

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD EN LA EMPRESA ATLÁNTICA
S.R.L. PARA REDUCIR LAS PÉRDIDAS ECONÓMICAS**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

FRIDA ESTHER ITURREGUI PESCORAN

ASESOR

ALEJANDRO SEGUNDO VERA LAZARO

<https://orcid.org/0000-0003-0198-338X>

Chiclayo, 2020

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD EN LA EMPRESA
ATLÁNTICA S.R.L. PARA REDUCIR LAS PÉRDIDAS
ECONÓMICAS**

PRESENTADA POR:

FRIDA ESTHER ITURREGUI PESCORAN

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Joselito Sanchez Perez

PRESIDENTE

Sonia Mirtha Salazar Zegarra

SECRETARIO

Alejandro Segundo Vera Lazaro

VOCAL

DEDICATORIA

A Dios, por ser la guía de mi camino y no dejarme vencer, dándome la fuerza necesaria para seguir adelante con esta investigación.

A mi familia, por haber creído en todo momento en mí, alentarme día a día y ser mi soporte en todo este tiempo.

AGRADECIMIENTO

A mi mamá y mi tía, Isabel y Frida, por ser mis incondicionales en toda mi etapa universitaria y darme fuerzas para avanzar día a día.

A mis hermanas, Jessica, Ericka y Gina, por siempre buscar la manera de mantenernos unidas, hacerme sentir feliz y confiada.

A Fabrizio, por ser mi compañero incondicional de estudios y no dejarme vencer en mis momentos más difíciles.

A mi asesor, Mgtr. Alejandro Vera, por orientarme en mi investigación a través de sus conocimientos y experiencias.

A mis mejores amigos, Rosa y Carlos, por ayudarme a encontrar soluciones a los obstáculos que se me presentaban en el transcurso del desarrollo de mi investigación.

A la empresa Atlántica S.R.L., por permitirme elaborar mi investigación en su planta y brindarme los datos que necesitaba.

Al supervisor de planta, Sr. Bardales, por el apoyo constante brindado durante el desarrollo de toda mi investigación.

ÍNDICE

RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
I. INTRODUCCIÓN.....	13
II. MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. Antecedentes	15
2.2. Base Teórica Científica	18
2.2.1. Mantenimiento	18
2.2.1.1. Objetivos del Mantenimiento	18
2.2.1.2. Misión del Mantenimiento.....	18
2.2.1.3. Funciones del Mantenimiento	19
2.2.1.4. Tipos de mantenimiento	20
2.2.2. Pérdida Económica.....	21
2.2.3. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad	21
2.2.3.1. Implementación del RCM	23
2.2.4. Indicadores de Mantenimiento	25
2.2.4.1. Confiabilidad.....	25
2.2.4.2. Disponibilidad	25
2.2.4.3. Tiempo medio entre Fallas (MTBF).....	26
2.2.4.4. Tiempo Medio de Reparación (MTTR).....	26
2.2.4.5. Criticidad.....	26
2.2.5. Diagrama de Árbol de Fallas	29
2.2.6. Análisis de Modo y Efectos de Falla (AMEF).....	32
2.2.6.1. Pasos para la elaboración del AMEF	32
2.2.6.2. Hoja de decisión RCM.....	37
2.2.7. Diferencia entre Falla y Avería.....	39
2.2.8. Overall Equipment Effectiveness (OEE).....	39
III. RESULTADOS.....	41
3.1. Diagnóstico de Situación de la Empresa	41
3.1.1. Breve historia	41
3.1.2. Misión	42
3.1.3. Visión.....	42
3.1.4. Política de calidad.....	42
3.1.4.1. Objetivos de la calidad.....	43
3.1.5. Descripción del producto.....	43
3.1.6. Materia prima e insumos	44
3.1.7. Diagrama de Flujo.....	46
3.1.8. Organigrama.....	47
3.1.9. Trabajadores.....	48
3.1.10. Manual de Funciones.....	50
3.1.11. Máquinas.....	51
3.1.12. Fallas actuales en las máquinas del proceso productivo	62
3.1.13. Utilidad no percibida.....	63
3.1.14. Costos de mano de obra.....	64
3.1.15. Repercusión económica	70
3.1.16. Indicadores de mantenimiento.....	71
3.1.17. Responsables	75
3.1.18. Overall Equipment Effectiveness	76

3.1.19.	Análisis de criticidad	78
3.1.20.	Árbol de fallas	86
3.1.21.	Análisis de Modo y Efecto de Fallas	91
3.1.22.	Hoja de Información.....	102
3.2.	Diseño de propuesta de mejora en el sistema de producción.....	103
3.2.1.	Hoja de decisión	103
3.2.2.	Plan de actividades	116
3.2.3.	Cronograma de actividades	118
3.2.4.	Nuevos Indicadores de Mantenimiento	123
3.2.5.	Nueva Utilidad No Percibida	127
3.3.	Análisis Costo – Beneficio	128
IV.	CONCLUSIONES	132
V.	RECOMENDACIONES	133
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	134
VII.	ANEXOS	136

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categoría de frecuencia de fallas.....	27
Tabla 2. Criterios para las consecuencias.....	28
Tabla 3. Símbolos del Árbol de Fallas	31
Tabla 4. Escala de evaluación para medir la gravedad en el AMEF	34
Tabla 5. Escala de evaluación para medir la frecuencia en el AMEF	34
Tabla 6. Escala de evaluación para medir la detectabilidad en el AMEF	35
Tabla 7. Formato AMEF	36
Tabla 8. Formato AMEF para situación mejorada	36
Tabla 9. Clasificación del indicador OEE	40
Tabla 10. Áreas administrativas.....	48
Tabla 11. Áreas operativas	49
Tabla 12. Datos generales de la maquinaria.....	51
Tabla 13. Parámetros técnicos de la máquina Extrusora – Lohia 1600	52
Tabla 14. Parámetros técnicos de la máquina Extrusora 2.....	53
Tabla 15. Funciones de las partes de la extrusora.....	53
Tabla 16. Parámetros técnicos de la máquina Telar Nova 6	54
Tabla 17. Parámetros técnicos de la máquina Telar LENO 4.....	55
Tabla 18. Parámetros técnicos de la máquina Telar Jumbo	56
Tabla 19. Funciones de las partes de los telares	56
Tabla 20. Parámetros técnicos de la máquina Laminadora	57
Tabla 21. Función de las partes de la laminadora	57
Tabla 22. Parámetros técnicos de la máquina Impresora 1	58
Tabla 23. Parámetros técnicos de la máquina Impresora 2	59
Tabla 24. Funciones de las partes de la impresora	59
Tabla 25. Parámetros técnicos de la máquina Convertidora	60
Tabla 26. Parámetros técnicos de la máquina Bastilladora	60
Tabla 27. Parámetros técnicos de la máquina Prensa	61
Tabla 28. Número de fallas por máquina de Agosto – Dic 2017	62
Tabla 29. Costos de reparación de Agosto - Dic 2017.....	62
Tabla 30. Capacidad ideal de la extrusora	63
Tabla 31. Producción real de tela.....	63
Tabla 32. Utilidad no percibida en el 2017	64
Tabla 33. Costos de personal de mantenimiento en el 2017	64
Tabla 34. Resumen de costos en el 2017.....	64
Tabla 35. Tiempo de reparación de las máquinas en los meses de agosto - diciembre 2017.....	69
Tabla 36. Repercusión económica de las máquinas entre agosto – diciembre de 2017	70
Tabla 37. Lista de precios de repuestos y materiales	71
Tabla 38. Tiempo total de operación (TTO) período agosto - diciembre 2017	72
Tabla 39. Tiempo medio para restaurar (MTTR) en agosto - diciembre 2017.....	72
Tabla 40. Tiempo medio entre fallas (MTBF) en agosto - diciembre 2017	73
Tabla 41. Confiabilidad de las máquinas en el período de agosto - diciembre 2017.....	73
Tabla 42. Disponibilidad de las máquinas en el período agosto – diciembre 2017	74
Tabla 43. Principales máquinas con sus respectivos responsables	75
Tabla 44. Criticidad de las máquinas extrusoras	78
Tabla 45. Criticidad de las máquinas telares 1- 12	80
Tabla 46. Criticidad de las máquinas telares 13 - 22	80
Tabla 47. Criticidad de las máquinas telares 23 – 32.....	81
Tabla 48. Criticidad de las máquinas telares 33 – 42.....	81

Tabla 49. Criticidad de las máquinas telares 43 – 52.....	82
Tabla 50. Criticidad de la máquina laminadora.....	83
Tabla 51. Criticidad de las máquinas impresoras.....	83
Tabla 52. Criticidad de las máquinas convertidoras.....	84
Tabla 53. Criticidad de las máquinas bastilladoras.....	85
Tabla 54. Criticidad de las máquinas prensas.....	86
Tabla 55. AMEF de la máquina extrusora.....	92
Tabla 56. AMEF de la máquina telar 1 - Parte 1.....	93
Tabla 57. AMEF de la máquina telar 1 - Parte 2.....	94
Tabla 58. AMEF de la máquina telar 11 - Parte 1.....	95
Tabla 59. AMEF de la máquina telar 11 - Parte 2.....	96
Tabla 60. AMEF de la máquina telar 16 - Parte 1.....	97
Tabla 61. AMEF de la máquina telar 16 - Parte 2.....	98
Tabla 62. AMEF de la máquina telar 36 - Parte 1.....	99
Tabla 63. AMEF de la máquina telar 36 - Parte 2.....	100
Tabla 64. AMEF de la máquina telar 28 – Leno.....	101
Tabla 65. Hoja de información de la extrusora.....	102
Tabla 66. Hoja de información de los telares.....	102
Tabla 67. Hoja de información del telar leno.....	103
Tabla 68. Hoja de decisión de la extrusora.....	104
Tabla 69. Hoja de decisión del telar Leno.....	104
Tabla 70. Hoja de decisión de los telares.....	105
Tabla 71. AMEF mejorado de la extrusora.....	106
Tabla 72. AMEF mejorado del telar 1 - Parte 1.....	107
Tabla 73. AMEF mejorado del telar 1 - Parte 2.....	108
Tabla 74. AMEF mejorado del telar 11 - Parte 1.....	109
Tabla 75. AMEF mejorado del telar 11 - Parte 2.....	110
Tabla 76. AMEF mejorado del telar 16 - Parte 1.....	111
Tabla 77. AMEF mejorado del telar 16 - Parte 2.....	112
Tabla 78. AMEF mejorado del telar 36 - Parte 1.....	113
Tabla 79. AMEF mejorado del telar 36 - Parte 2.....	114
Tabla 80. AMEF mejorado del telar Leno.....	115
Tabla 81. Plan de actividades de la máquina extrusora.....	116
Tabla 82. Plan de actividades de la máquina telares – Parte 1.....	116
Tabla 83. Plan de actividades de la máquina telares – Parte 2.....	117
Tabla 84. Plan de actividades de la máquina telar Leno.....	118
Tabla 85. Cronograma de actividades de mantenimiento de la máquina extrusora.....	119
Tabla 86. Cronograma de actividades de mantenimiento de la máquina telares – Parte 1.....	120
Tabla 87. Cronograma de actividades de mantenimiento de la máquina telares - Parte 2.....	121
Tabla 88. Cronograma de actividades de mantenimiento de la máquina telar Leno.....	122
Tabla 89. Tiempo de paro programado para el mantenimiento de la maquinaria.....	123
Tabla 90. Tiempo de paro programado por máquina crítica.....	124
Tabla 91. Nuevo Tiempo Total de Operación.....	124
Tabla 92. Nuevo Tiempo Medio para Restaurar.....	125
Tabla 93. Nuevo Tiempo Medio entre Fallas.....	125
Tabla 94. Nueva Confiabilidad.....	126
Tabla 95. Nueva Disponibilidad.....	126
Tabla 96. Producción Ideal de la Extrusora.....	127
Tabla 97. Antigua y Nueva Utilidad no Percibida.....	127
Tabla 98. Costos de Materiales de Oficina.....	128
Tabla 99. Repuestos y materiales anuales de la extrusora.....	128

Tabla 100. Repuestos y materiales anuales de cada telar	129
Tabla 101. Costos totales anuales de repuestos y materiales	129
Tabla 102. Costos totales de mano de obra.....	129
Tabla 103. Costos totales de capacitación.....	130
Tabla 104. Costo Total del Plan de Mantenimiento	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma de implementación RCM	24
Figura 2. Matriz de criticidad	29
Figura 3. Ejemplo de un esquema de árbol de fallas	30
Figura 4. Diagrama de Decisión RCM.....	38
Figura 5. Diagrama de OEE	40
Figura 6. Empresa Atlántica S.R.L.....	42
Figura 7. Diagrama de Flujo de la elaboración de sacos de polipropileno.....	46
Figura 8. Organigrama de la empresa Atlántica S.R.L.....	47
Figura 9. Máquina Extrusora 1 - Lohia 1600 Duotec	52
Figura 10. Máquina Extrusora 2 - Sincerity Industry	52
Figura 11. Máquina Telar Lohia Nova 6	53
Figura 12. Máquina Telar Lohia LENO 4.....	54
Figura 13. Máquina Telar Jumbo	55
Figura 14. Máquina Laminadora – Sincerity Industry	57
Figura 15. Máquina Impresora 1 - Botheven	58
Figura 16. Máquina Impresora 2 – China	58
Figura 17. Máquina Convertidora Botheven	59
Figura 18. Máquina Bastilladora	60
Figura 19. Máquina Prensadora	61
Figura 20. Cantidad de fallas de la máquina Extrusora.....	65
Figura 21. Cantidad de fallas de la máquina Telares	65
Figura 22. Cantidad de fallas de la máquina Laminadora	66
Figura 23. Cantidad de fallas de la máquina Impresora	67
Figura 24. Cantidad de fallas de la máquina Convertidora	67
Figura 25. Cantidad de fallas de la máquina Bastilladora	68
Figura 26. Cantidad de fallas de la máquina Prensa	69
Figura 27. Árbol de falla de la máquina extrusora	87
Figura 28. Árbol de fallas de los telares #1, #11, #16 y #36 – Parte I.....	88
Figura 29. Árbol de fallas de los telares #1, #11, #16 y #36 – Parte II	89
Figura 30. Árbol de falla del telar # 28 - Leno	90

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formato de Hoja de Información	136
Anexo 2. Formato de Hoja de decisión RCM.....	136
Anexo 3. Costos unitarios por reparación	137
Anexo 4. Manual de mantenimiento de extrusora	138
Anexo 5. Manual de mantenimiento de la varilla - telar	138
Anexo 6. Manual de mantenimiento - Telares.....	139
Anexo 7. Lista de Grasas a utilizar	139
Anexo 8. Lista de Lubricantes a utilizar	140

RESUMEN

La empresa Atlántica S.R.L. se dedica a la elaboración de sacos de polipropileno, los cuales son solicitados con unas especificaciones puestas por la cartera de clientes envidiable que poseen. La problemática está en las paradas de maquinaria debido a las diferentes fallas que presenta cada máquina. Para esto se realizó un análisis de criticidad para cada máquina, donde se obtuvo como resultado que las máquinas más críticas son la extrusora y los telares, además se utilizó otra herramienta que es el análisis de modo y efecto de falla donde se calculó el IPR de cada falla de las máquinas críticas y se propuso una acción correctiva para cada uno. La consecuencia que generan son las pérdidas económicas que son equivalente a S/173 006,30. Para desarrollar el plan de mantenimiento preventivo se realizó el diagnóstico de la situación actual de la empresa, se elaboró el plan de mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad y finalmente se analizó el costo-beneficio. El resultado de investigación concluye que el plan de mantenimiento reducirá la frecuencia de fallas, tiempo de inoperatividad de las máquinas y costos de reparación, esto en dinero representa una disminución de S/56 306,30, brindado 0,48 céntimos por cada S/1,00 invertido.

Palabras claves: Mantenimiento, Confiabilidad, Falla, Sacos

ABSTRACT

The company Atlántica S.R.L. is engaged in the manufacture of polypropylene bags, which are requested with more detailed specifications by the enviable customer portfolio. The problem is in the stops of machinery due to the different failures that each machine presents. For this, a criticality analysis was performed for each machine, where it was found that the most critical machines are the extruder and the looms, and another tool was used, which is the failure mode and effect analysis where the IPR of each machine was calculated. failure of the critical machines and a corrective action was proposed for each one. The failure of the machines, the images and the proposition a corrective action for each one. The amount that is generated is the amount equivalent to S/173 006,30. To develop the preventive maintenance plan, the diagnosis of the current situation of the company was made, the preventive maintenance plan was elaborated, focused on the reliability and finally the cost-benefit was analyzed. The result of the investigation concludes that the maintenance plan reduces the frequency of failures, the inoperative time of the machines and the repair costs, this last service is S/56 306,30, provided 0,48 cents for each S/1,00 inverted.

Keywords: Maintenance, Reliability, Failure, Bags.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años las industrias han presentado algunos problemas relacionados como el déficit en mano de obra calificada, el escaso contenido tecnológico y el mantenimiento industrial, generando así grandes costos. Por lo cual, estas industrias buscan alternativas de solución para los distintos problemas que puedan presentar, a través de distintas evaluaciones en sus sistemas productivos. [1]

Por otro lado, se sabe que la competencia cada vez es más fuerte en cuestión a niveles de calidad y productividad, lo cual hace posible la estadía de la empresa en el mercado. Para que puedan lograrlo necesitan de planes estructurados en sus actividades internas, y una de ellas es el mantenimiento a las máquinas, equipos o sistemas. Esto va de la mano con el personal especializado para el tema de mantenimiento, ya que ellos son los principales responsables de que se logren los objetivos trazados utilizando herramientas modernas. [2]

En nuestro país existen nuevos mercados potenciales para diferentes productos agroindustriales, esto se debe gracias a los nuevos tratados comerciales. Lo cual es un beneficio para las industrias que se encargan de la elaboración de sacos plásticos especiales para productos agrícolas, ya que la demanda se incrementa. Estos deben cumplir con unos ciertos requisitos sanitarios y de calidad. [3]

Montero et al. [4] señala que la producción del arroz cáscara va en aumento cada año, siendo la región de Lambayeque una de las principales regiones productoras de arroz cáscara. Por lo cual, la fabricación de sacos de polipropileno va en aumento, sabiendo que en Lambayeque hay una cierta cantidad de empresas dedicadas a la elaboración de los envases de arroz en diferentes presentaciones.

Actualmente la empresa Atlántica S.R.L., ubicada en Predio Bullón S/N – Km 03 Vía de Evitamiento – La Victoria, con RUC N° 20488011538, dedicada a la elaboración de sacos de polipropileno, atraviesa tiempos de paradas procedentes de ciertas averías frecuentes, llegando a tener cerca de 549 averías en 5 meses, lo cual origina que la empresa sufra pérdidas económicas por la mano de obra improductiva, costos elevados de mantenimiento y la baja producción por la inoperatividad de las maquinarias. Por esta razón la pregunta de investigación de la presente tesis es:

¿En qué medida influye la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad en la reducción de las pérdidas económicas de la empresa Atlántica S.R.L.?

Por lo cual, se tuvo como objetivo general realizar la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad en la empresa ATLÁNTICA S.R.L. para reducir las pérdidas económicas, logrando diagnosticar el estado actual del proceso productivo, para luego realizar la propuesta y finalmente elaborar el análisis costo – beneficio de esta.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Viveros et al. (2013) [5] en su investigación sobre “Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo” desarrollan dicha propuesta bajo la visión de mejora continua, considerando una revisión profunda de un conjunto representativo de modelos de gestión de mantenimiento, los cuales siguen una secuencia lógica jerarquizada. El modelo propuesto consta de siete etapas, en las cuales se propone algunas herramientas de apoyo, donde se entrega un soporte a la hora de la toma de decisiones de una forma continua y real en aquellos procesos que tienen que ver con la planificación, programación y ejecución del mantenimiento, viendo todas las restricciones que podrían afectar a la eficacia y/o eficiencia de la gestión del mantenimiento.

Mesa, Ortiz y Pinzón (2013) [6] en su investigación sobre “La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento” brindan algunas sugerencias para llevar a cabo una buena gestión estratégica de mantenimiento. Tienen como finalidad discutir las funciones que tienen estas disciplinas como herramientas, que pueden ayudar en la toma de decisiones del personal de mantenimiento de equipos industriales. El concepto que manejan acerca de la confiabilidad es que es la probabilidad de que no ocurra una falla para una misión definida. También sostienen que la confiabilidad es la confianza que se tiene de que un equipo o sistema realice de manera adecuada sus funciones básicas en un tiempo establecido. Por otro lado, definen a la disponibilidad como el porcentaje de tiempo en que el sistema se encuentra listo para intervenir. Matemáticamente hablando, se define como la relación entre el tiempo en que el equipo quedó disponible para producir y el tiempo de reparación. Y, por último, definen la mantenibilidad como la expectativa que se tiene de que un equipo o sistema en un tiempo establecido pueda ser colocado en condiciones de operación. Finalmente llegan a la conclusión de que, para aumentar la producción en una planta, es indispensable que las tres disciplinas se relacionen entre sí.

Diestra, Esquivel y Guevara (2017) [7] en su artículo de investigación sobre “Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad” nos hablan sobre una empresa la cual tiene como principal problema las paradas de maquinaria originadas por fallas inesperadas. El objetivo de este artículo fue diseñar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, logrando una mejora en una empresa. Para realizar esta investigación, se recolectó una cierta cantidad de información relativa a las actividades de planificación y ejecución del mantenimiento de los últimos 3 años. Respecto a esta información se identificó la máquina con mayor índice de fallas, por otro lado, con la matriz de criticidad se pudo identificar la máquina con mayor criticidad, con el fin de poder dirigir los métodos de mantenimiento a estas máquinas. Además, se ejecutó un Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) para identificar fallas y efectos sobre la máquina. Finalmente, con la aplicación del Árbol Lógico de Decisión, se determinó que el tipo de mantenimiento más óptimo para solucionar este problema era el preventivo con un 90%, y también se estimó la confiabilidad actual de aquellos equipos críticos mediante probabilidad estadísticas del estado de la máquina junto con sus componentes.

Gonzales (2015) [8] en su artículo de investigación “Mantenimiento centrado en la confiabilidad aplicado al sistema hidráulico de la planta generadora Huaji de Cobee” sostiene que el RCM es una herramienta metodológica la cual está enfocada en una gestión de mantenimiento hacia la confiabilidad para lograr el cumplimiento de los procesos, sistemas o equipos. Para esta investigación se aplicó RCM con el fin de recomendar tareas de mantenimiento, sus frecuencias y responsables, además se desarrolló la norma SAE JA1011, el cual establece criterios para que el RCM siga un proceso y los cumpla. Esta herramienta establece que se debe contestar siete preguntas sobre los equipos analizados; las preguntas están asociadas con los fallos de cada equipo, sus causas y consecuencias, la importancia, acciones preventivas entre otros. Para poder seleccionar el proceso a aplicar en la empresa, se realizó un análisis de criticidad a las plantas de generación y sus componentes utilizando como parámetros las paradas no programadas y los mantenimientos correctivos, dando como resultado el sistema hidráulico HPU de la planta Huaji. Finalmente, el proceso aplicado arrojó como resultados 5 funciones (1 principal y 4 secundarias) y 28 fallas funcionales; para esto se propuso 7 tareas de mantenimiento (4 anuales y 3 diarias). Dichas tareas acrecentarán la confiabilidad del HPU y así mismo, reducirá los costos de mantenimiento correctivo e indisponibilidad de las unidades. Además, la involucración del personal de distintas áreas que están asociadas con el sistema hidráulico, mejorará la comunicación y, por ende, el trabajo en equipo.

Llamba (2014) [9] en su investigación titulada “Elaboración del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) de la central hidráulica Illuchi N° 2” tiene como concepto del RCM que este se enfoca en ejecutar actividades necesarias para que las instalaciones puedan seguir cumpliendo con las exigencias del cliente. Esta metodología busca reducir el mantenimiento y aumentar la confiabilidad de los equipos durante su ciclo de vida, analizando las consecuencias y costo de cada falla mediante algunas técnicas proactivas. Al aplicar el RCM en la central hidráulica arroja que los activos más críticos son el estator, rotor y el transformador. Para poder establecer los intervalos de búsqueda de falla, se toman en cuenta la disponibilidad y confiabilidad del sistema utilizando parámetros. Para hallar la disponibilidad se toman como datos los índices de disponibilidad e indisponibilidad existentes de los generadores, obteniendo como resultado un 99,8% para G1 y 99,86%. Para el tiempo medio entre fallas (MTBF) se calculó de manera global con los datos disponibles obteniendo como resultado 2919,627 (horas/falla) para G1 y 2189,479 (horas/falla) para G2. Y para calcular el intervalo de búsqueda de falla (FFI) se tomó como datos el MTBF y la disponibilidad de los equipos, obteniendo como resultado 58,368% para G1 y 43,7896% para G2; este cálculo se debe realizar cada 10 meses. Finalmente, teniendo estos resultados el autor concluye con realizar un mantenimiento preventivo, realizando pruebas de termografía, ultrasonido y análisis de vibraciones a los equipos críticos, para poder disminuir la criticidad y cumplir la función de generar y suministrar energía, y así, de esta manera asegurar una alta confiabilidad.

2.2. Base Teórica Científica

2.2.1. Mantenimiento

Duffuaa, Raouf y Campbell. [2] lo definen como un factor importante en la calidad de los productos y puede utilizarse como estrategia para una competencia exitosa. Para producir con un alto nivel de calidad, los equipos deben operar dentro de sus especificaciones, las cuales pueden alcanzarse mediante acciones oportunas de mantenimiento.

García [10] define al mantenimiento como todas las actividades que deben desarrollarse en un orden lógico, teniendo un propósito de conservar en condiciones óptimas los equipos de producción, herramientas y demás activos físicos, de una empresa.

Según Boero [11] toda empresa requiere de un mantenimiento apropiado para su proceso productivo, teniendo en cuenta que no se puede acoplar un sistema aplicado en una empresa, sin antes hacer los ajustes necesarios que requiere cada empresa.

2.2.1.1. Objetivos del Mantenimiento

Según García [12] el objetivo del mantenimiento no es reparar urgentemente las averías que se puedan presentar en una empresa. La organización debe orientarse al cumplimiento de los siguientes objetivos:

- Optimización de la disponibilidad del equipo productivo
- Cumplir un valor determinado de fiabilidad
- Maximización de la vida de la máquina
- Disminución de los costos de mantenimiento

2.2.1.2. Misión del Mantenimiento

Según García [10] el mantenimiento tiene como fin asegurar el perfecto funcionamiento de los equipos por medio de planes de prevención y predicción de fallas, reparo de los daños y una mejora continua de sus condiciones operativas, para así cumplir con los siguientes objetivos esenciales:

1. Preservación de los activos fijos
2. Disponibilidad de los activos fijos
3. Administración eficaz de los recursos
4. Progreso del talento humano

2.2.1.3. Funciones del Mantenimiento

Gómez [13] asegura que las funciones esenciales del mantenimiento se podrían abreviar en la realización de aquellos trabajos imprescindibles para obtener que los equipos estén en óptimas condiciones de manera que cumplan con lo que requiere el proceso.

Un departamento de ingeniería del mantenimiento puede acaparar las siguientes responsabilidades:

- Perdurar los equipos e instalaciones en condiciones óptimas, eficaces y seguras.
- Ejecutar un control del estado de los equipos, así como de su disponibilidad.
- Llevar a cabo los estudios necesarios para disminuir la cantidad de averías imprevistas.
- Según los datos históricos útiles, realizar una previsión de los repuestos de almacén necesarios.
- Participar en los proyectos de modificación del diseño de equipos e instalaciones.
- Hacer un seguimiento respectivo de los costos de mantenimiento.
- Protección de locales, incluyendo contra incendios.
- Otros.

2.2.1.4. Tipos de mantenimiento

2.2.1.4.1. Mantenimiento correctivo

Según Duffuaa, Raouf y Campbell [2] es un mantenimiento que solo se realiza cuando la maquinaria y/o equipo deja de seguir operando. No existe una programación para este tipo de mantenimiento. A esta estrategia se le conoce a veces como “operación hasta que falle”.

Por otro lado, García [10] nos dice que el mantenimiento también conocido como reactivo es la agrupación de actividades desarrolladas en los sistemas, equipos, máquinas, entre otros, cuando a causa de una falla, se desea rescatar su función principal. Como su nombre lo denota, las acciones de mantenimiento reaccionan a las fallas y se ejecutan para corregirlas.

Boero [11] sostiene que la intervención se ejecuta con la razón de la avería, la cual es comunicada por el operador del equipo para que seguidamente pueda ser intervenida por el personal de mantenimiento. Por lo cual, este tipo de mantenimiento termina siendo costoso por lo siguiente:

- Exceso de personal.
- Disponibilidad de especialistas de diferentes áreas.
- Surtido de repuestos.
- Arreglos costosos e inseguros.
- Gran duración de las intervenciones

2.2.1.4.2. Mantenimiento preventivo

Según García [10] es un conjunto de actividades programadas a equipos en funcionamiento que permiten en la forma más económica, continuar su operación eficiente y segura, con tendencia a prevenir las fallas y paros imprevistos. Este tipo de mantenimiento incluye dos actividades básicas, las cuales son una inspección periódica de los equipos para saber el estado de estos, y la conservación de la planta para anular o reparar dichos aspectos.

Torres [14] señala que es la intervención prevista, preparada y programada antes de la fecha probable de aparición de una falla. Se efectúa con la intención de reducir al mínimo la probabilidad de falla, o evitar la degradación de las instalaciones, sistemas, máquinas y equipos.

