



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Implementación de mantenimiento preventivo centrado en la
confiabilidad para reducir los costos de los equipos del área de
máquina papelera**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Industrial**

AUTOR:

Asmad Ruiz, Rosa Elena (Orcid.org/0000-0002-7577-9413)

ASESOR:

Dr. Aranda Gonzales, Jorge Roger (Orcid.org/0000-0002-0307-5900)

Dr. Linares Luján, Guillermo Alberto (Orcid.org/0000-0003-3889-4831)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TRUJILLO – PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios:

Por bendecir mi vida, dándome salud y sabiduría y así seguir logrando mis objetivos.

A mi Esposo Jhonathan Sánchez:

Por ser unos de los pilares para continuar firme en mi carrera y vida profesional.

A mis Hijos Dariana y Anderson:

Por ser el motivo de mi aliento diario y fuerza para ser perseverante en esta vida.

A mi Madre Juana Ruiz:

Por su ejemplo de rectitud, trabajo y honestidad e inculcarme valores que se reflejan en mi vida diaria.

A mi Madre política Esperanza Baylon:

Por su apoyo en su dedicado tiempo asumiendo responsabilidades propias de mi persona.

Agradecimiento

Gracias al Ingeniero y gran amigo Mirko Flores por haber confiado en Mí y por su gran apoyo en mi desarrollo personal y profesional

Al ing. Jorge Aranda y Guillermo Linares por sus enseñanzas y por haber dedicado este tiempo en sus enseñanzas.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras	ix
Índice de anexos.....	xii
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
I. INTRODUCCIÓN	15
II. MARCO TEÓRICO	18
III. METODOLOGÍA.....	25
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	25
3.2. Variables y operacionalización	26
3.3. Población, muestra y muestreo	26
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	27
3.5. Procedimientos.....	28
3.6. Método de análisis de datos	29
3.7. Aspectos éticos.....	29
IV. RESULTADOS	31
V. DISCUSIÓN	139
VI. CONCLUSIONES.....	143
VII. RECOMENDACIONES	146
REFERENCIAS.....	148
ANEXOS	152

Índice de tablas

Tabla 1 - Actividades principales de la empresa.....	31
Tabla 2 - Datos generales de la empresa	31
Tabla 3 - Gastos Vs presupuestos de mantenimiento – Periodo 2020	45
Tabla 4 - Gastos Vs presupuestos de mantenimiento – Periodo 2021	46
Tabla 5 - Presupuesto de materiales y servicios vs presupuesto 2020	47
Tabla 6 - Presupuesto vs gastos de servicios 2020.....	48
Tabla 7 - Presupuesto Vs Gastos totales de mantenimiento Año 2021	50
Tabla 8 - Presupuesto de materiales y servicios vs presupuesto 2021	50
Tabla 9 - Presupuesto vs gastos de servicios 2021	52
Tabla 10 - Lista de equipos de la máquina papelera	53
Tabla 11 - Tiempo perdido de mantenimiento máquina papelera	55
Tabla 12 - Horas de tiempo perdido por equipo – Periodo 2021.....	56
Tabla 13 – Horas no producidas por tipo de mantenimiento - 2021.....	60
Tabla 14 - Personal encuestado	61
Tabla 15 - Planificación de mantenimiento preventivo	62
Tabla 16 – Eficiencia en la resolución de fallas	63
Tabla 17 - Falta de comunicación entre el personal de mantenimiento y operación. 64	
Tabla 18 - Repuestos necesarios para reparación de equipos	65
Tabla 19 – Herramientas e insumos	66
Tabla 20 - Implementación de procedimientos de trabajo	67
Tabla 21 - Implementación de la gestión de mantenimiento	68
Tabla 22 - Software de mantenimiento	69
Tabla 23 - Capacitación al personal de mantenimiento	70
Tabla 24 - Requerimiento de materiales	71
Tabla 25 - Análisis de encuestas.....	73
Tabla 26 - Nivel de prioridades - Alternativas Si o No.....	74
Tabla 27 – Rango de prioridades.....	75
Tabla 28 - Resultado de encuestas	75
Tabla 29 - Impacto de las encuestas	77

Tabla 30 - Herramientas de mejora	79
Tabla 31 - Frecuencia de falla.....	80
Tabla 32 - Impacto operacional	80
Tabla 33 - Flexibilidad.....	80
Tabla 34 - Tiempo promedio para reparar	81
Tabla 35 - Costo de mantenimiento	81
Tabla 36 - Impacto a la seguridad.....	81
Tabla 37 - Impacto ambiental.....	81
Tabla 38 - Análisis de criticidad	82
Tabla 39 - Criterios de evaluación	84
Tabla 40 - Lista de equipos con nivel de criticidad alta.....	88
Tabla 41 - AMEF (Análisis de Modo Efecto de Falla)	92
Tabla 42 - Evaluación NPR.....	94
Tabla 43 - Total de NPR y equipos según nivel de riesgo	95
Tabla 44 - MTBF y MTTR - Equipos año 2021 –Pre Test.....	97
Tabla 45 - Disponibilidad Equipos - Pre Test.....	98
Tabla 46 - Mantenibilidad - Pre Test	99
Tabla 47 - Fiabilidad - Pre Test.....	99
Tabla 48 - Valores de medición	100
Tabla 49 - Disponibilidad - Pre Test.....	101
Tabla 50 - Rendimiento - Pre Test.....	102
Tabla 51 - Calidad - Pre Test.....	103
Tabla 52 - Efectividad Total de los Equipos (OEE) - Pre Test	104
Tabla 53 - Producción planificada vs real periodo 2021	105
Tabla 54 - Diagnóstico de pérdidas de mantenimiento sin aplicar un plan de mantenimiento preventivo RCM	105
Tabla 55 - Diagnóstico de costos de mantenimiento por Tonelada de Papel - Pre Test	106
Tabla 56 - Gastos - Producción y Costo por tonelada de Papel - Pre Test.....	107
Tabla 57 - 5 S	108
Tabla 58 - Cronograma de capacitación - 2023.....	109

Tabla 59 - Diagrama de Flujo de Actividades - Mantenimiento Preventivo	110
Tabla 60 - Tiempo Perdido – Post Test	113
Tabla 61 - Tiempo Perdido Pre y Post Test	114
Tabla 62 - AMEF - Post Test.....	115
Tabla 63 - MTBF - Pre y Post Test.....	117
Tabla 64 - MTTR - Pre y Post Test.....	118
Tabla 65 - Disponibilidad Pre y Post Test	118
Tabla 66 - Mantenibilidad - Pre y Post Test	119
Tabla 67 - Fiabilidad Pre y Post Test.....	120
Tabla 68 - Disponibilidad Pre y Post Test	121
Tabla 69 - Rendimiento Pre y Post Test	122
Tabla 70 - Calidad Pre y Post Test	123
Tabla 71 - OEE Pre y Post Test	124
Tabla 72 - Gastos de mantenimiento Pre y Post Test.....	125
Tabla 73 - Gastos de materiales Pre y Post Test.....	126
Tabla 74 - Gastos de servicios Pre y Post Test	127
Tabla 75 - Cálculo de tiempos perdidos y costos	129
Tabla 76 - Diagnóstico de costos de venta de papel aplicando el plan de mantenimiento preventivo	130
Tabla 77 - Diagnóstico de gastos de mantenimiento aplicando el plan de mantenimiento preventivo	130
Tabla 78 - Inversión de Personal para realizar la implementación.....	131
Tabla 79 - Inversión en materiales y equipos.....	131
Tabla 80 - Software utilizados	131
Tabla 81 - Propuestas de inversión de capacitaciones.....	132
Tabla 82 - Propuestas de cursos de capacitación	132
Tabla 83 - Implementación de las 5 S´	133
Tabla 84 - Evaluación económica financiera.....	134
Tabla 85 - Re inversión y depreciación de equipos - Implementación	135
Tabla 86 - Re inversión y depreciación de equipos - 5 ´S.....	135
Tabla 87 - Indicadores económicos - VAN - TIR - PRI.....	137

Tabla 88 - Indicadores económicos Costo-Beneficio	137
Tabla 89 - Desarrollo Shapiro Wilks	138
Tabla 90 - Resultado de aceptación de hipótesis.....	138

Índice de figuras

Figura 5 - Proceso RCM	28
Figura 6 - Ubicación geográfica de la empresa	33
Figura 7 - Organigrama general	34
Figura 8 - Organigrama de unidad de empaques	35
Figura 9 - Principales clientes.....	36
Figura 10 - Producto Terminado.....	37
Figura 11 - Procedimiento para la implementación del Mantenimiento Preventivo Centrado en la Confiabilidad	38
Figura 12 - Refinador Jones	40
Figura 13 - Sistema de limpiadores	41
Figura 14 - Mesa de formación de la hoja	42
Figura 15 - Bobinado de papel	43
Figura 16 - Rebobinadora.....	43
Figura 17 - Mapa de procesos planta papelera	44
Figura 18 - Gastos vs presupuesto de mantenimiento – Periodo 2020.....	45
Figura 19 - Gastos Vs presupuestos de mantenimiento – Periodo 2021.....	46
Figura 20 - Presupuesto vs gastos de materiales 2020.....	48
Figura 21 - Presupuesto vs gastos de servicios 2020	49
Figura 22 - Presupuesto vs gastos de materiales 2021	51
Figura 23 - Presupuesto vs gastos de servicios 2021	52
Figura 24 - Tiempo perdido de mantenimiento máquina papelera	56
Figura 25 - Horas de Tiempo Perdido por equipo.....	59
Figura 26 - Horas no producidas por tipo de mantenimiento	60
Figura 27 - Planificación de mantenimiento preventivo	62
Figura 28 - Eficiencia en la resolución de fallas.....	63
Figura 29 - Falta de comunicación entre el personal de mantenimiento y operación	64
Figura 30 - Repuestos necesarios para reparación de equipos	65
Figura 31 - Herramientas de trabajo e insumos.....	66
Figura 32 - Implementación de procedimientos de trabajo	67

