

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)
PARA REDUCIR COSTOS DE MANTENIMIENTO EN EL
PROCESO DE FUNDAS DE BANANO EN LA EMPRESA
POLISA SRL**

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

AUTOR

CARLOS ANTONIO CONSTANTINO QUINTANA

ASESOR

MARTHA ELINA TESÉN ARROYO

<https://orcid.org/0000-0002-4366-8516>

Chiclayo, 2021

**PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)
PARA REDUCIR COSTOS DE MANTENIMIENTO EN EL
PROCESO DE FUNDAS DE BANANO EN LA EMPRESA
POLISA SRL**

PRESENTADA POR:
CARLOS ANTONIO CONSTANTINO QUINTANA

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

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Joselito Sánchez Pérez
PRESIDENTE

María Luisa Espinoza García Urrutia
SECRETARIO

Martha Elina Tesén Arroyo
VOCAL

DEDICATORIA

A DIOS:

Por darme salud y vida, por enseñarme que es bella. Él no te dará lo que le pides sino lo que necesitas.

A MIS HIJOS:

Ysabella Giorgiana y Luca Fabiano.
Mis hijos que amo y adoro, el fruto que en el futuro, estoy seguro, me darán satisfacciones.

A MI ESPOSA:

Que amo, y que tuvo la paciencia y la fe en este proyecto, dándome día a día las fuerzas para culminarlo.

A MI MADRE:

Por darme la vida y enseñarme con valores a luchar por lo que yo creo y poder alcanzar mis metas.

A MI ASESORA:

Mgtr, Ing. Martha Tesén Arroyo que fue mi mejor referente profesional.

AGRADECIMIENTO

A mi familia, en especial a mi esposa por apoyarme en todo lo solicitado, para cumplir con los deberes académicos.

A una gran persona en mi camino, Mgtr. Ing. Roberto Ruidías Seminario, por su apoyo incondicional que fue muy importante para poder terminar la carrera con éxito y por sus consejos brindados para el mejor resultado de la misma.

A los catedráticos de ingeniería con quien tuve la oportunidad de compartir experiencias inéditas, aprender y crecer académicamente con sus conocimientos.

A todas las personas que me apoyaron cuanto más necesitaba y su apoyo fue muy valioso para el desarrollo de este proyecto y el cual me complace compartir sus nombres el ing. Javier Penalillo, ing. Jorge Romero y la ing. Nathalia Arbaiza.

INDICE

RESUMEN	13
ABSTRACT	14
I. INTRODUCCIÓN	15
II. MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes	18
2.2. Bases Teórico Científicas	20
2.2.1. Mantenimiento	20
2.2.1.1. Evolución histórica del mantenimiento	20
2.2.1.2. Definición del mantenimiento	21
2.2.1.3. Tipos de mantenimiento	22
2.2.1.4. Mantenimiento preventivo	22
2.2.1.3. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)	23
2.2.1.5. Análisis de criticidad de los equipos	24
2.2.1.6. Confiabilidad	25
2.2.1.6. Indicadores del mantenimiento	27
Overall Equipment Effectiveness (OEE)	28
2.2.2. Costos del mantenimiento	29
III. MATERIALES Y MÉTODOS	32
3.1. Metodología	32
3.1.1. Tipo y nivel de investigación:	32
3.1.2. Diseño de investigación:	32
3.1.3. Población, muestra y muestreo:	32
3.1.3. Operacionalización de variables	33
3.1.4. Técnicas, instrumentos de recolección de datos:	34
3.1.5. Plan de procesamiento y análisis de datos:	34

3.1.6. Resultados esperados:	34
IV. RESULTADOS	36
4.1. Diagnóstico de la situación actual del proceso de mantenimiento de la maquinaria y sus costos de mantenimiento en el proceso de fundas para banano de la empresa Polisa SRL.....	36
4.1.1. La Empresa	36
4.1.1.1. Datos generales	36
4.1.2. Descripción del Sistema productivo	39
4.1.2.1. Productos	39
4.1.2.2. Descripción del Producto	44
4.1.2.3. Sub Productos.....	45
4.1.2.4. Desechos	45
4.1.2.5. Desperdicios.....	46
4.1.2.6. Insumos	46
4.1.3. Descripción del proceso	49
4.1.1. Costos de mantenimiento	54
4.1.2. Actuales indicadores mantenimiento y sus costos.....	91
4.1.3. Análisis y evaluación de la información del proceso.....	110
4.1.4. Overall Equipment Effectiveness (OEE)	111
4.1.5. Análisis de criticidad.....	116
4.1.6. Árbol de fallas.....	119
4.2. Plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM) en proceso de fundas para banano de la empresa Polisa SRL	121
4.2.1. Análisis del modo y los efectos de las fallas (AMEF).....	121
4.2.2. Hoja de información RCM.....	127
4.2.3. Hoja de decisiones RCM	
4.2.4. Propuesta de implementación del área de mantenimiento.....	131

4.2.5.	Propuesta de la política y procedimiento del área de mantenimiento para la empresa Polisa SRL	133
4.2.6.	Propuesta del plan de mantenimiento	137
4.2.7.	Propuesta del cronograma de mantenimiento	142
4.2.8.	Propuesta del Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF)	143
4.2.9.	Nuevos Indicadores de costos de mantenimiento	149
4.2.10.	Cuadro Comparativo de Indicadores	151
4.3.	Análisis costo beneficio de implementar el plan del mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM) de la empresa Polisa SRL	152
4.3.1.	Ahorro económico de las propuestas del plan de mantenimiento.....	152
4.3.2.	Costos del plan de mantenimiento	152
4.3.3.	Análisis Costo Beneficio Anual.....	155
V.	DISCUSIÓN.....	156
VI.	CONCLUSIONES.....	157
VII.	RECOMENDACIONES.....	158
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	159
VII.	ANEXOS:.....	162

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Descomposición de los equipos es sub-grupos	23
Tabla 2. Clasificación del indicador OEE	29
Tabla 3. Cuadro de operacionalización de variables	33
Tabla 4. Resultados esperados de la investigación.....	35
Tabla 5. Datos generales de la empresa	36
Tabla 6. Productos de la empresa POLISA SRL del año 2020.....	43
Tabla 7. Mano de obra de mantenimiento de la empresa.....	46
Tabla 8. Maquinaria utilizada en la producción	48
Tabla 9. Resumen de los costos del mantenimiento del año 2020	54
Tabla 10. Número de fallas de la maquinaria de la empresa Polisa SRL del año 2020.....	55
Tabla 11. Tiempo de demora en contactar al personal de mantenimiento de la empresa Polisa SRL del año 2020 (Parte A)	57
Tabla 12. Tiempo de demora en contactar al personal de mantenimiento de la empresa Polisa SRL del año 2020 (Parte B)	58
Tabla 13. Tiempo de demora en contactar al personal de mantenimiento de la empresa Polisa del año 2020 (Parte C).....	59
Tabla 14. Costo por fallo del año 2020 por fallas del aglomerador	61
Tabla 15. Costo por fallo del año 2020 por fallas del compresor	63
Tabla 16. Costo por fallo del año 2020 por fallas de la extrusora 1.....	64
Tabla 17. Costo por fallo del año 2020 por fallas de la extrusora 2.....	68
Tabla 18. Costo por fallo del año 2020 por fallas de la extrusora 3.....	72
Tabla 19. Costo por fallo del año 2020 por fallas de la flexográfica	76
Tabla 20. Costo por fallo del año 2020 por fallas de la mezcladora 1	79
Tabla 21. Costo por fallo del año 2020 por fallas de la mezcladora 2	80
Tabla 22. Costo por fallo del año 2020 por fallas del molino	81
Tabla 23. Costo por fallo del año 2020 por fallas de la paleteadora	83
Tabla 24. Costo por fallo del año 2020 por fallas de la perforadora.....	84

Tabla 25. Costo por fallo del año 2020 por fallas de la selladora de fondo	86
Tabla 26. Costo por fallo del año 2020 por fallas de la selladora lateral	90
Tabla 27. Tiempo programado para producir del año 2020	91
Tabla 28. Tiempo total en minutos de la operación del año 2020 (Parte A).....	92
Tabla 29. Tiempo total en minutos de la operación del año 2020 (Parte A).....	93
Tabla 30. Porcentaje de disponibilidad del año 2020 (Parte A).....	94
Tabla 31. Porcentaje de disponibilidad del año 2020 (Parte B)	95
Tabla 32. Porcentaje de disponibilidad del año 2020 (Parte C)	96
Tabla 33. Tiempo medio en minutos para reparar la maquinaria del año 2020 (Parte A)	97
Tabla 34. Tiempo medio en minutos para reparar la maquinaria del año 2020 (Parte B)	98
Tabla 35. Tiempo medio en minutos para reparar la maquinaria del año 2020 (Parte C)	99
Tabla 36. Tiempo en minutos medio entre fallas de la maquinaria del 2020 (Parte A).....	100
Tabla 37. Tiempo en minutos medio entre fallas de la maquinaria del 2020 (Parte B)	101
Tabla 38. Confiabilidad de la maquinaria para producción del 2020 (Parte A).....	102
Tabla 39. Confiabilidad de la maquinaria para producción del 2020 (Parte B).....	103
Tabla 40. Costos de mantenimiento del año 2020 (Parte A).....	105
Tabla 41. Costos de mantenimiento del año 2020 (Parte B)	106
Tabla 42. Costos de mantenimiento del año 2020 (Parte C)	107
Tabla 43. Costos de mantenimiento del año 2020 (Parte D).....	108
Tabla 44. Cuadro resumen mensual de los costos subtotales de mantenimiento del año 2020	109
Tabla 45. Cuadro resumen de los costos de mantenimiento del año 2020.....	110
Tabla 46. Cuadro de los 5 porqués	111
Tabla 47. OEE de la empresa Polisa SRL del año 2020 (Parte A).....	112
Tabla 48. OEE de la empresa Polisa SRL del año 2020 (Parte B).....	113
Tabla 49. OEE de la empresa Polisa SRL del año 2020 (Parte C).....	114
Tabla 50. OEE de la empresa Polisa SRL del año 2020 (Parte D).....	115
Tabla 51. Nivel de criticidad de los equipos de la empresa Polisa SRL del año 2020	117

Tabla 52. Tabla de Índices de Gravedad	122
Tabla 53. Tabla de índices de ocurrencia	122
Tabla 54. Tabla de índices de detección.....	123
Tabla 55. Clasificación de fallas según NPR	123
Tabla 56. AMEF de las extrusoras del año 2020	124
Tabla 57. AMEF de la paleteadora del año 2020	126
Tabla 58. Hoja de información del RCM de las máquinas del año 2020.....	127
Tabla 59. Hoja de decisiones del RCM de las máquinas del año 2020.....	130
Tabla 60. Perfil profesional del encargado de mantenimiento	132
Tabla 61. Perfil profesional de los asistentes técnicos de mantenimiento	133
Tabla 62. Propuesta del plan de mantenimiento.....	137
Tabla 63. Cronograma de mantenimiento de las extrusoras	142
Tabla 64. Propuesta del plan de mantenimiento para la paleteadora	143
Tabla 65. AMEF propuesto de las extrusoras	144
Tabla 66. AMEF propuesto de la paleteadora.....	147
Tabla 67. Costo anual de la mano de obra del mantenimiento.....	149
Tabla 68. Aumento de la producción	150
Tabla 69. Costo anual de los repuestos del mantenimiento preventivo	150
Tabla 70. Costos del mantenimiento con los propuestos	151
Tabla 71. Cuadro comparativo de los costos de mantenimiento.....	151
Tabla 72. Aumento de la producción	152
Tabla 73. Costo resumen de los repuestos del mantenimiento preventivo	153
Tabla 74. Cuadro de costos de las capacitaciones.....	154
Tabla 75. Cuadro de costos del área de mantenimiento	154

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de las técnicas del mantenimiento	21
Figura 2. Sistemas y sub-sistemas de mantenimiento.	21
Figura 3. Tipos de mantenimientos.	22
Figura 4. Metodología de análisis de criticidad de los puntos.	25
Figura 5. Relación de MTBF y MTTR	26
Figura 6. Costos de mantenimiento.....	30
Figura 7. Ubicación geográfica de la empresa	37
Figura 8. Organigrama de Polisa SRL	38
Figura 9. Funda para banano	39
Figura 10. Daipa.....	40
Figura 11. Cuello de monja.....	41
Figura 12. Politubo.....	41
Figura 13. Envase para productos agrícolas IQF	42
Figura 14. Productos comerciales	43
Figura 15. Diagrama de Pareto de las ventas de los productos de POLISA SRL.....	44
Figura 16. Diseño de la Funda para banano de la empresa POLISA SRL.....	45
Figura 17. Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) de la funda para banano de la empresa Polisa SRL.....	51
Figura 18. Diagrama de proceso de mantenimiento actual de la empresa Polisa SRL.....	53
Figura 19. Indicadores de mantenimiento del año 2020	104
Figura 20. Altos costos de mantenimiento del año 2020	110
Figura 21. Indicador del OEE del año 2020.....	116
Figura 22. Árbol de fallas de las extrusoras	119
Figura 23. Árbol de fallas de la paleteadora	120
Figura 24. Diagrama de decisiones RCM	129
Figura 25. Organigrama propuesto de la empresa Polisa SRL	131

Figura 26. Diagrama de procedimiento del mantenimiento general 135

RESUMEN

Esta investigación se realizó en la empresa Polisa SRL pertenece al rubro de la industria plástica, el cual tuvo como principal producto la funda para banano. El objetivo principal fue proponer un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Polisa SRL para reducir los costos de mantenimiento. Con el diagnóstico en la empresa, se encontraron problemas ocasionados por las paradas no programadas en los equipos, el cual es originado por la falta de mantenimiento preventivo, esto origina retrasos en la producción. Los costos de mantenimiento en la empresa constan del costo de fallo, costo de mano de obra de mantenimiento y costos de los materiales y repuestos. Por lo que, el costo de mantenimiento actual es de 251 870,05 soles en lo que respecta a 29,9% de las ventas del año 2020. El plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (metodología RCM) consta de un árbol de decisiones de los equipos en estado crítico, luego se realizó un Análisis de Modos y Efectos del Fallo (AMEF), y las acciones a tomar determinadas en el AMEF se ingresan en una hoja de información, para posteriormente ingresar a la hoja de decisiones donde se determinan las acciones del plan de mantenimiento. Con los datos obtenidos se realizó un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, y se determinó un cronograma diferenciando las actividades del técnico de mantenimiento como del técnico eléctrico. También se propuso la implementación del área de mantenimiento constando de un encargado y dos técnicos, y tener una política de mantenimiento con su flujo del proceso para sus labores. Con estas propuestas el costo de mantenimiento se redujo en 74 621,35 soles representando el 29,6% los costos. En el análisis costo beneficio de la propuesta del plan de mantenimiento se obtuvo un índice de 1,14 soles. Con ello se puede indicar que la propuesta es económicamente viable.

PALABRAS CLAVE: Plásticos, Extrusoras, Confiabilidad, Máquinas, Falla.

ABSTRACT

This investigation was carried out in the company Polisa SRL belongs to the category of the plastic industry, whose main product is the banana sheath. The main objective is to propose a preventive maintenance plan in the company Polisa SRL to reduce maintenance costs. This company presented problems due to unplanned shutdowns, and due to lack of maintenance, the time of failures increases due to the delay in contacting the specialized outsourced personnel for the repair of the machines. This company presented problems due to unplanned shutdowns, and due to lack of maintenance, the time of failures increases due to the delay in contacting the specialized outsourced personnel for the repair of the machines. Thus, the current maintenance cost is 251 870,05 soles as compared to 29,9% of sales in 2020. The reliability-focused preventive maintenance plan (RCM methodology) consists of a decision tree, a criticality analysis, a Mode and Effect of Failure Analysis (AMEF) and the RCM decision sheet. This methodology succeeded in proposing a preventive maintenance plan for the company Polisa SRL, a maintenance schedule, It was also proposed the implementation of the maintenance area consisting of a manager and two technicians, in addition to which a maintenance policy and a process flow for its work was proposed. It was also proposed to implement the maintenance area consisting of a manager and two technicians, and to have a maintenance policy with their process flow for their work. With these proposals the maintenance cost was reduced by 74 621,35 soles representing 29,6% of the costs. The cost-benefit analysis of the proposed maintenance plan yielded an index of 1,14 soles. This may indicate that the proposal is economically viable.

KEYWORDS: Plastics, Extruders, Reliability, Machines, Failure.

I. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento industrial es un conjunto sistematizado de procesos con la finalidad de mantener un correcto estado de la maquinaria e instalaciones, garantizando el buen funcionamiento de los procesos productivos. Estas operaciones datan de la Revolución Industrial, debido a que se comenzaron a demandar por un alto desempeño porque las operaciones se hicieron más complejas. [1]

El costo del mantenimiento está relacionado con la cantidad de piezas elaboradas, este costo se sitúa dentro de la empresa como los costos directos variables de producción, y va a depender del volumen de producción, pero se deben situar dentro del 5% al 10% de los ingresos percibidos. Estos costos van a depender directamente de las manos de obra, materiales y repuestos para el mantenimiento. [2]

Para García [3], las empresas manufactureras, deben optimizar sus procesos, para ello deben comenzar con la implementación de normas y procedimientos, estos van a servir como filtro en su proceso de fabricación, ofreciendo productos con mayor calidad, con costos reducidos y ofreciendo una ventaja competitiva dentro del sector al que pertenece.

Entre los sectores de producción, a inicios del año 2019, se expandió la fabricación de productos plásticos en 15,23 %, siendo la tasa más alta después de 58 meses; sumando 0,59 puntos porcentuales al resultado del sector. Este incremento se debe a la mayor producción al aumento de la demanda interna y externa de los países como Estados Unidos, Colombia y El Salvador. [4]

Con respecto a la producción nacional de productos plásticos en el 2018 se expandió en 4,5%, la tasa más alta de crecimiento desde el 2014. Este buen desempeño obedeció a la mayor demanda para obras de construcción, artículos para transporte, envase y embalaje con la finalidad de satisfacer la demanda interna. Asimismo, la demanda externa también impulsó la mayor producción de plásticos al crecer 16,0% respecto a lo registrado en el 2017. En el primer cuatrimestre de 2019, la producción industrial de productos de plásticos creció 4,2% en relación al mismo periodo del año anterior. Esta mayor actividad productiva se explicó principalmente por el incremento de la demanda de insumos plásticos para alimentos, construcción entre otros. [5]

Por lo tanto, para mantener una eficiente gestión del mantenimiento es necesario desarrollarlo bajo alguna técnica, esta nos va a permitir establecer medidas para reducir los costos, lograr un aumento en la calidad del producto, reducir los tiempos muertos y ociosos, prolongar la vida

útil de los equipos, entre otros. Todo esto conduce al aumento de la productividad en el área de mantenimiento. [6]

El RCM o Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad) es una técnica más dentro de las posibles para elaborar un plan de mantenimiento en una instalación industrial y presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas, mejorando la comprensión del funcionamiento del sistema, realizando mejoras en las instalaciones, acciones para la reducción de los fallos, entre otros.

Tal es el caso de la empresa Polisa SRL, empresa donde se realizó la presente investigación, que está ubicada en Yahuar Huaca N° 178, Distrito de la Victoria, en la Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

Polisa SRL es una empresa que inició sus operaciones el 05 de noviembre del 1992 con el RUC 20103510652. Esta empresa pertenece a la industria plástica, la cual en los últimos años se posicionaron en el mercado agrícola (Fundas Para Banano, cintas, empaques de uva).

La empresa Polisa SRL se encuentra en un mercado muy competitivo, debido a que abastece a empresas exportadoras de plátanos, estas se encuentran situadas en el departamento de Piura. Cabe recalcar que la competencia directa de Polisa SRL son del departamento de Lima, por lo tanto, la empresa mantiene una ventaja competitiva por el corto tiempo de entrega.

Si bien se perciben utilidades, la empresa cuenta con problemas de paradas no programadas de producción por fallas en la maquinaria, esto se debe a que no cuentan con un mantenimiento preventivo ni con un área ni personal dedicado a realizar estas actividades. Por lo que sus costos de mantenimiento ascienden a 251 870,05 soles anuales lo que representa un 29,9% de las ventas del año 2020, estando muy por encima del porcentaje máximo (10%) que Valdiviezo [2] en su investigación indica.

Se formula el siguiente problema ¿Mediante la ejecución de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM) reducirá los costos de mantenimiento en el proceso de fundas de banano de la empresa Polisa SRL? El estudio tuvo como objetivo principal proponer un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM) en la empresa Polisa SRL para reducir los costos de mantenimiento y como objetivos específicos realizar el diagnóstico de la situación actual del proceso de mantenimiento de la maquinaria y sus costos de mantenimiento en el proceso de fundas para banano de la empresa Polisa SRL, elaborar el plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM) en proceso de fundas para banano de la empresa Polisa SRL y realizar el análisis costo beneficio de implementar el plan del mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM) de la empresa Polisa SRL

Actualmente todas las empresas se encuentran enfocadas en reducir sus costos para poder mantenerse en el mercado, pero sin comprometer la calidad del producto y/o el nivel de servicio que se brinda. Es por ello, que se incorporó en las actividades diarias el mantenimiento preventivo donde se asegure el correcto funcionamiento de la maquinaria, para garantizar el proceso de producción sin inconvenientes.

La importancia del mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad radica en la enorme necesidad para que las empresas aseguren un trabajo eficiente por parte de la maquinaria. En caso contrario, que no se cuente con un plan de mantenimiento preventivo o que este plan se encuentre con deficiencias en el diseño, los inconvenientes surgen pudiendo ocasionar paradas no programadas en la producción, productos defectuosos, accidentes laborales, entre otros.

Con esta investigación la empresa Polisa SRL pudo reducir los costos innecesarios por concepto de mantenimientos correctivos, reduciendo los tiempos de fallas de los equipos y los tiempos ociosos del personal operativo. Con ello se aumentó la producción de la empresa, lo cual permitió atender a más demanda.

La presente investigación permitió desarrollar todos los conocimientos aprendidos en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, demostrando mi capacidad para optimizar procesos y lograr mejoras que permitan reducir los costos de mantenimiento de la Polisa SRL

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Según Alban [7], en su investigación titulada “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad de las maquinarias en la empresa Construcciones Reyes SRL para incrementar la productividad” en el año 2017, indicó como objetivo general mejorar la confiabilidad de la maquinaria de la empresa y con ello se produjo más y por ende la productividad también aumenta. Para ello se diagnosticaron los puntos críticos y las causas de las fallas de la maquinaria, donde se encontró que en su mayoría es por los desgastes de las piezas y la falta de lubricación de estos, acompañado de la falta de limpieza generando obstrucción en la maquinaria. Para ello se propuso programas de mantenimiento preventivo y predictivo en la maquinaria, teniendo como factor principal un programa de capacitación al personal. Con esto se logró reducir las paradas en un 97,81%, los costos por mantenimientos no programados en un 75,14%, la producción incrementó a 7 153 unidades producidas al año y las ventas incrementaron a S/ 699 401,00 soles anuales. La productividad también aumentó en 0,027 las de MOD, en 0,76 la de insumos y 0,145 la de materia prima. En la evaluación costo beneficio se obtuvo que por cada sol invertido en las propuestas de mejora se obtuvo un beneficio de 0,76 céntimos de ganancia.

Cueva [8], en el 2017 realizó una investigación titulada “Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para mejorar la productividad de la empresa Ersá Transportes Y Servicios SRL”. Se tuvo como objetivo principal aumentar la productividad proponiendo mejoras en el mantenimiento preventivo de la empresa. Se realizó el diagnóstico de la empresa donde se encontró que la empresa Ersá manejaba un mantenimiento correctivo, y el número de paradas es de 98 al año, produciendo 199 horas sin producir, esto trae consigo pérdidas económicas de S/ 79 600 soles anuales, y si se añade los gastos de mano de obra tercerizada del mantenimiento y los costos en repuestos, esta cifra asciende a S/ 100 974 soles anuales. Se realizó un análisis de Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF) y de la criticidad de la maquinaria. Para ello, se propuso un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad y en base a las herramientas utilizadas para el análisis se determinaron actividades adicionales de limpieza para evitar obstrucciones en la maquinaria. Con ello se logró aumentar la disponibilidad en un 16% y

aumentar la productividad total en un 7%. En el estudio económico se obtuvo un valor actual neto de 109 719,15 soles, recuperando su inversión en 1 año y 7 meses.

Para Vásquez [9], en el 2016 en su investigación titulada “Propuesta para aumentar la productividad del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas en la industria metálica Cerinsa E.I.R.L., aplicando el Overall Equipment Effectiveness (OEE)”. Tuvo como objetivo principal aumentar la productividad de la empresa realizando un análisis detallado del OEE, para ello se realizó un diagnóstico de la situación de la empresa Cerinsa E.I.R.L. donde se calculó su producción por hora de 11 cajas porta medidores de energía, adicional a ello se identificaron problemas de baja disponibilidad por la escasa mano de obra del área de mantenimiento, mal rendimiento de las maquinarias y una mala calidad en las operaciones. Para ello se mejoraron las condiciones antes mencionadas y su producción por hora aumentó en 14 unidades producidas. La eficiencia física también aumentó en un 0,46%. El OEE aumentó en un 5,68%, situándose en un rango de bueno. Para estas mejoras se calcula una inversión de S/ 4 900,00 soles obteniendo un beneficio de S/ 6 018,61 soles, con un beneficio costos de 1,22 soles, indicando que por cada sol invertido se gana 0,22 soles, indicando que la propuesta de inversión es factible y viable para la empresa.

Braglia, Casteñano y Gallo [10] en el artículo “A novel operational approach to equipment maintenance: TPM and RCM jointly at work” del año 2018. El propósito de este artículo fue presentar un nuevo enfoque operativo para el mantenimiento de equipos diseñado para aprovechar la naturaleza complementaria del mantenimiento productivo total (TPM) y el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM). Este artículo se centró en el aspecto operativo de la práctica de mantenimiento, diferenciando las metodologías de mantenimiento de equipos para definir un nuevo plan de mantenimiento y comprobar uno existente. Esta investigación revisó los principios y métodos de TPM y RCM y utilizó diferentes herramientas para apoyar la toma de decisiones. Identificó que métodos facilitan la planificación e implementación de las actividades de mantenimiento, teniendo en cuenta las tareas propias del mantenimiento autónomo, en el caso del TPM, hasta la aplicación de las hojas de decisiones. Se encontró que el TPM requiere que todo el personal se involucre en las tareas de mantenimiento y la metodología RCM es propia del personal de mantenimiento, teniendo a personal capacitado para realizar las actividades y para la toma de decisiones. Otro aspecto importante es que la metodología RCM se promueve como estrategia de mejora de mantenimiento, mientras que el TPM es parte de una mejora global. Se concluyó que el TPM nos ayuda para determinar lo que se debe hacer y el RCM nos

ayuda a definir lo que se debe hacer de la mejor manera. Ni una metodología es mejor que otra, solo depende de la circunstancia en la que se encuentre la empresa y su finalidad.

Para Pérez [11], en el año 2017 en su investigación “Approach of processes for the reduction of stoppages of machines through reliability centered maintenance. impact on the economy as a branch of the social sciences” Este estudio realizó una caracterización del desempeño de las plantas metalúrgicas de Monterrey y el área metropolitana de Ecuador, para ello se diagnosticó los puntos críticos y las causas de las fallas de la maquinaria, donde se encontró que en su mayoría es por los desgastes de las piezas y la falta de lubricación de estos, acompañado de la falta de limpieza generando obstrucción en la maquinaria. Para ello se propuso programas de mantenimiento preventivo y predictivo en la maquinaria orientado a la calidad, que se ha desarrollado a través de la metodología de Gestión por procesos con herramienta de mejora enfocado hacia el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), teniendo como factor principal un programa de capacitación al personal. Como se resultado de la investigación, se enfoca en la planeación y control de las fallas de equipos, teniendo como prioridad la gestión de repuestos, la redirección de las herramientas de diagnósticos y el tiempo de reparación.

2.2. Bases Teórico Científicas

2.2.1. Mantenimiento

2.2.1.1. Evolución histórica del mantenimiento

La variación del concepto del mantenimiento ha tomado mayor importancia a lo largo del tiempo, esto se debe a que en sus inicios no se daban cuenta que del papel fundamental que juega en el desempeño de un proceso productivo y su repercusión en la productividad de la empresa, por lo que en la actualidad el área de mantenimiento es mucho más relevante. En la figura 1 se observa la historia del mantenimiento de forma gráfica. Para mantener un buen desempeño en el mantenimiento, las organizaciones están en la búsqueda de técnicas de mejora, optimizando los costos del área, pero sin afectar la calidad y cantidad de la producción. [12]

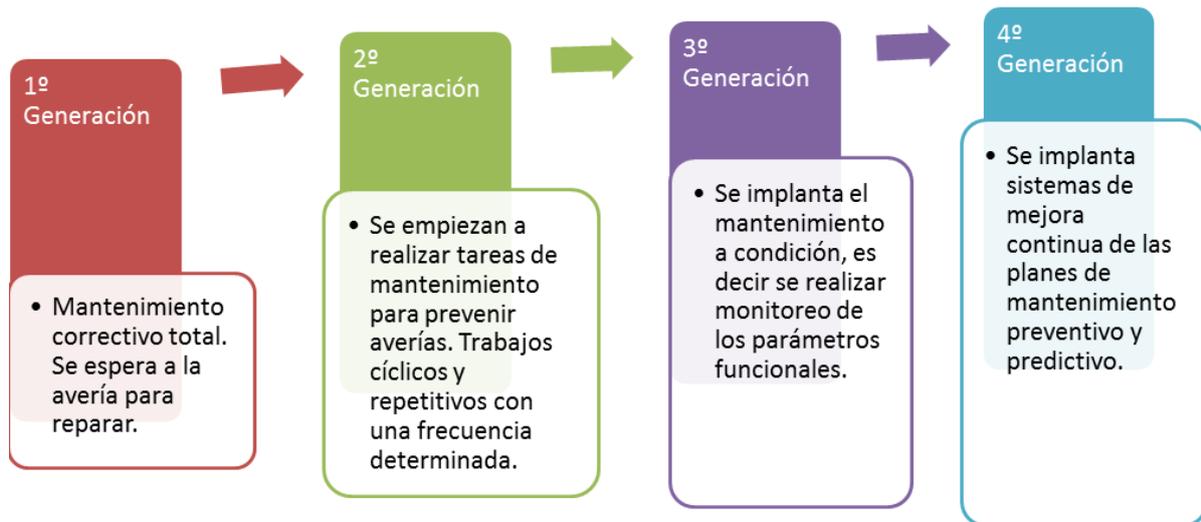


Figura 1. Evolución de las técnicas del mantenimiento

Fuente: Díaz [12]

2.2.1.2. Definición del mantenimiento

Para Cárcel [13], el mantenimiento son actividades realizadas con el fin de mantener o restablecer un activo fijo de la organización, garantizando el buen funcionamiento y sin poner en riesgo la seguridad ni de los productos ni de los trabajadores. Se debe buscar mantener un grado de confiabilidad alto, para que no existan paradas no planificadas interrumpiendo la producción programada. En la figura 2 se observan los sistemas y subsistemas del proceso de mantenimiento.



Figura 2. Sistemas y sub-sistemas de mantenimiento.

Fuente: Cárcel [13]

2.2.1.3. Tipos de mantenimiento

En la actualidad las empresas compiten vorazmente, radicando en mantener una mejor rentabilidad en la empresa, para ello deben tener un buen funcionamiento del área de mantenimiento, ya que es el encargado de asegurar la continuidad y calidad de sus productos en el mercado, en la figura 3 se muestran los tipos de mantenimiento que deben de adoptar para optimizar estos procesos. [14]

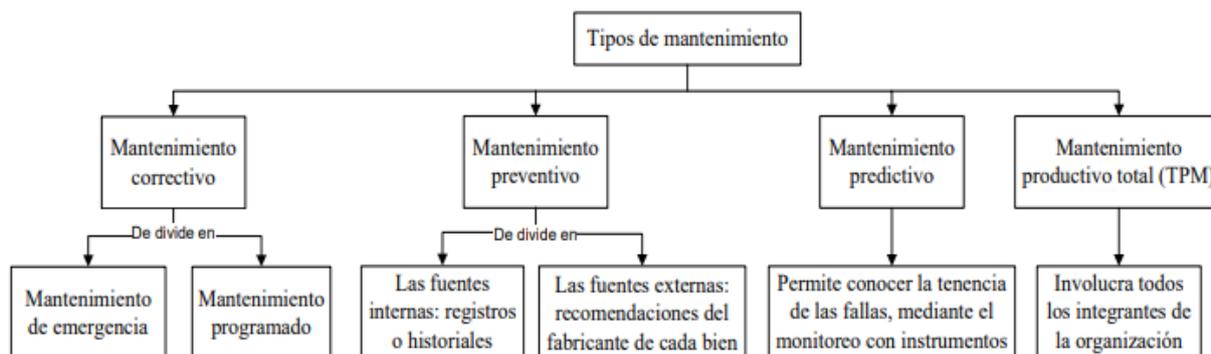


Figura 3. Tipos de mantenimientos.

Fuente: Padilla [14]

2.2.1.4. Mantenimiento preventivo

Es el encargado de realizar actividades previas a las fallas, este tipo de mantenimiento radica en dos fuentes a estudiar para realizar un buen plan, las cuales son las fuentes internas, siendo compuestas por datos históricos de las fallas y de sus respectivas causales, y de las fuentes externas, siendo las recomendaciones del proveedor o de otras organizaciones especialistas en la fabricación del bien en cuestión. [15]

Una de las tareas importantes en este tipo de mantenimiento es realizar un análisis de los ciclos de vida de la maquinaria, donde se detallen los registros de las fallas y los costos incurridos en mantenimiento detallado. En la tabla 1 se detalla la descomposición de la maquinaria en subgrupos, facilitando la identificación de componentes de reemplazo.

Tabla 1. Descomposición de los equipos es sub-grupos

Clase	Tipo	Componentes
Mecánica	Reemplazo	Aceite Filtros piezas de desgaste, frenos Filtros rodamientos Juntas Resortes
	Regulación	Juegos/interferencias Tensión (correas). Presión Bloqueos
	Chequeo	Niveles
Eléctrica	Reemplazo	Contactos Componentes asociados a fallas técnicas. Capacitancias
	Regulación	Impedancias en circuitos, potenciómetros
	Chequeo	Valores de aislación Valores de capacitancia

Fuente: Pascual [15]

2.2.1.3. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

El RCM se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen. Antes de que se pueda explorar esta relación detalladamente, se necesita saber qué tipo de elementos físicos existentes en la empresa, y decidir cuáles son las que deben estar sujetas al proceso de revisión del RCM. En la mayoría de los casos, esto significa que se debe de realizar un registro de equipos completo si no existe ya uno. [16]

Más adelante, RCM hace una serie de preguntas acerca de cada uno de los elementos seleccionados, como sigue:

- Cuáles son las funciones?
- De qué forma puede fallar?
- Qué causa que fallo?
- Qué sucede cuando falla?
- Qué ocurre si falla?
- Qué se puede hacer para prevenir las fallas?
- Que sucede si no puede prevenirse la falla?

2.2.1.4. Análisis del Modo y Efectos de Fallas (AMEF)

El AMEF es un procedimiento disciplinado para identificar las formas en que un producto o proceso puede fallar, y planear la prevención de tales fallas. [3]

Los pasos para realizar un AMEF son:

- 1) Determine el producto o proceso a analizar
- 2) Determinar los posibles modos de falla

- 3) Listar los efectos de cada potencial modo de falla
- 4) Asignar el grado de severidad de cada efecto Severidad (La consecuencia de que la falla ocurra)
- 5) Asignar el grado de ocurrencia de cada modo de falla Ocurrencia (la probabilidad de que la falla ocurra)
- 6) Asignar el grado de detección de cada modo de falla Detección (la probabilidad de que la falla se detectada antes de que llegue al cliente)
- 7) Calcular el NPR (Numero Prioritario de Riesgo) de cada efecto

$$\text{NPR} = \text{Severidad} * \text{Ocurrencia} * \text{detección}$$
- 8) Priorizar los modos de falla
- 9) Tomar acciones para eliminar o reducir el riesgo del modo de falla
- 10) Calcular el nuevo resultado del NPR para revisar si el riesgo ha sido eliminado o reducido. [3]

2.2.1.5. Análisis de criticidad de los equipos

Es una herramienta para determinar cuáles son los equipos con mayor a menor criticidad, mediante un proceso sistemático, esto ayudaría en la toma de decisiones de la empresa, teniendo mayor relevancia los equipos con mayor criticidad debido a que agregan mayor valor y aumentan la rentabilidad. [17]

Esta herramienta ayuda a centrarse en equipos que otorguen mayor confiabilidad de los procesos de producción, se calculó mediante puntos identificados en una matriz y se calcula mediante la ecuación: [17]

$$\begin{aligned} \text{Criticidad} = & \text{Frecuencia de fallas} \times [\text{Nivel de producción} \\ & + \text{tiempo promedio para reparar} + \text{Costo reparación} \\ & + \text{Impacto en la seguridad} + \text{Impacto ambiental}] \end{aligned}$$

En la figura 4 en la parte izquierda se detallan los criterios y puntajes para cada uno de ellos, se debe de seleccionar un criterio y tomar el puntaje correspondiente, y en la parte derecha se observa la matriz de identificación de impacto total, siendo el resultado de la fórmula de criticidad, dividiéndose en crítico, semi crítico y no crítico. [17]

Guía de criticidad	
1.- Frecuencia de falla (Todo Tipo de Falla):	Puntaje:
• Entre 0 y 1 falla en medio año.	1
• Entre 2 y 6 fallas en medio año	2
• Entre 7 a 12 fallas en medio año	3
• Más de 13 fallas en medio año	4
2.- Tiempo medio para reparar (MTTR):	Puntaje:
• Menos de 10 horas	1
• Entre 11 y 24 horas	2
• Entre 25 y 72 horas	3
• Entre 73 horas a más	4
3.- Impacto sobre la producción	Puntaje:
• No afecta la producción o actividad	2
• 25% de impacto	4
• 50% de impacto	6
• 75% de impacto	8
• Afecta totalmente la producción o actividad	10
4.- Costo de reparación (S/.)	Puntaje:
• Menos de 150	5
• Entre 151 y 500	10
• Entre 501 y 1000	15
• Entre 1001 y 3000	25
• Entre 3001 a más	30
5.- Impacto ambiental:	Puntaje:
• No origina ningún impacto ambiental.	0
• Contaminación ambiental baja, se manifiesta en un espacio reducido.	10
• Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta.	20
• Contaminación ambiental alta, incumple las normas de medio ambiente	30
6.- Impacto en salud y seguridad personal	Puntaje:
• No ocasiona problemas en la salud ni genera lesiones a los colaboradores.	0
• Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes.	5
• Puede ocasionar lesiones con incapacidad temporal entre 1 a 30 días.	10
• Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a los 30 días	25

Frecuencia de fallas	5	CM	CA	CA	CA	CA
	4	CM	CM	CA	CA	CA
	3	CB	CM	CM	CA	CA
	2	CB	CB	CM	CM	CA
	1	CB	CB	CB	CM	CM
		0-25	26-50	51-75	75-110	111-160
CA: CRITICIDAD ALTA (101- X)		Impacto Total				
CM: CRITICIDAD MEDIA(51-100)						
CB: CRITICIDAD BAJA (0-50)						

Figura 4. Metodología de análisis de criticidad de los puntos.

Fuente: Gutiérrez [17]

2.2.1.6. Confiabilidad

García [3] menciona que la fiabilidad se define como la probabilidad de que la máquina no falle, es decir funcione satisfactoriamente dentro de los límites de desempeño establecido, en una determinada etapa de su vida útil y para un tiempo de operación estipulado, teniendo como condición que la máquina se utilice para el fin y con la carga de trabajo para la que fue diseñada.

El tiempo total de operación (TTO)

El tiempo total de operación se determina restando el tiempo programado menos el tiempo de una falla.

$$\text{Tiempo total de operación (TTO)} = T_{pp} - \text{Tiempo de fallas}$$

T_{pp} : Tiempo programado para producir (minutos)

T_f : Tiempo de fallas (minutos)

TTO: Tiempo total de operación (minutos)

Tasa de Fallos del Producto (MTBF)

Es una unidad de medida básica de la confiabilidad:

Donde el número de horas de tiempo funcionando, se refiere a la cantidad de horas en las que los equipos trabajaron antes de efectuarse la falla. [3]

Se obtiene dividiendo el tiempo total de operación entre el número de paros o fallos.

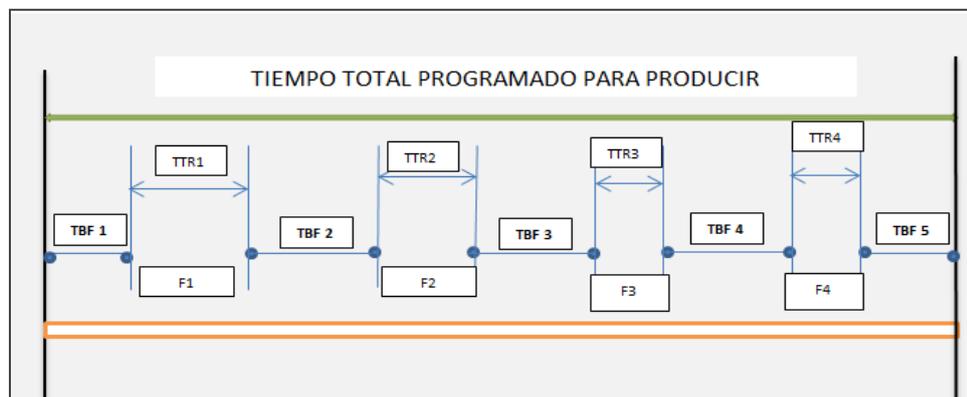


Figura 5. Relación de MTBF y MTTR

Fuente: García [3]

El tiempo de fallas es la suma del tiempo de la reparación de la falla más el tiempo de la demora en contactar a la mano de obra tercerizada.

$$TF = TR + TD$$

TF: Tiempo de fallas (minutos)

TR: Tiempo de reparación (minutos)

TD: Tiempo de demora en contactar al personal externo para la realización del mantenimiento (minutos)

Tiempo medio para reparar (MTTR)

El tiempo medio para reparar se calcula dividiendo el tiempo para reparar sobre el número de fallas ocurridas.

$$\text{Tiempo medio para reparar (MTTR)} = \frac{TTR}{N^{\circ} \text{ fallas}}$$

MTTR: Tiempo medio para reparar (minutos/falla)

TTR: Tiempo para reparar (minutos)

NF: Número de fallas

Tiempo medio entre fallas (MTBF)

El tiempo medio entre fallas se calcula dividiendo el tiempo programado sobre el número de fallas.

$$\text{Tiempo medio entre fallas (MTBF)} = \frac{Tpp}{N^{\circ} \text{ fallas}}$$

MTBF: Tiempo medio entre fallas (minutos/falla)

Tpp: Tiempo programado para producir (minutos)

NF: Número de fallas

2.2.1.6. Indicadores del mantenimiento

Los indicadores son los que permiten tener una medición de la eficacia de algún proceso o sistema, por lo que es muy importante los indicadores, porque algo que no se puede medir, no se puede controlar. [21]

Disponibilidad

Es la proporción de tiempo en que un sistema o equipo estuvo en condiciones de ser usado. [21]

$$\text{Disponibilidad} = \frac{TTo}{Tpp} * 100\%$$

Confiabilidad

Es la probabilidad de que un equipo o un sistema, cumpla su misión (función principal) bajo condiciones de unos determinados, en un periodo determinado. La confiabilidad es por tanto el complemento de la probabilidad de falla. [18]

La confiabilidad de las máquinas se calcula dividiendo el tiempo medio entre fallas sobre la suma de este más el tiempo medio para reparar.

