	2	8	4	64	5	2	Capacitar al personal.
3	Contener la totalidad de las conexiones eléctricas y protección	A	No se esta cumpliendo los estándares de limpieza y apariencia	Panel eléctrico	5	I	Presencia de suciedad, polvo o agentes externos en el interior panel.	Exposición al medio ambiente	Error humano	No hay procedimientos de limpieza y estándares	6	6	Se da un deterioro anormal de las conexiones debido a agentes externos presentes en el panel.	5	7	3	105	6	2	Realizar limpieza interna para remover polvo o presencia de agentes externos dentro del panel. Estandarizar procesos de limpieza y apariencia.
4	Permitir desenergizar el flujo eléctrico de los circuitos ramales en caso de ser requerido de forma segura.	A	No permite desconectar los circuitos cuando se requiere	Interruptor principal	6	I	Interruptor principal atorado	Exposición al medio ambiente	Deterioro normal		7	1	No se puede interrumpir el flujo eléctrico en caso de un accidente o para dar mantenimiento.	2	8	3	48	7	3	Verificar el buen funcionamiento del interruptor y que se encuentre libre de agentes externos o exposición anormal al ambiente.

Tabla 93. Hoja de trabajo RCM Tablero secundario de Nave 02

Empresa ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.										Hoja de trabajo RCM												
Sistema Auxiliares Alimentación eléctrica										CÓDIGO AR1-SA-AE				Realizó: Grupo de trabajo RCM.								
Unidad: Tablero Secundario Nave 02										CÓDIGO AR1-SA-AE-TS02				Revisión Jefe de Mantenimiento								
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	UBPART	MODO DE FALLA	CAUSA			EFECTO			Frecuencia	Severidad	Detección	NPR	ACCION PROACTIVA								
1	Distribuir y proteger de energía eléctrica trifásica a los sistemas auxiliares a un voltaje constante a 480 V y a 60 HZ de frecuencia. Desde tablero principal.	A	Incapacidad total de abastecer de energía eléctrica a las líneas de producción	Interruptor principal 1600A	1	I	Breaker principal en posición de disparo	Corto circuito en algun motor de las líneas de producción	Excesiva cantidad de arranques en poco lapso de tiempo				1	3,4	No hay flujo eléctrico por lo que los equipos alimentados se detienen o no encienden.	2	5	3	30	1	1	Medir periódicamente el aislamiento de los motores y resistencia eléctricas
1	Distribuir y proteger de energía eléctrica trifásica a los sistemas auxiliares a un voltaje constante a 480 V y a 60 HZ de frecuencia. Desde tablero principal.	B	Incapacidad total de abastecer de energía eléctrica alguna línea de producción	Breaker ramal de SA	2	I	Interrupcion del flujo eléctrico	Deterioro o desgaste de conexiones	Bornes de conexión flojos o sueltos				2	3	Sistemas auxiliares se detiene o no enciende paralizando el proceso productivo.	3	8	5	120	2	3	Verificar estado de los contactos de las conexiones alimentadas, deterioro y continuidad.
1	Distribuir y proteger de energía eléctrica trifásica a los sistemas auxiliares a un voltaje constante a 480 V y a 60 HZ de frecuencia. Desde tablero principal.	C	Incapacidad total de abastecer de energía eléctrica alguna línea de producción	Breaker de ramal de SA	3	I	Breaker del ramal en posición de disparo	Cambios repetitivos en la temperatura de los circuitos alimentados	Excesiva cantidad de arranques en periodos cortos	Fatiga térmica en los terminales			4	3	Sistemas auxiliares se detiene o no enciende paralizando el proceso productivo.	4	8	3	96	4	2	Resocar bornes de conexión. Termografías en busqueda de puntos calientes.
2	Proteger de energía eléctrica trifásica hacia los tableros de los sistemas auxiliares.	A	Incapacidad de proteger los ramales de conexión	Breaker de ramal de SA	4	I	Conectores sobrecalentados o quemados	Mala selección de protecciones eléctricas	Mala instalación	Deterioro de la protección			5	3	Sistemas auxiliares se detiene o no enciende paralizando el proceso productivo.	2	8	4	64	5	2	Capacitar al personal.
3	Contener la totalidad de las conexiones eléctricas y protecciones, de forma íntegra y cumpliendo los estándares de limpieza y apariencia.	A	No se esta cumpliendo los estándares de limpieza y apariencia	Panel eléctrico	5	I	Presencia de suciedad, polvo o agentes externos en el interior panel.	Exposición al medio ambiente	Error humano	No hay procedimientos de limpieza y estándares			6	6	Se da un deterioro anormal de las conexiones debido a agentes externos presentes en el panel.	5	7	3	105	6	2	Realizar limpieza interna para remover polvo o presencia de agentes externos dentro del panel. Estandarizar procesos de limpieza y apariencia.
4	Permitir desenergizar el flujo eléctrico de los circuitos ramales en caso de ser requerido de forma segura.	A	No permite desconectar los circuitos cuando se requiere	Interruptor principal	6	I	Interruptor principal atorado	Exposición al medio ambiente	Deterioro normal	Contaminación			7	1	No se puede interrumpir el flujo eléctrico en caso de un accidente o para dar mantenimiento.	2	8	3	48	7	3	Verificar el buen funcionamiento del interruptor y que se encuentre libre de agentes externos o exposición anormal al ambiente.

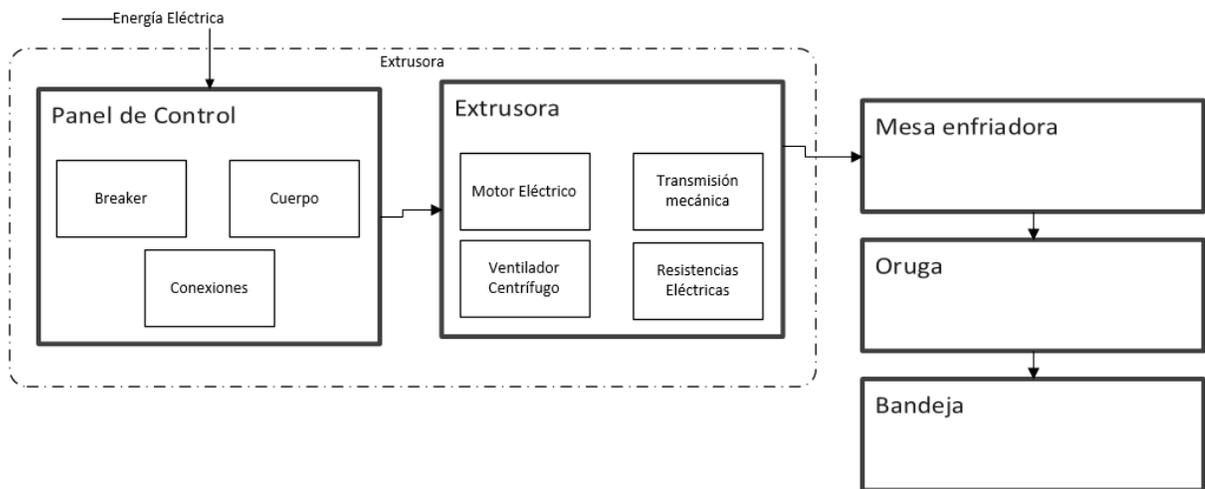


Figura 77. Definición de la frontera de extrusoras

Tabla 94 Componentes mantenibles de líneas de producción

SISTEMA EN ESTUDIO		Líneas de producción (Extrusora)	
Equipo	Transmisión mecánica	Control y monitorización	Alimentación Eléctrica
Parte mantenible	Motor eléctrico	Manetas	Contactador
	Fajas de transmisión	Panel de control	Cableado
	Reductor	Variador de frecuencia	Relay de estado sólido
	Tolva	Control de temperatura	
	Ventilador centrífugo	Resistencias Eléctricas	
	Filtro	Voltímetro	
	Molde	Amperímetro	
	Tornillo Sinfín		