Según Boero [11] este tipo de mantenimiento involucra conocer el estado actual de cada equipo y sus componentes. Las principales ventajas de este mantenimiento son las siguientes:

- Reducir la frecuencia de las paradas.
- Aprovechar la intervención para efectuar varias reparaciones.
- Ejecutar las intervenciones en los momentos más adecuados de producción y mantenimiento.
- Contar con los utillajes y repuestos necesarios.
- Repartir el trabajo de mantenimiento precaviendo excesos o bajas en las tareas del servicio.
- Prevenir que las averías acrecienten.

2.2.1.4.3. Mantenimiento predictivo

Para Duffuaa, Raouf y Campbell [2] es aquel que previene una falla pequeña y reduce su frecuencia, como también la severidad de la falla y así mismo puede moderar sus consecuencias, además se puede proporcionar un aviso de una falla para permitir una reparación planeada y por último se puede reducir el costo global de la administración de los activos.

García [10] lo define como el conjunto de actividades programadas para detectar fallas de los activos físicos, por revelaciones antes de que sucedan, con los equipos en operación y sin perjuicio de la producción.

2.2.2. Pérdida Económica

Para que una empresa presente pérdidas económicas, sus ingresos deben ser mucho menores que sus costos totales promedio; esto puede llegar a provocar la pérdida de presencia en el mercado de dicha empresa. Por lo que se concluye que, pérdida económica no es más que el descenso de los ingresos en una organización. [15]

2.2.3. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

Amendola [16] define al RCM como una herramienta metodológica que permite la gestión del mantenimiento enfocado hacia la confiabilidad para el buen funcionamiento de los sistemas, equipos o procesos. Esta metodología tuvo sus inicios en la industria de la aviación comercial

de los Estados Unidos en colaboración con entidades gubernamentales como la NASA y privadas como Boeing (constructor de aviones). Los resultados fueron positivos, ya que permitieron aumentar la confiabilidad de las aeronaves, ya que presentaban un número de fallas elevadas.

La aplicación apropiada de las nuevas técnicas de mantenimiento bajo el enfoque del RCM, permiten de forma competente, disminuir al máximo los posibles riesgos sobre la seguridad personal y el ambiente, que traen consigo los fallos de los activos en un contexto operacional específico, y optimizar los procesos de producción.

Smith and Hinchcliffe [17] nos explican que la tecnología de confiabilidad es el centro de la filosofía de mantenimiento y el proceso de planificación. Los elementos clave de la teoría de confiabilidad para la metodología RCM incluyen:

- El conocimiento de una función de densidad de fallas del producto o dispositivo permite el cálculo de los parámetros de confiabilidad que pueden ser de interés.
- Un parámetro clave a este respecto es la tasa de fallas.
- Una representación generalmente aceptada de un ciclo de vida del producto típico conocido como curva de bañera.
- Si un producto o dispositivo sigue la curva de la bañera puede tener un profundo impacto en la selección adecuada de las tareas de mantenimiento preventivo.

Hay dos características que definen y caracterizan al RCM y lo distinguen de cualquier otro proceso de planificación de mantenimiento en uso en la actualidad. La primera y más importante es "preservar la función del sistema". Esta primera característica permite que una organización decida sistemáticamente en etapas posteriores del proceso qué equipos se relacionan con qué funciones. Debido a que el objetivo principal es preservar la función del sistema, la pérdida de función o falla funcional es el siguiente elemento de consideración. Las fallas funcionales vienen en muchos tamaños y formas y no siempre son una situación simple de "lo tenemos o no lo hacemos".

2.2.3.1. Implementación del RCM

Esta metodología parte de un análisis tipo AMEF (Análisis del Modo y Efecto de Fallas), desarrollado en un formato denominado “Hoja de información RCM” en el cual se describe cada equipo con la información requerida: Función, fallo función, modo de falla y efecto de la falla. [17]

A partir de la Hoja de información RCM (Anexo 1) y utilizando el “Flujograma de implementación RCM” (Figura 1), a través de una secuencia lógica de análisis se obtiene la relación de las tareas de mantenimiento a desarrollar.

Según la norma SAE JA1011 [18], el cual establece los criterios que debe cumplir un proceso RCM. Esta norma establece que se debe contestar satisfactoriamente y en un orden determinado, siete preguntas sobre todos los equipos analizados:

1. ¿Cuáles son las funciones y los estándares asociados de desempeño deseado del activo en su contexto operacional actual? (Funciones)
2. ¿En qué formas puede fallar el cumplimiento de sus funciones? (Fallas funcionales)
3. ¿Cuál es la causa de cada fallo funcional? (Modos de falla)
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada fallo? (Efecto de falla)
5. ¿Qué importancia tiene cada fallo? (Consecuencias de las fallas)
6. ¿Qué debe hacerse para predecir o prevenir cada fallo? (Tareas probables)
7. ¿Qué debe hacerse si no puede encontrarse una tarea proactiva apropiada? (Acciones preestablecidas)

El mantenimiento centrado en la confiabilidad asegura que se emprendan las acciones correctas de mantenimiento preventivo o predictivo y se eliminen aquellas tareas que no originan ningún impacto en la frecuencia de fallas. Debido al enfoque estricto para definir funciones, normas, mecanismo de falla, efectos y grado crítico, el sistema del equipo que está bajo revisión se entiende mucho mejor que antes de la revisión. [2]

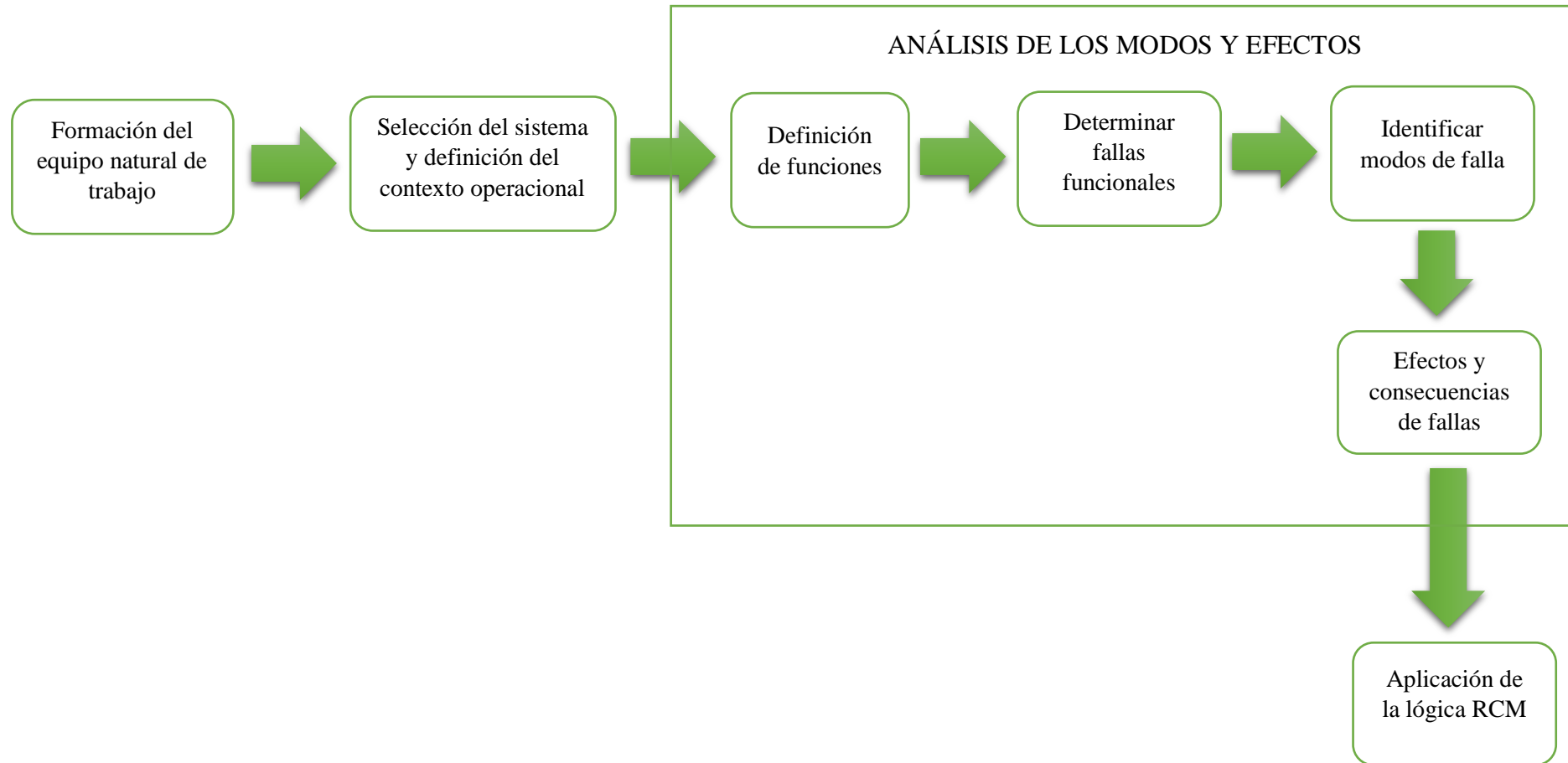


Figura 1. Flujograma de implementación RCM

Fuente: Parra y Crespo [19]

2.2.4. Indicadores de Mantenimiento

Los indicadores de mantenimiento se definen como un parámetro numérico lo cual posibilita la información sobre algún factor crítico relacionado con la calidad de gestión o la productividad del departamento, esto permite observar el comportamiento y rendimiento operacional de los sistemas o equipos. [10]

2.2.4.1. Confiabilidad

Probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un período determinado. También se define como el estudio de fallos de un equipo o componente. Si se llega a tener un equipo sin fallo, se dice que el equipo es 100% confiable o que tiene una probabilidad de supervivencia igual a uno. La confiabilidad de una unidad productiva es la garantía o probabilidad de que producirá el producto requerido por sus clientes. [10]

$$\text{Confiabilidad} = \frac{TTO}{TTPP}$$

TTO = Tiempo total de operación

TTPP = Tiempo total programado para producir

2.2.4.2. Disponibilidad

Según Cuatrecasas [20] la disponibilidad depende de cuán frecuente se producen los fallos en determinado tiempo y condiciones, y de cuánto tiempo se requiere para corregir el fallo.

Es uno de los indicadores importantes en mantenimiento, y por supuesto, el que más posibilidades de manipulación tiene.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas de parada por avería}}{\text{Horas totales}} * 100\%$$

2.2.4.3. Tiempo medio entre Fallas (MTBF)

Es el tiempo medio en el cual un equipo, máquina, línea o planta efectúa su función sin interrupciones debido a fallas funcionales. Se obtiene dividiendo el tiempo total de operación entre el número de fallas por máquina. [20]

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total de operación por máquina}}{\textit{Nº de fallas por máquina}}$$

2.2.4.4. Tiempo Medio de Reparación (MTTR)

Es el tiempo promedio para restablecer la función de algún equipo, máquina, línea, planta o proceso después de una falla funcional. Es el intermedio de tiempo conseguido al dividir el tiempo total de las reparaciones entre el número total de fallas. [20]

Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad en las condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por falla. [10]

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total de reparación por máquina}}{\textit{Nº de fallas total por máquina}}$$

2.2.4.5. Criticidad

García [10] sostiene que dicho análisis permite reconocer las áreas sobre las cuales se deberá priorizar el mantenimiento según el proceso que se realiza. La información obtenida en un estudio de criticidad puede ser utilizada para primar órdenes de trabajo de producción y mantenimiento, así como para dirigir o diseñar las políticas de mantenimiento hacia las áreas o sistemas más críticos, priorizar proyectos de inversión y seleccionar una política de manejo de repuestos y materiales.

Por otro lado, sustentan que al realizarse el análisis de criticidad se sabe que los equipos más críticos son los más importantes, por ende, se deben destinar la mayor parte de los recursos a estos equipos dejando una parte pequeña de dichos recursos para aquellos equipos con menos

porcentaje de criticidad, esto quiere decir que influyen poco en los resultados de la empresa. [21] Según niveles de importancia o criticidad son:

- a. Equipos críticos: Aquellos que afectan significativamente a los resultados de la empresa.
- b. Equipos importantes: Aquellos que afectan a la empresa, pero sus consecuencias son manejables.
- c. Equipos prescindibles: Son aquellos cuyos sucesos son limitados en los resultados. Es decir, un pequeño costo adicional.

Los pasos para la aplicación del análisis de criticidad son: Identificación de los equipos a estudiar, definición del alcance y objetivo del estudio, selección del personal a entrevistar e informar a este mismo la importancia que tiene el estudio, recolección y verificación de datos, y el establecimiento de la lista jerarquizada de los equipos.

Para poder estimar la frecuencia se utilizan los criterios mostrados a continuación con ayuda de los datos recolectados anteriormente en la empresa.

Tabla 1. Categoría de frecuencia de fallas

CATEGORÍA	TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS, EN AÑOS	NÚMERO DE FALLAS POR AÑO	INTERPRETACIÓN
5	$TPEF < 1$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurra varias fallas en un año
4	$1 \leq TPEF < 10$	$0.1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurra algunas veces en 10 años, pero es poco probable que ocurra en un año
3	$10 \leq TPEF < 100$	$0.01 < \lambda \leq 0.1$	Es probable que ocurran varias fallas en 100 años, pero es poco probable que ocurra en 10 años
2	$100 \leq TPEF < 1000$	$0.001 < \lambda \leq 0.01$	Es probable que ocurran varias fallas en 1000 años, pero es poco probable que ocurra en 100 años
1	$TPEF \geq 1000$	$0.001 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurra en 1000 años

Fuente: PEMEX [22]

Para poder estimar las consecuencias se emplean los criterios mostrados a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2. Criterios para las consecuencias

CATEGORÍA	DAÑO AL PARSONAL	IMPACTO EN LA POBLACIÓN	IMPACTO AL AMBIENTE	PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN (S/.)	DAÑOS A LA INSTALACIÓN (S/.)	COSTOS DE REPARACIÓN (S/.)
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad.	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.	Mayor de 10 000	Mayor de 10 000	Mayor de 10 000
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Incapacidad parcial, permanente, daños o enfermedades en al menos un miembro de la población.	Daños irreversibles al ambiente y pero que violan regulaciones y leyes ambientales.	De 5 000 a 10 000	De 5 000 a 10 000	De 5 000 a 10 000
3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Requiere suspensión laboral.	Puede resultar en la hospitalización de al menos 3 personas.	Daño ambientales regables sin violación de leyes y regulaciones, la restauración puede ser acumulada.	De 1 000 a 5 000	De 1 000 a 5 000	De 1 000 a 5 000
2	El personal de planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios.	Puede resultar en heridas o enfermedades que requieren tratamiento médico o primeros auxilios.	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	De 500 a 1 000	Hasta 1 000	De 500 a 1 000
1	Sin impacto en el personal de la planta.	Sin efecto a la población.	Sin daños ambientales ni violación de leyes ni regulaciones.	Hasta 500	Sin daños a la instalación	Hasta 500

Fuente: PEMEX [22]

El nivel de criticidad de un sistema, equipo, instalación o elemento se halla con el producto de la frecuencia y la consecuencia:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} * \text{Consecuencia}$$

Finalmente, una vez obtenido el valor de la criticidad se busca en la matriz de criticidad (Figura 2) para saber en qué rango se encuentra.



Figura 2. Matriz de criticidad

Fuente: PEMEX [22]

2.2.5. Diagrama de Árbol de Fallas

Son herramientas excelentes para localizar y corregir fallas. Pueden usarse para prevenir o identificar fallas antes de que ocurran, pero se usan mayormente para analizar accidentes o como herramientas investigativas para señalar fallas. Al ocurrirse un accidente o una falla, se puede identificar la causa raíz del evento negativo. Este proceso de lógica sigue hasta identificar todas las causas posibles. [23]

Los pasos a seguir son:

- ✓ Definir el evento superior, esto quiere decir que se debe identificar el tipo de falla a investigar.
- ✓ Conocer el sistema, es decir, estudiar toda la información que se tenga disponible sobre el sistema o equipo.
- ✓ Construir el árbol de fallas, este paso se torna sencillo si en el anterior paso lograron obtener toda la información necesaria que ayudará con la construcción del árbol. Aquí se hace uso de los símbolos que serán explicados más adelante.
- ✓ Evaluar el árbol de fallas, aquí se examinan las áreas donde pueden hacerse las mejoras en el análisis o hacer uso de procedimientos que disminuyan el peligro.
- ✓ Estudiar cambios constructivos, esto quiere decir que al implementar algún método se debe evaluar con profundidad para evitar inconvenientes.
- ✓ Considerar alternativas y recomendar pasos, aquí es donde se recomiendan las acciones correctivas para la mejora.

A continuación, en la Figura 3 se muestra un ejemplo de cómo debe ir estructurado un árbol de fallas:

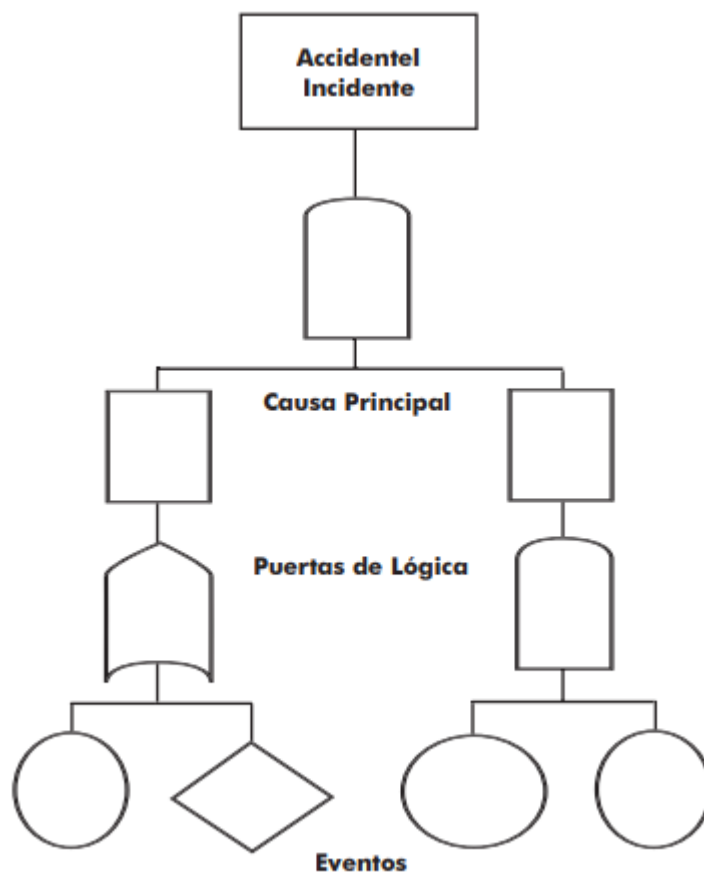









Figura 3. Ejemplo de un esquema de árbol de fallas

Fuente: TDI [23]

Inicia con una falla y sigue hacia abajo con las causas, cada nivel indica una opción más precisa de falla. Las ramas del árbol terminan cuando estén completos todos los eventos que resultan en el evento negativo. Se usan símbolos para representar varios eventos y para describir relaciones [23]:

Tabla 3. Símbolos del Árbol de Fallas

SÍMBOLO	DEFINICIÓN
	<p>Puerta Y -. Representa una condición en la cual todos los eventos mostrados debajo de la puerta (puerta de entrada) tienen que estar presentes para que ocurra el evento arriba de la puerta (evento de resultado). Esto significa que el evento de resultado ocurrirá solamente si todos los eventos de entrada existen simultáneamente.</p>
	<p>Puerta O -. Representa una situación en la cual cualquier de los eventos mostrados debajo de la puerta (puerta de entrada) llevarán al evento mostrado arriba de la puerta (evento de resultado). El evento ocurrirá si solamente uno o cualquier combinación de los eventos de entrada ocurren.</p>
	<p>Rectángulo -. El rectángulo es el principal componente básico del árbol analítico. Representa el evento negativo y se localiza en el punto superior del árbol y puede localizarse por todo el árbol para indicar otros eventos que pueden dividirse más. Este es el único símbolo que tendrá abajo una puerta de lógica y eventos de entrada.</p>
	<p>Círculo -. Un círculo representa un evento base en el árbol. Estos se encuentran en los niveles inferiores del árbol y no requieren más desarrollo o divisiones. No hay puertas o eventos debajo del evento base.</p>
	<p>Diamante -. Identifica un evento terminal sin desarrollar. Tal evento es uno no completamente desarrollado debido a una falta de información o significancia. Una rama del árbol de fallas puede terminar con un diamante. Por ejemplo, la mayoría de los proyectos requieren personal, procedimientos, y equipo. El desarrollador del árbol tal vez se decida enfocarse en el aspecto de personal del procedimiento y no en los aspectos del equipo o procedimientos. En este caso el desarrollador usaría diamantes para mostrar “procedimientos” y “equipo” como eventos terminales no desarrollados.</p>
	<p>Óvalo -. Representa una situación especial que puede ocurrir solamente si ocurren ciertas circunstancias. Esto se explica adentro del símbolo del óvalo. Un ejemplo de esto El Centro de Recursos del Departamento de Seguros de Texas División de Compensación para Trabajadores Servicios Laborales y Médicos, Alcance y Educación HS02-015B (9-06) tal vez sea el caso de que si hay que cerrar ciertos interruptores por una secuencia específica antes de ocurrir una acción.</p>
	<p>Triángulo -. El triángulo significa una transferencia de una rama del árbol de fallas a otro lugar del árbol. Donde se conecta un triángulo al árbol con una flecha, todo que esté mostrado debajo del punto de conexión se pasa a otra área del árbol. Esta área se identifica con un triángulo correspondiente que se conecta al árbol con una línea vertical. Letras, números o figuras diferencian un grupo de símbolos de transferencia de otro. Para mantener la simplicidad del árbol analítico, el símbolo de transferencia debe usarse con moderación.</p>

2.2.6. Análisis de Modo y Efectos de Falla (AMEF)

Según García [10] es una herramienta básica del RCM. Es un método que permite establecer los modos de fallas de los componentes de un sistema o equipo, el impacto la frecuencia con que se presentan.

AMEF consiste en sistematizar el estudio de un proceso/producto, identificar los puntos de fallo potenciales y elaborar planes de acción para combatir los riesgos. Este método emplea criterios de clasificación que también son propios de la Seguridad en el Trabajo, como la posibilidad de ocurrencia de los fallos o hechos indeseados y la severidad o gravedad de sus consecuencias. [24]

Para elaborar el AMEF son necesarias 5 etapas:

1. Definir los equipos a evaluar
2. Identificar las funciones de cada equipo
3. Determinar las fallas funcionales
4. Determinar los modos de fallas
5. Determinar los efectos de falla

2.2.6.1. Pasos para la elaboración del AMEF

A continuación, se indica de manera esquemática y ordenada los pasos necesarios para completar la hoja de análisis para la aplicación del AMEF [24]:

a) Determinar el proceso a analizar

Se debe identificar el PRODUCTO o parte del PROCESO incluyendo sus componentes que forman parte del producto/proceso que se vaya a analizar, ya sea desde el punto de vista del diseño o proceso propiamente dicho.

b) Parte del componente (operación o función)

Depende del tipo de AMEF que se realice (diseño o proceso) se completa esta parte con la distinta información obtenida. Para el AMEF de diseño se abarca las partes del componente en que puede subdividirse y las funciones que realizan. Mientras que para el AMEF de proceso se describen todas las operaciones que se realizan a lo largo del proceso o parte del proceso productivo.

c) Modo de fallo

Forma de fallo de una pieza o conjunto de piezas en el momento de satisfacer el propósito, requisitos de rendimiento o las expectativas del cliente.

d) Efectos del fallo

Aquí se describen las consecuencias no deseadas del fallo que se puede observar o detectar, los cuales se deberían indicar en términos de rendimiento o eficacia del producto/proceso. En el caso que un modo de fallo tenga muchos efectos, se elegirán los más graves.

e) Causas del modo de fallo

Las causas del modo de fallo constituyen una evidencia de una debilidad del diseño cuya consecuencia es el propio modo de fallo. Estas deberán relacionarse de la forma más concisa y completa posible para que las correcciones puedan dirigirse adecuadamente.

f) Medidas de ensayo y control previstas

Este punto debe reflejar las medidas de control y verificación existentes para asegurar una buena calidad de respuesta ante los fallos.

g) Gravedad

Determina la importancia o severidad del efecto de modo de fallo; se valora el nivel de consecuencias, dicho valor aumenta en función de insatisfacción, degradación de las prestaciones esperadas y el coste de reparación. Se utiliza una escala de 1 a 10, donde el “1” indica una consecuencia sin efecto y el “10” indica una consecuencia grave. (Tabla 4)

h) Frecuencia

Probabilidad de que una causa potencial de fallo se produzca y dé lugar al modo de fallo. Es una evaluación subjetiva, a la cual se recomienda usar datos históricos o estadísticos (Tabla 5). La forma que existe para reducir el índice de frecuencia es:

- Cambiar el diseño
- Incrementar o mejorar los sistemas de prevención y/o control

Tabla 4. Escala de evaluación para medir la gravedad en el AMEF

GRAVEDAD	CRITERIO	VALORES
Ninguno	El modo de fallo no tiene ningún efecto	1
Muy de menor importancia	Sistema operable con mínima interferencia	2
Menor importancia	Sistema operable con una degradación de rendimiento	3
Muy bajo	Sistema operable con una significativa degradación de rendimiento	4
Bajo	Sistema inoperable sin daños	5
Moderado	Sistema inoperable con daños menores	6
Alto	Sistema inoperable con equipo dañado	7
Muy Alto	Identificar modos de problema potenciales y su impacto en la confiabilidad del proceso o actividad	8
Peligroso con alerta	Valor de severidad muy alto cuando un modo de problema potencial afecta la operación del sistema con alerta	9
Peligroso sin alerta	Valor de severidad muy alto cuando un modo de problema potencial afecta la operación del sistema sin alerta	10

Fuente: Hernández [25]

Tabla 5. Escala de evaluación para medir la frecuencia en el AMEF

FRECUENCIA	CRITERIO	PROBABILIDAD DE FALLO	VALORES
Remota	El incidente es improbable	1 en 1 500 000	1
Muy bajo	Solamente los incidentes aislados se asocian a procesos casi idénticos	1 en 150 000	2
Bajo	Los incidentes aislados se asociaron a procesos similares	1 en 15 000	3
Moderado	Asociado generalmente a los procesos similares previos que han experimentado incidentes ocasionales, pero no en proporciones importantes	1 en 2 000	4
		1 en 400	5
		1 en 80	6
Alto	Asociado generalmente a los procesos similares que han fallado anteriormente	1 en 20	7
		1 en 8	8
Muy Alto	El incidente es casi inevitable	1 en 3	9
		1 en 2	10

Fuente: Hernández [25]

i) Detectabilidad

Indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo sea encontrada con antelación suficiente para evitar daños a través de los controles actuales. Cuando menor sea la capacidad de detección mayor será el índice de detectabilidad. Para reducir estos índices hay dos opciones:

- Aumentar los controles
- Cambiar el diseño para facilitar la detección

Tabla 6. Escala de evaluación para medir la detectabilidad en el AMEF

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALORES
Casi Seguro	Controles actuales detectan casi seguros al modo o a la causa de fallo. Los controles confiables de la detección se saben con procesos similares	1
Muy Alto	Los controles actuales tienen una probabilidad muy alta de detectar modo o causa de fallo	2
Alto	Los controles actuales tienen una alta probabilidad muy alta de detectar modo o causa de fallo	3
Muy moderado	Los controles actuales tienen una probabilidad moderadamente alta de detectar modo o causa de fallo	4
Moderado	Los controles actuales tienen una probabilidad moderada de detectar modo o causa de fallo	5
Bajo	Los controles actuales tienen una probabilidad baja de detectar modo o causa de fallo	6
Muy Bajo	Los controles actuales tienen una probabilidad muy baja de detectar modo o causa de fallo	7
Alejado	Los controles actuales tienen una probabilidad alejada de detectar modo o causa de fallo	8
Muy Alejado	Los controles actuales tienen una probabilidad muy alejada de detectar modo o causa de fallo	9
Casi imposible	Ninguno de los controles disponibles detectan incidente modo o causa de fallo	10

Fuente: Hernández [25]

j) Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)

Es el producto de los tres factores que lo determinan. Un IPR inferior a 100 no requeriría intervención a menos que la mejora fuera fácil de introducir y contribuye a mejoras de calidad.

$$IPR = Gravedad * Frecuencia * Detectabilidad$$

500 – 1 000	Alto Riesgo de Falla
125 - 499	Riesgo de Falla Medio
1 - 124	Riesgo de Falla Bajo
0	No existe Riesgo de Falla

k) Acción correctiva

Aquí se describirá la acción correctiva propuesta. Siempre hay que ver por la eficiencia del proceso y minimización de costes. Este tipo de acción seguirá unos cuantos criterios:

- Cambio en el diseño del producto
- Cambio en el proceso de fabricación
- Incremento del control o la inspección

l) Responsable y plazo

Se deberá indicar quién es el responsable de cada acción y las fechas previstas de implantación.

En la Tabla 7 se observa el formato del AMEF para determinar las fallas potenciales según el equipo o maquinaria crítica a evaluar.

Tabla 7. Formato AMEF

EQUIPO O MÁQUINA	FALLAS POTENCIALES						
	MODO DE FALLO	EFFECTOS DE FALLO	GRAVEDAD	CAUSA DEL MODO DE FALLO	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	IPR

Fuente: Bestratén, Orriols y Mata [24]

En la Tabla 8 se observa el formato del AMEF de la situación mejorada, donde se describirá cada acción correctiva para cada modo de fallo y el responsable de dicha acción.