Figura 33 - Implementación de la gestión de mantenimiento	68
Figura 34 - Software de mantenimiento.....	69
Figura 35 - Capacitación al personal de mantenimiento.....	70
Figura 36 - Requerimiento de materiales	71
Figura 37 - Diagrama de Ishikawa Máquina Papelera.....	76
Figura 38 - Diagrama de Pareto	78
Figura 40 - Detalle de equipos según su criticidad	86
Figura 41 - % de equipos según criticidad.....	87
Figura 42 - Criterio de evaluación de severidad	89
Figura 43 - Criterio de evaluación de ocurrencia	90
Figura 44 - Criterio de evaluación de detección	91
Figura 45 - % Número Prioritario de Riesgo.....	95
Figura 46 - Indicadores de mantenimiento	96
Figura 47 - MTBF y MTTR - Equipos año 2021 –Pre Test	97
Figura 48 - Disponibilidad Equipos - Pre Test	98
Figura 49 - Mantenibilidad - Pre Test	99
Figura 50 - Fiabilidad - Pre Test.....	100
Figura 51 - Disponibilidad - Pre Test	101
Figura 52 - Rendimiento - Pre Test	102
Figura 53 - Calidad Pre Test.....	103
Figura 54 - Efectividad Total de los Equipos (OEE) - Pre Test.....	104
Figura 55 - Gastos - Producción y Costo por tonelada de Papel - Pre Test.....	108
Figura 56 - Tiempos Perdidos de Mantenimiento Actual – Post Test	114
Figura 57 - Tiempo Perdido Pre y Post Test.....	114
Figura 58 - MTBF - Pre y Post Test.....	117
Figura 59 - MTTR - Pre y Post Test.....	118
Figura 60 - Disponibilidad Pre y Post Test.....	119
Figura 61 - Mantenibilidad - Pre y Post Test.....	120
Figura 62 - Fiabilidad Pre y Post Test	121
Figura 63 - Disponibilidad Pre y Post Test.....	122
Figura 64 - Rendimiento Pre y Post Test.....	123

Figura 65 - Calidad - Pre y Post Test	124
Figura 66 - OEE Pre y Post Test	125
Figura 67 - Gastos de materiales Pre y Post Test	127
Figura 68 - Gastos de servicios Pre y Post Test.....	128

Índice de anexos

Anexo 1 - Matriz operacional	152
Anexo 2 - Encuesta	154
Anexo 3 - Formato de criticidad de equipos	156
Anexo 4 - Criterios de evaluación de criticidad.....	157
Anexo 5 - Formato de Análisis de Modo y Efecto de la Falla (AMEF)	158
Anexo 6 - Formato de tiempo perdido	159
Anexo 7 - Plan de Mantenimiento Preventivo.....	160
Anexo 8 - Formato de efectividad total de los equipos OEE.....	161
Anexo 9 - Formato MTBF – MTTR – Disponibilidad, Mantenibilidad y Fiabilidad ...	162
Anexo 10 - Ficha de registro de costos de mantenimiento	163
Anexo 11 - Ficha de registro de producción y gastos de mantenimiento	164
Anexo 12 - Check List – Equipos máquina papelera	165
Anexo 13 - Ficha técnica de equipos.....	166
Anexo 14 - Evaluación Financiera.....	167
Anexo 15 - Diagrama de flujo Máquina Papelera - 1° parte	168
Anexo 16 - Diagrama de flujo Máquina Papelera - 2° parte	169
Anexo 17 – Juicio de experto 01	170
Anexo 18 - Juicio de experto 02	171
Anexo 19 - Juicio de experto 03	172
Anexo 20 - Autorización de uso de información de la empresa.....	173
Anexo 21 - Carta a la Empresa	174
Anexo 22 - Resolución de consejo universitario.....	175
Anexo 23 - Identificador del trabajo de Turniting	176

RESUMEN

El presente trabajo de investigación que tiene como título la Implementación de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad para reducir los costos de los equipos del área de máquina papelera que se asocian a teorías de mantenimiento, que permiten tener un mejor enfoque de mejora en el área, empleando la investigación del tipo experimental, trabajando con una población o muestra de 52 equipos de la máquina papelera utilizando técnicas de encuesta para evaluar la condición actual del mantenimiento. Se realizó el análisis de criticidad de los equipos encontrando el 37% de equipos con nivel de criticidad alto, para elaborar el plan de mantenimiento preventivo se utilizó el análisis de modo efecto de falla AMEF considerando los equipos con mayor criticidad, esto permitió identificar las posibles averías y las acciones recomendadas para reducir el riesgo de parada no programada, fue necesario conocer los indicadores de mantenimiento que se tiene, para eso calculamos el Tiempo medio entre Fallas (MTBF) y el tiempo medio para reparar (MTTR) estas bases originaron que se tuviera un aumento de disponibilidad, mantenibilidad y fiabilidad así mismo fue se pudo conocer que hubo una disminución de gastos de mantenimiento y reducción de pérdidas por papel no producido. Esta propuesta se evaluó con indicadores financieros teniendo como resultado un VAN de S/. 2,382,942.84, TIR de 97.13% en un periodo de recuperación de 2.6 años

Palabras Clave: Mantenimiento RCM, Costos de mantenimiento, Análisis de modo efecto de falla, Mantenibilidad, Disponibilidad, confiabilidad, Productividad

ABSTRACT

The present research work whose title is the Implementation of preventive maintenance focused on reliability to reduce the costs of equipment in the paper machine area that are associated with maintenance theories, which allow a better approach to improvement in the area, using the investigation of the experimental type, working with a population or sample of 52 teams of the paper machine using survey techniques to evaluate the current condition of maintenance. The criticality analysis of the equipment was carried out, finding 37% of the equipment with a high level of criticality, to prepare the preventive maintenance plan, the FMEA failure mode effect analysis was obtained considering the equipment with the highest criticality, this allowed to identify the possible breakdowns and the recommended actions to reduce the risk of unscheduled stoppage, it was necessary to know the maintenance indicators that we have, for that we calculated the Mean Time Between Failures (MTBF) and the mean time to repair (MTTR) these bases originated that It had an increase in availability, maintainability and reliability, likewise it was possible to know that there was a decrease in maintenance expenses and a reduction in losses due to unproduced paper. This proposal was evaluated with financial indicators, resulting in a NPV of S/. 2,382,942.84, IRR of 97.13% in a recovery period of 2.6 years

Keywords: RCM maintenance, Maintenance costs, Failure mode effect analysis, Maintainability, Availability, reliability, Productivity

I. INTRODUCCIÓN

Según el departamento de estudios económicos de Scotiabank citado en (Industria de papel se recuperaría durante 2017- Scotiabank, 2017) menciona que “el sector industria del papel y cartón empezaría a crecer un promedio del 3% a partir del año 2017, esto es debido a la demanda continua de envases y embalajes que se asocian al desarrollo del sector agroexportador”. (Solucion Somos Impulso, 2021) indica que en el año 2020 el sector resistió una caída a causa del aumento de la demanda del comercio electrónico, pero tiene una proyección de recuperación en la producción mundial del papel en el año 2022, también indica que en el mundo la producción de papel ha aumentado aproximadamente en 415 millones de toneladas desde el año 2015. Sin embargo, en el año 2019 tuvo una caída de -1.8% en la fabricación del papel y en el año 2020 con una caída de -2.3% debido a las interrupciones de fabricación a causa del COVID-19.

(MINCETUR) informa que según la asociación de exportadores (ADEX) en el año 2020 en el Perú se alcanzó una cifra histórica en la exportación de papel con US\$ 5.69 millones, también nos dice que el valor FOB en el año 2020 aumentó en un 37.1% con respecto al año 2019. El incremento es debido a una demanda mayor que se tiene por parte del País de Costa Rica porque está implementando medidas para la eliminación del uso de plástico y aumentar el consumo de productos con envases fabricados con papel o cartón, e (Informática, 2022) nos dice que el PBI en el sector manufactura ha tenido diferentes comportamientos, en el rubro de la fabricación de papel y sus productos desde el año 2007 ha ido incrementando llegando a tener un precio de 3,224 millones de soles

Trupal S.A. es una empresa papelería que brinda soluciones de empaques, en la venta y fabricación de cajas de cartón corrugado. En la imagen 2 nos indica que Trupal en el año 2014 exportó 17,521.5 toneladas y el año 2015 exportó 10,760.5 toneladas siendo un promedio de 14,200 toneladas de papel y sus derivados. Todos los estudios apuntan que la mayor demanda en la venta de cartón vino del sector agroexportador. El crecimiento agroindustrial en el país se ha extendido cada día más, por lo cual la demanda de papel para convertir en cartón ha aumentado. Por tal motivo para tener una buena gestión de mantenimiento se requiere desarrollarlo a través de

alguna técnica que nos permita establecer medidas para lograr que se reduzca los costos de mantenimiento, perfeccionar la calidad del producto, reducir los tiempos perdidos ocasionados por mantenimiento y ampliar la vida útil de los equipos.