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

MTBF: Tiempo medio entre fallas (minutos/falla)

MTTR: Tiempo medio para reparar (minutos/falla)

Mantenibilidad

La mantenibilidad es la propiedad de un sistema que representa la cantidad de esfuerzo requerida para conservar su funcionamiento normal o para restituirlo una vez se ha presentado un evento de falla. [18]

La mantenibilidad de la maquinaria es el inverso del tiempo medio para reparar (MTTR)

$$\text{Mantenibilidad (M)} = \frac{1}{\text{MTTR}}$$

Overall Equipment Effectiveness (OEE)

La efectividad global de los equipos (OEE) es un indicador que mide la eficiencia de las maquinarias, tomando en cuenta su disponibilidad, rendimiento y calidad. El objetivo de esta técnica es disminuir las actividades que no agregan valor al producto y/o servicio. También es considerado como un indicador de la productividad de la maquinaria donde se obtienen datos con mayor precisión sobre si la maquinaria estuvo parada y por cuanto tiempo, la capacidad con la que ha estado trabajando o cuantas unidades defectuosas produjo. [19]

Para calcular el OEE es necesario tener las tres dimensiones (disponibilidad, rendimiento y calidad) bien definidas, para luego multiplicarlas entre ellas. [19]

La disponibilidad: es el tiempo que estuvo operativa.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo planificado}} \times 100$$

El rendimiento: es la cantidad de unidades producidas.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Total de unidades planificadas}} \times 100$$

La calidad: es la cantidad de unidades no defectuosas producidas.

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Unidades producidas sin defectos}}{\text{Total de unidades producidas}} \times 100$$

Cálculo del OEE:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$

En la tabla 2 se observan los resultados probables obtenidos del cálculo del OEE, qué calificativo le corresponde y las consecuencias de estas.

Tabla 2. Clasificación del indicador OEE

OEE	CALIFICATIVO	CONSECUENCIAS
OEE < 65%	Inaceptable	Importantes pérdidas económicas. Baja competitividad.
65% < OEE < 75%	Regular	Pérdidas económicas. Aceptable sólo 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: Cruelles [19]

2.2.2. Costos del mantenimiento

Estos costos es un puno relevante en los costos totales de la empresa, para ello, en la actualidad se planifican, evitando improvisaciones que generan costos elevados. La planificación anual debe ser realizada por el personal de gestión del área, este debe conocer los datos históricos y técnicos de su área, para que no existan inconvenientes en el transcurso del año. El costo del mantenimiento debe oscilar entre el 5% al 10% del precio de venta de cada unidad producida, estos costos se componen según la figura 6. [18]

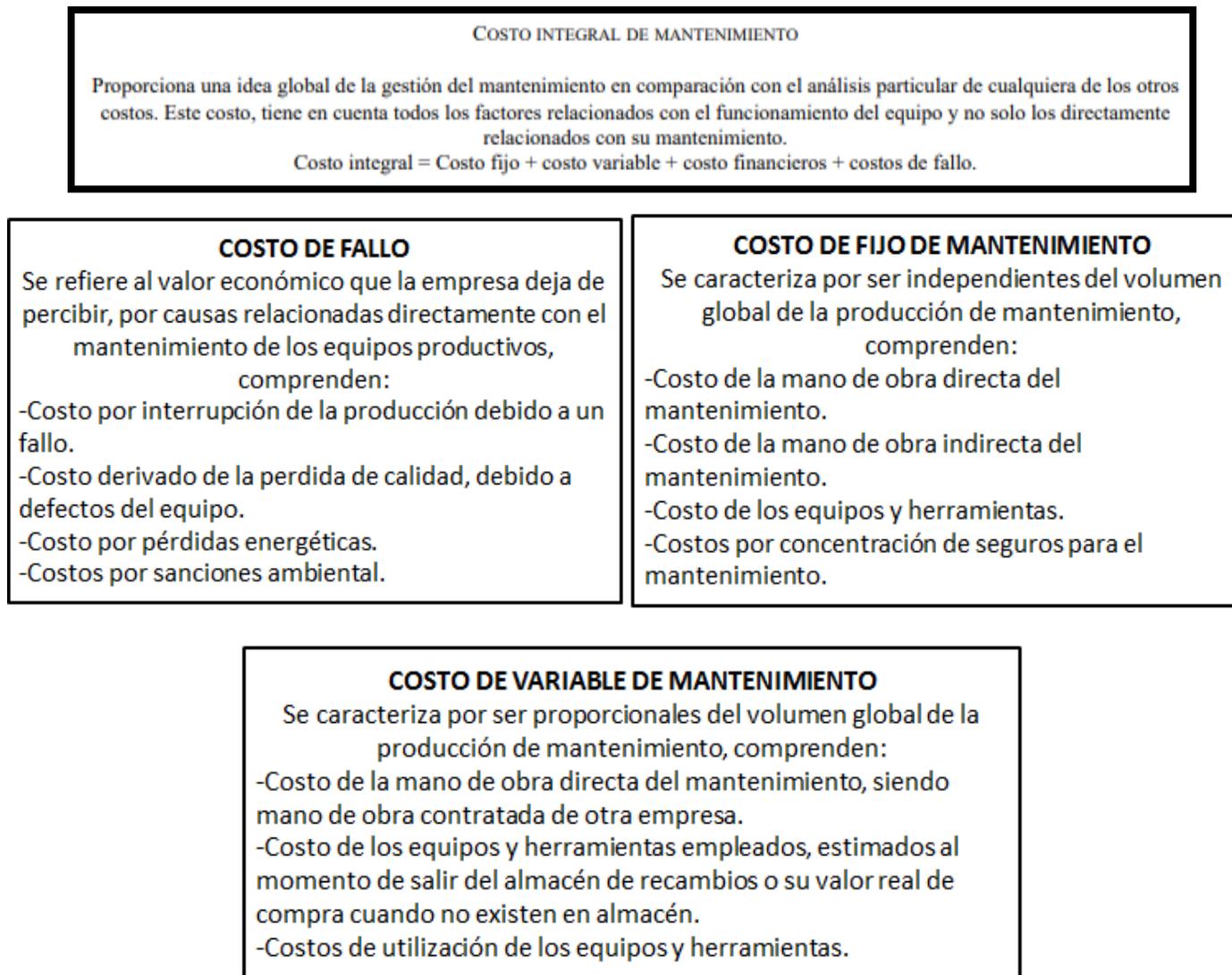


Figura 6. Costos de mantenimiento

Para esta investigación se tomarán en cuenta los siguientes ítems

$$CT = CR + CMO + CF$$

Donde:

CR: Costo de repuestos (soles)

CMO: Costo de mano de obra (soles)

CF: Costo por fallo (soles)

CT: Costo total del mantenimiento

Costo de Repuestos (CR):

Para esta investigación los costos de repuestos comprenden el costo de los repuestos utilizados para realizar el mantenimiento a los equipos.

Costo de mano de obra (CMO)

El costo de mano de obra de mantenimiento comprende el pago al personal para que realice las actividades de mantenimiento.

Costo por fallo (CF)

Lo que comprende el costo por fallo para esta investigación, es la producción que no se llega a realizar por una parada no programada en los equipos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Metodología

3.1.1. Tipo y nivel de investigación:

El tipo de investigación es aplicada debido a que se pretende encontrar soluciones a los problemas encontrados mediante la aplicación de propuestas. Para Murillo [20], la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque la utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación.

La presente investigación es de nivel descriptiva, porque se basa en observar y describir el comportamiento de las variables. Según Tamayo y Tamayo [21] la investigación de nivel descriptiva comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o proceso de los fenómenos.

3.1.2. Diseño de investigación:

El propósito del diseño de esta investigación es cuantitativo debido a que se pretende cuantificar numéricamente los resultados de las mejorar aplicadas para el cumplimiento de los objetivos mencionados anteriormente, para ello los resultados se subdividen de acuerdo con estos. Para Salas [22] la investigación cuantitativa pretende explicar las regularidades que se disciernen en los fenómenos, estableciendo con confianza estadística sus determinantes.

Es no experimental, debido a que no existe manipulación de las variables y sólo se estudia el sistema.

3.1.3. Población, muestra y muestreo:

- **Población:** La población es el del proceso productivo de todas las líneas de la empresa Polisa SRL las cuales son de bolsas y láminas para productos hidrobiológicos, IQF (Individual Quick Freezing) y banano orgánico en resina de polietileno.
- **Muestra y muestro:** La muestra en esta investigación es la línea del proceso productivo de las fundas de banano de la empresa Polisa SRL

3.1.3. Operacionalización de variables

Tabla 3. Cuadro de operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
VARIABLES	TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADOR	FÓRMULA	INSTRUMENTO
Plan de mantenimiento (RCM)	Independiente	Son actividades realizadas con el fin de mantener o restablecer un activo fijo de la organización, garantizando el buen funcionamiento y sin poner en riesgo la seguridad ni de los productos ni de los trabajadores.	Efectividad del mantenimiento	$OEE = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$	Fichas de registro de recojo de datos Fichas de observación
			Tiempo medio entre fallos	$Tiempo\ medio\ entre\ fallas\ (MTBF) = \frac{T_{pp}}{N^{\circ}\ fallas}$	
			Confiabilidad	$Confiabilidad = \frac{MTBF}{MTTR + MTBF}$	
			Mantenibilidad	$(MTTR) = \frac{TTR}{N^{\circ}\ fallas}$ $Mantenibilidad = \frac{1}{MTTR}$	
			Disponibilidad	$Disponibilidad = \frac{TTO}{T_{pp}} * 100\%$	
Costos de mantenimiento	Dependiente	Es el valor económico que asciende por mantener en funcionamiento los equipos.	Costo total de mantenimiento	$CT = CR + CMO + CF$	Ficha de registro de recojo de datos

Fuente: Elaboración propia

3.1.4. Técnicas, instrumentos de recolección de datos:

3.1.4.1. Técnicas

La técnica utilizada en esta investigación es la observación, donde se determinó la problemática mediante la percepción de escenarios previstos como estratégicos para la identificación de los problemas. Los datos obtenidos mediante esta técnica se plasmaron en un formato que posteriormente facilitó el análisis de datos

3.1.4.2. Instrumentos

- **Ficha de observación**

Este formato permitió la toma de apuntes en el momento que se ejecutó la técnica de observación del proceso de mantenimiento. Sirvió para registrar los datos seleccionados como el número de fallas, el tiempo de fallas, los repuestos y otros insumos que se utilizaron.

- **Ficha de registros de recojo de datos**

Este formato permitió colocar los datos recopilados en la empresa, como los costos de repuestos, que tipo de repuestos, el costo de la mano de obra tercerizada, entre otros. Sirvió para registrar los datos de costos asociados al mantenimiento.

- **Cronómetro**

Este instrumento ayudó a determinar el tiempo que demoran las fallas en el proceso productivo de fundas para banano.

3.1.5. Plan de procesamiento y análisis de datos:

Los datos se recogieron mediante las técnicas e instrumentos previamente indicados, los cuales se obtuvieron de la población antes señalada. Los datos fueron procesados mediante hojas de cálculo del programa Microsoft Excel (versión 2019) y fueron demostrados de manera gráfica para permitir una apreciación fácil y rápida.

3.1.6. Resultados esperados:

Los resultados esperados de esta investigación se observan en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados esperados de la investigación

OBJETIVOS	RESULTADOS ESPERADOS
Realizar el diagnóstico de la situación actual del proceso de mantenimiento de la maquinaria y sus costos de mantenimiento en el proceso de fundas para banano de la empresa Polisa SRL	Altos costos de mantenimiento en el proceso de fundas de banana de la empresa Polisa SRL
Elaborar el plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM) en proceso de fundas para banano de la empresa Polisa SRL	La propuesta del plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM) reduce los costos de mantenimiento en el proceso de fundas de banana de la empresa Polisa SRL
Realizar el análisis costo beneficio de implementar el plan del mantenimiento preventivo de la empresa Polisa SRL	Viabilidad económica de las propuestas de mejora.

Fuente: Elaboración propia

IV. RESULTADOS

4.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA Y SUS COSTOS DE MANTENIMIENTO EN EL PROCESO DE FUNDAS PARA BANANO DE LA EMPRESA POLISA SRL

4.1.1. La Empresa

4.1.1.1. Datos generales

La empresa fue creada en noviembre de 1992 inicialmente se dedicaba exclusivamente a la transformación del plástico en accesorios para mototaxis. En el año 2015, la empresa apostó por hacer un cambio en la línea de producción dejando de lado la producción de envases de plástico, para adquirió una línea de extrusión y embobinado de polietileno de alta y baja densidad, con la cual pudieron ingresar al mercado agrícola (Fundas Para Banano, cintas, empaques de uva), mercado de consumidor (bolsa de cristal, bolsas de hielo, mangas naturales, Laminas).

La empresa POLISA SRL, se dedica a la producción de bolsas de plástico (polietileno de alta y baja densidad), a partir de plástico pelletizado virgen, el cual es obtenido de proveedores como Dispercol, Equistar y Neptunia. En la tabla 5 se muestra la información general de la empresa POLISA SRL

Tabla 5. Datos generales de la empresa

RUC	20103510652
Razón social	POLISA SRL-Industria del plástico
Tipo de empresa	Sociedad de Responsabilidad Limitada
Condición	activo
Fecha de inicio de actividades	05-nov-92
Actividad comercial	Fab. de productos de plásticos
CIU	25200
Dirección legal	Yahuar Huaca N°178
Distrito/ciudad	La Victoria
Provincia	Chiclayo
Departamento	Lambayeque

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

4.1.1.1. Misión

La empresa tiene la misión: “Somos una empresa manufacturera dentro de la industria del plástico dentro de la Región Lambayeque, especializada en la elaboración de bolsas y láminas para productos hidrobiológicos, IQF (individual Quick freezing) y banano orgánico en resina de polietileno que brinda el mejor servicio a nuestros clientes con innovación y eficacia a través de la excelencia, efectividad y desarrollo de nuestros colaboradores, generando valor a nuestra empresa y buscando expandir nuestra red de contactos”.

4.1.1.2. Visión

La empresa tiene como visión: “Ser la empresa líder a nivel de la Región Norte dentro del mercado de la industria del plástico, certificando la confianza y los estándares de calidad de nuestros productos”.

4.1.1.3. Localización geográfica

Está ubicada en la calle Yahuar huaca N° 178, Distrito de la Victoria, en la Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

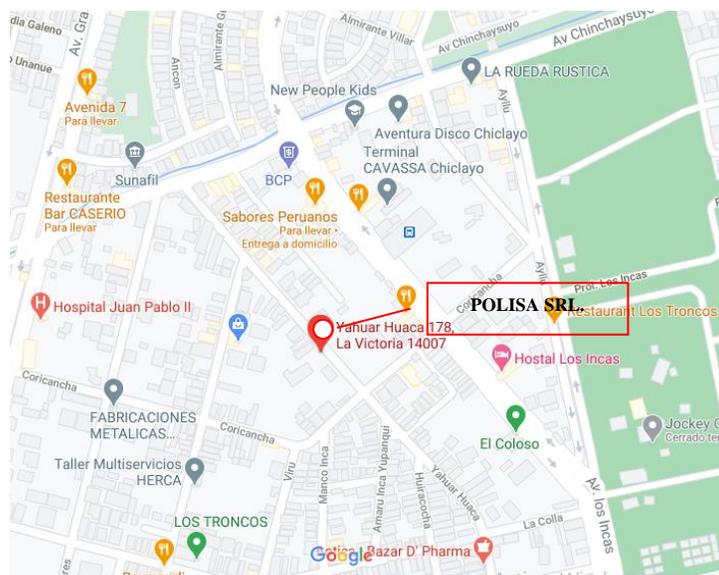


Figura 7. Ubicación geográfica de la empresa

Fuente: Google Maps

4.1.1.4. Horario de trabajo

El horario de trabajo de producción es desde las 8 de la mañana hasta las 8 de la noche, trabajando en un turno de 12 horas. Sin embargo, la maquinaria comienza a operar desde las 6 de la mañana, debido a que necesita 2 horas anticipadas para su calibración.

Debido a la alta demanda de la funda de banano en los meses de verano, la producción aumenta en los meses de noviembre y diciembre, trabajando en estos meses los dos turnos.

4.1.1.5. Estructura organizacional

La empresa Polisa SRL tiene como estructura organizacional como se observa en la figura 8, en donde se observa que el Directorio, está conformado por el dueño de la empresa. Debajo de él, se encuentra la gerencia general de la empresa y, debajo de ésta última, se encuentran las áreas de Administración, Contabilidad, Comercial y Producción, en donde cada una de estas áreas cuenta con un jefe respectivo.

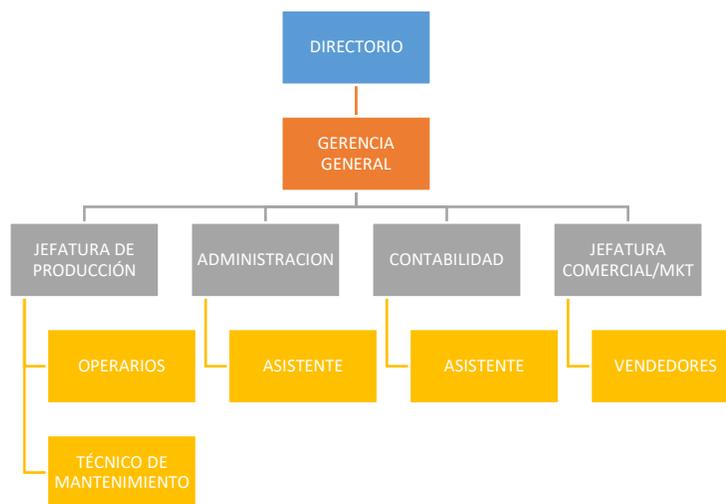


Figura 8. Organigrama de Polisa SRL

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

4.1.1.6. Proveedores

La Empresa Polisa SRL mantiene una relación comercial con empresas que se encuentran en otras ciudades del Perú, en su mayoría la Ciudad de Lima, entre sus principales proveedores se encuentran Mercantil y Polin Plas.

4.1.1.7. Clientes

Los clientes frecuentes de la Empresa Polisa SRL son las agroindustrias de la región de Lambayeque, Piura y Trujillo, siendo las principales:

Verfrut

Valle de Chira

Apbos

Apbosa

Boss

4.1.2. Descripción del Sistema productivo

4.1.2.1. Productos

La empresa POLISA SRL ofrece productos al mercado para los sectores de agroexportación, hidrobiológicos, congelados y comercial.

A. Agroexportación

En el sector de agrícolas frescos, se enfoca en el banano orgánico donde ofrece diversos productos para a las labores de cosecha y empaque como:

Funda para banano

Sirve para proteger el racimo con una funda de polietileno del ataque de plagas y de efectos abrasivos causados por hojas y también resguardarlo de los cambios bruscos de temperatura.



Figura 9. Funda para banano
Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

Daipa

Es una bolsa pequeña que se coloca en la parte interior de la mano para mejorar su calidad, y evitar el daño de la punta del dedo a la mano inmediatamente superior. En muchos casos las daipas son sustituidas por los cuellos de monja completos.



Figura 10. Daipa

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

Cuello de Monja

Consiste en láminas PEAD roja en forma de babero completo, que se colocan entre las diferentes manos del racimo para protegerlas del daño de punta que ocasionan los dedos de las manos inferiores, y de esta manera reducir los daños de merma en el proceso de empaque.



Figura 11. Cuello de monja
Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

Politubo

Este producto está elaborado en resina de polietileno de alta densidad.



Figura 12. Politubo
Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

B. Sector Congelados

El envase para productos agrícolas IQF es elaborado en resina de polietileno cuya principal función es proteger el producto de factores externos, como los cambios de

temperatura, la humedad y el vapor, a veces en condiciones muy extremas y, al mismo tiempo, mantener la frescura (la calidad) del producto.



Figura 13. Envase para productos agrícolas IQF
Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

C. Sector Comercial

Para el sector comercial se elaboran bolsas en resina de polietileno personalizadas con el logotipo de la empresa son una parte integral de cualquier imagen moderna de la empresa y de cualquier negocio exitoso. La alta calidad de la bolsa de resina de polietileno muestra estilo con el logotipo, no sólo es una buena ventaja para el cliente, sino también un medio excelente de crear una imagen favorable de la empresa, así como un tipo especial de publicidad al aire libre, ya que, como demuestra la práctica, las bolsas en resina de polietileno personalizadas no solo es de un día, sino que acompañara por mucho más tiempo al cliente.



Figura 14. Productos comerciales

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

En los últimos 5 años, Polisa SRL ha tenido un crecimiento ascendente con respecto al valor de sus ventas. En la tabla 6 se muestran el valor histórico de las ventas anuales desde el 2016.

Tabla 6. Productos de la empresa POLISA SRL del año 2020

PRODUCTO	2016	2017	2018	2019	2020	TOTAL
Funda para banano (millar)	687	543	703	742	771	3 446
Diapa (millar)	429	387	504	531	563	2 414
Cuello de monja (millar)	178	94	207	225	242	946
Politubo (millar)	96	58	132	158	174	618
Empaque pescado (millar)	154	179	185	202	216	936
Bolsa en resina de polietileno (millar)	83	95	104	129	148	559
Empaque IQF (millar)	82	0	108	123	135	448

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

Dentro los diversos productos que ofrece POLISA SRL, son dos los que destacan en base a las ventas realizadas en los cinco últimos años, siendo estos la funda para banano y la diapa siendo productos para la exportación de productos agrícolas, tal como se muestra en la figura 15. Por la naturaleza de la investigación se tomará el producto Funda para banano, teniendo en ventas 843 651,25 soles.



Figura 15. Diagrama de Pareto de las ventas de los productos de POLISA SRL

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

4.1.2.2. Descripción del Producto

En la figura 16 se observa el plano de la funda para banano de la empresa POLISA SRL, en donde se detallan las características físicas y sus dimensiones.

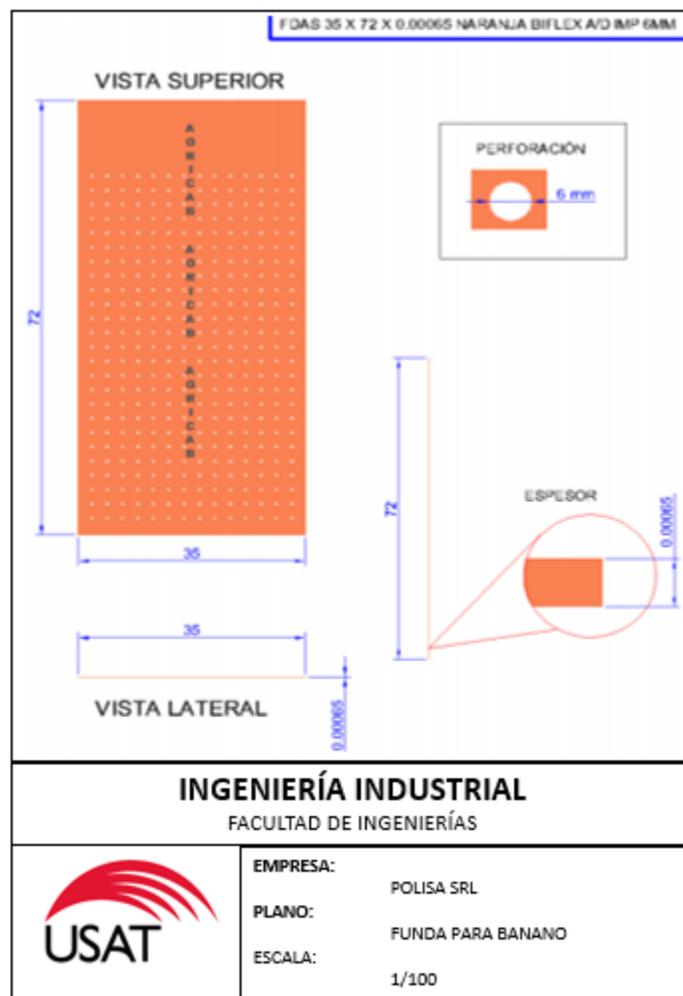


Figura 16. Diseño de la Funda para banano de la empresa POLISA SRL

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

4.1.2.3. Sub Productos

Los sub-productos son productos que no cuentan con la calidad que requieren los clientes, y se regresa al proceso para otro producto de menor calidad.

4.1.2.4. Desechos

Los desechos son mínimos debido a que todo se reutiliza, pero se puede considerar los envases de los materiales.

4.1.2.5. Desperdicios

Los desperdicios son las mermas de plásticos u otros productos que no cumplen con la calidad necesaria para enviarlas al mercado y regresan al reproceso.

4.1.2.6. Insumos

A) Mano de obra

En la tabla 7 se detalla la mano de obra de mantenimiento.

Tabla 7. Mano de obra de mantenimiento de la empresa

PROCESOS	N°	TIEMPO DE ANTIGÜEDAD	GRADO DE INSTRUCCIÓN
Técnico de mantenimiento	01	1 año y 3 meses	Educación técnica incompleta

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

B) Maquinaria

En la tabla 8, se muestra el listado de máquinas utilizadas para la obtención de bolsas transparentes con sello de fondo, así mismo, capacidad de diseño y efectiva, el año de adquisición, la procedencia y la cantidad de máquinas en planta.

La maquinaria utilizada en la empresa Polisa SRL son:

Extrusoras

Es la encargada de la extrusión de polímeros mediante la acción de presión y empuje de los materiales. La extrusora permite obtener el molde de manera rápida y continua. La empresa tiene 3 extrusoras de diferente capacidad, las cuales se adquirieron en los años 2016 y 2017, y son de origen china. Estas máquinas son las que presentan más fallas, en promedio al mes presentan más de 11 fallas.

Aglomeradoras

Es la encargada de aglomerar y amalgamar los productos a la entrada, bajando de manera considerable los volúmenes. La empresa la adquirió en el año 2015 y es elaborada empíricamente por una empresa metal mecánica del sector. El número de fallas en promedio de la aglomeradora es de 7 fallas al mes.

Compresora de aire

Es la encargada para tomar el aire del ambiente, almacenarlo y comprimirlo dentro de un tanque llamado calderín y con ese aire, darles potencia a otras herramientas neumáticas o bien realizar múltiples tareas. La empresa la adquirió en el año 2015 y es de origen china. El número de fallas en promedio es de 2 fallas al mes.

Flexográfica

Es la encargada de imprimir en directo (la plancha transfiere directamente la tinta al soporte) y principalmente rotativo (con rodillos y material en bobinas de distintos tamaños) en el cual se emplean planchas flexibles con altos relieves y una estructura formada principalmente por rodillos. La empresa la adquirió en el año 2016 y es de origen china. El número de fallas en promedio es de 15 fallas al mes.

Mezcladora

Es la encargada de crear una mezcla homogénea de la masa de plástico, garantizando la calidad del producto final. La empresa adquirió 2 unidades de diferentes capacidades, en el año 2018 de origen china. El número de fallas en promedio es de 7 fallas al mes.

Molino

Es el que se encarga de mezclar la materia prima para la máquina de extrusión de plásticos. La empresa la adquirió en el año 2015 y es de origen empírico. El número de fallas en promedio es de 7 fallas al mes.

Paleteadora

Es la encargada de contar y cortar los productos para luego ser almacenados en sacos. La empresa la adquirió en el año 2015 y es de origen china. El número de fallas en promedio es de 6 fallas al mes.

Perforadora

Es la encargada de realizar pequeñas perforaciones en el plástico determinando las dimensiones del producto. La empresa la adquirió en el año 2015 y es de origen china. El número de fallas en promedio es de 7 fallas al mes.

Selladora

Es la encargada de sellar, mediante el calor, el plástico, ya sea de la parte lateral o la parte de fondo. La empresa cuenta con dos, la selladora lateral y la selladora de fondo las cuales se adquirieron en los años 2015 y 2016 respectivamente, y son de origen china. El número de fallas en promedio es de 7 y 9 fallas al mes.

Tabla 8. Maquinaria utilizada en la producción

Maquinas	Etapa del proceso	Capacidad de Diseño	Capacidad Efectiva	Año de adquisición	Procedencia	Cantidad
Aglomerador	Mezclado	60 kg/h	55 kg/h	2015	Empírica	1
Compresor de Aire	Extrusado	3000 PSI	1500 PSI	2015	China	1
Extrusora 1	Extrusado	50 kg/h	50 kg/h	2016	China	1
Extrusora 2	Extrusado	60 kg/h	60 kg/h	2017	China	1
Extrusora 3	Extrusado	70 kg/h	70 kg/h	2017	China	1
Flexográfica	Flexografía	75 kg/h	75 kg/h	2016	China	1
Mezcladora 1	Mezclado	150 kg/h	150 kg/h	2018	China	1
Mezcladora 2	Mezclado	60 kg/h	60 kg/h	2018	China	1
Molino	Extrusado	60 kg/h	55 kg/h	2015	Empírica	1
Paleteadora	Paleteado	80 kg/h	70 kg/h	2015	China	1
Perforadora	Perforado	80 kg/h	70 kg/h	2015	China	1
Selladora de Fondo	Sellado	80 kg/h	70 kg/h	2016	China	3
Selladora lateral	Sellado	80 kg/h	70 kg/h	2015	China	1
Total						15

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

4.1.3. Descripción del proceso

Durante todo el proceso productivo se siguen unos controles de calidad para comprobar que el producto es conforme con los deseos del cliente y con los estándares de calidad. En caso negativo, el producto es retirado de la cadena de producción y reciclado en su totalidad para volver a reutilizarlo. El proceso productivo consta de varias etapas como se detalla a continuación

a. Recepción y almacenamiento de la materia prima

Se recepciona materia prima, se procede a verificar el pedido según orden de producción, luego pasa al área de almacén para ser registrado y guardado para luego ser utilizado según el pedido de los clientes.

b. Mezclado

Se recepciona la materia prima a mezclar, se verifica la cantidad de materia prima y aditivos (alta o baja densidad) en porciones en kilos, se mezcla hasta conseguir una mezcla homogénea. Finalmente se distribuye a las maquinas extrusoras.

c. Extrusión

Se recepciona operación de extrusión a procesar, luego se verifica la mezcla y se calienta según los parámetros esta mezcla alcanza la temperatura de fusión al llegar a una hilera circular, esta hilera moldea el material en forma de tubo, el cual es sometido de forma simultánea a un tiraje vertical y un proceso de, formando un globo de plástico, luego de formarse el globo se va enfriando progresivamente, al igual va volviendo a su temperatura normal y estable, según se va enfriando se va recogiendo en forma de bobina, lo que conforma un rollo de película tubular donde acaba la etapa de moldeo.

d. Flexografía

El proceso de Flexografía es opcional (si lo requiere el cliente), consiste en la impresión de logos, nombre de la empresa, etc. La bobina con el rollo de plástico se introduce en un extremo de las rotativas flexográficas y se hace pasar por tinteros, este

proceso puede parecer muy sencillo en un principio, pero es uno de los más complicados, una ligera variación en las proporciones de las tintas, en la velocidad o en el tiempo de secado puede provocar que la impresión deseada sea totalmente distinta a la resultante.

e. Paletado

El proceso de paletado consiste en darle el largo y ancho al producto a través de la bobina, también a través del paletado se hace el conteo de unidades.

f. Sellado y perforado

Una vez que las bobinas impresas o no impresas llegan a corte, lo primero que se hace es programar la cortadora con los parámetros necesarios para darle la forma que se desee, se ajustan el ancho del producto, el alto, las medidas del fuelle (sí procede), la altura y ancho de las asas (sí procede), etc.

g. Empaquetado y enfardado

El proceso de enfardado permite envolver con un film para embalar estirable, palés con cargas de cualquier peso y dimensión.

En la figura 17 se detalla el diagrama de operaciones del proceso (DOP) de la funda para banano, el cual consta de recepción de materia prima, el almacenamiento de materia prima, el mezclado, la extrusión, flexografía, el paletado, sellado y perforado, luego el empaquetado y enfardado.

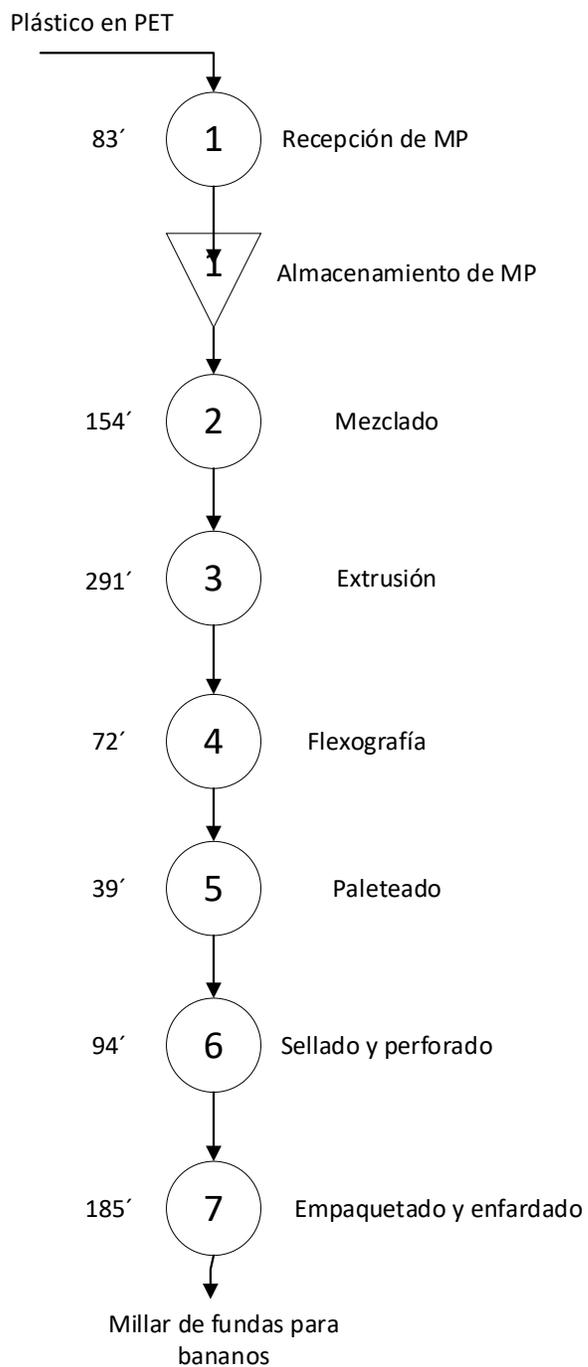


Figura 17. Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) de la funda para banano de la empresa Polisa SRL.

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

4.1.3.1. Descripción del proceso de mantenimiento

Descripción del proceso de mantenimiento actual en la empresa Polisa SRL se detalla a continuación:

- A. El operario detecta una falla en la maquinaria.
- B. Informa al jefe de producción sobre dicha falla.
- C. El jefe de producción envía al técnico para la realización de las labores de mantenimiento.
- D. El técnico de mantenimiento revisa la falla de la maquinaria in situ.
- E. El técnico evalúa las actividades a realizar, si no es lubricación, limpieza u otras actividades menores de mantenimiento, comunica al jefe de producción para que llamen a un técnico especialista.
- F. En caso de ser actividades menores de mantenimiento, el técnico de planta lo realiza.
- G. El técnico evalúa si se requiere algún repuesto para llevar a cabo el mantenimiento y, de ser así, se solicita al jefe de producción los repuestos a utilizar.
- H. El jefe de producción envía al técnico de mantenimiento a comprar los repuestos faltantes.
- I. El técnico de mantenimiento confirma la entrega del repuesto al técnico tercerizado.
- J. El técnico tercerizado ejecuta el mantenimiento correspondiente.
- K. Una vez terminado el mantenimiento, el técnico tercerizado informa al técnico de planta.
- L. El técnico realiza la supervisión del mantenimiento realizado por el técnico tercerizado.
- M. El técnico revisa que no existan inconvenientes en la operatividad de la maquinaria, de ser así, el técnico informa al técnico tercerizado y este realiza nuevamente el mantenimiento.
- N. En caso no existan inconvenientes, el técnico de planta comunica al jefe de producción sobre la operatividad de la maquinaria.
- O. El jefe de producción comunica al operario la operatividad de la maquinaria.
- P. El operario continuo sus labores de producción.

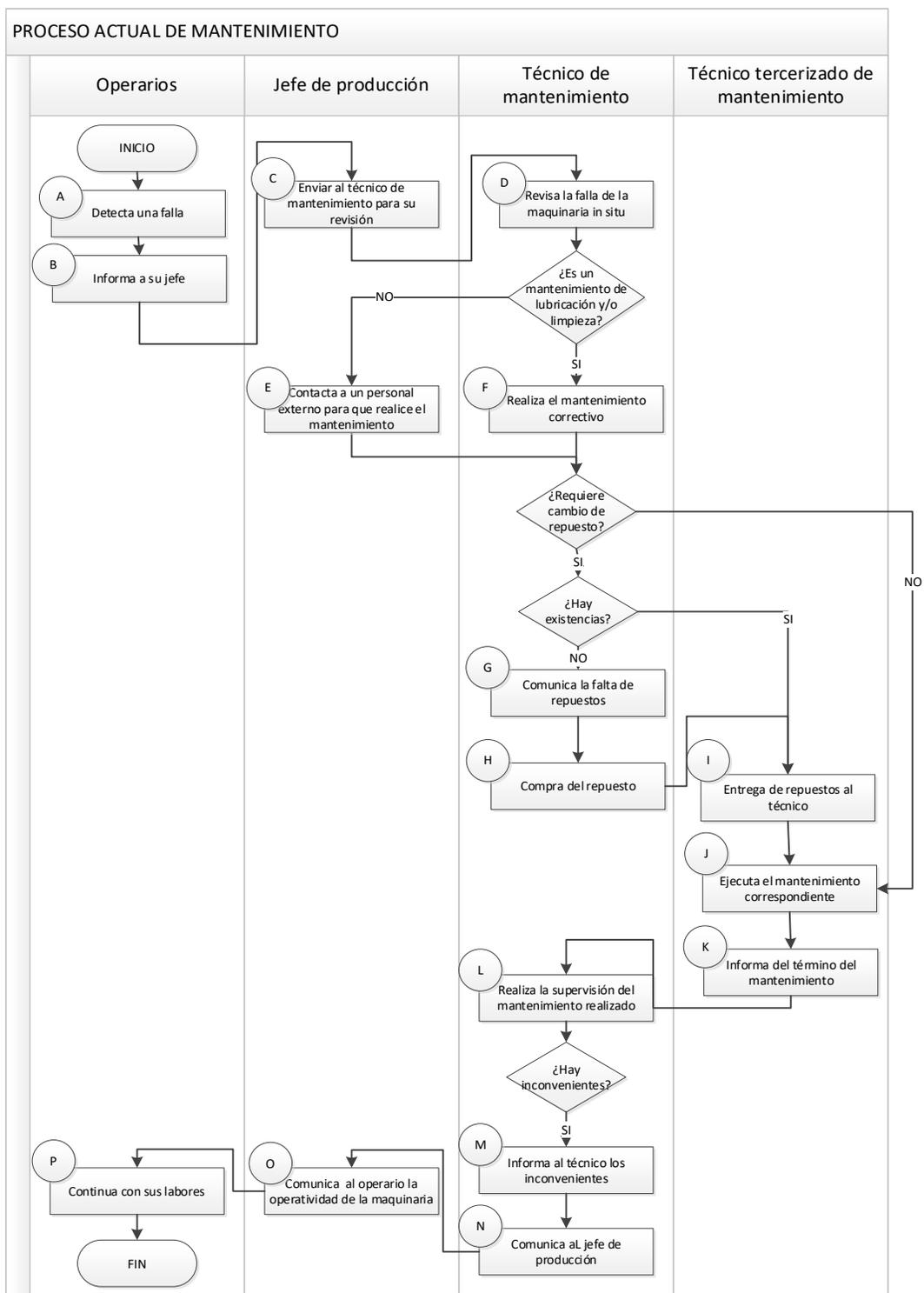


Figura 18. Diagrama de proceso de mantenimiento actual de la empresa Polisa SRL

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

4.1.1. Costos de mantenimiento

Se realizó un análisis resumen de las fallas, las causas y los recursos que se utilizaron para cada una de ellas, en el anexo A se encuentran la lista detallada de la información de cada maquinaria. Este resumen se observa en la tabla 9 donde el costo total de las paradas el cual es de 167 970,89 soles, teniendo mayor valor las máquinas extrusoras. En lo que respecta a los costos de los repuestos, el total del año 2020 asciende a 23 149,17 soles, el mayor valor lo tiene la máquina extrusora. El costo de mantenimiento tercerizado asciende a un valor total de 38 366,00 soles, en este caso el mayor valor económico lo tienen las máquinas extrusoras y las paleteadora. Los costos detallados por meses y por maquinaria se verifican en las tablas de la 40 a la 43.

Tabla 9. Resumen de los costos del mantenimiento del año 2020

MÁQUINAS	COSTO REPUESTO	COSTOS MO MTTO	VENTAS NO PERCIBIDAS
Aglomerador	S/ 270,00	S/ 2 500,00	S/ 2 359,63
Compresor de Aire	S/ 460,00	S/ 600,00	S/ 4 082,92
Extrusora 1	S/ 2 570,00	S/ 5 140,00	S/ 47 223,79
Extrusora 2	S/ 2 570,00	S/ 5 290,00	S/ 46 838,64
Extrusora 3	S/ 5 180,17	S/ 4 740,00	S/ 39 793,65
Flexográfica	S/ 600,00	S/ 1 200,00	S/ 2 849,44
Mezcladora 1	S/ 550,00	S/ 50,00	S/ 1 931,76
Mezcladora 2	S/ 550,00	S/ 50,00	S/ 2 798,44
Molino	S/ 3 720,00	S/ 4 680,00	S/ 2 095,68
Paleteadora	S/ 1 920,00	S/ 5 400,00	S/ 10 933,17
Perforadora	S/ 3 120,00	S/ 3 480,00	S/ 3 380,15
Selladora de Fondo	S/ 1 129,00	S/ 2 530,00	S/ 2 705,97
Selladora lateral	S/ 510,00	S/ 3 000,00	S/ 977,65
SUBTOTAL	S/ 23 149,17	S/ 38 660,00	S/ 167 970,89
TOTAL		S/ 251 870,05	

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

En la tabla 10 se realizó un resumen del número de fallas de la maquinaria por meses, donde se puede observar que la maquinaria con mayor número de fallas es la flexográfica con 190 fallas en el año 2020. Detalle de las fallas por máquina se encuentra en las tablas de la 12 a la 24.

Tabla 10. Número de fallas de la maquinaria de la empresa Polisa SRL del año 2020

MES	N° de fallas													TOT AL
	Aglomerador	Comprador de Aire	Extrusora 1	Extrusora 2	Extrusora 3	Flexográfica	Mezcladora 1	Mezcladora 2	Molino	Paletadora	Perforadora	Selladora de Fondo	Selladora lateral	
Enero	9	2	8	9	11	12	9	7	6	9	9	8	9	108
Febrero	8	4	8	8	14	19	7	6	8	6	7	6	8	109
Marzo	8	3	14	10	10	17	6	6	8	8	9	8	9	116
Abril	7	3	14	10	15	18	7	6	7	6	7	7	9	116
Mayo	8	3	11	15	12	13	6	8	6	5	9	8	8	112
Junio	7	2	12	7	12	11	8	7	8	4	9	6	8	101
Julio	6	3	9	7	9	15	7	8	6	6	9	7	9	101
Agosto	6	3	12	9	8	18	6	7	8	6	7	5	9	104
Septiembre	7	2	9	7	10	19	7	6	7	8	6	6	8	102
Octubre	6	3	12	11	8	13	6	6	8	6	8	8	9	104
Noviembre	9	3	14	8	10	18	7	9	6	8	8	6	8	114
Diciembre	7	3	10	13	8	17	8	7	8	5	6	8	9	109
TOTAL	88	34	133	114	127	190	84	83	86	77	94	83	103	1 296

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

Debido a que no se cuenta con personal encargado del mantenimiento de la maquinaria solo con un técnico que realiza los mantenimientos básicos, pero cuando se produce alguna falla que no sea el lubricar o limpiar las piezas, se procede a comunicarse con personal externo para que realice el mantenimiento respectivo de toda la maquinaria, que ha sido dividida en las tablas 11, 12 y 13 en donde se detallan el tiempo de parada por fallas en los meses del año 2020, este tiempo está compuesto por el tiempo de demora en llegar a planta el personal externo y por el tiempo de reparación de la maquinaria.