Tabla 8. Formato AMEF para situación mejorada

EQUIPO O MÁQUINA	MODO DE FALLO	CAUSA DEL MODO DE FALLO	ACCIÓN CORRECTIVA	SITUACIÓN MEJORADA				CALIFICACION IPR	RESPONSABLE
				NUEVA GRAVEDAD	NUEVA FRECUENCIA	NUEVA DETECTABILIDAD	NUEVO IPR		

Fuente: Bestratén, Orriols y Mata [24]

2.2.6.2. Hoja de decisión RCM

Es una herramienta que se utiliza para poder registrar las respuestas a las preguntas que están en el diagrama de decisión (Figura 4) con ayuda de los datos colocados en la hoja de información mencionada anteriormente.

La hoja de decisión (Anexo 2) se divide en 16 columnas. Las tres primeras columnas son la referencia de información, la cual permite identificar el modo de fallo que se evaluará, Función (F), Falla Funcional (FF) y Modo de Falla (MF).

Las siguientes cuatro columnas corresponden a la evaluación de las consecuencias.

- ✓ H: Consecuencia de Falla Oculta.
- ✓ S: Consecuencia para la Seguridad y el Medio Ambiente.
- ✓ E: Consecuencias Operacionales.
- ✓ O: Consecuencias No Operacionales.

Las columnas de la 8 a la 10 permiten registrar las tareas de la siguiente manera:

- ✓ H1/S1/O1/N1: Se usa para registrar si se pudo encontrar una tarea a condición apropiada.
- ✓ H2/S2/O2/N2: Se usa para registrar si se pudo encontrar una tarea de reacondicionamiento cíclico.
- ✓ H3/S3/O3/N3: Se usa para registrar si se pudo encontrar una tarea de sustitución cíclica.

Las columnas H4, H5, S4 son utilizadas para registrar las respuestas a las a tres preguntas “a falta de” planteadas anteriormente las seleccionan si debe hacerse una tarea de búsqueda de fallas, un rediseño, una combinación de tareas o ningún tipo de mantenimiento programado.

Finalmente, las últimas tres columnas son para registrar la tarea propuesta, el intervalo de tiempo y el encargado de dicha actividad. [26]

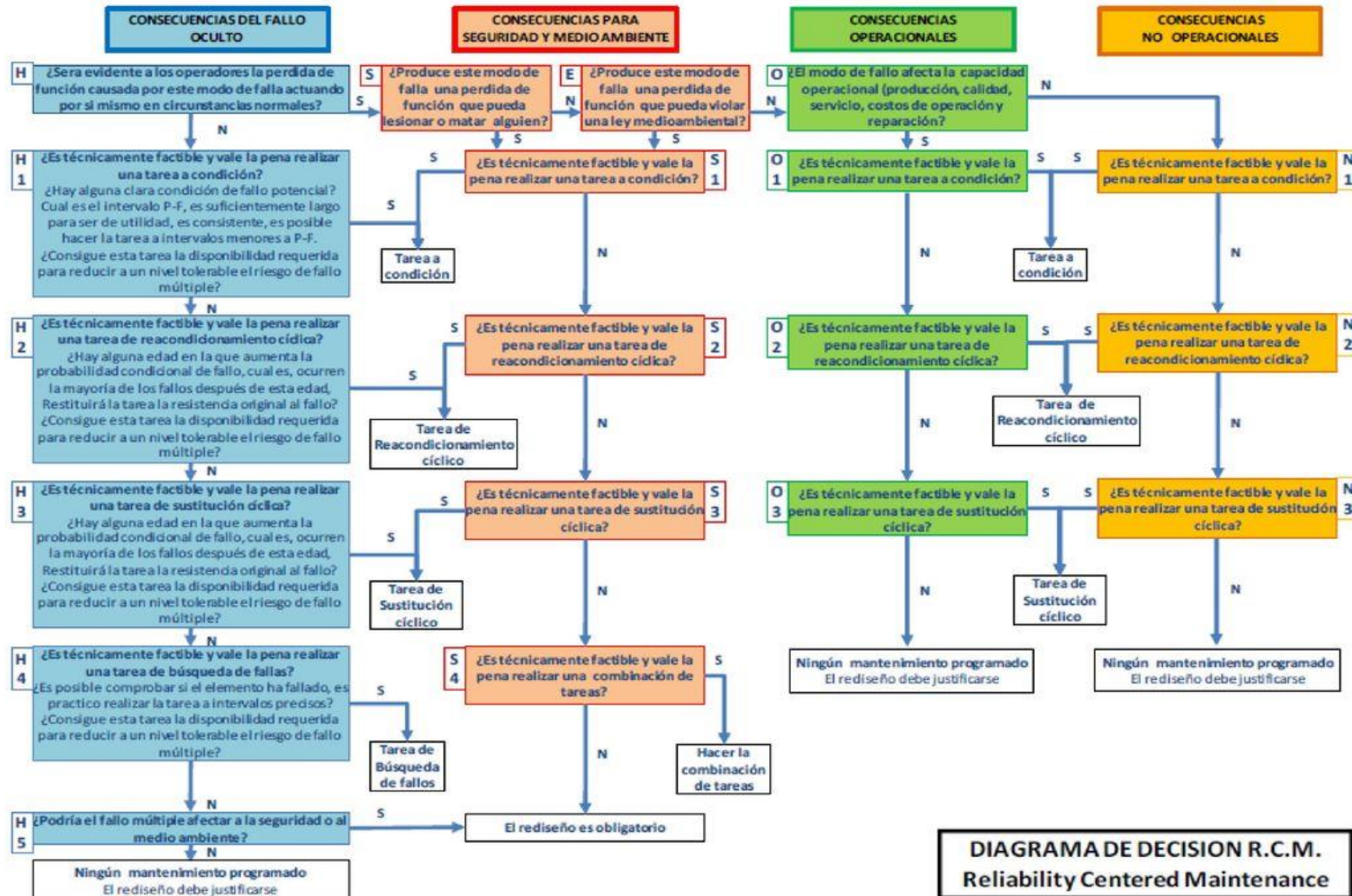


Figura 4. Diagrama de Decisión RCM

Fuente: Gonzáles [8]

2.2.7. Diferencia entre Falla y Avería

Boero [11] define a una avería como el desperfecto en cualquier elemento de un equipo lo cual dificulta su funcionamiento.

En la industria se entiende por avería a la falla que impide que la instalación pueda mantener un nivel productivo, incluyendo pérdidas energéticas, fallas que ocasionan falta de calidad en el producto, falta de seguridad y contaminación ambiental.

Las averías se pueden clasificar:

1. Según la capacidad del trabajo:
 - Fallo total: Conlleva paro de los equipos.
 - Fallo parcial: Puede seguir trabajando.

2. Según la forma que se presenta:
 - Progresivo: Síntomas anteriores al desperfecto.
 - Repentino: Relacionados a roturas de piezas.

2.2.8. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Cuatrecasas [20] nos dice que el concepto de OEE (Overall Equipment Effectiveness) nace como KPI (Key Performance Indicator) el cual está asociado a un programa estándar de mejora de la producción llamado TPM (Total Productive Maintenance – Management), el objetivo principal de este programa es la reducción de costes.

El OEE mide la efectividad de las máquinas y líneas a través de un porcentaje. Se calcula combinando tres elementos que son asociados a cualquier proceso de producción:

1. Disponibilidad: Tiempo real de producción de la máquina.
2. Rendimiento: Producción real de la máquina en un determinado periodo de tiempo.
3. Calidad: Producción sin generación de defectos.

$$OEE = Disponibilidad * Tasa de Ejecución * Calidad$$

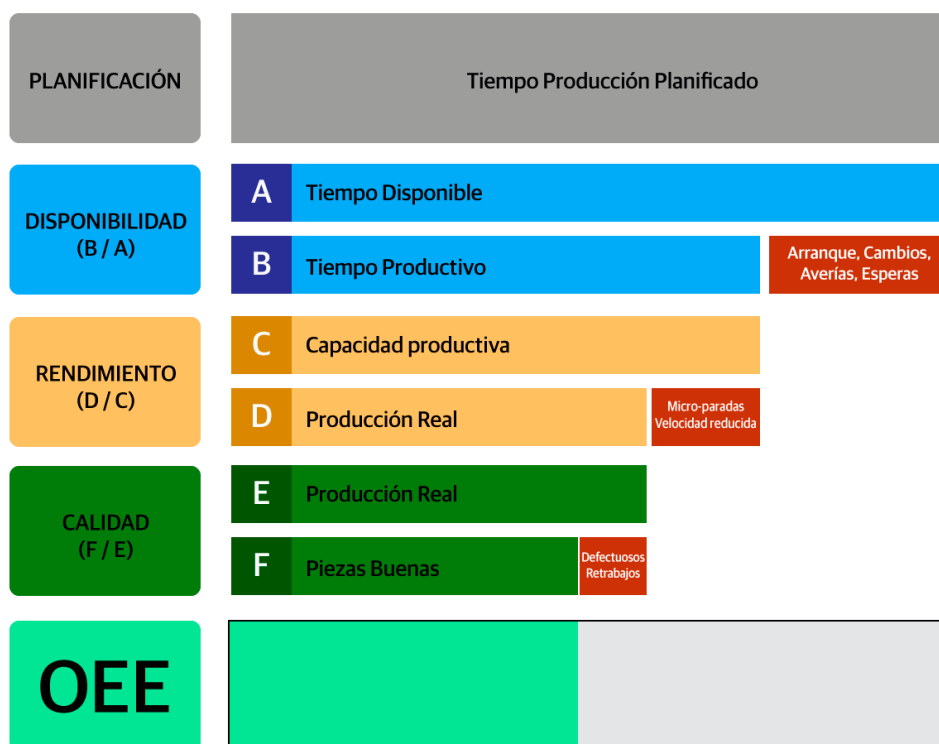


Figura 5. Diagrama de OEE

Fuente: Martínez [27]

Tabla 9. Clasificación del indicador OEE

OEE	CALIFICATIVO	CONSECUENCIAS
$OEE < 65\%$	Inaceptable	Importantes pérdidas económicas. Baja competitividad
$65\% < OEE < 75\%$	Regular	Altas pérdidas económicas. Aceptable solo si está en proceso de mejora.
$75\% < OEE < 85\%$	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
$85\% < OEE < 95\%$	Buena	Buena competitividad. Entramos ya en los valores del “World Class”
$OEE > 99\%$	Excelente	Competitividad excelente.

Fuente: Martínez [27]

III. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico de Situación de la Empresa

Atlántica S.R.L. se dedica a la elaboración de sacos de polipropileno, los cuales son solicitados con unas especificaciones puestas por la cartera de clientes envidiable que poseen. La empresa cuenta con una gran cantidad de personal administrativo y operativo; los cuales trabajan en 3 turnos de 8 horas, 6 días a la semana.

Los resultados obtenidos de la situación actual de las máquinas están referidos a las fallas y costos en las que incurren.

3.1.1. Breve historia

Atlántica S.R.L. fue fundada en el año 2014 con capitales peruanos y desde entonces ha venido ganando presencia en el mercado, teniendo a la fecha un prestigio ganado a nivel regional. Actualmente ubicada en Predio Bullón S/N – Km 03 Vía de Evitamiento – La Victoria, con RUC N° 20488011538.

Dedicada a la fabricación de sacos de polipropileno para el mercado nacional e internacional, por ello cuentan con una gran variedad como: Saco laminado, tejido, malla leno, mantas y arpilleras, destinadas para el sector industrial de pesca, minería, agrícola, harinera, agroindustrial, avícola y otros.

Actualmente, la empresa con sus pocos años laborales que viene ejerciendo ha integrado a su gestión y en el desarrollo de sus productos un Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo y ha obtenido la certificación de la norma internacional ISO 9001, en cumplimiento de la normativa nacional vigente.

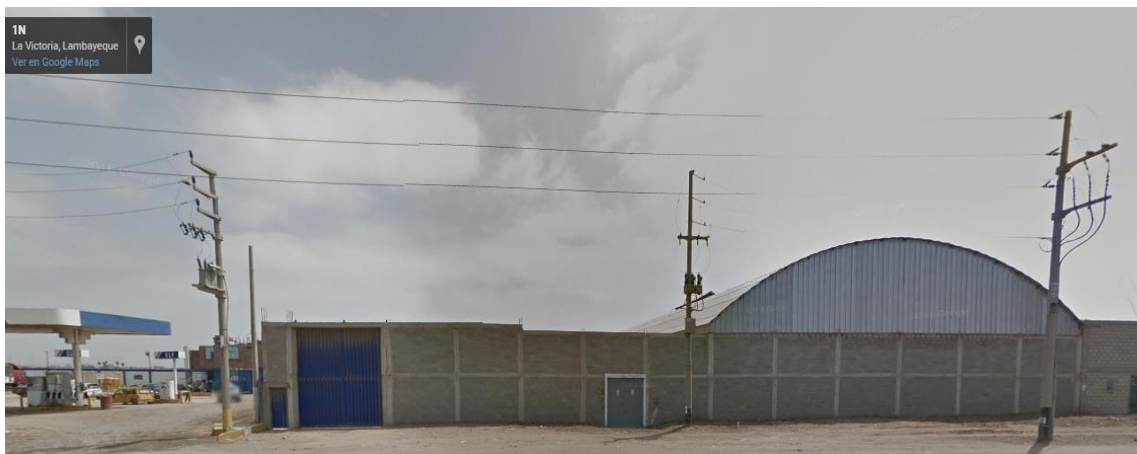


Figura 6. Empresa Atlántica S.R.L.

Fuente: Google Maps

3.1.2. Misión

Atlántica S.R.L. es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de sacos y telas de polipropileno, buscando la plena satisfacción de sus clientes, colaboradores y accionistas, de manera sostenida y comprometida con el medio ambiente y la sociedad.

3.1.3. Visión

Para el año 2020 se propone alcanzar los máximos niveles de productividad, calidad y ventas, fomentando siempre la mejora continua e innovación de nuestros procesos.

3.1.4. Política de calidad

ATLÁNTICA S.R.L. es una empresa dedicada a la “Fabricación y Comercialización de sacos y telas de polipropileno” que consciente de la importancia de entender el contexto que la rodea y cumplir con los requisitos de las partes interesadas, ha integrado a su gestión y en el desarrollo de sus productos un Sistema de Gestión de la Calidad basado en la norma internacional ISO 9001:2015 y un Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo en cumplimiento de la normativa nacional vigente.

3.1.4.1. Objetivos de la calidad

Los objetivos de calidad de la empresa Atlántica S.R.L. son:

- Gestionar la satisfacción de nuestros clientes, asegurando y procurando el cumplimiento de sus requisitos, de los compromisos asumidos por ATLÁNTICA S.R.L. y de la normativa legal y reglamentaria aplicable, incluyendo la referente a Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Orientar nuestra gestión hacia la mejora continua de los procesos, de la seguridad y salud en el trabajo y el desarrollo integral de nuestros colaboradores.
- Gestionar el desempeño de nuestros proveedores, mitigando los riesgos a la calidad derivados de las relaciones comerciales establecidas.
- Proporcionar las condiciones operacionales necesarias que permitan brindar productos acordes con los resultados esperados.

3.1.5. Descripción del producto

Producto tubular fabricado con rafia de polipropileno, carbonato y aditivos; confeccionado con materia virgen, lo que permite que la vida útil del producto sea más larga.

El saco está confeccionado por:

- **Trama:** Conjunto de hilos paralelos en un tejido, transversales a la urdimbre.
- **Urdimbre:** Conjunto de hilos colocados en paralelo y a lo largo en el telar para pasar por ellos la trama y formar el tejido.

3.1.6. Materia prima e insumos

a. Polipropileno:

Materia prima básica para la elaboración de sacos; es un termoplástico que se obtiene de la polimerización del propileno (o propeno). Es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices, etc.

El polipropileno utilizado por la empresa ATLÁNTICA S.R.L. es de la marca Braskem.

b. Carbonato:

Es el mineral más importante para la industria del plástico. La cantidad a utilizar va a depender del tipo de cinta que se pretende fabricar. El carbonato de calcio otorga: alta pureza y resistencia.

El carbonato utilizado por la empresa ATLÁNTICA S.R.L. es de la marca Granic.

c. Aditivos:

Son pigmentos que dan color a la cinta que se va a producir. El aditivo utilizado es el de Mastercol y su presentación es en bolsas de 25 kg.

Entre los aditivos más utilizados en la empresa tenemos:

- Masterbatch Blanco: Contiene Dióxido de Titanio –TiO₂, que permite colorear en blanco. Su dosificación va a depender del aditivo y acabado final que se desea obtener.
- Masterbatch Negro: Contiene como aditivo el negro humo, da buenas propiedades de resistencia a la luz (UV), otorgando a la cinta un tiempo de vida mayor que la tiene con polipropileno virgen.
- Masterbatch Colores: Contienen como aditivos el pigmento del color que se desea obtener. La dosificación dependerá del tono final buscado.

d. Tintas:

Trabajan con gran cantidad de tintas y de distintos colores para la impresión de los diferentes diseños de los sacos.

e. Alcohol y acetato:

Se utilizan para diluir las tintas que se van a utilizar en el proceso de impresión, además se van a emplear en la limpieza de los cilindros de las impresoras, entre otros.

f. Hilos:

Se utilizan para coser la basta de los sacos de polipropileno.

3.1.7. Diagrama de Flujo

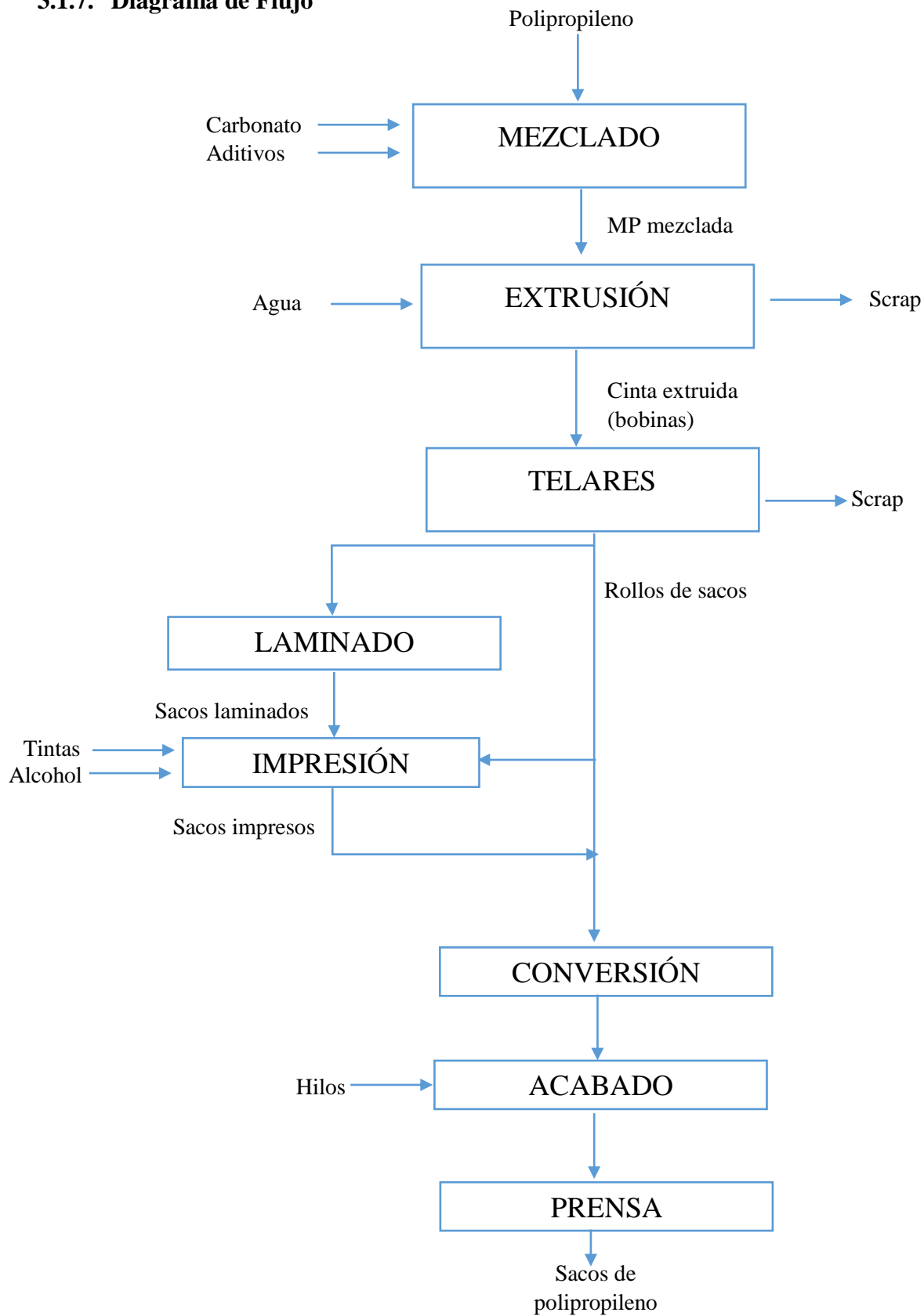


Figura 7. Diagrama de Flujo de la elaboración de sacos de polipropileno

3.1.8. Organigrama

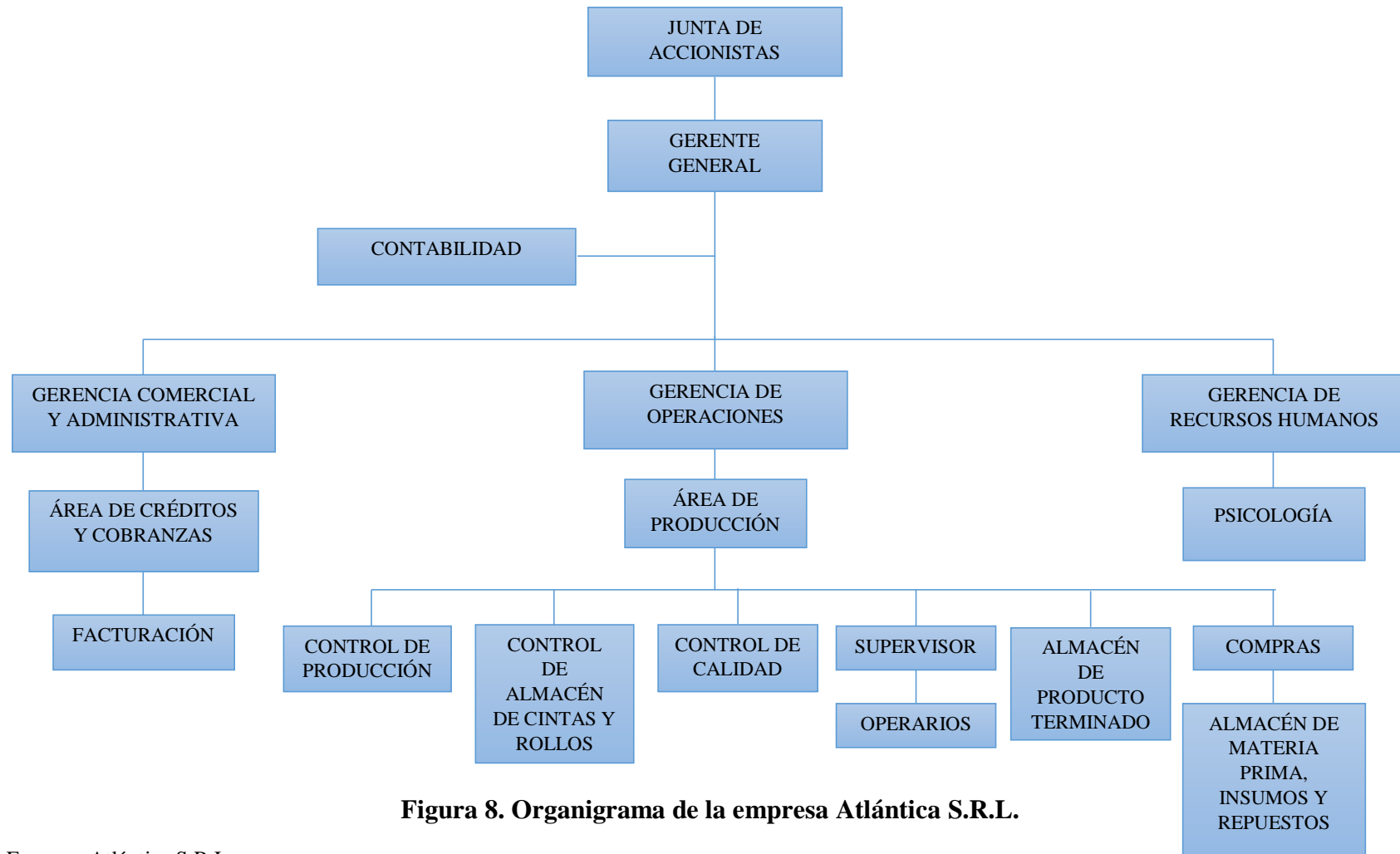


Figura 8. Organigrama de la empresa Atlántica S.R.L.

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

3.1.9. Trabajadores

La empresa cuenta con una gran cantidad de personal administrativo y operativo; los cuales trabajan en 3 turnos de 8 horas, 6 días a la semana.

Tabla 10. Áreas administrativas

CARGO	CANTIDAD
Gerente General	1
Gerente comercial y administrativo	1
Asistente de gerencia comercial y administrativo	1
Ejecutiva de Ventas	1
Jefe de créditos y cobranzas	1
Encargada de facturación	1
Gerente de Recursos Humanos	1
Asistente de gerencia de Recursos Humanos	1
Encargada de Psicología	1
Gerente de Operaciones	1
Jefe de Producción	1
Asistente de Producción	1
Encargado de control de Producción	1
Asistente de control de Producción	2
Supervisor de Planta	3
Jefe de Control de Calidad	1
Encargado control de calidad	3
Encargado de control de clisses	1
Jefe de Compras	1
Jefe de almacén de materia prima, insumos y repuestos	1
Encargado de Almacén de materia prima, insumos y repuestos	2
Jefe de Almacén de productos terminados	1
Jefe de Mantenimiento	1
Auxiliar de Producción y Almacén de productos terminados	1
Jefe de Contabilidad	1
Asistente de Contabilidad	1
TOTAL	32

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

Tabla 11. Áreas operativas

CARGO	CANTIDAD
Encargado del control de almacén de cintas y rollos	3
Operario de extrusión	6
Volante de extrusión	9
Mezclador de extrusión	3
Encargado de telares	3
Operario de telares	27
Operario de telar leno	3
Operario de telar jumbo	3
Volante de telares	24
Operario de impresión	5
Operario de peletizado	2
Volante de peletizado	2
Operario de laminado	1
Volante de laminado	1
Operario de conversión	12
Seleccionador de sacos	12
Operario de prensa	3
Volante de prensa	3
Volante de planta	3
Estibador	2
TOTAL	127

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

Cabe resaltar que los operarios realizan la función de manejar y manipular la máquina, mientras que los volantes son los ayudantes de los operarios.

En las Tabla 10 y Tabla 11 podemos visualizar los distintos puestos de trabajo que tiene cada área y la cantidad de personal que requiere cada puesto.

Si bien se observa que la empresa cuenta con un área de mantenimiento, solo se realiza un mantenimiento de tipo correctivo el cual es realizado dentro de las horas de trabajo, ya que las maquinarias se detienen dentro de estas mismas lo cual implica que exista una capacidad ociosa y aumente el tiempo improductivo.

3.1.10. Manual de Funciones

- A. **Jefe de mantenimiento:** Es aquel que se encarga de dirigir el funcionamiento y reparación de maquinarias y equipos, para así conseguir óptimos resultados en la empresa. Sus funciones específicas:
- Gestionar las actividades de mantenimiento.
 - Gestionar al personal que tiene a cargo para realizar las actividades respectivas bajo su responsabilidad.
 - Establecer normas y procedimientos de control y seguridad, garantizando el eficaz funcionamiento de las maquinarias.
- B. **Mecánico de mantenimiento:** Ejecuta actividades de reparación y mantenimiento a los equipos, con el fin de obtener buen funcionamiento de estos. Sus funciones específicas:
- Calcula costo de material y reparación para la adquisición de repuestos.
 - Efectúa revisiones, mantenimiento y reparaciones a los equipos.
 - Redactar informes para los distintos servicios realizados.
 - Otras funciones que le asigne su jefe inmediato.
- C. **Electricista:** Es quien planea, organiza y evalúa el mantenimiento de maquinarias y equipos, y se encarga de la reparación de la parte eléctrica de estos mismos, con el fin de obtener un buen desempeño de la máquina a cargo. Funciones específicas:
- Programar, organizar y controlar todo lo que tenga que ver con actividades técnicas.
 - Proponer las especificaciones técnicas para la compra de los distintos repuestos que se puedan necesitar.
 - Diagnosticar las fallas de las maquinarias y equipos.

3.1.11. Máquinas

Tabla 12. Datos generales de la maquinaria

MÁQUINA	MARCA	CANTIDAD	ESTADO DE MÁQUINA (0 – 5)	ANTIGÜEDAD
Extrusora	Lohia 1600 - Duotec	1	4	2 años
	China: Sincerity industry	1	3	4 años
Telares	Lohia Nova 6	48	4	3 – 4 años
	Lohia LENO 4	2	4	3 años
	China	2	4	3 años
Laminadora	China: Sincerity industry	1	3	4 años
Impresora	China	1	3	4 años
	Botheven	1		
Convertidoras	Botheven	4	4	3 – 4 años
Bastilladora	China	1	4	4 años
Prensa	China	2	4	3 – 4 años

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

A. Extrusora

Su función es extraer el material en gránulos del sistema de alimentación, conducirlo al tiempo que lo comprime, luego mezclarlo y producir un fundido homogéneo, y, finalmente, desarrollar la presión suficiente para que supere la resistencia al flujo de la hilera abierta y así obtener una película que al ser cortada se vuelva cinta, la cual pasa al embobinado donde es envuelta en un tubo metálico.