Para poder mantener una gestión de mantenimiento eficiente es necesario que sea desarrollado a través de alguna técnica que permita establecer medidas para reducir los costos de mantenimiento, minimizar los tiempos muertos, prolongación de la vida útil de los equipos. Todo esto es conlleva a tener incremento en la productividad en mantenimiento.

Para (CAMPOS LOPEZ, y otros, 2019), el mantenimiento RCM por sus siglas en inglés (Realiability Centred Maintenance) viene a ser una de las técnicas que nos permitirá realizar planes de mantenimiento para equipos industriales, asegurando la funcionalidad del equipo y generando satisfacción al cliente. “El RCM es una metodología que fue desarrollada entre los años 60 y 70 con el propósito de contribuir con las personas y así establecer políticas que permitan mejorar y aumentar las funciones de los activos físicos y en caso de alguna falla trabajar en sus consecuencias” (Reliabilityweb.com)

La empresa papelerera Trupal S.A. con más de 50 años de funcionamiento se encuentra en un mercado muy competitivo y es y es allí donde radica la importancia y la necesidad de implementar un plan de mantenimiento preventivo RCM en el área de máquina papelerera, ya que actualmente es ajena a este tipo de necesidad. Se ha realizado una evaluación de los gastos que se tiene por el mantenimiento correctivo del área de máquina papelerera, en el año 2020 el gasto fue S/. 5,177,578.45 de S/. 3,796,851.28 y el 2021 S/. 5,638,339.99 de S/. S/. 3,582,136.55, reflejándose en el tiempo perdido con un total de 600.9 horas en el 2021 producto de las fallas ocurridas en los equipos por falta de un mantenimiento preventivo.

Se hizo la formulación del problema de manera general planteándose mediante la siguiente pregunta: ¿De qué manera al proponer la implementación de un programa de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM) para la máquina papelerera reducirá los cotos de mantenimiento?, cómo objetivo de esta investigación es proponer un Plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad(RCM) para la máquina papelerera, y así minimizar los costos de mantenimiento y los específicos:

Determinar la causa raíz de los costos elevados de mantenimiento, Efectuar una planificación de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM) para la máquina papelera, Determinar cómo se reducirá los costos de mantenimiento al realizar un plan mantenimiento preventivo, Determinar de qué manera la propuesta reducirá los tiempos perdidos de mantenimiento, Determinar el análisis de costo-beneficio al implementarse el plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM)

Actualmente las empresas están enfocadas en disminuir costos y así ser competitivo en el mercado, pero siempre se debe mantener la calidad del producto, por tal motivo que el mantenimiento preventivo se debe incorporar actividades que aseguren un buen funcionamiento en los equipos y así garantizar una buena producción.

El mantenimiento preventivo RCM es relevante porque se basa en el requerimiento que tienen las empresas de que sus equipos realicen un trabajo eficiente asegurando su funcionalidad. Al no contar con un plan de este tipo de mantenimiento se presentan problemas en su diseño o desarrollo, estas pueden generar paradas no programadas que afecten a la integridad del colaborador o producto final defectuoso. Con esta investigación se justifica de acuerdo a los criterios de (CONSTANTINO QUINTANA, 2021) al proponer un plan de mantenimiento preventivo RCM disminuyeron sus costos de mantenimiento en un 29.6%, siendo el monto de S/ 7,4621.35, lograron reducir el tiempo de fallas en un 45% y al realizar su análisis de costo beneficio lograron un índice de 1,14 soles, siendo la propuesta viable económicamente. Por tal motivo para darle solución a este problema se planteó la implementación de la metodología del mantenimiento preventivo RCM y utilizar herramientas que permitan identificar las causas principales del problema y plantear una solución.

Las hipótesis de esta investigación son las siguientes: (Ho) Implementación del mantenimiento preventivo en base a la confiabilidad reduce los costos de mantenimiento. (Hi) Implementación del mantenimiento preventivo en base a la confiabilidad no reduce los costos de mantenimiento.

II. MARCO TEÓRICO

(DIAZ CONCEPCION, y otros, 2016) tiene como objetivo diseñar una herramienta tipo encuesta que permita saber si al implementar un sistema centrado en la confiabilidad es viable para la empresa de transmisión eléctrica, en sus 2 variables: 1) Es posible implementar un programa de mejora basado en RCM en las empresas de transmisión eléctrica. 2) La gerencia está preparada para su implementación. Para esto utilizaron la herramienta del tipo encuesta y para darle confiabilidad se utiliza el método de estimación de alfa Cronbach profundizando los puntos del cuestionario, además se utiliza el método Kendall que permite determinar que todos los entrevistados estén de acuerdo y por último utilizó el software minitab para procesar los datos. El resultado al aplicarse la encuesta de la variable 1 se tuvo el valor total mayor a 4, siendo declarado cómo bueno, para la variable 2 el resultado fue de 2.71 siendo declarado cómo malo porque la empresa no está preparada para realizar la implementación. Por otro lado, la confiabilidad del uso de del instrumento Cronbach arrojó un 92% de confiabilidad siendo declarado como confiable.

Para (CONSTANTINO QUINTANA, 2021) indica que su objetivo principal es asegurar que los equipos críticos funcionen correctamente, como primer punto se identificó que el equipo con gran cantidad de fallas es la flexográfica y se encontró que la mayoría de ellas surgía por los desgastes de las piezas, falta de lubricación y falta de limpieza ocasionando obstrucción y que al plantear la implementación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) pudieron reducir los costos de mantenimiento en 29.6%, con un monto inicial de 74,621.35 soles, la reducción de fallas en un 45% y al realizar el estudio de costo beneficio se logró obtener un índice de 1.14 soles siendo la propuesta viable económicamente.

(PARDO CHAVEZ, 2017) su objetivo principal el minimizar los costos de mantenimiento al implementarse un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para el tren de asfalto de la constructora Chamonte SAC. Se hizo un diagnóstico de fallas de los equipos de la empresa y se pudo identificar que entre los años 2014 y 2016 se tiene horas de tiempo perdido por problemas en los equipos que conforman el tren de asfalto cómo son: La esparcidora con 106.97 horas, rodillo liso

Dynapac con 104 horas y el rodillo neumático Dynapac CP224 con 162.24 horas. Para identificar cuáles son las causas que originan este tiempo perdido se hizo una investigación de modos de falla en donde se identificó que se tiene fallas en el radiador, el sistema de freno, sistema de dirección, sistema eléctrico, transmisión y sistema hidráulico. Para conocer y los puntos críticos se trabajó con la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) realizando un análisis de criticidad, se identificó los modos de falla y consecuencias y por último se selecciona las tareas de mantenimiento según el diagrama de decisión de RCM. Como resultado de la implementación de esta metodología los costos disminuyeron en un 30%, incrementó la disponibilidad y disminuyó los tiempos de falla.

(CAMPOS LOPEZ, y otros, 2019) desarrolló la metodología centrado en la confiabilidad (RCM) en el Tunel de Viento del Laboratorio de Ingeniería Térmica e Hidráulica Aplicada (LABINTHAP) proponiendo la determinación de los modos y causas de falla, encontrándose 30 modos de falla y 132 causas que originan estas fallas, con la categorización del número de prioridad de riesgo se identificaron rápidamente los efectos críticos y elaboraron el plan de mantenimiento preventivo y recomendaron establecer bitácoras de operación y mantenimiento, motivar a los usuarios en el cuidado de los equipos y mejorar las condiciones de seguridad colocando letreros o señalizaciones que los motiven. Todo este análisis estructurado proporciona una visión eficaz y clara pudiendo identificar rápidamente las fallas más importantes.

(ROJAS FERNANDEZ, 2019) esta empresa sólo cuenta con la aplicación del mantenimiento correctivo atendiendo los problemas cuando los equipos presentan falla, para atender todos estos trabajos correctivos realiza una inversión anual de 120,000.00 soles, de allí nace la necesidad de diseñar e implementar una metodología que permita cumplir el objetivo propuesto, para desarrollar este proceso se inicia en la obtención de la información del historial de fallas, realizando un análisis de criticidad de equipos, cálculo de los indicadores de mantenimiento y desarrollando los planes de mantenimiento preventivo. Al realizar todo el procedimiento como resultado se observó en la mejora de la disponibilidad de los equipos de 82,27% a 90.35%, la confiabilidad de las máquinas aumentó de 93.32% a 96.6%, aumento la productividad de 331500

kg a 414630kg siendo un porcentaje del 25% teniendo una ganancia de 24,6397.24 soles y los costos de mantenimiento redujeron en un promedio de 5,1034.40 soles.