Tabla 11. Tiempo de demora en contactar al personal de mantenimiento de la empresa Polisa SRL del año 2020 (Parte A)

MES	Aglomerador			Compresor de Aire			Extrusora 1			Extrusora 2			Extrusora 3		
	TF (min)	TR (min)	TD (min)	TF (min)	TR (min)	TD (min)	TF (min)	TR (min)	TD (min)	TF (min)	TR (min)	TD (min)	TF (min)	TR (min)	TD (min)
E	121	121		385	385		4 246	4 226	20	4 367	4 342	25	3 608	3 578	30
F	669	649	20	424	394	30	4 689	4 659	30	4 731	4 711	20	3 992	3 957	35
M	93	93		403	403		4 898	4 873	25	4 745	4 720	25	3 993	3 963	30
A	136	136		380	355	25	4 741	4 716	25	4 628	4 598	30	4 004	3 969	35
M	132	132		468	468		4 313	4 278	35	4 332	4 302	30	3 643	3 618	25
J	258	218	40	380	345	35	4 854	4 819	35	4 707	4 682	25	4 019	3 989	30
J	99	99		363	363		4 316	4 286	30	4 332	4 297	35	3 627	3 597	30
A	127	127		345	345		4 714	4 689	25	4 661	4 631	30	4 037	4 012	25
S	114	114		381	381		4 751	4 726	25	4 742	4 707	35	3 999	3 969	30
O	695	650	45	451	416	35	4 704	4 684	20	4 721	4 691	30	4 027	3 992	35
N	119	119		369	369		4 738	4 718	20	4 738	4 713	25	4 065	4 035	30
D	244	209	35	508	508		5 213	5 178	35	5 067	5 037	30	4 325	4 300	25
TOTAL	2 807	2 667	140	4 857	4 732	125	56 177	55 852	325	55 770	55 430	340	47 338	46 978	360

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

$$TD = TF - TR$$

Leyenda:

TF: Tiempo de fallas (minutos)

TR: Tiempo de reparación (minutos)

TD: Tiempo de demora en contactar al personal externo para la realización del mantenimiento (minutos)

Tabla 12. Tiempo de demora en contactar al personal de mantenimiento de la empresa Polisa SRL del año 2020 (Parte B)

MES	Flexográfica			Mezcladora 1			Mezcladora 2			Molino			Paleteadora		
	TF (min)	TR (min)	TD (min)	TF (min)	TR (min)	TD (min)									
E	326	291	35	648	613	35	722	692	30	176	151	25	1 376	1 341	35
F	321	291	30	142	142		218	218		254	189	65	1 557	1 527	30
M	247	247		138	138		419	419		144	114	30	480	455	25
A	245	245		84	84		162	162		279	209	70	1 433	1 403	30
M	334	309	25	98	98		162	162		153	128	25	1 487	1 457	30
J	266	266		80	80		172	172		252	178	74	910	875	35
J	269	269		68	68		178	178		164	134	30	1 019	989	30
A	322	287	35	72	72		164	164		233	163	70	1 401	1 366	35
S	301	271	30	170	170		419	419		166	131	35	477	442	35
O	245	245		90	90		168	168		254	179	75	948	918	30
N	271	271		624	624		385	385		159	134	25	1 017	992	25
D	243	243		84	84		160	160		259	189	70	904	874	30
TOTAL	3 390	3 235	155	1 500	2 263	35	3 329	3 299	30	2 233	1 897	594	10 138	12 636	370

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

$$TD = TF - TR$$

Leyenda:

TF: Tiempo de fallas (minutos)

TR: Tiempo de reparación (minutos)

TD: Tiempo de demora en contactar al personal externo para la realización del mantenimiento (minutos)

En la tabla 13 se detalla el tiempo total de las fallas, el cual es de 200 484 minutos, siendo el 3 209 de este tiempo la demora en contactar al personal externo para la realización del mantenimiento.

Tabla 13. Tiempo de demora en contactar al personal de mantenimiento de la empresa Polisa del año 2020 (Parte C)

MES	Perforadora			Selladora de Fondo			Selladora lateral			TOTAL		
	TF (min)	TR (min)	TD (min)	TF (min)	TR (min)	TD (min)	TF (min)	TR (min)	TD (min)	TF (min)	TR (min)	TD (min)
E	292	262	30	295	295		145	115	30	16 706	16 411	295
F	351	316	35	331	331		138	113	25	17 816	17 496	320
M	147	117	30	364	334	30	57	27	30	16 128	15 903	225
A	256	231	25	304	304		141	116	25	16 793	16 528	265
M	329	299	30	368	368		56	36	20	15 875	15 655	220
J	642	617	25	294	294		134	109	25	16 966	16 642	324
J	248	218	30	247	247		55	20	35	14 986	14 766	220
A	310	275	35	373	373		134	104	30	16 892	16 607	285
S	134	104	30	309	284	25	69	44	25	16 031	15 761	270
O	343	308	35	320	320		53	28	25	17 019	16 689	330
N	335	305	30	362	362		114	94	20	17 296	17 121	175
D	636	611	25	270	270		67	37	30	17 979	17 699	280
TOTAL	3 051	3 661	360	3 567	3 782	55	929	843	320	200 484	197 275	3 209

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

$$TD = TF - TR$$

Leyenda:

TF: Tiempo de fallas (minutos)

TR: Tiempo de reparación (minutos)

TD: Tiempo de demora en contactar al personal externo para la realización del mantenimiento (minutos)

Al tener fallas en la maquinaria, estas producen paradas no programadas y afecta directamente la producción, originándose un costo por fallo debido a que las piezas no se fabrican y no pueden salirse a la venta, en las tablas de 14 a la 26 se realizó un análisis detallado del tiempo de paradas, las piezas que no se lograron producir, en este caso se tomó al producto con mayores ventas que es la funda para banano que tiene un precio de venta de 244,79 soles y la producción es de 0,0034 millar por minuto.

$$\text{Costo del tiempo} \left(\frac{S/}{\text{min}} \right)$$

$$= \text{Ritmo de producción} \left(0,0034 \frac{\text{millar}}{\text{min}} \right) * \text{Precio de venta} \left(244,79 \frac{\text{soles}}{\text{millar}} \right)$$

$$= \text{Costo del tiempo} \left(0,84 \frac{S/}{\text{min}} \right)$$

$$\text{Dinero no percibido (S/)} = \text{Tiempo de parada(mint)} * \text{Costo del tiempo} \left(0,84 \frac{S/}{\text{min}} \right)$$

Tabla 14. Costo por fallo del año 2020 por fallas del aglomerador

MESES	TIEMPO DE PARADA (min)	TIPO DE FALLA	PRODUCCIÓN NO REALIZADA (MILLAR)	DINERO NO PERCIBIDO (S/)
Enero	81	Falla en el sistema eléctrico	0,3	S/ 68,09
	16	Falla en el motor	0,1	S/ 13,45
	24	Falla en las fajas	0,1	S/ 20,18
Febrero	75	Falla en el sistema eléctrico	0,3	S/ 63,05
	6	Falla en el motor	0,0	S/ 5,04
	28	Falla en las fajas	0,1	S/ 23,54
	560	Falla en las chumaceras	1,9	S/ 470,75
Marzo	54	Falla en el sistema eléctrico	0,2	S/ 45,39
	12	Falla en el motor	0,0	S/ 10,09
	27	Falla en las fajas	0,1	S/ 22,70
Abril	98	Falla en el sistema eléctrico	0,3	S/ 82,38
	20	Falla en el motor	0,1	S/ 16,81
	18	Falla en las fajas	0,1	S/ 15,13
Mayo	87	Falla en el sistema eléctrico	0,3	S/ 73,13
	17	Falla en el motor	0,1	S/ 14,29
	28	Falla en las fajas	0,1	S/ 23,54
Junio	83	Falla en el sistema eléctrico	0,3	S/ 69,77
	14	Falla en el motor	0,0	S/ 11,77
	27	Falla en las fajas	0,1	S/ 22,70
	134	Falla en las cuchillas	0,5	S/ 112,64
Julio	43	Falla en el sistema eléctrico	0,1	S/ 36,15
	16	Falla en el motor	0,1	S/ 13,45
	40	Falla en las fajas	0,1	S/ 33,63
Agosto	108	Falla en el sistema eléctrico	0,4	S/ 90,79
	9	Falla en el motor	0,0	S/ 7,57
	10	Falla en las fajas	0,0	S/ 8,41
Setiembre	73	Falla en el sistema eléctrico	0,3	S/ 61,37

	16	Falla en el motor	0,1	S/ 13,45
	25	Falla en las fajas	0,1	S/ 21,02
Octubre	105	Falla en el sistema eléctrico	0,4	S/ 88,27
	13	Falla en el motor	0,0	S/ 10,93
	32	Falla en las fajas	0,1	S/ 26,90
	545	Falla en las chumaceras	1,9	S/ 458,14
Noviembre	73	Falla en el sistema eléctrico	0,3	S/ 61,37
	23	Falla en el motor	0,1	S/ 19,33
	23	Falla en las fajas	0,1	S/ 19,33
Diciembre	108	Falla en el sistema eléctrico	0,4	S/ 90,79
	2	Falla en el motor	0,0	S/ 1,68
	20	Falla en las fajas	0,1	S/ 16,81
	114	Falla en las cuchillas	0,4	S/ 95,83
TOTAL	2 807		9,6	S/ 2 359,63

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

Tabla 15. Costo por fallo del año 2020 por fallas del compresor

MESES	TIEMPO DE PARADA (min)	TIPO DE FALLA	PRODUCCIÓN NO REALIZADA (MILLAR)	DINERO NO PERCIBIDO (S/)
Enero	218	Exceso de resina en el purgado	0,7	S/ 183,26
	167	Obstrucción de filtros	0,6	S/ 140,38
Febrero	33	Desgaste de las partes metálicas	0,1	S/ 27,74
	220	Exceso de resina en el purgado	0,8	S/ 184,94
	37	Fallas en el pistón	0,1	S/ 31,10
	134	Obstrucción de filtros	0,5	S/ 112,64
Marzo	224	Exceso de resina en el purgado	0,8	S/ 188,30
	14	Templado fajas	0,0	S/ 11,77
	165	Obstrucción de filtros	0,6	S/ 138,70
Abril	219	Exceso de resina en el purgado	0,8	S/ 184,10
	37	Fallas en el pistón	0,1	S/ 31,10
	124	Obstrucción de filtros	0,4	S/ 104,24
Mayo	244	Exceso de resina en el purgado	0,8	S/ 205,11
	58	Templado fajas	0,2	S/ 48,76
	166	Obstrucción de filtros	0,6	S/ 139,54
Junio	234	Exceso de resina en el purgado	0,8	S/ 196,71
	146	Obstrucción de filtros	0,5	S/ 122,73
Julio	179	Exceso de resina en el purgado	0,6	S/ 150,47
	34	Fallas en el pistón	0,1	S/ 28,58
	150	Obstrucción de filtros	0,5	S/ 126,09
Agosto	185	Exceso de resina en el purgado	0,6	S/ 155,52
	35	Templado fajas	0,1	S/ 29,42
	125	Obstrucción de filtros	0,4	S/ 105,08
Setiembre	226	Exceso de resina en el purgado	0,8	S/ 189,98
	155	Obstrucción de filtros	0,5	S/ 130,30
Octubre	268	Exceso de resina en el purgado	0,9	S/ 225,29
	26	Fallas en el pistón	0,1	S/ 21,86
	157	Obstrucción de filtros	0,5	S/ 131,98
Noviembre	265	Exceso de resina en el purgado	0,9	S/ 222,77
	58	Templado fajas	0,2	S/ 48,76
	46	Desgaste de las partes metálicas	0,2	S/ 38,67
Diciembre	226	Exceso de resina en el purgado	0,8	S/ 189,98
	128	Obstrucción de filtros	0,4	S/ 107,60
	154	Obstrucción de filtros	0,5	S/ 129,46
TOTAL	4 857		16,7	S/ 4 082,92

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

Tabla 16. Costo por fallo del año 2020 por fallas de la extrusora 1

MESES	TIEMPO DE PARADA (min)	TIPO DE FALLA	PRODUCCIÓN NO REALIZADA (MILLAR)	DINERO NO PERCIBIDO (S/)
Enero	437	Falla en la unidad de mantenimiento	1,5	S/ 367,35
	406	Falla en la trotadora de corona	1,4	S/ 341,29
	461	Tensión de faja	1,6	S/ 387,53
	449	Lubricación de chumaceras	1,5	S/ 377,44
	427	Fallas en los tornillos de regulación	1,5	S/ 358,95
	417	Fallas en la rueda dentada	1,4	S/ 350,54
	405	Desgaste rodillo banco tiro	1,4	S/ 340,45
	410	Cables eléctricos deteriorados	1,4	S/ 344,66
	397	Fallas en los contactores	1,4	S/ 333,73
	437	Resistencias desajustados	1,5	S/ 367,35
Febrero	449	Falla en la unidad de mantenimiento	1,5	S/ 377,44
	443	Falla en la trotadora de corona	1,5	S/ 372,40
	450	Tensión de faja	1,5	S/ 378,28
	409	Lubricación de chumaceras	1,4	S/ 343,82
	410	Fallas en los tornillos de regulación	1,4	S/ 344,66
	438	Fallas en la rueda dentada	1,5	S/ 368,19
	407	Desgaste rodillo banco tiro	1,4	S/ 342,13
	403	Cables eléctricos deteriorados	1,4	S/ 338,77
	458	Fallas en los contactores	1,6	S/ 385,01
	406	Obstrucción de ventiladores	1,4	S/ 341,29
416	Falla en reductor-cabezal giratorio	1,4	S/ 349,70	
Marzo	458	Falla en la unidad de mantenimiento	1,6	S/ 385,01
	425	Falla en la trotadora de corona	1,5	S/ 357,27
	458	Tensión de faja	1,6	S/ 385,01
	431	Lubricación de chumaceras	1,5	S/ 362,31
	423	Fallas en los tornillos de regulación	1,5	S/ 355,58
	468	Fallas en la rueda dentada	1,6	S/ 393,41
	449	Desgaste rodillo banco tiro	1,5	S/ 377,44
	447	Cables eléctricos deteriorados	1,5	S/ 375,76
	441	Fallas en los contactores	1,5	S/ 370,72
	461	Resistencias desajustados	1,6	S/ 387,53

	437	Lubricación de la caja de tiro	1,5	S/ 367,35
Abril	439	Falla en la unidad de mantenimiento	1,5	S/ 369,03
	441	Falla en la trotadora de corona	1,5	S/ 370,72
	422	Tensión de faja	1,4	S/ 354,74
	469	Lubricación de chumaceras	1,6	S/ 394,25
	432	Fallas en los tornillos de regulación	1,5	S/ 363,15
	418	Fallas en la rueda dentada	1,4	S/ 351,38
	431	Desgaste rodillo banco tiro	1,5	S/ 362,31
	432	Cables eléctricos deteriorados	1,5	S/ 363,15
	409	Fallas en los contactores	1,4	S/ 343,82
	431	Obstrucción de ventiladores	1,5	S/ 362,31
	417	Desgaste de rodamientos	1,4	S/ 350,54
Mayo	428	Falla en la unidad de mantenimiento	1,5	S/ 359,79
	427	Falla en la trotadora de corona	1,5	S/ 358,95
	419	Tensión de faja	1,4	S/ 352,22
	458	Lubricación de chumaceras	1,6	S/ 385,01
	421	Fallas en los tornillos de regulación	1,4	S/ 353,90
	417	Fallas en la rueda dentada	1,4	S/ 350,54
	447	Desgaste rodillo banco tiro	1,5	S/ 375,76
	436	Cables eléctricos deteriorados	1,5	S/ 366,51
	451	Fallas en los contactores	1,5	S/ 379,12
409	Resistencias desajustados	1,4	S/ 343,82	
Junio	447	Falla en la unidad de mantenimiento	1,5	S/ 375,76
	449	Falla en la trotadora de corona	1,5	S/ 377,44
	428	Tensión de faja	1,5	S/ 359,79
	441	Lubricación de chumaceras	1,5	S/ 370,72
	428	Fallas en los tornillos de regulación	1,5	S/ 359,79
	469	Fallas en la rueda dentada	1,6	S/ 394,25
	420	Desgaste rodillo banco tiro	1,4	S/ 353,06
	439	Cables eléctricos deteriorados	1,5	S/ 369,03
	437	Fallas en los contactores	1,5	S/ 367,35
	449	Falla en los motores principales	1,5	S/ 377,44
447	Obstrucción de ventiladores	1,5	S/ 375,76	
Julio	428	Falla en la unidad de mantenimiento	1,5	S/ 359,79
	460	Falla en la trotadora de corona	1,6	S/ 386,69

	449	Tensión de faja	1,5	S/ 377,44
	420	Lubricación de chumaceras	1,4	S/ 353,06
	427	Fallas en los tornillos de regulación	1,5	S/ 358,95
	438	Fallas en la rueda dentada	1,5	S/ 368,19
	427	Desgaste rodillo banco tiro	1,5	S/ 358,95
	430	Cables eléctricos deteriorados	1,5	S/ 361,47
	427	Fallas en los contactores	1,5	S/ 358,95
	410	Resistencias desajustados	1,4	S/ 344,66
Agosto	428	Falla en la unidad de mantenimiento	1,5	S/ 359,79
	420	Falla en la trotadora de corona	1,4	S/ 353,06
	439	Tensión de faja	1,5	S/ 369,03
	428	Lubricación de chumaceras	1,5	S/ 359,79
	440	Fallas en los tornillos de regulación	1,5	S/ 369,88
	430	Fallas en la rueda dentada	1,5	S/ 361,47
	451	Desgaste rodillo banco tiro	1,5	S/ 379,12
	438	Cables eléctricos deteriorados	1,5	S/ 368,19
	409	Fallas en los contactores	1,4	S/ 343,82
	430	Desgaste de rodamientos	1,5	S/ 361,47
401	Obstrucción de ventiladores	1,4	S/ 337,09	
Setiembre	438	Falla en la unidad de mantenimiento	1,5	S/ 368,19
	428	Falla en la trotadora de corona	1,5	S/ 359,79
	450	Tensión de faja	1,5	S/ 378,28
	439	Lubricación de chumaceras	1,5	S/ 369,03
	422	Fallas en los tornillos de regulación	1,4	S/ 354,74
	410	Fallas en la rueda dentada	1,4	S/ 344,66
	430	Desgaste rodillo banco tiro	1,5	S/ 361,47
	439	Cables eléctricos deteriorados	1,5	S/ 369,03
	450	Fallas en los contactores	1,5	S/ 378,28
	428	Resistencias desajustados	1,5	S/ 359,79
417	Falla en reductor-cabezal giratorio	1,4	S/ 350,54	
Octubre	447	Falla en la unidad de mantenimiento	1,5	S/ 375,76
	409	Falla en la trotadora de corona	1,4	S/ 343,82
	449	Tensión de faja	1,5	S/ 377,44
	428	Lubricación de chumaceras	1,5	S/ 359,79
	440	Fallas en los tornillos de regulación	1,5	S/ 369,88

	431	Fallas en la rueda dentada	1,5	S/ 362,31
	428	Desgaste rodillo banco tiro	1,5	S/ 359,79
	419	Cables eléctricos deteriorados	1,4	S/ 352,22
	416	Fallas en los contactores	1,4	S/ 349,70
	406	Obstrucción de ventiladores	1,4	S/ 341,29
	431	Lubricación en la caja reductora principal	1,5	S/ 362,31
Noviembre	428	Falla en la unidad de mantenimiento	1,5	S/ 359,79
	458	Falla en la trotadora de corona	1,6	S/ 385,01
	450	Tensión de faja	1,5	S/ 378,28
	428	Lubricación de chumaceras	1,5	S/ 359,79
	430	Fallas en los tornillos de regulación	1,5	S/ 361,47
	438	Fallas en la rueda dentada	1,5	S/ 368,19
	441	Desgaste rodillo banco tiro	1,5	S/ 370,72
	409	Cables eléctricos deteriorados	1,4	S/ 343,82
	430	Fallas en los contactores	1,5	S/ 361,47
	417	Resistencias desajustadas	1,4	S/ 350,54
	409	Lubricación de la caja de tiro	1,4	S/ 343,82
Diciembre	447	Falla en la unidad de mantenimiento	1,5	S/ 375,76
	439	Falla en la trotadora de corona	1,5	S/ 369,03
	428	Tensión de faja	1,5	S/ 359,79
	407	Lubricación de chumaceras	1,4	S/ 342,13
	424	Fallas en los tornillos de regulación	1,5	S/ 356,43
	442	Fallas en la rueda dentada	1,5	S/ 371,56
	450	Desgaste rodillo banco tiro	1,5	S/ 378,28
	429	Cables eléctricos deteriorados	1,5	S/ 360,63
	420	Fallas en los contactores	1,4	S/ 353,06
	457	Obstrucción de ventiladores	1,6	S/ 384,17
	432	Desgaste de rodamientos	1,5	S/ 363,15
	438	Obstrucción de pistones neumáticos	1,5	S/ 368,19
TOTAL	56 177		192,9	S/ 47 223,79

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

Tabla 17. Costo por fallo del año 2020 por fallas de la extrusora 2

MESES	TIEMPO DE PARADA (min)	TIPO DE FALLA	PRODUCCIÓN NO REALIZADA (MILLAR)	DINERO NO PERCIBIDO (S/)
Enero	379	Falla en la unidad de mantenimiento	1,3	S/ 318,32
	468	Falla en la trotadora de corona	1,6	S/ 392,99
	445	Tensión de faja	1,5	S/ 374,36
	440	Lubricación de chumaceras	1,5	S/ 369,88
	403	Fallas en los tornillos de regulación	1,4	S/ 338,49
	413	Fallas en la rueda dentada	1,4	S/ 347,46
	363	Desgaste rodillo banco tiro	1,2	S/ 304,87
	501	Cables eléctricos deteriorados	1,7	S/ 421,43
	483	Fallas en los contactores	1,7	S/ 405,74
	473	Resistencias desajustadas	1,6	S/ 397,62
Febrero	363	Falla en la unidad de mantenimiento	1,2	S/ 304,87
	455	Falla en la trotadora de corona	1,6	S/ 382,06
	419	Tensión de faja	1,4	S/ 351,94
	416	Lubricación de chumaceras	1,4	S/ 349,70
	443	Fallas en los tornillos de regulación	1,5	S/ 372,12
	435	Fallas en la rueda dentada	1,5	S/ 365,39
	357	Desgaste rodillo banco tiro	1,2	S/ 300,38
	475	Cables eléctricos deteriorados	1,6	S/ 399,02
	477	Fallas en los contactores	1,6	S/ 401,26
	443	Obstrucción de ventiladores	1,5	S/ 371,98
450	Falla en reductor-cabezal giratorio	1,5	S/ 378,28	
Marzo	381	Falla en la unidad de mantenimiento	1,3	S/ 320,56
	437	Falla en la trotadora de corona	1,5	S/ 367,35
	429	Tensión de faja	1,5	S/ 360,91
	429	Lubricación de chumaceras	1,5	S/ 360,91
	416	Fallas en los tornillos de regulación	1,4	S/ 349,70
	408	Fallas en la rueda dentada	1,4	S/ 342,98
	379	Desgaste rodillo banco tiro	1,3	S/ 318,32
	475	Cables eléctricos deteriorados	1,6	S/ 399,02
	477	Fallas en los contactores	1,6	S/ 401,26
	474	Resistencias desajustados	1,6	S/ 398,04

	440	Lubricación de la caja de tiro	1,5	S/ 369,88
Abril	368	Falla en la unidad de mantenimiento	1,3	S/ 309,35
	448	Falla en la trotadora de corona	1,5	S/ 376,18
	419	Tensión de faja	1,4	S/ 351,94
	432	Lubricación de chumaceras	1,5	S/ 363,15
	403	Fallas en los tornillos de regulación	1,4	S/ 338,49
	408	Fallas en la rueda dentada	1,4	S/ 342,98
	363	Desgaste rodillo banco tiro	1,2	S/ 304,87
	483	Cables eléctricos deteriorados	1,7	S/ 405,74
	485	Fallas en los contactores	1,7	S/ 407,98
	472	Obstrucción de ventiladores	1,6	S/ 396,35
	349	Desgaste de rodamientos	1,2	S/ 293,38
Mayo	360	Falla en la unidad de mantenimiento	1,2	S/ 302,63
	455	Falla en la trotadora de corona	1,6	S/ 382,06
	429	Tensión de faja	1,5	S/ 360,91
	424	Lubricación de chumaceras	1,5	S/ 356,43
	424	Fallas en los tornillos de regulación	1,5	S/ 356,43
	432	Fallas en la rueda dentada	1,5	S/ 363,15
	360	Desgaste rodillo banco tiro	1,2	S/ 302,63
	480	Cables eléctricos deteriorados	1,6	S/ 403,50
	493	Fallas en los contactores	1,7	S/ 414,71
475	Resistencias desajustados	1,6	S/ 398,88	
Junio	357	Falla en la unidad de mantenimiento	1,2	S/ 300,38
	429	Falla en la trotadora de corona	1,5	S/ 360,21
	403	Tensión de faja	1,4	S/ 338,49
	443	Lubricación de chumaceras	1,5	S/ 372,12
	421	Fallas en los tornillos de regulación	1,4	S/ 354,18
	403	Fallas en la rueda dentada	1,4	S/ 338,49
	355	Desgaste rodillo banco tiro	1,2	S/ 298,14
	488	Cables eléctricos deteriorados	1,7	S/ 410,23
	493	Fallas en los contactores	1,7	S/ 414,71
	443	Falla en los motores principales	1,5	S/ 372,40
473	Obstrucción de ventiladores	1,6	S/ 397,20	
Julio	373	Falla en la unidad de mantenimiento	1,3	S/ 313,83
	439	Falla en la trotadora de corona	1,5	S/ 368,61

	424	Tensión de faja	1,5	S/ 356,43
	408	Lubricación de chumaceras	1,4	S/ 342,98
	445	Fallas en los tornillos de regulación	1,5	S/ 374,36
	429	Fallas en la rueda dentada	1,5	S/ 360,91
	373	Desgaste rodillo banco tiro	1,3	S/ 313,83
	480	Cables eléctricos deteriorados	1,6	S/ 403,50
	485	Fallas en los contactores	1,7	S/ 407,98
	475	Resistencias desajustados	1,6	S/ 399,30
Agosto	368	Falla en la unidad de mantenimiento	1,3	S/ 309,35
	464	Falla en la trotadora de corona	1,6	S/ 389,63
	443	Tensión de faja	1,5	S/ 372,12
	427	Lubricación de chumaceras	1,5	S/ 358,67
	432	Fallas en los tornillos de regulación	1,5	S/ 363,15
	395	Fallas en la rueda dentada	1,4	S/ 331,77
	373	Desgaste rodillo banco tiro	1,3	S/ 313,83
	483	Cables eléctricos deteriorados	1,7	S/ 405,74
	480	Fallas en los contactores	1,6	S/ 403,50
	347	Desgaste de rodamientos	1,2	S/ 291,28
451	Obstrucción de ventiladores	1,5	S/ 379,12	
Setiembre	357	Falla en la unidad de mantenimiento	1,2	S/ 300,38
	436	Falla en la trotadora de corona	1,5	S/ 366,51
	421	Tensión de faja	1,4	S/ 354,18
	424	Lubricación de chumaceras	1,5	S/ 356,43
	421	Fallas en los tornillos de regulación	1,4	S/ 354,18
	421	Fallas en la rueda dentada	1,4	S/ 354,18
	368	Desgaste rodillo banco tiro	1,3	S/ 309,35
	485	Cables eléctricos deteriorados	1,7	S/ 407,98
	491	Fallas en los contactores	1,7	S/ 412,47
	446	Resistencias desajustados	1,5	S/ 374,50
471	Falla en reductor-cabezal giratorio	1,6	S/ 395,93	
Octubre	373	Falla en la unidad de mantenimiento	1,3	S/ 313,83
	474	Falla en la trotadora de corona	1,6	S/ 398,46
	400	Tensión de faja	1,4	S/ 336,25
	419	Lubricación de chumaceras	1,4	S/ 351,94
	437	Fallas en los tornillos de regulación	1,5	S/ 367,63

	403	Fallas en la rueda dentada	1,4	S/ 338,49
	355	Desgaste rodillo banco tiro	1,2	S/ 298,14
	499	Cables eléctricos deteriorados	1,7	S/ 419,19
	477	Fallas en los contactores	1,6	S/ 401,26
	451	Obstrucción de ventiladores	1,5	S/ 379,12
	433	Lubricación en la caja reductora principal	1,5	S/ 363,99
Noviembre	379	Falla en la unidad de mantenimiento	1,3	S/ 318,32
	439	Falla en la trotadora de corona	1,5	S/ 369,03
	408	Tensión de faja	1,4	S/ 342,98
	411	Lubricación de chumaceras	1,4	S/ 345,22
	443	Fallas en los tornillos de regulación	1,5	S/ 372,12
	403	Fallas en la rueda dentada	1,4	S/ 338,49
	373	Desgaste rodillo banco tiro	1,3	S/ 313,83
	496	Cables eléctricos deteriorados	1,7	S/ 416,95
	475	Fallas en los contactores	1,6	S/ 399,02
	433	Resistencias desajustadas	1,5	S/ 363,57
	429	Lubricación de la caja de tiro	1,5	S/ 360,21
Diciembre	363	Falla en la unidad de mantenimiento	1,2	S/ 304,87
	445	Falla en la trotadora de corona	1,5	S/ 373,66
	445	Tensión de faja	1,5	S/ 374,36
	416	Lubricación de chumaceras	1,4	S/ 349,70
	408	Fallas en los tornillos de regulación	1,4	S/ 342,98
	421	Fallas en la rueda dentada	1,4	S/ 354,18
	376	Desgaste rodillo banco tiro	1,3	S/ 316,08
	480	Cables eléctricos deteriorados	1,6	S/ 403,50
	496	Fallas en los contactores	1,7	S/ 416,95
	465	Obstrucción de ventiladores	1,6	S/ 390,47
	357	Desgaste de rodamientos	1,2	S/ 300,10
	396	Obstrucción de pistones neumáticos	1,4	S/ 332,47
TOTAL	55 719		191,3	S/ 46 838,64

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

Tabla 18. Costo por fallo del año 2020 por fallas de la extrusora 3

MESES	TIEMPO DE PARADA (min)	TIPO DE FALLA	PRODUCCIÓN NO REALIZADA (MILLAR)	DINERO NO PERCIBIDO (S/)
Enero	292	Falla en la unidad de mantenimiento	1,0	S/ 245,46
	391	Falla en la trotadora de corona	1,3	S/ 328,68
	343	Tensión de faja	1,2	S/ 288,05
	329	Lubricación de chumaceras	1,1	S/ 276,85
	356	Fallas en los tornillos de regulación	1,2	S/ 299,26
	345	Fallas en la rueda dentada	1,2	S/ 290,30
	313	Desgaste rodillo banco tiro	1,1	S/ 263,40
	428	Cables eléctricos deteriorados	1,5	S/ 359,79
	410	Fallas en los contactores	1,4	S/ 344,24
	401	Resistencias desajustados	1,4	S/ 336,67
Febrero	300	Falla en la unidad de mantenimiento	1,0	S/ 252,19
	373	Falla en la trotadora de corona	1,3	S/ 313,13
	329	Tensión de faja	1,1	S/ 276,85
	380	Lubricación de chumaceras	1,3	S/ 319,44
	351	Fallas en los tornillos de regulación	1,2	S/ 294,78
	372	Fallas en la rueda dentada	1,3	S/ 312,71
	292	Desgaste rodillo banco tiro	1,0	S/ 245,46
	423	Cables eléctricos deteriorados	1,5	S/ 355,30
	407	Fallas en los contactores	1,4	S/ 341,85
	388	Obstrucción de ventiladores	1,3	S/ 325,74
Marzo	379	Falla en reductor-cabezal giratorio	1,3	S/ 318,18
	300	Falla en la unidad de mantenimiento	1,0	S/ 252,19
	406	Falla en la trotadora de corona	1,4	S/ 341,29
	351	Tensión de faja	1,2	S/ 294,78
	359	Lubricación de chumaceras	1,2	S/ 301,50
	332	Fallas en los tornillos de regulación	1,1	S/ 279,09
	377	Fallas en la rueda dentada	1,3	S/ 317,20
	303	Desgaste rodillo banco tiro	1,0	S/ 254,43
	412	Cables eléctricos deteriorados	1,4	S/ 346,34
	407	Fallas en los contactores	1,4	S/ 341,85
Abril	378	Resistencias desajustados	1,3	S/ 317,76
	369	Lubricación de la caja de tiro	1,3	S/ 310,19
	300	Falla en la unidad de mantenimiento	1,0	S/ 252,19
	402	Falla en la trotadora de corona	1,4	S/ 337,51
	377	Tensión de faja	1,3	S/ 317,20

	345	Lubricación de chumaceras	1,2	S/ 290,30
	364	Fallas en los tornillos de regulación	1,3	S/ 305,99
	332	Fallas en la rueda dentada	1,1	S/ 279,09
	287	Desgaste rodillo banco tiro	1,0	S/ 240,98
	425	Cables eléctricos deteriorados	1,5	S/ 357,55
	415	Fallas en los contactores	1,4	S/ 348,58
	361	Obstrucción de ventiladores	1,2	S/ 303,05
	397	Desgaste de rodamientos	1,4	S/ 333,73
Mayo	297	Falla en la unidad de mantenimiento	1,0	S/ 249,95
	375	Falla en la trotadora de corona	1,3	S/ 315,23
	343	Tensión de faja	1,2	S/ 288,05
	369	Lubricación de chumaceras	1,3	S/ 310,47
	375	Fallas en los tornillos de regulación	1,3	S/ 314,95
	369	Fallas en la rueda dentada	1,3	S/ 310,47
	300	Desgaste rodillo banco tiro	1,0	S/ 252,19
	417	Cables eléctricos deteriorados	1,4	S/ 350,82
	415	Fallas en los contactores	1,4	S/ 348,58
	383	Resistencias desajustados	1,3	S/ 321,54
Junio	308	Falla en la unidad de mantenimiento	1,1	S/ 258,91
	395	Falla en la trotadora de corona	1,4	S/ 331,63
	340	Tensión de faja	1,2	S/ 285,81
	361	Lubricación de chumaceras	1,2	S/ 303,75
	364	Fallas en los tornillos de regulación	1,3	S/ 305,99
	380	Fallas en la rueda dentada	1,3	S/ 319,44
	295	Desgaste rodillo banco tiro	1,0	S/ 247,70
	428	Cables eléctricos deteriorados	1,5	S/ 359,79
	399	Fallas en los contactores	1,4	S/ 335,41
	383	Falla en los motores principales	1,3	S/ 321,96
	366	Obstrucción de ventiladores	1,3	S/ 307,67
Julio	300	Falla en la unidad de mantenimiento	1,0	S/ 252,19
	387	Falla en la trotadora de corona	1,3	S/ 324,90
	335	Tensión de faja	1,1	S/ 281,33
	364	Lubricación de chumaceras	1,3	S/ 305,99
	380	Fallas en los tornillos de regulación	1,3	S/ 319,44
	340	Fallas en la rueda dentada	1,2	S/ 285,81
	305	Desgaste rodillo banco tiro	1,0	S/ 256,67
	417	Cables eléctricos deteriorados	1,4	S/ 350,82
	420	Fallas en los contactores	1,4	S/ 353,06
	380	Resistencias desajustados	1,3	S/ 319,02
Agosto	311	Falla en la unidad de mantenimiento	1,1	S/ 261,15
	393	Falla en la trotadora de corona	1,3	S/ 330,37

	380	Tensión de faja	1,3	S/ 319,44
	364	Lubricación de chumaceras	1,3	S/ 305,99
	356	Fallas en los tornillos de regulación	1,2	S/ 299,26
	332	Fallas en la rueda dentada	1,1	S/ 279,09
	305	Desgaste rodillo banco tiro	1,0	S/ 256,67
	407	Cables eléctricos deteriorados	1,4	S/ 341,85
	425	Fallas en los contactores	1,5	S/ 357,55
	363	Desgaste de rodamientos	1,2	S/ 305,15
	401	Obstrucción de ventiladores	1,4	S/ 336,67
Setiembre	287	Falla en la unidad de mantenimiento	1,0	S/ 240,98
	376	Falla en la trotadora de corona	1,3	S/ 316,08
	359	Tensión de faja	1,2	S/ 301,50
	367	Lubricación de chumaceras	1,3	S/ 308,23
	380	Fallas en los tornillos de regulación	1,3	S/ 319,44
	351	Fallas en la rueda dentada	1,2	S/ 294,78
	308	Desgaste rodillo banco tiro	1,1	S/ 258,91
	407	Cables eléctricos deteriorados	1,4	S/ 341,85
	428	Fallas en los contactores	1,5	S/ 359,79
	373	Resistencias desajustadas	1,3	S/ 313,13
366	Falla en reductor-cabezal giratorio	1,3	S/ 307,25	
Octubre	311	Falla en la unidad de mantenimiento	1,1	S/ 261,15
	408	Falla en la trotadora de corona	1,4	S/ 342,98
	369	Tensión de faja	1,3	S/ 310,47
	351	Lubricación de chumaceras	1,2	S/ 294,78
	361	Fallas en los tornillos de regulación	1,2	S/ 303,75
	351	Fallas en la rueda dentada	1,2	S/ 294,78
	305	Desgaste rodillo banco tiro	1,0	S/ 256,67
	412	Cables eléctricos deteriorados	1,4	S/ 346,34
	417	Fallas en los contactores	1,4	S/ 350,82
	379	Obstrucción de ventiladores	1,3	S/ 318,18
364	Lubricación en la caja reductora principal	1,2	S/ 305,57	
Noviembre	311	Falla en la unidad de mantenimiento	1,1	S/ 261,15
	382	Falla en la trotadora de corona	1,3	S/ 321,12
	375	Tensión de faja	1,3	S/ 314,95
	345	Lubricación de chumaceras	1,2	S/ 290,30
	375	Fallas en los tornillos de regulación	1,3	S/ 314,95
	367	Fallas en la rueda dentada	1,3	S/ 308,23
	305	Desgaste rodillo banco tiro	1,0	S/ 256,67
	415	Cables eléctricos deteriorados	1,4	S/ 348,58
387	Fallas en los contactores	1,3	S/ 325,32	

	398	Resistencias desajustados	1,4	S/ 334,57
	406	Lubricación de la caja de tiro	1,4	S/ 340,87
Diciembre	308	Falla en la unidad de mantenimiento	1,1	S/ 258,91
	363	Falla en la trotadora de corona	1,2	S/ 305,15
	356	Tensión de faja	1,2	S/ 299,26
	369	Lubricación de chumaceras	1,3	S/ 310,47
	367	Fallas en los tornillos de regulación	1,3	S/ 308,23
	356	Fallas en la rueda dentada	1,2	S/ 299,26
	303	Desgaste rodillo banco tiro	1,0	S/ 254,43
	409	Cables eléctricos deteriorados	1,4	S/ 344,10
	393	Fallas en los contactores	1,3	S/ 330,37
	370	Obstrucción de ventiladores	1,3	S/ 310,61
	368	Desgaste de rodamientos	1,3	S/ 308,93
	364	Obstrucción de pistones neumáticos	1,3	S/ 305,99
	TOTAL	47 338		162,6

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

Tabla 19. Costo por fallo del año 2020 por fallas de la flexográfica

MESES	TIEMPO DE PARADA (min)	TIPO DE FALLA	PRODUCCIÓN NO REALIZADA (MILLAR)	DINERO NO PERCIBIDO (S/)
Enero	59	Falla en la unidad de mantenimiento	0,2	S/ 49,32
	60	Falla en el compresor	0,2	S/ 50,44
	49	Falla en las canetas	0,2	S/ 41,47
	49	Falla en el embrague	0,2	S/ 41,47
	52	Falla en las transmisiones externas	0,2	S/ 43,43
	57	Falla en las bocinas de bronce	0,2	S/ 47,64
Febrero	43	Falla en la unidad de mantenimiento	0,1	S/ 35,87
	54	Falla en el compresor	0,2	S/ 45,39
	58	Falla en las canetas	0,2	S/ 49,04
	61	Falla en el motor principal	0,2	S/ 51,28
	45	Falla en las transmisiones externas	0,2	S/ 37,55
	60	Falla en las bocinas de bronce	0,2	S/ 50,44
Marzo	45	Falla en la unidad de mantenimiento	0,2	S/ 37,55
	45	Falla en el compresor	0,2	S/ 37,55
	58	Falla en las canetas	0,2	S/ 48,76
	51	Falla en las transmisiones externas	0,2	S/ 42,59
	49	Falla en las bocinas de bronce	0,2	S/ 41,47
Abril	48	Falla en la unidad de mantenimiento	0,2	S/ 40,35
	49	Falla en el compresor	0,2	S/ 40,91
	45	Falla en las canetas	0,2	S/ 37,55
	55	Falla en las transmisiones externas	0,2	S/ 45,95
	49	Falla en las bocinas de bronce	0,2	S/ 40,91
Mayo	49	Falla en la unidad de mantenimiento	0,2	S/ 41,47
	50	Falla en el compresor	0,2	S/ 42,03
	64	Falla en las canetas	0,2	S/ 54,08
	59	Falla en el embrague	0,2	S/ 49,32
	59	Falla en las transmisiones externas	0,2	S/ 49,88
	53	Falla en las bocinas de bronce	0,2	S/ 44,27

Junio	48	Falla en la unidad de mantenimiento	0,2	S/ 40,35
	55	Falla en el compresor	0,2	S/ 45,95
	57	Falla en las canetas	0,2	S/ 48,20
	52	Falla en las transmisiones externas	0,2	S/ 43,71
	54	Falla en las bocinas de bronce	0,2	S/ 45,11
Julio	50	Falla en la unidad de mantenimiento	0,2	S/ 42,03
	46	Falla en el compresor	0,2	S/ 38,67
	59	Falla en las canetas	0,2	S/ 49,32
	60	Falla en las transmisiones externas	0,2	S/ 50,44
	54	Falla en las bocinas de bronce	0,2	S/ 45,67
Agosto	58	Falla en la unidad de mantenimiento	0,2	S/ 48,76
	41	Falla en el compresor	0,1	S/ 34,75
	40	Falla en las canetas	0,1	S/ 33,63
	59	Falla en el motor principal	0,2	S/ 49,60
	64	Falla en las transmisiones externas	0,2	S/ 53,80
	60	Falla en las bocinas de bronce	0,2	S/ 50,16
Setiembre	45	Falla en la unidad de mantenimiento	0,2	S/ 37,55
	61	Falla en el compresor	0,2	S/ 51,56
	49	Falla en las canetas	0,2	S/ 41,47
	48	Falla en el embrague	0,2	S/ 40,35
	55	Falla en las transmisiones externas	0,2	S/ 45,95
	43	Falla en las bocinas de bronce	0,1	S/ 35,87
Octubre	45	Falla en la unidad de mantenimiento	0,2	S/ 37,55
	57	Falla en el compresor	0,2	S/ 48,20
	51	Falla en las canetas	0,2	S/ 42,59
	51	Falla en las transmisiones externas	0,2	S/ 43,15
	41	Falla en las bocinas de bronce	0,1	S/ 34,75
Noviembre	51	Falla en la unidad de mantenimiento	0,2	S/ 42,87
	54	Falla en el compresor	0,2	S/ 45,39
	55	Falla en las canetas	0,2	S/ 46,51
	57	Falla en las transmisiones externas	0,2	S/ 47,64