Actualmente, la empresa cuenta con dos máquinas extrusoras teniendo como lugar de procedencia en China e India. En la Figura 9 y Figura 10 se muestra dicha maquinaria con sus respectivos parámetros técnicos.



Figura 9. Máquina Extrusora 1 - Lohia 1600 Duotec

Fuente: LohiaCorp

Tabla 13. Parámetros técnicos de la máquina Extrusora – Lohia 1600

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES
Modelo E135B.16000/1505	-
Diámetro de Tornillo (mm)	135
Capacidad de Fundido – PP (kg/h) (máx.)	750
Ancho de Trabajo (mm) (máx.)	1 400/1 600
Unidad de Sostenimiento	3 godets
Unidad de Estiramiento Intermedio	3 godets
Unidad de Estiramiento y Recocido	6 godets
Velocidad Mecánica de Línea (máx.)	500/600

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.



Figura 10. Máquina Extrusora 2 - Sincerity Industry

Fuente: Shanghai Sincerity Industry Co.

Tabla 14. Parámetros técnicos de la máquina Extrusora 2

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES
Modelo SJPL-Z120x33-1500	-
Capacidad de extrusión	400 kilos/hora
Diámetro del tornillo	120 mm
L/D ratio	33:1
Velocidad del tornillo	20-120 r/min
Ancho de matriz	1 500 mm
Máxima velocidad de línea	280 metros/min
Fiber scope de cinta	60-200 tex
Ratio de estirar	4~10
Cantidad de rebobinadora	256 unidades

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

A continuación, se describirán las partes más sensibles de la extrusora, es decir, aquellas que exigen de más repuestos.

Tabla 15. Funciones de las partes de la extrusora

PARTES	FUNCIÓN
Bobinadoras	Devanar las cintas en canillas
Filtro	Malla que detiene las impurezas de la fusión de los materiales provenientes del tornillo
Matriz	Es la lámina o película que se obtiene de la extrusión de la materia prima e insumos
Portanavajas	Parte donde van las navajas las cuales cortarán la película
Picadora	Pica los extremos de la película que sobran o quedan fuera del peine de las navajas.

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

B. Telares

En este caso son telares circulares para tejedurías tubulares de peso liviano a pesado o telas planas. Aquí las cintas se entrelazan y forman la tela en manga para sacos.

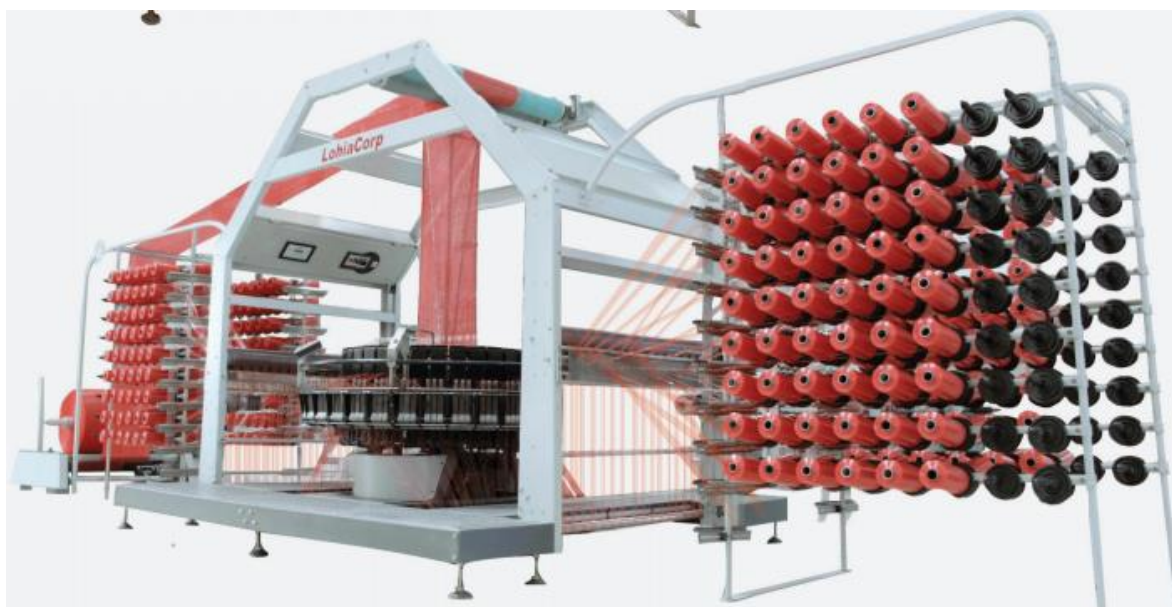
**Figura 11. Máquina Telar Lohia Nova 6**

Fuente: LohiaCorp

Tabla 16. Parámetros técnicos de la máquina Telar Nova 6

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES
Modelo Nova 6 - 10608	-
Ancho de Trabajo – Doble Plano	30 a 90 cm
Nº De Lanzaderas/Telar	6
Rata de Inserción de Trama (máx.)	1 100 ppm
Diámetro Núcleo Interno Urdimbre/Trama	35 mm
Longitud de Núcleo Urdimbre/Trama	218 mm
Diámetro Bobina Urdimbre (máx.)	160 mm
Diámetro Bobina Trama (máx.)	115 mm
Nº de Cintas	576/720
Diámetro de Rollo de Tela (máx.)	1 500 mm
Dimensiones (L X W X H)	Para 576 cintas – 9,5 x 2,8 x 3,0 m Para 720 cintas – 10,3 x 2,8 x 3,0 m
Centro a Centro	2,2 m

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

**Figura 12. Máquina Telar Lohia LENO 4**

Fuente: LohiaCorp

Tabla 17. Parámetros técnicos de la máquina Telar LENO 4

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES
Modelo Leno 4	-
Anchura de Trabajo- Doble Plano	25 a 80 cm
Número de volantes/telar	4
Razón de inserción de trama (máx.)	425 ppm
Diámetro de núcleo interno Urdimbre/trama	35 mm
Longitud de núcleo urdimbre/trama	218 mm
Diámetro rodillo de Urdimbre (máx.)	130 mm
Diámetro rodillo de Trama (máx.)	115 mm
Número de cintas	576
Diámetro de rodillo de Tela producida (máx.)	1 200 mm
Dimensiones (L x W x H)	9,2 x 2,8 x 3,1 m
Centro a Centro	2,2 m

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

**Figura 13. Máquina Telar Jumbo**

Fuente: Shanghai Sincerity Industry Co.

Tabla 18. Parámetros técnicos de la máquina Telar Jumbo

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES
Modelo SBY-2250X10S	-
Cantidad de lanzaderas	10
Ancho de tela abierta	3,5 – 4,3 metros
Velocidad de eje principal	60 - 65 rpm
Potencia del motor principal	7,5 kW con variador de frecuencia
Velocidad de producción	40 – 120 metros/hora
Peso de tela	80 - 280 gramos/metro cuadrado
Cantidad de urdimbres	2 880 cintas
Diámetro de urdimbre	130 mm
Diámetro de trama	100 mm
Sistema de telar	Varillas con lisos
Método de cambiar densidad de trama	Cambiar la densidad de trama en la pantalla
Potencia del motor para levantar la telar	1,5 kW con variador de frecuencia
Método de enviar urdimbres en 2 lados del telar	Por 2 motores en 2 lados con 2 variadores de frecuencia
Diámetro de tela enrollada	1 500 mm
Motor de enrollador	0,75 kW con variador de frecuencia
Ancho de enrollador	2 250 mm
Contador de metros	Electrónico en pantalla
Cuando se rompe el urdimbre o se rompe la trama	Automáticamente para la maquina
Cuando se termina la trama	Automáticamente para la maquina
Aros de ancho de tela	2 libre de gastos cada maquina
Medidas de bobinas (mm) para criles y bobinas de lanzaderas	Diámetro interior 38 x largo 230
Diámetro de los tubos para enrollador	4"
Cortador de tela antes de enrollar	Cuchillo caliente
Dimensión de maquina	17,5 x 3,7 x 4,85 metros
Peso de máquina	7,5 toneladas

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

A continuación, se describirán las partes más sensibles de los telares, es decir, aquellas que exigen de más repuestos.

Tabla 19. Funciones de las partes de los telares

PARTES	FUNCIÓN
Body	Parte donde va presionada la trama
Escuadras	Soporte y parte principal de la faja que lleva las cintas
Rodillos de embobinado	Devanar el tejido elaborado
Frenos	Regular la velocidad del giro y ajuste de la trama.
Lanzaderas	Transportadoras de la trama
Rueda cónica	Evitar que la lanzadera no salga de la pista del peine circular
Leva	Generación de movimiento rectilíneo a través de un movimiento circular
Varillas	Forma parte del motor, es una conexión entre el leva y balancines.

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

C. Laminadora

Es un equipo que mediante el uso de rodillos ejerce presión sobre el material maleable contra otro rodillo y lo va adelgazando hasta darle la forma de lámina, he ahí el nombre. Aquí se recubre con una fina lámina de polietileno la tela en manga para saco.



Figura 14. Máquina Laminadora – Sincerity Industry

Fuente: Shanghai Sincerity Industry Co.

Tabla 20. Parámetros técnicos de la máquina Laminadora

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES
Modelo SJFMZ80X33-850	-
Diámetro del tornillo	80 mm
Proporción longitud: diámetro	33 : 1
Longitud de los rodillos	850 mm
Anchura de matriz	900 mm
Anchura válida de laminación	750 mm
Espesor del laminación	0,015~0,05 mm
Velocidad de producción	30~90 m/min
Potencia total de la instalación	80 kW
Diámetro de rollo de pp saco (rollo de manga)	1 200 mm
Flujo de aire comprimido	0,3 m ³ /minuto
Flujo de agua frio	0,2 m ³ /minuto
Dimensiones externas	7,5m x 7m x 3,2m
Peso	12 000 kilos

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

A continuación, se describirán las partes más sensibles de la laminadora, es decir, aquellas que exigen de más repuestos.

Tabla 21. Función de las partes de la laminadora

PARTES	FUNCIÓN
Fajas	Transportar las telas para poder adherirlo con una fina lámina

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

D. Impresora

Equipo mediante el cual, con el uso de un relieve, rodillos y pintura, se genera o plasma un diseño determinado sobre una superficie (saco).

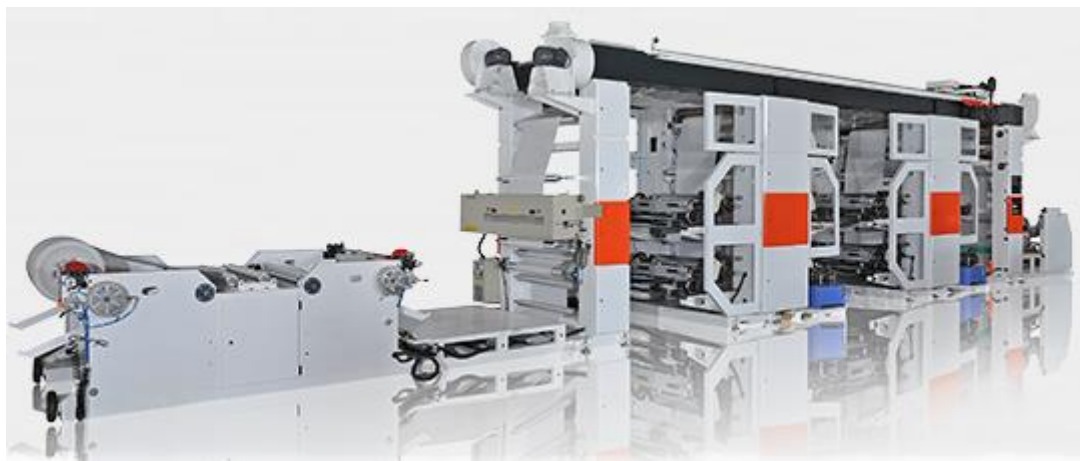


Figura 15. Máquina Impresora 1 - Botheven

Fuente: Botheven

Tabla 22. Parámetros técnicos de la máquina Impresora 1

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES
Modelo NRP-2012/10C/BM-170305-01	-
Diámetro de la tela por devanar	1 200 mm (máx.)
Ancho de la tela por devanar	300 – 850 mm
Longitud de corte	500 – 1300 mm
Producción de salida	120 m/min (máx.)

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.



Figura 16. Máquina Impresora 2 – China

Tabla 23. Parámetros técnicos de la máquina Impresora 2

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES
Modelo SYJ8-800D	
Máximo ancho de PP sacos	800 mm
Máximo ancho de impresión	650 mm
Máximo largo de impresión	1 200 mm
Espesor de clisés	4 – 6 mm
Diámetro de rodillo de imprimir	420 mm
Velocidad de trabajo	30 - 60 metros/minuto
Número de colores	6
Dimensiones (mm)	18 000 × 3 000 × 2 000

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

A continuación, se describirán las partes más sensibles de la impresora, es decir, aquellas que exigen de más repuestos.

Tabla 24. Funciones de las partes de la impresora

PARTES	FUNCIÓN
Tratamiento de corona	Aumenta la energía de la superficie de los films plásticos, con el fin de favorecer la adhesión de las tintas y otros.

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

E. Convertidora

La conversión es el proceso de transformación de una manga a sacos terminados. Consiste en cortar en secciones proporcionales.

**Figura 17. Máquina Convertidora Botheven**

Fuente: Botheven

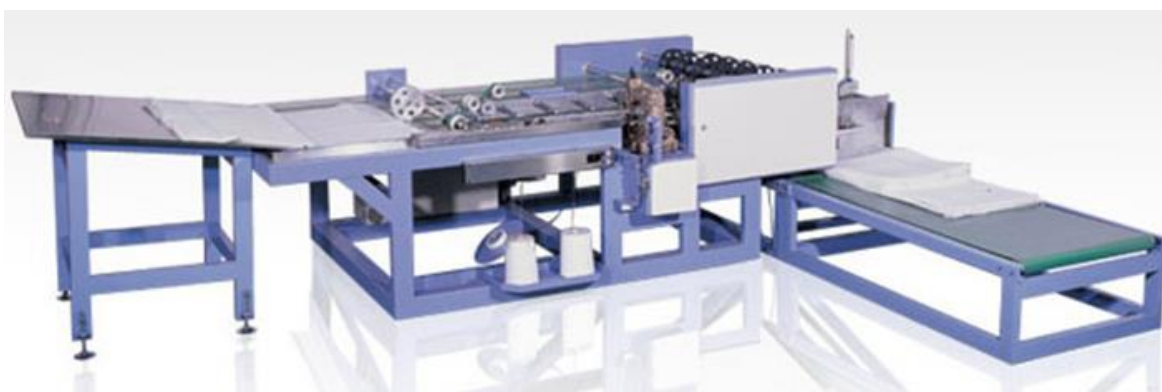
Tabla 25. Parámetros técnicos de la máquina Convertidora

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES
Modelo BM-170305-02	
Diámetro de la tela por devanar	1 400 mm (máx.)
Ancho de la tela por devanar	300 – 850 mm
Longitud de corte	500 – 1 400 mm
Producción	32 a 45 sacos/min

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

F. Bastilladora

Equipo donde se da el último acabado al saco; consiste en coser uno de los extremos de la manga para saco, la costura y la correspondiente medida de aguja es según el espesor de tela a coser.

**Figura 18. Máquina Bastilladora**

Fuente: Botheven

Tabla 26. Parámetros técnicos de la máquina Bastilladora

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES
Ancho de saco en proceso	250 – 800 mm
Longitud de saco en proceso	250 – 1 400 mm
Producción de salida	25 a 40 sacos/min

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

G. Prensa

En esta máquina se trabaja con un millar de sacos por fardo, su fin es agrupar cierta cantidad de sacos para ser distribuidos en un solo paquete al almacén de producto terminado para su posterior comercialización.



Figura 19. Máquina Prensadora

Tabla 27. Parámetros técnicos de la máquina Prensa

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES
Capacidad	30 t
Motor de Impulso	AC 5 HP x 6P
Diámetro del Cilindro Hidráulico	Ø150 mm
Trazado del Cilindro Hidráulico	1 100 mm
Altura de Apertura	1 300 mm
Velocidad de Operación (mm/min)	Abajo :1 200 / arriba: 1 200 mm / Presión: 6 000

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

3.1.12. Fallas actuales en las máquinas del proceso productivo

Para obtener estos resultados se utilizó la data histórica de fallas desde el mes de agosto a diciembre de 2017. Las máquinas examinadas fueron: extrusora, telares, laminadora, impresora, convertidora, bastilladora y prensa. Dando como resultado que las máquinas con mayores fallas son la extrusora y telares, los motivos se darán a saber más adelante en los árboles de falla; previamente se debe realizar un análisis de todas esas máquinas con ayuda del supervisor de planta. Los costos de reparación de estas fallas suman aproximadamente un total de S/25 963,90

Tabla 28. Número de fallas por máquina de Agosto – Dic 2017

MÁQUINAS	N° DE FALLAS					TOTAL
	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Extrusora	37	23	41	33	20	154
Telares	68	87	143	79	80	457
Laminadora	6	3	7	2	5	23
Impresora	5	4	8	3	6	26
Convertidora	11	7	10	6	9	43
Bastilladora	5	5	17	11	12	50
Prensa	2	1	2	4	1	10

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

La siguiente tabla es un cuadro resumen de los costos totales de reparación por máquina, los cuales están detallados en el Anexo 3.

Tabla 29. Costos de reparación de Agosto - Dic 2017

MÁQUINAS	COSTO DE REPARACIÓN
Extrusora	S/.5 194,00
Telares	S/.15 704,50
Laminadora	S/.670,00
Impresora	S/.869,50
Convertidora	S/.1 844,90
Bastilladora	S/.980,00
Prensa	S/.701,00
TOTAL	S/.25 963,90

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

3.1.13. Utilidad no percibida

La actividad clave de la empresa es la extrusora, ya que aquí se elaboran las cintas de polipropileno que van a servir para el tejido del saco. Como dato de la empresa se sabe que en 1 saco se encuentra tejido 17,5 metros de cinta de polipropileno.

Tabla 30. Capacidad ideal de la extrusora

CAPACIDAD IDEAL	
CANTIDAD	UNIDADES
190	metros/min
6 566 400	metros/mes

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

En la siguiente tabla se especifica la producción real de metros de tela en el período de agosto a diciembre del 2017 en metros.

Tabla 31. Producción real de tela

MES	PRODUCCIÓN (m)
Agosto	3 740 350
Septiembre	2 268 105
Octubre	4 015 674
Noviembre	4 501 284
Diciembre	4 037 418

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

Como dato de la empresa se tiene que la utilidad por saco es de S/0,30. Por lo tanto, en la siguiente tabla se detallará la cantidad no producida que se obtuvo al restar la producción ideal con la producción real de cada mes, y la utilidad no percibida que se obtuvo al multiplicar la cantidad no producida por la utilidad por saco, obteniendo un total de utilidad no percibida de S/141 757,80.

Tabla 32. Utilidad no percibida en el 2017

MES	CANTIDAD NO PRODUCIDA (sacos/mes)	UTILIDAD NO PERCIBIDA
Agosto	47 203	S/14 160,90
Septiembre	74 189	S/22 256,70
Octubre	145 756	S/43 726,80
Noviembre	118 007	S/35 402,10
Diciembre	87 371	S/26 211,30
TOTAL		S/141 757,80

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

3.1.14. Costos de mano de obra

En la Tabla 33 se muestra como dato de la empresa los costos totales del personal de mantenimiento por mes, el cual suma un total de S/10 350.

Tabla 33. Costos de personal de mantenimiento en el 2017

MES	CANTIDAD
Agosto	S/1 500
Septiembre	S/1 150
Octubre	S/2 000
Noviembre	S/4 500
Diciembre	S/1 200
TOTAL	S/10 350

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

En la Tabla 34 se presenta un cuadro resumen del total de costos que asume la empresa por no tener un plan de mantenimiento, siendo un total de S/173 006,30.

Tabla 34. Resumen de costos en el 2017

ITEM	CANTIDAD
Materiales y repuestos (Anexo 3)	S/20 898,50
Utilidad no percibida (Tabla 32)	S/141 757,80
Mano de obra (Tabla 33)	S/10 350,00
TOTAL	S/173 006,30

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

A. Extrusora

En la Figura 20 se muestra el gráfico de las fallas por mes en el período de agosto – diciembre de 2017 de la máquina extrusora.

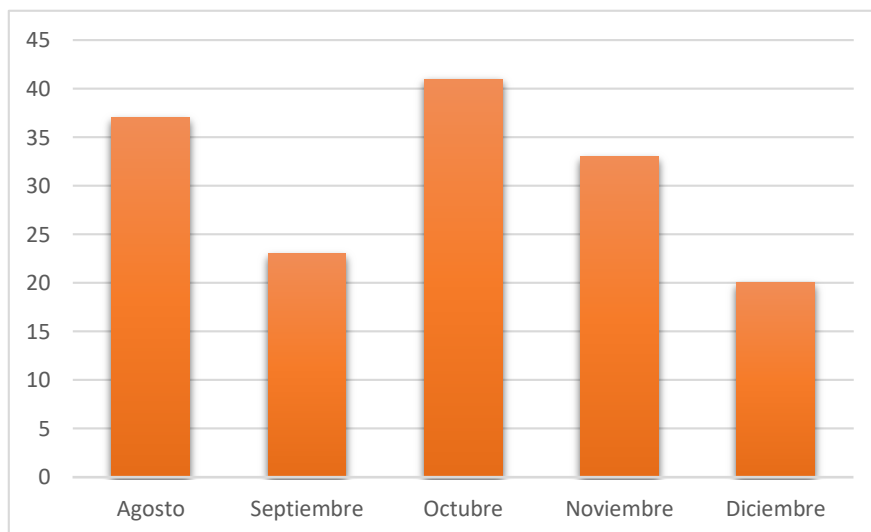


Figura 20. Cantidad de fallas de la máquina Extrusora

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

En la figura anterior podemos observar que la máquina extrusora viene presentando un total de 154 fallas durante los meses de agosto – diciembre de 2017, siendo las más frecuentes portanavaja dañada y bobinadoras dañadas.

B. Telares

En la Figura 21 se muestra el gráfico de las fallas por mes en el período de agosto – diciembre de 2017 de la máquina telares.

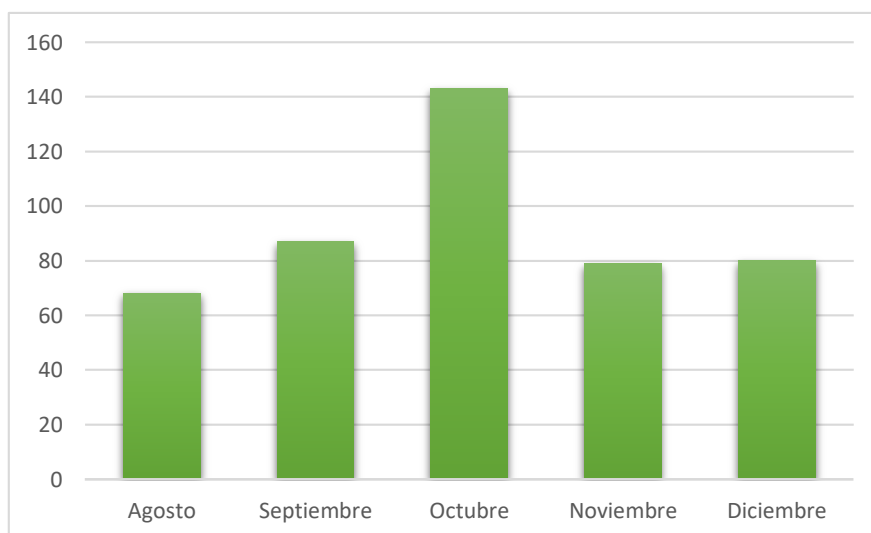


Figura 21. Cantidad de fallas de la máquina Telares

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

En la figura anterior podemos observar que la máquina telares viene presentando un total de 457 fallas durante los meses de agosto – diciembre de 2017, siendo las más frecuentes las lanzaderas averiadas y rotura de fajas.

C. Laminadora

En la Figura 22 se muestra el gráfico de las fallas por mes en el período de agosto – diciembre de 2017 de la máquina laminadora.

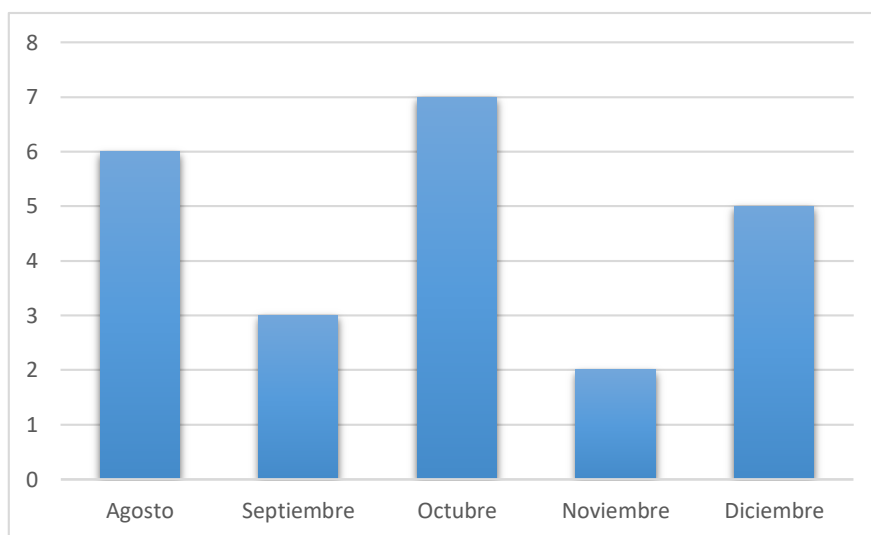


Figura 22. Cantidad de fallas de la máquina Laminadora
Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

En la figura anterior podemos observar que la máquina laminadora viene presentando un total de 23 fallas durante los meses de agosto – diciembre de 2017, siendo las más frecuentes motor malgrado y rotura de fajas.

D. Impresora

En la Figura 23 se muestra el gráfico de las fallas por mes en el período de agosto – diciembre de 2017 de la máquina impresora

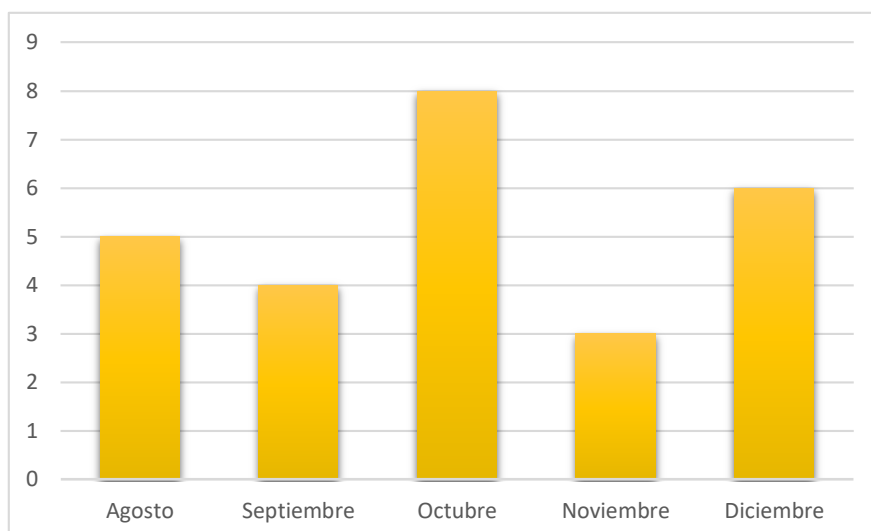


Figura 23. Cantidad de fallas de la máquina Impresora

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

En la figura anterior podemos observar que la máquina impresora viene presentando un total de 26 fallas durante los meses de agosto – diciembre de 2017, siendo las más frecuentes falla eléctrica y mal funcionamiento de tratamiento de corona.

E. Convertidora

En la Figura 24 se muestra el gráfico de las fallas por mes en el período de agosto – diciembre de 2017 de la máquina convertidora.

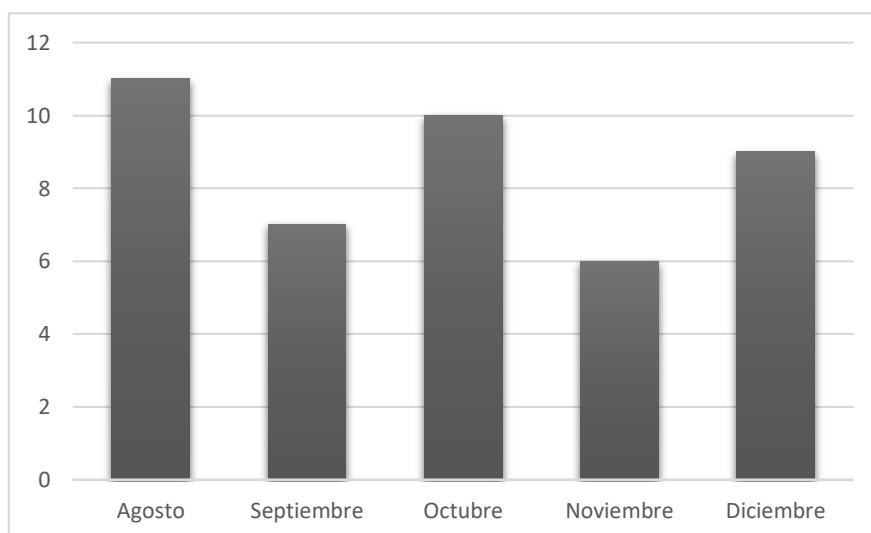


Figura 24. Cantidad de fallas de la máquina Convertidora

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

En la figura anterior podemos observar que la máquina convertidora viene presentando un total de 43 fallas durante los meses de agosto – diciembre de 2017, siendo las más frecuentes cuchilla mal calibrada y línea de costura no calibrada.