Tabla 95. Hoja de trabajo RCM de Extrusora

Empresa ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.			Hoja de trabajo RCM																			
Sistema : Líneas de producción			CÓDIGO AR1-LP			Realizó: Grupo de trabajo RCM.																
Unidad: Extrusora			CÓDIGO AR1-LP-EX##			Revisión Jefe de Mantenimiento																
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	SUBPARTE	MODO DE FALLA	Frecuencia	CAUSA			Detección			EFFECTO	Severidad	NPR		Acción Recomendada							
1	Movilizar y transformar el Pelet en una contextura y color homogéneo mediante la aplicación de calor, con la forma del tipo de molde instalado.	A	Incapacidad total de hacer pasar el material termoplástico por el cabezal formador	Motor Eléctrico	1	Desgaste normal de los cables de conexión	Mala Conexión	Sobre calentamiento	4	3	4	Equipo se detiene completamente, línea productiva se deben detener	9	36	1	1,2	Limpieza y medición de corriente. Reportar					
					1	Corto circuito en bobinado			4	3	4		9	36	2	1	Limpieza del motor con dieléctrico y medición de corriente entre líneas. Reportar					
					1	Roles dañados			4	3	4		9	36	3	2	Medición de temperatura del motor. Anotar					
				2	Vibración y sonido excesivo	1	Falta en la base de				3	3	4	No se pueden crear tabillitas ni molduras en esa línea productiva	7	21	4	1	Inspección visual y resoque			
						1	Desalineamiento Motor-Reductor					3	3		4	7	21	5	1	Verificar alineamiento. Ajustar de ser necesario		
				3	Fajas de transmisión	5	Fajas de transmisión dañadas	Fajas de transmisión			6	3	4	No se pueden crear tabillitas ni molduras en esa línea productiva	7	210	6	1	Inspección visual. Cambiar			
				4	Reductor	2	Engranajes de reductor desgastados	Engranajes de reductor desgastados	Engranajes de reductor desgastados		9	3	4		No se pueden crear tabillitas ni molduras en esa línea productiva	9	162	7	1	Cambio de aceite programado		
						1	Acople a tornillo sin fin dañado					6	3	4		9	54	8	5	Dejar fallar.		
				5	Panel de control	4	No enciende el equipo	Sobre calentamiento	contacto de conexiones	Panel sucio	4	3	4	Equipo se detiene completamente, línea productiva se deben detener	9	144	9	1	Inspección de temperatura de cableado, resoque y limpieza de panel			
						4	Motor no enciende	Pérdida de energía			9	3	4		No se pueden crear tabillitas ni molduras en esa línea productiva	9	324	10	5	Problema externo		
						4	No enciende el equipo	Falta en display de controles de temperatura	Falta en sensores de temperatura			5	3			4	No se pueden crear tabillitas ni molduras en esa línea productiva	9	180	11	1	Inspección visual y reportar.
						4	No enciende el equipo	Conectores del panel flojos				5	3			4		9	180	12	1	Limpieza externa y resoque.
				4	Variador de frecuencia	No se mueve el motor	Desgaste normal	Suciedad excesiva	Fallo eléctrico		5	3	4	No se pueden crear tabillitas ni molduras en esa línea productiva	9	180	13	1	Limpieza del variador. Cambiar en caso de fallo.			
				9	Tolva	No ingresa el Pellet a la extrusora	Deformación de tolva	Suciedad de salida de la tolva	Obstrucción de boquilla de tolva		5	3	4		No hay una consistencia uniforme del producto final por lo que se debe reprocesar	9	45	14	1	Inspección y limpieza periódica de tolva.		
				B	No se crea la contextura homogénea y con la calidad requerida.	Ventiladores Centrifugos	#	No se enfría el cañón	Fallo en ventilador			9	3	4	Deformaciones o manchas en tabillitas por exceso de temperatura	8	216	15	1	Inspección visual y limpieza periódica. Cambiar		
Control de temperatura	#	Resistencias Eléctricas no encienden	Fallo en control de temperatura					4	3	4	7	28	16	1		Inspección visual. Reportar para cambio						
Resistencias eléctricas	#	Resistencias quemadas	Fallo en control de temperatura			Desgaste por tiempo	Agente externos	4			7	28	17			Verificar el funcionamiento. Cambiar.						
Filtro	#	Deformación y suciedad en la materia	de residuos sólidos en el producto			desgastado		4	3	4	8	288	18	1,3		Estandarizar proceso de limpieza. Cambio periódico						
Molde	#	de residuos sólidos en	de residuos sólidos en			Desgaste del molde	Mal montaje	4	3	4	8	288	19	1,3		Estandarizar proceso de limpieza. Cambio periódico						
Tornillo sin fin	#	Tornillo Gastado	Desgaste normal			Suciedad	Mal montaje	4	3	4	7	84	20	1		Limpieza programada, entrenar al personal en correcto montaje						
Relay de estado sólido	#	No se activan los ventiladores	Vida útil			Suciedad			4	3	4	Defectos de calidad en el producto	7	196		21	1	Verificar funcionamiento. Cambiar.				