Con la finalidad de profundizar en las variables de estudio se obtuvo información en donde (VARGAS YOVERA, 2018) tiene como objetivo implementar un sistema de gestión de mantenimiento para reducir los costos de la empresa Aldodiego & Co. S.R.L., 2018. haciendo un diagnóstico a la empresa donde se pudo encontrar que esta tiene implementado un sistema de gestión de mantenimiento preventivo, originando gastos elevados de mantenimiento, baja productividad, baja calidad de productos, nivel de eficiencia baja, presupuesto de mantenimiento alterado para adquirir equipos que no tenían solución en su intervención y cómo resultado se tenía una rentabilidad baja, para dar solución a estos problemas se desarrollaron estrategias de mantenimiento con el análisis de criticidad, indicadores de mantenimiento, análisis modo de fallo y efectos potenciales (AMEF). Al implementar la gestión de mantenimiento se pudieron bajar los costos de mantenimiento de 7126 soles a 2115 soles teniendo un ahorro de 29.68%, aumentó la disponibilidad de su maquinaria de 98.33% a 99.43%, su confiabilidad aumentó de 73.15% a un 82.30%, la mantenibilidad incrementó de 42.43% a 76.44% y en el impacto financiero el indicador VAN de 964291.97 soles y un TIR de 54% mayor al ROE indicando que esta propuesta es rentable.

Cómo aporte a esta investigación se revisará las teorías de las variables que permitirán tener un mejor y amplio conocimiento, tal y cómo nos indica (CONSTANTINO QUINTANA, 2021) donde nos manifiesta que el concepto del mantenimiento a lo largo del tiempo ha tomado gran importancia, debido a que en sus inicios no se daban cuenta del rol fundamental que desempeñaba en el proceso productivo y como beneficio el resultado que tenía en la productividad de la empresa, ejecutando diversas actividades a un equipo y en un tiempo determinado esta no afecte al proceso o falla en el mismo equipo. Para (GARCIA GARRIDO, 2003), también indica que son técnicas utilizadas en las instalaciones y equipos para que su funcionamiento sea continuo con rendimiento máximo y siempre buscando alta disponibilidad.

En los aportes que nos brinda (CONSTANTINO QUINTANA, 2021), concluye que en el mantenimiento preventivo realizan actividades planificadas antes que ocurra

una falla y para ejecutarla se debe trabajar con 2 fuentes Fuente interna: Se componen información histórica de fallas de los equipos y las diferentes causales. Fuente externa: Son las recomendaciones que realizan los proveedores y especialistas de los equipos, (REYES GAMBOA, 2017) indica que es el conjunto de actividades realizadas que permiten prevenir y detectar a tiempo las averías o deterioro del equipo que pueden ocasionar interrupciones en la producción, también se dice que es la conservación de las maquinarias y equipos con el propósito de maximizar su disponibilidad. Así mismo (VARGAS YOVERA, 2018) nos dice que es la planificación cíclica de las tareas de mantenimiento de los equipos teniendo como finalidad evitar las paradas, reducir las emergencias e incrementar el tiempo de operatividad.

Así mismo el mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM es una metodología muy eficaz, tal y como lo indica (DIAZ CONCEPCION, y otros, 2016) que viene a ser una metodología de análisis, útil para el desarrollo de un plan de mantenimiento eficiente y estructurado. (CONSTANTINO QUINTANA, 2021) revela que el RCM está centrado entre la organización y todos sus elementos físicos que deben filtrarse por un proceso de revisión del RCM, para esto se hace preguntas por cada elemento elegido: ¿Cuáles son las funciones?, ¿De qué manera puede fallar?, ¿Qué sucede cuando falla?, ¿Qué pasaría si falla?, ¿Qué se podría hacer para prevenir la falla?, ¿Qué sucedería si no se pudiera prevenir la falla?

En los aportes de (Martinez Lugo, 2004) sobre el Análisis de Modo Efecto de Falla (AMEF) señala que es una técnica de análisis profundo que tiene por finalidad la identificación y evaluación de las fallas potenciales existentes, sus causas y efectos para corregir o prevenir antes que estas ocurran. Esta metodología permite determinar la severidad, recurrencia y la capacidad que se tiene para ser detectado por los controles establecidos para dicha falla, con esto se logrará realizar planes de acción que nos permitan corregir las fallas actuales y prevenir las potenciales a lo que está expuesto el producto o proceso, para esto es necesario el análisis de criticidad de los equipos porque es un método de estudio que permite identificar mediante una lista de ponderación de las áreas más importantes de la cual se requiera mejorar la confiabilidad, conocer cuáles son las máquinas que se encuentran en un nivel de criticidad tomando en consideración 3 categorías: Crítico, semi crítico y no crítico, que

puede servir de ayuda para la toma de decisiones de la empresa, poniendo énfasis en la atención a los equipos con mayor criticidad ya que son los que suman valor y aumentan la rentabilidad. Para comprobar el equipo es crítico se emplea un criterio de determinación que convierta las características cualitativas (Las fallas más frecuentes, el impacto y flexibilidad en las operaciones, costo de mantenimiento e impacto que tiene en la seguridad y medio ambiente), a un valor numérico, esto permitirá clasificar objetivamente a los equipos dentro del sistema (VARGAS YOVERA, 2018). Como siguiente punto se tiene que medir la calidad de las operaciones de mantenimiento utilizando indicadores siendo muy esenciales para la industria cómo es el tiempo medio entre fallas (MTBF) que para (VARGAS YOVERA, 2018) viene a ser el tiempo de operación de la máquina entre el número de fallas, representada por la siguiente fórmula:

$$MTBF = \frac{\sum_f TBF}{n} = \frac{Tpo. de operación}{N^{\circ} Fallas}$$

Así mismo también nos indica que el tiempo medio de reparación (MTTR) es el tiempo muerto de reparación entre el número de fallas, representada por la fórmula siguiente:

$$MTTR = \frac{\sum_0^n TTRi}{n} = \frac{Tpo. muerto de reparación}{N^{\circ} Fallas}$$

La confiabilidad para (CONSTANTINO QUINTANA, 2021) es la probabilidad que se tiene que la máquina no falle, realizando su desempeño satisfactoriamente, estableciéndose mediante la siguiente fórmula:

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

La probabilidad de que una máquina sea reparada en un determinado tiempo y con un presupuesto ya programado es la mantenibilidad, expresándose en tiempo, costos y frecuencia (VARGAS YOVERA, 2018) expresando la siguiente formulación:

$$\text{Mantenibilidad} = \frac{1}{MTTR}$$

(CONSTANTINO QUINTANA, 2021) indica que la disponibilidad es la división del tiempo medio entre fallas entre la suma del mismo más el tiempo medio para representando fórmula es la siguiente:

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

El tiempo total de reparación (TTO) para (CONSTANTINO QUINTANA, 2021) está determinado en el tiempo programado para producir menos el tiempo de falla, formulándose de la siguiente manera:

$$\textbf{T. Total de Operación = T. programado para producir – Tiempo de fallas}$$

En la variable dependiente (CONSTANTINO QUINTANA, 2021) explica que el costo de mantenimiento es el valor económico que se tiene por conservar los equipos en operación. (MURILLO) nos dice que el costo de mantenimiento es lo que se tiene que pagar por las acciones que se realizan para poder conservar o realizar la reparación de un bien teniendo como resultado el estado predefinido. (VARGAS YOVERA, 2018) es lo que tiene que pagarse por la reparación que se realiza a algún activo físico, agrupándose en dos niveles: La primera se relaciona directamente por los trabajos que se desarrollan en el mantenimiento y los costos por las fallas ocurridas en los equipos afectando directamente a la producción. Así mismo también es agrupada en cuatro tipos: El Costo fijo (VARGAS YOVERA, 2018), informa que está vinculada con los gastos que se tiene para la reparación de los equipos y la mano de obra de manera predictiva convirtiéndose en una inversión programada, este costo no está involucrada directamente con la producción y las ventas cómo ejemplo tenemos a la mano de obra directa, los seguros, el alquiler. Para (CORNELIO HILAZO, 2018) son aquellos que en un tiempo determinado estos permanecen constantes sin importar la cantidad de

producción que se tenga. Costo variable (CORNELIO HILAZO, 2018) estos costos se pueden modificar de acuerdo al volumen de producción. (MURILLO) se considera el gasto que se tendrá que pagar en la mano de obra y los materiales que se utilizarán en el mantenimiento correctivo. Costo financiero: (MURILLO) señala que deben ser los repuestos que se tiene en almacén, así como también las amortizaciones de las máquinas que se tiene duplicadas para asegurar la continuidad de la operación. Costo de fallo: (CONSTANTINO QUINTANA, 2021) es el valor económico que deja de percibir la empresa por causas que se relacionan directamente con el mantenimiento de los equipos productivos (Costos ocasionados por la paralización de la producción por alguna falla, debido al no cumplimiento de los estándares de calidad ocasionadas por un equipo, por pérdidas energéticas y por tener sanciones ambientales. Coste Integral: (VARGAS YOVERA, 2018) es la sumatoria de los costos mencionados en este párrafo. Con esta información se obtiene un análisis general del sistema de mantenimiento, que permite conocer el gasto y también los beneficios que se obtendría a realizar esta inversión, También el mantenimiento trabaja con otros tipos de costos: Costos directos: Son los que se miden en forma directas sin ser asignada a una actividad productiva o trabajo específico. Para (VARGAS YOVERA, 2018) “se relaciona directamente con el progreso de la empresa predominando el tiempo que requieren los equipos y/o máquinas para ser atendidos, estos costos son de acuerdo a la cantidad de inspecciones o revisiones del activo físico. Los Costos indirectos, no están relacionados directamente a una actividad productiva o laboral, cómo pueden ser los servicios, inspecciones, herramientas, etc. pero las actividades que se deben realizar son primordiales para alcanzar los objetivos de la empresa, actualmente por los nuevos sistemas de automatización los costos directos de fabricación se han reducido considerablemente, porque al personal que se necesita para realizar dichas actividades son personas que se encuentran especializadas en temas específicos. Costos generales, Son los gastos necesarios y requeridos para que una empresa funcione, y no se imputan directamente a una actividad o un servicio específico de la empresa, para (VARGAS YOVERA, 2018) la empresa ejecuta estos costos con el fin de asistir a las áreas que no son tan productivas.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

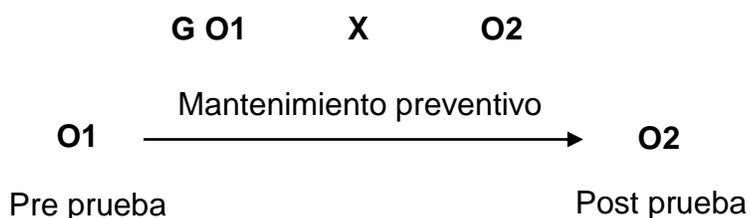
Tipo y nivel investigación

Esta investigación es del tipo aplicada porque pretende buscar soluciones a través conocimientos teóricos. Para (SANCHEZ CARLESSI, y otros, 2018) También se conoce cómo investigación pragmática, utilitaria o científica aplicada porque aprovecha de los conocimientos obtenidos de una investigación teórica para dar una solución inmediata a los problemas.