F. Bastilladora

En la Figura 25 se muestra el gráfico de las fallas por mes en el período de agosto – diciembre de 2017 de la máquina convertidora.

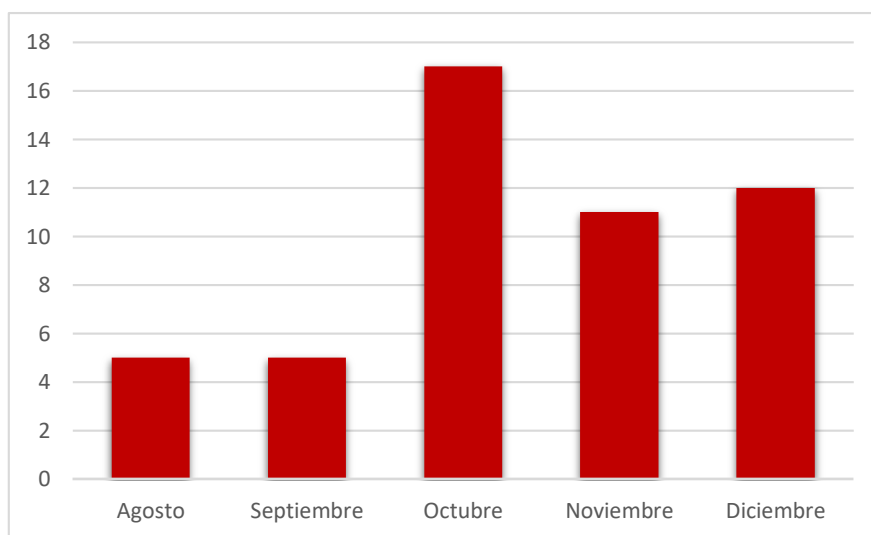


Figura 25. Cantidad de fallas de la máquina Bastilladora
Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

En la figura anterior podemos observar que la máquina bastilladora viene presentando un total de 50 fallas durante los meses de agosto – diciembre de 2017, siendo las más frecuentes máquinas de coser no calibrada y rotura de hilo.

G. Prensa

En la Figura 26 se muestra el gráfico de las fallas por mes en el período de agosto – diciembre de 2017 de la máquina prensa.

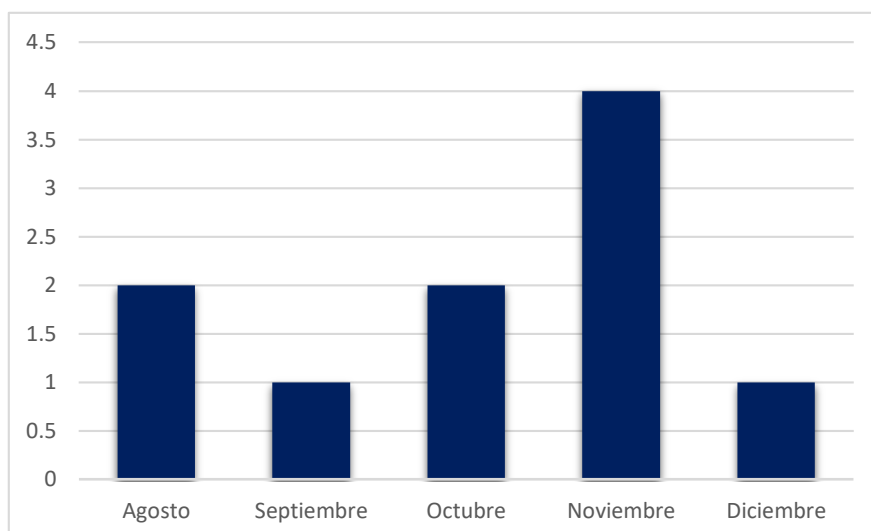


Figura 26. Cantidad de fallas de la máquina Prensa

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

En la figura anterior podemos observar que la máquina prensa viene presentando un total de 10 fallas durante los meses de agosto – diciembre de 2017, siendo las más frecuentes el fallo de bomba hidráulica, el pistón y sensor averiado.

En la siguiente tabla se detallarán los tiempos de reparación de cada maquinaria, obteniendo como resultado que tanto la extrusora como los telares son las máquinas que más tiempo tomaron en reparar durante los cinco meses, consecuencia de las fallas que presentaban.

Tabla 35. Tiempo de reparación de las máquinas en los meses de agosto - diciembre 2017

MÁQUINAS	TIEMPO DE REPARACIÓN (h)
Extrusora	207,25
Telares	658,5
Laminadora	25
Impresora	39,5
Convertidora	14,53
Bastilladora	19,4
Prensa	24,5

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

3.1.15. Repercusión económica

En la Tabla 36 se muestra los tiempos perdidos de cada máquina, consecuencia de cada falla de estos, y la repercusión económica que genera cada uno.

Tabla 36. Repercusión económica de las máquinas entre agosto – diciembre de 2017

MÁQUINAS	TIPO DE FALLA	N° DE FALLAS	TIEMPO UNITARIO PARA REPARAR FALLA (h)	TIEMPO TOTAL PARA REPARAR FALLA (h)	COSTO DE REPARACIÓN (S/.)	PÉRDIDA TOTAL POR MÁQUINA
EXTRUSORA	Bobinadoras dañadas	52	2	104	2 704	S/5 194,00
	Filtro averiado	11	1	11	1 430	
	Matriz obstruida	17	1,5	25,5	42,5	
	Portanavaja dañada	59	0,75	44,25	147,5	
	Picadora averiada	15	1,5	22,5	870	
TELARES	Body malogrado	19	1	19	408,5	S/15 704,50
	Escuadra dañada	21	2	42	73,5	
	Falla en los rodillos de embobinado	25	1,75	43,75	1 350	
	Falla de motor	18	3,5	63	837	
	Frenos dañados	36	1,5	54	162	
	Lanzaderas averiadas	61	2	122	3 111	
	Manga doblada	14	1	14	49	
	Pernos en mal estado	46	1	46	1 495	
	Resortes dañados	37	0,75	27,75	2 368	
	Rueda cónica dañada	16	1	16	96	
	Rotura de cadena	13	1	13	65	
	Rotura de fajas	67	1,5	100,5	1 440,5	
	Rotura de leva	46	1,5	69	1 817	
	Rotura de varillas	38	0,75	28,5	2 432	
	LAMINADORA	Motor malogrado	9	2	18	
Rotura de fajas		14	0,5	7	301	
IMPRESORA	Mal funcionamiento de tratamiento de corona	9	2,5	22,5	274,5	S/869,50
	Falla eléctrica	17	1	17	595	
CONVERTIDORA	Cuchilla mal calibrada	12	0,5	6	26,4	S/1 844,90
	Jalador de uñas en mal estado	4	0,42	1,68	50	
	Línea de costura no calibrada	27	0,25	6,75	1 768,5	
BASTILLADORA	Máquina de coser no calibrada	15	0,5	7,5	735	S/980,00
	Rotura del hilo	35	0,34	11,9	245	
PRENSA	Fallo de bomba hidráulica	4	5	20	656	S/701,00
	Pistón averiado	3	1	3	37,5	
	Sensor averiado	3	0,5	1,5	7,5	
TOTAL		763	41,51	971,08		S/25 963,90

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

Después de analizar el total de fallas y horas de parada de cada máquina, consecuencia de dichas fallas en el período de agosto – diciembre de 2017, se concluye que la pérdida total suma S/25 963,90. En el anexo 3 se detalla cada falla con su costo.

En la siguiente tabla se detallan algunos precios referenciales de los repuestos y materiales que utilizan para reparar las fallas.

Tabla 37. Lista de precios de repuestos y materiales

REPUESTOS Y MATERIALES	UNIDAD	PRECIO
Rodamiento	und	S/40,00
Lubricante	galón	S/110,00
Cuchillas	Caja x 150	S/45,00
Grasa (SKF)	galón	S/160,00
Pernos socket	caja	S/35,00
Aceite de lubricación	galón	S/70,00
Purga	kg	S/4,50
Trapo industrial	m	S/3,50
Mangueras	und	S/110,00

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

3.1.16. Indicadores de mantenimiento

A. TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (TTO)

El tiempo total de operación es igual al tiempo total programado para producir (TTPP) menos el tiempo que tardan en restaurar una máquina cuando falla (TTR).

$$\textit{Tiempo total de operación} = TTPP - TTR$$

En la siguiente tabla se presentará el tiempo total de operación (TTO) de cada máquina en el período de agosto – diciembre de 2017. El tiempo para restaurar (TTR) se obtuvo multiplicando el total de fallas de cada máquina y el tiempo unitario que demora en reparar cada falla.

Tabla 38. Tiempo total de operación (TTO) período agosto - diciembre 2017

MÁQUINAS	TIEMPO TOTAL PROGRAMADO PARA PRODUCIR - TTPP (h)	TIEMPO PARA RESTAURAR - TTR (h)	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN - TTO (h)
Extrusora	3 240	207,25	3 032,75
Telares	3 240	658,5	2 581,50
Laminadora	3 240	25	3 215,00
Impresora	3 240	39,5	3 200,50
Convertidora	3 240	14,43	3 225,57
Bastilladora	3 240	19,4	3 220,60
Prensa	3 240	24,5	3 215,50
TOTAL			21 691,42

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

B. TIEMPO MEDIO PARA RESTAURAR (MTTR)

A continuación, se detallará el tiempo para restaurar cada máquina y el número de fallas, los cuales nos ayudarán a hallar el tiempo medio para restaurar (MTTR).

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación por máquina}}{\text{N° de fallas total por máquina}}$$

Tabla 39. Tiempo medio para restaurar (MTTR) en agosto - diciembre 2017

MÁQUINAS	TIEMPO PARA RESTAURAR - TTR (h)	N° FALLAS	TIEMPO MEDIO PARA RESTAURAR - MTTR (h)
Extrusora	207,25	154	1,35
Telares	658,50	457	1,44
Laminadora	25,00	23	1,09
Impresora	39,50	26	1,52
Convertidora	14,43	43	0,34
Bastilladora	19,40	50	0,39
Prensa	24,50	10	2,45
TOTAL			8,57

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

C. TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS (MTBF)

En la siguiente tabla, se detallará el tiempo total de operación de cada máquina y el número de fallas, los cuales nos ayudarán a hallar el tiempo medio entre fallas (MTBF).

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación por máquina}}{\text{Nº de fallas por máquina}}$$

Tabla 40. Tiempo medio entre fallas (MTBF) en agosto - diciembre 2017

MÁQUINAS	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN - TTO (h)	Nº FALLAS	TIEMPO MEDIO ENTRE FALLA - MTBF (h)
Extrusora	3 032,75	154	19,69
Telares	2 581,50	457	5,65
Laminadora	3 215,00	23	139,78
Impresora	3 200,50	26	123,10
Convertidora	3 225,57	43	75,01
Bastilladora	3 220,60	50	64,41
Prensa	3 215,50	10	321,55
TOTAL			749,20

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

D. CONFIABILIDAD

En la Tabla 41, se detallará la confiabilidad de cada máquina, el cual es obtenido de la división del tiempo total de operación (TTO) entre el tiempo total programado para producir (TTPP), datos que ya fueron hallados anteriormente.

$$\text{Confiabilidad} = \frac{TTO}{TTPP}$$

Tabla 41. Confiabilidad de las máquinas en el período de agosto - diciembre 2017

MÁQUINAS	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN - TTO (h)	TIEMPO TOTAL PROGRAMADO PARA PRODUCIR (h)	CONFIABILIDAD
Extrusora	3 032,75	3 240	93,60%
Telares	2 581,50	3 240	79,68%
Laminadora	3 215,00	3 240	99,23%
Impresora	3 200,50	3 240	98,78%
Convertidora	3 225,57	3 240	99,55%
Bastilladora	3 220,60	3 240	99,40%
Prensa	3 215,50	3 240	99,24%

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

E. DISPONIBILIDAD

A continuación, se detallará la disponibilidad de cada máquina, esto permitirá estimar de forma general el porcentaje de tiempo total que se puede esperar para que un equipo esté disponible y pueda cumplir su función primordial.

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

MTBF: tiempo medio entre fallas

MTTR: tiempo medio para reparar

Tabla 42. Disponibilidad de las máquinas en el período agosto – diciembre 2017

MÁQUINAS	TIEMPO MEDIO ENTRE FALLA - MTBF (h)	TIEMPO MEDIO PARA RESTAURAR - MTTR (h)	DISPONIBILIDAD
Extrusora	19,69	1,35	93,60%
Telares	5,65	1,44	79,68%
Laminadora	139,78	1,09	99,23%
Impresora	123,10	1,52	98,78%
Convertidora	75,01	0,34	99,55%
Bastilladora	64,41	0,39	99,40%
Prensa	321,55	2,45	99,24%

Fuente: Empresa Atlántica S.R.L.

3.1.17. Responsables

Cada operario tiene asignada a una máquina la cual es establecida por el supervisor, ellos tienen que brindarles el cuidado y mantenimiento necesario que se le hace antes de empezar su jornada laboral.

Tabla 43. Principales máquinas con sus respectivos responsables

MAQUINARIAS	RESPONSABLES
Extrusora 1	Operario y volante
Extrusora 2	Operario y 2 volantes
Tolva	Mezclador
Telares 1 - 6	Operario y volante
Telares 7 - 12	Operario y volante
Telares 13 - 18	Operario y volante
Telares 19 - 24	Operario y volante
Telares 25 - 30	Operario y volante
Telares 31 - 36	Operario y volante
Telares 37 - 42	Operario y volante
Telares 43 - 48	Operario y volante
Telares 49 - 52	Operario

Fuente: Atlántica S.R.L.

En las extrusoras el operario es el encargado de manipular la máquina, mientras que el volante se encarga de hacer las bajadas de las bobinas cuando ya están de su tamaño requerido.

En los telares el operario se encarga también de manipular la máquina, mientras que el volante se encarga del cambio de bobinas conforme se van acabando.

3.1.18. Overall Equipment Effectiveness

A continuación, se detallará la obtención del grado de eficiencia en la utilización de las máquinas durante el proceso de producción de los sacos de polipropileno, teniendo como respuesta un 55,15%, lo cual se considera una efectividad deficiente, por ser una planta que labora las 24 horas del día. Esto ocasiona importantes pérdidas económicas para la empresa.

Adicionalmente, para tener una idea global, se halló el grado de eficiencia de las extrusoras y los telares, ya que ambas máquinas son las que más fallas presentan. Obteniendo como resultado 72,9% y 61,9% respectivamente, lo cual se considera una efectividad baja.

A. OEE DE LA EMPRESA

- **Disponibilidad**

A. Tiempo Disponible: 3 240 h

B. Tiempo Productivo: 2 455 h

$$B/A = \frac{2\,455\,h}{3\,240\,h} = 75,8\%$$

- **Rendimiento**

C. Capacidad Productiva: 1 823 800 sacos

D. Producción Real: 1 800 000 sacos

$$D/C = \frac{1\,800\,000\,sacos}{1\,823\,800\,sacos} = 98,7\%$$

- **Capacidad**

E. Producción Real: 1 800 000 sacos

F. Piezas Buenas: 1 327 476 sacos

$$F/E = \frac{1\,327\,476\,sacos}{1\,800\,000\,sacos} = 73,7\%$$

$$OEE = 0,758 * 0,987 * 0,737 = 55,15\%$$

B. OEE DE LAS MÁQUINAS

- **Extrusoras**

- **Disponibilidad**

A. Tiempo Disponible: 3 240 h

B. Tiempo Productivo: 2 898 h

$$B/A = \frac{2\,898\,h}{3\,240\,h} = 89,4\%$$

- **Rendimiento**

C. Capacidad Productiva: 712 800 kg de cinta

D. Producción Real: 642 790 kg de cinta

$$D/C = \frac{642\,790\text{ kg}}{712\,800\text{ kg}} = 90,2\%$$

- **Capacidad**

E. Producción Real: 642 790 kg de cinta

F. Piezas Buenas: 580 990 kg de cinta

$$F/E = \frac{580\,990\text{ kg}}{642\,790\text{ kg}} = 90,4\%$$

$$OEE = 0,894 * 0,902 * 0,904 = 72,9\%$$

- **Telares**

- **Disponibilidad**

A. Tiempo Disponible: 3 240 h

B. Tiempo Productivo: 2 485 h

$$B/A = \frac{2\,485\text{ h}}{3\,240\text{ h}} = 76,7\%$$

- **Rendimiento**

C. Capacidad Productiva: 18 027 360 metros

D. Producción Real: 14 550 378 metros

$$D/C = \frac{14\,550\,378\text{ metros}}{18\,027\,360\text{ metros}} = 80,7\%$$

- **Capacidad**

E. Producción Real: 14 550 378 metros

F. Piezas Buenas: 14 538 387 metros

$$F/E = \frac{14\,538\,387\text{ metros}}{14\,550\,378\text{ metros}} = 99,9\%$$

$$OEE = 0,767 * 0,807 * 0,999 = 61,9\%$$

3.1.19. Análisis de criticidad

A. Extrusora

- Daño al personal: Requerimiento de tratamiento médico o primeros auxilios
- Impacto a la población: Sin efecto a la población
- Impacto al ambiente: Sin daño al ambiente
- Pérdida a la producción: Pérdida entre una cantidad de s/. 5 000 y s/. 10 000
- Daño a la instalación: Un gasto valorizado hasta s/. 1 000
- Costos de reparación: Un aproximado de s/. 5 200

En la Tabla 44 se muestra el nivel de criticidad de las dos máquinas extrusoras obtenido según las consecuencias que generan, el cual es de 65, siendo una criticidad alta (Figura 2 – pág. 29).

Tabla 44. Criticidad de las máquinas extrusoras

ITEMS	EXT. 1	EXT. 2
Daño al personal	2	2
Impacto en la población	1	1
Impacto al ambiente	1	1
Pérdida de producción (s/.)	4	4
Daños a la instalación (s/.)	2	2
Costos de reparación (s/.)	4	4
Impacto total	13	13
Frecuencia	5	5
Nivel de criticidad	70	70

Fuente: Atlántica S.R.L.

B. Telares

- Daño al personal: Requerimiento de tratamiento médico, primeros auxilios o hasta suspensión laboral
- Impacto a la población: Sin efecto a la población
- Impacto al ambiente: Sin daño al ambiente
- Pérdida a la producción: Pérdida entre una cantidad de s/. 500 y s/. 10 000
- Daño a la instalación: Sin impacto
- Costos de reparación: Entre s/. 10 000 a más

En las Tablas 45, 46, 47, 48 y 49 se muestra el nivel de criticidad de las 52 máquinas telares obtenidos según las consecuencias que generan, teniendo como telares más críticos al Telar 1, 11, 16, 28 y 36.

C. Laminadora

- Daño al personal: Requerimiento de tratamiento médico o primeros auxilios
- Impacto a la población: Sin efecto a la población
- Impacto al ambiente: Sin daño al ambiente
- Pérdida a la producción: Pérdida entre una cantidad de s/. 500 y s/. 1 000
- Daño a la instalación: Sin daños a la instalación
- Costos de reparación: Entre s/. 500 y s/. 1 000

En la Tabla 49 se muestra el nivel de criticidad de la máquina laminadora obtenido según las consecuencias que genera, el cual es de 27, siendo una criticidad baja (Figura 2 – pág. 29).

Tabla 45. Criticidad de las máquinas telares 1- 12

ITEMS	TELAR 1	TELAR 2	TELAR 3	TELAR 4	TELAR 5	TELAR 6	TELAR 7	TELAR 8	TELAR 9	TELAR 10	TELAR 11	TELAR 12
Daño al personal	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2
Impacto en la población	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Impacto al ambiente	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pérdida de producción (s/.)	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2
Daños a la instalación (s/.)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Costos de reparación (s/.)	5	2	1	2	2	2	2	2	2	2	5	2
Impacto total	15	9	8	9	9	9	9	9	9	9	15	9
Frecuencia	5	3	3	3	3	4	3	4	4	3	4	3
Nivel de criticidad	75	27	24	27	27	36	27	36	36	27	56	27

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 46. Criticidad de las máquinas telares 13 - 22

ITEMS	TELAR 13	TELAR 14	TELAR 15	TELAR 16	TELAR 17	TELAR 18	TELAR 19	TELAR 20	TELAR 21	TELAR 22
Daño al personal	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2
Impacto en la población	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Impacto al ambiente	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pérdida de producción (s/.)	2	3	2	4	2	2	3	2	2	2
Daños a la instalación (s/.)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Costos de reparación (s/.)	1	2	2	5	2	1	2	2	1	1
Impacto total	8	10	9	15	9	8	10	9	8	8
Frecuencia	3	4	3	5	3	3	4	3	3	3
Nivel de criticidad	24	40	27	75	27	24	40	27	24	24

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 47. Criticidad de las máquinas telares 23 – 32

ITEMS	TELAR 23	TELAR 24	TELAR 25	TELAR 26	T 27 - LENO	T 28 - LENO	TELAR 29	TELAR 30	TELAR 31	TELAR 32
Daño al personal	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2
Impacto en la población	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Impacto al ambiente	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pérdida de producción (s/.)	2	2	2	2	2	4	2	3	2	2
Daños a la instalación (s/.)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Costos de reparación (s/.)	2	1	1	1	1	4	2	2	2	1
Impacto total	9	8	8	8	8	14	9	10	9	8
Frecuencia	4	3	3	3	3	5	3	4	4	3
Nivel de criticidad	36	24	24	24	24	70	27	40	36	24

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 48. Criticidad de las máquinas telares 33 – 42

ITEMS	TELAR 33	TELAR 34	TELAR 35	TELAR 36	TELAR 37	TELAR 38	TELAR 39	TELAR 40	TELAR 41	TELAR 42
Daño al personal	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2
Impacto en la población	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Impacto al ambiente	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pérdida de producción (s/.)	2	2	3	4	2	2	2	2	2	2
Daños a la instalación (s/.)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Costos de reparación (s/.)	1	1	2	5	1	1	1	1	2	1
Impacto total	8	8	10	15	8	8	8	8	9	8
Frecuencia	3	3	4	4	3	3	3	4	3	3
Nivel de criticidad	24	24	40	60	24	24	24	32	27	24

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 49. Criticidad de las máquinas telares 43 – 52

ITEMS	TELAR 43	TELAR 44	TELAR 45	TELAR 46	TELAR 47	TELAR 48	TELAR 49	TELAR 50	TELAR 51	TELAR 52
Daño al personal	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Impacto en la población	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Impacto al ambiente	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pérdida de producción (s/.)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Daños a la instalación (s/.)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Costos de reparación (s/.)	1	1	2	2	2	1	2	1	1	1
Impacto total	8	8	9	9	9	8	9	8	8	8
Frecuencia	3	3	3	3	4	3	4	4	3	3
Nivel de criticidad	24	24	27	27	36	24	36	32	24	24

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 50. Criticidad de la máquina laminadora

ITEMS	LAM.
Daño al personal	2
Impacto en la población	1
Impacto al ambiente	1
Pérdida de producción (s/.)	2
Daños a la instalación (s/.)	1
Costos de reparación (s/.)	2
Impacto total	9
Frecuencia	3
Nivel de criticidad	27

Fuente: Atlántica S.R.L.

D. Impresora

- Daño al personal: Requerimiento de tratamiento médico o primeros auxilios
- Impacto a la población: Sin efecto a la población
- Impacto al ambiente: Sin daños al ambiente
- Pérdida a la producción: Pérdida entre una cantidad de s/. 500 y s/. 1 000
- Daño a la instalación: Sin daños a la instalación
- Costos de reparación: Entre s/. 500 y s/. 1 000

En la Tabla 51 se muestra el nivel de criticidad de las máquinas impresoras obtenido según las consecuencias que generan, el cual es de 39 y 26, siendo una criticidad media y baja respectivamente (Figura 2 – pág. 29).

Tabla 51. Criticidad de las máquinas impresoras

ITEMS	IMP. 1	IMP. 2
Daño al personal	3	3
Impacto en la población	1	1
Impacto al ambiente	2	2
Pérdida de producción (s/.)	3	3
Daños a la instalación (s/.)	2	2
Costos de reparación (s/.)	2	2
Impacto total	13	13
Frecuencia	3	2
Nivel de criticidad	39	26

Fuente: Atlántica S.R.L.

E. Convertidora

- Daño al personal: Incapacidad parcial, permanente, heridas severas o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.
- Impacto a la población: Sin efecto a la población
- Impacto al ambiente: Sin daños al ambiente
- Pérdida a la producción: Pérdida entre una cantidad de s/. 500 y s/. 5 000
- Daño a la instalación: Sin daños a la instalación
- Costos de reparación: Entre s/. 1 000 y s/. 5 000

En la Tabla 52 se muestra el nivel de criticidad de las cuatro máquinas convertidoras obtenido según las consecuencias que generan, el cual es de 39 y 24, siendo una criticidad media y baja respectivamente (Figura 2 – pág. 29).

Tabla 52. Criticidad de las máquinas convertidoras

ITEMS	CONV. 1	CONV. 2	CONV. 3	CONV. 4
Daño al personal	4	4	4	4
Impacto en la población	1	1	1	1
Impacto al ambiente	1	1	1	1
Pérdida de producción (s/.)	3	2	3	2
Daños a la instalación (s/.)	1	1	1	1
Costos de reparación (s/.)	3	3	3	3
Impacto total	13	12	13	12
Frecuencia	3	2	3	2
Nivel de criticidad	39	24	39	24

Fuente: Atlántica S.R.L.

F. Bastilladora

- Daño al personal: Requerimiento de tratamiento médico o primeros auxilios
- Impacto a la población: Sin efecto a la población
- Impacto al ambiente: Sin daños al ambiente
- Pérdida a la producción: Pérdida entre una cantidad de s/. 500 y s/. 1 000
- Daño a la instalación: Sin daños a la instalación
- Costos de reparación: Entre s/. 500 y s/. 1 000

En la Tabla 53 se muestra el nivel de criticidad de las dos máquinas bastilladoras obtenido según las consecuencias que generan, el cual es de 18, siendo una criticidad baja (Figura 2 – pág. 29).

Tabla 53. Criticidad de las máquinas bastilladoras

ITEMS	BAST. 1	BAST. 2
Daño al personal	2	2
Impacto en la población	1	1
Impacto al ambiente	1	1
Pérdida de producción (s/.)	2	2
Daños a la instalación (s/.)	1	1
Costos de reparación (s/.)	2	2
Impacto total	9	9
Frecuencia	2	2
Nivel de criticidad	18	18

Fuente: Atlántica S.R.L.

G. Prensa

- Daño al personal: Requerimiento de tratamiento médico o primeros auxilios
- Impacto a la población: Sin efecto a la población
- Impacto al ambiente: Sin daños al ambiente
- Pérdida a la producción: Pérdida entre una cantidad de s/. 1 000 y s/. 5 000
- Daño a la instalación: Sin daños a la instalación
- Costos de reparación: Entre s/. 500 y s/. 1 000

En la Tabla 54 se muestra el nivel de criticidad de las dos máquinas bastilladoras obtenido según las consecuencias que generan, el cual es de 20, siendo una criticidad baja (Figura 2 – pág. 29).

Tabla 54. Criticidad de las máquinas prensas

ITEMS	PRENSA 1	PRENSA 2
Daño al personal	2	2
Impacto en la población	1	1
Impacto al ambiente	1	1
Pérdida de producción (s/.)	3	3
Daños a la instalación (s/.)	1	1
Costos de reparación (s/.)	2	2
Impacto total	10	10
Frecuencia	2	2
Nivel de criticidad	20	20

Fuente: Atlántica S.R.L.

3.1.20. Árbol de fallas

Después de obtener el nivel de criticidad de cada máquina y saber cuáles son las máquinas críticas que necesitan de un plan de mantenimiento con prioridad, se elabora el árbol de fallas el cual nos ayudará a detallar las causas de cada fallo para poder elaborar más adelante el AMEF, la hoja de decisión y el plan de actividades. En las siguientes imágenes se detallará cada máquina crítica con sus respectivas causas.