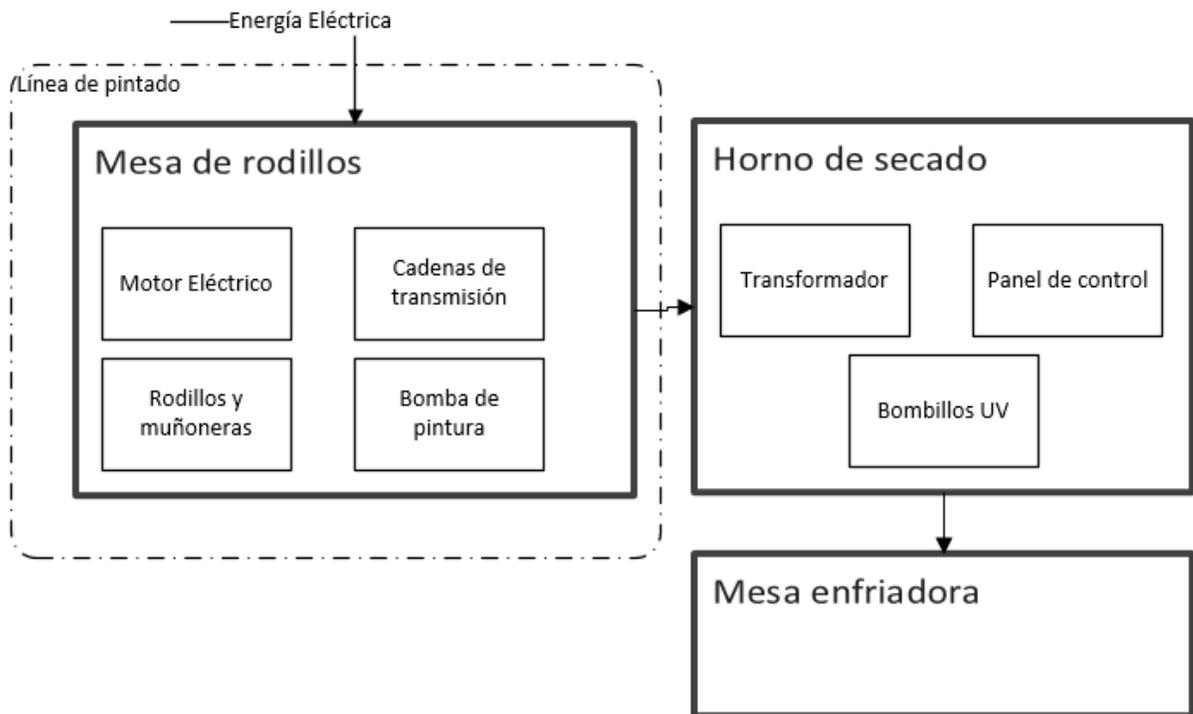


Figura 78. Delimitación de frontera de línea de pintado

Tabla 96. Componentes mantenibles, línea de pintado

SISTEMA DE ESTUDIO		Línea de pintado	
Unidad Operativa	Mesa de rodillos	Horno de secado	
Componentes mantenibles	Motor Eléctrico	Transformador	
	Cadenas de transmisión	Panel de Control	
	Contactador	Bombillos UV	
	Bomba de pintura		
	Muñoneras		
	Rodillos		
	Tuberías		

Empresa ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.		Hoja de trabajo RCM																		
Sistema: Estaciones		CÓDIGO AR1-SA-AC			Realizó: Grupo de trabajo RCM.			Fecha 17/08/2018												
Unidad Línea de pintado.		CÓDIGO AR1-SA-AC-COM			Revisión Jefe de Mantenimiento			hoja 1 de 1												
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA				EFECTO				Frecuencia	Severidad	Detección	NPR	ACCION PROACTIVA				
1	Movimiento de las tablillas a travez de los rodillos	A	No hay movimiento de tablillas por los rodillos	Motor Eléctrico													Se realiza un RCM para motores eléctricos críticos			
		A	No hay movimiento de tablillas por los rodillos	Cadenas de transmisión	1	I	Cadenas Rotas	Mala lubricación	Suciedad	Desgaste	3	6	No se puede hacer girar los rodillos que mueven la tablilla por la mesa de rodillos	1	5	5	25	1	1,2	Realizar lubricación de cadenas de transmisión y limpieza de agentes sólidos.
		B	Movimiento discontinuo de tablillas	Muñoneras	1	I	Muñoneras trabadas	Falta de lubricación	Desgaste normal	Suciedad	3	6	No giran adecuadamente los rodillos	2	5	5	50	2	1,2	Realizar limpieza y lubricación de muñoneras y verificar estado de las mismas.
2	Bombear la pintura hasta los rodillos	A	No hay flujo de pintura hacia los rodillos	Bomba de Pintura	1	I	Bomba quemada	Falso contacto	Corto circuito		3	6	Las tablillas no son debidamente pintadas o barnizadas	2	5	5	50	3	1,2	Realizar mantenimiento de bombas centrifugas.

Figura 79. Hoja de trabajo RCM de línea de pintado

## 17.6 Anexo 6. Manuales de mantenimientos rutinarios.

ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.



### MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Equipo: Compresor		Código: AR1-SA-AC01-COM y AR3-SA-COM		Hoja: 1 de 1		
No	Inspección	PER	DET	DUR	ENC	TIP
	<u>Sub Parte: Motor Eléctrico.</u>					
1	Controlar la medición de temperatura por termografía infraroja del motor para análisis y posterior evaluación. Informar.	2M	No	15	IC	MPd
2	Limpiar superficie externa para remover polvo y suciedad en ranuras y cuerpo, usar trapo seco. Y verificar integridad del equipo y que este libre de agentes externos. Dar servicio	M	Si	5	T	MP
3	Controlar medición de aislamiento de los devanados del motor eléctrico. Revisar norma IEEE-43-2000, no ser menor a 5MΩ. Controlar	A	Si	20	IC	MPd
4	Verifique ausencias de ruidos anormales y correcto funcionamiento del ventilador. Informar	S	No	10	T	MP
5	Realizar medición de vibraciones para su posterior evaluación. Controlar	A	No	20	IC	MPd
6	Medir Corriente Eléctrica. Registrar	M	No	10	T	MPd
7	Medir Voltaje. Registrar	M	No	10	T	MPd
	<u>Sub Parte: Faja de transmisión.</u>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
8	Verificación visual de desgaste o fisura de fajas. Informar. Verificar ajuste presionando las fajas, se tienen que poder deflectar entre 1 y 2 mm como máximo. Corregir	2S	Si	2	T	MP
	<u>Sub Parte: Alimentación Eléctrica.</u>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
9	Inspeccionar integridad del contactor, que se encuentre sin desgastes o corrosiones evidentes y limpias. Limpiar o cambiar.	M	Si	2	T	MP
10	Realizar medición de temperatura por termografía infrarroja en cableado y llevar control de mediciones. Registrar	2M	No	15	IC	MPd

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Equipo: Compresor		Código: AR1-SA-AC01-COM y AR3-SA-COM		Hoja: 1 de 1		
		PER	DET	DUR	ENC	TIP
	<b>Sub Parte: Compresor.</b>					
11	Verificar que el nivel de aceite del compresor se encuentre 2 cm por encima del círculo central del visor y verifique la no existencia de sonidos anormales. Reporte. Se debe cambiar cada 6 meses con aceite SAE30 debido a su uso continuo. Dar servicio	2S	No	2	T	MP
12	Verifique en el manómetro que la presión alcance los 8 bares. Reportar anomalías	2S	No	2	T	MP
13	Verificar que válvulas de admisión de aire están libre de contaminantes externos (polvo, grasa, papel, etc). Limpiar de ser necesario	2S	Si	2	T	MP
14	Verificar la integridad de las uniones de tuberías y válvulas. Limpiar o cambiar de ser necesario	2S	No	2	T	MP
15	Revisar el correcto funcionamiento del presostato (que apague al alcanzar los 8 bares y encienda cuando baja a 7 bar). Ajustar de ser necesario.	2S	No	5	T	MP
	<b>Sub Parte: Tanque de aire comprimido.</b>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
16	Verificar integridad y la no presencia de golpes o fisuras en el tanque del compresor. Reportar	6M	No	2	T	MP

**ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.**

**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

<b>Equipo:</b> Secador de Aire		<b>Código:</b> AR1-SA-AC01-SA		Hoja: 1 de 1		
No	<b>Inspección</b>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
	<b><u>Sub Parte: Alimentación Eléctrica.</u></b>					
<b>1</b>	Verificar la conexión del cableado que se encuentre integro. Reportar	2M	Si	5	T	MP
<b>2</b>	Controlar temperatura por termografía infrarroja para análisis y posterior evaluación. Informar.	6M	No	15	IC	MPd
	<b><u>Sub Parte: Presostato</u></b>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
<b>3</b>	Limpieza General del presostato hasta que quede libre completamente de polvo grasa o aceite. Reportar y limpiar	6M	Si	20	T	MP
<b>4</b>	Inspeccionar del correcto funcionamiento del presostato y que se accione sin problemas. Reportar	6M	No	5	T	MPd
	<b><u>Sub Parte: Condensador.</u></b>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
<b>5</b>	Limpieza general del condensador del equipo con pistola de aire comprimido. Limpiar.	S	No	10	T	MP
	<b><u>Sub Parte: Filtros.</u></b>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
<b>6</b>	Limpieza General de los filtros de Aire. Cambiar	3M	Si	15	T	MP
	<b><u>Sub Parte: Serpentín.</u></b>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
<b>7</b>	Inspeccionar el estado y la no presencia de fugas en el serpentín. Reportar	A	No	15	T	MPd
<b>8</b>	Verificar la presencia con la presión del refrigerante. Rellenar con refrigerante R-134a.	6M	No	10	T	MP
	<b><u>Sub Parte: Purga.</u></b>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
<b>9</b>	Verificar el funcionamiento del purgador de agua, debe poder accionarse manualmente fácilmente. Reportar	M	No	5	T	MP
<b>10</b>	Realizar purga manual del purgador del secador. Dar servicio.	D	No	5	T	OP

**ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.**

**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

<b>Equipo:</b> Red de Aire Comprimido		<b>Código:</b> AR1-SA-AC01-		Hoja: 1 de 1		
No	<b>Inspección</b>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
	<u><b>Sub Parte: Tubería.</b></u>					
<b>1</b>	Realizar revisión visual de no presencia de obstrucción en tuberías (Dobladuras, agentes que produzcan presión en la tubería). Reportar o corregir	2M	No	30	T	MP
<b>2</b>	Inspección completa de la red de aire mediante agua jabonosa la presencia de posibles fugas de aire comprimido (identificarlas físicamente y reportarlas). Reportar	2M	No	15	T y OP	MPd
<b>3</b>	Inspeccionar el buen funcionamiento de filtros en las unidades de Aire Comprimido, deben estar limpias y sin presencia de agentes externos. Reportar y cambiar	S	No	5	T	MPd
<u><b>Sub Parte: Uniones.</b></u>		PER	DET	DUR	ENC	TIP
<b>4</b>	Revisar que todas las uniones de la red tengan el apriete adecuado y no tengan presencia de fugas. Reportar y corregir en caso de existencia	2M	No	10	T	MP

**ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.**

**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

<b>Equipos:</b> Sistema de Refrigeración		<b>Código:</b> AR1-SA-CH01 y AR1-SA-CH02		Hoja: 1 de 1		
No	<b>Inspección</b>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
	<b>Sub Parte:</b> Compresor Frascool					
<b>1</b>	Verificar la no presencia de sonidos anormales en el compresor o golpeteo. Reportar	2S	No	5	OP	MP
<b>2</b>	Verificar integridad del equipo y que esté libre de agentes externos y suciedad. Limpiar superficie externa para remover polvo y suciedad en ranuras y cuerpo, usar trapo seco.	S	Si	10	T	MP
<b>3</b>	Inspeccionar ajuste de las conexiones eléctricas ninguna conexión debe estar floja. Socar.	3M	Si	5	T	MPd
<b>4</b>	Inspeccionar presión del refrigerante en el sistema sea la mínima requerida según ficha técnica. Cargar de ser necesario con refrigerante R-32	6M	No	15	T	MP
<b>5</b>	Inspeccionar filtro separador, midiendo temperatura de entrada y salida. Variación mayor a 7 grados Celsius. Reportar	3M	No	5	T	MPd
<b>6</b>	Verificar la integridad del cableado de alimentación se encuentre integro. Reportar	2S	No	5	T	MP
<b>7</b>	Inspeccionar funcionamiento del presostato y ajuste de los límites adecuados. Ajustar	3M	No	10	T	MP
<b>8</b>	Inspeccionar el funcionamiento del termostato debe ser capaz de encender y apagar el motor del compresor cuando se requiera. Reportar	3M	No	5	T	MP
<b>9</b>	Verificar la no presencia de incrustaciones en intercambiador. Limpieza general. Reportar. Solicitar tratamiento de dureza de aguas	6M	si	40	T	MP
<b>10</b>	Medir Voltaje de la conexión eléctrica de alimentación. Registrar	M	No	5	T	MPd
<b>11</b>	Medir Corriente Eléctrica del cableado de alimentación. Registrar	M	No	5	T	MPd

**ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.**

**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

<b>Equipos:</b> Sistema de Refrigeración		<b>Código:</b> AR1-SA-CH01 y AR1-SA-CH02		Hoja: 1 de 1		
No	<b>Sub Parte:</b> Evaporador	PER	DET	DUR	ENC	TIP
<b>12</b>	Verificar el funcionamiento adecuado de válvula de expansión. Reportar	3M	No	5	T	MP
No	<b>Sub Parte:</b> Sistema Hidráulico	PER	DET	DUR	ENC	TIP
<b>13</b>	Verificar la integridad de la tubería de agua principal y flujo continuo de agua. Reportar	M	No	5	T	MP
<b>14</b>	Realizar mantenimiento preventivo estandarizado para bombas centrífugas.	6M	Si	45	T	MP
<b>15</b>	Verificar la integridad de la tubería de agua secundaria y flujo adecuado de agua, debe ser un flujo constante y la tubería debe estar sin ningún tipo de fuga o fisura. Reportar para reparar.	6M	No	45	T	MP

**ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.**

**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

<b>Equipos:</b> Condensador de Flujo Forzado		<b>Código:</b> AR1-SA-CH02-CF		Hoja: 1 de 1		
No	<b>Sub Parte:</b> Condensador de flujo forzado	PER	DET	DUR	ENC	TIP
<b>1</b>	Verificar el funcionamiento adecuado de los ventiladores del condensador que funcionen en paralelo. Reportar	S	No	5	T	MP
<b>2</b>	Inspeccionar ajuste e integridad de las conexiones eléctricas del condensador, deben estar aisladas en su totalidad y estar fijas en sus conexiones. Corregir o Socar.	2S	si	5	T	MP
<b>3</b>	Revisar integridad del serpentín del condensador debe estar libre de fugas o deformaciones. Reportar	6M	No	10	T	MP
<b>4</b>	Verificar la no presencia de polvo, grasa, aceite o humedad en el serpentín del condensador y cuerpo. Realizar una limpieza completa.	M	No	15	T	MP
<b>5</b>	Realizar limpieza de las aspas del ventilador del serpentín hasta que se encuentren libres de suciedad (polvo, aceite, humedad)	3M	Si	15	T	MP

**ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.**  
**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

<b>Equipo:</b> Torre de Enfriamiento		<b>Código:</b> AR1-SA-CH01-TE y AR1-SA-SV-TE		Hoja: 1 de 1		
No	<b>Inspección</b>	PER	DE T	DU R	EN C	TIP
	<b><u>Sub Parte: Motor Ventilador 1/2hp 3400rpm</u></b>					
<b>1</b>	Realizar medición de vibración y termografía del motor para su evaluación posterior. Informar.	3M	No	45	IC	MP d
<b>2</b>	Realizar medición de aislamiento eléctrico y resistencia interna de los devanados. Revisar norma IEEE-43-2000. Informar	3M	Si	15	T	MP
No	<b><u>Sub Parte: Aspas de Abanico</u></b>	PER	DE T	DU R	EN C	TIP
	<b>3</b>					
<b>4</b>	Re socar pernos de sujeción de las aspas al impulsor. El torque debe estar en un valor adecuado de N-m. Dar servicio	2M	Si	10	T	MP
<b>5</b>	Verificar aspas de la torre que se encuentren libres de polvo, grasa o cualquier contaminante externo. Limpiar.	2M	Si	15	T	MP
No	<b><u>Sub Parte: Deposito de almacenamiento de agua</u></b>	PER	DE T	DU R	EN C	TIP
	<b>6</b>					
No	<b><u>Sub Parte: Membrana</u></b>	PER	DE T	DU R	EN C	TIP
	<b>7</b>					
<b>8</b>	Limpiar la totalidad de la superficie de la membrana hasta que esté libre de incrustación o suciedad. Reportar.	6M	SI	40	T	MP

**ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.**  
**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

<b>Equipo:</b> Torre de Enfriamiento		<b>Código:</b> AR1-SA-CH01-TE y AR1-SA-SV-TE		Hoja: 1 de 1		
No	<u>Sub Parte: Cuerpo</u>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
9	Inspeccionar la existencia de focos de corrosión en el cuerpo de la torre, no debe contener focos. Informar.	M	No	5	OP	MP

**ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.**  
**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

<b>Equipo:</b> Bomba de Vacío		<b>Código:</b> AR1-SA-SV-BV		Hoja: 1 de 2		
No	<b>Inspección</b>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
	<u>Sub Parte: Puerto de Succión y descarga.</u>					
1	Limpiar el puerto de succión y de descarga para que quede libre de incrustación o contaminantes. Dar Servicio.	3M	Si	120	T	MP
2	Estandarizar tratamiento de dureza del agua. Programar.	A	No	30	IC	MP
3	Verifique que no existan fugas en los puertos de succión y descarga deben estar libres de agentes externos y suciedad. Corregir/limpiar.	M	No	15	T	MP
No	<u>Sub Parte: BV Impulsor.</u>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
3	Limpiar el impulsor y sus paletas hasta que queden libre de suciedad. Dar servicio.	3M	Si	120	T	MP
4	Realizar medición de vibraciones para su posterior evaluación. Informar.	A	No	30	IC	MPd
No	<u>Sub Parte: BV Carcaza</u>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
5	Revisar la integridad de la carcasa de la bomba de vacío que se encuentre integra y sin rastros de golpes o deformaciones. Reportar.	A	No	20	T	MP

**ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.**  
**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

<b>Equipo</b> :		<b>Código:</b> AR1- SA-SV-BV		Hoja: 1 de 2		
No	<b>Sub Parte:</b> Deposito Separador	PER	DET	DUR	ENC	TIP
6	Purgar el deposito separador / Rediseño de un sistema de purga automático. Dar servicio.	D	Si	10	T	MP/MC

**ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.**  
**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

<b>Equipo</b> :		<b>Código:</b> AR1- SA-SV-ME		Hoja: 2 de 2		
No	<b>Inspección</b>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
<b>Sub Parte:</b> Devanado						
1	Inspeccionar aislamiento del devanado, revisar Norma IEEE-43-2000, que no sea menor a 5MΩ. Controlar	A	Sí	30	T	MP
2	Controlar la medición de temperatura por termografía infrarroja para análisis y posterior evaluación. Informar.	2M	No	25	IC	MPd
3	Realizar análisis de vibración para su posterior evaluación ver Norma ISO 18436. Informar.	2M	No	30	IC	MPd
4	Medir Corriente Eléctrica. Registrar	M	No	10	T	MPd
5	Medir Voltaje. Registrar	M	No	10	T	MPd
No	<b>Sub Parte:</b> Cuerpo/Carcaza	PER	DET	DUR	ENC	TIP
6	Limpia superficie externa para remover polvo y suciedad en ranuras y cuerpo, usar trapo seco. Y verificar integridad del equipo y que esté libre de agentes externos. Dar servicio	S	Si	5	T	MP
7	Limpieza carcasa interior, rodamientos, verificación de amarre de los bobinados.	2A	Si	60	T	MP

**ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.**  
**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

<b>Equipo :</b> Motor Eléctrico.		<b>Código:</b> AR1-SA-SV-ME		Hoja: 2 de 2		
<b>8</b>	Verificar integridad de carcasa del motor, debe estar íntegro y sin deformaciones. Informar.	M	No	5	T	MP
No	<b><u>Sub Parte:</u></b> Sistema de Ventilación	PER	DET	DUR	ENC	TIP
<b>9</b>	Verifique ausencias de ruidos anormales y correcto funcionamiento del ventilador. Corregir de ser necesario	S	No	1	T	MP
No	<b><u>Sub Parte:</u></b> Conectores	PER	DET	DUR	ENC	TIP
<b>10</b>	Re socar firmemente las conexiones eléctricas hasta que no exista juego en ninguna de las conexiones. Ajustar.	A	Si	45	T	MP

**ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.**  
**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

<b>Equipo:</b> Alimentación Eléctrica		<b>Código:</b> Aplica para la totalidad de tableros		Hoja: 1 de 1		
<b>No</b>	<b>Inspección</b>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
	<b><u>Sub Parte:</u></b> Interruptor principal.					
<b>1</b>	Verificar estado de los contactos de las conexiones de alimentación, deterioro y continuidad deben verse íntegros y sin focos de contaminación. Cambiar.	6M	Si	30	T	MP
<b>2</b>	Verificar el buen funcionamiento del interruptor principal, que no exista dificultad de manipularlo y la no presencia de agentes externos. Reportar y cambiar en caso de requerir.	A	Si	5	T	MP
<b>3</b>	Verificar el ajuste de los bornes de conexión, que se encuentren fijados y con un torque adecuado. Re socar.	6M	Si	10	T	MP
No	<b><u>Sub Parte:</u></b> Breaker secundarios	PER	DET	DUR	ENC	TIP
<b>4</b>	Realizar análisis por termografías en búsqueda de puntos calientes en conexiones o fallas internas en breakers	M	No	15	IC	MPd
No	<b><u>Sub Parte:</u></b> Panel.	PER	DET	DUR	ENC	TIP
<b>5</b>	Realizar limpieza interna del panel, debe estar libre de polvo, suciedad o agentes externos. Re socar conexiones flojas/Limpiar.	6M	Si	30	T	MP

**ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.**  
**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Equipo : Extrusora		Código: AR1-EX XX		Hoja: 1 de 1		
No	Inspección	PER	DET	DUR	ENC	TIP
	<u>Sub Parte: Motor eléctrico</u>					
1	Limpieza del motor con dieléctrico, medición de corriente. Reportar	6M	No	10	T	MP
3	Medición de temperatura del motor. Informar.	6M	No	10	IC	MPd
4	Inspección visual y re soque.	6M	Si	10	T	MP
No	<u>Sub Parte: Fajas de transmisión</u>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
5	Inspección visual. Cambiar	6M	Si	30	T	MP
No	<u>Sub Parte: Reductor</u>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
6	Cambio de aceite programado	2A	Si	45	T	MP
No	<u>Sub Parte: Panel de control</u>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
7	Inspección de temperatura de cableado en el panel. Informar.	6M	No	10	IC	MPd
8	Inspección visual, re-soque de conexiones y limpieza. Reportar anomalías.	6M	Si	30	T	MP
No	<u>Sub Parte: Variador de frecuencia.</u>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
9	Limpieza del variador. Cambiar en caso de fallo.	6M	Si	15	T	MP
No	<u>Sub Parte: Tolva</u>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
10	Inspección y limpieza periódica de tolva.	D	si	5	OP	MP
No	<u>Sub Parte: Ventiladores Centrífugos</u>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
11	Inspección visual y limpieza periódica. Cambiar	6M	Si	60	T	MP
No	<u>Sub Parte: Control de temperatura y resistencias</u>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
12	Inspección visual. Reportar para cambio	D	No	5	OP	MP
13	Verificar el funcionamiento de resistencias. Cambiar.	2M	No	5	OP	MP

**ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.**  
**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

<b>Equipo:</b> Extrusora		<b>Código:</b> AR1-EX XX		Hoja: 1 de 1		
<b>No</b>	<b>Sub Parte:</b> <u>Relay de estado sólido</u>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
14	Verificar funcionamiento. Cambiar.	2M	Si	5	T	MP
<b>No</b>	<b>Sub Parte:</b> <u>Tornillo sin fin y cañón</u>	PER	DET	DUR	ENC	TIP
15	Desmontaje y limpieza estandarizada. Realizar labor.	6M	Si	180	T	MP

**ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.**  
**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

<b>Equipo:</b> Línea de pintado		<b>Código:</b> AR1-ES-LP		Hoja: 1 de 1		
<b>No</b>	<b>Inspección</b>	FRE	DET	DUR	ENC	TIP
	<b>Sub Parte:</b> <u>Motor Eléctrico.</u>					
1	Controlar la medición de temperatura por termografía infrarroja del motor para análisis y posterior evaluación. Informar.	2M	No	15	IC	MPd
2	Limpiar superficie externa para remover polvo y suciedad en ranuras y cuerpo, usar trapo seco. Y verificar integridad del equipo y que esté libre de agentes externos. Dar servicio	M	Si	15	T	MP
3	Controlar medición de aislamiento de los devanados del motor eléctrico. Revisar norma IEEE-43-2000, no ser menor a 5MΩ. Controlar	A	Si	20	IC	MPd
4	Verifique ausencias de ruidos anormales y correcto funcionamiento del ventilador. Informar	3M	No	10	T	MP
6	Medir Corriente Eléctrica y voltaje. Registrar	M	No	10	T	MPd
	<b>Sub Parte:</b> <u>Cadenas transmisión.</u>	FRE	DET	DUR	ENC	TIP
9	Verificación visual de desgaste Cadenas. Informar. Corregir	3M	No	10	T	MP
10	Realizar lubricación completa de cadena de transmisión	6M	Si	30	T	MP

**ARKIPLAST INTERNACIONAL S.A.**  
**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

<b>Equipo:</b> Línea de pintado		<b>Código:</b> AR1-ES-LP		Hoja: 1 de 1		
	<b><u>Sub Parte: Alimentación Eléctrica.</u></b>	FRE	DET	DUR	ENC	TIP
<b>8</b>	Inspeccionar integridad del contactor, que se encuentre sin desgastes o corrosiones evidentes y limpias. Limpiar o cambiar.	M	Si	15	T	MP
<b>9</b>	Realizar medición de temperatura por termografía infrarroja en cableado y llevar control de mediciones. Registrar	2M	No	15	IC	MPd
	<b><u>Sub Parte: Muñoneras</u></b>	FRE	DET	DUR	ENC	TIP
<b>10</b>	Inspección de muñoneras, limpiar de agentes contaminantes y realizar lubricación.	6M	Si	45	T	MP
	<b><u>Sub Parte: Bomba de pintura.</u></b>	FRE	DET	DUR	ENC	TIP
<b>11</b>	Verificar integridad de cableado de alimentación.	6M	No	5	T	MP
<b>12</b>	Inspección y lubricación de cojinetes.	A	Si	30	T	MP
<b>13</b>	Inspección de corriente y voltaje de operación. Registrar	3M	No	10	T	MPd

## 17.7 Anexo 7. Formato de hojas de análisis del costo de los manuales de Mantenimiento preventivo.

Costo del manual de mantenimiento del Compresor de Aire comprimido.

<b>HOJAS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>														
Sistema:	Sistema de Aire Comprimido													
Subsistema:	Compresor													
Acción proactiva	Frecuencia								Tiempos estimados para la tarea		M.O Requerida y costo estimado con cargas sociales			
	Diaria	Semanal	Bisemanal	Mensual	Bimensual	Trimestral	Semestral	Annual	Minutos	Horas	Técnico	Operador	Ingeniero	
	360	52	26	13	6	4	2	1			Total	Total	Total	
1					6				15	0,25			₺ 131.718,5	
2				13					15	0,25	₺ 17.626,5			
3								1	20	0,333333			₺ 27.604,1	
4		52							5	0,083333	₺ 23.502,1			
5								1	20	0,333333			₺ 15.604,1	
6				13					10	0,166667	₺ 11.751,0			
7				13					10	0,166667	₺ 11.751,0			
8		52							10	0,166667	₺ 47.004,1			
9			26						10	0,166667	₺ 23.502,1			
10				13					10	0,166667	₺ 11.751,0			
11					6				15	0,25			₺ 24.718,5	
12			26						25	0,416667	₺ 58.755,1			
13			26						10	0,166667	₺ 23.502,1			
14			26						5	0,083333	₺ 11.751,0			
15			26						25	0,416667	₺ 58.755,1			
16			26						10	0,166667	₺ 23.502,1			
17							2		5	0,083333	₺ 903,9			
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	₺	523.702,41		<b>TOTALES PARCIALES</b>						₺	324.057,2	₺	-	₺ 199.645,2

HOJAS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO															
Sistema:		Sistema de Aire Comprimido													
Subsistema:		Secador de Aire Comprimido.													
Acción proactiva	Frecuencia								Tiempos		M.O Requerida y costo estimado con cargas sociales				
	Diaria	Semanal	Bisemanal	Mensual	Bimensual	Trimestral	Semestral	Anual	Minutos	Horas	Técnico		Ingeniero		
	360	52	26	13	6	4	2	1			0.5	Costo/Hora	Total	Costo/Hora	Total
1					6					10	0,166667	₺ 5.423,6	₺ 5.423,6	₺ 7.812,3	
2								2		15	0,25	₺ 5.423,6		₺ 87.812,3	₺ 43.906,2
3								2		30	0,5	₺ 5.423,6	₺ 5.423,6	₺ 7.812,3	
4								2		10	0,166667	₺ 5.423,6	₺ 1.807,9	₺ 7.812,3	
5		52								10	0,166667	₺ 5.423,6	₺ 47.004,1	₺ 7.812,3	
6						4				15	0,25	₺ 5.423,6	₺ 5.423,6	₺ 7.812,3	
7								1		15	0,25	₺ 5.423,6	₺ 1.355,9	₺ 7.812,3	
8								2		30	0,5	₺ 5.423,6	₺ 5.423,6	₺ 7.812,3	
9				13						5	0,083333	₺ 5.423,6	₺ 5.875,5	₺ 7.812,3	
10	360									5	0,083333	₺ 5.423,6	₺ 162.706,6	₺ 7.812,3	
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	₺ 284.350,29			TOTALS PARCIALES								₺ 240.444,1		₺ 43.906,2	

## HOJAS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Sistema: Sistema de Aire Comprimido

Unidad: Red de Aire Comprimido.