El nivel de esta investigación es descriptivo porque observa y describe las variables de registro, análisis, interpretación y más. Esta puede ser cuantitativa o cualitativa, también está referido al tipo de pregunta que se utilizará para el diseño y análisis de investigación, respondiendo a las siguientes preguntas: ¿Quién?, ¿Qué?, ¿Cuándo?, ¿Dónde? Y ¿Cómo? Para (ABREU, 2012) consiste en recopilar información que describan los acontecimientos para luego organizar, tabular, representar y describir los datos recopilados.

Diseño de investigación

Este tipo de diseño es pre experimental – explicativo porque maneja a la variable dependiente a través de la implementación del sistema de gestión de mantenimiento preventivo con el fin de medir el impacto, a través de una pre y post prueba.



Donde:

G: Grupo o muestra

O1, O2: Costos de mantenimiento

X: Mantenimiento preventivo

3.2. Variables y operacionalización

Variable Independiente: Mantenimiento preventivo

Para (GARCIA GARRIDO, 2003) Tiene como misión conservar un nivel de trabajo de los equipos adecuado realizando los trabajos programados en el tiempo establecido y realizando las correcciones oportunamente.

Variable Dependiente: Costos de mantenimiento

Para (MARUEZ DONAYRE, 2016), es el precio que se paga porque relaciona directamente al grupo de actividades que se realizan para una reparación, o conservación de un equipo o bien.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población:

Para (GOMEZ, y otros, 2016), Es un conjunto de elementos o personas de las que en una investigación se quiere conocer algo y estas forman parte de la elección para la muestra, cuando hablamos de población no sólo se refiere a seres humanos, estas pueden ser objetos, animales, familias, organizaciones, etc.

Para este estudio de investigación la población está constituida por todos los equipos de la máquina papelera.

Muestra:

Es una parte que representa a la población, considerando sus mismas características. Para (LOPEZ ROLDAN , y otros, 2015) estas son sometidas a observaciones científicas que tienen como objetivo tener resultados admitidos para el universo o población investigada.

En este proyecto el tamaño de la muestra de investigación está constituida por 59 equipos de máquina papelera.

Muestreo:

Para (OTZEN , y otros, 2017), su objetivo estudiar y conocer las relaciones que tiene en una variable determinada “y” en una población “z” y la distribución de la variable y en la muestra de estudio.

Unidad de análisis:

Una empresa industrial dedicada a la fabricación de papel para la fabricación de cajas de cartón de la ciudad de Trujillo.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**Técnicas de recolección e instrumentos de recolección de datos**

Para definir cuál es actualmente la situación del mantenimiento se va a emplear cómo técnica la encuesta, utilizando el instrumento de medición el cuestionario. Esta encuesta será aplicada a los trabajadores y jefes del área de mantenimiento de la máquina papelera y así saber cuánto están informados sobre el estado de los equipos, si se encuentran capacitados, si tienen las herramientas adecuadas para atender los trabajos y si el personal está calificado para ejecutar un buen mantenimiento (Ver Anexo 2)

Para identificar las máquinas que son críticas en este proceso se realizará mediante la ejecución del análisis de criticidad que se encuentra ubicada en el anexo 3, esto permitirá tener una clasificación de los sistemas según su estado que permitan tomar decisiones correctas.

Para elaborar el plan de mantenimiento preventivo utilizaremos un formato propuesto (Anexo 8)

Para el análisis de tiempo perdido y de frecuencia de fallas de los equipos se utilizará la ficha de registro para el análisis de modos y efectos de fallas potenciales (AMEF), que tiene por finalidad identificar todas las averías posibles (Anexos 5 y 7)

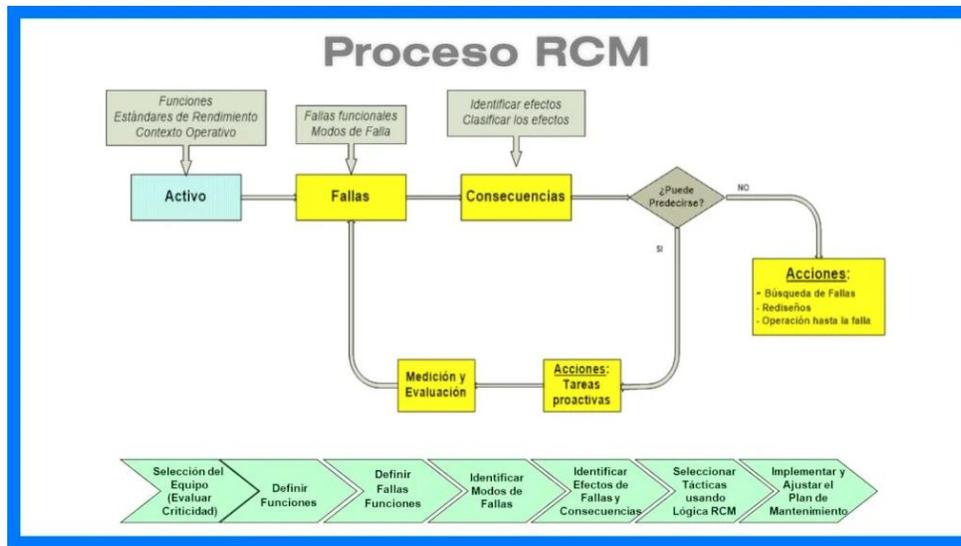
Para el análisis del rendimiento, confiabilidad, disponibilidad de los equipos de la máquina se utilizará la técnica de ficha de registro numérico de KPI's (Anexos 9 y 10)

Al utilizar la técnica de análisis documental de la ficha de registros de los costos de mantenimiento del área de la máquina papelera se van a elaborar cuadros estadísticos que nos permitan medir los costos de mantenimiento, dicha técnica se encuentra ubicada en el anexo 6.

3.5. Procedimientos

Se debe identificar los problemas potenciales y sus posibles efectos, utilizaremos el análisis modos de fallo y efectos potenciales (AMEF), porque me permitirá identificar todos los componentes, identificar los modos de falla, las fallas potenciales y sus causas, determinar la frecuencia, realizar un análisis de la confiabilidad del sistema; y determinar acciones que eliminen o reduzcan la ocurrencia de la falla. Todo esto permitirá desarrollar un buen plan de mantenimiento e implantar un control de prevención. Luego se identificará la criticidad de los equipos mediante el análisis de criticidad, esto permitirá jerarquizar los sistemas y tomar decisiones oportunas. Se identificará el tiempo de inoperatividad del equipo por causa de una falla de mantenimiento (TMRP), el tiempo medio hasta la falla (MTTF), la confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad. Luego esta debe ser registrada y realizar la implementación de un plan de mantenimiento preventivo. Para verificar si es viable lanzar la propuesta se realizará una comparación de los costos de mantenimiento, tiempos perdidos y verificar si se tiene un beneficio en la máquina papelera.

Figura 1 - Proceso RCM



Fuente: (MENDIZABAL)

3.6. Método de análisis de datos

Conocido también como análisis explicativo, porque va a explicar los resultados obtenidos a través de métodos estadísticos desde un análisis del proceso de mantenimiento y su causa raíz, para luego realizar la tabulación de la información en las tablas de frecuencia, y así representarlos mediante gráficos de barras, de tendencia en donde se desarrollaron a través de Excel 2019.

3.7. Aspectos éticos

Los datos obtenidos y la información obtenida en esta investigación fueron recopiladas con el permiso de la empresa. De igual forma, se ha tomado en cuenta la privacidad de los que participan en la encuesta, así como de los resultados.

Cabe indicar que en esta investigación se respeta los derechos de autores al mencionar en la lista de referencias los nombre y la ubicación de los estudios realizados en años anteriores; dichas fuentes fueron organizadas por la norma ISO 690.

Finalmente, se hace referencia que el presente proyecto de investigación se llevó a cabo en base a los parámetros de investigación brindados por la

Universidad a través de una resolución académica según el oficio N° 0275/2020-VI-UCV; plasmado por el Vicerrector de investigación. Se establece el cumplimiento de un código de ética en investigación actualizada por el centro de estudios, en el cual se establece que se debe cumplir los estándares académicos de investigación más altos de rigor, honestidad y responsabilidad (Anexo 22).