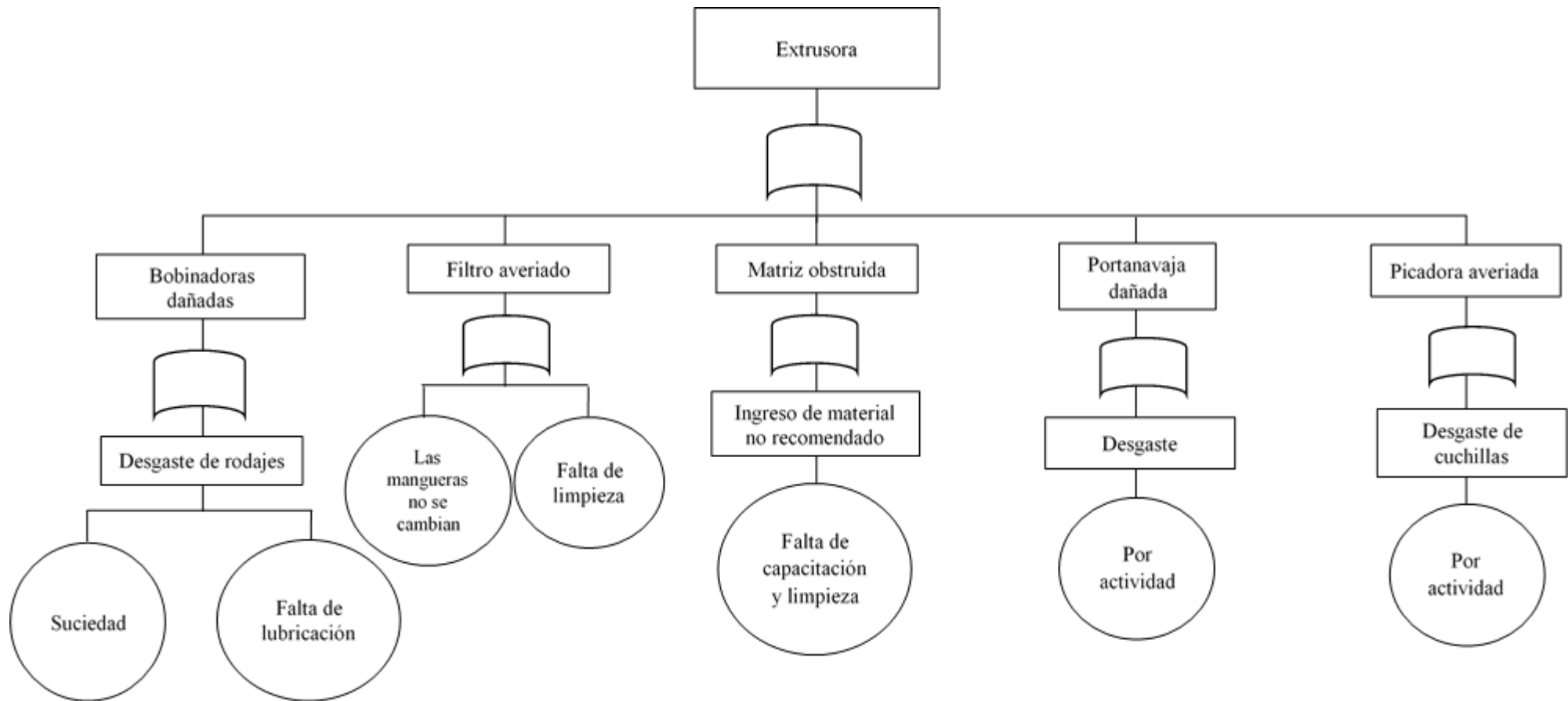


Figura 27. Árbol de falla de la máquina extrusora

Fuente: Atlántica S.R.L.

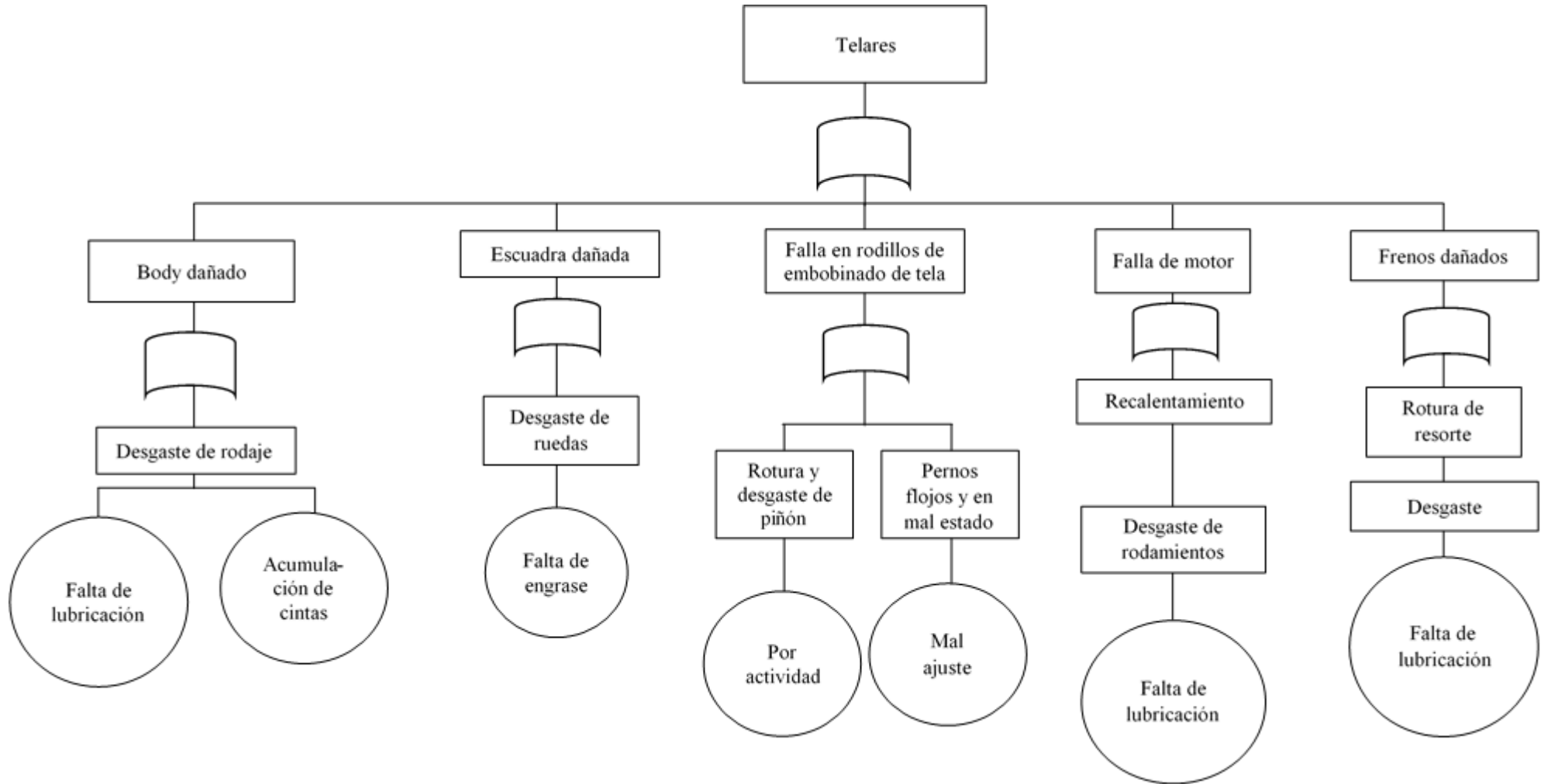


Figura 28. Árbol de fallas de los telares #1, #11, #16 y #36 – Parte I

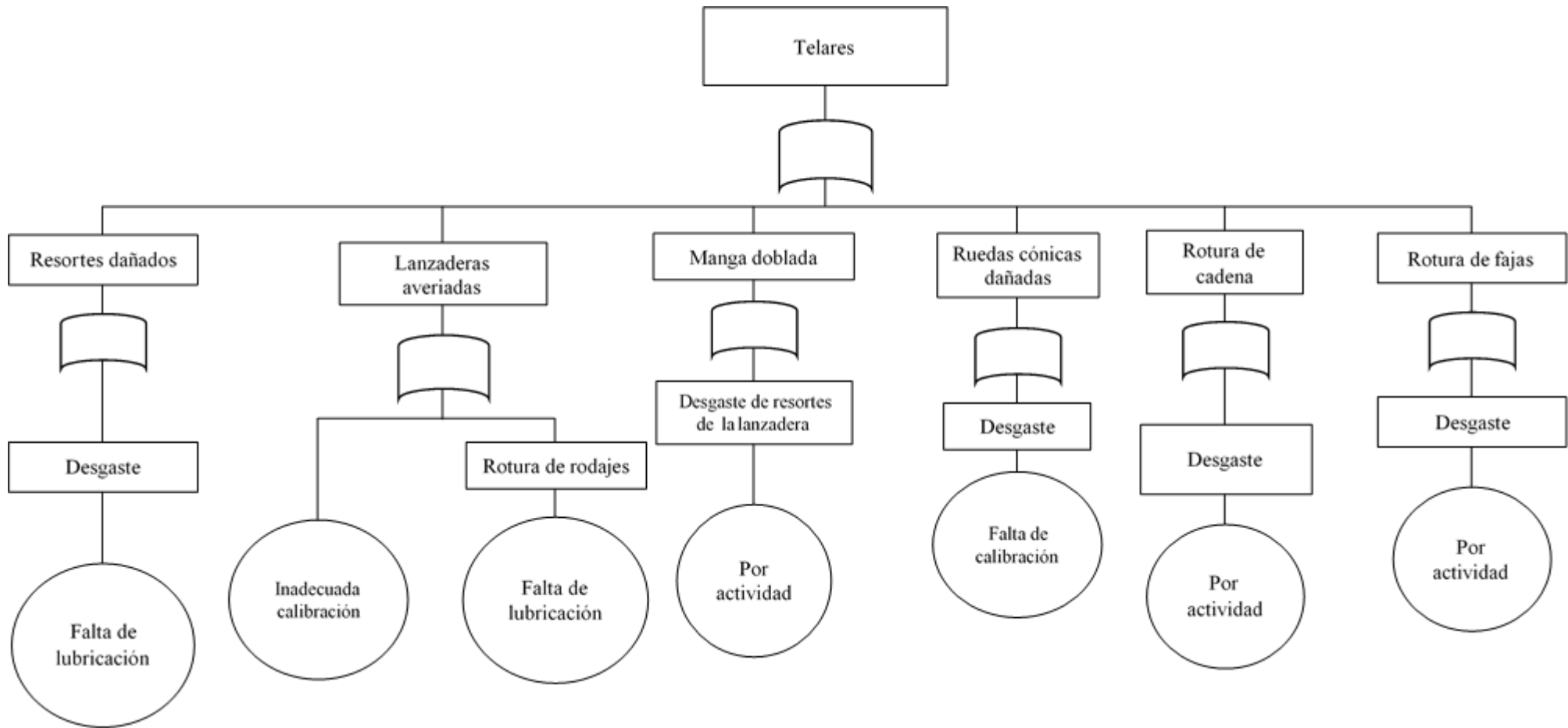


Figura 29. Árbol de fallas de los telares #1, #11, #16 y #36 – Parte II

Fuente: Atlántica S.R.L.

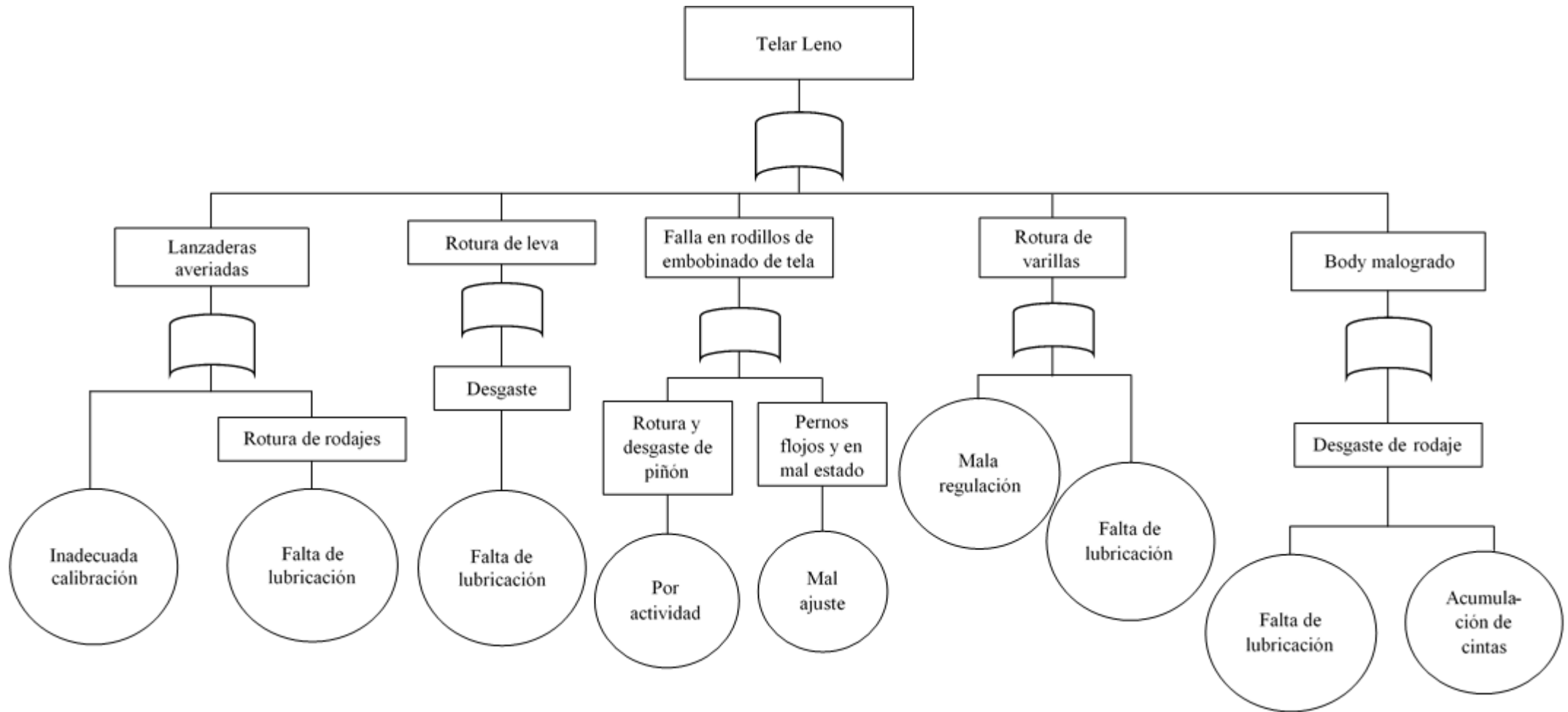


Figura 30. Árbol de falla del telar # 28 - Leno

3.1.21. Análisis de Modo y Efecto de Fallas

Al tener todas las fallas y averías identificadas en los árboles de fallas, el siguiente paso es analizar cada una de estas con ayuda de la herramienta Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF), para lo cual se necesitó la ayuda del área de mantenimiento de la empresa. En el AMEF se describe el modo de fallo, efecto de falla, las causas principales del modo de fallo y la acción correctiva para cada uno. Cada uno tiene una valorización respectiva en cuestión a gravedad, frecuencia y detectabilidad.

En la Tabla 55 se observa el AMEF de la máquina extrusora en la cual se describen sus fallas y causas a detalle, además del IPR por falla. Las fallas con mayor IPR son las bobinadoras dañadas con un IPR de 384 y las portanavajas dañadas con un IPR de 336.

De la Tabla 56 a la Tabla 63 se observan los AMEF de la máquina telares número 1, 11, 16 y 36, en la cual se describen sus fallas y causas a detalle, y sus IPR respectivos.

En la Tabla 64 se observa el AMEF de la máquina telares leno en la cual se describen sus fallas y causas a detalle, además del IPR por falla. Las fallas con mayor IPR son las fallas en rodillos de embobinado con un IPR de 480 y rotura de leva con un IPR de 448.

Tabla 55. AMEF de la máquina extrusora

EQUIPO O MÁQUINA	FALLAS POTENCIALES							CALIFICACIÓN IPR	
	MODO DE FALLO	EFFECTOS DE FALLA	GRAVEDAD	CAUSA DEL MODO DE FALLO	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	IPR		
Extrusora	1	Bobinadoras dañadas	Se producen cintas en mal estado	8	Desgaste de rodaje por suciedad y falta de lubricación	6	8	384	Reducción deseable
	2	Filtro averiado	El sarro que se genera obstruye los conductos. Por otro lado las mangueras pueden recalentarse y obligan que la operación se detenga	6	No se realiza limpieza y las mangueras no son cambiadas	4	6	144	Reducción deseable
	3	Matriz obstruida	Origina variación de denier de las cintas y rotura de éstas	8	Ingreso de material no recomendado, falta de limpieza	5	7	280	Reducción deseable
	4	Portanavaja dañada	Existen roturas de la película. Varía el tamaño de la cinta, por ende, se origina variaciones en el denier.	8	Desgaste de cuchillas por actividad	6	7	336	Reducción deseable
	5	Picadora averiada	Vibración o sonido extraño en el motor	8	Desgaste de cuchillas por actividad	5	7	280	Reducción deseable

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 56. AMEF de la máquina telar 1 - Parte 1

EQUIPO O MÁQUINA	FALLAS POTENCIALES							CALIFICACIÓN IPR	
	MODO DE FALLO	EFFECTOS DE FALLA	GRAVEDAD	CAUSA DEL MODO DE FALLO	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	IPR		
Telares	1	Body malogrado	El ancho de manga del saco se reduce, lo cual genera una variación al producto	9	Desgaste de rodaje por falta de lubricación y acumulación de cintas	5	8	360	Reducción deseable
	2	Escuadra dañada	El tejido sale en mal estado	9	Desgaste de ruedas por falta de engrase	5	7	315	Reducción deseable
	3	Falla en rodillos de embobinado de tela	El tejido final no se puede enrollar y se va acumulando en la parte superior de la máquina	10	Pernos en mal estado y desajustados	5	7	350	Reducción deseable
				10	Rotura y desgaste de piñones por actividad	6	8	480	Reducción deseable
	4	Falla de motor	Se detiene automáticamente la máquina, por ende, la producción se para	8	Desgaste de rodamientos por falta de lubricación	5	8	320	Reducción deseable
	5	Frenos dañados	El ancho de manga del saco se reduce o aumenta, lo cual genera una variación al producto	9	Desgaste por falta de lubricación	6	8	432	Reducción deseable

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 57. AMEF de la máquina telar 1 - Parte 2

EQUIPO O MÁQUINA	FALLAS POTENCIALES							CALIFICACIÓN IPR	
	MODO DE FALLO	EFFECTOS DE FALLA	GRAVEDAD	CAUSA DEL MODO DE FALLO	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	IPR		
Telares	7	Resortes dañados	La máquina se detiene automáticamente	8	Desgaste por falta de lubricación	6	8	384	Reducción deseable
	8	Lanzaderas averiadas	Puede ocasionar que haya rotura de algunas partes de la máquina y también del mismo tejido	8	Inadecuada calibración. Rotura de rodajes por falta de lubricación	6	7	336	Reducción deseable
	9	Manga doblada	El ancho de manga aumenta y ocasiona un tejido defectuoso	8	Desgaste de resortes de lanzadera por actividad	5	8	320	Reducción deseable
	10	Ruedas cónicas dañadas	Las lanzaderas dejan de funcionar	8	Falta de calibración	6	7	336	Reducción deseable
	11	Rotura de cadena	La máquina se detiene	8	Desgaste por actividad	5	7	280	Reducción deseable
	12	Rotura de fajas	La máquina se detiene	8	Desgaste por actividad	7	8	448	Reducción deseable

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 58. AMEF de la máquina telar 11 - Parte 1

EQUIPO O MÁQUINA	FALLAS POTENCIALES							CALIFICACIÓN IPR	
	MODO DE FALLO	EFEKTOS DE FALLA	GRAVEDAD	CAUSA DEL MODO DE FALLO	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	IPR		
Telares	1	Body malogrado	El ancho de manga del saco se reduce, lo cual genera una variación al producto	9	Desgaste de rodaje por falta de lubricación y acumulación de cintas	4	8	288	Reducción deseable
	2	Escuadra dañada	El tejido sale en mal estado	9	Desgaste de rodaje por falta de lubricación	5	7	315	Reducción deseable
	3	Falla en rodillos de embobinado de tela	El tejido final no se puede enrollar y se va acumulando en la parte superior de la máquina	10	Pernos en mal estado y desajustados	5	7	350	Reducción deseable
				10	Rotura y desgaste de piñones por actividad	4	8	320	Reducción deseable
	4	Falla de motor	Se detiene automáticamente la máquina, por ende, la producción se para	8	Desgaste de rodamientos por falta de lubricación	5	8	320	Reducción deseable
	6	Frenos dañados	El ancho de manga del saco se reduce o aumenta, lo cual genera una variación al producto	9	Desgaste por falta de lubricación	5	8	360	Reducción deseable

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 59. AMEF de la máquina telar 11 - Parte 2

EQUIPO O MÁQUINA	FALLAS POTENCIALES							CALIFICACIÓN IPR	
	MODO DE FALLO	EFFECTOS DE FALLA	GRAVEDAD	CAUSA DEL MODO DE FALLO	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	IPR		
Telares	7	Resortes dañados	La máquina se detiene automáticamente	8	Desgaste por falta de lubricación	6	8	384	Reducción deseable
	8	Lanzaderas averiadas	Puede ocasionar que haya rotura de algunas partes de la máquina y también del mismo tejido	8	Inadecuada calibración. Rotura de rodajes por falta de lubricación	5	7	280	Reducción deseable
	9	Manga doblada	El ancho de manga aumenta y ocasiona un tejido defectuoso	8	Desgaste de resortes de lanzadera por actividad	4	8	256	Reducción deseable
	10	Ruedas cónicas dañadas	Las lanzaderas dejan de funcionar	8	Falta de calibración	5	7	280	Reducción deseable
	11	Rotura de cadena	La máquina se detiene	8	Desgaste por actividad	5	7	280	Reducción deseable
	12	Rotura de fajas	La máquina se detiene	8	Desgaste por actividad	6	8	384	Reducción deseable

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 60. AMEF de la máquina telar 16 - Parte 1

EQUIPO O MÁQUINA	FALLAS POTENCIALES							CALIFICACIÓN IPR	
	MODO DE FALLO	EFFECTOS DE FALLA	GRAVEDAD	CAUSA DEL MODO DE FALLO	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	IPR		
Telares	1	Body malogrado	El ancho de manga del saco se reduce, lo cual genera una variación al producto	9	Desgaste de rodaje por falta de lubricación y acumulación de cintas	5	8	360	Reducción deseable
	2	Escuadra dañada	El tejido sale en mal estado	9	Desgaste de ruedas por falta de engrase	5	7	315	Reducción deseable
	3	Falla en rodillos de embobinado de tela	El tejido final no se puede enrollar y se va acumulando en la parte superior de la máquina	10	Pernos en mal estado y desajustados	6	7	420	Reducción deseable
				10	Rotura y desgaste de piñones por actividad	6	8	480	Reducción deseable
	4	Falla de motor	Se detiene automáticamente la máquina, por ende, la producción se para	8	Desgaste de rodamientos por fatiga y falta de lubricación	4	8	256	Reducción deseable
	6	Frenos dañados	El ancho de manga del saco se reduce o aumenta, lo cual genera una variación al producto	9	Desgaste por falta de lubricación	6	8	432	Reducción deseable

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 61. AMEF de la máquina telar 16 - Parte 2

EQUIPO O MÁQUINA	FALLAS POTENCIALES							CALIFICACIÓN IPR	
	MODO DE FALLO	EFFECTOS DE FALLA	GRAVEDAD	CAUSA DEL MODO DE FALLO	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	IPR		
Telares	7	Resortes dañados	La máquina se detiene automáticamente	8	Desgaste por falta de lubricación	6	8	384	Reducción deseable
	8	Lanzaderas averiadas	Puede ocasionar que haya rotura de algunas partes de la máquina y también del mismo tejido	8	Inadecuada calibración. Rotura de rodajes por falta de lubricación	4	7	224	Reducción deseable
	9	Manga doblada	El ancho de manga aumenta y ocasiona un tejido defectuoso	8	Desgaste de resortes de lanzadera por actividad	5	8	320	Reducción deseable
	10	Ruedas cónicas dañadas	Las lanzaderas dejan de funcionar	8	Falta de calibración	4	7	224	Reducción deseable
	11	Rotura de cadena	La máquina se detiene	8	Desgaste por actividad	5	7	280	Reducción deseable
	12	Rotura de fajas	La máquina se detiene	8	Desgaste por actividad	5	8	320	Reducción deseable

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 62. AMEF de la máquina telar 36 - Parte 1

EQUIPO O MÁQUINA	FALLAS POTENCIALES							CALIFICACIÓN IPR	
	MODO DE FALLO	EFFECTOS DE FALLA	GRAVEDAD	CAUSA DEL MODO DE FALLO	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	IPR		
Telares	1	Body malogrado	El ancho de manga del saco se reduce, lo cual genera una variación al producto	9	Desgaste de rodaje por falta de lubricación y acumulación de cintas	5	8	360	Reducción deseable
	2	Escuadra dañada	El tejido sale en mal estado	9	Desgaste de rueda por falta de engrase	5	7	315	Reducción deseable
	3	Falla en rodillos de embobinado de tela	El tejido final no se puede enrollar y se va acumulando en la parte superior de la máquina	10	Pernos en mal estado y desajustados	6	7	420	Reducción deseable
				10	Rotura y desgaste de piñones por actividad	4	8	320	Reducción deseable
	4	Falla de motor	Se detiene automáticamente la máquina, por ende, la producción se para	8	Desgaste de rodamientos por fatiga y falta de lubricación	5	8	320	Reducción deseable
	6	Frenos dañados	El ancho de manga del saco se reduce o aumenta, lo cual genera una variación al producto	9	Desgaste por falta de lubricación	5	8	360	Reducción deseable

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 63. AMEF de la máquina telar 36 - Parte 2

EQUIPO O MÁQUINA	FALLAS POTENCIALES							CALIFICACIÓN IPR	
	MODO DE FALLO	EFFECTOS DE FALLA	GRAVEDAD	CAUSA DEL MODO DE FALLO	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	IPR		
Telares	7	Resortes dañados	La máquina se detiene automáticamente	8	Desgaste por falta de lubricación	4	8	256	Reducción deseable
	8	Lanzaderas averiadas	Puede ocasionar que haya rotura de algunas partes de la máquina y también del mismo tejido	8	Inadecuada calibración. Rotura de rodajes por falta de lubricación	5	7	280	Reducción deseable
	9	Manga doblada	El ancho de manga aumenta y ocasiona un tejido defectuoso	8	Desgaste de resortes de lanzadera por actividad	5	8	320	Reducción deseable
	10	Ruedas cónicas dañadas	Las lanzaderas dejan de funcionar	8	Falta de calibración	6	7	336	Reducción deseable
	11	Rotura de cadena	La máquina se detiene	8	Desgaste por actividad	5	7	280	Reducción deseable
	12	Rotura de fajas	La máquina se detiene	8	Desgaste por actividad	6	8	384	Reducción deseable

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 64. AMEF de la máquina telar 28 – Leno

EQUIPO O MÁQUINA	FALLAS POTENCIALES							CALIFICACIÓN IPR	
	MODO DE FALLO	EFFECTOS DE FALLA	GRAVEDAD	CAUSA DEL MODO DE FALLO	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	IPR		
Telar Leno	1	Lanzaderas averiadas	Puede ocasionar que haya rotura de algunas partes de la máquina y también del mismo tejido	8	Inadecuada calibración. Rotura de rodajes por falta de lubricación	6	7	336	Reducción deseable
	2	Rotura de leva	Se da las fallas en la esquina de leva y atrás de las ruedas, por lo mismo que estas partes son frágiles	8	Desgaste por falta de lubricación	7	8	448	Reducción deseable
	3	Falla en rodillos de embobinado de tela	El tejido final no se puede enrollar y se va acumulando en la parte superior de la máquina	10	Pernos en mal estado y desajustados	6	7	420	Reducción deseable
				10	Rotura y desgaste de piñones por actividad	6	8	480	Reducción deseable
	4	Rotura de varillas	La máquina se detiene, por ende, la producción se retrasa	8	Mala regulación y falta de lubricación	6	8	384	Reducción deseable
	5	Body dañado	El ancho de manga del saco se reduce, lo cual genera una variación al producto	9	Desgaste de rodaje por falta de lubricación y acumulación de cintas	5	8	360	Reducción deseable

Fuente: Atlántica S.R.L.

3.1.22. Hoja de Información

A partir de los AMEF podemos elaborar la hoja de información por maquinaria, la cual más adelante nos servirá como ayuda en la elaboración de las hojas de decisión.

Tabla 65. Hoja de información de la extrusora

HOJA DE INFORMACIÓN		ÁREA: Producción				
		EQUIPO: Extrusora				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFECTO FALLA	
1	Extraer el material en gránulos del sistema de alimentación, conducirlo al tiempo que lo comprime, luego mezclarlo y producir un fundido homogéneo, para luego obtener una película que al ser cortada se vuelva cinta.	A	Bobinadoras dañadas	1	Desgaste de rodajes por suciedad y falta de lubricación	Dificultan la actividad de la máquina y se producen cintas en mal estado
		B	Filtro averiado	1	Falta de limpieza y cambio periódicamente	Se genera sarro lo cual obstruye los conductos y la operación se detiene
		C	Matriz obstruida	1	Ingreso de material no recomendado	Se origina variación de denier de las cintas o roturas
		D	Portanavaja dañada	1	Desgaste de cuchillas por actividad	Roturas y variación de tamaño de las cintas
		E	Picadora averiada	1	Desgaste de cuchillas por actividad	Vibraciones en el motor

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 66. Hoja de información de los telares

HOJA DE TRABAJO AMEF		ÁREA: Producción				
		EQUIPO: Telares				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFECTO FALLA	
1	Son telares circulares para tejeduras tubulares de peso liviano a pesado o telas planas. Aquí las cintas se entrelazan y forman la tela en manga para sacos.	A	Body malogrado	1	Desgaste de rodaje	El ancho de manga se reduce y genera una variación al producto
				2	Acumulación de cintas	
		B	Escuadra dañada	1	Desgaste de ruedas	Tejido en mal estado
				2	Falta de engrase	
		C	Falla en rodillos de embobinado de tela	1	Rotura de piñón	El tejido final se dificulta al enrollar, por ende se acumula en la parte superior de la máquina
				2	Desajuste de pernos	
		D	Falla de motor	1	Desgaste de rodamientos por fatiga y falta de lubricación	Se detiene la maquinaria
		E	Frenos dañados	1	Desgaste	Genera una variación al producto
		F	Lanzaderas averiadas	1	Inadecuada calibración	Rotura del tejido
				2	Rotura de rodajes	
		G	Manga doblada	1	Desgaste de resortes de lanzadera	El ancho de manga aumenta y ocasiona una variación en el producto
H	Ruedas cónicas dañadas	1	Falta de calibración	Las lanzaderas dejan de funcionar y se para la producción		
I	Rotura de cadena	1	Desgaste por actividad	La máquina se detiene		
J	Rotura de fajas	1	Desgaste por actividad	La máquina se detiene		

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 67. Hoja de información del telar leno

HOJA DE TRABAJO AMEF		ÁREA: Producción				
		EQUIPO: Telar Leno				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFEECTO FALLA
1	Son telares circulares para tejeduras tubulares de peso liviano a pesado o telas planas. Aquí las cintas se entrelazan y forman la tela en manga para sacos. Este tipo de sacos protegen verduras o frutas.	A	Lanzaderas averiadas	1	Inadecuada calibración	Rotura del tejido
				2	Rotura de rodajes	
		B	Rotura de leva	1	Desgaste por falta de lubricación	Puede dañar las ruedas de atrás y el mismo leva
		C	Falla en rodillos de embobinado de tela	1	Pernos en mal estado y desajustados	El tejido final se dificulta al enrollar, por ende se acumula en la parte superior de la máquina
		D	Rotura de varillas	1	Mala regulación	La máquina se detiene
				2	Falta de lubricación	
		E	Body malogrado	1	Desgaste de rodaje	El ancho de manga se reduce y genera una variación al producto
				2	Acumulación de cintas	

Fuente: Atlántica S.R.L.