	54	Falla en las bocinas de bronce	0,2	S/ 45,39
Diciembre	48	Falla en la unidad de mantenimiento	0,2	S/ 40,35
	40	Falla en el compresor	0,1	S/ 33,63
	45	Falla en las canetas	0,2	S/ 38,11
	60	Falla en las transmisiones externas	0,2	S/ 50,44
	50	Falla en las bocinas de bronce	0,2	S/ 42,03
	TOTAL	3 390		11,6

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

Tabla 20. Costo por fallo del año 2020 por fallas de la mezcladora 1

MESES	TIEMPO DE PARADA (min)	TIPO DE FALLA	PRODUCCIÓN NO REALIZADA (MILLAR)	DINERO NO PERCIBIDO (S/)
Enero	82	Desgaste en la paleta cintas	0,3	S/ 68,93
	566	Falla en los rodamientos	1,9	S/ 475,79
Febrero	92	Desgaste en la paleta cintas	0,3	S/ 77,34
	50	Falla en el troquel	0,2	S/ 42,03
Marzo	76	Desgaste en las piezas metálicas	0,3	S/ 63,89
	62	Desgaste en la paleta cintas	0,2	S/ 52,12
Abril	84	Desgaste en la paleta cintas	0,3	S/ 70,61
Mayo	98	Desgaste en la paleta cintas	0,3	S/ 82,38
Junio	80	Desgaste en la paleta cintas	0,3	S/ 67,25
Julio	68	Desgaste en la paleta cintas	0,2	S/ 57,16
Agosto	72	Desgaste en la paleta cintas	0,2	S/ 60,53
Setiembre	82	Desgaste en las piezas metálicas	0,3	S/ 68,93
	88	Desgaste en la paleta cintas	0,3	S/ 73,98
Octubre	90	Desgaste en la paleta cintas	0,3	S/ 75,66
Noviembre	98	Desgaste en la paleta cintas	0,3	S/ 82,38
	526	Falla en los retenes	1,8	S/ 442,17
Diciembre	84	Desgaste en la paleta cintas	0,3	S/ 70,61
TOTAL	2 298		7,9	S/ 1 931,76

Tabla 21. Costo por fallo del año 2020 por fallas de la mezcladora 2

MESES	TIEMPO DE PARADA (min)	TIPO DE FALLA	PRODUCCIÓN NO REALIZADA (MILLAR)	DINERO NO PERCIBIDO (S/)
Enero	170	Desgaste en la paleta cintas	0,6	S/ 142,91
	552	Falla en los rodamientos	1,9	S/ 464,03
Febrero	180	Desgaste en la paleta cintas	0,6	S/ 151,31
	38	Falla en el troquel	0,1	S/ 31,94
Marzo	231	Desgaste en las piezas metálicas	0,8	S/ 194,18
	188	Desgaste en la paleta cintas	0,6	S/ 158,04
Abril	162	Desgaste en la paleta cintas	0,6	S/ 136,18
Mayo	162	Desgaste en la paleta cintas	0,6	S/ 136,18
Junio	172	Desgaste en la paleta cintas	0,6	S/ 144,59
Julio	178	Desgaste en la paleta cintas	0,6	S/ 149,63
Agosto	164	Desgaste en la paleta cintas	0,6	S/ 137,86
Setiembre	235	Desgaste en las piezas metálicas	0,8	S/ 197,55
	184	Desgaste en la paleta cintas	0,6	S/ 154,68
Octubre	168	Desgaste en la paleta cintas	0,6	S/ 141,23
Noviembre	164	Desgaste en la paleta cintas	0,6	S/ 137,86
	221	Falla en los retenes	0,8	S/ 185,78
Diciembre	160	Desgaste en la paleta cintas	0,5	S/ 134,50
TOTAL	3 329		11,4	S/ 2 798,44

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

Tabla 22. Costo por fallo del año 2020 por fallas del molino

MESES	TIEMPO DE PARADA (min)	TIPO DE FALLA	PRODUCCIÓN NO REALIZADA (MILLAR)	DINERO NO PERCIBIDO (S/)
Enero	117	Falla en las cuchillas	0,4	S/ 98,35
	30	Falla en el motor	0,1	S/ 25,22
	29	Falla en las fajas	0,1	S/ 24,38
Febrero	119	Falla en las cuchillas	0,4	S/ 100,03
	22	Falla en el motor	0,1	S/ 18,49
	24	Falla en las fajas	0,1	S/ 20,18
	89	Falla en las chumaceras	0,3	S/ 74,82
Marzo	94	Falla en las cuchillas	0,3	S/ 79,02
	24	Falla en el motor	0,1	S/ 20,18
	26	Falla en las fajas	0,1	S/ 21,86
Abril	116	Falla en las chumaceras	0,4	S/ 97,51
	115	Falla en las cuchillas	0,4	S/ 96,67
	26	Falla en el motor	0,1	S/ 21,86
	22	Falla en las fajas	0,1	S/ 18,49
Mayo	111	Falla en las cuchillas	0,4	S/ 93,31
	20	Falla en el motor	0,1	S/ 16,81
	22	Falla en las fajas	0,1	S/ 18,49
Junio	87	Falla en las chumaceras	0,3	S/ 73,13
	30	Falla en el motor	0,1	S/ 25,22
	20	Falla en las fajas	0,1	S/ 16,81
	115	Falla en las cuchillas	0,4	S/ 96,67
Julio	119	Falla en las cuchillas	0,4	S/ 100,03
	24	Falla en el motor	0,1	S/ 20,18
	21	Falla en las fajas	0,1	S/ 17,65
Agosto	77	Falla en las chumaceras	0,3	S/ 64,73
	24	Falla en el motor	0,1	S/ 20,18
	110	Falla en las cuchillas	0,4	S/ 92,47
	22	Falla en las fajas	0,1	S/ 18,49
Setiembre	115	Falla en las cuchillas	0,4	S/ 96,67
	29	Falla en el motor	0,1	S/ 24,38
	22	Falla en las fajas	0,1	S/ 18,49
Octubre	78	Falla en las chumaceras	0,3	S/ 65,57
	23	Falla en el motor	0,1	S/ 19,33
	28	Falla en las fajas	0,1	S/ 23,54
	125	Falla en las cuchillas	0,4	S/ 105,08
Noviembre	111	Falla en las cuchillas	0,4	S/ 93,31

	26	Falla en el motor	0,1	S/ 21,86
	22	Falla en las fajas	0,1	S/ 18,49
Diciembre	100	Falla en las chumaceras	0,3	S/ 84,06
	23	Falla en el motor	0,1	S/ 19,33
	22	Falla en las fajas	0,1	S/ 18,49
	114	Falla en las cuchillas	0,4	S/ 95,83
TOTAL	2 493		8,6	S/ 2 095,68

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

Tabla 23. Costo por fallo del año 2020 por fallas de la paleteadora

MESES	TIEMPO DE PARADA (min)	TIPO DE FALLA	PRODUCCIÓN NO REALIZADA (MILLAR)	DINERO NO PERCIBIDO (S/)
Enero	452	Falla en las chumaceras	1,6	S/ 379,54
	412	Falla en el cable de aceleración	1,4	S/ 346,34
	512	Falla en las fajas	1,8	S/ 430,40
Febrero	598	Falla en los reductores	2,1	S/ 502,69
	482	Falla en la pastilla de frenos	1,7	S/ 405,18
	477	Falla en las chumaceras	1,6	S/ 400,56
Marzo	480	Falla en las chumaceras	1,6	S/ 403,08
Abril	487	Falla en las chumaceras	1,7	S/ 409,38
	408	Falla en el disco de freno	1,4	S/ 342,98
	538	Falla en las fajas	1,8	S/ 452,26
Mayo	473	Falla en las chumaceras	1,6	S/ 397,62
	539	Falla en la guía de corte	1,9	S/ 453,10
	475	Falla en la pastilla de frenos	1,6	S/ 399,30
Junio	498	Falla en las chumaceras	1,7	S/ 418,63
	412	Falla en el cable de aceleración	1,4	S/ 346,34
Julio	497	Falla en las chumaceras	1,7	S/ 417,79
	522	Falla en las fajas	1,8	S/ 438,81
Agosto	494	Falla en las chumaceras	1,7	S/ 415,27
	422	Falla en el líquido de freno	1,4	S/ 354,74
	485	Falla en la pastilla de frenos	1,7	S/ 407,28
Setiembre	477	Falla en las chumaceras	1,6	S/ 400,56
Octubre	483	Falla en las chumaceras	1,7	S/ 405,60
	466	Falla en las fajas	1,6	S/ 391,31
Noviembre	489	Falla en las chumaceras	1,7	S/ 411,07
	528	Falla en la pastilla de frenos	1,8	S/ 443,85
Diciembre	496	Falla en las chumaceras	1,7	S/ 416,53
	408	Falla en el cable de aceleración	1,4	S/ 342,98
TOTAL	13 006		44,7	S/ 10 933,17

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

Tabla 24. Costo por fallo del año 2020 por fallas de la perforadora

MESES	TIEMPO DE PARADA (min)	TIPO DE FALLA	PRODUCCIÓN NO REALIZADA (MILLAR)	DINERO NO PERCIBIDO (S/)
Enero	119	Falla en las chumaceras	0,4	S/ 100,03
	20	Problemas en la cadena	0,1	S/ 16,81
	34	Falla en los controles de mando	0,1	S/ 28,58
	119	Problemas con engrase	0,4	S/ 100,03
Febrero	118	Falla en las chumaceras	0,4	S/ 98,77
	25	Problemas en la cadena	0,1	S/ 21,02
	30	Falla en las catalinas	0,1	S/ 25,22
	33	Falla en los controles de mando	0,1	S/ 27,74
	145	Problemas con engrase	0,5	S/ 121,89
Marzo	147	Falla en las chumaceras	0,5	S/ 123,57
	27	Problemas en la cadena	0,1	S/ 22,70
	342	Fallas en el motoreductor	1,2	S/ 287,49
	30	Falla en los controles de mando	0,1	S/ 25,22
	116	Problemas con engrase	0,4	S/ 97,51
Abril	131	Falla en las chumaceras	0,4	S/ 110,12
	20	Problemas en la cadena	0,1	S/ 16,81
	25	Falla en los controles de mando	0,1	S/ 21,02
	80	Problemas con engrase	0,3	S/ 67,25
Mayo	150	Falla en las chumaceras	0,5	S/ 126,09
	20	Problemas en la cadena	0,1	S/ 16,81
	33	Falla en los controles de mando	0,1	S/ 27,74
	26	Falla en los controles de mando	0,1	S/ 21,86
	100	Problemas con engrase	0,3	S/ 84,06
Junio	145	Falla en las chumaceras	0,5	S/ 121,47
	17	Problemas en la cadena	0,1	S/ 14,29
	326	Fallas en el motoreductor	1,1	S/ 274,04
	36	Falla en los controles de mando	0,1	S/ 30,26
	118	Problemas con engrase	0,4	S/ 99,19
Julio	113	Falla en las chumaceras	0,4	S/ 94,99
	20	Problemas en la cadena	0,1	S/ 16,81
	29	Falla en los controles de mando	0,1	S/ 24,38
	86	Problemas con engrase	0,3	S/ 72,29
Agosto	106	Falla en las chumaceras	0,4	S/ 88,69
	25	Problemas en la cadena	0,1	S/ 21,02
	31	Falla en los controles de mando	0,1	S/ 26,06
	29	Falla en los controles de mando	0,1	S/ 24,38

	119	Problemas con engrase	0,4	S/ 100,03
Setiembre	134	Falla en las chumaceras	0,5	S/ 112,64
	18	Problemas en la cadena	0,1	S/ 15,13
	362	Fallas en el motoreductor	1,2	S/ 304,31
	30	Falla en los controles de mando	0,1	S/ 25,22
	118	Problemas con engrase	0,4	S/ 99,19
Octubre	192	Falla en las chumaceras	0,7	S/ 161,40
	16	Problemas en la cadena	0,1	S/ 13,45
	27	Falla en los controles de mando	0,1	S/ 22,70
	108	Problemas con engrase	0,4	S/ 90,79
Noviembre	142	Falla en las chumaceras	0,5	S/ 119,37
	16	Problemas en la cadena	0,1	S/ 13,45
	27	Falla en los controles de mando	0,1	S/ 22,70
	33	Falla en los controles de mando	0,1	S/ 27,74
	117	Problemas con engrase	0,4	S/ 98,35
Diciembre	139	Falla en las chumaceras	0,5	S/ 116,43
	368	Fallas en el motoreductor	1,3	S/ 309,35
	20	Problemas en la cadena	0,1	S/ 16,81
	28	Falla en los controles de mando	0,1	S/ 23,54
	81	Problemas con engrase	0,3	S/ 68,09
TOTAL	5 064		17,4	S/ 4 256,93

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

Tabla 25. Costo por fallo del año 2020 por fallas de la selladora de fondo

MESES	TIEMPO DE PARADA (min)	TIPO DE FALLA	PRODUCCIÓN NO REALIZADA (MILLAR)	DINERO NO PERCIBIDO (S/)
Enero	31	Falla en las fajas transporte	0,1	S/ 26,06
	35	Falla en el triángulo de doblado	0,1	S/ 29,42
	47	Falla en las chumaceras	0,2	S/ 39,51
	40	Falla en los carbones motor	0,1	S/ 33,63
	35	Fallas en los ejes verticales (sello y cuchilla)	0,1	S/ 29,42
	20	Falla en la unidad de mantenimiento(aire)	0,1	S/ 16,81
	41	Falla en la cinta de sello	0,1	S/ 34,47
	21	Falla en la portafelpas	0,1	S/ 17,65
	25	Falla en las felpas	0,1	S/ 21,02
Febrero	38	Falla en las fajas transporte	0,1	S/ 31,94
	30	Falla en el triangulo de doblado	0,1	S/ 25,22
	22	Falla en las chumaceras	0,1	S/ 18,49
	27	Falla en los carbones motor	0,1	S/ 22,70
	29	Fallas en los ejes verticales(sello y cuchilla)	0,1	S/ 24,38
	46	Falla en la unidad de mantenimiento(aire)	0,2	S/ 38,67
	21	Falla en la portafelpas	0,1	S/ 17,65
	31	Falla en fajas V	0,1	S/ 26,06
	50	Falla en componentes neumáticos	0,2	S/ 42,03
	37	Falla en las felpas	0,1	S/ 31,10
Marzo	29	Falla en las fajas transporte	0,1	S/ 24,38
	31	Falla en el triangulo de doblado	0,1	S/ 26,06
	41	Falla en las chumaceras	0,1	S/ 34,47
	35	Falla en los carbones motor	0,1	S/ 29,42
	22	Fallas en los ejes verticales(sello y cuchilla)	0,1	S/ 18,49
	49	Falla en la unidad de mantenimiento(aire)	0,2	S/ 41,19
	44	Falla en la cinta de sello	0,2	S/ 36,99
	46	Falla en la portafelpas	0,2	S/ 38,67
	45	Falla en pistones neumáticos	0,2	S/ 37,83
	22	Falla en las felpas	0,1	S/ 18,49

Abril	32	Falla en las fajas transporte	0,1	S/ 26,90
	41	Falla en el triangulo de doblado	0,1	S/ 34,47
	38	Falla en las chumaceras	0,1	S/ 31,94
	23	Falla en los carbones motor	0,1	S/ 19,33
	21	Fallas en los ejes verticales (sello y cuchilla)	0,1	S/ 17,65
	38	Falla en la unidad de mantenimiento(aire)	0,1	S/ 31,94
	20	Falla en la portafelpas	0,1	S/ 16,81
	50	Falla en reguladores de longitud manuales	0,2	S/ 42,03
	41	Falla en las felpas	0,1	S/ 34,47
Mayo	32	Falla en las fajas transporte	0,1	S/ 26,90
	44	Falla en el triangulo de doblado	0,2	S/ 36,99
	29	Falla en las chumaceras	0,1	S/ 24,38
	26	Falla en los carbones motor	0,1	S/ 21,86
	23	Fallas en los ejes verticales(sello y cuchilla)	0,1	S/ 19,33
	31	Falla en la unidad de mantenimiento(aire)	0,1	S/ 26,06
	42	Falla en la portafelpas	0,1	S/ 35,31
	45	Falla en la cinta de sello	0,2	S/ 37,83
	48	Falla en fajas V	0,2	S/ 40,35
	48	Falla en las felpas	0,2	S/ 40,35
Junio	37	Falla en las fajas transporte	0,1	S/ 31,10
	29	Falla en el triangulo de doblado	0,1	S/ 24,38
	50	Falla en las chumaceras	0,2	S/ 42,03
	20	Falla en los carbones motor	0,1	S/ 16,81
	47	Fallas en los ejes verticales(sello y cuchilla)	0,2	S/ 39,51
	29	Falla en la unidad de mantenimiento(aire)	0,1	S/ 24,38
	37	Falla en la portafelpas	0,1	S/ 31,10
	45	Falla en las felpas	0,2	S/ 37,83
Julio	24	Falla en las fajas transporte	0,1	S/ 20,18
	41	Falla en el triangulo de doblado	0,1	S/ 34,47
	20	Falla en las chumaceras	0,1	S/ 16,81
	28	Falla en los carbones motor	0,1	S/ 23,54
	28	Fallas en los ejes verticales(sello y cuchilla)	0,1	S/ 23,54
	33	Falla en la unidad de mantenimiento(aire)	0,1	S/ 27,74

	20	Falla en la portafelpas	0,1	S/ 16,81	
	27	Falla en la cinta de sello	0,1	S/ 22,70	
	26	Falla en las felpas	0,1	S/ 21,86	
Agosto	25	Falla en las fajas transporte	0,1	S/ 21,02	
	42	Falla en el triangulo de doblado	0,1	S/ 35,31	
	31	Falla en las chumaceras	0,1	S/ 26,06	
	45	Falla en los carbones motor	0,2	S/ 37,83	
	27	Fallas en los ejes verticales(sello y cuchilla)	0,1	S/ 22,70	
	36	Falla en la unidad de mantenimiento(aire)	0,1	S/ 30,26	
	50	Falla en la portafelpas	0,2	S/ 42,03	
	38	Falla en componentes neumáticos	0,1	S/ 31,94	
	29	Falla en fajas V	0,1	S/ 24,38	
	50	Falla en las felpas	0,2	S/ 42,03	
	Setiembre	26	Falla en las fajas transporte	0,1	S/ 21,86
		24	Falla en el triangulo de doblado	0,1	S/ 20,18
22		Falla en las chumaceras	0,1	S/ 18,49	
46		Falla en los carbones motor	0,2	S/ 38,67	
29		Fallas en los ejes verticales(sello y cuchilla)	0,1	S/ 24,38	
45		Falla en la unidad de mantenimiento(aire)	0,2	S/ 37,83	
40		Falla en la cinta de sello	0,1	S/ 33,63	
29		Falla en la portafelpas	0,1	S/ 24,38	
25		Falla en pistones neumáticos	0,1	S/ 21,02	
23		Falla en las felpas	0,1	S/ 19,33	
Octubre	24	Falla en las fajas transporte	0,1	S/ 20,18	
	49	Falla en el triangulo de doblado	0,2	S/ 41,19	
	20	Falla en las chumaceras	0,1	S/ 16,81	
	29	Falla en los carbones motor	0,1	S/ 24,38	
	40	Fallas en los ejes verticales(sello y cuchilla)	0,1	S/ 33,63	
	42	Falla en la unidad de mantenimiento(aire)	0,1	S/ 35,31	
	46	Falla en la portafelpas	0,2	S/ 38,67	
	44	Falla en reguladores de longitud manuales	0,2	S/ 36,99	
	26	Falla en las felpas	0,1	S/ 21,86	
Noviembre	41	Falla en las fajas transporte	0,1	S/ 34,47	
	44	Falla en el triangulo de doblado	0,2	S/ 36,99	
	27	Falla en las chumaceras	0,1	S/ 22,70	

	41	Falla en los carbones motor	0,1	S/ 34,47
	39	Fallas en los ejes verticales(sello y cuchilla)	0,1	S/ 32,78
	42	Falla en la unidad de mantenimiento(aire)	0,1	S/ 35,31
	26	Falla en la cinta de sello	0,1	S/ 21,86
	43	Falla en la portafelpas	0,1	S/ 36,15
	29	Falla en fajas V	0,1	S/ 24,38
	30	Falla en las felpas	0,1	S/ 25,22
Diciembre	21	Falla en las fajas transporte	0,1	S/ 17,65
	20	Falla en el triangulo de doblado	0,1	S/ 16,81
	35	Falla en las chumaceras	0,1	S/ 29,42
	27	Falla en los carbones motor	0,1	S/ 22,70
	40	Fallas en los ejes verticales (sello y cuchilla)	0,1	S/ 33,63
	36	Falla en la unidad de mantenimiento(aire)	0,1	S/ 30,26
	50	Falla en la portafelpas	0,2	S/ 42,03
	41	Falla en las felpas	0,1	S/ 34,47
TOTAL	3 837		13,2	S/ 3 225,48

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

Tabla 26. Costo por fallo del año 2020 por fallas de la selladora lateral

MESES	TIEMPO DE PARADA (min)	TIPO DE FALLA	PRODUCCIÓN NO REALIZADA (MILLAR)	DINERO NO PERCIBIDO (S/)
Enero	74	Conexiones desajustadas	0,3	S/ 62,21
	71	Cuchillas desafiladas	0,2	S/ 59,68
Febrero	70	Conexiones desajustadas	0,2	S/ 58,84
	68	Falla en las fajas	0,2	S/ 57,16
Marzo	57	Conexiones desajustadas	0,2	S/ 47,92
Abril	80	Conexiones desajustadas	0,3	S/ 67,25
	61	Falla en los pernos	0,2	S/ 51,28
Mayo	56	Conexiones desajustadas	0,2	S/ 47,08
Junio	57	Conexiones desajustadas	0,2	S/ 47,92
	77	Cuchillas desafiladas	0,3	S/ 64,73
Julio	55	Conexiones desajustadas	0,2	S/ 46,23
Agosto	76	Conexiones desajustadas	0,3	S/ 63,89
	58	Falla en las fajas	0,2	S/ 48,76
Setiembre	69	Conexiones desajustadas	0,2	S/ 58,00
Octubre	53	Conexiones desajustadas	0,2	S/ 44,55
Noviembre	56	Conexiones desajustadas	0,2	S/ 47,08
	58	Cuchillas desafiladas	0,2	S/ 48,76
Diciembre	67	Conexiones desajustadas	0,2	S/ 56,32
TOTAL	1 163		4,0	S/ 977,65

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

4.1.2. Actuales indicadores mantenimiento y sus costos

Indicadores de mantenimiento

Tiempo total programado para producir (Tpp)

El tiempo programado para producir se determinó por los días laborados por mes del año 2020, este se detalla en la tabla 27.

Tabla 27. Tiempo programado para producir del año 2020

	2020	
MES	DIAS LABORABLES	Tpp (min)
Enero	26	18 720
Febrero	24	17 280
Marzo	27	19 440
Abril	23	16 560
Mayo	27	19 440
Junio	26	18 720
Julio	26	18 720
Agosto	26	18 720
Septiembre	26	18 720
Octubre	25	18 000
Noviembre	25	18 000
Diciembre	25	18 000
TOTAL		220 320

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

En las tablas 28 y 29 se detallan los tiempos totales de operación del año 2020. En la tabla 28 se observa que el tiempo total de operación máximo es de 217 513 minutos del aglomerador y el mínimo es de 164 143 minutos de la maquinaria Extrusora 1. Cabe recordar que el tiempo total de operación es el tiempo de operatividad de los equipos.

Tabla 28. Tiempo total en minutos de la operación del año 2020 (Parte A)

MES	Aglomerador			Compresor de Aire			Extrusora 1			Extrusora 2			Extrusora 3			Flexográfica		
	Tpp (min)	Tf (min)	TTO (min)	Tpp (min)	Tf (min)	TTO (min)	Tpp (min)	Tf (min)	TTO (min)	Tpp (min)	Tf (min)	TTO (min)	Tpp (min)	Tf (min)	TTO (min)	Tpp (min)	Tf (min)	TTO (min)
Enero	18 720	121	18 599	18 720	385	18 335	18 720	4 246	14 474	18 720	4 367	14 353	18 720	3 608	15 112	18 720	326	18 394
Febrero	17 280	669	16 611	17 280	424	16 856	17 280	4 689	12 591	17 280	4 731	12 549	17 280	3 992	13 288	17 280	321	16 959
Marzo	19 440	93	19 347	19 440	403	19 037	19 440	4 898	14 542	19 440	4 745	14 695	19 440	3 993	15 447	19 440	247	19 193
Abril	16 560	136	16 424	16 560	380	16 180	16 560	4 741	11 819	16 560	4 628	11 932	16 560	4 004	12 556	16 560	245	16 315
Mayo	19 440	132	19 308	19 440	468	18 972	19 440	4 313	15 127	19 440	4 332	15 108	19 440	3 643	15 797	19 440	334	19 106
Junio	18 720	258	18 462	18 720	380	18 340	18 720	4 854	13 866	18 720	4 707	14 013	18 720	4 019	14 702	18 720	266	18 454
Julio	18 720	99	18 621	18 720	363	18 357	18 720	4 316	14 404	18 720	4 332	14 388	18 720	3 627	15 093	18 720	269	18 451
Agosto	18 720	127	18 593	18 720	345	18 375	18 720	4 714	14 006	18 720	4 661	14 059	18 720	4 037	14 684	18 720	322	18 398
Septiembre	18 720	114	18 606	18 720	381	18 339	18 720	4 751	13 969	18 720	4 742	13 978	18 720	3 999	14 721	18 720	301	18 419
Octubre	18 000	695	17 305	18 000	451	17 549	18 000	4 704	13 296	18 000	4 721	13 279	18 000	4 027	13 973	18 000	245	17 755
Noviembre	18 000	119	17 881	18 000	369	17 631	18 000	4 738	13 262	18 000	4 738	13 262	18 000	4 065	13 936	18 000	271	17 729
Diciembre	18 000	244	17 756	18 000	508	17 492	18 000	5 213	12 787	18 000	5 067	12 933	18 000	4 325	13 675	18 000	243	17 757
TOTAL	220 320	2 807	217 513	220 320	4 857	215 463	220 320	56 177	164 143	220 320	55 770	164 550	220 320	47 338	172 982	220 320	3 390	216 930

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

$$TTO = Tpp - Tf$$

Leyenda:

Tpp: Tiempo programado para producir (minutos)

Tf: Tiempo de fallas (minutos)

TTO: Tiempo total de operación (minutos)

En la tabla 29 se observa que el tiempo total de operación máximo es de 219 157 minutos de la perforadora y el mínimo es de 207 314 minutos de la máquina selladora lateral. Cabe recordar que el tiempo total de operación es el tiempo de operatividad de los equipos.

Tabla 29. Tiempo total en minutos de la operación del año 2020 (Parte B)

MES	Mezcladora 1			Mezcladora 2			Molino			Paleteadora			Perforadora			Selladora de Fondo			Selladora lateral		
	Tpp (min)	Tf (min)	TTO (min)	Tpp (min)	Tf (min)	TTO (min)	Tpp (min)	Tf (min)	TTO (min)	Tpp (min)	Tf (min)	TTO (min)	Tpp (min)	Tf (min)	TTO (min)	Tpp (min)	Tf (min)	TTO (min)	Tpp (min)	Tf (min)	TTO (min)
Enero	18 720	176	18 544	18 720	1 376	17 345	18 720	292	18 428	18 720	295	18 425	18 720	145	18 575	18 720	176	18 544	18 720	1 376	17 345
Febrero	17 280	254	17 026	17 280	1 557	15 724	17 280	351	16 930	17 280	331	16 949	17 280	138	17 142	17 280	254	17 026	17 280	1 557	15 724
Marzo	19 440	144	19 296	19 440	480	18 961	19 440	147	19 293	19 440	364	19 076	19 440	57	19 383	19 440	144	19 296	19 440	480	18 961
Abril	16 560	279	16 281	16 560	1 433	15 127	16 560	256	16 304	16 560	304	16 256	16 560	141	16 419	16 560	279	16 281	16 560	1 433	15 127
Mayo	19 440	153	19 287	19 440	1 487	17 953	19 440	329	19 111	19 440	368	19 072	19 440	56	19 384	19 440	153	19 287	19 440	1 487	17 953
Junio	18 720	252	18 468	18 720	910	17 810	18 720	642	18 079	18 720	294	18 426	18 720	134	18 586	18 720	252	18 468	18 720	910	17 810
Julio	18 720	164	18 556	18 720	1 019	17 701	18 720	248	18 472	18 720	247	18 473	18 720	55	18 665	18 720	164	18 556	18 720	1 019	17 701
Agosto	18 720	233	18 487	18 720	1 401	17 320	18 720	310	18 411	18 720	373	18 347	18 720	134	18 586	18 720	233	18 487	18 720	1 401	17 320
Septiembre	18 720	166	18 554	18 720	477	18 244	18 720	134	18 586	18 720	309	18 411	18 720	69	18 651	18 720	166	18 554	18 720	477	18 244
Octubre	18 000	254	17 746	18 000	948	17 052	18 000	343	17 657	18 000	320	17 680	18 000	53	17 947	18 000	254	17 746	18 000	948	17 052
Noviembre	18 000	159	17 841	18 000	1 017	16 983	18 000	335	17 665	18 000	362	17 638	18 000	114	17 886	18 000	159	17 841	18 000	1 017	16 983
Diciembre	18 000	259	17 741	18 000	904	17 097	18 000	636	17 365	18 000	270	17 730	18 000	67	17 933	18 000	259	17 741	18 000	904	17 097
TOTAL	220 320	2 493	217 827	220 320	13 006	207 314	220 320	4 021	216 299	220 320	3 837	216 483	220 320	1 163	219 157	220 320	2 493	217 827	220 320	13 006	207 314

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

$$TTO = Tpp - Tf$$

Leyenda:

Tpp: Tiempo programado para producir (minutos)

Tf: Tiempo de fallas (minutos)

TTO: Tiempo total de operación (minutos)

DISPONIBILIDAD:

En las tablas 30, 31 y 32 se detalla el porcentaje de disponibilidad que se tiene en la maquinaria para poder producir de acuerdo con lo planeado. En la tabla 28 el valor mayor es de 98,5% de la flexográfica y el menor valor es de la extrusora 1 con 74,5%. La Disponibilidad es el producto del tiempo total de operación sobre el tiempo programado para producir.

Tabla 30. Porcentaje de disponibilidad del año 2020 (Parte A)

MES	Aglomerador			Compresor de Aire			Extrusora 1			Extrusora 2			Extrusora 3			Flexográfica		
	Tpp (min)	TTO (min)	% Disp	Tpp (min)	TTO (min)	% Disp	Tpp (min)	TTO (min)	% Disp	Tpp (min)	TTO (min)	% Disp	Tpp (min)	TTO (min)	% Disp	Tpp (min)	TTO (min)	% Disp
Enero	18 720	18 599	99,4%	18 720	18 335	97,9%	18 720	14 474	77,3%	18 720	14 353	76,7%	18 720	15 112	80,7%	18 720	18 394	98,3%
Febrero	17 280	16 611	96,1%	17 280	16 856	97,5%	17 280	12 591	72,9%	17 280	12 549	72,6%	17 280	13 288	76,9%	17 280	16 959	98,1%
Marzo	19 440	19 347	99,5%	19 440	19 037	97,9%	19 440	14 542	74,8%	19 440	14 695	75,6%	19 440	15 447	79,5%	19 440	19 193	98,7%
Abril	16 560	16 424	99,2%	16 560	16 180	97,7%	16 560	11 819	71,4%	16 560	11 932	72,1%	16 560	12 556	75,8%	16 560	16 315	98,5%
Mayo	19 440	19 308	99,3%	19 440	18 972	97,6%	19 440	15 127	77,8%	19 440	15 108	77,7%	19 440	15 797	81,3%	19 440	19 106	98,3%
Junio	18 720	18 462	98,6%	18 720	18 340	98,0%	18 720	13 866	74,1%	18 720	14 013	74,9%	18 720	14 702	78,5%	18 720	18 454	98,6%
Julio	18 720	18 621	99,5%	18 720	18 357	98,1%	18 720	14 404	76,9%	18 720	14 388	76,9%	18 720	15 093	80,6%	18 720	18 451	98,6%
Agosto	18 720	18 593	99,3%	18 720	18 375	98,2%	18 720	14 006	74,8%	18 720	14 059	75,1%	18 720	14 684	78,4%	18 720	18 398	98,3%
Septiembre	18 720	18 606	99,4%	18 720	18 339	98,0%	18 720	13 969	74,6%	18 720	13 978	74,7%	18 720	14 721	78,6%	18 720	18 419	98,4%
Octubre	18 000	17 305	96,1%	18 000	17 549	97,5%	18 000	13 296	73,9%	18 000	13 279	73,8%	18 000	13 973	77,6%	18 000	17 755	98,6%
Noviembre	18 000	17 881	99,3%	18 000	17 631	98,0%	18 000	13 262	73,7%	18 000	13 262	73,7%	18 000	13 936	77,4%	18 000	17 729	98,5%
Diciembre	18 000	17 756	98,6%	18 000	17 492	97,2%	18 000	12 787	71,0%	18 000	12 933	71,9%	18 000	13 675	76,0%	18 000	17 757	98,6%
TOTAL	220 320	217 513	98,7%	220 320	215 463	97,8%	220 320	164 143	74,5%	220 320	164 550	74,7%	220 320	172 982	78,5%	220 320	216 930	98,5%

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

$$\text{Disponibilidad} = \frac{TTO}{Tpp} * 100\%$$

Leyenda:

TTO: Tiempo total de operación (minutos)

Tpp: Tiempo programado para producir (minutos)

% Disp: Disponibilidad

En la tabla 31 se calculan los porcentajes de disponibilidad, donde se observa que el valor mayor es de la máquina Molino con 98,9% y el valor menor es de la máquina Paleteadora con 94,1%. La Disponibilidad es el producto del tiempo total de operación sobre el tiempo programado para producir.

Tabla 31. Porcentaje de disponibilidad del año 2020 (Parte B)

MES	Mezcladora 1			Mezcladora 2			Molino			Paleteadora			Perforadora		
	Tpp (min)	TTO (min)	% Disp,												
Enero	18 720	18 072	96,5%	18 720	17 998	96,1%	18 720	18 544	99,1%	18 720	17 345	92,7%	18 720	18 428	98,4%
Febrero	17 280	17 138	99,2%	17 280	17 062	98,7%	17 280	17 026	98,5%	17 280	15 724	91,0%	17 280	16 930	98,0%
Marzo	19 440	19 302	99,3%	19 440	19 021	97,8%	19 440	19 297	99,3%	19 440	18 961	97,5%	19 440	19 293	99,2%
Abril	16 560	16 476	99,5%	16 560	16 398	99,0%	16 560	16 281	98,3%	16 560	15 127	91,3%	16 560	16 304	98,5%
Mayo	19 440	19 342	99,5%	19 440	19 278	99,2%	19 440	19 287	99,2%	19 440	17 953	92,4%	19 440	19 111	98,3%
Junio	18 720	18 640	99,6%	18 720	18 548	99,1%	18 720	18 469	98,7%	18 720	17 810	95,1%	18 720	18 079	96,6%
Julio	18 720	18 652	99,6%	18 720	18 542	99,0%	18 720	18 556	99,1%	18 720	17 701	94,6%	18 720	18 472	98,7%
Agosto	18 720	18 648	99,6%	18 720	18 556	99,1%	18 720	18 487	98,8%	18 720	17 320	92,5%	18 720	18 411	98,3%
Septiembre	18 720	18 550	99,1%	18 720	18 301	97,8%	18 720	18 554	99,1%	18 720	18 244	97,5%	18 720	18 586	99,3%
Octubre	18 000	17 910	99,5%	18 000	17 832	99,1%	18 000	17 747	98,6%	18 000	17 052	94,7%	18 000	17 657	98,1%
Noviembre	18 000	17 376	96,5%	18 000	17 615	97,9%	18 000	17 841	99,1%	18 000	16 983	94,4%	18 000	17 665	98,1%
Diciembre	18 000	17 916	99,5%	18 000	17 840	99,1%	18 000	17 742	98,6%	18 000	17 097	95,0%	18 000	17 365	96,5%
TOTAL	220 320	218 022	99,0%	220 320	216 991	98,5%	220 320	217 829	98,9%	220 320	207 314	94,1%	220 320	216 299	98,2%

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

$$Disponibilidad = \frac{TTO}{Tpp} * 100\%$$

Leyenda:

TTO: Tiempo total de operación (minutos)

Tpp: Tiempo programado para producir (minutos)

% Disp: Disponibilidad

En la tabla 32 se calculan los porcentajes de disponibilidad, donde se observa que el valor mayor es de la máquina Selladora lateral con 99,5% y el valor menor es de la selladora de fondo con 98,3%. La Disponibilidad es el producto del tiempo total de operación sobre el tiempo programado para producir.

Tabla 32. Porcentaje de disponibilidad del año 2020 (Parte C)

MES	Selladora de Fondo			Selladora lateral		
	Tpp (min)	TTO (min)	% Disp.	Tpp (min)	TTO (min)	% Disp.
Enero	18 720	18 425	98,4%	18 720	18 575	99,2%
Febrero	17 280	16 949	98,1%	17 280	17 142	99,2%
Marzo	19 440	19 076	98,1%	19 440	19 383	99,7%
Abril	16 560	16 256	98,2%	16 560	16 419	99,1%
Mayo	19 440	19 072	98,1%	19 440	19 384	99,7%
Junio	18 720	18 426	98,4%	18 720	18 586	99,3%
Julio	18 720	18 473	98,7%	18 720	18 665	99,7%
Agosto	18 720	18 347	98,0%	18 720	18 586	99,3%
Septiembre	18 720	18 411	98,3%	18 720	18 651	99,6%
Octubre	18 000	17 680	98,2%	18 000	17 947	99,7%
Noviembre	18 000	17 638	98,0%	18 000	17 886	99,4%
Diciembre	18 000	17 730	98,5%	18 000	17 933	99,6%
TOTAL	220 320	216 483	98,3%	220 320	219 157	99,5%

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

$$Disponibilidad = \frac{TTO}{Tpp} * 100\%$$

Leyenda:

TTO: Tiempo total de operación (minutos)

Tpp: Tiempo programado para producir (minutos)

% Disp: Disponibilidad

MANTENIBILIDAD (M):

En las tablas 33 y 34 se determina el tiempo medio para reparar que indica el índice de mantenibilidad del año 2020. En la tabla 33 se detalla la mantenibilidad, en donde se ha obtenido el porcentaje mayor de 5,87% en la máquina flexográfica, y el menor es del 0,21% de la máquina extrusora 2. La mantenibilidad de la maquinaria es el inverso del tiempo medio para reparar, siendo este último el producto de tiempo para reparar sobre el número de fallas.

Tabla 33. Tiempo medio en minutos para reparar la maquinaria del año 2020 (Parte A)

MES	Aglomerador				Compresor de Aire				Extrusora 1				Extrusora 2				Extrusora 3				Flexográfica			
	TTR (min)	NF	MTTR	M	TTR (min)	NF	MTTR	M	TTR (min)	NF	MTTR	M	TTR (min)	NF	MTTR	M	TTR (min)	NF	MTTR	M	TTR (min)	NF	MTTR	M
Enero	121	9	13,4	7,44%	385	2	192,5	0,52%	4 226	8	528,3	0,19%	4 342	9	482,5	0,21%	3 578	11	325,2	0,31%	291	12	24,2	4,13%
Febrero	649	8	81,1	1,23%	394	4	98,5	1,02%	4 659	8	582,4	0,17%	4 711	8	588,9	0,17%	3 957	14	282,6	0,35%	291	19	15,3	6,54%
Marzo	93	8	11,6	8,60%	403	3	134,3	0,74%	4 873	14	348,1	0,29%	4 720	10	472,0	0,21%	3 963	10	396,3	0,25%	247	17	14,5	6,87%
Abril	136	7	19,4	5,15%	355	3	118,3	0,85%	4 716	14	336,9	0,30%	4 598	10	459,8	0,22%	3 969	15	264,6	0,38%	245	18	13,6	7,36%
Mayo	132	8	16,5	6,06%	468	3	156,0	0,64%	4 278	11	388,9	0,26%	4 302	15	286,8	0,35%	3 618	12	301,5	0,33%	309	13	23,8	4,20%
Junio	218	7	31,1	3,21%	345	2	172,5	0,58%	4 819	12	401,6	0,25%	4 682	7	668,8	0,15%	3 989	12	332,4	0,30%	266	11	24,2	4,14%
Julio	99	6	16,5	6,06%	363	3	121,0	0,83%	4 286	9	476,2	0,21%	4 297	7	613,9	0,16%	3 597	9	399,7	0,25%	269	15	17,9	5,58%
Agosto	127	6	21,2	4,72%	345	3	115,0	0,87%	4 689	12	390,8	0,26%	4 631	9	514,6	0,19%	4 012	8	501,4	0,20%	287	18	15,9	6,27%
Septiembre	114	7	16,3	6,14%	381	2	190,5	0,52%	4 726	9	525,1	0,19%	4 707	7	672,4	0,15%	3 969	10	396,9	0,25%	271	19	14,2	7,02%
Octubre	650	6	108,3	0,92%	416	3	138,7	0,72%	4 684	12	390,3	0,26%	4 691	11	426,4	0,23%	3 992	8	499,0	0,20%	245	13	18,9	5,30%
Noviembre	119	9	13,2	7,56%	369	3	123,0	0,81%	4 718	14	337,0	0,30%	4 713	8	589,1	0,17%	4 035	10	403,5	0,25%	271	18	15,1	6,64%
Diciembre	209	7	29,9	3,35%	508	3	169,3	0,59%	5 178	10	517,8	0,19%	5 037	13	387,4	0,26%	4 300	8	537,5	0,19%	243	17	14,3	6,99%
TOTAL	2 667	88	30,3	3,30%	4 732	34	139,2	0,72%	55 852	133	419,9	0,24%	55 430	114	486,2	0,21%	46 978	127	369,9	0,27%	3 235	190	17,0	5,87%

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

$$\text{Tiempo medio para reparar (MTTR)} = \frac{TTR}{N^{\circ} \text{ fallas}}$$

$$\text{Mantenibilidad (M)} = \frac{1}{MTTR}$$

Leyenda:

MTTR: Tiempo medio para reparar (minutos/falla)

TTR: Tiempo para reparar (minutos)

NF: Número de fallas

En la tabla 34 se detalla la mantenibilidad, en donde se ha obtenido el porcentaje mayor de 4,53% en la máquina molino, y el menor es del 0,61% de la máquina paleteadora. La mantenibilidad de la maquinaria es el inverso del tiempo medio para reparar, siendo este último el producto de tiempo para reparar sobre el número de fallas.