Cabe mencionar que en el artículo 15 de conductas no éticas; donde se aborda la política anti plagio se explica que es un delito transferir la investigación de otra persona como propia. Es por ello, que este proyecto de investigación cuenta con el informe Turniting software ubicado en el anexo 23, en el que se precisa el porcentaje 16% de similitud de la investigación realizada con otros estudios realizado en diferentes años.

IV. RESULTADOS

Cómo una breve reseña histórica de la empresa, se ha resumido lo siguiente: El 27 de noviembre de los años 60 la empresa inicia sus operaciones dedicándose a la fabricación de papeles a partir de bagazo de caña de azúcar aprovechando el excedente de la industria azucarera del valle Chicama para fabricar papel para embalaje cómo es el corrugado medio, test liner y extensible y así realizar la producción de cajas corrugadas y envases para el mercado azucarero y cementero. En 1970 es expropiada por el gobierno peruano, en 1997 MPC del Perú adquiere Trupal vía privatización y en junio del 2006 el grupo Gloria S.A. adquiere las acciones de Trupal S.A. convirtiéndose en nuevo dueño hasta la actualidad. (Trupal S.A., 2019).

La empresa está integrada por 5 plantas alrededor de Perú, de las cuales 2 están dedicadas a la fabricación de papel ubicadas en Lima y Trujillo, 2 plantas dedicadas a la fabricación de cajas situadas en Lima y Sullana y 1 planta de fabricación de empaques y flexibles.

Actualmente Trupal está constituida por tres líneas de producción:

Tabla 1 - Actividades principales de la empresa

N°	Línea	Actividades principales
1	Línea de flexibles	Extrusión de plásticos y termo contraíbles Fabricación de etiquetas, bolsas y laminados
2	Línea de papeles	Fabricación de papel para la fabricación de cajas para alimentos, bolsas de papel, tucos y esquineros
3	Línea de cajas y convertidos	Fabricación de cajas de cartón corrugado, cajas plegadizas, esquineros, tucos

Fuente: (García Quin, 2014, pág. 21)

Tabla 2 - Datos generales de la empresa

RUC	20418453177
Razón social	TRUPAL S.A.
Tipo de empresa	Sociedad Anónima

Condición	Activo
Actividad comercial	Fabricación de papel y cartón
Dirección comercial / Domicilio Fiscal	AV. Evitamiento 3636 El Agustino - Lima / Carretera Malca S/N
Distrito	Santiago de Cao
Provincia	Ascope
Departamento	La Libertad

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al sector y actividad económica de la empresa, está categorizado dentro del sector de manufactura en la industria de papel, impresión y reproducción de grabaciones, teniendo como principal actividad económica la fabricación de papel para las cajas de cartón, tucos, esquineros y la elaboración de empaques flexibles.

En base al perfil organizacional, se hace mención a la visión y misión de la empresa:

Visión:

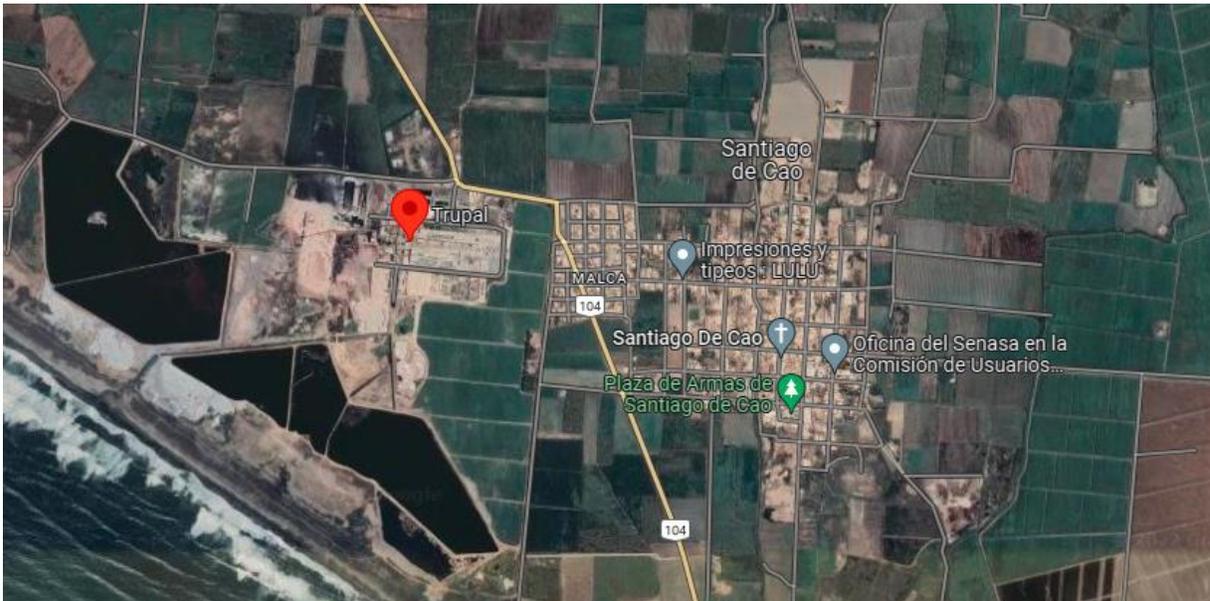
Ser reconocidos en el mundo cómo el principal aliado estratégico en soluciones innovadoras y sostenibles de empaques para todos nuestros clientes y usuarios, alcanzando el liderazgo en los mercados que operamos y buscando la satisfacción de nuestros stakeholders (Trupal S.A., 2019).

Misión:

Brindar un servicio extraordinario e innovador a nuestros clientes, en soluciones de empaque, creando valor para nuestros stakeholders (Trupal S.A., 2019).

Está ubicada en carretera Malca S/N en el distrito de Santiago de Cao, provincia de Ascope, departamento de La Libertad figura 6.

Figura 2 - Ubicación geográfica de la empresa



Fuente: Google Maps

La empresa tiene cómo estructura organizacional tal y cómo se observa en la imagen 7, ubicada dentro de la gerencia de negocio papeles, y en la imagen 8 es el organigrama de planta, en donde el área de mantenimiento está liderada por el jefe de mantenimiento.