3.2. Diseño de propuesta de mejora en el sistema de producción

Una vez hecho el diagnóstico de la situación actual de la empresa el siguiente paso es la elaboración de la propuesta de mantenimiento. Para lo cual se necesitará de ciertas actividades que ayudarán al desarrollo de esta propuesta.

3.2.1. Hoja de decisión

A continuación, se mostrarán las tablas de hoja de decisión de cada maquinaria a mejorar.

Tabla 68. Hoja de decisión de la extrusora

HOJA DE DECISIÓN RCM							ÁREA: Producción								
							EQUIPO: Extrusora								
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3						
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	H6			
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	N	S	N	S					Lubricación y cambio de rodajes	Mensual	Técnico Mecánico
1	B	1	S	N	N	S	N	S					Limpieza periódica de filtros	Mensual	Técnico Mecánico
1	C	1	S	N	N	S	N	S					Cambio de manguera	Trimestral	Técnico Mecánico
1	D	1	S	N	N	S	N	S					Limpieza con la purga a la matriz	Semanal	Técnico Mecánico
1	E	1	S	S	N	S	N	S					Capacitación al operario	Anual	Supervisor de planta
1	F	1	S	S			N	S					Cambio de cuchillas	Semanal	Técnico Mecánico

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 69. Hoja de decisión del telar Leno

HOJA DE DECISIÓN RCM							ÁREA: Producción								
							EQUIPO: Telar Leno								
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3						
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	H6			
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	N	S	N	S					Ajuste y tensión adecuado	Semanal	Técnico Mecánico
1		2	S	N	N	S	N	S					Lubricación de rodajes	Mensual	Técnico Mecánico
1	B	1	S	N	N	S	N	S					Lubricación	Trimestral	Técnico Mecánico
1	C	1	S	N	N	S	N	S					Ajustar y engrasar pernos	Mensual	Técnico Mecánico
1	D	1	S	N	N	S	N	S					Ajustar varilla	Semanal	Técnico Mecánico
1	F	1	S	N	N	S	N	S					Limpieza y cambio de rodamientos	Mensual	Técnico Mecánico
1		2	S	N	N	S	N	S					Retirar cintas	Diario	Operario de mantenimiento

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 70. Hoja de decisión de los telares

HOJA DE DECISIÓN RCM										ÁREA: Producción					
										EQUIPO: Telares					
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3						
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	H6			
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	N	S	N	S					Lubricación de rodamientos	Mensual	Técnico Mecánico
1	B	1	S	N	N	S	N	S					Limpieza y engrase de ruedas	Semanal	Técnico Mecánico
1	C	1	S	N	N	S	N	S					Limpieza	Semanal	Técnico Mecánico
1		2	S	N	N	S	N	S					Ajustar y engrasar pernos	Mensual	Técnico Mecánico
1	D	1	S	N	N	S	N	S					Ajustar frenos	Semanal	Técnico Mecánico
1	E	1	S	N	N	S	N	S					Cambio de rodamiento de los bodys	Mensual	Técnico Mecánico
1	F	1	S	N	N	S	N	S					Lubricación de resortes	Mensual	Técnico Mecánico
1	G	1	S	N	N	S	N	S					Ajustar lanzaderas	Semanal	Técnico Mecánico
1	H	1	S	N	N	S	N	S					Ajustar compás	Mensual	Técnico Mecánico
1	I	1	S	N	N	S	N	S					Ajustar frenos	Semanal	Técnico Mecánico
1	J	1	S	N	N	S	N	S					Ajustar ruedas	Semanal	Técnico Mecánico
1	K	1	S	N	N	S	N	S					Cambio de ruedas	Trimestral	Técnico Mecánico
1	L	1	S	N	N	S	N	S					Limpieza y cambio de cadena	Trimestral	Técnico Mecánico
1	M	1	S	N	N	S	N	S					Ajustar la faja	Mensual	Técnico Mecánico
1	N	1	S	N	N	S	N	S					Calibrar frenos	Diario	Técnico Mecánico

Fuente: Atlántica S.R.L.

A partir de estas hojas de decisión se realiza un AMEF con la situación mejorada y la acción correctiva. En las siguientes tablas se presentará cada AMEF de las máquinas por mejorar.

Tabla 71. AMEF mejorado de la extrusora

EQUIPO O MÁQUINA	MODO DE FALLO		CAUSA DEL MODO DE FALLO	ACCIÓN CORRECTIVA	SITUACIÓN MEJORADA				CALIFICACION IPR	RESPONSABLE
					NUEVA GRAVEDAD	NUEVA FRECUENCIA	NUEVA DETECTABILIDAD	NUEVO IPR		
Extrusora	1	Bobinadoras dañadas	Desgaste de rodaje por falta de lubricación y acumulación de cintas	Lubricación y cambio de rodajes	3	2	4	24	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	2	Filtro averiado	No se realiza limpieza y las mangueras no son cambiadas	Limpieza periódica a los filtros. Cambio de mangueras.	3	2	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	3	Matriz obstruida	Ingreso de material no recomendado y uso incorrecto de pellets	Limpieza de la matriz. Capacitar al operador	2	2	3	12	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico y Supervisor de planta respectivamente
	4	Portanavaja dañada	Desgaste de las cuchillas por actividad	Cambio periódico de cuchillas	3	2	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	5	Picadora averiada	Desgaste de cuchillas por actividad	Cambio periódico de cuchillas	2	2	3	12	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 72. AMEF mejorado del telar 1 - Parte 1

EQUIPO O MÁQUINA	MODO DE FALLO		CAUSA DEL MODO DE FALLO	ACCIÓN CORRECTIVA	SITUACIÓN MEJORADA				CALIFICACION IPR	RESPONSABLE
					NUEVA GRAVEDAD	NUEVA FRECUENCIA	NUEVA DETECTABILIDAD	NUEVO IPR		
Telares	1	Body malogrado	Desgaste de rodaje por falta de lubricación y acumulación de cintas	Lubricar rodajes periódicamente. Limpieza o retiro de cintas	2	2	3	12	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico y Operario, respectivamente
	2	Escuadra dañada	Desgaste de ruedas por falta de engrase	Limpieza y engrase de ruedas.	2	2	3	12	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	3	Falla en rodillos de embobinado de tela	Pernos en mal estado y desajustados	Ajustar periódicamente los pernos y engrasarlos	3	3	3	27	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
			Rotura y desgaste de piñones por actividad	Cambiar piñones periódicamente	3	2	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	4	Falla de motor	Desgaste de rodamientos por fatiga y falta de lubricación	Lubricar y cambio de rodamientos	3	2	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	5	Frenos dañados	Desgaste por falta de lubricación	Ajustar frenos	2	3	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 73. AMEF mejorado del telar 1 - Parte 2

EQUIPO O MÁQUINA	MODO DE FALLO		CAUSA DEL MODO DE FALLO	ACCIÓN CORRECTIVA	SITUACIÓN MEJORADA				CALIFICACION IPR	RESPONSABLE
					NUEVA GRAVEDAD	NUEVA FRECUENCIA	NUEVA DETECTABILIDAD	NUEVO IPR		
Telares	7	Resortes dañados	Desgaste por falta de lubricación	Lubricar los resortes en períodos establecidos	4	3	2	24	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	8	Lanzaderas averiadas	Inadecuada calibración. Rotura de rodajes por falta de lubricación	Ajuste y tensión adecuada. Ajustar lanzaderas	4	2	3	24	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	9	Manga doblada	Desgaste de resortes de lanzadera por actividad	Lubricación de resortes	2	2	3	12	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	10	Ruedas cónicas dañadas	Falta de calibración	Ajustar y cambio ruedas	3	2	2	12	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	11	Rotura de cadena	Desgaste por actividad	Limpieza y cambio de la cadena	3	2	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	12	Rotura de fajas	Desgaste por actividad	Ajustar faja	4	3	3	36	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 74. AMEF mejorado del telar 11 - Parte 1

EQUIPO O MÁQUINA	FALLAS POTENCIALES		SITUACIÓN MEJORADA							
	MODO DE FALLO	CAUSA DEL MODO DE FALLO	ACCIÓN CORRECTIVA	NUEVA GRAVEDAD	NUEVA FRECUENCIA	NUEVA DETECTABILIDAD	NUEVO IPR	CALIFICACION IPR	RESPONSABLE	
Telares	1	Body malogrado	Desgaste de rodaje por falta de lubricación y acumulación de cintas	Lubricar rodajes periódicamente. Limpieza o retiro de cintas	2	2	2	8	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico y Operario, respectivamente
	2	Escuadra dañada	Desgaste de ruedas por falta de engrase	Limpieza y engrase de ruedas.	2	2	3	12	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	3	Falla en rodillos de embobinado de tela	Pernos en mal estado y desajustados	Ajustar periódicamente los pernos y engrasarlos	3	2	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
			Rotura y desgaste de piñones por actividad	Cambiar piñones periódicamente	3	2	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	4	Falla de motor	Desgaste de rodamientos por fatiga y falta de lubricación	Lubricar y cambio de rodamientos	3	2	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	6	Frenos dañados	Desgaste por falta de lubricación	Ajustar frenos	2	3	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 75. AMEF mejorado del telar 11 - Parte 2

EQUIPO O MÁQUINA	MODO DE FALLO		CAUSA DEL MODO DE FALLO	SITUACIÓN MEJORADA						RESPONSABLE
				ACCIÓN CORRECTIVA	NUEVA GRAVEDAD	NUEVA FRECUENCIA	NUEVA DETECTABILIDAD	NUEVO IPR	CALIFICACION IPR	
Telares	7	Resortes dañados	Desgaste por falta de lubricación	Lubricar los resortes en períodos establecidos	4	3	2	24	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	8	Lanzaderas averiadas	Inadecuada calibración. Rotura de rodajes por falta de lubricación	Ajuste y tensión adecuada. Ajustar lanzaderas	3	2	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	9	Manga doblada	Desgaste de resortes de lanzadera por actividad	Lubricación de resortes	2	2	3	12	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	10	Ruedas cónicas dañadas	Falta de calibración	Ajustar y cambio ruedas	3	2	2	12	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	11	Rotura de cadena	Desgaste por actividad	Limpieza y cambio de la cadena	3	2	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	12	Rotura de fajas	Desgaste por actividad	Ajustar faja	3	3	3	27	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 76. AMEF mejorado del telar 16 - Parte 1

EQUIPO O MÁQUINA	MODO DE FALLO		CAUSA DEL MODO DE FALLO	SITUACIÓN MEJORADA					CALIFICACION IPR	RESPONSABLE
				ACCIÓN CORRECTIVA	NUEVA GRAVEDAD	NUEVA FRECUENCIA	NUEVA DETECTABILIDAD	NUEVO IPR		
Telares	1	Body malogrado	Desgaste de rodaje por falta de lubricación y acumulación de cintas	Lubricar rodajes periódicamente. Limpieza o retiro de cintas	2	2	3	12	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico y Operario, respectivamente
	2	Escuadra dañada	Desgaste de ruedas por fala de engrase	Limpieza y engrase de ruedas.	2	2	3	12	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	3	Falla en rodillos de embobinado de tela	Pernos en mal estado y desajustados	Ajustar periódicamente los pernos y engrasarlos	3	2	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
			Rotura y desgaste de piñones por actividad	Cambiar piñones periódicamente	3	2	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	4	Falla de motor	Desgaste de rodamientos por fatiga y falta de lubricación	Lubricar y cambio de rodamientos	3	2	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	6	Frenos dañados	Desgaste por falta de lubricación	Ajustar frenos	2	3	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 77. AMEF mejorado del telar 16 - Parte 2

EQUIPO O MÁQUINA	MODO DE FALLO		CAUSA DEL MODO DE FALLO	ACCIÓN CORRECTIVA	SITUACIÓN MEJORADA				CALIFICACION IPR	RESPONSABLE
					NUEVA GRAVEDAD	NUEVA FRECUENCIA	NUEVA DETECTABILIDAD	NUEVO IPR		
Telares	7	Resortes dañados	Desgaste por falta de lubricación	Lubricar los resortes en períodos establecidos	3	3	2	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	8	Lanzaderas averiadas	Inadecuada calibración. Rotura de rodajes por falta de lubricación	Ajuste y tensión adecuada. Ajustar lanzaderas	3	2	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	9	Manga doblada	Desgaste de resortes de lanzadera por actividad	Lubricación de resortes	2	2	3	12	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	10	Ruedas cónicas dañadas	Falta de calibración	Ajustar y cambio ruedas	3	2	2	12	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	11	Rotura de cadena	Desgaste por actividad	Limpieza y cambio de la cadena	3	2	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	12	Rotura de fajas	Desgaste por actividad	Ajustar faja	4	3	3	36	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 78. AMEF mejorado del telar 36 - Parte 1

EQUIPO O MÁQUINA	FALLAS POTENCIALES		SITUACIÓN MEJORADA							
	MODO DE FALLO	CAUSA DEL MODO DE FALLO	ACCIÓN CORRECTIVA	NUEVA GRAVEDAD	NUEVA FRECUENCIA	NUEVA DETECTABILIDAD	NUEVO IPR	CALIFICACION IPR	RESPONSABLE	
Telares	1	Body malogrado	Desgaste de rodaje por falta de lubricación y acumulación de cintas	Lubricar rodajes periódicamente. Limpieza o retiro de cintas	2	2	3	12	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico y Operario, respectivamente
	2	Escuadra dañada	Desgaste de ruedas por falta de engrase	Limpieza y engrase de ruedas.	2	2	3	12	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	3	Falla en rodillos de embobinado de tela	Pernos en mal estado y desajustados	Ajustar periódicamente los pernos y engrasarlos	3	2	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
			Rotura y desgaste de piñones por actividad	Cambiar piñones periódicamente	3	2	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	4	Falla de motor	Desgaste de rodamientos por fatiga y falta de lubricación	Lubricar y cambio de rodamientos	3	2	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	6	Frenos dañados	Desgaste por falta de lubricación	Ajustar frenos	2	2	3	12	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 79. AMEF mejorado del telar 36 - Parte 2

EQUIPO O MÁQUINA	FALLAS POTENCIALES		SITUACIÓN MEJORADA							
	MODO DE FALLO	CAUSA DEL MODO DE FALLO	ACCIÓN CORRECTIVA	NUEVA GRAVEDAD	NUEVA FRECUENCIA	NUEVA DETECTABILIDAD	NUEVO IPR	CALIFICACION IPR	RESPONSABLE	
Telares	7	Resortes dañados	Desgaste por falta de lubricación	Lubricar los resortes en períodos establecidos	3	2	2	12	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	8	Lanzaderas averiadas	Inadecuada calibración. Rotura de rodajes por falta de lubricación	Ajuste y tensión adecuada. Ajustar lanzaderas	3	2	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	9	Manga doblada	Desgaste de resortes de lanzadera por actividad	Lubricación de resortes	2	2	3	12	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	10	Ruedas cónicas dañadas	Falta de calibración	Ajustar y cambio ruedas	3	2	2	12	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	11	Rotura de cadena	Desgaste por actividad	Limpieza y cambio de la cadena	3	2	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	12	Rotura de fajas	Desgaste por actividad	Ajustar faja	3	3	3	27	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 80. AMEF mejorado del telar Leno

EQUIPO O MÁQUINA	FALLAS POTENCIALES		SITUACIÓN MEJORADA							
	MODO DE FALLO	CAUSA DEL MODO DE FALLO	ACCIÓN CORRECTIVA	NUEVA GRAVEDAD	NUEVA FRECUENCIA	NUEVA DETECTABILIDAD	NUEVO IPR	CALIFICACION IPR	RESPONSABLE	
Telar Leno	1	Lanzaderas averiadas	Inadecuada calibración. Rotura de rodajes por falta de lubricación	Ajuste y tensión adecuada. Ajustar lanzaderas	4	2	3	24	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	2	Rotura de leva	Desgaste por falta de lubricación	Lubricación	3	3	2	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	3	Falla en rodillos de embobinado de tela	Pernos en mal estado y desajustados	Ajustar periódicamente los pernos y engrasarlos	3	2	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
			Rotura y desgaste de piñones por actividad	Cambiar piñones periódicamente	3	2	3	18	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	4	Rotura de varillas	Mala regulación y falta de lubricación	Ajustar periódicamente la varilla	3	2	2	12	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico
	5	Body dañado	Desgaste de rodaje por falta de lubricación y acumulación de cintas	Limpieza y cambio de rodamiento. Limpieza o retiro de cintas	2	2	3	12	Riesgo de Falla Bajo	Técnico Mecánico y Operario, respectivamente

Fuente: Atlántica S.R.L.

3.2.2. Plan de actividades

A continuación, en las siguientes tablas se presentarán el plan de actividades de cada máquina crítica, el cual contiene los materiales y herramientas a utilizar, el encargado de realizar esa actividad y el tiempo que demora.

Tabla 81. Plan de actividades de la máquina extrusora

EQUIPO	ACTIVIDAD	MATERIALES	HERRAMIENTAS	PERÍODO	PERSONAL	CONDICIÓN DE MÁQUINA
Extrusora	Lubricación y cambio de rodajes	Lubricante, rodajes, trapo industrial	Torno, esmeril, micrómetro, trapo industrial	Mensual	Técnico Mecánico	Máquina parada
	Limpieza periódica a los filtros	Trapo industrial, lubricante	Llaves, taladro y guantes	Mensual	Técnico Mecánico	Máquina parada
	Cambio de mangueras	Trapo industrial, mangueras	Taladro y llaves	Trimestral	Técnico Mecánico	Máquina parada
	Limpieza con la Purga a la matriz	Trapo industrial, Purga	Llave hexagonal, espátula de bronce	Semanal	Técnico Mecánico	Máquina parada
	Capacitación al operario	Folletos, lapicero, folder, hojas bond	-	Anual	Supervisor de planta	-
	Cambio periódico de cuchillas	Cuchillas	Llave hexagonal y destornillador plano	Semanal	Técnico Mecánico	Máquina parada

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 82. Plan de actividades de la máquina telares – Parte 1

EQUIPO	ACTIVIDAD	MATERIALES	HERRAMIENTAS	PERÍODO	PERSONAL	CONDICIÓN DE MÁQUINA
Telares	Lubricación de rodamientos	Trapo industrial, aceite lubricante	Llaves hexagonal, plano mecánico	Mensual	Técnico Mecánico	Máquina parada
	Limpieza y engrase de ruedas	Trapa, grasa industrial	Llaves hexagonal	Semanal	Técnico Mecánico	Máquina parada
	Limpieza periódica	Trapo industrial	Llaves mixta	Semanal	Técnico Mecánico	Máquina parada
	Ajustar periódicamente los pernos y engrasarlos	Pernos, trapo y grasa industrial	Llave allen 6 mm y llave mixta	Mensual	Técnico Mecánico	Máquina parada
	Ajustar frenos	Trapo industrial	Llave allen 4mm	Semanal	Técnico Mecánico	Máquina parada

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 83. Plan de actividades de la máquina telares – Parte 2

EQUIPO	ACTIVIDAD	MATERIALES	HERRAMIENTAS	PERÍODO	PERSONAL	CONDICIÓN DE MÁQUINA
Telares	Cambio de rodamiento de los bodys	Trapo industrial, grasa, rodamientos	Llave hexagonal N° 5	Mensual	Técnico Mecánico	Máquina parada
	Lubricación de rodamientos	Trapo industrial, aceite lubricante	Llaves hexagonal, plano mecánico	Mensual	Técnico Mecánico	Máquina parada
	Ajuste y tensión adecuada	Trapo industrial	Llave allen y llave mixta	Semanal	Técnico Mecánico	Máquina parada
	Ajustar lanzaderas	Trapo industrial	Llave allen de 4 y 5 mm	Semanal	Técnico Mecánico	Máquina parada
	Lubricar resortes	Trapo industrial y aceite de lubricación	Llaves hexagonal	Mensual	Técnico Mecánico	Máquina parada
	Ajustar frenos	Trapo industrial	Llave allen 4 mm	Semanal	Técnico Mecánico	Máquina parada
	Ajustar ruedas	Trapo industrial	Llave hexagonal	Semanal	Técnico Mecánico	Máquina parada
	Cambio de ruedas	Trapo industrial, ruedas	Llaves allen de 4 y 5 mm, guantes y	Trimestral	Técnico Mecánico	Máquina parada
	Limpieza y cambio de la cadena	Trapo industrial, grasa, cadena	Llaves varios, alicate, martillo y guantes	Trimestral	Técnico Mecánico	Máquina parada
	Ajustar la faja	Trapo industrial	Llaves varios, guantes	Mensual	Técnico Mecánico	Máquina parada
	Calibrar frenos	Trapo industrial, Purga	Llave allen 3 mm	Diario	Técnico Mecánico	Máquina parada

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 84. Plan de actividades de la máquina telar Leno

EQUIPO	ACTIVIDAD	MATERIALES	HERRAMIENTAS	PERÍODO	PERSONAL	CONDICIÓN DE MÁQUINA
Telares Leno	Lubricación de rodamientos	Trapo industrial, aceite lubricante	Llaves hexagonal, plano mecánico	Mensual	Técnico Mecánico	Máquina parada
	Ajuste y tensión adecuada	Trapo industrial	Llave allen y llave mixta	Semanal	Técnico Mecánico	Máquina parada
	Lubricar periódicamente	Aceite lubricante, trapo industrial	Llaves hexagonal, guantes, martillo	Trimestral	Técnico Mecánico	Máquina parada
	Ajustar y engrasar pernos	Trapo industrial y grasa	Llave allen 6 mm y llave mixta	Mensual	Técnico Mecánico	Máquina parada
	Ajustar varilla	Trapo industrial	Llaves hexagonal,	Semanal	Técnico Mecánico	Máquina parada
	Limpieza y cambio de rodamiento de los bodys	Trapo industrial, grasa, rodamientos	Llave hexagonal	Mensual	Técnico Mecánico	Máquina parada
	Retirar cintas sobrantes	Guantes	Llaves varios	Diario	Operario de mantenimiento	Máquina parada

Fuente: Atlántica S.R.L.

3.2.3. Cronograma de actividades

Conjunto de tareas preventivas a realizar en la empresa con el fin de cumplir con los objetivos establecidos anteriormente. Es necesario considerar 3 tipos de actividades:

- Las actividades rutinarias, es decir las que se realizan a diario
- Las actividades programadas que se realizan a lo largo del año.
- Las actividades que se realizan durante las paradas programadas.

A continuación, se presentarán los cronogramas establecidos para elaborar el plan de mantenimiento de cada maquinaria.

LEYENDA	
A	Anual
T	Trimestral
M	Mensual
S	Semanal
D	Diario

Tabla 85. Cronograma de actividades de mantenimiento de la máquina extrusora

MÁQUINA	ACTIVIDAD	MES																																																			
		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Extrusora	Lubricación y cambio de rodajes	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M			
	Limpieza periódica a los filtros		M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M		
	Cambio de mangueras							T												T																																	
	Limpieza con Purga a la matriz	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	Capacitación del operario	A																																																			
	Cambio periódico de cuchillas	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 86. Cronograma de actividades de mantenimiento de la máquina telares – Parte 1

MÁQUINA	ACTIVIDAD	MES																																																			
		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Telares	Lubricar rodajes	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M			
	Limpeza y engrase de ruedas	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	Limpeza periódica	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	Ajustar periódicamente los pernos y engrasarlos			M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M	
	Ajustar frenos	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 87. Cronograma de actividades de mantenimiento de la máquina telares - Parte 2

MÁQUINA	ACTIVIDAD	MES																																																			
		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Telares	Cambio de rodamiento de los bodys	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M			
	Lubricación de rodamientos		M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M						
	Ajuste y tensión adecuada	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S				
	Ajustar lanzaderas	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S				
	Lubricación de resortes		M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M										
	Ajustar frenos	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S				
	Ajustar ruedas	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S				
	Cambio de ruedas				T												T												T												T												
	Limpieza y cambio de la cadena						T														T																								T								
	Ajustar la faja	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M							
Calibrar frenos	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D					

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 88. Cronograma de actividades de mantenimiento de la máquina telar Leno

MÁQUINA	ACTIVIDAD	MES																																																							
		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE											
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
Telar Leno	Lubricar rodamientos		M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M		
	Ajuste y tensión adecuada	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S								
	Lubricación	T																																																							
	Ajustar y engrasar pernos		M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M						
	Ajustar varilla	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S								
	Limpieza y cambio de rodamiento de los bodys	M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M							
	Retirar cintas sobrantes	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D				

Fuente: Atlántica S.R.L.

3.2.4. Nuevos Indicadores de Mantenimiento

En la Tabla 89 se presenta un cuadro resumen de las horas necesarias para ejecutar el plan de mantenimiento preventivo en la Extrusora y Telares.

Tabla 89. Tiempo de paro programado para el mantenimiento de la maquinaria

MÁQUINA	ACTIVIDADES	MINUTOS POR ACTIVIDAD	MINUTOS AL AÑO	HORAS AL AÑO
EXTRUSORA	Lubricación y cambio de rodajes	90	1 080	18
	Limpieza periódica a los filtros	90	1 080	18
	Cambio de mangueras	90	360	6
	Limpieza con la Purga a la matriz	20	960	16
	Cambio periódico de cuchillas	50	2 400	40
TELARES	Cambio de rodamiento de los bodys	30	360	6
	Lubricación de rodamientos	35	420	7
	Ajuste y tensión adecuada	10	480	8
	Ajustar lanzaderas	15	720	12
	Lubricar resortes	15	180	3
	Ajustar frenos	15	720	12
	Ajustar ruedas	15	720	12
	Cambio de ruedas	45	180	3
	Limpieza y cambio de la cadena	60	240	4
	Ajustar la faja	15	180	3
	Calibrar frenos	15	4 860	81
	Lubricar periódicamente	45	180	3
	Ajustar y engrasar pernos	15	180	3
	Ajustar varilla	15	720	12
	Limpieza y cambio de rodamiento de los bodys	30	360	6
	Retirar cintas sobrantes	10	3 240	54
TOTAL		725	19 620	327

Fuente: Atlántica S.R.L.

En la Tabla 90 se muestra los tiempos de paro programado por mantenimiento para las 7 máquinas críticas.

Tabla 90. Tiempo de paro programado por máquina crítica

MÁQUINA	TIEMPO TOTAL DE PARO PROGRAMADO ANUAL (h)
Extrusora 1	98
Extrusora 2	98
Telar #1	229
Telar #11	229
Telar #16	229
Telar #36	229
Telar Leno	93
TOTAL	1 205

Fuente: Atlántica S.R.L.

A. TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (TTO)

En la siguiente tabla se muestra el nuevo tiempo total de operación (TTO) de cada máquina crítica, aplicando el plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 91. Nuevo Tiempo Total de Operación

MÁQUINAS	TIEMPO TOTAL PROGRAMADO PARA PRODUCIR (h)	TIEMPO PARA RESTAURAR - TTR (h)	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN - TTO (h)
Extrusora 1	7 776	98	7 678
Extrusora 2	7 776	98	7 678
Telar #1	7 776	229	7 547
Telar #11	7 776	229	7 547
Telar #16	7 776	229	7 547
Telar #36	7 776	229	7 547
Telar Leno	7 776	93	7 683

Fuente: Atlántica S.R.L.

B. TIEMPO MEDIO PARA RESTAURAR (MTTR)

En la Tabla 92 se presenta el nuevo tiempo medio para restaurar de cada máquina crítica aplicando el plan de mantenimiento preventivo; obteniendo como resultado una disminución de un 79% con respecto al MTTR anterior.

Tabla 92. Nuevo Tiempo Medio para Restaurar

MÁQUINAS	TIEMPO PARA RESTAURAR - TTR (h)	Nº FALLAS	TIEMPO MEDIO PARA RESTAURAR - MTTR (h) (ANTERIOR)	TIEMPO MEDIO PARA RESTAURAR - MTTR (h)
Extrusora 1	98	154	5,27	0,64
Extrusora 2	98	130	5,27	0,75
Telar #1	229	457	1,67	0,50
Telar #11	229	432	1,42	0,53
Telar #16	229	408	1,29	0,56
Telar #36	229	410	2,23	0,56
Telar Leno	93	425	1,14	0,22
PROMEDIO	172,14	345,14	2,61	0,54

Fuente: Atlántica S.R.L.

C. TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS (MTBF)

En la siguiente tabla se presenta el nuevo tiempo medio entre fallas de cada máquina crítica aplicando el plan de mantenimiento preventivo; obteniendo como resultado el aumento del 7,3% con respecto al MTBF anterior.

Tabla 93. Nuevo Tiempo Medio entre Fallas

MÁQUINAS	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN - TTO (h)	Nº FALLAS	TIEMPO MEDIO ENTRE FALLA - MTBF (h) (ANTERIOR)	TIEMPO MEDIO ENTRE FALLA - MTBF (h)
Extrusora 1	7 678	154	45,22	49,86
Extrusora 2	7 678	130	54,54	59,06
Telar #1	7 547	457	15,35	16,51
Telar #11	7 547	432	16,58	17,47
Telar #16	7 547	408	17,77	18,50
Telar #36	7 547	410	16,74	18,41
Telar Leno	7 683	425	17,16	18,08
PROMEDIO	7 603,86	345,14	26,19	28,27

Fuente: Atlántica S.R.L.

D. CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD

En la Tabla 94 y Tabla 95 se presenta la nueva confiabilidad y disponibilidad respectivamente de cada máquina crítica aplicando el plan de mantenimiento preventivo; obteniendo como resultado el aumento del 6,59% con respecto a los valores anteriores.

Tabla 94. Nueva Confiabilidad

MÁQUINAS	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN - TTO (h)	TIEMPO TOTAL PROGRAMADO PARA PRODUCIR (h)	CONFIABILIDAD (ANTERIOR)	CONFIABILIDAD
Extrusora 1	7 678	7 776	89,56%	98,74%
Extrusora 2	7 678	7 776	91,18%	98,74%
Telar #1	7 547	7 776	90,20%	97,06%
Telar #11	7 547	7 776	92,13%	97,06%
Telar #16	7 547	7 776	93,25%	97,06%
Telar #36	7 547	7 776	88,25%	97,06%
Telar Leno	7 683	7 776	93,79%	98,80%
PROMEDIO	7 603,86	7 776,00	91,19%	97,79%

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 95. Nueva Disponibilidad

MÁQUINAS	TIEMPO MEDIO ENTRE FALLA - MTBF (h)	TIEMPO MEDIO PARA RESTAURAR - MTTR (h)	DISPONIBILIDAD (ANTERIOR)	DISPONIBILIDAD
Extrusora 1	49,86	0,64	89,56%	98,74%
Extrusora 2	59,06	0,75	91,18%	98,74%
Telar #1	16,51	0,50	90,20%	97,06%
Telar #11	17,47	0,53	92,13%	97,06%
Telar #16	18,50	0,56	93,25%	97,06%
Telar #36	18,41	0,56	88,25%	97,06%
Telar Leno	18,08	0,22	93,79%	98,80%
PROMEDIO	28,27	0,54	91,19%	97,79%

Fuente: Atlántica S.R.L.

3.2.5. Nueva Utilidad No Percibida

Con la producción ideal y las horas programadas de mantenimiento del plan propuesto se obtiene la nueva utilidad no percibida, la cual es de S/18 861,90 que equivale a 62 873 sacos en el tiempo establecido. Con estos datos se podrá obtener la variación porcentual entre la antigua utilidad y la nueva.

Tabla 96. Producción Ideal de la Extrusora

PRODUCCIÓN IDEAL		
m/h	m/mes	unidad/mes
11 400	6 566 400	375 223

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 97. Antigua y Nueva Utilidad no Percibida

MES	ANTERIOR		NUEVA	
	CANTIDAD NO PRODUCIDA (sacos/mes)	UTILIDAD NO PERCIBIDA	CANTIDAD NO PRODUCIDA (sacos/mes)	UTILIDAD NO PERCIBIDA
Agosto	47 203	S/14 160,90	11 458,00	S/3 437,40
Septiembre	74 189	S/22 256,70	4 411,00	S/1 323,30
Octubre	145 756	S/43 726,80	26 142,00	S/7 842,60
Noviembre	118 007	S/35 402,10	4 393,00	S/1 317,90
Diciembre	87 371	S/26 211,30	16 469,00	S/4 940,70
TOTAL	472 526	S/141 757,80	62 873,00	S/18 861,90

Fuente: Atlántica S.R.L.

De los datos mostrados en las tablas anteriores, se obtiene como resultado que se recuperaría un 87% de las pérdidas económicas totales lo cual representa S/122 895,90 y a su misma vez 409 654 sacos.

3.3. Análisis Costo – Beneficio

En las siguientes tablas se observa los nuevos costos totales con la mejora, sabiendo que la cantidad que se deja de percibir con la mejora es menos que la actual.

A los útiles de oficina como lapiceros, correctores, engrapador, folders, reglas, entre otras cosas que sean necesarias para la ejecución del plan de mantenimiento, se le colocó un monto de S/50,00 para cualquier imprevisto que suceda y necesite el área encargada de estas compras, que en este caso es el área de administración de la empresa.

Tabla 98. Costos de Materiales de Oficina

MATERIALES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Útiles de Oficina	-	-	S/50,00
Papel Bond A4 (millar)	15	S/12,00	S/180,00
Archivador	3	S/24,00	S/72,00
TOTAL			S/302,00

Fuente: Atlántica S.R.L.

Según las cantidades que se necesitarán anualmente saldría un total de S/35 198,00.

Tabla 99. Repuestos y materiales anuales de la extrusora

REPUESTOS Y MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Rodamientos	unidad	12	S/30,00	S/360,00
Lubricante	galón	5	S/110,00	S/550,00
Cuchillas	caja x 150	80	S/35,00	S/2 800,00
Grasa (SKF)	galón	8	S/160,00	S/1 280,00
Purga	kg	12	S/4,50	S/54,00
Trapo industrial	m	80	S/3,50	S/280,00
Mangueras	unidad	4	S/90,00	S/360,00
TOTAL				S/5 684,00

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 100. Repuestos y materiales anuales de cada telar

REPUESTOS Y MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Rodamientos	unidad	48	S/30,00	S/1 440,00
Lubricante	galón	8	S/110,00	S/880,00
Grasa (SKF)	galón	8	S/160,00	S/1 280,00
Pernos socket	caja	4	S/20,00	S/80,00
Aceite de lubricación	galón	10	S/70,00	S/700,00
Purga	kg	8	S/4,50	S/36,00
Trapo industrial	m	100	S/3,50	S/350,00
TOTAL				S/4 766,00

Fuente: Atlántica S.R.L.

Tabla 101. Costos totales anuales de repuestos y materiales

MÁQUINA	TOTAL
Extrusora 1	S/5 684,00
Extrusora 2	S/5 684,00
Telar N° 1	S/4 766,00
Telar N° 11	S/4 766,00
Telar N° 16	S/4 766,00
Telar N° 28 - Leno	S/4 766,00
Telar N° 36	S/4 766,00
TOTAL	S/35 198,00

Fuente: Atlántica S.R.L.

El costo de mano de obra anual sería S/72 000 ya que según el plan las actividades la mayor parte de actividades la realiza un Técnico Mecánico, entonces se propondría contratar a 3 Técnicos Mecánicos y un Soldador, los cuales tendrían un sueldo de S/1 500 cada uno. Cabe resaltar que también estos se apoyarán de los operarios encargados de cada telar.

Tabla 102. Costos totales de mano de obra

TRABAJADOR	COSTO MENSUAL	COSTO ANUAL
Técnico Mecánico 1	S/1 500,00	S/18 000,00
Técnico Mecánico 2	S/1 500,00	S/18 000,00
Técnico Mecánico 3	S/1 500,00	S/18 000,00
Soldador	S/1 500,00	S/18 000,00
TOTAL		S72 000,00

Fuente: Atlántica S.R.L.

En la Tabla 103 se muestran los costos de capacitación que se propuso en el plan de mantenimiento. En este caso la capacitación principalmente será para cada operario que se encarga de la máquina crítica en los tres turnos que se trabaja (en este caso son 15 operarios de telares y 6 operarios de extrusoras), para el jefe de mantenimiento, los 3 técnicos mecánicos y el soldador.

Tabla 103. Costos totales de capacitación

DESCRIPCIÓN	PRECIO	N° DE CAPACITACIONES	N° DE PERSONAS	SUBTOTAL
Capacitación en RCM con fines de aplicación	S/1 000,00	1	26	S/1 000,00
Material de escritorio	S/20,00	4	-	S/80,00
Capacitación en cursos técnicos	S/1 800,00	3	26	S/5 400,00
Viáticos de los operarios	S/15,00	4	26	S/1 560,00
Viáticos capacitador	S/20,00	4	1	S/80,00
Catering	S/270,00	4	-	S/1 080,00
	TOTAL			S/9 200,00

Fuente: Atlántica S.R.L.

- **Capacitación en RCM con fines de aplicación:** Se sugiere una capacitación de la metodología RCM que está en el plan de mantenimiento. Las competencias a lograr son el desarrollo la metodología RCM para la optimización del plan de mantenimiento, elaborar estrategias para la identificación y solución de fallas.
- **Material de escritorio:** Adquisición de lapiceros, lápiz, cuadernos, folders, etc., para poder realizar las capacitaciones.
- **Capacitador:** Persona externa con conocimientos sobre cursos técnicos, capacitado para enseñar cómo ejecutar tareas u operaciones, cambios solicitados para que los activos de la empresa puedan cumplir su función.
- **Capacitación en cursos técnicos:** Las capacitaciones estarán relacionadas a interpretación de manuales e instructivos de equipos, procedimientos de mantenimiento preventivo, al uso y reparación de máquinas eléctricas, y a la detección y análisis de fallas mecánicas.
- **Viáticos de los operarios:** Se le reconocerá un monto establecido de pasajes, ya que la capacitación serían los domingos, por el motivo de que ese día no se labora en la planta.

En la Tabla 104 se muestra el costo total del plan de mantenimiento que se propuso, siendo un total de S/116 700,00.

Tabla 104. Costo Total del Plan de Mantenimiento

ITEMS	COSTOS
Mano de obra	S/72 000,00
Materiales y repuestos	S/35 198,00
Capacitaciones	S/9 200,00
Materiales de oficina	S/302,00
TOTAL	S/116 700,00

Fuente: Atlántica S.R.L.

Finalmente, el beneficio de la propuesta de plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para la empresa Atlántica S.R.L., es reducir tiempos y costos que se tenían al realizar un mantenimiento no programado a las maquinarias, el cual representa un S/1,48, lo que quiere decir que por cada S/1,00 invertido la empresa gana S/0,48.

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} = \frac{S/173\ 006,30}{S/116\ 700,00} = S/1,48$$

IV. CONCLUSIONES

1. Conforme con los resultados del diagnóstico de la situación actual de la empresa ATLÁNTICA S.R.L., se precisó que existen máquinas que presentan una serie de fallas. Se determinó las máquinas críticas de la empresa con ayuda del análisis de criticidad; además de los tiempos de inoperatividad y los costos de reparación. Esta herramienta se apoya con el árbol de fallas que se hizo de cada maquinaria crítica, donde se determinó sus causas respectivas. Las máquinas críticas son las 2 extrusoras de las cuales las fallas principales son bobinadoras dañadas que representa un 50,18% y portanavajas dañadas que representa un 21,35% del tiempo total de reparación de la máquina extrusora; y los telares (#1, #11, #16, #36 y #28) de las cuales las fallas principales son las lanzaderas averiadas que representan un 18,53%, mientras que la rotura de fajas representa un 15,26% del tiempo total de reparación de los telares.
2. Empleando la metodología del RCM, se utilizó la herramienta de Análisis Modo y Efectos de Falla (AMEF), el cual ayudó a determinar las acciones correctivas para cada falla de cada máquina crítica; además se elaboró una hoja de decisión para las máquinas críticas, ayudando a definir el intervalo de tiempo y el responsable para cada actividad propuesta. Con esta metodología se redujo el MTTR en un 79%, además se aumentó el MTBF en un 7,3% y finalmente se aumentó la Confiabilidad y Disponibilidad en un 6,59%. Con el plan de mantenimiento preventivo propuesto se recupera un 87% de las pérdidas económicas totales, lo cual representa S/ 122 895,90.
3. Finalmente, en el análisis costo – beneficio se aprecia que, la implementación del plan de mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad tendría un costo total de 116 700,00 soles, lo cual repercutirá positivamente en una reducción de 33% del costo total de mantenimiento, brindando S/0,48 de beneficio por cada S/1,00 invertido.

V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda para futuras investigaciones en esta área realizar RBM (Mantenimiento Basado en Riesgo), Mantenimiento Predictivo (con el uso de la tecnología como el caso del Analizador de Vibraciones, el uso de la Termografía y el Análisis de Lubricación).

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] P. Salama, «Industrialización y desindustrialización temprana,» *Cuadernos de Economía*, vol. 31, n° 56, 2012.
- [2] S. Duffuaa, A. Raouf y J. D. Campbell, *Sistemas de Mantenimiento: Planeación y Control*, México: Limusa Wiley, 2009.
- [3] H. Mosqueira Arce, «DISEÑO DE SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO PARA INDUSTRIA DE PLÁSTICOS - PROCOMSAC - EN CHICLAYO,» 2016. [En línea]. Available: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/2966/TESIS%20MAESTRIA%20HERN%C3%81N%20MOSQUEIRA%20ARCE.pdf?sequence=1&isAllowed=y..> [Último acceso: 16 julio 2019].
- [4] Montero, Urrego y Acosta, «Informe del arroz,» MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO, Lima, 2017.
- [5] P. Viveros, R. Stegmaier, F. Kristjanpoller, L. Barbera y A. Crespo, «Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo,» *Ingeniare*, vol. 21, n° 1, pp. 125-138, 2013.
- [6] D. Mesa, Y. Ortíz y M. Pinzón, «La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento,» *Scientia et Technica*, n° 30, 2013.
- [7] J. P. Diestra, L. Esquivel y R. Guevara, «Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad,» *Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, vol. 4, 2017.
- [8] M. A. Gonzales Alvarado, «Mantenimiento centrado en la confiabilidad aplicado al sistema hidráulico de la planta generadora Huaji de Cobee,» *Journal Boliviano de Ciencias*, vol. 11, n° 35, 2015.
- [9] W. S. Llamba Farinango, «Elaboración del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) de la central hidráulica Illuchi N° 2,» 2014. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8443/1/AC-ESPEL-EMI-0256.pdf>. [Último acceso: 24 Junio 2019].
- [10] O. García Palencia, *Gestión moderna del mantenimiento industrial: principios fundamentales*, Bogotá: Ediciones de la U, 2012.
- [11] C. Boero, *Mantenimiento Industrial*, Córdoba: Editorial Científica Universitaria, 2012.
- [12] S. García, *Ingeniería del Mantenimiento*, Madrid: Renovetee, 2014.

- [13] F. Gómez De León, Tecnología del mantenimiento industrial, Murcia: EDITUM, 1998.
- [14] L. Torres, Mantenimiento: su implementación y gestión, Argentina: Universitas, 2005.
- [15] M. Parkin y E. Loría, Microeconomía, México: Pearson, 2010.
- [16] J. Amendola, Gestión de proyectos de activos industriales, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia , 2003.
- [17] A. Smith y G. Hinchcliffe, RCM: Gateway To World Class Maintenance, USA: Elsevier, 2004.
- [18] ENGINEERING SOCIETY FOR ADVANCING, «Norma SAE JA1011, criterios de evaluación para procesos de mantenimiento centrado en confiabilidad,» 1999.
- [19] C. Parra Márquez y A. Crespo Márquez, Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos, Sevilla: Ingeman, 2012.
- [20] L. Cuatrecasas Arbós, TPM: hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción, Barcelona: Gestión, 2000.
- [21] S. García Garrido, Organización y gestión integral de mantenimiento : manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial, Madrid: Díaz de Santos, 2003.
- [22] PEMEX, «Metodología Análisis de Criticidad (AC),» Aprendizaje Virtual, México, 2004.
- [23] Centro de Recursos del Departamento de Seguros de Texas, «El Análisis de Fallas con Diagramas de Árbol,» *TDI/DWC*, 2006.
- [24] M. Bestratén Bellovi, M. Orriols Ramos y C. Mata París, «NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE,» *Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España*, 2004.
- [25] D. Hernández Morfín, «ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LAS FALLAS POTENCIALES APLICADO A UN CASO DE ESTUDIO,» Tesis de Maestría, México D.F., 2005.
- [26] J. Moubray, Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, Industrial Press Inc., 2004.
- [27] L. Martínez, Organización y planificación de sistemas de mantenimiento, Caracas, Venezuela: Instituto Superior de Investigaciones y Desarrollo, 2007.

Anexo 3. Costos unitarios por reparación

MÁQUINAS	TIPO DE FALLA	N° DE FALLAS	COSTO POR REPARACIÓN	COSTO TOTAL	COSTO DE REPARACIÓN POR MÁQUINA
EXTRUSORA	Bobinadoras dañadas	52	S/52,00	S/2 704,00	S/5 194,00
	Filtro averiado	11	S/130,00	S/1 430,00	
	Matriz obstruida	17	S/2,50	S/42,50	
	Portanavaja dañada	59	S/2,50	S/147,50	
	Picadora averiada	15	S/58,00	S/870,00	
TELARES	Body malogrado	19	S/21,50	S/408,50	S/15 704,50
	Escuadra dañada	21	S/3,50	S/73,50	
	Falla en los rodillos de embobinado	25	S/54,00	S/1 350,00	
	Falla de motor	18	S/46,50	S/837,00	
	Frenos dañados	36	S/4,50	S/162,00	
	Lanzaderas averiadas	61	S/51,00	S/3 111,00	
	Manga doblada	14	S/3,50	S/49,00	
	Pernos en mal estado	46	S/32,50	S/1 495,00	
	Resortes dañados	37	S/64,00	S/2 368,00	
	Rueda cónica dañada	16	S/6,00	S/96,00	
	Rotura de cadena	13	S/5,00	S/65,00	
	Rotura de fajas	67	S/21,50	S/1 440,50	
	Rotura de leva	46	S/39,50	S/1 817,00	
Rotura de varillas	38	S/64,00	S/2 432,00		
LAMINADORA	Motor malogrado	9	S/41,00	S/369,00	S/670,00
	Rotura de fajas	14	S/21,50	S/301,00	
IMPRESORA	Mal funcionamiento de tratamiento de corona	9	S/30,50	S/274,50	S/869,50
CONVERTIDORA	Falla eléctrica	17	S/35,00	S/595,00	
	Cuchilla mal calibrada	12	S/2,20	S/26,40	S/1 844,90
	Jalador de uñas en mal estado	4	S/12,50	S/50,00	
	Línea de costura no calibrada	27	S/65,50	S/1 768,50	
BASTILLADORA	Máquina de coser no calibrada	15	S/49,00	S/735,00	S/980,00
	Rotura del hilo	35	S/7,00	S/245,00	
PRENSA	Fallo de bomba hidráulica	4	S/164,00	S/656,00	S/701,00
	Pistón averiado	3	S/12,50	S/37,50	
	Sensor averiado	3	S/2,50	S/7,50	
TOTAL					S/25 963,90

Fuente: Atlántica S.R.L.

Anexo 4. Manual de mantenimiento de extrusora

6.1. Puntos de lubricación:

	Punto de lubricación	Lubricante	DIN 51502	Cantidad	Intervalo
1	Cilindros entregadores	Klüberlub BE 41-542 Fabric. Klüber	-	-	cada 8.000 h
2	Rodillos del mecanismo de retención	Klüberlub BE 41-542 Fabric. Klüber	-	-	cada 8.000 h
3	Rodillos de presión	Klüberlub BE 41-542 Fabric. Klüber	-	-	cada 8.000 h
4	Motor de engranajes de cilindro entregador (1ª entrega)	Aceite para engranajes	CLPHC 320	2,1 litros	cada 25.000 h, min. cada 3 años
5	Motor de engranajes de cilindro entregador (2ª entrega) *	Aceite para engranajes	CLPHC 320	2,1 litros	cada 25.000 h, min. cada 3 años
6	Motor de engranajes de rodillos del mecanismo de retención	Aceite para engranajes	CLPHC 320	2,1 litros	cada 25.000 h, min. cada 3 años
7	Ruedas dentadas	Grasa lubricante	KP 2 K-20	-	engrasar mensualmente
8	Motor de engranajes movimiento alternativo de lámina	-	-	-	lubricado de por vida
9	Cadenas, ruedas de la cadena	Aceite mineral o para máquinas	Viscosidad 50-300 ISO VG a +40°C	-	mensualmente
10	Motor de engranajes tornillo sin fin de llenado *	-	-	-	lubricado de por vida

* opcional

Fuente: Atlántica S.R.L.

Anexo 5. Manual de mantenimiento de la varilla - telar

A		Varilla de válvula			
	Punto de lubricación	Lubricante	DIN 51502	Cantidad	Intervalo
A	Varillas de válvula en unidad central	Klueberlub BE 41-542 Comp. Klueber	-	-	una vez al mes

Fuente: Atlántica S.R.L.







Anexo 6. Manual de mantenimiento - Telares

	Punto de lubricación	Lubricante	DIN 51502	Cantidad	Intervalo
5.1	Cojinetes de eje del motor	Petamo 133 N, marca Klüber	-	-	Cada 25 000 horas de servicio
5.2	Accionamiento movimiento alternativo	-	-	-	Lubricado para toda la vida útil
5.3	Accionamiento de brazo de inserción	Aceite para engranajes	CLP 460	1,4 litros	Cada 16 000 horas de servicio
5.3	Cojinetes de eje del motor	Petamo 133 N, marca Klüber	-	-	Cada 16.000 horas de servicio
5.4	Grupo hidráulico	Aceite hidráulico	HLP 46	25 litros	50 horas de servicio tras la puesta en marcha y posteriormente cada 2 000 horas de servicio (mínimo 1 vez al año)
5.5	Cadena en brazo de inserción	Aceite mineral o de máquina	Viscosidad 50-300 ISO VG a +40 °C	-	Mensualmente
5.6	Rodamiento abridado del rodillo de contacto	Klüberlub BE41-542 Marca Klüber	K 2 N-20	-	Al cabo de 8000 horas de servicio (mín. 1 vez al año)
5.7	Rodamiento abridado del rodillo de avance	Klüberlub BE41-542 Marca Klüber	K 2 N-20	-	Al cabo de 8000 horas de servicio (mín. 1 vez al año)
5.8	Rodamiento abridado del dispositivo de elevación y transferencia	Klüberlub BE41-542 Marca Klüber	K 2 N-20	-	Al cabo de 8000 horas de servicio (mín. 1 vez al año)
5.9	Cremallera en dispositivo de transferencia	Grasa lubricante	KP 2 K-20	-	Mensualmente

Fuente: Atlántica S.R.L.

Anexo 7. Lista de Grasas a utilizar

6.2.2. Grasas:

Designación según DIN 51502	Lubricante						Mobil	
K 2 K-20	Grasa lubricante	Aralub HL2	Energrease LS 2	SPHEEROL EP 2	BEACON 2	Centoplex 2	Mobilux 2	Alvania RL 2
K3K-20	Grasa lubricante	Aralub HL3	Energrease LS 3	Olista Longtime 3	BEACON 3	STABURAGS N 12	Mobilux 3	Alvania RL 3
KP 1 K-20	Grasa lubricante	Aralub HLP 1	Energrease LS-EP 1	Optimol Longtime PD 1	BEACON EP1	Klüberplex BEM 41-141	Mobilkux EP1	Alvania EP 1
KP 2 K-20	Grasa lubricante	Aralub 4034	Energrease LZ	ALV	BEACON EP 2	Centoplex 2 EP	Mobilux EP 2	Alvania EP 2
KP 2 K-30	Grasa lubricante	Aralub HLP 2	Energrease LS-EP 2	Optimol Longtime PD 2	-----	Klüberplex BEM 41-132	Mobilith SHC 220	Naturelle EPB 2
K 3 G-20	Grasa lubricante	Aralub HL3	Energrease LS 3	SPHEEROL AP 3	BEACON 3	STABURAGS N 12	Mobilux 3	Alvania R 3
K 3 N	Grasa lubricante	Aralub 4340	-----	Olista Longtime 3	Unirex N3	STABURAGS N 12	-----	Alvania RL3
GP 00 G-20	Grasa lubricante	-----	-----	CLS-Grease	GREASE TCL 435	Klüberplex GE 11-680	Mobilux EP 004	Alvania GL00

Fuente: Atlántica S.R.L.

Anexo 8. Lista de Lubricantes a utilizar

6.2. Lista de lubricantes:

6.2.1. Aceites:

Designación según DIN 51524	Lubricante						Mobil	
HL10	Acete hidráulico	Vitan UF 10	—	Hyacin AWS 10	SPINNESSO 10	CRUCOLAN 10	Velocity Oil No. 6	Motina Oil 10
HL32	Acete hidráulico	Vitan UF 32	—	Hyacin AWS 32	TERESSO 32	AIRPRESS 32	DTE Oil Light	Motina 32 Tellus Oil 32
HL46	Acete hidráulico	Vitan UF 46	—	Hyacin AWS 46	TERESSO 46	CRUCOLAN 46	DTE Oil Medium	Motina Oil 46
HLP32	Acete hidráulico	Vitan GF 32	Energol HLP HM 32	Hyacin AWS 32	NUTO H 32	LAMORA HLP 32	DTE 24	Tellus Oil 32
HLP46	Acete hidráulico	Vitan GF 46	Energol HLP HM 46	Hyacin AWS 46	NUTO H 46	LAMORA HLP 46	DTE 25	Tellus Oil 46
HLP68	Acete hidráulico	Vitan GF 68	Energol HLP HM 68	Hyacin AWS 68	NUTO H 68	LAMORA HLP 68	DTE 26	Tellus Oil 68
HLP100	Acete hidráulico	Vitan GF 100	Energol HLP HM 100	Hyacin AWS 100	NUTO H 100	Küber Summit SH-100	DTE 27	Tellus Oil 100
CLP68	Acete para engranajes Base de aceite mineral	Degol BG 68	Energol GR-XP 68	ALPHA SP 68	SPARTAN EP 68	Küberoil GEM 1-68 N	Mobilgear 626	Omala Oil 68
CLP100	Acete para engranajes Base de aceite mineral	Degol BG 100	Energol GR-XP 100	ALPHA SP 100	SPARTAN EP 100	Küberoil GEM 1-100 N	Mobilgear 627	Omala Oil 100
CLP150	Acete para engranajes Base de aceite mineral	Degol BG 150	Energol GR-XP 150	ALPHA SP 150	SPARTAN EP 150	Küberoil GEM 1-150 N	Mobilgear 628	Omala Oil 150
CLP220	Acete para engranajes Base de aceite mineral	Degol BG 220	Energol GR-XP 220	ALPHA SP 220	SPARTAN EP 220	Küberoil GEM 1-220 N	Mobilgear 630	Omala Oil 220
CLP320	Acete para engranajes Base de aceite mineral	Degol BG 320	Energol GR-XP 320	ALPHA SP 320	SPARTAN EP 320	Küberoil GEM 1-320 N	Mobilgear 632	Omala Oil 320
CLP460	Acete para engranajes Base de aceite mineral	Degol BG 460	Energol GR-XP 460	ALPHA SP 460	SPARTAN EP 460	Küberoil GEM 1-460 N	Mobilgear 634	Omala Oil 460
CLP680	Acete para engranajes Base de aceite mineral	Degol BG 680	Energol GR-XP 680	ALPHA SP 680	SPARTAN EP 680	Küberoil GEM 1-680 N	Mobilgear 636	Omala Oil 680
CLPPG150	Acete para engranajes sintético	Degol GS 150	Energol SG-XP 150	Alphasyn PG 150	Spartan Synthetic EP 150	Kübersynth GH 6-150	Glygoyle 22	Tivela Oil S150
CLPPG 220	Acete para engranajes sintético	Degol GS 220	Energol SG-XP 220	Alphasyn PG 220	GLYCOLUBE 220	Kübersynth GH 6-220	Glygoyle 30	Tivela Oil S220
CLPPG 320	Acete para engranajes sintético	Degol GS 320	Energol SG-XP 320	Alphasyn PG 320	—	Kübersynth GH 6-320	Glygoyle 320	Tivela Oil S320
CLPPG 460	Acete para engranajes sintético	Degol GS 460	Energol SG-XP 460	Alphasyn PG 460	GLYCOLUBE 460	Kübersynth GH 6-460	Glygoyle 460	Tivela Oil S460
CLPHC 150	Acete para engranajes sintético	Degol PAS 150	Energol HTX 150	Alphasyn T 150	—	Kübersynth GEM 4-150 N	Mobilgear SHC XMP 150	Omala HD 150
CLPHC 220	Acete para engranajes sintético	Degol PAS 220	Energol HTX 220	Alphasyn T 220	—	Kübersynth GEM 4-220 N	Mobilgear SHC XMP 220	Omala HD 220
CLPHC 320	Acete para engranajes sintético	Degol PAS 320	Energol HTX 320	Alphasyn T 320	Spartan Synthetic EP 320	Kübersynth GEM 4-320 N	Mobilgear SHC XMP 320	Omala HD 320
CLPHC 460	Acete para engranajes sintético	Degol PAS 460	Energol HTX 460	Alphasyn T 460	—	Kübersynth GEM 4-460 N	Mobilgear SHC XMP 460	Omala HD 460
CGLP220	Acete de corte	Degol BW 220	Mastomat D 220	Magnaglide D220	FEBIS K 20	LAMORA D 220	Vertra Oil No. 4	Torna Oil T 220

Fuente: Atlántica S.R.L.