Tabla 34. Tiempo medio en minutos para reparar la maquinaria del año 2020 (Parte B)

MES	Mezcladora 1				Mezcladora 2				Molino				Paleteadora			
	TTR (min)	NF	MTTR	M	TTR (min)	NF	MTTR	M	TTR (min)	NF	MTTR	M	TTR (min)	NF	MTTR	M
Enero	613	9	68,1	1,47%	692	7	98,9	1,01%	151	6	25,2	3,97%	1 341	9	148,9	0,67%
Febrero	142	7	20,3	4,93%	218	6	36,3	2,75%	189	8	23,6	4,23%	1 527	6	254,4	0,39%
Marzo	138	6	23,0	4,35%	419	6	69,8	1,43%	114	8	14,3	7,02%	455	8	56,8	1,76%
Abril	84	7	12,0	8,33%	162	6	27,0	3,70%	209	7	29,9	3,35%	1 403	6	233,8	0,43%
Mayo	98	6	16,3	6,12%	162	8	20,3	4,94%	128	6	21,3	4,69%	1 457	5	291,4	0,34%
Junio	80	8	10,0	10,00%	172	7	24,6	4,07%	178	8	22,3	4,49%	875	4	218,8	0,46%
Julio	68	7	9,7	10,29%	178	8	22,3	4,49%	134	6	22,3	4,48%	989	6	164,8	0,61%
Agosto	72	6	12,0	8,33%	164	7	23,4	4,27%	163	8	20,4	4,91%	1 366	6	227,6	0,44%
Septiembre	170	7	24,3	4,12%	419	6	69,8	1,43%	131	7	18,7	5,34%	442	8	55,2	1,81%
Octubre	90	6	15,0	6,67%	168	6	28,0	3,57%	179	8	22,4	4,47%	918	6	153,0	0,65%
Noviembre	624	7	89,1	1,12%	385	9	42,8	2,34%	134	6	22,3	4,48%	992	8	124,0	0,81%
Diciembre	84	8	10,5	9,52%	160	7	22,9	4,38%	189	8	23,6	4,23%	874	5	174,7	0,57%
TOTAL	2 263	84	26,9	3,71%	3 299	83	39,7	2,52%	1 899	86	22,1	4,53%	12 636	77	164,1	0,61%

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

$$\text{Tiempo medio para reparar (MTTR)} = \frac{TTR}{N^{\circ} \text{ fallas}}$$

$$\text{Mantenibilidad (M)} = \frac{1}{MTTR}$$

Leyenda:

MTTR: Tiempo medio para reparar (minutos/falla)

TTR: Tiempo para reparar (minutos)

NF: Número de fallas

En la tabla 35 se detalla la mantenibilidad, en donde se ha obtenido el porcentaje mayor de 12,22% en la máquina selladora lateral, y el menor es del 2,19% de la máquina selladora de fondo. La mantenibilidad de la maquinaria es el inverso del tiempo medio para reparar, siendo este último el producto de tiempo para reparar sobre el número de fallas.

Tabla 35. Tiempo medio en minutos para reparar la maquinaria del año 2020 (Parte C)

MES	Perforadora				Selladora de Fondo				Selladora lateral			
	TTR (min)	NF	MTTR	M	TTR (min)	NF	MTTR	M	TTR (min)	NF	MTTR	M
Enero	262	9	29,1	3,44%	295	8	36,9	2,71%	115	9	12,8	7,83%
Febrero	316	7	45,1	2,22%	331	6	55,2	1,81%	113	8	14,1	7,08%
Marzo	117	9	13,0	7,69%	334	8	41,8	2,40%	27	9	3,0	33,33%
Abril	231	7	33,0	3,03%	304	7	43,4	2,30%	116	9	12,9	7,76%
Mayo	299	9	33,2	3,01%	368	8	46,0	2,17%	36	8	4,5	22,22%
Junio	617	9	68,5	1,46%	294	6	49,0	2,04%	109	8	13,6	7,34%
Julio	218	9	24,2	4,13%	247	7	35,3	2,83%	20	9	2,2	45,00%
Agosto	275	7	39,2	2,55%	373	5	74,6	1,34%	104	9	11,6	8,65%
Septiembre	104	6	17,3	5,77%	284	6	47,3	2,11%	44	8	5,5	18,18%
Octubre	308	8	38,5	2,60%	320	8	40,0	2,50%	28	9	3,1	32,14%
Noviembre	305	8	38,1	2,62%	362	6	60,3	1,66%	94	8	11,8	8,51%
Diciembre	611	6	101,8	0,98%	270	8	33,8	2,96%	37	9	4,1	24,32%
TOTAL	3 661	94	38,9	2,57%	3 782	83	45,6	2,19%	843	103	8,2	12,22%

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

$$\text{Tiempo medio para reparar (MTTR)} = \frac{TTR}{N^{\circ} \text{ fallas}}$$

$$\text{Mantenibilidad (M)} = \frac{1}{MTTR}$$

Leyenda:

MTTR: Tiempo medio para reparar (minutos/falla)

TTR: Tiempo para reparar (minutos)

NF: Número de fallas

En las tablas 36 y 37 se calcularon los tiempos medios entre fallas por maquinaria del año 2020. En esta tabla 37 se determinó en tiempo medio entre fallas donde se obtuvo un valor máximo de 81 360,00 minutos por falla del compresor de aire, y un valor mínimo de 14 446,91 minutos por falla de la flexográfica.

Tabla 36. Tiempo en minutos medio entre fallas de la maquinaria del 2020 (Parte A)

MES	Aglomerador			Compresor de Aire			Extrusora 1			Extrusora 2			Extrusora 3			Flexográfica		
	Tpp (min)	NF	MTBF	Tpp (min)	NF	MTBF	Tpp (min)	NF	MTBF	Tpp (min)	NF	MTBF	Tpp (min)	NF	MTBF	Tpp (min)	NF	MTBF
Enero	18 720	9	2 080,00	18 720	2	9 360,00	18 720	8	2 340,00	18 720	9	2 080,00	18 720	11	1 701,82	18 720	12	1 560,00
Febrero	17 280	8	2 160,00	17 280	4	4 320,00	17 280	8	2 160,00	17 280	8	2 160,00	17 280	14	1 234,29	17 280	19	909,47
Marzo	19 440	8	2 430,00	19 440	3	6 480,00	19 440	14	1 388,57	19 440	10	1 944,00	19 440	10	1 944,00	19 440	17	1 143,53
Abril	16 560	7	2 365,71	16 560	3	5 520,00	16 560	14	1 182,86	16 560	10	1 656,00	16 560	15	1 104,00	16 560	18	920,00
Mayo	19 440	8	2 430,00	19 440	3	6 480,00	19 440	11	1 767,27	19 440	15	1 296,00	19 440	12	1 620,00	19 440	13	1 495,38
Junio	18 720	7	2 674,29	18 720	2	9 360,00	18 720	12	1 560,00	18 720	7	2 674,29	18 720	12	1 560,00	18 720	11	1 701,82
Julio	18 720	6	3 120,00	18 720	3	6 240,00	18 720	9	2 080,00	18 720	7	2 674,29	18 720	9	2 080,00	18 720	15	1 248,00
Agosto	18 720	6	3 120,00	18 720	3	6 240,00	18 720	12	1 560,00	18 720	9	2 080,00	18 720	8	2 340,00	18 720	18	1 040,00
Septiembre	18 720	7	2 674,29	18 720	2	9 360,00	18 720	9	2 080,00	18 720	7	2 674,29	18 720	10	1 872,00	18 720	19	985,26
Octubre	18 000	6	3 000,00	18 000	3	6 000,00	18 000	12	1 500,00	18 000	11	1 636,36	18 000	8	2 250,00	18 000	13	1 384,62
Noviembre	18 000	9	2 000,00	18 000	3	6 000,00	18 000	14	1 285,71	18 000	8	2 250,00	18 000	10	1 800,00	18 000	18	1 000,00
Diciembre	18 000	7	2 571,43	18 000	3	6 000,00	18 000	10	1 800,00	18 000	13	1 384,62	18 000	8	2 250,00	18 000	17	1 058,82
TOTAL	220 320	88	30 625,71	220 320	34	81 360,00	220 320	133	20 704,42	220 320	114	24 509,84	220 320	127	21 756,10	220 320	190	14 446,91

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

$$\text{Tiempo medio entre fallas (MTBF)} = \frac{Tpp}{NF}$$

Leyenda:

MTBF: Tiempo medio entre fallas (minutos/falla)

Tpp: Tiempo programado para producir (minutos)

NF: Número de fallas

En esta tabla 37 se determinó el tiempo medio entre fallas, donde se obtuvo un valor mínimo de 25 760,00 minutos por falla de la selladora lateral, y un valor máximo de 36 148,00 minutos por falla de la paleteadora.

Tabla 37. Tiempo en minutos medio entre fallas de la maquinaria del 2020 (Parte B)

MES	Mezcladora 1			Mezcladora 2			Molino			Paleteadora			Perforadora			Selladora de Fondo			Selladora lateral		
	Tpp (min)	NF	MTBF	Tpp (min)	NF	MTBF	Tpp (min)	NF	MTBF												
Enero	18 720	9	2 080,00	18 720	7	2 674,29	18 720	6	3 120,00	18 720	9	2 080,00	18 720	9	2 080,00	18 720	8	2 340,00	18 720	9	2 080,00
Febrero	17 280	7	2 468,57	17 280	6	2 880,00	17 280	8	2 160,00	17 280	6	2 880,00	17 280	7	2 468,57	17 280	6	2 880,00	17 280	8	2 160,00
Marzo	19 440	6	3 240,00	19 440	6	3 240,00	19 440	8	2 430,00	19 440	8	2 430,00	19 440	9	2 160,00	19 440	8	2 430,00	19 440	9	2 160,00
Abril	16 560	7	2 365,71	16 560	6	2 760,00	16 560	7	2 365,71	16 560	6	2 760,00	16 560	7	2 365,71	16 560	7	2 365,71	16 560	9	1 840,00
Mayo	19 440	6	3 240,00	19 440	8	2 430,00	19 440	6	3 240,00	19 440	5	3 888,00	19 440	9	2 160,00	19 440	8	2 430,00	19 440	8	2 430,00
Junio	18 720	8	2 340,00	18 720	7	2 674,29	18 720	8	2 340,00	18 720	4	4 680,00	18 720	9	2 080,00	18 720	6	3 120,00	18 720	8	2 340,00
Julio	18 720	7	2 674,29	18 720	8	2 340,00	18 720	6	3 120,00	18 720	6	3 120,00	18 720	9	2 080,00	18 720	7	2 674,29	18 720	9	2 080,00
Agosto	18 720	6	3 120,00	18 720	7	2 674,29	18 720	8	2 340,00	18 720	6	3 120,00	18 720	7	2 674,29	18 720	5	3 744,00	18 720	9	2 080,00
Septiembre	18 720	7	2 674,29	18 720	6	3 120,00	18 720	7	2 674,29	18 720	8	2 340,00	18 720	6	3 120,00	18 720	6	3 120,00	18 720	8	2 340,00
Octubre	18 000	6	3 000,00	18 000	6	3 000,00	18 000	8	2 250,00	18 000	6	3 000,00	18 000	8	2 250,00	18 000	8	2 250,00	18 000	9	2 000,00
Noviembre	18 000	7	2 571,43	18 000	9	2 000,00	18 000	6	3 000,00	18 000	8	2 250,00	18 000	8	2 250,00	18 000	6	3 000,00	18 000	8	2 250,00
Diciembre	18 000	8	2 250,00	18 000	7	2 571,43	18 000	8	2 250,00	18 000	5	3 600,00	18 000	6	3 000,00	18 000	8	2 250,00	18 000	9	2 000,00
TOTAL	220 320	84	32 024,29	220 320	83	32 364,29	220 320	86	31 290,00	220 320	77	36 148,00	220 320	94	28 688,57	220 320	83	32 604,00	220 320	103	25 760,00

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

$$\text{Tiempo medio entre fallas (MTBF)} = \frac{Tpp}{NF}$$

Leyenda:

MTBF: Tiempo medio entre fallas (minutos/falla)

Tpp: Tiempo programado para producir (minutos)

NF: Número de fallas

CONFIABILIDAD

En las tablas 38 y 39 se calcularon los porcentajes de confiabilidad de las maquinarias del año 2020. En la tabla 36 se obtuvo un valor máximo de 98,8% del aglomerador y un valor mínimo de 79,9% de la extrusora 1 y 3.

Tabla 38. Confiabilidad de la maquinaria para producción del 2020 (Parte A)

MES	Aglomerador			Compresor de Aire			Extrusora 1			Extrusora 2			Extrusora 3			Flexográfica		
	MTBF	MTTR	% Conf.	MTBF	MTTR	% Conf.	MTBF	MTTR	% Conf.	MTBF	MTTR	% Conf.	MTBF	MTTR	% Conf.	MTBF	MTTR	% Conf.
Enero	2 080,00	13,44	99,4%	9 360,00	192,50	98,0%	2 340,00	528,25	81,6%	2 080,00	482,46	81,2%	1 701,82	325,24	84,0%	1 560,00	24,22	98,5%
Febrero	2 160,00	81,13	96,4%	4 320,00	98,50	97,8%	2 160,00	582,38	78,8%	2 160,00	588,88	78,6%	1 234,29	282,63	81,4%	909,47	15,30	98,3%
Marzo	2 430,00	11,63	99,5%	6 480,00	134,33	98,0%	1 388,57	348,07	80,0%	1 944,00	472,02	80,5%	1 944,00	396,30	83,1%	1 143,53	14,55	98,7%
Abril	2 365,71	19,43	99,2%	5 520,00	118,33	97,9%	1 182,86	336,86	77,8%	1 656,00	459,80	78,3%	1 104,00	264,62	80,7%	920,00	13,59	98,5%
Mayo	2 430,00	16,50	99,3%	6 480,00	156,00	97,6%	1 767,27	388,91	82,0%	1 296,00	286,78	81,9%	1 620,00	301,49	84,3%	1 495,38	23,79	98,4%
Junio	2 674,29	31,14	98,8%	9 360,00	172,50	98,2%	1 560,00	401,58	79,5%	2 674,29	668,81	80,0%	1 560,00	332,38	82,4%	1 701,82	24,15	98,6%
Julio	3 120,00	16,50	99,5%	6 240,00	121,00	98,1%	2 080,00	476,22	81,4%	2 674,29	613,88	81,3%	2 080,00	399,70	83,9%	1 248,00	17,93	98,6%
Agosto	3 120,00	21,17	99,3%	6 240,00	115,00	98,2%	1 560,00	390,75	80,0%	2 080,00	514,56	80,2%	2 340,00	501,44	82,4%	1 040,00	15,94	98,5%
Septiembre	2 674,29	16,29	99,4%	9 360,00	190,50	98,0%	2 080,00	525,11	79,8%	2 674,29	672,40	79,9%	1 872,00	396,93	82,5%	985,26	14,25	98,6%
Octubre	3 000,00	108,33	96,5%	6 000,00	138,67	97,7%	1 500,00	390,33	79,4%	1 636,36	426,42	79,3%	2 250,00	499,04	81,8%	1 384,62	18,87	98,7%
Noviembre	2 000,00	13,22	99,3%	6 000,00	123,00	98,0%	1 285,71	337,00	79,2%	2 250,00	589,13	79,2%	1 800,00	403,45	81,7%	1 000,00	15,06	98,5%
Diciembre	2 571,43	29,86	98,9%	6 000,00	169,33	97,3%	1 800,00	517,80	77,7%	1 384,62	387,45	78,1%	2 250,00	537,50	80,7%	1 058,82	14,31	98,7%
TOTAL	30 625,71	378,63	98,8%	81 360,00	1 729,67	97,9%	20 704,42	5 223,26	79,9%	24 509,84	6 162,58	79,9%	21 756,10	4 640,72	82,4%	14 446,91	211,97	98,6%

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

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

Leyenda:

MTBF: Tiempo medio entre fallas (minutos/falla)

MTTR: Tiempo medio para reparar (minutos/falla)

En la tabla 39 se determinó el grado de confiabilidad, donde se obtuvo un valor máximo de 99,6% de las máquinas perforadora y selladora lateral y un valor mínimo de 98,3% de la selladora de fondo.

Tabla 39. Confiabilidad de la maquinaria para producción del 2020 (Parte B)

MES	Mezcladora 1			Mezcladora 2			Molino			Paleteadora			Perforadora			Selladora de Fondo			Selladora lateral		
	MTBF	MTTR	% Conf	MTBF	MTTR	% Conf	MTBF	MTTR	% Conf	MTBF	MTTR	% Conf	MTBF	MTTR	% Conf	MTBF	MTTR	% Conf	MTBF	MTTR	% Conf
Enero	217,67	7,13	96,8%	252,97	9,35	96,4%	220,24	1,78	99,2%	2 340,00	58,3	97,6%	2 080,00	7,1	99,7%	2 340,00	36,9	98,4%	2 080,00	12,8	99,4%
Febrero	218,73	1,80	99,2%	200,93	2,53	98,8%	227,37	2,49	98,9%	2 880,00	54,5	98,1%	2 160,00	10,2	99,5%	2 880,00	55,2	98,1%	2 160,00	14,1	99,4%
Marzo	234,22	1,66	99,3%	246,08	5,30	97,9%	252,47	1,47	99,4%	2 430,00	21,6	99,1%	2 160,00	3,5	99,8%	2 430,00	41,8	98,3%	2 160,00	3,0	99,9%
Abril	217,89	1,11	99,5%	220,80	2,16	99,0%	192,56	2,43	98,8%	2 365,71	54,0	97,8%	1 840,00	6,6	99,6%	2 365,71	43,4	98,2%	1 840,00	12,9	99,3%
Mayo	249,23	1,26	99,5%	252,47	2,10	99,2%	255,79	1,68	99,3%	2 430,00	60,7	97,6%	2 430,00	9,6	99,6%	2 430,00	46,0	98,1%	2 430,00	4,5	99,8%
Junio	256,44	1,10	99,6%	220,24	2,02	99,1%	292,50	2,77	99,1%	3 120,00	35,0	98,9%	2 340,00	16,7	99,3%	3 120,00	49,0	98,5%	2 340,00	13,6	99,4%
Julio	249,60	0,91	99,6%	256,44	2,44	99,1%	215,17	1,54	99,3%	2 674,29	35,3	98,7%	2 080,00	6,2	99,7%	2 674,29	35,3	98,7%	2 080,00	2,2	99,9%
Agosto	210,34	0,81	99,6%	215,17	1,89	99,1%	288,00	2,51	99,1%	3 744,00	50,6	98,7%	2 080,00	7,0	99,7%	3 744,00	74,6	98,0%	2 080,00	11,6	99,4%
Septiembre	249,60	2,27	99,1%	256,44	5,74	97,8%	191,02	1,34	99,3%	3 120,00	17,0	99,5%	2 340,00	2,9	99,9%	3 120,00	47,3	98,5%	2 340,00	5,5	99,8%
Octubre	216,87	1,08	99,5%	202,25	1,89	99,1%	281,25	2,79	99,0%	2 250,00	36,7	98,4%	2 000,00	9,6	99,5%	2 250,00	40,0	98,3%	2 000,00	3,1	99,8%
Noviembre	227,85	7,90	96,6%	243,24	5,20	97,9%	195,65	1,46	99,3%	3 000,00	34,2	98,9%	2 250,00	8,5	99,6%	3 000,00	60,3	98,0%	2 250,00	11,8	99,5%
Diciembre	230,77	1,08	99,5%	211,76	1,88	99,1%	219,51	2,30	99,0%	2 250,00	34,9	98,5%	2 000,00	17,4	99,1%	2 250,00	33,8	98,5%	2 000,00	4,1	99,8%
TOTAL	2 779,21	28,09	99,0%	2 778,79	42,51	98,5%	2 831,53	24,55	99,1%	32 604,00	492,86	98,5%	25 760,00	105,41	99,6%	32 604,00	563,52	98,3%	25 760,00	99,17	99,6%

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

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

Leyenda:

MTBF: Tiempo medio entre fallas (minutos/falla)

MTTR: Tiempo medio para reparar (minutos/falla)

En la figura 19 se resumen los indicadores del mantenimiento del año 2020, donde se observa que los índices más bajos son de las máquinas extrusora 1, extrusora 2 y extrusora 3, y los índices más altos son de la mezcladora 1 y selladora lateral, además se puede observar que a pesar de que los índices de confiabilidad y disponibilidad sean altos, el índice de mantenimiento es bajo evidenciando la carencia de este, ya que solo se realiza cuando se presenta una falla y no antes de esta.

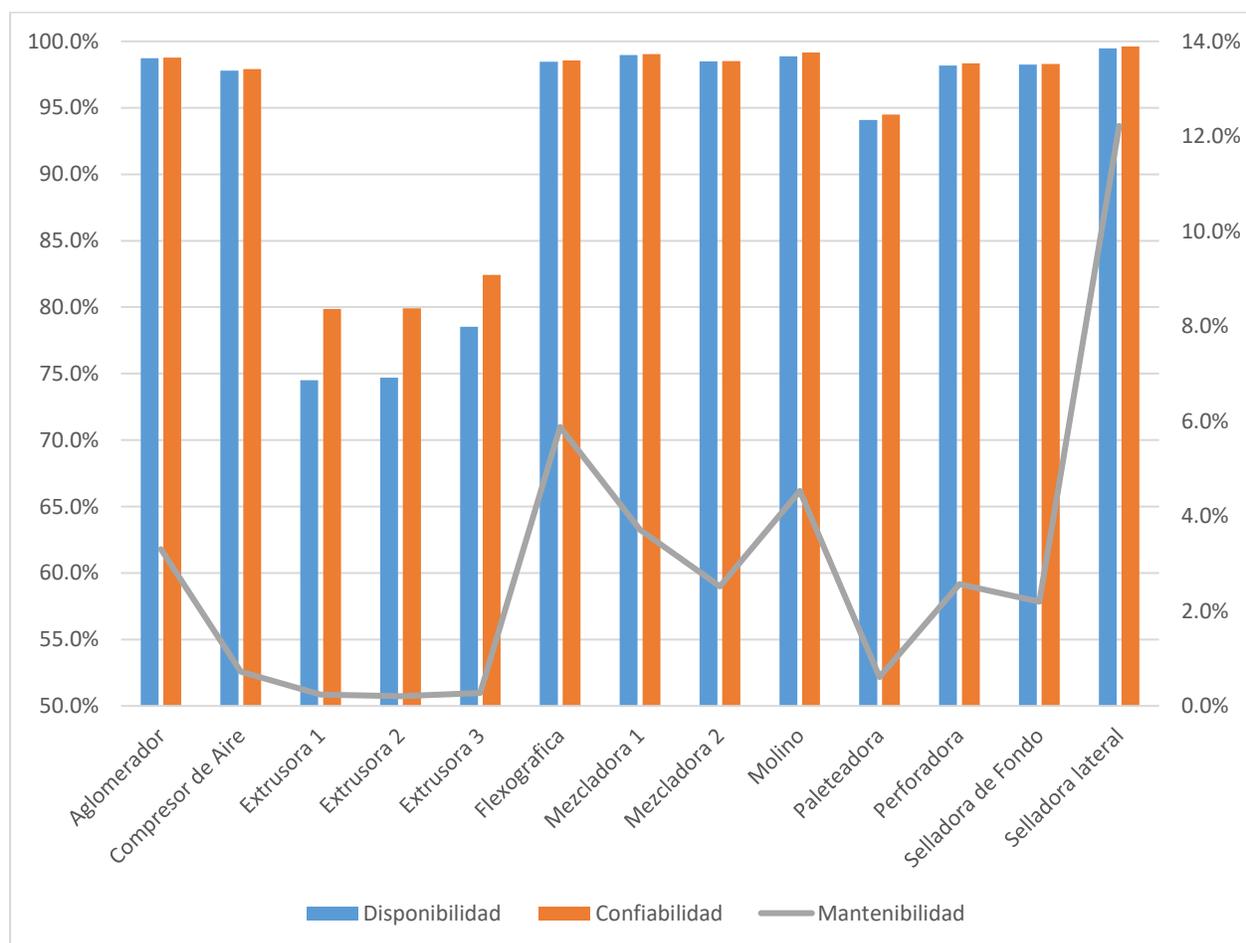


Figura 19. Indicadores de mantenimiento del año 2020

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

Costos de mantenimiento

En las tablas 40 al 43 se realiza el detalla de los costos por mano de obra tercerizada para realizar el mantenimiento, el costo de los repuestos y el costo de fallo por dejar de producir por cada maquinaria de la empresa Polisa SRL en el año 2020. En la tabla 40 se obtuvo como valor máximo de los costos totales de mantenimiento a 54 933,79 soles de la extrusora 1.

Tabla 40. Costos de mantenimiento del año 2020 (Parte A)

MES	Aglomerador				Compresor de Aire				Extrusora 1				Extrusora 2			
	CR (S/)	CMO (S/)	CF (S/)	CTM (S/)	CR (S/)	CMO (S/)	CF (S/)	CTM (S/)	CR (S/)	CMO (S/)	CF (S/)	CTM (S/)	CR (S/)	CMO (S/)	CF (S/)	CTM (S/)
Enero	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 101,72	S/ 101,72	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 323,64	S/ 323,64	S/ 330,00	S/ 320,00	S/ 3 569,29	S/ 4 219,29	S/ 330,00	S/ 320,00	S/ 3 671,15	S/ 4 321,15
Febrero	S/ 80,00	S/ 1 000,00	S/ 562,38	S/ 1 642,38	S/ 165,00	S/ 150,00	S/ 356,43	S/ 671,43	S/ 160,00	S/ 590,00	S/ 3 941,69	S/ 4 691,69	S/ 160,00	S/ 640,00	S/ 3 977,00	S/ 4 777,00
Marzo	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 78,18	S/ 78,18	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 338,77	S/ 338,77	S/ 80,00	S/ 320,00	S/ 4 117,38	S/ 4 517,38	S/ 80,00	S/ 320,00	S/ 3 988,91	S/ 4 388,91
Abril	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 114,33	S/ 114,33	S/ 65,00	S/ 150,00	S/ 319,44	S/ 534,44	S/ 230,00	S/ 590,00	S/ 3 985,40	S/ 4 805,40	S/ 230,00	S/ 590,00	S/ 3 890,41	S/ 4 710,41
Mayo	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 110,96	S/ 110,96	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 393,41	S/ 393,41	S/ 80,00	S/ 320,00	S/ 3 625,62	S/ 4 025,62	S/ 80,00	S/ 320,00	S/ 3 641,31	S/ 4 041,31
Junio	S/ 55,00	S/ 250,00	S/ 216,88	S/ 521,88	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 319,44	S/ 319,44	S/ 80,00	S/ 320,00	S/ 4 080,39	S/ 4 480,39	S/ 80,00	S/ 320,00	S/ 3 956,54	S/ 4 356,54
Julio	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 83,22	S/ 83,22	S/ 65,00	S/ 150,00	S/ 305,15	S/ 520,15	S/ 580,00	S/ 320,00	S/ 3 628,14	S/ 4 528,14	S/ 580,00	S/ 320,00	S/ 3 641,73	S/ 4 541,73
Agosto	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 106,76	S/ 106,76	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 290,02	S/ 290,02	S/ 230,00	S/ 590,00	S/ 3 962,71	S/ 4 782,71	S/ 230,00	S/ 590,00	S/ 3 918,15	S/ 4 738,15
Septiembre	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 95,83	S/ 95,83	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 320,28	S/ 320,28	S/ 160,00	S/ 590,00	S/ 3 993,81	S/ 4 743,81	S/ 160,00	S/ 640,00	S/ 3 986,10	S/ 4 786,10
Octubre	S/ 80,00	S/ 1 000,00	S/ 584,23	S/ 1 664,23	S/ 65,00	S/ 150,00	S/ 379,12	S/ 594,12	S/ 80,00	S/ 270,00	S/ 3 954,30	S/ 4 304,30	S/ 80,00	S/ 320,00	S/ 3 968,31	S/ 4 368,31
Noviembre	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 100,03	S/ 100,03	S/ 100,00	S/ 0,00	S/ 310,19	S/ 410,19	S/ 330,00	S/ 320,00	S/ 3 982,88	S/ 4 632,88	S/ 330,00	S/ 320,00	S/ 3 939,73	S/ 4 589,73
Diciembre	S/ 55,00	S/ 250,00	S/ 205,11	S/ 510,11	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 427,04	S/ 427,04	S/ 230,00	S/ 590,00	S/ 4 382,18	S/ 5 202,18	S/ 230,00	S/ 590,00	S/ 4 259,31	S/ 5 079,31
TOTAL	S/ 270,00	S/ 2 500,00	S/ 2 359,63	S/ 5 129,63	S/ 460,00	S/ 600,00	S/ 4 082,92	S/ 5 142,92	S/ 2 570,00	S/ 5 140,00	S/ 47 223,79	S/ 54 933,79	S/ 2 570,00	S/ 5 290,00	S/ 46 838,64	S/ 54 698,64

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

$$CTM = CR + CMO + CF$$

Leyenda:

CR: Costo de repuestos (soles) (Ver Anexo A)

CMO: Costo de mano de obra (soles) (Ver Anexo A)

CF: Costo de fallo (soles) (Ver tabla 15 a la 26)

CTM: Costo total de mantenimiento

En la tabla 41 se detalla los costos de mantenimiento de las máquinas extrusora 3, flexográfica y mezcladora 1, donde el menor valor es de la máquina mezcladora 1 con 2 531,76 soles y el mayor valor es de la extrusora 3 con 49 713,81 soles.

Tabla 41. Costos de mantenimiento del año 2020 (Parte B)

MES	Extrusora 3				Flexográfica				Mezcladora 1			
	CR (S/)	CMO (S/)	CF (S/)	CTM (S/)	CR (S/)	CMO (S/)	CF (S/)	CTM (S/)	CR (S/)	CMO (S/)	CF (S/)	CTM (S/)
Enero	S/ 367,00	S/ 270,00	S/ 3 032,69	S/ 3 669,69	S/ 300,00	S/ 200,00	S/ 273,76	S/ 773,76	S/ 250,00	S/ 50,00	S/ 544,73	S/ 844,73
Febrero	S/ 466,00	S/ 540,00	S/ 3 355,63	S/ 4 361,63	S/ 0,00	S/ 300,00	S/ 269,56	S/ 569,56	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 119,37	S/ 119,37
Marzo	S/ 417,67	S/ 270,00	S/ 3 356,62	S/ 4 044,28	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 207,91	S/ 207,91	S/ 300,00	S/ 0,00	S/ 116,01	S/ 416,01
Abril	S/ 404,33	S/ 590,00	S/ 3 366,14	S/ 4 360,48	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 205,67	S/ 205,67	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 70,61	S/ 70,61
Mayo	S/ 431,00	S/ 270,00	S/ 3 062,26	S/ 3 763,26	S/ 0,00	S/ 200,00	S/ 281,05	S/ 481,05	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 82,38	S/ 82,38
Junio	S/ 420,33	S/ 270,00	S/ 3 378,05	S/ 4 068,38	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 223,33	S/ 223,33	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 67,25	S/ 67,25
Julio	S/ 388,33	S/ 270,00	S/ 3 049,23	S/ 3 707,56	S/ 300,00	S/ 0,00	S/ 226,13	S/ 526,13	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 57,16	S/ 57,16
Agosto	S/ 503,00	S/ 590,00	S/ 3 393,18	S/ 4 486,18	S/ 0,00	S/ 300,00	S/ 270,68	S/ 570,68	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 60,53	S/ 60,53
Septiembre	S/ 484,50	S/ 540,00	S/ 3 361,94	S/ 4 386,44	S/ 0,00	S/ 200,00	S/ 252,75	S/ 452,75	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 142,91	S/ 142,91
Octubre	S/ 475,50	S/ 270,00	S/ 3 385,48	S/ 4 130,98	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 206,23	S/ 206,23	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 75,66	S/ 75,66
Noviembre	S/ 375,00	S/ 270,00	S/ 3 416,72	S/ 4 061,72	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 227,81	S/ 227,81	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 524,55	S/ 524,55
Diciembre	S/ 447,50	S/ 590,00	S/ 3 635,70	S/ 4 673,20	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 204,55	S/ 204,55	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 70,61	S/ 70,61
TOTAL	S/ 5 180,17	S/ 4 740,00	S/ 39 793,65	S/ 49 713,81	S/ 600,00	S/ 1 200,00	S/ 2 849,44	S/ 4 649,44	S/ 550,00	S/ 50,00	S/ 1 931,76	S/ 2 531,76

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

$$CTM = CR + CMO + CF$$

Leyenda:

CR: Costo de repuestos (soles) (Ver Anexo A)

CMO: Costo de mano de obra (soles) (Ver Anexo A)

CF: Costo de fallo (soles) (Ver tabla 15 a la 26)

CTM: Costo total de mantenimiento

En la tabla 42 se detalla los costos de mantenimiento de las máquinas mezcladora 2, molino y paleteadora, donde el menor valor es de la máquina mezcladora 2 con 3 398,44 soles y el mayor valor es de la paleteadora con 18 253,17 soles.

Tabla 42. Costos de mantenimiento del año 2020 (Parte C)

MES	Mezcladora 2				Molino				Paleteadora			
	CR (S/)	CMO (S/)	CF (S/)	CTM (S/)	CR (S/)	CMO (S/)	CF (S/)	CTM (S/)	CR (S/)	CMO (S/)	CF (S/)	CTM (S/)
Enero	S/ 250,00	S/ 50,00	S/ 606,93	S/ 906,93	S/ 150,00	S/ 250,00	S/ 147,95	S/ 547,95	S/ 160,00	S/ 450,00	S/ 1 156,28	S/ 1 766,28
Febrero	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 183,26	S/ 183,26	S/ 470,00	S/ 530,00	S/ 213,52	S/ 1 213,52	S/ 160,00	S/ 450,00	S/ 1 308,43	S/ 1 918,43
Marzo	S/ 300,00	S/ 0,00	S/ 352,22	S/ 652,22	S/ 150,00	S/ 250,00	S/ 121,05	S/ 521,05	S/ 160,00	S/ 450,00	S/ 403,08	S/ 1 013,08
Abril	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 136,18	S/ 136,18	S/ 470,00	S/ 530,00	S/ 234,53	S/ 1 234,53	S/ 160,00	S/ 450,00	S/ 1 204,62	S/ 1 814,62
Mayo	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 136,18	S/ 136,18	S/ 150,00	S/ 250,00	S/ 128,62	S/ 528,62	S/ 160,00	S/ 450,00	S/ 1 250,01	S/ 1 860,01
Junio	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 144,59	S/ 144,59	S/ 470,00	S/ 530,00	S/ 211,84	S/ 1 211,84	S/ 160,00	S/ 450,00	S/ 764,97	S/ 1 374,97
Julio	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 149,63	S/ 149,63	S/ 150,00	S/ 250,00	S/ 137,86	S/ 537,86	S/ 160,00	S/ 450,00	S/ 856,60	S/ 1 466,60
Agosto	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 137,86	S/ 137,86	S/ 470,00	S/ 530,00	S/ 195,87	S/ 1 195,87	S/ 160,00	S/ 450,00	S/ 1 177,30	S/ 1 787,30
Septiembre	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 352,22	S/ 352,22	S/ 150,00	S/ 250,00	S/ 139,54	S/ 539,54	S/ 160,00	S/ 450,00	S/ 400,56	S/ 1 010,56
Octubre	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 141,23	S/ 141,23	S/ 470,00	S/ 530,00	S/ 213,52	S/ 1 213,52	S/ 160,00	S/ 450,00	S/ 796,91	S/ 1 406,91
Noviembre	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 323,64	S/ 323,64	S/ 150,00	S/ 250,00	S/ 133,66	S/ 533,66	S/ 160,00	S/ 450,00	S/ 854,92	S/ 1 464,92
Diciembre	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 134,50	S/ 134,50	S/ 470,00	S/ 530,00	S/ 217,72	S/ 1 217,72	S/ 160,00	S/ 450,00	S/ 759,50	S/ 1 369,50
TOTAL	S/ 550,00	S/ 50,00	S/ 2 798,44	S/ 3 398,44	S/ 3 720,00	S/ 4 680,00	S/ 2 095,68	S/ 10 495,68	S/ 1 920,00	S/ 5 400,00	S/ 10 933,17	S/ 18 253,17

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

$$CTM = CR + CMO + CF$$

Leyenda:

CR: Costo de repuestos (soles) (Ver Anexo A)

CMO: Costo de mano de obra (soles) (Ver Anexo A)

CF: Costo de fallo (soles) (Ver tabla 15 a la 26)

CTM: Costo total de mantenimiento

En la tabla 43 se detalla los costos de mantenimiento de las máquinas perforadora, selladora de fondo y selladora lateral, donde el menor valor es de la máquina selladora lateral con 4 487,65 soles y el mayor valor es de la perforadora con 9 980,15 soles.

Tabla 43. Costos de mantenimiento del año 2020 (Parte D)

MES	Perforadora				Selladora de Fondo				Selladora lateral			
	CR (S/)	CMO (S/)	CF (S/)	CTM (S/)	CR (S/)	CMO (S/)	CF (S/)	CTM (S/)	CR (S/)	CMO (S/)	CF (S/)	CTM (S/)
Enero	S/ 260,00	S/ 290,00	S/ 245,46	S/ 795,46	S/ 93,00	S/ 230,00	S/ 247,98	S/ 570,98	S/ 0,00	S/ 250,00	S/ 121,89	S/ 371,89
Febrero	S/ 260,00	S/ 290,00	S/ 294,64	S/ 844,64	S/ 97,00	S/ 230,00	S/ 278,25	S/ 605,25	S/ 180,00	S/ 250,00	S/ 116,01	S/ 546,01
Marzo	S/ 260,00	S/ 290,00	S/ 123,57	S/ 673,57	S/ 109,00	S/ 0,00	S/ 24,38	S/ 133,38	S/ 0,00	S/ 250,00	S/ 47,92	S/ 297,92
Abril	S/ 260,00	S/ 290,00	S/ 215,20	S/ 765,20	S/ 102,00	S/ 230,00	S/ 255,55	S/ 587,55	S/ 150,00	S/ 250,00	S/ 118,53	S/ 518,53
Mayo	S/ 260,00	S/ 290,00	S/ 276,57	S/ 826,57	S/ 97,00	S/ 230,00	S/ 309,35	S/ 636,35	S/ 0,00	S/ 250,00	S/ 47,08	S/ 297,08
Junio	S/ 260,00	S/ 290,00	S/ 539,26	S/ 1 089,26	S/ 82,00	S/ 230,00	S/ 247,14	S/ 559,14	S/ 0,00	S/ 250,00	S/ 112,64	S/ 362,64
Julio	S/ 260,00	S/ 290,00	S/ 208,48	S/ 758,48	S/ 103,00	S/ 230,00	S/ 207,63	S/ 540,63	S/ 0,00	S/ 250,00	S/ 46,23	S/ 296,23
Agosto	S/ 260,00	S/ 290,00	S/ 260,17	S/ 810,17	S/ 83,00	S/ 230,00	S/ 313,55	S/ 626,55	S/ 180,00	S/ 250,00	S/ 112,64	S/ 542,64
Septiembre	S/ 260,00	S/ 290,00	S/ 112,64	S/ 662,64	S/ 87,00	S/ 230,00	S/ 21,86	S/ 338,86	S/ 0,00	S/ 250,00	S/ 58,00	S/ 308,00
Octubre	S/ 260,00	S/ 290,00	S/ 288,33	S/ 838,33	S/ 100,00	S/ 230,00	S/ 269,00	S/ 599,00	S/ 0,00	S/ 250,00	S/ 44,55	S/ 294,55
Noviembre	S/ 260,00	S/ 290,00	S/ 281,61	S/ 831,61	S/ 92,00	S/ 230,00	S/ 304,31	S/ 626,31	S/ 0,00	S/ 250,00	S/ 95,83	S/ 345,83
Diciembre	S/ 260,00	S/ 290,00	S/ 534,22	S/ 1 084,22	S/ 84,00	S/ 230,00	S/ 226,97	S/ 540,97	S/ 0,00	S/ 250,00	S/ 56,32	S/ 306,32
TOTAL	S/ 3 120,00	S/ 3 480,00	S/ 3 380,15	S/ 9 980,15	S/ 1 129,00	S/ 2 530,00	S/ 2 705,97	S/ 6 364,97	S/ 510,00	S/ 3 000,00	S/ 977,65	S/ 4 487,65

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

$$CTM = CR + CMO + CF$$

Leyenda:

CR: Costo de repuestos (soles) (Ver Anexo A)

CMO: Costo de mano de obra (soles) (Ver Anexo A)

CF: Costo de fallo (soles) (Ver tabla 15 a la 26)

CTM: Costo total de mantenimiento

Tabla 44. Cuadro resumen mensual de los costos subtotales de mantenimiento del año 2020

MES	COSTOS DE MANTENIMIENTO			
	COSTO REPUESTO (S/)	COSTOS MO MTTO (S/)	COSTO DE FALLO (S/)	COSTOS TOTALES (S/)
Enero	S/ 2 490,00	S/ 2 680,00	S/ 14 043,48	S/ 19 213,48
Febrero	S/ 2 198,00	S/ 4 970,00	S/ 14 976,15	S/ 22 144,15
Marzo	S/ 1 856,67	S/ 2 150,00	S/ 13 275,99	S/ 17 282,66
Abril	S/ 2 071,33	S/ 3 670,00	S/ 14 116,62	S/ 19 857,95
Mayo	S/ 1 258,00	S/ 2 580,00	S/ 13 344,78	S/ 17 182,78
Junio	S/ 1 607,33	S/ 2 910,00	S/ 14 262,32	S/ 18 779,66
Julio	S/ 2 586,33	S/ 2 530,00	S/ 12 597,19	S/ 17 713,52
Agosto	S/ 2 116,00	S/ 3 820,00	S/ 14 199,42	S/ 20 135,42
Septiembre	S/ 1 461,50	S/ 3 440,00	S/ 13 238,44	S/ 18 139,94
Octubre	S/ 1 770,50	S/ 3 760,00	S/ 14 306,88	S/ 19 837,38
Noviembre	S/ 1 797,00	S/ 2 380,00	S/ 14 495,88	S/ 18 672,88
Diciembre	S/ 1 936,50	S/ 3 770,00	S/ 15 113,74	S/ 20 820,24
TOTAL	S/ 23 149,17	S/ 60 750,00	S/ 167 970,89	S/ 251 870,05

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

Los costos de mantenimiento de la empresa Polisa SRL constan de los costos de la mano de obra tercerizada, los costos de repuestos y los costos de fallo, el total asciende a 251 870,05 soles anuales y es el 29,9% con respecto a las ventas del año 2020, estando muy por encima de lo que nos dice Valdiviezo [2] en su investigación, el cual los costos de mantenimiento deben estar del 5% al 10% de los ingresos. Cabe recordar que las ventas del año 2020 para la funda para banano son de 843 651,25 soles.

Tabla 45. Cuadro resumen de los costos de mantenimiento del año 2020

CONCEPTO	MONTOS ACTUALES	PORCENTAJE CON RESPECTO A LAS VENTAS DEL AÑO 2020
COSTO REPUESTO (S/)	S/ 23 149,17	19,9%
COSTOS MO MTTO (S/)	S/ 60 750,00	7,2%
COSTO DE FALLO (S/)	S/ 167 970,89	2,7%
COSTOS TOTALES (S/)	S/ 251 870,05	29,9%

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

4.1.3. Análisis y evaluación de la información del proceso

La empresa mejorará su capacidad de producción y reducirá los costos de mantenimiento logrando incrementar las ganancias por cada sol invertido, y por ende incrementando sus ganancias económicas.

En la figura 20 se muestra que la mayor causa de los altos costos de mantenimiento, proviene del costo de fallo, el cual se origina por no producir por las paradas no programadas.