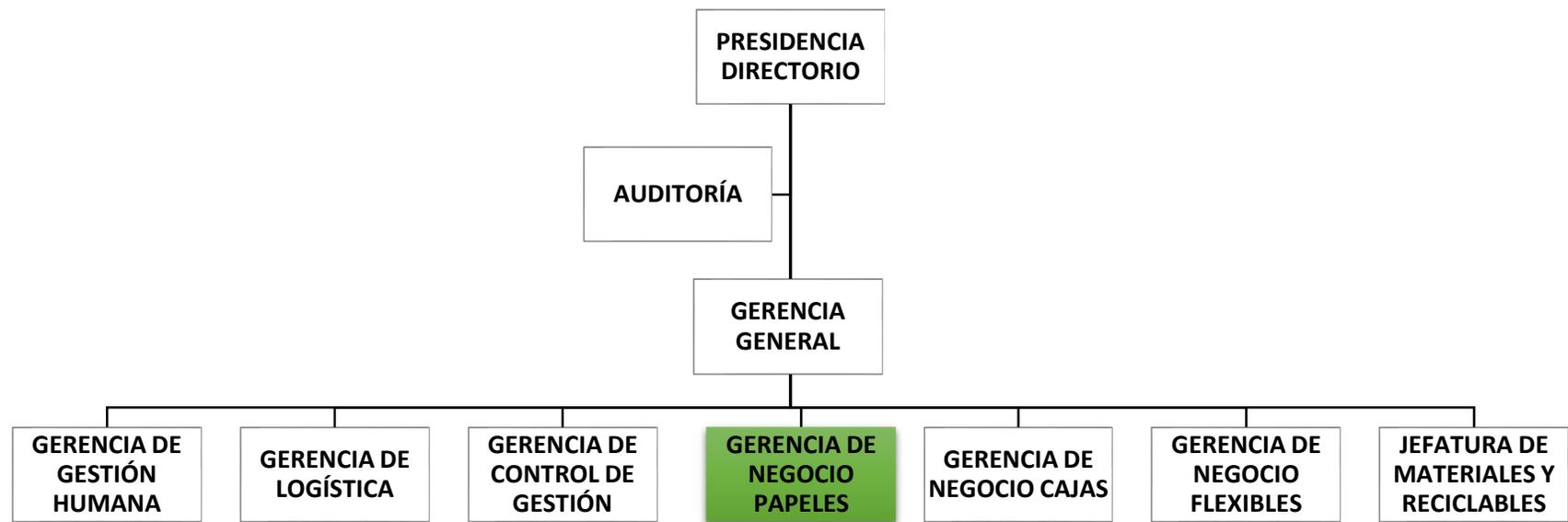


Figura 3 - Organigrama general

Fuente: Empresa Papelera

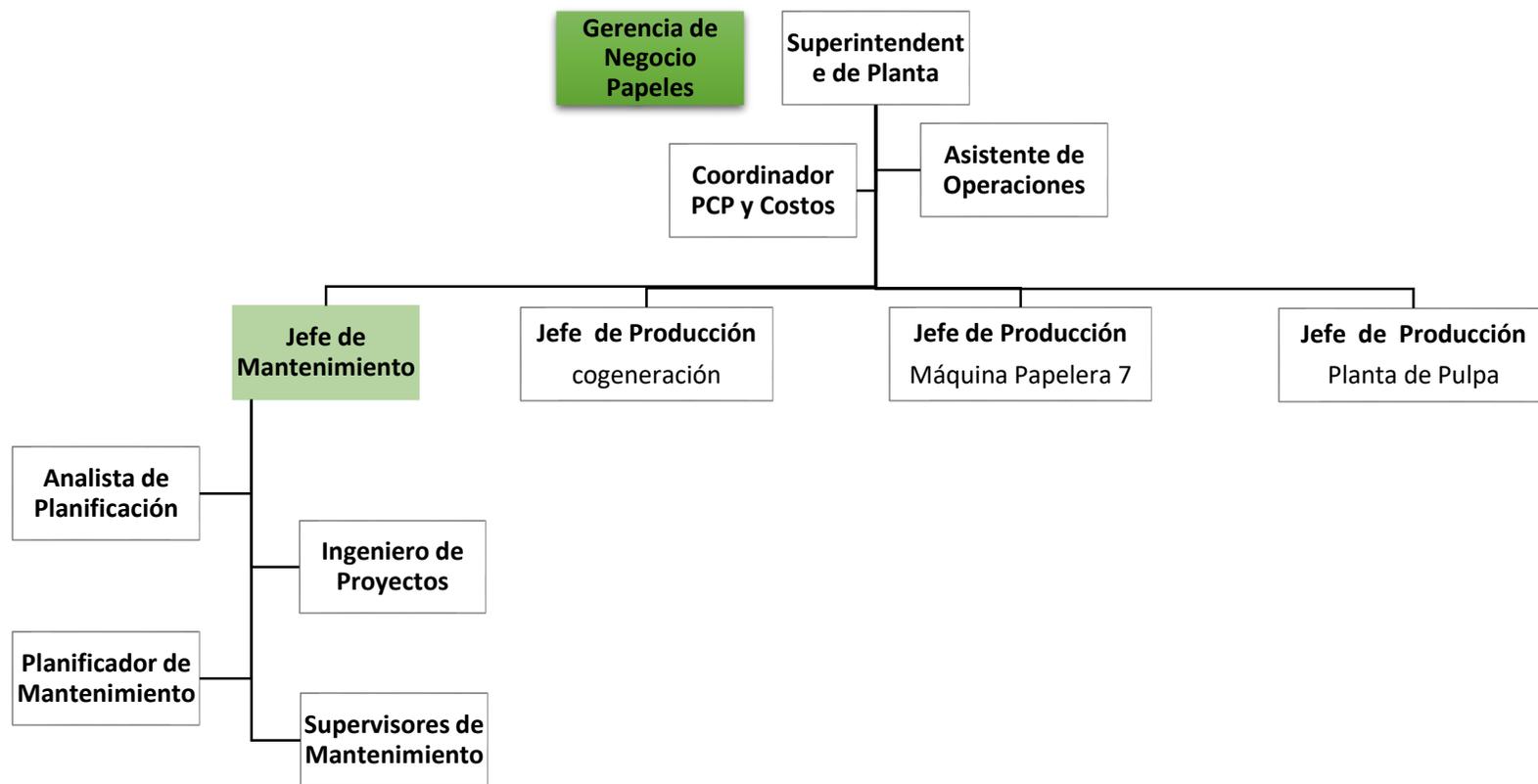


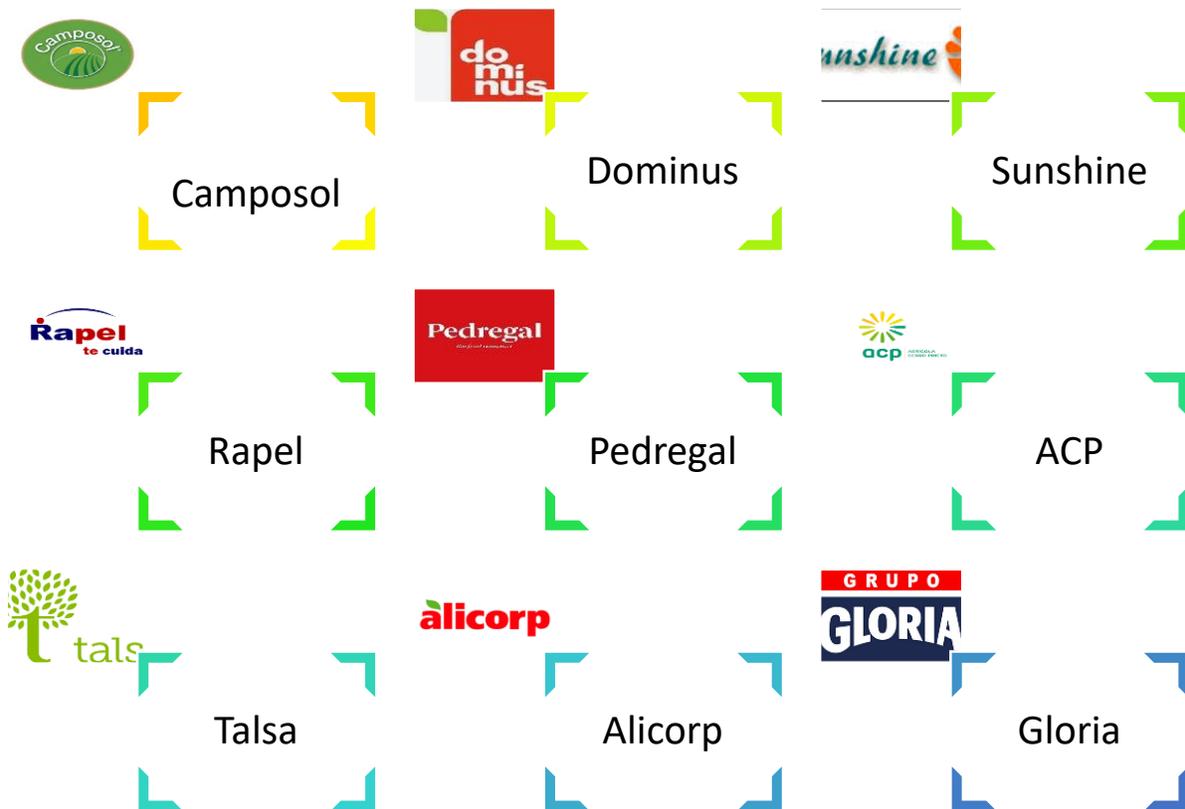
Figura 4 - Organigrama de unidad de empaques

Fuente: Empresa Papelera

La empresa papelera cuenta con diversos proveedores con los que mantiene una muy buena relación comercial con empresas nacionales e internacionales.

Los principales clientes de la empresa papelera son:

Figura 5 - Principales clientes



Fuente: Empresa papelera

La empresa papelera ofrece diversos productos en base a la fabricación de papel para la elaboración de cajas de cartón para el sector agro industrial.

- Papel Test liner industrial
- Papel corrugado de pulpa de bagazo de caña de azúcar

Figura 6 - Producto Terminado



Fabricación de papel



Bobina Papel

Fuente: Empresa Papelera

Esta metodología del desarrollo general del RCM se ejecutó en 3 etapas las cuales son: 1) Inicio en donde detallamos la información obtenida de la empresa papelera Trupal S.A. 2) Diagnóstico de la situación actual: Se detalló los problemas de mantenimiento que se tiene en la empresa y la causa de los costos elevados. 3) Implementación: Se aplicó las propuestas que permitieron reducir los costos elevados de mantenimiento en la empresa.