Acción proactiva	Frecuencia								Tiempos		M.O Requerida y costo estimado con cargas sociales							
	Diaria	Semanal	Bisemanal	Mensual	Bimensual	Trimestral	Semestral	Anual	Bi Anual	Minutos	Horas	Técnico		Operador		Ingeniero		
	360	52	26	13	6	4	2	1	0.5			Costo/Hora	Total	Costo/Hora	Total	Costo/Hora	Total	
1				13						30	0,5	₡ 5.423,6	₡ 35.253,1	₡ 2.638,1			₡ 7.812,3	
2					6					45	0,75	₡ 5.423,6	₡ 24.406,0	₡ 2.638,1	₡ 11.871,6		₡ 7.812,3	
3		52								30	0,5	₡ 5.423,6	₡ 141.012,3	₡ 2.638,1			₡ 7.812,3	
4					6					10	0,166667	₡ 5.423,6	₡ 5.423,6	₡ 2.638,1			₡ 7.812,3	
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	₡	217.966,55	<b>TOTALES PARCIALES</b>									₡	206.095,0	₡	11.871,6	₡	-	

## HOJAS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Sistema: Sistema de Refrigeración

Subsistema: Chiller o Enfriador

Acción proactiva	Frecuencia										Tiempos		M.O Requerida y costo estimado con cargas sociales			
	Diaria	Semanal	Bisemanal	Mensual	Bimensual	Trimestral	Semestral	Anual	Bi Anual	Minutos	Horas	Técnico		Operador		
	360	52	26	13	6	4	2	1	0.5			Costo/Hora	Total	Costo/Hora	Total	
1			26							5	0,08	₺ 5.423,6		₺ 2.638,1	₺ 5.715,9	
2		52								20	0,33	₺ 5.423,6	₺ 94.008,2	₺ 2.638,1		
3						4				10	0,17	₺ 5.423,6	₺ 3.615,7	₺ 2.638,1		
4							2			20	0,33	₺ 5.423,6	₺ 3.615,7	₺ 2.638,1		
5						4				5	0,08	₺ 5.423,6	₺ 1.807,9	₺ 2.638,1		
7			26							5	0,08	₺ 5.423,6	₺ 11.751,0	₺ 2.638,1		
8						4				10	0,17	₺ 5.423,6	₺ 3.615,7	₺ 2.638,1		
9						4				10	0,17	₺ 5.423,6	₺ 3.615,7	₺ 2.638,1		
10							2			40	0,67	₺ 5.423,6	₺ 7.231,4	₺ 2.638,1		
11				13						10	0,17	₺ 5.423,6	₺ 11.751,0	₺ 2.638,1		
12				13						10	0,17	₺ 5.423,6	₺ 11.751,0	₺ 2.638,1		
13						4				10	0,17	₺ 5.423,6	₺ 3.615,7	₺ 2.638,1		
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	₺ 162.095,02		<b>TOTALES PARCIALES</b>										₺ 156.379,1		₺ 5.715,9	

## HOJAS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Sistema: Sistema de Refrigeración  
 Subsistema: Condensador de Flujo Forzado

Acción proactiva	Frecuencia										Tiempos		M.O Requerida y costo estimado con cargas sociales			
	Diaría	Semanal	Bisemanal	Mensual	Bimensual	Trimestral	Semestral	Anual	Bi Anual	Minutos	Horas	Técnico		Operador		
	360	52	26	13	6	4	2	1	0.5			Costo/Hora	Total	Costo/Hora	Total	
1		52								5	0,08	₺ 5.424	₺ 23.502	₺2.638		
2			26							5	0,08	₺ 5.424	₺ 11.751	₺2.638		
3							2			10	0,17	₺ 5.424	₺ 1.808	₺2.638		
4				13						20	0,33	₺ 5.424	₺ 23.502	₺2.638		
5						4				20	0,33	₺ 5.424	₺ 7.231	₺2.638		
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	₺67.794,40		<b>TOTALES PARCIALES</b>										₺ 67.794,4	₺ -		

<b>HOJAS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>														
Sistema:		Sistema de Refrigeración												
Unidad:		Torre de Enfriamiento 2												
Acción proactiva	Frecuencia								Tiempos		M.O Requerida y costo estimado con cargas sociales			
	Diaría	Bisemanal	Mensual	Bimensual	Trimestral	Semestral	Anual	Bi Anual	Minutos	Horas	Técnico		Operador	
	360	26	13	6	4	2	1	0.5			Costo/Hora	Total	Costo/Hora	Total
1			13						20	0,333333	₺ 5.423,6	₺ 23.502,1	₺ 2.638,1	
2					4				20	0,333333	₺ 5.423,6	₺ 7.231,4	₺ 2.638,1	
3				6					15	0,25	₺ 5.423,6	₺ 8.135,3	₺ 2.638,1	
4				6					15	0,25	₺ 5.423,6	₺ 8.135,3	₺ 2.638,1	
5					4				15	0,25	₺ 5.423,6	₺ 5.423,6	₺ 2.638,1	
6					4				15	0,25	₺ 5.423,6		₺ 2.638,1	₺ 2.638,1
7						2			400	6,666667	₺ 5.423,6	₺ 72.314,0	₺ 2.638,1	
8			13						5	0,083333	₺ 5.423,6		₺ 2.638,1	₺ -
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	₺ 127.379,82		<b>TOTALES PARCIALES</b>								₺ 124.741,69		₺ 2.638,13	

HOJAS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO															
Sistema:		Sistema de Vacío													
Unidad		Bomba y Red de Vacío.													
Acción proactiva	Frecuencia									Tiempos		M.O Requerida y costo estimado con cargas sociales			
	Diaria	Semanal	Bisemanal	Mensual	Bimensual	Trimestral	Semestral	Anual	Bi Anual	Minutos	Horas	Técnico		Operador	
	360	52	26	13	6	4	2	1	0.5			Costo/Hora	Total	Costo/Hora	Total
1						4			3M	120	2,00	₺ 5.423,6	₺ 43.388,4	₺ 2.638,1	
2								1	A	30	0,50	₺ 5.423,6	₺ 2.711,8	₺ 2.638,1	
3				13					M	5	0,08	₺ 5.423,6	₺ 5.875,5	₺ 2.638,1	
4						4			3M	85	1,42	₺ 5.423,6	₺ 30.733,5	₺ 2.638,1	
5								1	A	30	0,50	₺ 5.423,6		₺ 2.638,1	
6					6				6M	5	0,08	₺ 5.423,6	₺ 2.711,8		
7								1	A	20	0,33	₺ 5.423,6	₺ 1.807,9	₺ 2.638,1	
8				13					D	15	0,25	₺ 5.423,6	₺ 17.626,5	₺ 2.638,1	
9				13					M	10	0,17	₺ 5.423,6	₺ 11.751,0		
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	₺	133.512,53	<b>TOTALES PARCIALES</b>									₺	116.606,4	₺	-

HOJAS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO													
Sistema:	Sistema de Vacío												
Unidad	Motor Eléctrico.												
Acción proactiva	Frecuencia									Tiempos		Categoría y costo estimado con cargas so	
	Diaria	Semanal	Bisemanal	Mensual	Bimensual	Trimestral	Semestral	Anual	Bi Anual	Minutos	Horas	Técnico	
	360	52	26	13	6	4	2	1	0.5			Costo/Hora	Total
1								1		30	0,50	₺ 5.423,6	₺ 2.711,8
2					6					25	0,42	₺ 5.423,6	
3					6					30	0,50	₺ 5.423,6	
4				13						10	0,17	₺ 5.423,6	₺ 11.751,0
5				13						10	0,17	₺ 5.423,6	₺ 11.751,0
6		52								15	0,25	₺ 5.423,6	₺ 70.506,2
7									0,5	180	3,00	₺ 5.423,6	₺ 8.135,3
8				13						10	0,17	₺ 5.423,6	₺ 11.751,0
9		52								5	0,08	₺ 5.423,6	₺ 23.502,1
10								1		20	0,33	₺ 5.423,6	₺ 1.807,9
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	₺ 501.884,05		<b>TOTALES PARCIALES</b>									₺ 141.916,3	