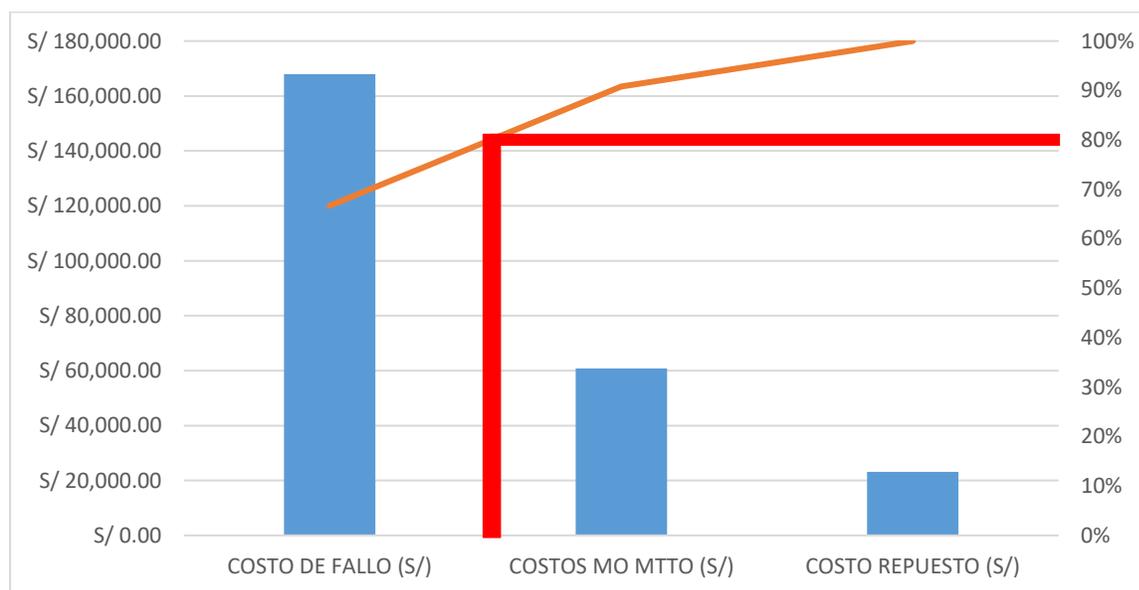


Figura 20. Altos costos de mantenimiento del año 2020

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

En la tabla 46 se detalla los 5 porqués de porque los altos costos de mantenimiento, el cual se originó por no realizar la producción planificada, debido a que se presentaron paradas no programadas, esto fue porque las máquinas fallaron debido a que no se está realizando el mantenimiento preventivo.

Tabla 46. Cuadro de los 5 porqués

¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Por los altos costos de fallo	Porque no se realizó la producción planificada	Porque se presentaron paradas no programadas	Porque las máquinas fallaron	Porque no se realiza el mantenimiento preventivo

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

4.1.4. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

En las tablas 47, 48, 49 y 50 se analizó el OEE, este es un indicador que mide la eficacia de la maquinaria industrial, y que se utiliza como una herramienta clave dentro de la cultura de mejora continua. Sus siglas corresponden al término inglés Overall Equipment Effectiveness o Eficacia Global de Equipos Productivos.

En la tabla 47 se calculó en OEE de las máquinas aplomerador, compresor de aire y extrusora 1, en donde el valor máximo es de 97,4% del aplomerador y el valor mínimo es de 55,4% de la extrusora 1.

Tabla 47. OEE de la empresa Polisa SRL del año 2020 (Parte A)

MES	Aglomerador				Compresor de Aire				Extrusora 1			
	D	R	C	OEE	D	R	C	OEE	D	R	C	OEE
Enero	99,4%	99,4%	100,0%	98,7%	97,9%	97,9%	100,0%	95,9%	77,3%	77,3%	100,0%	59,8%
Febrero	96,1%	96,1%	100,0%	92,4%	97,5%	97,5%	100,0%	95,1%	72,9%	72,9%	100,0%	53,1%
Marzo	99,5%	99,5%	100,0%	99,0%	97,9%	97,9%	100,0%	95,9%	74,8%	74,8%	100,0%	55,9%
Abril	99,2%	99,2%	100,0%	98,4%	97,7%	97,7%	100,0%	95,4%	71,4%	71,4%	100,0%	50,9%
Mayo	99,3%	99,3%	100,0%	98,6%	97,6%	97,6%	100,0%	95,2%	77,8%	77,8%	100,0%	60,5%
Junio	98,6%	98,6%	100,0%	97,3%	98,0%	98,0%	100,0%	96,0%	74,1%	74,1%	100,0%	54,9%
Julio	99,5%	99,5%	100,0%	98,9%	98,1%	98,1%	100,0%	96,1%	76,9%	76,9%	100,0%	59,2%
Agosto	99,3%	99,3%	100,0%	98,6%	98,2%	98,2%	100,0%	96,3%	74,8%	74,8%	100,0%	56,0%
Septiembre	99,4%	99,4%	100,0%	98,8%	98,0%	98,0%	100,0%	96,0%	74,6%	74,6%	100,0%	55,7%
Octubre	96,1%	96,1%	100,0%	92,4%	97,5%	97,5%	100,0%	95,0%	73,9%	73,9%	100,0%	54,6%
Noviembre	99,3%	99,3%	100,0%	98,7%	98,0%	98,0%	100,0%	95,9%	73,7%	73,7%	100,0%	54,3%
Diciembre	98,6%	98,6%	100,0%	97,3%	97,2%	97,2%	100,0%	94,4%	71,0%	71,0%	100,0%	50,5%
TOTAL	98,7%	98,7%	100,0%	97,4%	97,8%	97,8%	100,0%	95,6%	74,4%	74,4%	100,0%	55,4%

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

$$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad$$

Leyenda:

D: Disponibilidad

R: Rendimiento

C: Calidad

En la tabla 48 se calculó en OEE de las máquinas extrusora 2, extrusora 3 y flexográfica, en donde el valor máximo es de 96,9% de la flexográfica y el valor mínimo es de 55,7% de la extrusora 2.

Tabla 48. OEE de la empresa Polisa SRL del año 2020 (Parte B)

MES	Extrusora 2				Extrusora 3				Flexográfica			
	D	R	C	OEE	D	R	C	OEE	D	R	C	OEE
Enero	76,7%	76,7%	100,0%	58,8%	80,7%	80,7%	100,0%	65,2%	98,3%	98,3%	100,0%	96,5%
Febrero	72,6%	72,6%	100,0%	52,7%	76,9%	76,9%	100,0%	59,1%	98,1%	98,1%	100,0%	96,3%
Marzo	75,6%	75,6%	100,0%	57,1%	79,5%	79,5%	100,0%	63,1%	98,7%	98,7%	100,0%	97,5%
Abril	72,1%	72,1%	100,0%	51,9%	75,8%	75,8%	100,0%	57,5%	98,5%	98,5%	100,0%	97,0%
Mayo	77,7%	77,7%	100,0%	60,4%	81,3%	81,3%	100,0%	66,0%	98,3%	98,3%	100,0%	96,6%
Junio	74,9%	74,9%	100,0%	56,0%	78,5%	78,5%	100,0%	61,7%	98,6%	98,6%	100,0%	97,2%
Julio	76,9%	76,9%	100,0%	59,1%	80,6%	80,6%	100,0%	65,0%	98,6%	98,6%	100,0%	97,1%
Agosto	75,1%	75,1%	100,0%	56,4%	78,4%	78,4%	100,0%	61,5%	98,3%	98,3%	100,0%	96,6%
Septiembre	74,7%	74,7%	100,0%	55,7%	78,6%	78,6%	100,0%	61,8%	98,4%	98,4%	100,0%	96,8%
Octubre	73,8%	73,8%	100,0%	54,4%	77,6%	77,6%	100,0%	60,2%	98,6%	98,6%	100,0%	97,3%
Noviembre	73,7%	73,7%	100,0%	54,3%	77,4%	77,4%	100,0%	59,9%	98,5%	98,5%	100,0%	97,0%
Diciembre	71,9%	71,9%	100,0%	51,6%	76,0%	76,0%	100,0%	57,7%	98,6%	98,6%	100,0%	97,3%
TOTAL	74,6%	74,6%	100,0%	55,7%	78,5%	78,5%	100,0%	61,6%	98,5%	98,5%	100,0%	96,9%

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

$$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad$$

Leyenda:

D: Disponibilidad

R: Rendimiento

C: Calidad

En la tabla 49 se calculó en OEE de las máquinas mezcladora 1, mezcladora 2 y molino, en donde el valor máximo es de 97,9% de la mezcladora 1 y el valor mínimo es de 97,0% de la mezcladora 2.

Tabla 49. OEE de la empresa Polisa SRL del año 2020 (Parte C)

MES	Mezcladora 1				Mezcladora 2				Molino			
	D	R	C	OEE	D	R	C	OEE	D	R	C	OEE
Enero	96,5%	96,5%	100,0%	93,2%	96,1%	96,1%	100,0%	92,4%	99,1%	99,1%	100,0%	98,1%
Febrero	99,2%	99,2%	100,0%	98,3%	98,7%	98,7%	100,0%	97,5%	98,5%	98,5%	100,0%	97,1%
Marzo	99,3%	99,3%	100,0%	98,6%	97,8%	97,8%	100,0%	95,7%	99,3%	99,3%	100,0%	98,5%
Abril	99,5%	99,5%	100,0%	99,0%	99,0%	99,0%	100,0%	98,0%	98,3%	98,3%	100,0%	96,6%
Mayo	99,5%	99,5%	100,0%	99,0%	99,2%	99,2%	100,0%	98,3%	99,2%	99,2%	100,0%	98,4%
Junio	99,6%	99,6%	100,0%	99,1%	99,1%	99,1%	100,0%	98,1%	98,7%	98,7%	100,0%	97,3%
Julio	99,6%	99,6%	100,0%	99,3%	99,0%	99,0%	100,0%	98,1%	99,1%	99,1%	100,0%	98,2%
Agosto	99,6%	99,6%	100,0%	99,2%	99,1%	99,1%	100,0%	98,2%	98,8%	98,8%	100,0%	97,5%
Septiembre	99,1%	99,1%	100,0%	98,2%	97,8%	97,8%	100,0%	95,6%	99,1%	99,1%	100,0%	98,2%
Octubre	99,5%	99,5%	100,0%	99,0%	99,1%	99,1%	100,0%	98,1%	98,6%	98,6%	100,0%	97,2%
Noviembre	96,5%	96,5%	100,0%	93,2%	97,9%	97,9%	100,0%	95,8%	99,1%	99,1%	100,0%	98,2%
Diciembre	99,5%	99,5%	100,0%	99,1%	99,1%	99,1%	100,0%	98,2%	98,6%	98,6%	100,0%	97,1%
TOTAL	99,0%	99,0%	100,0%	97,9%	98,5%	98,5%	100,0%	97,0%	98,9%	98,9%	100,0%	97,7%

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

$$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad$$

Leyenda:

D: Disponibilidad

R: Rendimiento

C: Calidad

En la tabla 50 se calculó en OEE de las máquinas paleteadora, perforadora, selladora de fondo y selladora lateral, en donde el valor máximo es de 98,9% de la selladora lateral y el valor mínimo es de 88,5% de la paleteadora.

Tabla 50. OEE de la empresa Polisa SRL del año 2020 (Parte D)

MES	Paleteadora				Perforadora				Selladora de Fondo				Selladora lateral			
	D	R	C	OEE	D	R	C	OEE	D	R	C	OEE	D	R	C	OEE
Enero	92,7%	92,7%	100,0%	85,8%	98,4%	98,4%	100,0%	96,9%	98,4%	98,4%	100,0%	96,9%	99,2%	99,2%	100,0%	98,5%
Febrero	91,0%	91,0%	100,0%	82,8%	98,0%	98,0%	100,0%	96,0%	98,1%	98,1%	100,0%	96,2%	99,2%	99,2%	100,0%	98,4%
Marzo	97,5%	97,5%	100,0%	95,1%	99,2%	99,2%	100,0%	98,5%	98,1%	98,1%	100,0%	96,3%	99,7%	99,7%	100,0%	99,4%
Abril	91,3%	91,3%	100,0%	83,4%	98,5%	98,5%	100,0%	96,9%	98,2%	98,2%	100,0%	96,3%	99,1%	99,1%	100,0%	98,3%
Mayo	92,4%	92,4%	100,0%	85,3%	98,3%	98,3%	100,0%	96,6%	98,1%	98,1%	100,0%	96,2%	99,7%	99,7%	100,0%	99,4%
Junio	95,1%	95,1%	100,0%	90,5%	96,6%	96,6%	100,0%	93,2%	98,4%	98,4%	100,0%	96,9%	99,3%	99,3%	100,0%	98,6%
Julio	94,6%	94,6%	100,0%	89,4%	98,7%	98,7%	100,0%	97,3%	98,7%	98,7%	100,0%	97,4%	99,7%	99,7%	100,0%	99,4%
Agosto	92,5%	92,5%	100,0%	85,6%	98,3%	98,3%	100,0%	96,7%	98,0%	98,0%	100,0%	96,0%	99,3%	99,3%	100,0%	98,6%
Septiembre	97,5%	97,5%	100,0%	95,0%	99,3%	99,3%	100,0%	98,5%	98,3%	98,3%	100,0%	96,7%	99,6%	99,6%	100,0%	99,3%
Octubre	94,7%	94,7%	100,0%	89,7%	98,1%	98,1%	100,0%	96,2%	98,2%	98,2%	100,0%	96,5%	99,7%	99,7%	100,0%	99,4%
Noviembre	94,4%	94,4%	100,0%	89,0%	98,1%	98,1%	100,0%	96,3%	98,0%	98,0%	100,0%	96,0%	99,4%	99,4%	100,0%	98,7%
Diciembre	95,0%	95,0%	100,0%	90,2%	96,5%	96,5%	100,0%	93,0%	98,5%	98,5%	100,0%	97,0%	99,6%	99,6%	100,0%	99,3%
TOTAL	94,1%	94,1%	100,0%	88,5%	98,2%	98,2%	100,0%	96,4%	98,3%	98,3%	100,0%	96,5%	99,5%	99,5%	100,0%	98,9%

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

$$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad$$

Leyenda:

D: Disponibilidad

R: Rendimiento

C: Calidad

En la figura 21 se realiza una representación gráfica del OEE, donde se muestra que en casi todas las máquinas los valores menores son de las extrusoras, estando en los rangos de 55% a 62%, perteneciendo al rango de Inaceptable, según la tabla 2.

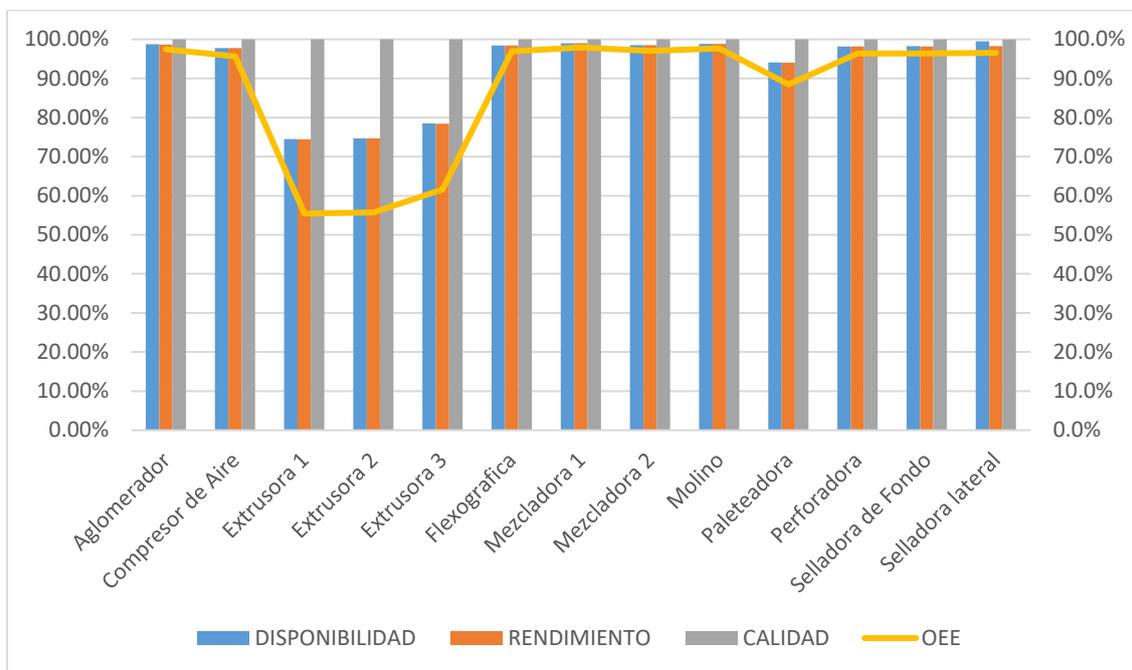


Figura 21. Indicador del OEE del año 2020

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

4.1.5. Análisis de criticidad

Se realizó el análisis de criticidad de cada maquinaria el cual se detalla en el anexo B. Se puede observar en la tabla 51 la situación de criticidad de los equipos, donde todos los equipos están en el nivel medio de criticidad. El número de fallas por máquina se detalla en la tabla 8. Las máquinas con mayor índice de criticidad son las extrusoras y la paleteadora.

25 % de impacto	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
50 % de impacto	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
75 % de impacto	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
100 % de impacto	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5. COSTOS DE REPARACIÓN (MILES DE NUEVOS SOLES)	Puntaje												
No origina ningún costo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Menos de mil	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Entre mil y 3 mil	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Entre 3 y 5 mil	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Más de 5 mil	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
6. IMPACTO EN LA SEGURIDAD AMBIENTAL Y HUMANA	Puntaje												
No origina heridas ni lesiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contaminación ambiental baja	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
No origina ningún impacto ambiental	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
FRECUENCIA DE FALLA	4	4	5	5	5	4	4	4	4	5	4	4	4
CONSECUENCIA	29	29	42	42	42	29	29	29	29	32	39	29	29
CRITICIDAD	116	116	208	208	208	116	116	116	116	158	156	116	116

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

4.1.6. *Árbol de fallas*

Es de suma importancia determinar un análisis de las fallas que se presentan en los equipos, por lo que se hace necesario identificarlas y para ello se realizó a través de la herramienta del árbol de fallas, en las figuras 22 y 23 se muestran los árboles de fallas de cada las máquinas en estado crítico, las cuales son las extrusoras y la paleteadora.

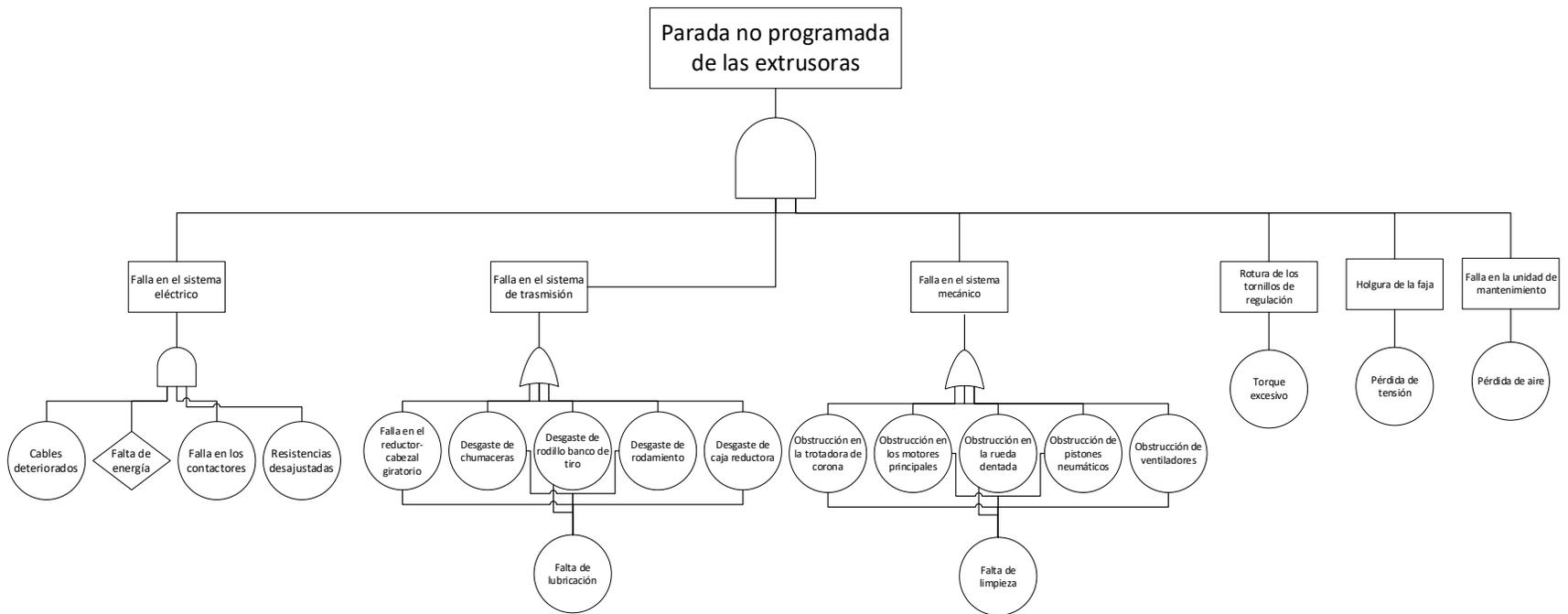


Figura 22. *Árbol de fallas de las extrusoras*

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

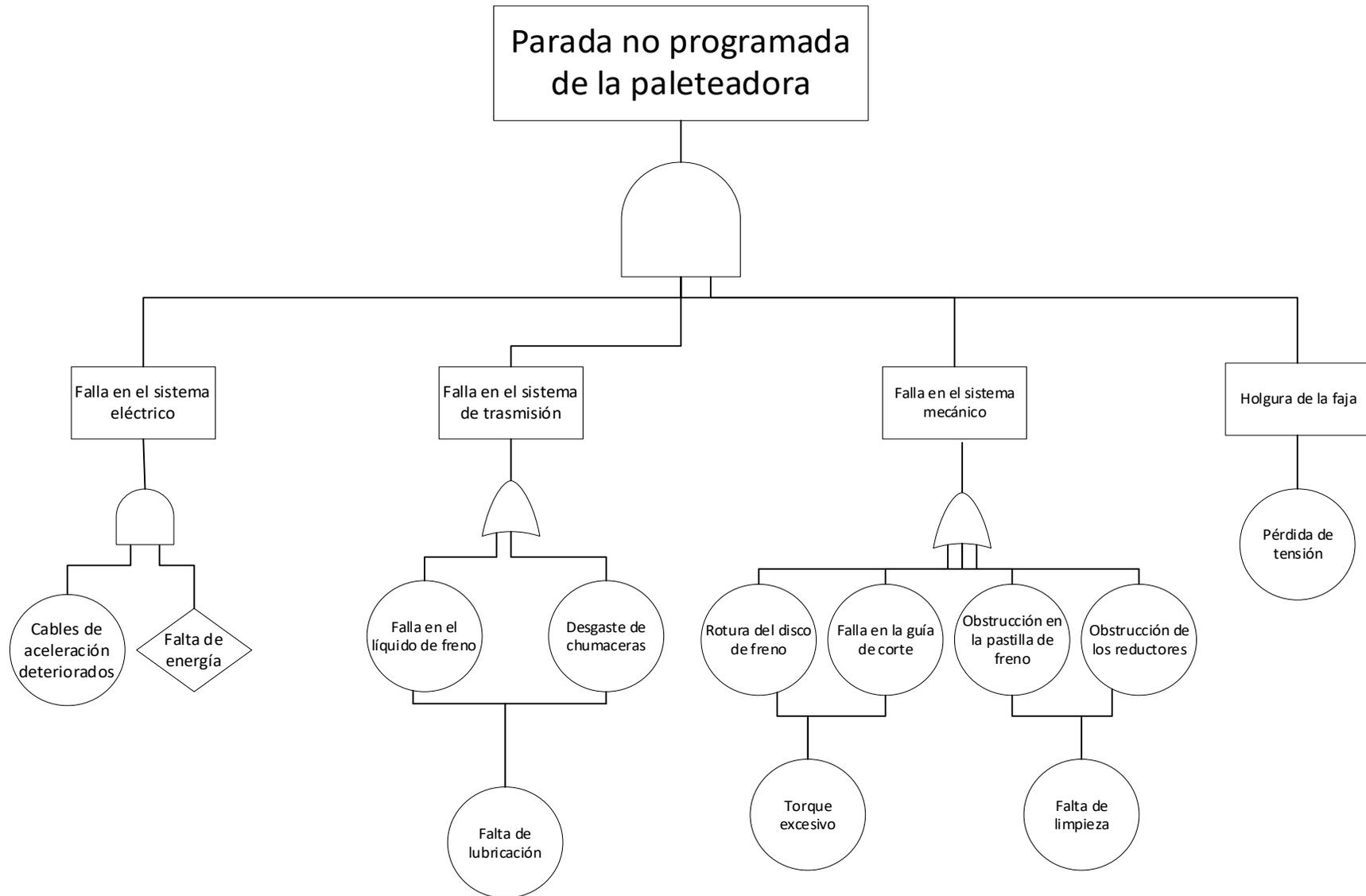


Figura 23. Árbol de fallas de la paleteadora

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

4.2. Plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM) en proceso de fundas para banano de la empresa Polisa SRL

4.2.1. Análisis del modo y los efectos de las fallas (AMEF)

Para realizar un buen plan de mantenimiento se realizó una Análisis del modo y los efectos de las fallas (AMEF) de cada maquinaria, en las tablas 56 y 57 se observan estos diagramas de la maquinaria en estado crítico.

En esta metodología se determinó cuáles son los modos potenciales de fallas, identificándose cada modo y en qué forma se desencadena una falla. Los modos de fallas identificados responden a las preguntas ¿Por qué no se consiguió lo deseado? y ¿Cuál es la forma en la que el proceso falla?, estas preguntas nos ayudaron a tener una visión más clara de los modos de falla.

Para cada modo se determinó los efectos potenciales de cada falla, por lo tanto, se analizó todas las posibles consecuencias de las fallas que afectan directa e indirectamente el nivel de servicio al cliente. Se tomó en cuenta que cada falla puede tener diversos efectos potenciales y la pregunta a responder es ¿Qué sucede cuando ocurre ese modo de falla?

Luego se analizaron cuáles son las posibles causas de las fallas identificadas anteriormente, y cuáles son los sistemas de controles actuales de detección y prevención de las posibles fallas potenciales que se manejan en el proceso, esta información se obtiene a través del análisis detallado del proceso.

Se asignó un índice de gravedad al efecto de la falla, esto dependerá de cómo la falla repercute en el cliente, tanto interno como externo. Los criterios de asignación de índices de gravedad se explica en la tabla 52.

Tabla 52. Tabla de Índices de Gravedad

ÍNDICES	DESCRIPCIÓN
1	Menor: Es probable que el cliente no se percate de la falla.
02 – 03	Bajo: El cliente tiene una incomodidad leve, debido a la débil consecuencia de la falla.
04 – 06	Moderado: Algunas insatisfacciones en el cliente esto ocasionan moderada gravedad que causaría, lo cual puede producir reprocesos.
07 – 08	Alto: Debido a la naturaleza se produce alto grado de insatisfacción del cliente, pero no hay problemas de seguridad y puede provocar reprocesos mayores.
09- 10	Muy alto: La seguridad se ve en riesgo, es por ello que la incomodidad del cliente es alta.

Fuente: García [3]

Se determinó un índice de ocurrencia, en el cual se evalúa la probabilidad o la frecuencia de que se produzca una falla por cada causa determinada, para asignación de un índice de ocurrencia se tendrá en cuenta los controles actuales que la empresa ha implementado para evitar las fallas. En la tabla 53 se establecen los índices de Ocurrencias a tomar en cuenta.

Tabla 53. Tabla de índices de ocurrencia

ÍNDICES	DESCRIPCIÓN
1	Probabilidad remota de ocurrencia (1/100000)
02 – 05	Probabilidad baja ocurrencia, proceso bajo control estadístico (1/5000 - 1/500)
06 – 07	Probabilidad moderada de ocurrencia, proceso bajo control con algunas ocurrencias de fallas (1/200 - 1/20)
08 – 09	Probabilidad alta de ocurrencia, proceso bajo control, pero con frecuentes ocurrencias de fallas (1/100 - 1/20)
10	Probabilidad muy alta de ocurrencia, fallas muy frecuentes (>1/10)

Fuente: García [3]

Se determinó el índice de detección, el cual va a evaluar la probabilidad de detectar cada causa de falla antes de que llegue al cliente. En la tabla 54 se detallan los índices de detección con su descripción.

Tabla 54. Tabla de índices de detección

ÍNDICES	DESCRIPCIÓN
1	Muy alto: Los controles actuales de la empresa detectan la existencia de fallas.
02 - 05	Alto: La posibilidad de detectar la falla es buena mediante los controles de la empresa.
05 - 08	Moderado: Los controles pueden detectar algún defecto.
09	Bajo: La posibilidad de detectar un defecto es baja.
10	Muy bajo: Los controles no detectan los defectos.

Fuente: García [3]

En este paso se calcula el RPN (Risk Priority Number) el cual determina un indicador de la importancia de la falla, y con ello dar prioridad dependiendo del riesgo. Este indicador se determina multiplicando los índices de Gravedad X Ocurrencia X Detección, en la tabla 55 se establecen los criterios de importancia de riesgo.

Tabla 55. Clasificación de fallas según NPR

INDICADORES	CRITERIOS
$NPR \leq 125$	Falla aceptable
$125 \leq NPR \leq 200$	Falla reducible a aceptable
$NPR \geq 200$	Falla indeseable

Fuente: García [3]

Una vez que se tiene la clasificación de fallas según NPR, se propuso las soluciones de mejora, estas acciones se han establecido como medidas preventivas, se tomó en cuenta que es mejor eliminar las causas de las fallas, y con ello se obtiene una mejor solución sin correr el riesgo de la ocurrencia de falla, o caso contrario reducir la gravedad de la falla.

Tabla 56. AMEF de las extrusoras del año 2020

FUNCIÓN	MODO DE FALLO	EFEECTO	CAUSAS	MÉTODO DE DETECCIÓN	ACCIONES RECOMENDADAS	MÉTODO DE DETECCIÓN PROPUESTA	GRAVEDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	NPR
Purificación del aire comprimido	Falla en la unidad de mantenimiento	Reducción de la presión del aire	Pérdida de aire	Ninguna	Revisión de la unidad de mantenimiento	Inspección visual	5	7	9	315
Permite el movimiento	Falla en el sistema mecánico	Deficiencia en la extrusión	Pérdida de tensión	Ninguna	Revisión de la tensión de las fajas	Inspección visual	3	7	9	189
Da soporte al eje de transmisión	Falla en el sistema de lubricación	La capacidad de la máquina se reduce	Desgaste por actividad	Ninguna	Lubricación de chumaceras	Inspección visual	3	7	9	189
Aumento de la energía superficial	Falla en el sistema mecánico	Limita la función por la pérdida de energía	Obstrucción de la trotadora de corona	Ninguna	Limpieza de la trotadora de corona	Inspección visual	5	7	9	315
Da soporte	Falla en el sistema mecánico	La capacidad de la máquina se reduce	Torque excesivo	Ninguna	Cambio de tornillos de regulación	Inspección visual y sensorial	5	7	9	315
Transmite las fuerzas y movimientos entre los rodillos y los ejes	Falla en el sistema de lubricación	La capacidad de la máquina se reduce	Desgaste por actividad	Ninguna	Revisión del desgaste del rodillo de banco de tiro	Inspección visual	3	7	9	189
					Lubricación de la caja reductora banco de tiro	Inspección visual	5	7	9	315
Permite el paso de la corriente eléctrica	Falla en el sistema eléctrico	Limita la función del motor eléctrico	Excesivo movimiento	Ninguna	Ajuste de los cables eléctricos	Inspección visual	3	8	9	216
			Sulfatación de los contactores	Ninguna	Limpieza de contactores	Inspección visual	5	7	9	315
Limitar la corriente eléctrica	Falla en el sistema eléctrico	Evita una sobrecarga	Excesivo movimiento	Ninguna	Ajustar las resistencias	Inspección visual	5	6	9	270
Permite el flujo de aire	Falla en el sistema mecánico	Evita un sobrecalentamiento	Desgaste por actividad	Ninguna	Mantenimiento de los ventiladores (motores bobinador)	Inspección visual	5	4	9	180
Da soporte de cargas radiales	Falla en el sistema mecánico	Disminuye la capacidad del motor	Paso de corriente	Ninguna	Cambio de rodamientos del reductor - cabezal de giro	Inspección visual	5	2	9	90
Sellar ejes rotatorios	Falla en el sistema mecánico	Sin control de la velocidad	Desgaste por actividad	Ninguna	Cambio de retenes del reductor - cabezal de giro	Inspección visual	5	2	9	90
Incapacidad de transmitir movimiento	Falla en el sistema de transmisión	Deficiencia en la extrusión	Desgaste por actividad	Ninguna	Mantenimiento de la caja reductora principal	Inspección visual	5	3	9	135

Evitar el contacto de las superficies metálicas	Falla en el sistema de lubricación	La capacidad de la máquina se reduce	Desgaste por actividad	Ninguna	Lubricación de la caja reductora principal	Inspección visual	3	7	9	189
Produce una fuerza y desplazamiento mediante el aire comprimido	Falla en el sistema mecánico	Disminuye la capacidad del motor	Obstrucción de los pistones neumáticos	Ninguna	Limpieza de los pistones neumáticos	Inspección visual	5	1	9	45
Fuente de energía para su propulsión	Falla en el sistema mecánico	No enciende la máquina	Desgaste por actividad	Ninguna	Cambio de motores principales	Inspección visual	7	1	9	63

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

Tabla 57. AMEF de la paletadora del año 2020

FUNCIÓN	MODO DE FALLO	EFEECTO	CAUSAS	MÉTODO DE DETECCIÓN	ACCIONES RECOMENDADAS	MÉTODO DE DETECCIÓN PROPUESTA	GRAVEDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	NPR
Da movimiento a diversos componentes	Falla en el sistema de transmisión	La capacidad de la máquina se reduce	Fuga en el circuito	Ninguna	Cambio de líquido de freno	Inspección visual	5	2	9	90
Permite el movimiento	Falla en el sistema mecánico	Deficiencia en la extrusión	Pérdida de tensión	Ninguna	Revisión de la tensión de las fajas	Inspección visual	2	3	9	54
Da soporte al eje de transmisión	Falla en el sistema de lubricación	La capacidad de la máquina se reduce	Desgaste por actividad	Ninguna	Lubricación de chumaceras	Inspección visual	4	7	9	252
Permite frenar el movimiento del equipo	Falla en el sistema de transmisión	Pérdida de capacidad de frenado	Pastillas de freno sucias, manchadas y/o cristalizadas	Ninguna	Cambio de pastillas de freno	Inspección visual	5	4	9	180
			Pastillas desgastadas	Ninguna	Cambio de disco de freno	Inspección visual	5	2	9	90
Permite el paso de la corriente eléctrica	Falla en el sistema eléctrico	Limita la función del motor eléctrico	Excesivo movimiento	Ninguna	Cambio de cable de aceleración	Inspección visual	6	3	9	162
Evitar el contacto de las superficies metálicas	Falla en el sistema de lubricación	La capacidad de la máquina se reduce	Desgaste por actividad	Ninguna	Lubricación de la guía de corte	Inspección visual	4	3	9	108
Permite el movimiento	Falla en el sistema mecánico	Disminuye la capacidad del motor	Desgaste por actividad	Ninguna	Cambio de reductores	Inspección visual	4	3	9	108

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

4.2.2. Hoja de información RCM

Toda la información obtenida en el Análisis del modo y los efectos de las fallas (AMEF) de cada maquinaria, debe ser codificada y registrada en la hoja de información RCM mostrada en la tabla 58. Las funciones del desempeño se enumeran, los modos de fallas nombran con el alfabeto y las causas de las fallas se enumeran.

Tabla 58. Hoja de información del RCM de las máquinas del año 2020

SISTEMA	FUNCIÓN DEL DESEMPEÑO (F)		MODO DE FALLO (FF)		CAUSAS DEL FALLO (FM)	
Extrusoras	1	Purificación del aire comprimido	A	Falla en la unidad de mantenimiento	1	Pérdida de aire
	2	Permite el movimiento	B	Falla en el sistema mecánico	2	Pérdida de tensión
	3	Da soporte al eje de transmisión	C	Falla en el sistema de lubricación	3	Desgaste por actividad
	4	Aumento de la energía superficial	D	Falla en el sistema mecánico	4	Obstrucción de la trotadora de corona
	5	Da soporte	E	Falla en el sistema mecánico	5	Torque excesivo
	6	Transmite las fuerzas y movimientos entre los rodillos y los ejes	F	Falla en el sistema de lubricación	6	Desgaste por actividad
	7	Permite el paso de la corriente eléctrica	G	Falla en el sistema eléctrico	7	Excesivo movimiento
					8	Sulfatación de los contactores
	8	Limitar la corriente eléctrica	H	Falla en el sistema eléctrico	9	Excesivo movimiento
	9	Permite el flujo de aire	I	Falla en el sistema mecánico	10	Desgaste por actividad
	10	Da soporte de cargas radiales	J	Falla en el sistema mecánico	11	Paso de corriente
	11	Sellar ejes rotatorios	K	Falla en el sistema mecánico	12	Desgaste por actividad
	12	Incapacidad de transmitir movimiento	L	Falla en el sistema de transmisión	13	Desgaste por actividad
	13	Evitar el contacto de las superficies metálicas	M	Falla en el sistema de lubricación	14	Desgaste por actividad
	14	Produce una fuerza y desplazamiento mediante el aire comprimido	N	Falla en el sistema mecánico	15	Obstrucción de los pistones neumáticos
15	Fuente de energía para su propulsión	O	Falla en el sistema mecánico	16	Desgaste por actividad	
Paleteadora	16	Da movimiento a diversos componentes	P	Falla en el sistema de transmisión	17	Fuga en el circuito
	17	Permite el movimiento	Q	Falla en el sistema mecánico	18	Pérdida de tensión
	18	Da soporte al eje de transmisión	R	Falla en el sistema de lubricación	19	Desgaste por actividad
	19	Permite frenar el movimiento del equipo	S	Falla en el sistema de transmisión	20	Pastillas de freno sucias, manchadas y/o cristalizadas
					21	Pastillas desgastadas
	20	Permite el paso de la corriente eléctrica	T	Falla en el sistema eléctrico	22	Excesivo movimiento
	21	Evitar el contacto de las superficies metálicas	U	Falla en el sistema de lubricación	23	Desgaste por actividad
22	Permite el movimiento	V	Falla en el sistema mecánico	24	Desgaste por actividad	

Fuente: Datos de la empresa Polisa SRL

4.2.3. Hoja de decisiones RCM

Los encabezados de la hoja de decisiones hacen referencia a las preguntas del diagrama de decisión de R.C.M. del siguiente modo:

- Las columnas encabezadas H (Consecuencia de fallo oculto), S (Consecuencia para seguridad), E (Consecuencia para medio ambiente), O (consecuencia operacional) y N (consecuencia no operacional) se utilizan para registrar las respuestas a las preguntas referidas a las consecuencias de cada modo de falla.
- Las siguientes tres columnas (encabezadas H1, H2, H3 etc.) registra si una tarea proactiva ha sido seleccionada, y de ser así, el tipo de tarea.
- Si fuera necesario responder a cualquier de las preguntas “a falta de”, se debe utilizar las columnas encabezadas H4 y H5, o S4 para registrar las respuestas.

Las últimas tres columnas registran la tarea que ha sido seleccionada (si la hubiera), la frecuencia con que se utiliza esto y quien ha sido seleccionado para hacerlo. La columna “tarea propuesta” también se utiliza para registrar los casos donde se requiere el rediseño, o en que se ha decidido que el modo de falla no necesita mantenimiento programado.

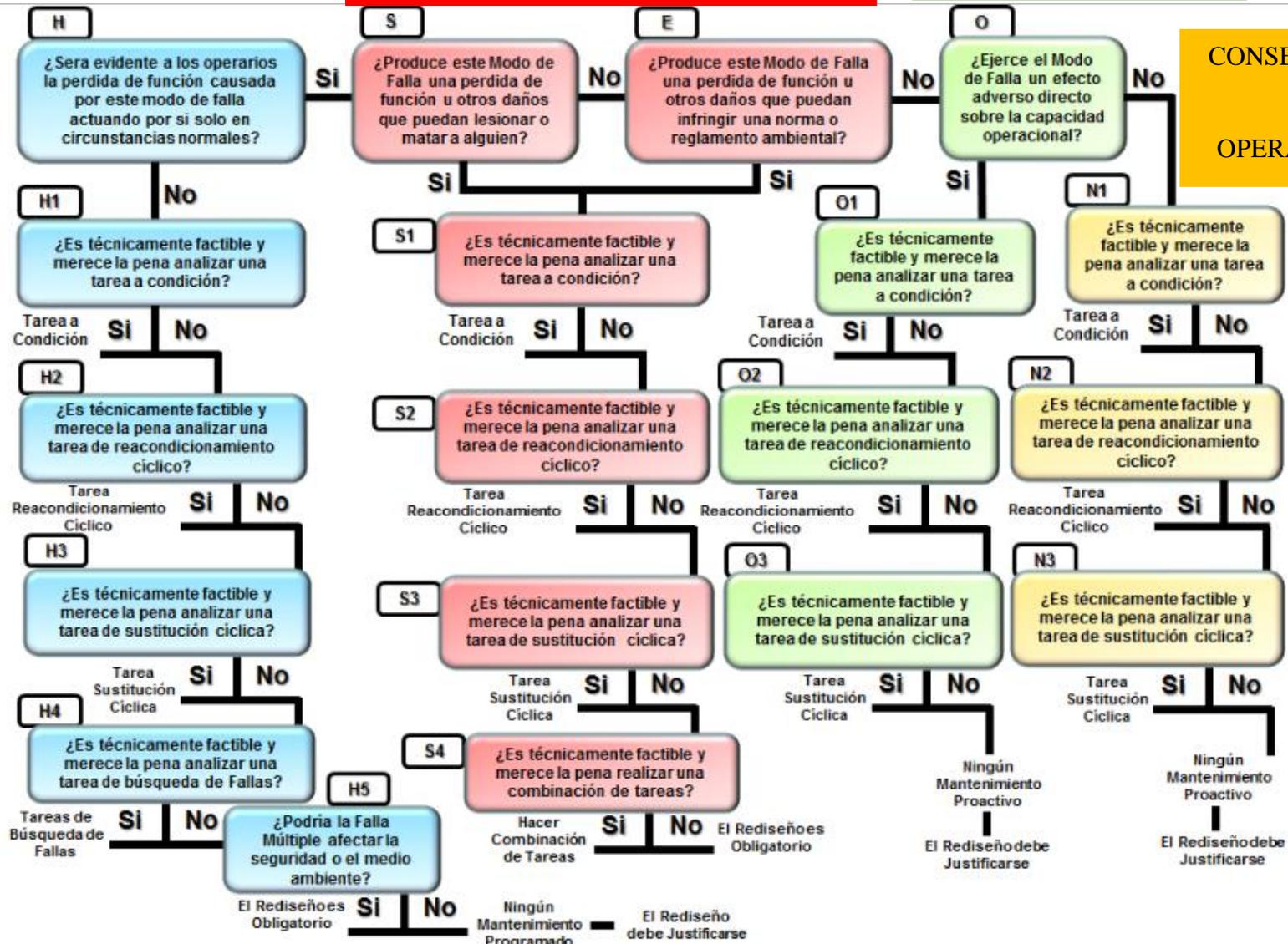


Figura 24. Diagrama de decisiones RCM

Fuente: Parra [23]

Tabla 59. Hoja de decisiones del RCM de las máquinas del año 2020

HOJA DE DECISIÓN			Empresa:	POLISA SRL				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tareas propuestas	Frecuencia	Responsable
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Revisión de la unidad de mantenimiento	Diario	Técnico mecánico	
2	B	2	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Revisión de la tensión de las fajas	Semanal	Técnico mecánico	
3	C	3	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Lubricación de chumaceras	Mensual	Técnico mecánico	
4	D	4	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Limpieza de la trotadora de corona	Semanal	Técnico mecánico	
5	E	5	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Cambio de tornillos de regulación	Mensual	Técnico mecánico	
6	F	6	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Revisión del desgaste del rodillo de banco de tiro	Mensual	Técnico mecánico	
			S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	-	Lubricación de la caja reductora banco de tiro	Mensual	Técnico mecánico
7	G	7	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Ajuste de los cables eléctricos	Mensual	Técnico electricista	
		8	S	S	-	-	S	-	-	-	-	-	Limpieza de contactores	Bimensual	Técnico electricista	
8	H	9	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Ajustar las resistencias	Bimensual	Técnico electricista	
9	I	10	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Mantenimiento de los ventiladores (motores bobinador)	Trimestral	Técnico mecánico	
10	J	11	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Cambio de rodamientos del reductor - cabezal de giro	Anual	Técnico mecánico	
11	K	12	S	S	-	-	N	N	S	-	-	-	Cambio de retenes del reductor - cabezal de giro	Anual	Técnico mecánico	
12	L	13	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Mantenimiento de la caja reductora principal	Anual	Técnico mecánico	
13	M	14	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Lubricación de la caja reductora principal	8 meses	Técnico mecánico	
14	N	15	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Limpieza de los pistones neumáticos	Anual	Técnico mecánico	
15	O	16	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Cambio de motores principales	3 años	Técnico mecánico	
16	P	17	S	S	-	-	N	N	S	-	-	-	Cambio de líquido de freno	Mensual	Técnico mecánico	
17	Q	18	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Revisión de la tensión de las fajas	Semanal	Técnico mecánico	
18	R	19	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Lubricación de chumaceras	Semanal	Técnico mecánico	
19	S	20	S	S	-	-	N	N	S	-	-	-	Cambio de pastillas de freno	Mensual	Técnico mecánico	
		21	S	S	-	-	N	N	S	-	-	-	Cambio de disco de freno	Mensual	Técnico mecánico	
20	T	22	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Cambio de cable de aceleración	Semestral	Técnico electricista	
21	U	23	S	S	-	-	S	-	-	-	-	-	Lubricación de la guía de corte	Anual	Técnico mecánico	
22	V	24	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Cambio de reductores	Semestral	Técnico mecánico	

Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Propuesta de implementación del área de mantenimiento

Esta propuesta tiene la finalidad de crear el área de mantenimiento para la asignación de responsabilidades, para ello se propone tener el siguiente personal:

- 1 encargado de mantenimiento
- 2 asistentes técnicos de mantenimiento (mecánico y eléctrico)

Los asistentes estarán a cargo de realizar los mantenimientos de las máquinas, dependiendo de la naturaleza de las averías presentadas.

El horario de trabajo para el personal de mantenimiento es desde las 5 de la tarde, una hora antes de culminar la producción para realizar todas las diligencias necesarias para las actividades de mantenimiento. Pero esto está sujeto a cambio, si se presenta alguna falla en el horario de producción. Con respecto a los meses donde se trabajan los dos turnos, las actividades programadas para el mantenimiento preventivo son mínimas y deben ser previamente planificadas con el jefe de producción para llevarse a cabo.

La frecuencia y el tiempo aproximado para las actividades de mantenimiento se detallan en las tablas 63 y 64.

El nuevo organigrama de la empresa Polisa SRL se observa en la figura 25, donde se incorpora el área de mantenimiento.

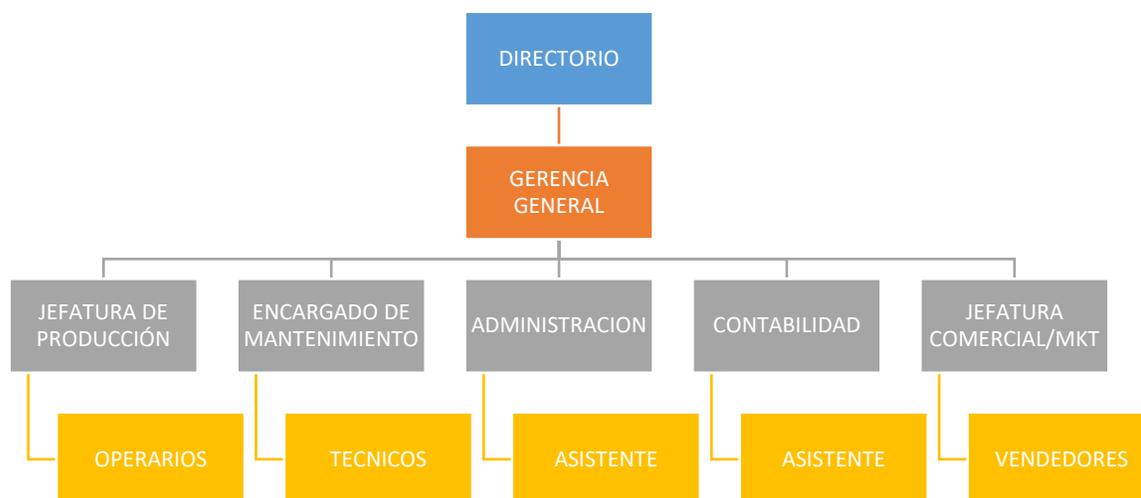


Figura 25. Organigrama propuesto de la empresa Polisa SRL

Fuente: Elaboración propia

El perfil del encargado de mantenimiento se detalla en la tabla 60.

Tabla 60. Perfil profesional del encargado de mantenimiento

SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	
FUNCIÓN BÁSICA	
Planificar, organizar, coordinar, supervisar y evaluar las acciones de mantenimiento preventivo, correctivo Y predictivo de las maquinarias.	
SUPERVISIÓN	
Cargo al que se reporta	Gerente general
Cargo de quienes supervisa	Técnicos de mantenimiento
ATRIBUCIONES DEL CARGO	
Autoriza la ejecución de acciones técnicas relacionadas a los mantenimientos	
Controla y supervisión las actividades del personal del área a su cargo	
Convoca a reuniones técnicas de trabajo al personal a su cargo	
FUNCIONES	
Supervisar sistemáticamente las labores técnicas de los mantenimientos a los equipos	
Mantener informado a gerencia general de las actividades del área y de cualquier problema relacionado con el personal.	
Efectuar reportes de sus actividades por medios informáticos con fines estadísticos y otros fines organizacionales	
Programa, coordina y controla el mantenimiento, predictivo, preventivo y correctivo de los equipos de la empresa.	
Participa en el proceso de selección y control de calidad de las maquinarias y equipos así como los trabajos a terceros	
Los demás funciones que le asigne el supervisor general	
REQUISITOS MÍNIMOS	
EDUCACIÓN	
Estudio universitario y/o título de Instituto Superior Tecnológico relacionados con la especialidad.	
Contar con capacitación acreditable en gestión de Mantenimiento preventivo y correctivo.	
EXPERIENCIA	
Se requiere contar con 2 años de experiencia como mínimo en un puesto igual o similar.	
Capacidad de organización y trabajo en equipo.	
CAPACIDADES, HABILIDADES Y ACTITUDES	
Capacidad de liderazgo, orientado al logro de objetivo organizacionales	
Capacidad para trabajar en equipo y bajo presión	
Capacidad de innovación y aprendizaje	
Capacidad de dirección, coordinación, organización y control de recursos asignados	
Actitud crítica, proactiva y con orientación a resultados	

Fuente: Elaboración propia

El perfil de los asistentes técnicos de mantenimiento se detalla en la tabla 61.

Tabla 61. Perfil profesional de los asistentes técnicos de mantenimiento

FUNCIÓN BÁSICA	
Coordinar y ejecutar el mantenimiento correctivo y preventivo de las máquinas.	
SUPERVISIÓN	
Cargo al que se reporta	Encargado de mantenimiento
Cargo de quienes supervisa	-
ATRIBUCIONES DEL CARGO	
Es responsable del cumplimiento de las funciones de su área	
FUNCIONES	
Supervisar diariamente el estado de funcionamiento de las máquinas	
Elaborar en coordinación con la jefatura inmediata planes de trabajo de	
Preservar en buen estado de funcionamiento las herramientas que le son	
Las demás funciones que le asigne su jefe inmediato.	
REQUISITOS MÍNIMOS	
EDUCACIÓN	
Poseer título de instituto superior tecnológico en la especialidad.	
Haber asistido a cursos de capacitación referente a la especialidad (mecánico de producción).	
EXPERIENCIA	
Tener experiencia 2 años como mínimo, en lo que respecta a mantenimientos mecánicos y eléctricos.	
CAPACIDADES, HABILIDADES Y ACTITUDES	
Capacidad para trabajar en equipo y bajo presión	
Actitud crítica, proactiva y con orientación a resultados	

Fuente: Elaboración propia

4.2.5. Propuesta de la política y procedimiento del área de mantenimiento para la empresa Polisa SRL

Esta política tiene como objetivo el establecimiento de los lineamientos y de los principios que el personal de mantenimiento debe adoptar. Siendo están las políticas las que rigen las responsabilidades en el personal de acuerdo con los procedimientos establecidos.

Su misión es conservar los activos fijos de la empresa Polisa SRL para que pueda tener un buen funcionamiento, evitando las paradas no programadas. Con ello se reducirá el deterioro de esta y sus costos asociados.

Su visión es realizar un trabajo en equipo de manera eficiente, los cuales deben estar capacitados para realizar las operaciones de mantenimiento de la empresa Polisa SRL.

1. La política del área de mantenimiento

- La empresa Polisa SRL tiene como política el mantenimiento preventivo de sus equipos bajo el enfoque RCM para que se encuentren operativos y estos sean eficientes, apoyando la productividad de la empresa.

Para la verificación del cumplimiento de dicha política se han establecido los siguientes objetivos:

Objetivo 1:

Mantener el equipo disponible para su funcionamiento operativo.

Indicador 1:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo planificado}} \times 100$$

Meta 1:

90%

Objetivo 2:

Cumplir con la producción de unidades planificadas manteniendo el rendimiento de los equipos.

Indicador 2:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Total de unidades planificadas}} \times 100$$

Meta:

95%

Objetivo 3:

Asegurar la calidad de las unidades producidas por los equipos.

Indicador 3:

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Unidades producidas sin defectos}}{\text{Total de unidades producidas}} \times 100$$

Meta:

99%

2. Procedimiento para el mantenimiento de la maquinaria

Las actividades de mantenimiento se desarrollan bajo el procedimiento que se detalla en la figura 26.

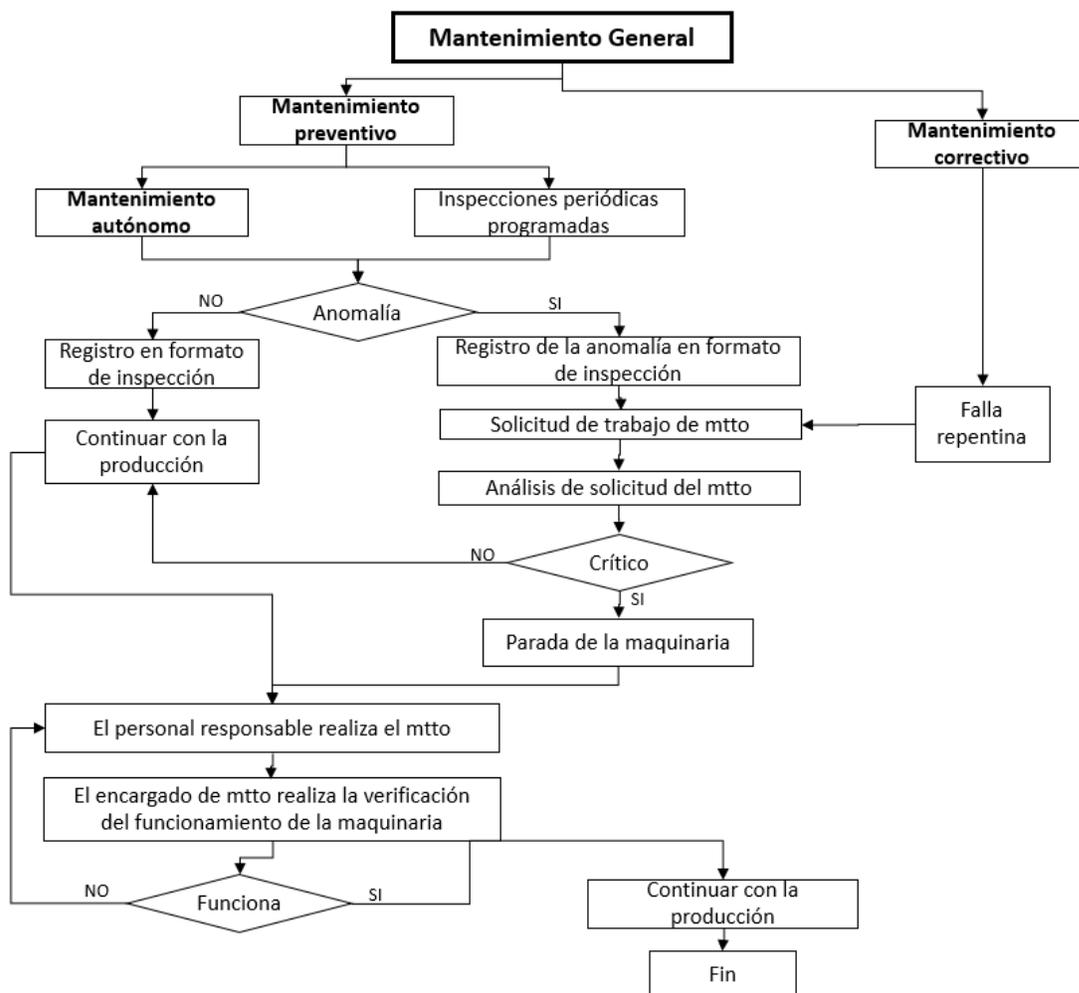


Figura 26. Diagrama de procedimiento del mantenimiento general

Fuente: Elaboración propia

El encargado de mantenimiento realiza el plan de mantenimiento de la maquinaria a detalle, luego junto con el supervisor de producción lo planifica. El mantenimiento correctivo va a depender si se presenta alguna falla repentina, y el mantenimiento preventivo es de acuerdo con las anomalías encontradas en el mantenimiento autónomo o a las inspecciones periódicas programadas, lo que se encuentra se registra en el formato respectivo del área. En el caso que se encuentre alguna anomalía, se realiza una solicitud de trabajo para el mantenimiento, y si la anomalía es crítica, se realiza de manera inmediata parando la producción. En encargado de

mantenimiento asigna a un técnico dependiendo de la naturaleza del trabajo, y este lo realiza en el momento programado. Una vez terminado el trabajo, el encargado del área verifica el trabajo, y si tiene un buen funcionamiento, se continua la producción.

4.2.6. Propuesta del plan de mantenimiento

En las tablas 62 se tiene el plan de mantenimiento de las máquinas en estado crítico para el proceso de producción de fundas para banano, los cuales permiten realizar de manera organizada el manteniendo, ya que enlista los trabajos a realizar, el tipo de actividad, los objetivos, indicadores, metas y cronograma de cada actividad.

Tabla 62. Propuesta del plan de mantenimiento

PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)	
CENTRO:	POLISA SRL
AÑO:	2021
<p>OBJETIVO GENERAL: Garantizar el funcionamiento de los equipos críticos en el proceso productivo</p> <p>ITEM DE CONTROL: Equipos críticos con mantenimiento preventivo</p> <p>UNIDAD DE MEDIDA: Porcentaje.</p> <p>META: 80 %</p> <p>FECHA DE LOGRO: Diciembre 2021</p>	
<p>OBJETIVO ESPECIFICO N°1: Asegurar que las máquinas extrusoras cuenten con mantenimiento preventivo para garantizar su operatividad.</p> <p>ITEM DE CONTROL: Las extrusoras con mantenimiento preventivo</p> <p>UNIDAD DE MEDIDA: Porcentaje.</p> <p>META: 80 %</p> <p>FECHA DE LOGRO: Diciembre 2021</p>	

N°	ACTIVIDAD	ALCANCE	RESPONSABLE	P/E	2021												PUNTO DE VERIFICACION	META	RECURSOS			
					Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic						
I	MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LAS EXTRUSORAS																					
1	Revisión de la unidad de mantenimiento	Las tres máquinas extrusoras	Área de mantenimiento	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	N° mtto realizados a las extrusoras	X100	80%	Técnico mecánico, llaves mecánicas		
E																					N° total de mtto planificados a las extrusoras	
2	Revisión de la tensión de las fajas					P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	N° mtto realizados a las extrusoras	X100	80%	Técnico mecánico, llaves mecánicas
E																			N° total de mtto planificados a las extrusoras			
3	Lubricación de chumaceras					P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	N° mtto realizados a las extrusoras	X100	80%	Técnico mecánico, llaves mecánicas, aceite sae64
E																			N° total de mtto planificados a las extrusoras			
4	Limpieza de la trotadora de corona					P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	N° mtto realizados a las extrusoras	X100	80%	Técnico mecánico, llaves mecánicas, trapo industrial
E																			N° total de mtto planificados a las extrusoras			
5	Cambio de tornillos de regulación					P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	N° mtto realizados a las extrusoras	X100	80%	Técnico mecánico, llaves mecánicas, tornillos de regulación
E																			N° total de mtto planificados a las extrusoras			
6	Revisión del desgaste del rodillo de banco de tiro					P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	N° mtto realizados a las extrusoras	X100	80%	Técnico mecánico, llaves mecánicas
E																	N° total de mtto planificados a las extrusoras					
7	Lubricación de la caja reductora banco de tiro			P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	N° mtto realizados a las extrusoras	X100	80%	Técnico mecánico, llaves mecánicas, aceite sae64		
E																	N° total de mtto planificados a las extrusoras					
8	Ajuste de los cables eléctricos			P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	N° mtto realizados a las extrusoras	X100	80%	Técnico electricista, llaves mecánicas		
E																	N° total de mtto planificados a las extrusoras					
9	Limpieza de contactores			P	P		P		P		P		P		P		N° mtto realizados a las extrusoras	X100	80%	Técnico electricista, trapo industrial		
E																	N° total de mtto planificados a las extrusoras					
10	Ajustar las resistencias			P		P		P		P		P		P		P	N° mtto realizados a las extrusoras	X100	80%	Técnico electricista, llaves mecánicas		
E																	N° total de mtto planificados a las extrusoras					
11	Mantenimiento de los ventiladores (motores bobinador)			P		P		P		P		P		P		P	N° mtto realizados a las extrusoras	X100	80%	Técnico mecánico, llaves mecánicas		
E																	N° total de mtto planificados a las extrusoras					

12	Cambio de rodamientos del reductor - cabezal de giro	P	P											N° mtto realizados a las extrusoras	X100	80%	Técnico mecánico, llaves mecánicas, rodamientos del reductor
		E												N° total de mtto planificados a las extrusoras			
13	Cambio de retenes del reductor - cabezal de giro	P	P											N° mtto realizados a las extrusoras	X100	80%	Técnico mecánico, llaves mecánicas, retenes del reductor
		E												N° total de mtto planificados a las extrusoras			
14	Mantenimiento de la caja reductora principal	P	P											N° mtto realizados a las extrusoras	X100	80%	Técnico mecánico, llaves mecánicas
		E												N° total de mtto planificados a las extrusoras			
15	Lubricación de la caja reductora principal	P				P							P	N° mtto realizados a las extrusoras	X100	80%	Técnico mecánico, llaves mecánicas, aceite sae64
		E												N° total de mtto planificados a las extrusoras			
16	Limpieza de los pistones neumáticos	P										P		N° mtto realizados a las extrusoras	X100	80%	Técnico mecánico, llaves mecánicas, trapo industrial
		E												N° total de mtto planificados a las extrusoras			
17	Cambio de motores principales	P											P	N° mtto realizados a las extrusoras	X100	80%	Técnico mecánico, llaves mecánicas, motor eléctrico
		E												N° total de mtto planificados a las extrusoras			

OBJETIVO ESPECIFICO N°2: Asegurar que la máquina paletadora cuente con mantenimiento preventivo para garantizar su operatividad.

ITEM DE CONTROL: La paletadora con mantenimiento preventivo

UNIDAD DE MEDIDA: Porcentaje.

META: 80 %

FECHA DE LOGRO: Diciembre 2021

N°	ACTIVIDAD	ALCANCE	RESPONSABLE	P/E	2021												PUNTO DE VERIFICACION	RESULTADO	RECURSOS		
					Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic					
II MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA PALETEADORA																					
1	Cambio de líquido de freno	Máquina paleteadora	Área de mantenimiento	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	N° mtto realizados a la paleteadora	X100	80%	Técnico mecánico, llaves mecánicas, líquido de frenos	
				E													N° total de mtto planificados a la paleteadora				
2	Revisión de la tensión de las fajas			P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	N° mtto realizados a la paleteadora	X100	80%	Técnico mecánico, llaves mecánicas
				E														N° total de mtto planificados a la paleteadora			
3	Lubricación de chumaceras			P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	N° mtto realizados a la paleteadora	X100	80%	Técnico mecánico, llaves mecánicas, aceite sae64
				E														N° total de mtto planificados a la paleteadora			
4	Cambio de pastillas de freno			P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	N° mtto realizados a la paleteadora	X100	80%	Técnico mecánico, llaves mecánicas, astillas de frenos
				E														N° total de mtto planificados a la paleteadora			
5	Cambio de disco de freno			P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	N° mtto realizados a la paleteadora	X100	80%	Técnico mecánico, llaves mecánicas, discos de frenos
				E														N° total de mtto planificados a la paleteadora			
6	Cambio de cable de aceleración	P		P									P			N° mtto realizados a la paleteadora	X100	80%	Técnico electricista, cables de aceleración		
		E														N° total de mtto planificados a la paleteadora					
7	Lubricación de la guía de corte	P							P							N° mtto realizados a la paleteadora	X100	80%	Técnico mecánico, llaves mecánicas, aceite sae64		
		E														N° total de mtto planificados a la paleteadora					
8	Cambio de reductores	P				P								P		N° mtto realizados a la paleteadora	X100	80%	Técnico mecánico, llaves mecánicas, reductores		
		E														N° total de mtto planificados a la paleteadora					

LEYENDA:

PENDIENTE:

P	P	P
---	---	---

EJECUTADO:

E	E	E
---	---	---

REPROGRAMADO:

R	R	R
---	---	---

REVISIÓN FINAL:

OBJETIVO	ITEM DE CONTROL	UNIDAD DE MEDIDA	META	FECHA DE LOGRO	RESULTADO	¿SE ALCANZÓ LA META?
OBJETIVO GENERAL						
Garantizar el funcionamiento de los equipos críticos en el proceso productivo	Equipos críticos con mantenimiento preventivo	Porcentaje	80%	Diciembre 2021		
OBJETIVOS ESPECÍFICOS						
Asegurar que las máquinas extrusoras cuenten con mantenimiento preventivo para garantizar su operatividad.	Las extrusoras con mantenimiento preventivo	Porcentaje	80%	Diciembre 2021		
Asegurar que la máquina paletadora cuente con mantenimiento preventivo para garantizar su operatividad.	La paletadora con mantenimiento preventivo	Porcentaje	80%	Diciembre 2021		

ELABORADO POR:

FECHA:

FIRMA:

REVISADO POR:

FECHA:

FIRMA:

APROBADO POR:

FECHA:

FIRMA:

Fuente: Elaboración propia

4.2.7. Propuesta del cronograma de mantenimiento

En las tablas 63 y 64 se detallan el cronograma de mantenimiento por equipos, y las actividades a realizar con su periodo, determinando un tiempo aproximado de trabajo a realizar por cada actividad.

Tabla 63. Cronograma de mantenimiento de las extrusoras

Equipo	Actividad	Frecuencia	Prioridad	Tiempo aprox. de trabajo de mantenimiento (minutos)
Extrusoras	Revisión de la unidad de mantenimiento	Diario	Alta	30
	Revisión de la tensión de las fajas	Semanal	Media	30
	Lubricación de chumaceras	Mensual	Media	60
	Limpieza de la trotadora de corona	Semanal	Alta	120
	Cambio de tornillos de regulación	Mensual	Alta	60
	Revisión del desgaste del rodillo de banco de tiro	Mensual	Media	30
	Lubricación de la caja reductora banco de tiro	Mensual	Alta	240
	Ajuste de los cables eléctricos	Mensual	Alta	60
	Limpieza de contactores	Bimensual	Alta	90
	Ajustar las resistencias	Bimensual	Alta	180
	Mantenimiento de los ventiladores (motores bobinador)	Trimestral	Media	180
	Cambio de rodamientos del reductor - cabezal de giro	Anual	Baja	180
	Cambio de retenes del reductor - cabezal de giro	Anual	Baja	180
	Mantenimiento de la caja reductora principal	Anual	Media	300
	Lubricación de la caja reductora principal	8 meses	Media	300
	Limpieza de los pistones neumáticos	Anual	Baja	480
	Cambio de motores principales	3 años	Baja	360

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64. Propuesta del plan de mantenimiento para la paleteadora

Equipo	Actividad	Frecuencia	Prioridad	Tiempo aprox. De trabajo (minutos)
Paleteadora	Cambio de líquido de freno	Mensual	Baja	90
	Revisión de la tensión de las fajas	Semanal	Baja	120
	Lubricación de chumaceras	Semanal	Alta	30
	Cambio de pastillas de freno	Mensual	Media	60
	Cambio de disco de freno	Mensual	Baja	60
	Cambio de cable de aceleración	Semestral	Media	90
	Lubricación de la guía de corte	Anual	Baja	30
	Cambio de reductores	Semestral	Baja	240

Fuente: Elaboración propia

4.2.8. Propuesta del Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF)

En este paso se calcula el RPN (Risk Priority Number) el cual determina un indicador de la importancia de la falla, y con ello dar prioridad dependiendo del riesgo. Este indicador se determina multiplicando los índices de Gravedad X Ocurrencia X Detección. Con las soluciones de mejora se calculó el nuevo NPR, donde se redujo el índice en especial la ocurrencia de falla, debido a que se realiza un mantenimiento preventivo. En la tabla 65 y 66 se detalla este nuevo NPR, en donde se observa que este índice se redujo a falla aceptable, siendo menor a 125. Esto se debe a que se han aplicado tanto métodos de detección de la falla, como acciones preventivas para que no se incurra en una parada no programada.

Tabla 65. AMEF propuesto de las extrusoras

FUNCION	MODO DE FALLO	EFECTO	CAUSAS	ACCIONES RECOMENDADAS	MÉTODO DE DETECCIÓN PROPUESTA	GRAVEDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	NP R
Purificación del aire comprimido	Falla en la unidad de mantenimiento	Reducción de la presión del aire	Pérdida de aire	Revisión de la unidad de mantenimiento	Inspección visual	5	3	3	45
Permite el movimiento	Falla en el sistema mecánico	Deficiencia en la extrusión	Pérdida de tensión	Revisión de la tensión de las fajas	Inspección visual	3	3	3	27
Da soporte al eje de transmisión	Falla en el sistema de lubricación	La capacidad de la máquina se reduce	Desgaste por actividad	Lubricación de chumaceras	Inspección visual	3	3	3	27
Aumento de la energía superficial	Falla en el sistema mecánico	Limita la función por la pérdida de energía	Obstrucción de la trotadora de corona	Limpieza de la trotadora de corona	Inspección visual	5	3	3	45
Da soporte	Falla en el sistema mecánico	La capacidad de la máquina se reduce	Torque excesivo	Cambio de tornillos de regulación	Inspección visual y sensorial	5	3	3	45
Transmite las fuerzas y movimientos entre los	Falla en el sistema de lubricación	La capacidad de la máquina se reduce	Desgaste por actividad	Revisión del desgaste del rodillo de banco de tiro	Inspección visual	3	3	3	27

rodillos y los ejes				Lubricación de la caja reductora banco de tiro	Inspección visual	5	3	3	45
Permite el paso de la corriente eléctrica	Falla en el sistema eléctrico	Limita la función del motor eléctrico	Excesivo movimiento	Ajuste de los cables eléctricos	Inspección visual	3	3	3	27
			Sulfatación de los contactores	Limpieza de contactores	Inspección visual	5	3	3	45
Limitar la corriente eléctrica	Falla en el sistema eléctrico	Evita una sobrecarga	Excesivo movimiento	Ajustar las resistencias	Inspección visual	5	3	3	45
Permite el flujo de aire	Falla en el sistema mecánico	Evita un sobrecalentamiento	Desgaste por actividad	Mantenimiento de los ventiladores (motores bobinador)	Inspección visual	5	3	3	45
Da soporte de cargas radiales	Falla en el sistema mecánico	Disminuye la capacidad del motor	Paso de corriente	Cambio de rodamientos del reductor - cabezal de giro	Inspección visual	5	3	3	45
Sellar ejes rotatorios	Falla en el sistema mecánico	Sin control de la velocidad	Desgaste por actividad	Cambio de retenes del reductor - cabezal de giro	Inspección visual	5	3	3	45
Incapacidad de transmitir movimiento	Falla en el sistema de transmisión	Deficiencia en la extrusión	Desgaste por actividad	Mantenimiento de la caja reductora principal	Inspección visual	5	3	3	45

Evitar el contacto de las superficies metálicas	Falla en el sistema de lubricación	La capacidad de la máquina se reduce	Desgaste por actividad	Lubricación de la caja reductora principal	Inspección visual	3	3	3	45
Produce una fuerza y desplazamiento mediante el aire comprimido	Falla en el sistema mecánico	Disminuye la capacidad del motor	Obstrucción de los pistones neumáticos	Limpieza de los pistones neumáticos	Inspección visual	5	3	3	27
Fuente de energía para su propulsión	Falla en el sistema mecánico	No enciende la máquina	Desgaste por actividad	Cambio de motores principales	Inspección visual	7	3	3	27

Fuente: Elaboración propia

Tabla 66. AMEF propuesto de la paletadora

FUNCIÓN	MODO DE FALLO	EFECCIÓN	CAUSAS	MÉTODO DE DETECCIÓN	ACCIONES RECOMENDADAS	MÉTODO DE DETECCIÓN PROPUESTA	GRAVEDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	NP R
Da movimiento a diversos componentes	Falla en el sistema de transmisión	La capacidad de la máquina se reduce	Fuga en el circuito	Ninguna	Cambio de líquido de freno	Inspección visual	5	1	3	15
Permite el movimiento	Falla en el sistema mecánico	Deficiencia en la extrusión	Pérdida de tensión	Ninguna	Revisión de la tensión de las fajas	Inspección visual	2	1	3	6
Da soporte al eje de transmisión	Falla en el sistema de lubricación	La capacidad de la máquina se reduce	Desgaste por actividad	Ninguna	Lubricación de chumaceras	Inspección visual	4	3	3	36
Permite frenar el movimiento del equipo	Falla en el sistema de transmisión	Pérdida de capacidad de frenado	Pastillas de freno sucias, manchadas y/o cristalizadas	Ninguna	Cambio de pastillas de freno	Inspección visual	5	1	3	15

			Pastillas desgastadas	Ninguna	Cambio de disco de freno	Inspección visual	5	1	3	15
Permite el paso de la corriente eléctrica	Falla en el sistema eléctrico	Limita la función del motor eléctrico	Excesivo movimiento	Ninguna	Cambio de cable de aceleración	Inspección visual	6	1	3	18
Evitar el contacto de las superficies metálicas	Falla en el sistema de lubricación	La capacidad de la máquina se reduce	Desgaste por actividad	Ninguna	Lubricación de la guía de corte	Inspección visual	4	1	3	12
Permite el movimiento	Falla en el sistema mecánico	Disminuye la capacidad del motor	Desgaste por actividad	Ninguna	Cambio de reductores	Inspección visual	4	1	3	12

Fuente: Elaboración propia

4.2.9. Nuevos Indicadores de costos de mantenimiento

Los indicadores con las propuestas del plan de mantenimiento en la empresa Polisa SRL se dividen en tres criterios, los cuales comprenden los costos de la mano de obra del mantenimiento, el costo de los repuestos a utilizar, y el costo de fallo, el cual se genera por el dejar de producir debido a que se detiene la máquina.

Costo de mano de obra del mantenimiento

Al realizar la implementación de un área de mantenimiento, el costo de la mano de obra incurre en el encargado de mantenimiento y sus dos asistentes técnicos que van a realizar las labores operativas, en la tabla 67 se detalla el costo anual de la mano de obra.

Tabla 67. Costo anual de la mano de obra del mantenimiento

NOMBRES Y APELLIDOS	SUELDO BASE	FACTOR EMPRESA	COSTO MENSUAL	COSTO ANUAL
Encargado de mtto	S/ 1 500,00	S/ 1,48	S/ 2 220,00	S/ 26 640,00
Asistente técnico mecánico	S/ 930,00	S/ 1,48	S/ 1 376,40	S/ 16 516,80
Asistente técnico eléctrico	S/ 930,00	S/ 1,48	S/ 1 376,40	S/ 16 516,80
				S/ 59 673,60

Fuente: Elaboración propia

Costo de fallo originado por el mantenimiento

En la tabla 68 se observa el tiempo en paradas no programadas en las que se ha incurrido por presentarse alguna falla. El tiempo total de paradas con las propuestas se reduce al 45%, este dato se toma en referencia a la investigación de Villacrés [23] realizado para obtener el grado de magister en Ecuador, en esta investigación se implementó un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM). Por lo tanto, aún permanece el 65% de los tiempos de paradas, lo que representa un costo de fallo de 108 460,10 soles al año.

Tabla 68. Aumento de la producción

Tiempo de paradas actuales (min)	200 486
Permanencia del tiempo de fallo	65%
Tiempo de paradas reducidas (min)	130 315,90
Ritmo de producción (millar/min)	0,0034
Producción no realizada (millar/año)	443,07
Precio de venta (soles/millar)	244,79
Ingresos no percibidos (soles)	108 460,10

Fuente: Elaboración propia

Costo de los repuestos del mantenimiento

En la tabla 69 se observa el costo total anual de los repuestos que se van a utilizar dependiendo del plan y del cronograma de mantenimiento, estos repuestos ascienden a un total de 9 115,00 soles anuales.

Tabla 69. Costo anual de los repuestos del mantenimiento preventivo

Materiales	Costos de los repuestos (S/)	Uso anual de los repuestos	Costo total anual (S/)
Aceite mineral parafínico	250,00	5	1 250,00
Cables de aceleración	80,00	36	2 880,00
Disco de freno	35,00	1	35,00
Líquido de freno	25,00	1	25,00
Motor eléctrico	600,00	3	1 800,00
Pastillas de freno	25,00	4	100,00
Reductores	85,00	1	85,00
Retenes del reductor	150,00	1	150,00
Rodamientos del reductor	350,00	1	350,00
Tornillos de regulación	40,00	36	1 440,00
			9 115,00

Fuente: Elaboración propia

Costo total del mantenimiento propuesto

En la tabla 70 se realiza el cuadro resumen de los indicadores con los supuestos, donde los costos de los repuestos son de 9 115,00 soles, el costo de la mano de obra del personal de mantenimiento es de 59 673,60 soles y el costo de fallo es de 108

460,10 soles, todo esto tiene un total de 177 248,70 soles que representan el 21% de las ventas del año 2020.

Tabla 70. Costos del mantenimiento con los propuestos

CONCEPTO	MONTOS PROPUESTOS
COSTO REPUESTO (S/)	S/9 115,00
COSTOS MO MTTO (S/)	S/59 673,60
COSTO DE FALLO (S/)	S/108 460,10
COSTOS TOTALES (S/)	S/ 177 248,70

Fuente: Elaboración propia

4.2.10. Cuadro Comparativo de Indicadores

En la tabla 71 se detalla el cuadro comparativo de los indicadores de los costos de mantenimiento de los actuales con los propuestos, en el cual se puede observar que el costo total de mantenimiento ha disminuido en 74 621,35 soles que representa una disminución del 29,6% de los costos.

Tabla 71. Cuadro comparativo de los costos de mantenimiento

CONCEPTO	COSTOS ACTUALES	COSTOS PROPUESTOS	AHORRO CON LA PROPUESTA	PORCENTAJE
COSTO REPUESTO (S/)	S/23 149,17	S/9 115,00	S/ 14 034,17	60,6%
COSTOS MO MTTO (S/)	S/60 750,00	S/59 673,60	S/ 1 076,40	1,8%
COSTO DE FALLO (S/)	S/167 970,89	S/108 460,10	S/ 59 510,79	35,4%
COSTOS TOTALES (S/)	S/251 870,05	S/ 177 248,70	S/ 74 621,35	29,6%

Fuente: Elaboración propia

4.3. *Análisis costo beneficio de implementar el plan del mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM) de la empresa Polisa SRL*

Se realizó un análisis costo beneficio de la propuesta del plan de mantenimiento, para ello se identificaron los beneficios y los costos que se incurren en la implementación de dichas propuestas.

4.3.1. *Ahorro económico de las propuestas del plan de mantenimiento*

Los beneficios económicos del plan de mantenimiento consisten en el aumento de la producción y la reducción de los costos de repuestos.

4.3.1.1. **Beneficios económicos por aumento de producción**

En la tabla 72 se observa el tiempo en paradas no programadas en las que se ha incurrido por presentarse alguna falla. El tiempo total de paradas con las propuestas se reduce al 45%, este dato se toma en referencia a la investigación de Villacrés [23] realizado para obtener el grado de magister en Ecuador, en esta investigación se implementó un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) y se obtuvo una reducción del 45% en los tiempos de fallos.

Este tiempo de paradas al multiplicarse por el ritmo de producción, se obtienen un incremento de 306,74 millares al año, lo que representa en 75 087,76 soles al año.

Tabla 72. Aumento de la producción

Tiempo de paradas actuales (min)	200 486
Reducción del tiempo de fallo	45%
Reducción del tiempo de paradas(min)	90 218,70
Ritmo de producción (millar/min)	0,0034
Aumento de la producción (millar/año)	306,74
Precio de venta (soles/millar)	244,79
Aumento de los ingresos (soles)	75 087,76

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. *Costos del plan de mantenimiento*

Los costos de la propuesta de un plan de mantenimiento son los siguientes:

4.3.2.1. Costo de las herramientas

En la tabla 73 se detalla el costo de las herramientas necesarias para las labores del mantenimiento, el cual asciende a 1 075,00 soles al año.

Tabla 73. Costo resumen de los repuestos del mantenimiento preventivo

HERRAMIENTAS	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
Set de destornilladores 8 piezas Stanley	S/ 29,90	1	S/ 29,90
Llave francesa 8"	S/ 12,90	1	S/ 12,90
Llave stilson 24"	S/ 17,90	1	S/ 17,90
Alicate de punta larga 6 pulgadas	S/ 11,90	1	S/ 11,90
Líquido limpia contactos 3 en 1	S/ 14,90	1	S/ 14,90
Multitester digital	S/ 39,90	1	S/ 39,90
Alicate de corte 7"	S/ 11,90	1	S/ 11,90
Precintos o Cintillo 300x4,8mm Negro x100 unidades	S/ 3,25	2	S/ 6,50
Juego de perilleros Torx pequeños	S/ 6,40	3	S/ 19,20
Piloto o Probador de corriente alterna 19 cm	S/ 4,30	1	S/ 4,30
Juego de dados y llaves 3/8 mm x19 piezas	S/ 93,90	1	S/ 93,90
Lija para Metal Grano 4	S/ 1,00	4	S/ 4,00
Lija para Metal Grano 8	S/ 0,80	4	S/ 3,20
Lija para Metal Grano 70	S/ 0,50	4	S/ 2,00
Lija para Metal Grano 120	S/ 0,50	4	S/ 2,00
Lija para Metal Grano 150	S/ 0,40	4	S/ 1,60
Set de llaves combinadas métricas 16 piezas	S/ 109,00	1	S/ 109,00
Juego de llaves Torx x7 piezas	S/ 18,50	1	S/ 18,50
Tubo Palanca	S/ 18,90	1	S/ 18,90
Comba Octavada 1,5Kg	S/ 31,90	1	S/ 31,90
Grasera industrial 6000 lb/" 14 onzas	S/ 35,70	1	S/ 35,70
Trapo industrial color x5 kg	S/ 28,90	2	S/ 57,80
Cepillo de alambre con mango y espátula 3x17 cm	S/ 11,90	1	S/ 11,90
Martillo con mango de neopreno 16 onzas	S/ 37,30	1	S/ 37,30
Wincha metálica 20 m	S/ 37,30	1	S/ 37,30
Regla de acero inoxidable 30cm	S/ 14,20	1	S/ 14,20
Cinzel Punta Plana 1x10"	S/ 29,70	1	S/ 29,70
Escalera Tijera metálica 8 pasos	S/ 230,00	1	S/ 230,00
Amoladora 4 1/2" 850W GWS 850 Bosch	S/ 129,90	1	S/ 129,90
Disco de corte X10U 115 X1,0MM STD,F/Inox Bosch	S/ 36,90	1	S/ 36,90
TOTAL			S/ 1 075,00

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.2. Costo de capacitación del RCM

La capacitación sobre RCM hacia el personal de mantenimiento, tanto el encargado como los técnicos tiene un temario que comprende:

- Metodología RCM
- Guía de aplicación del RCM
- Sistemas y fallas funcionales
- Análisis del árbol lógico
- Implementación del RCM

Esta capacitación tiene un costo de S/ 1 500,00 por persona, como lo detalla en el anexo B.

En los costos de la tabla 74 se consideró el costo por las capacitaciones, y también el costo de las horas extras de los trabajadores para asistir a las capacitaciones, el cual se ha multiplicado el valor de la hora extra de cada uno, siendo 5 capacitaciones de 3 horas cada una.

Tabla 74. Cuadro de costos de las capacitaciones

COSTOS DE CAPACITACIONES	
Capacitaciones al personal de mantenimiento	S/1 500,00
Pago por horas extras	S/448,99
TOTAL	S/1 948,99

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.3. Costo de mano de obra del área de mantenimiento

Los costos del personal para el área de mantenimiento se detallan en la tabla 75 el cual asciende a S/ 62 573,60 al año.

Tabla 75. Cuadro de costos del área de mantenimiento

COSTOS DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO	
Adquisición de 1 escritorio	S/ 300,00
Adquisición de 3 sillas	S/ 600,00
Adquisición de 1 computadora	S/ 2 000,00
Pago de planillas al personal de mantenimiento	S/ 59 673,60
TOTAL	S/ 62 573,60

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Análisis Costo Beneficio Anual

Con la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento basado en la metodología RCM tenemos que el Beneficio/costo es:

$$\text{Beneficio} - \text{Costo} = \frac{\text{Beneficios}}{\text{Costos}} = \frac{75\,087,76}{65\,596,87} = 1,14$$

Lo cual nos indica que por cada sol que se invierte en el plan de mantenimiento RCM para el proceso de producción de las unidades de funda para banano el beneficio será de 0,14 nuevos soles.

V. DISCUSIÓN

En la presente investigación se encontró altos costos de mantenimiento, en especial el costo de fallo, debido a las paradas no programadas de los equipos. Es por ello, que se propuso mejoras en la gestión del mantenimiento basándose en la aplicación de la metodología Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), en la investigación de Vásquez [9] en el año 2016 donde se realizó un diagnóstico de la situación de la empresa Cerinsa E.I.R.L. el cual se basó en los indicadores de Eficiencia General de los Equipos (OEE), se realizaron mejoras y se obtuvo un aumento de la producción del 27,3% y un beneficio costo de 1,22 soles. En similitud con la presente investigación, donde con las mejoras propuestas la producción podría aumentar hasta un 45% y se obtuvo un beneficio costo de 1,14 soles, esto se debe a que en esta investigación se utilizó la metodología RCM.