HOJAS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																
Sistema:		Sistema de Vacío														
Subsistema:		Torre de Enfriamiento 1														
Acción proactiva	Frecuencia										Tiempos		M.O Requerida y costo estimado con cargas sociales			
	Diaria	Semanal	Bisemanal	Mensual	Bimensual	Trimestral	Semestral	Anual	Bi Anual	Minutos	Horas	Técnico		Operador		
	360	52	26	13	6	4	2	1	0.5			Costo/Hora	Total	Costo/Hora	Total	
1				13							20	0,333	₺ 5.423,6	₺ 23.502,1	₺ 2.638,1	
2						4					20	0,333	₺ 5.423,6	₺ 7.231,4	₺ 2.638,1	
3					6						15	0,25	₺ 5.423,6	₺ 8.135,3	₺ 2.638,1	
4					6						15	0,25	₺ 5.423,6	₺ 8.135,3	₺ 2.638,1	
5						4					15	0,25	₺ 5.423,6	₺ 5.423,6	₺ 2.638,1	
6						4					15	0,25	₺ 5.423,6		₺ 2.638,1	₺ 2.638,1
7							2				400	6,667	₺ 5.423,6	₺ 72.314,0	₺ 2.638,1	
8				13							5	0,083	₺ 5.423,6		₺ 2.638,1	₺ -
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	₺ 127.379,82			<b>TOTALES PARCIALES</b>							₺ 124.741,7		₺ 2.638,1			

## HOJAS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Sistema: Alimentación Eléctrica

Unidad: Alimentación Eléctrica

Acción proactiva	Frecuencia									Tiempos estimados para la tarea		M.O Requerida y costo estimado con cargas sociales				
	Diaria	Semanal	Bisemanal	Mensual	Bimensual	Trimestral	Semestral	Anual	Bi Anual	Minutos	Horas	Técnico		Ingeniero		
	360	52	26	13	6	4	2	1	0.5			Costo/Hora	Total	Costo/Hora	Total	
1							2			30	0,50	₡ 5.423,6	₡ 5.423,6	₡ 7.812,3		
2								1		10	0,17	₡ 5.423,6	₡ 903,9	₡ 7.812,3		
3							2			10	0,17	₡ 5.423,6	₡ 1.807,9	₡ 7.812,3		
4				13						15	0,25	₡ 5.423,6		₡ 87.812,3	₡ 285.390,0	
5							2			240	4,00	₡ 5.423,6	₡ 43.388,4	₡ 7.812,3		
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	₡ 336.913,79			<b>TOTALES PARCIALES</b>									₡ 51.523,7		₡ 285.390,0	

HOJAS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																	
Sistema:		Líneas de Producción															
Unidad:		Extrusora.															
Acción proactiva	Frecuencia								Tiempos estimados		M.O Requerida y costo estimado con cargas sociales						
	Diaria	Semanal	Bisemanal	Mensual	Bimensual	Trimestral	Semestral	Anual	Bianual	Minutos	Horas	Técnico	Operador	Ingeniero			
	360	52	26	13	6	4	2	1	0.5			Costo/Hora	Total	Costo/Hora	Total	Costo/Hora	Total
1							2			10	0,167	₡ 5.423,6	₡ 1.807,9	₡ 2.638,1		₡ 7.812,3	
2							2			10	0,167	₡ 5.423,6	₡ 1.807,9	₡ 2.638,1		₡ 7.812,3	
3							2			10	0,167	₡ 5.423,6	₡ 1.807,9	₡ 2.638,1		₡ 7.812,3	
4							2			30	0,500	₡ 5.423,6	₡ 5.423,6	₡ 2.638,1		₡ 7.812,3	
5									0,5	45	0,750	₡ 5.423,6	₡ 2.033,8	₡ 2.638,1		₡ 7.812,3	
6							2			10	0,167	₡ 5.423,6		₡ 2.638,1		₡ 7.812,3	₡ 2.604,1
7							2			30	0,500	₡ 5.423,6	₡ 5.423,6	₡ 2.638,1		₡ 7.812,3	
8							2			15	0,250	₡ 5.423,6	₡ 2.711,8	₡ 2.638,1		₡ 7.812,3	
9	360									5	0,083	₡ 5.423,6		₡ 2.638,1	₡ 79.143,9	₡ 7.812,3	
10							2			60	1,000	₡ 5.423,6	₡ 10.847,1	₡ 2.638,1		₡ 7.812,3	
11	360									5	0,083	₡ 5.423,6		₡ 2.638,1	₡ 79.143,9	₡ 7.812,3	
12				6						5	0,083	₡ 5.423,6		₡ 2.638,1	₡ 1.319,1	₡ 7.812,3	
13				6						5	0,083	₡ 5.423,6	₡ 2.711,8	₡ 2.638,1		₡ 7.812,3	
14						2				180	3,000	₡ 5.423,6	₡ 32.541,3	₡ 2.638,1		₡ 7.812,3	
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	₡ 162.210,88	TOTALES PARCIALES										₡ 67.116,45	₡ 159.606,8	₡ 2.604,1			

## HOJAS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Sistema: Estaciones

Unidad: Línea de pintado

Acción proactiva	Frecuencia									Tiempos estimados		M.O Requerida y costo estimado con cargas sociales				
	Diaría	Semanal	Bisemanal	Mensual	Bimensual	Trimestral	Semestral	Annual	Bianual	Minutos	Horas	Técnico		Ingeniero		
	360	52	26	13	6	4	2	1	0.5			Costo/Hora	Total	Costo/Hora	Total	
1					6					15	0,25	₺ 5.423,6	₺ -	₺ 7.812,3	₺ 11.718,5	
2				13						15	0,25	₺ 5.423,6	₺ 17.626,54	₺ 7.812,3		
3								1		20	0,33	₺ 5.423,6		₺ 7.812,3	₺ 2.604,1	
4						4				10	0,17	₺ 5.423,6	₺ 3.615,70	₺ 7.812,3		
5				13						10	0,17	₺ 5.423,6	₺ 11.751,03	₺ 7.812,3		
6						4				10	0,17	₺ 5.423,6	₺ 3.615,70	₺ 7.812,3		
7							2			30	0,50	₺ 5.423,6	₺ 5.423,55	₺ 7.812,3		
8				13						15	0,25	₺ 5.423,6	₺ 17.626,54	₺ 7.812,3		
9					6					15	0,25	₺ 5.423,6		₺ 7.812,3	₺ 11.718,5	
10							2			45	0,75	₺ 5.423,6	₺ 8.135,33	₺ 7.812,3		
11							2			5	0,08	₺ 5.423,6	₺ 903,93	₺ 7.812,3		
12								1		30	0,50	₺ 5.423,6	₺ 2.711,78	₺ 7.812,3		
13						4				10	0,17	₺ 5.423,6	₺ 3.615,70	₺ 7.812,3		
<b>COSTO DE MANTENI</b>	₺ 101.066,87		<b>TOTALES PARCIALES</b>											₺ 75.025,80		₺ 26.041,1