En la investigación de Alban [7] en el año 2017 donde se diagnosticó los puntos críticos y las causas de las fallas de la maquinaria, se encontró que en su mayoría es por los desgastes de las piezas y la falta de lubricación de estos, acompañado de la falta de limpieza generando obstrucción en las mismas. Para ello se propuso programas de mantenimiento preventivo la maquinaria con la metodología RCM, con esto se logró los costos por mantenimientos en un 75,14%, a diferencia de esta investigación, donde el plan de mantenimiento basado en RCM se logró reducir los costos de mantenimiento en 29,6%, debido a que Albán implementó otras herramientas como un programa de orden y limpieza.

En la investigación de Cueva [8] en el año 2017 se encontró deficiencia en la maquinaria que generaban pérdidas económicas de S/ 100 974 soles anuales, para ello realizó un análisis de Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF) y de la criticidad de la maquinaria. También se determinó un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM) y en base a las herramientas utilizadas para el análisis se determinaron actividades adicionales de limpieza para evitar obstrucciones en la maquinaria. Como en esta investigación donde se encontró que el costo de fallo es de 167 970,89 soles al año, y también se realizó un análisis detallado del AMEF y un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

VI. CONCLUSIONES

1. Al proponer el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) se redujeron los costos de mantenimiento en 29,6% siendo el monto de 74 621,35 soles.
2. En el diagnóstico de la situación actual de la empresa Polisa SRL se determinó que las máquinas con mayor criticidad son las tres extrusoras y la paleteadora.
3. Se propuso un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad según la metodología RCM, en donde se logró reducir el tiempo de fallas en 45%.
4. Al realizar el análisis costo beneficio de la propuesta del plan de mantenimiento se obtuvo un índice de 1,14 soles, con ello se puede indicar que la propuesta es económicamente viable.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda se haga un análisis de criticidad de las maquinarias faltantes y en base a ello realizar el mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) de las máquinas críticas, y seguir reduciendo los costos de mantenimiento.

Se recomienda realizar un control de calidad de los productos terminados, donde se tome en cuenta los aspectos el tema de productos defectuosos y las tomar medidas preventivas necesarias.

Otro aspecto importante para recomendar es, que la empresa cuente con un estudio para la implementación de mantenimientos predictivos, ayudando a identificar las fallas potenciales.

También se recomienda que la empresa cuente con un tipo de software, con ello se podrá obtener una data actualizada, reduciendo los errores de información para la toma de decisiones.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] W. Olarte, M. Botero y B. Cañon, «IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL DENTRO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN,» *Scientia et Technica*, vol. XVI, nº 44, pp. 354-356, 2010.
- [2] J. Valdiviezo, «Costo de Mantenimiento, publicación de la Universidad Politécnica Salesiana,» 2011. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/831/5/CAPITULO%204.pdf>. [Último acceso: 20 Diciembre 2020].
- [3] S. García, Organización y Gestión Integral de Mantenimiento, España: Ediciones Díaz de Santos S.A., 2003.
- [4] Andina, «Inei: Industria no primaria creció 3.49% en Enero de 2019,» Andina: Agencia Peruana de Noticias, Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://andina.pe/agencia/noticia-inei-industria-no-primaria-crecio-349-enero-del-2019-746410.aspx>. [Último acceso: 10 Noviembre 2020].
- [5] Sociedad Nacional de Industrias, «Fabricación de productos plásticos,» Abril 2019. [En línea]. Available: https://www.sni.org.pe/wp-content/uploads/2019/07/Reporte-Sectorial-PI%C3%A1sticos_2019.pdf. [Último acceso: 22 Noviembre 2020].
- [6] N. Di Natale, «Planteamiento Estratégico del Sector Metalmecánica en el Perú,» Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2017.
- [7] N. Albán, «Implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad de las maquinarias en la empresa construcciones Reyes S.R.L. para incrementar la productividad,» 2017. [En línea]. Available: http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/usat/798/1/TL_%20AlbanSalazarNery.pdf. [Último acceso: 21 Diciembre 2020].
- [8] R. Cueva, «Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para mejorar la productividad de la empresa Ersa Transportes Y Servicios S.R.L.,» 2017. [En línea]. Available: http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/usat/912/3/TL_MejiaCuevaRicardo.pdf. [Último acceso: 19 Diciembre 2020].
- [9] L. Vázquez, «Propuesta para aumentar la productividad del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas en la industria metálica Cerinsa E.I.R.L., aplicando el OverallEquipmentEffectiveness (OEE),» 2016. [En línea]. Available: http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/usat/489/1/TL_Vasquez_Contreras_LuisMartin.. [Último acceso: 15 Diciembre 2020].

- [10] M. Braglia, D. Catellano y M. Gallo, «A novel operational approach to equipment maintenance: TPM and RCM jointly at work,» *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 2019.
- [11] E. Pérez, J. Flores, A. Medina, D. Nogueira y M. Oviedo, «Approach of processes for the reduction of stoppages of machines through reliability centered maintenance. impact on the economy as a branch of the social sciences,» *Revista Magazine de las Ciencias*, vol. 2, nº 4, 2017.
- [12] J. Díaz, *Técnicas De Mantenimiento Industrial*, Cádiz: Escuela Politécnica Superior – Algeciras Universidad De Cádiz, 2004.
- [13] F. J. Cárcel-Carrasco, «Ingeniería del mantenimiento industrial y gestión del conocimiento. Mejora en la eficiencia de las empresas,» *Omnia Science*, nº 5, pp. 121-130, 2015.
- [14] E. Padilla, *Los Sistemas De Mantenimiento*, Guatemala: Universidad Rafael Landívar, 2011.
- [15] R. Pascual, *Gestión moderna del mantenimiento*, Chile: Editorial Limusa, 2011.
- [16] *Metodología Análisis de Criticidad*, México: Petroleros Mexicanos.
- [17] D. Gutierrez, *Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad*, Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, 2010.
- [18] L. Navarro, *Gestión integral del manteamiento*, España: Marcombo S.A., 1998.
- [19] J. Cruelles, *La teoría de la medición del despilfarro*, Toledo: Reverté-Aguilar, 2010.
- [20] W. Murillo, «La investigación científica,» [En línea]. Available: <http://www.monografias.com/>. [Último acceso: 12 Diciembre 2020].
- [21] M. Tamayo y Tamayo, *El proceso de investigación científica*, México: Limusa Noriega Editores, 2002.
- [22] H. Salas, «Investigación Cuantitativa (Monismo Metodológico) y Cualitativa (Dualismo Metodológico),» *Cinta moebio*, nº 40, pp. 1-21, 2011.
- [23] S. R. Villacrés Parra, «DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA EL VEHÍCULO HIDROCLEANER VACTOR M654 DE LA EMPRESA ETAPA EP,» 2016. [En línea]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/234574731.pdf>. [Último acceso: 10 Mayo 2021].
- [24] Dinero, «Hacia un mundo que consume menos plástico: ¿Qué pasa con Colombia?,» 01 Diciembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.dinero.com/empresas/confidencias-on-line/articulo/campana-de->

- unilever-para-reducir-el-uso-de-plastico-en-colombia/300678. [Último acceso: 07 Noviembre 2020].
- [25] M. Düsseldorf GmbH, «Buenas perspectivas para el sector del plástico,» Interempresas, 04 Julio 2016. [En línea]. Available: <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/157469-Buenas-perspectivas-para-el-sector-del-plastico.html>. [Último acceso: 08 Noviembre 2020].
- [26] Plastic Perú, «Mercado plástico peruano: Mucho espacio para crecer,» DigitalNews, 26 Febrero 2019. [En línea]. Available: <http://expoplastperu.com/plastnews/mercado-plasticoperuano-mucho-espacio-para-crecer-66/>. [Último acceso: 13 Noviembre 2020].
- [27] Sociedad Nacional de Industrias, «Información Técnica y Económica. Guía de la Industria Plástica,» 2016. [En línea]. Available: <http://plastic-concept.com/Guia-de-la-Industria-Plastica/>. [Último acceso: 2020].

VII. ANEXOS:**Anexo A: DETALLE DEL TIPO DE FALLAS, LOS COSTOS DE LOS REPUESTOS UTILIZADOS Y LOS COSTOS DE MANO DE OBRA TERCERIZADA****AGLOMERADOR:**

MESES	TIPO DE FALLA	REPUESTOS UTILIZADOS	COSTOS DE REPUESTOS (S/)	COSTO DE MANTENIMIENTO TERCERIZADO (S/)	UNIDADES DEFECTUOSAS (MILLAR)
Enero	Falla en el sistema eléctrico				6
	Falla en el motor				
	Falla en las fajas				
Febrero	Falla en el sistema eléctrico				5
	Falla en el motor				
	Falla en las fajas				
	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 80.00	S/ 1,000.00	
Marzo	Falla en el sistema eléctrico				4
	Falla en el motor				
	Falla en las fajas				
Abril	Falla en el sistema eléctrico				2
	Falla en el motor				
	Falla en las fajas				
Mayo	Falla en el sistema eléctrico				4
	Falla en el motor				
	Falla en las fajas				

Junio	Falla en el sistema eléctrico				2
	Falla en el motor				
	Falla en las fajas				
	Falla en las cuchillas	Cuchillas	S/ 55.00	S/ 250.00	
Julio	Falla en el sistema eléctrico				3
	Falla en el motor				
	Falla en las fajas				
Agosto	Falla en el sistema eléctrico				2
	Falla en el motor				
	Falla en las fajas				
Setiembre	Falla en el sistema eléctrico				2
	Falla en el motor				
	Falla en las fajas				
Octubre	Falla en el sistema eléctrico				3
	Falla en el motor				
	Falla en las fajas				
	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 80.00	S/ 1,000.00	
Noviembre	Falla en el sistema eléctrico				4
	Falla en el motor				
	Falla en las fajas				
Diciembre	Falla en el sistema eléctrico				3
	Falla en el motor				
	Falla en las fajas				
	Falla en las cuchillas	Cuchillas	S/ 55.00	S/ 250.00	
			S/270.00	S/2,500.00	40

COMPRESOR:

MESES	TIPO DE FALLA	REPUESTOS UTILIZADOS	COSTOS DE REPUESTOS (S/)	COSTO DE MANTENIMIENTO TERCERIZADO (S/)	UNIDADES DEFECTUOSAS (MILLAR)
Enero	Exceso de resina en el purgado				3
	Obstrucción de filtros				
Febrero	Desgaste de las partes metálicas	Aceite Sae	S/ 100.00		4
	Exceso de resina en el purgado				
	Fallas en el pistón	Pistón	S/ 65.00	S/ 150.00	
	Obstrucción de filtros				
Marzo	Exceso de resina en el purgado				2
	Templado fajas				
	Obstrucción de filtros				
Abril	Exceso de resina en el purgado				4
	Fallas en el pistón	Pistón	S/ 65.00	S/ 150.00	
	Obstrucción de filtros				
Mayo	Exceso de resina en el purgado				2
	Templado fajas				
	Obstrucción de filtros				
Junio	Exceso de resina en el purgado				3
	Obstrucción de filtros				
Julio	Exceso de resina en el purgado				2
	Fallas en el pistón	Pistón	S/ 65.00	S/ 150.00	
	Obstrucción de filtros				
Agosto	Exceso de resina en el purgado				2
	Templado fajas				
	Obstrucción de filtros				

Setiembre	Exceso de resina en el purgado				3
	Obstrucción de filtros				
Octubre	Exceso de resina en el purgado				2
	Fallas en el pistón	Pistón	S/ 65.00	S/ 150.00	
	Obstrucción de filtros				
Noviembre	Exceso de resina en el purgado				2
	Templado fajas				
	Desgaste de las partes metálicas	Aceite Sae	S/ 100.00		
Diciembre	Exceso de resina en el purgado				3
	Obstrucción de filtros				
	Obstrucción de filtros				
			S/460.00	S/600.00	32

EXTRUSORA 1:

MESES	TIPO DE FALLA	REPUESTOS UTILIZADOS	COSTOS DE REPUESTOS (S/)	COSTO DE MANTENIMIENTO TERCERIZADO (S/)	UNIDADES DEFECTUOSAS (MILLAR)
Enero	Falla en la unidad de mantenimiento				3
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico	S/ 250.00		
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 320.00	
	Fallas en los contactores				
	Resistencias desajustados				
Febrero	Falla en la unidad de mantenimiento				4
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			

	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 320.00	
	Fallas en los contactores				
	Obstrucción de ventiladores				
	Falla en reductor-cabezal giratorio	Retenes	S/ 80.00	S/ 270.00	
Marzo	Falla en la unidad de mantenimiento				2
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 320.00	
	Fallas en los contactores				
	Resistencias desajustados				
	Lubricación de la caja de tiro	Aceite mineral parafínico			
Abril	Falla en la unidad de mantenimiento				3
	Falla en la trotadora de corona				

	Tensión de faja			
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico		
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico		
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico		
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico		
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 320.00
	Fallas en los contactores			
	Obstrucción de ventiladores			
	Desgaste de rodamientos	Rodamientos	S/ 150.00	S/ 270.00
Mayo	Falla en la unidad de mantenimiento			
	Falla en la trotadora de corona			
	Tensión de faja			
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico		
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico		
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico		
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico		
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 320.00
	Fallas en los contactores			
				4

	Resistencias desajustados				
Junio	Falla en la unidad de mantenimiento				3
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 320.00	
	Fallas en los contactores				
	Falla en los motores principales				
	Obstrucción de ventiladores				
Julio	Falla en la unidad de mantenimiento				3
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico	S/ 250.00		
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico	S/ 250.00		

	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 320.00	
	Fallas en los contactores				
	Resistencias desajustados				
Agosto	Falla en la unidad de mantenimiento				4
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 320.00	
	Fallas en los contactores				
	Desgaste de rodamientos	Rodamientos	S/ 150.00	S/ 270.00	
	Obstrucción de ventiladores				
Setiembre	Falla en la unidad de mantenimiento				2
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			

	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 320.00	
	Fallas en los contactores				
	Resistencias desajustados				
	Falla en reductor-cabezal giratorio	Retenes	S/ 80.00	S/ 270.00	
Octubre	Falla en la unidad de mantenimiento				3
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 270.00	
	Fallas en los contactores				
	Obstrucción de ventiladores				
	Lubricación en la caja reductora principal	Aceite mineral parafínico			
Noviembre	Falla en la unidad de mantenimiento				2
	Falla en la trotadora de corona				

	Tensión de faja			
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico		
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico	S/ 250.00	
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico		
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico		
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 320.00
	Fallas en los contactores			
	Resistencias desajustados			
	Lubricación de la caja de tiro	Aceite mineral parafínico		
Diciembre	Falla en la unidad de mantenimiento			
	Falla en la trotadora de corona			
	Tensión de faja			
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico		
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico		
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico		
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico		
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 320.00
	Fallas en los contactores			
				2

	Obstrucción de ventiladores				
	Desgaste de rodamientos	Rodamientos	S/ 150.00	S/ 270.00	
	Obstrucción de pistones neumáticos				
			S/2,570.00	S/5,140.00	35

EXTRUSORA 2:

MESES	TIPO DE FALLA	REPUESTOS UTILIZADOS	COSTOS DE REPUESTOS (S/)	COSTO DE MANTENIMIENTO TERCERIZADO (S/)	UNIDADES DEFECTUOSAS (MILLAR)
Enero	Falla en la unidad de mantenimiento				3
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico	S/ 250.00		
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 320.00	
	Fallas en los contactores				
	Resistencias desajustados				
Febrero	Falla en la unidad de mantenimiento				4
	Falla en la trotadora de corona				

	Tensión de faja			
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico		
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico		
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico		
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico		
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 320.00
	Fallas en los contactores			
	Obstrucción de ventiladores			
	Falla en reductor-cabezal giratorio	Retenes	S/ 80.00	S/ 320.00
Marzo	Falla en la unidad de mantenimiento			
	Falla en la trotadora de corona			
	Tensión de faja			
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico		
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico		
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico		
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico		
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 320.00
	Fallas en los contactores			
				2

	Resistencias desajustados				
	Lubricación de la caja de tiro	Aceite mineral parafínico			
Abril	Falla en la unidad de mantenimiento				3
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 320.00	
	Fallas en los contactores				
	Obstrucción de ventiladores				
	Desgaste de rodamientos	Rodamientos	S/ 150.00	S/ 270.00	
Mayo	Falla en la unidad de mantenimiento				2
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			

	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 320.00	
	Fallas en los contactores				
	Resistencias desajustados				
Junio	Falla en la unidad de mantenimiento				4
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 320.00	
	Fallas en los contactores				
	Falla en los motores principales				
Obstrucción de ventiladores					
Julio	Falla en la unidad de mantenimiento				5
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			

	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico	S/ 250.00		
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico	S/ 250.00		
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 320.00	
	Fallas en los contactores				
	Resistencias desajustados				
Agosto	Falla en la unidad de mantenimiento				3
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 320.00	
	Fallas en los contactores				
	Desgaste de rodamientos	Rodamientos	S/ 150.00	S/ 270.00	
	Obstrucción de ventiladores				
Setiembre	Falla en la unidad de mantenimiento				4
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				

	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 320.00	
	Fallas en los contactores				
	Resistencias desajustados				
	Falla en reductor-cabezal giratorio	Retenes	S/ 80.00	S/ 320.00	
Octubre	Falla en la unidad de mantenimiento				3
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 320.00	
	Fallas en los contactores				
	Obstrucción de ventiladores				

	Lubricación en la caja reductora principal	Aceite mineral parafínico			
Noviembre	Falla en la unidad de mantenimiento				4
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico	S/ 250.00		
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 320.00	
	Fallas en los contactores				
	Resistencias desajustados				
	Lubricación de la caja de tiro	Aceite mineral parafínico			
Diciembre	Falla en la unidad de mantenimiento				3
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			

	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 320.00	
	Fallas en los contactores				
	Obstrucción de ventiladores				
	Desgaste de rodamientos	Rodamientos	S/ 150.00	S/ 270.00	
	Obstrucción de pistones neumáticos				
			S/2,570.00	S/5,290.00	40

EXTRUSORA 3:

MESES	TIPO DE FALLA	REPUESTOS UTILIZADOS	COSTOS DE REPUESTOS (S/)	COSTO DE MANTENIMIENTO TERCERIZADO (S/)	UNIDADES DEFECTUOSAS (MILLAR)
Enero	Falla en la unidad de mantenimiento				3
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico	S/ 250.00		
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			

	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 270.00	
	Fallas en los contactores				
	Resistencias desajustados				
Febrero	Falla en la unidad de mantenimiento				4
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 270.00	
	Fallas en los contactores				
	Obstrucción de ventiladores				
	Falla en reductor-cabezal giratorio	Retenes	S/ 80.00	S/ 270.00	
Marzo	Falla en la unidad de mantenimiento				2
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			

	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 270.00	
	Fallas en los contactores				
	Resistencias desajustados				
	Lubricación de la caja de tiro	Aceite mineral parafínico			
Abril	Falla en la unidad de mantenimiento				3
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 270.00	
	Fallas en los contactores				
	Obstrucción de ventiladores				
	Desgaste de rodamientos	Rodamientos	S/ 150.00	S/ 320.00	
Mayo	Falla en la unidad de mantenimiento				2
	Falla en la trotadora de corona				

	Tensión de faja			
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico		
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico		
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico		
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico		
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 270.00
	Fallas en los contactores			
	Resistencias desajustados			
Junio	Falla en la unidad de mantenimiento			
	Falla en la trotadora de corona			
	Tensión de faja			
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico		
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico		
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico		
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico		
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 270.00
	Fallas en los contactores			
	Falla en los motores principales			
	Obstrucción de ventiladores			
				4

Julio	Falla en la unidad de mantenimiento				4
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico	S/ 250.00		
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico	S/ 250.00		
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 270.00	
	Fallas en los contactores				
	Resistencias desajustados				
Agosto	Falla en la unidad de mantenimiento				3
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 270.00	
	Fallas en los contactores				

	Desgaste de rodamientos	Rodamientos	S/ 150.00	S/ 320.00	
	Obstrucción de ventiladores				
Setiembre	Falla en la unidad de mantenimiento				4
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 270.00	
	Fallas en los contactores				
	Resistencias desajustados				
	Falla en reductor-cabezal giratorio	Retenes	S/ 80.00	S/ 270.00	
Octubre	Falla en la unidad de mantenimiento				5
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			

	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 270.00	
	Fallas en los contactores				
	Obstrucción de ventiladores				
	Lubricación en la caja reductora principal	Aceite mineral parafínico			
Noviembre	Falla en la unidad de mantenimiento				3
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				
	Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
	Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico	S/ 250.00		
	Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			
	Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			
	Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 270.00	
	Fallas en los contactores				
	Resistencias desajustados				
	Lubricación de la caja de tiro	Aceite mineral parafínico			
Diciembre	Falla en la unidad de mantenimiento				5
	Falla en la trotadora de corona				
	Tensión de faja				

Lubricación de chumaceras	Aceite mineral parafínico			
Fallas en los tornillos de regulación	Aceite mineral parafínico			
Fallas en la rueda dentada	Aceite mineral parafínico			
Desgaste rodillo banco tiro	Aceite mineral parafínico			
Cables eléctricos deteriorados	Cables eléctricos	S/ 80.00	S/ 270.00	
Fallas en los contactores				
Obstrucción de ventiladores				
Desgaste de rodamientos	Rodamientos	S/ 150.00	S/ 320.00	
Obstrucción de pistones neumáticos				
		S/2,570.00	S/4,740.00	42

FLEXOGRAFICA:

MESES	TIPO DE FALLA	REPUESTOS UTILIZADOS	COSTOS DE REPUESTOS (S/)	COSTO DE MANTENIMIENTO TERCERIZADO (S/)	UNIDADES DEFECTUOSAS (MILLAR)
Enero	Falla en la unidad de mantenimiento				5
	Falla en el compresor				
	Falla en las canetas				

	Falla en el embrague			S/ 200.00	
	Falla en las transmisiones externas	Aceite mineral parafínico	S/ 300.00		
	Falla en las bocinas de bronce	Aceite mineral parafínico			
Febrero	Falla en la unidad de mantenimiento				4
	Falla en el compresor				
	Falla en las canetas				
	Falla en el motor principal			S/ 300.00	
	Falla en las transmisiones externas	Aceite mineral parafínico			
	Falla en las bocinas de bronce	Aceite mineral parafínico			
Marzo	Falla en la unidad de mantenimiento				3
	Falla en el compresor				
	Falla en las canetas				
	Falla en las transmisiones externas	Aceite mineral parafínico			
	Falla en las bocinas de bronce	Aceite mineral parafínico			
Abril	Falla en la unidad de mantenimiento				4
	Falla en el compresor				
	Falla en las canetas				

	Falla en las transmisiones externas	Aceite mineral parafínico			
	Falla en las bocinas de bronce	Aceite mineral parafínico			
Mayo	Falla en la unidad de mantenimiento				3
	Falla en el compresor				
	Falla en las canetas				
	Falla en el embrague			S/ 200.00	
	Falla en las transmisiones externas	Aceite mineral parafínico			
	Falla en las bocinas de bronce	Aceite mineral parafínico			
Junio	Falla en la unidad de mantenimiento				4
	Falla en el compresor				
	Falla en las canetas				
	Falla en las transmisiones externas	Aceite mineral parafínico			
	Falla en las bocinas de bronce	Aceite mineral parafínico			
Julio	Falla en la unidad de mantenimiento				5
	Falla en el compresor				
	Falla en las canetas				
	Falla en las transmisiones externas	Aceite mineral parafínico	S/ 300.00		

	Falla en las bocinas de bronce	Aceite mineral parafínico			
Agosto	Falla en la unidad de mantenimiento				5
	Falla en el compresor				
	Falla en las canetas				
	Falla en el motor principal			S/ 300.00	
	Falla en las transmisiones externas	Aceite mineral parafínico			
	Falla en las bocinas de bronce	Aceite mineral parafínico			
Setiembre	Falla en la unidad de mantenimiento				4
	Falla en el compresor				
	Falla en las canetas				
	Falla en el embrague			S/ 200.00	
	Falla en las transmisiones externas	Aceite mineral parafínico			
	Falla en las bocinas de bronce	Aceite mineral parafínico			
Octubre	Falla en la unidad de mantenimiento				3
	Falla en el compresor				
	Falla en las canetas				
	Falla en las transmisiones externas	Aceite mineral parafínico			

	Falla en las bocinas de bronce	Aceite mineral parafínico			
Noviembre	Falla en la unidad de mantenimiento				4
	Falla en el compresor				
	Falla en las canetas				
	Falla en las transmisiones externas	Aceite mineral parafínico			
	Falla en las bocinas de bronce	Aceite mineral parafínico			
Diciembre	Falla en la unidad de mantenimiento				5
	Falla en el compresor				
	Falla en las canetas				
	Falla en las transmisiones externas	Aceite mineral parafínico			
	Falla en las bocinas de bronce	Aceite mineral parafínico			
			S/600.00	S/1,200.00	49

MEZCLADORA 1:

MESES	TIPO DE FALLA	REPUESTOS UTILIZADOS	COSTOS DE REPUESTOS (S/)	COSTO DE MANTENIMIENTO TERCERIZADO (S/)	UNIDADES DEFECTUOSAS (MILLAR)
Enero	Desgaste en la paleta cintas				5
	Falla en los rodamientos	Rodamientos	S/ 250.00	S/ 50.00	

Febrero	Desgaste en la paleta cintas	Aceite parafínico			3
	Falla en el troquel	Aceite parafínico			
Marzo	Desgaste en las piezas metálicas	Aceite parafínico	S/ 300.00		4
	Desgaste en la paleta cintas				
Abril	Desgaste en la paleta cintas				3
Mayo	Desgaste en la paleta cintas				2
Junio	Desgaste en la paleta cintas				4
Julio	Desgaste en la paleta cintas				4
Agosto	Desgaste en la paleta cintas				3
Setiembre	Desgaste en las piezas metálicas	Aceite parafínico			3
	Desgaste en la paleta cintas				
Octubre	Desgaste en la paleta cintas				2
Noviembre	Desgaste en la paleta cintas				4
	Falla en los retenes				
Diciembre	Desgaste en la paleta cintas				2
			S/550.00	S/50.00	39

MEZCLADORA 2:

MESES	TIPO DE FALLA	REPUESTOS UTILIZADOS	COSTOS DE REPUESTOS (S/)	COSTO DE MANTENIMIENTO TERCERIZADO (S/)	UNIDADES DEFECTUOSAS (MILLAR)
Enero	Desgaste en la paleta cintas				3
	Falla en los rodamientos	Rodamientos	S/ 250.00	S/ 50.00	
Febrero	Desgaste en la paleta cintas	Aceite parafínico			4
	Falla en el troquel	Aceite parafínico			
Marzo	Desgaste en las piezas metálicas	Aceite parafínico	S/ 300.00		2
	Desgaste en la paleta cintas				
Abril	Desgaste en la paleta cintas				4
Mayo	Desgaste en la paleta cintas				2
Junio	Desgaste en la paleta cintas				3
Julio	Desgaste en la paleta cintas				2
Agosto	Desgaste en la paleta cintas				2
Setiembre	Desgaste en las piezas metálicas	Aceite parafínico			3
	Desgaste en la paleta cintas				
Octubre	Desgaste en la paleta cintas				2
Noviembre	Desgaste en la paleta cintas				2
	Falla en los retenes				
Diciembre	Desgaste en la paleta cintas				3
			S/550.00	S/50.00	32

MOLINO:

MESES	TIPO DE FALLA	REPUESTOS UTILIZADOS	COSTOS DE REPUESTOS (S/)	COSTO DE MANTENIMIENTO TERCERIZADO (S/)	UNIDADES DEFECTUOSAS (MILLAR)
Enero	Falla en las cuchillas	Cuchillas	S/ 150.00	S/ 250.00	2
	Falla en el motor				
	Falla en las fajas				
Febrero	Falla en las cuchillas	Cuchillas	S/ 150.00	S/ 250.00	4
	Falla en el motor				
	Falla en las fajas				
	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 320.00	S/ 280.00	
Marzo	Falla en las cuchillas	Cuchillas	S/ 150.00	S/ 250.00	4
	Falla en el motor				
	Falla en las fajas				
Abril	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 320.00	S/ 280.00	3
	Falla en las cuchillas	Cuchillas	S/ 150.00	S/ 250.00	
	Falla en el motor				
	Falla en las fajas				
Mayo	Falla en las cuchillas	Cuchillas	S/ 150.00	S/ 250.00	4
	Falla en el motor				

	Falla en las fajas				
Junio	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 320.00	S/ 280.00	3
	Falla en el motor				
	Falla en las fajas				
	Falla en las cuchillas	Cuchillas	S/ 150.00	S/ 250.00	
Julio	Falla en las cuchillas	Cuchillas	S/ 150.00	S/ 250.00	4
	Falla en el motor				
	Falla en las fajas				
Agosto	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 320.00	S/ 280.00	3
	Falla en el motor				
	Falla en las cuchillas	Cuchillas	S/ 150.00	S/ 250.00	
	Falla en las fajas				
Setiembre	Falla en las cuchillas	Cuchillas	S/ 150.00	S/ 250.00	5
	Falla en el motor				
	Falla en las fajas				
Octubre	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 320.00	S/ 280.00	4
	Falla en el motor				
	Falla en las fajas				
	Falla en las cuchillas	Cuchillas	S/ 150.00	S/ 250.00	
Noviembre	Falla en las cuchillas	Cuchillas	S/ 150.00	S/ 250.00	3

	Falla en el motor				
	Falla en las fajas				
Diciembre	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 320.00	S/ 280.00	4
	Falla en el motor				
	Falla en las fajas				
	Falla en las cuchillas	Cuchillas	S/ 150.00	S/ 250.00	
			S/3,720.00	S/4,680.00	43

PALETEADORA:

MESES	TIPO DE FALLA	REPUESTOS UTILIZADOS	COSTOS DE REPUESTOS (S/)	COSTO DE MANTENIMIENTO TERCERIZADO (S/)	UNIDADES DEFECTUOSAS (MILLAR)
Enero	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 160.00	S/ 450.00	4
	Falla en el cable de aceleración				
	Falla en las fajas				
Febrero	Falla en los reductores				1
	Falla en la pastilla de frenos				
	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 160.00	S/ 450.00	
Marzo	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 160.00	S/ 450.00	3

Abril	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 160.00	S/ 450.00	4
	Falla en el disco de freno				
	Falla en las fajas				
Mayo	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 160.00	S/ 450.00	1
	Falla en la guía de corte				
	Falla en la pastilla de frenos				
Junio	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 160.00	S/ 450.00	4
	Falla en el cable de aceleración				
Julio	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 160.00	S/ 450.00	2
	Falla en las fajas				
Agosto	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 160.00	S/ 450.00	3
	Falla en el líquido de freno				
	Falla en la pastilla de frenos				
Setiembre	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 160.00	S/ 450.00	3
Octubre	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 160.00	S/ 450.00	3
	Falla en las fajas				
Noviembre	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 160.00	S/ 450.00	2
	Falla en la pastilla de frenos				
Diciembre	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 160.00	S/ 450.00	2
	Falla en el cable de aceleración				

S/1,920.00	S/5,400.00	32
------------	------------	----

PERFORADORA:

MESES	TIPO DE FALLA	REPUESTOS UTILIZADOS	COSTOS DE REPUESTOS (S/)	COSTO DE MANTENIMIENTO TERCERIZADO (S/)	UNIDADES DEFECTUOSAS (MILLAR)
Enero	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 260.00	S/ 290.00	3
	Problemas en la cadena				
	Falla en los controles de mando				
	Problemas con engrase				
Febrero	Falla en las chumaceras				5
	Problemas en la cadena				
	Falla en las catalinas				
	Falla en los controles de mando				
	Problemas con engrase	Chumaceras	S/ 260.00	S/ 290.00	
Marzo	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 260.00	S/ 290.00	3
	Problemas en la cadena				
	Fallas en el motoreductor				
	Falla en los controles de mando				

	Problemas con engrase				
Abril	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 260.00	S/ 290.00	5
	Problemas en la cadena				
	Falla en los controles de mando				
	Problemas con engrase				
Mayo	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 260.00	S/ 290.00	5
	Problemas en la cadena				
	Falla en los controles de mando				
	Falla en los controles de mando				
	Problemas con engrase				
Junio	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 260.00	S/ 290.00	4
	Problemas en la cadena				
	Fallas en el motoreductor				
	Falla en los controles de mando				
	Problemas con engrase				
Julio	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 260.00	S/ 290.00	4
	Problemas en la cadena				
	Falla en los controles de mando				
	Problemas con engrase				
Agosto	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 260.00	S/ 290.00	3
	Problemas en la cadena				
	Falla en los controles de mando				
	Falla en los controles de mando				

	Problemas con engrase				
Setiembre	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 260.00	S/ 290.00	5
	Problemas en la cadena				
	Fallas en el motoreductor				
	Falla en los controles de mando				
	Problemas con engrase				
Octubre	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 260.00	S/ 290.00	3
	Problemas en la cadena				
	Falla en los controles de mando				
	Problemas con engrase				
Noviembre	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 260.00	S/ 290.00	2
	Problemas en la cadena				
	Falla en los controles de mando				
	Falla en los controles de mando				
	Problemas con engrase				
Diciembre	Falla en las chumaceras	Chumaceras	S/ 260.00	S/ 290.00	4
	Fallas en el motoreductor				
	Problemas en la cadena				
	Falla en los controles de mando				
	Problemas con engrase				
			S/3,120.00	S/3,480.00	46

SELLADORA DE FONDO:

MESES	TIPO DE FALLA	REPUESTOS UTILIZADOS	COSTOS DE REPUESTOS (S/)	COSTO DE MANTENIMIENTO TERCERIZADO (S/)	UNIDADES DEFECTUOSAS (MILLAR)
Enero	Falla en las fajas transporte				4
	Falla en el triangulo de doblado				
	Falla en las chumaceras	Aceite parafínico	S/ 500.00		
	Falla en los carbones motor	Carbones de motor	S/ 250.00	S/ 230.00	
	Fallas en los ejes verticales(sello y cuchilla)	Aceite parafínico			
	Falla en la unidad de mantenimiento(aire)				
	Falla en la cinta de sello	Cinta de sello	S/ 650.00		
	Falla en la portafelpas				
	Falla en las felpas				
Febrero	Falla en las fajas transporte				1
	Falla en el triangulo de doblado				
	Falla en las chumaceras	Aceite parafínico			
	Falla en los carbones motor	Carbones de motor	S/ 250.00	S/ 230.00	
	Fallas en los ejes verticales(sello y cuchilla)	Aceite parafínico			

	Falla en la unidad de mantenimiento(aire)				
	Falla en la portafelpas				
	Falla en fajas V				
	Falla en componentes neumáticos				
	Falla en las felpas				
Marzo	Falla en las fajas transporte				3
	Falla en el triangulo de doblado				
	Falla en las chumaceras	Aceite parafínico			
	Falla en los carbones motor	Carbones de motor	S/ 250.00	S/ 230.00	
	Fallas en los ejes verticales(sello y cuchilla)	Aceite parafínico			
	Falla en la unidad de mantenimiento(aire)				
	Falla en la cinta de sello	Cinta de sello	S/ 650.00		
	Falla en la portafelpas				
	Falla en pistones neumáticos				
	Falla en las felpas				
Abril	Falla en las fajas transporte				4
	Falla en el triangulo de doblado				
	Falla en las chumaceras	Aceite parafínico			
	Falla en los carbones motor	Carbones de motor	S/ 250.00	S/ 230.00	
	Fallas en los ejes verticales(sello y cuchilla)	Aceite parafínico			

	Falla en la unidad de mantenimiento(aire)				
	Falla en la portafelpas				
	Falla en reguladores de longitud manuales				
	Falla en las felpas				
Mayo	Falla en las fajas transporte				1
	Falla en el triangulo de doblado				
	Falla en las chumaceras	Aceite parafínico			
	Falla en los carbones motor	Carbones de motor	S/ 250.00	S/ 230.00	
	Fallas en los ejes verticales(sello y cuchilla)	Aceite parafínico			
	Falla en la unidad de mantenimiento(aire)				
	Falla en la portafelpas				
	Falla en la cinta de sello	Cinta de sello	S/ 650.00		
	Falla en fajas V				
	Falla en las felpas				
Junio	Falla en las fajas transporte				4
	Falla en el triangulo de doblado				
	Falla en las chumaceras	Aceite parafínico			
	Falla en los carbones motor	Carbones de motor	S/ 250.00	S/ 230.00	
	Fallas en los ejes verticales(sello y cuchilla)	Aceite parafínico			
	Falla en la unidad de mantenimiento(aire)				

	Falla en la portafelpas				
	Falla en las felpas				
Julio	Falla en las fajas transporte				2
	Falla en el triangulo de doblado				
	Falla en las chumaceras	Aceite parafínico			
	Falla en los carbones motor	Carbones de motor	S/ 250.00	S/ 230.00	
	Fallas en los ejes verticales(sello y cuchilla)	Aceite parafínico			
	Falla en la unidad de mantenimiento(aire)				
	Falla en la portafelpas				
	Falla en la cinta de sello	Cinta de sello	S/ 650.00		
	Falla en las felpas				
	Agosto	Falla en las fajas transporte			
Falla en el triangulo de doblado					
Falla en las chumaceras		Aceite parafínico			
Falla en los carbones motor		Carbones de motor	S/ 250.00	S/ 230.00	
Fallas en los ejes verticales(sello y cuchilla)		Aceite parafínico			
Falla en la unidad de mantenimiento(aire)					
Falla en la portafelpas					
Falla en componentes neumáticos					
Falla en fajas V					
Falla en las felpas					

Setiembre	Falla en las fajas transporte				3
	Falla en el triangulo de doblado				
	Falla en las chumaceras	Aceite parafínico			
	Falla en los carbones motor	Carbones de motor	S/ 250.00	S/ 230.00	
	Fallas en los ejes verticales(sello y cuchilla)	Aceite parafínico			
	Falla en la unidad de mantenimiento(aire)				
	Falla en la cinta de sello	Cinta de sello	S/ 650.00		
	Falla en la portafelpas				
	Falla en pistones neumáticos				
	Falla en las felpas				
Octubre	Falla en las fajas transporte				3
	Falla en el triangulo de doblado				
	Falla en las chumaceras	Aceite parafínico			
	Falla en los carbones motor	Carbones de motor	S/ 250.00	S/ 230.00	
	Fallas en los ejes verticales(sello y cuchilla)	Aceite parafínico			
	Falla en la unidad de mantenimiento(aire)				
	Falla en la portafelpas				
	Falla en reguladores de longitud manuales				
Falla en las felpas					
Noviembre	Falla en las fajas transporte				2
	Falla en el triangulo de doblado				

	Falla en las chumaceras	Aceite parafínico	S/ 500.00		
	Falla en los carbones motor	Carbones de motor	S/ 250.00	S/ 230.00	
	Fallas en los ejes verticales(sello y cuchilla)	Aceite parafínico			
	Falla en la unidad de mantenimiento(aire)				
	Falla en la cinta de sello	Cinta de sello	S/ 650.00		
	Falla en la portafelpas				
	Falla en fajas V				
	Falla en las felpas				
Diciembre	Falla en las fajas transporte				2
	Falla en el triangulo de doblado				
	Falla en las chumaceras	Aceite parafínico			
	Falla en los carbones motor	Carbones de motor	S/ 250.00	S/ 230.00	
	Fallas en los ejes verticales(sello y cuchilla)	Aceite parafínico			
	Falla en la unidad de mantenimiento(aire)				
	Falla en la portafelpas				
	Falla en las felpas				
			S/7,900.00	S/2,760.00	32

SELLADORA LATERAL:

MESES	TIPO DE FALLA	REPUESTOS UTILIZADOS	COSTOS DE REPUESTOS (S/)	COSTO DE MANTENIMIENTO TERCERIZADO (S/)	UNIDADES DEFECTUOSAS (MILLAR)
Enero	Conexiones desajustadas			S/ 250.00	4
	Cuchillas desafiladas				
Febrero	Conexiones desajustadas			S/ 250.00	1
	Falla en las fajas	Fajas	S/ 180.00		
Marzo	Conexiones desajustadas			S/ 250.00	3
Abril	Conexiones desajustadas			S/ 250.00	4
	Falla en los pernos	Pernos de regulación	S/ 150.00		
Mayo	Conexiones desajustadas			S/ 250.00	1
Junio	Conexiones desajustadas			S/ 250.00	4
	Cuchillas desafiladas				
Julio	Conexiones desajustadas			S/ 250.00	2
Agosto	Conexiones desajustadas			S/ 250.00	3
	Falla en las fajas	Fajas	S/ 180.00		

Setiembre	Conexiones desajustadas			S/ 250.00	3
Octubre	Conexiones desajustadas			S/ 250.00	3
Noviembre	Conexiones desajustadas			S/ 250.00	2
	Cuchillas desafiladas				
Diciembre	Conexiones desajustadas			S/ 250.00	2
			S/510.00	S/3,000.00	32

ANEXO B: COTIZACIÓN DE LAS CAPACITACIONES



Lima, 26 de abril del 2021

Presente

Polisa SRL

La Victoria-Lambayeque

Se escribe esta presente con la finalidad de hacerle llegar nuestra propuesta económica de lo solicitado.

TEMAS	PÚBLICO	COSTO (S/)	OBJETIVO	DURACIÓN
Metodología RCM	3 personas	300.00	Conocer la importancia de la metodología basada en la confiabilidad y la finalidad con la que se implementa	2 horas
Guía de aplicación del RCM	3 personas	450.00	Conocer el proceso de aplicación de la metodología RCM, el cual está basada en una serie de etapas las cuales son necesarias para su implementación y buen funcionamiento	3 horas
Sistemas y fallas funcionales	3 personas	300.00	Identificar las fallas potenciales de los equipos, determinando si estas son funcionales las cuales impactarán negativamente en la producción.	2 horas
Análisis del árbol lógico	3 personas	150.00	Realizar el diagrama del árbol lógico de fallas de los equipos, determinando cuales podrían ser las causas potenciales.	1 horas
Implementación del RCM	3 personas	300.00	Conocer cuales son las pautas necesarias para realizar un plan de mantenimiento RCM, tomando en cuenta las herramientas del análisis de las fallas.	2 horas
		1,500.00		

Validez de la cotización: 20 días

El costo incluye el costo de transporte y de viáticos de los ponentes.

No incluye refrigerio y otros adicionales.

Atentamente,
 María Bernal Cruz
 Jefe comercial

Dominio www.polisa.com.pe	Teléfono 051 984 337 337	Código Postal 05000
-------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------

ANEXO C: FICHA DE VALIDACIÓN

FICHA DE VALIDACIÓN

En base a la investigación realizada en la empresa Polisa SRL, por la experiencia del uso de esta pieza se reunieron en el área de mantenimiento para validar la implementación del cambio de rodamiento simple de bolas 6017 y grasa de para temperatura de 120° C por la propuesta de rodamientos cónicos y grasa SKF Bearing Grease (LGHP 2/1 High Temperatura 150°C) que tiene mayor resistencia a la temperatura ya que esta pieza trabaja entre 180 a 220°C y así poder realizar el mantenimiento preventivo de manera anual y no correctivo semestral como se viene realizando.

Encargado de mantenimiento Polisa SRL:

Marino Iván Irigoín Vásquez


POLISA S.R.L.
Ivan Chávez Salazar
GERENTE ADJUNTO




Marino Iván Irigoín Vásquez
DNI: 47093056



Sánchez Pérez Joselito.

CIP: 152301