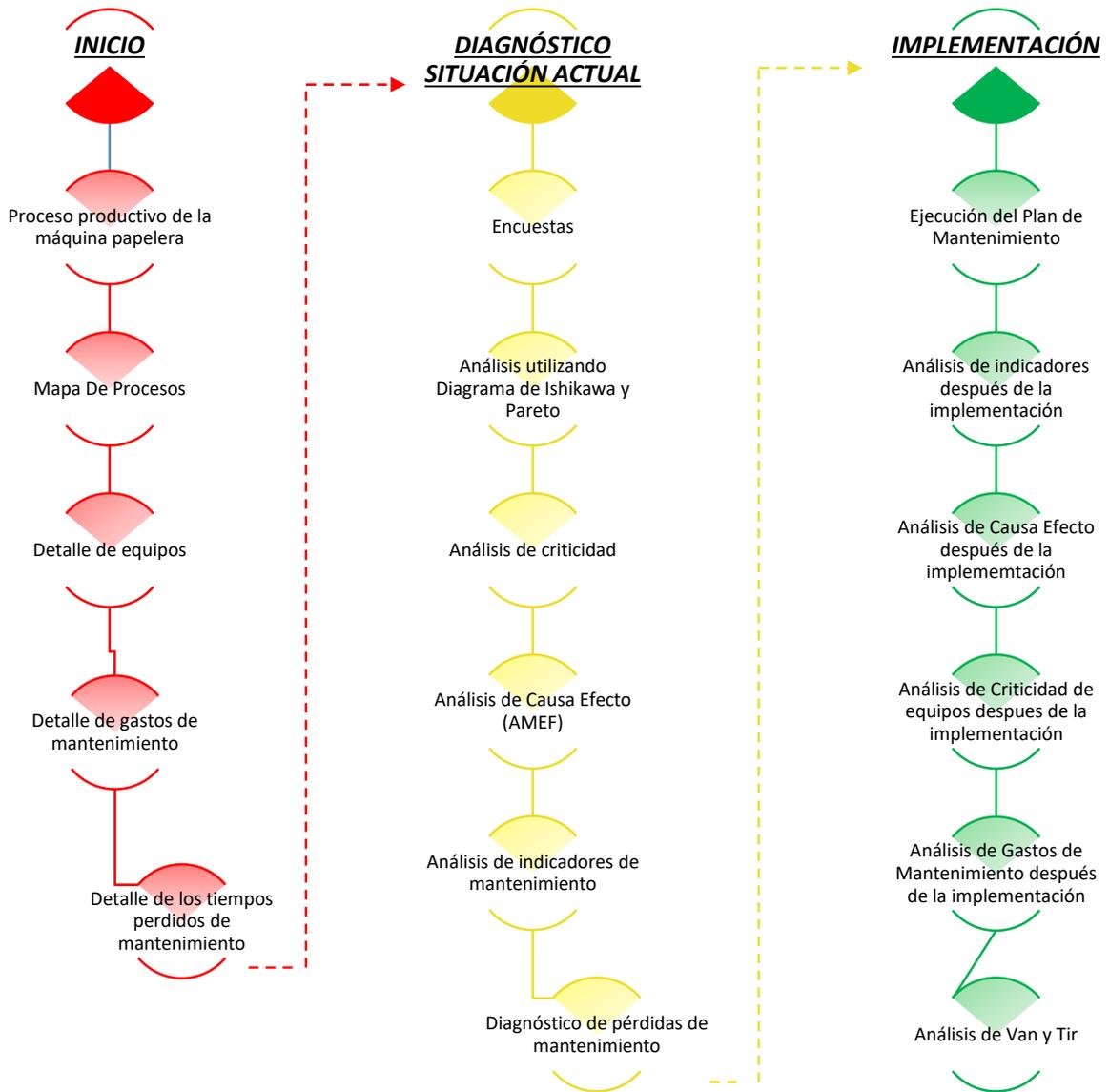


Figura 7 - Procedimiento para la implementación del Mantenimiento Preventivo Centrado en la Confiabilidad

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se mencionará el respectivo proceso productivo de la máquina papelera:

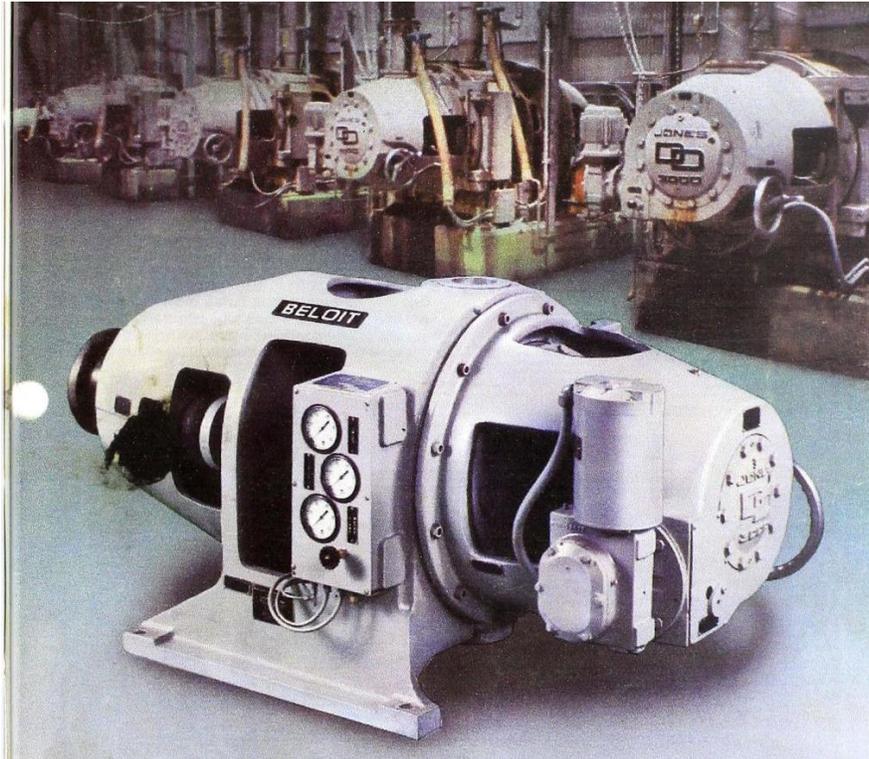
Como primer proceso, se realiza la preparación de Pasta:

- Bomba De Pasta Alta Densidad "A": Su función es almacenar la pasta que viene de Planta de Pulpa.
- Bomba De Pasta Alta Densidad "B": Su función es almacenar pasta de fibra secundaria OCC que viene de Planta de Hidrapulper.
- Tanque De Desperdicio: Recepcionar la pasta que viene del tanque de alta densidad B.
- Tanque De Bagazo: Recepcionar la pasta que viene del tanque de alta densidad A.
- Tanque De Pasta Kraft: Recepcionar la pasta que viene del tanque de alta densidad A.
- Tanque De Máquina: Almacenar y mezclar las pastas que salen de los refinadores Jones.
- Tanque de Broke: almacenar pasta para ser enviada hacia el refinador
- Desarenador: Recepciona los rechazos de los limpiadores para llevarlos a hidrapulper para realizar el ciclo de limpieza.

Como segundo proceso, se realiza sistema de refinación:

- Refinador De Pasta Disco De 34-Jones: Desfibrar y cortar la fibra de la pasta para darle un grado de refinación y tamaño adecuado a las fibras.
- Tanque Regulador: Se encarga de mezclar y homogenizar la pasta que llega del tanque de máquina.

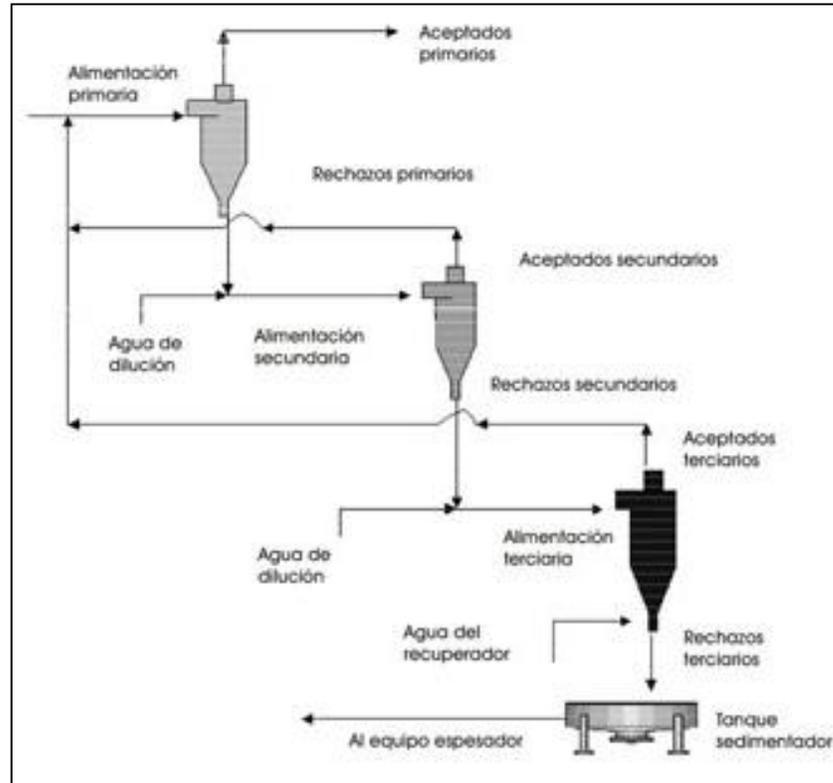
Figura 8 - Refinador Jones



Como tercer proceso, se realiza el sistema de limpieza

- Bomba Fan: Bombear la pasta aceptada que llega de los limpiadores primarios.
- Bomba De Pasta Primarios: Bombear la pasta hacia los limpiadores primarios.
- Bomba De Pasta Secundarios: Bombea los rechazos de los limpiadores primarios.
- Bomba De Pasta Terciarios: Bombea la pasta del tanque de rechazos de los limpiadores secundarios hacia los limpiadores terciarios.

Figura 9 - Sistema de limpiadores



Fuente: (Evaluación del sistema de limpieza de una máquina de papel Kraft, 2006)

Como cuarto proceso, se realiza la Formación de la hoja y Prensado

- o Head Box: Caja cerrada con rodillos perforados que evitan la floculación o formación de grumos.
- o Mesa Plana: Se deposita la suspensión fibrosa formando una hoja.
- o Couch: Rollo con perforaciones que permiten el inicio de la extracción de agua que la hoja tenga.

Figura 10 - Mesa de formación de la hoja



Fuente: Empresa Papelera

Como quinto proceso, se realiza el Sistema de secado

- Grupos secadores: conformada por cilindros con vapor que facilita el secado de la hoja de papel.

Como sexto proceso, se realiza Bobinado y Calandria

- Calandrado: Mediante presión permite que el papel tenga un acabado satinado.
- Bobinado: Formación de la bobina de papel sobre un eje.

Figura 11 - Bobinado de papel



Fuente: Empresa Papelera

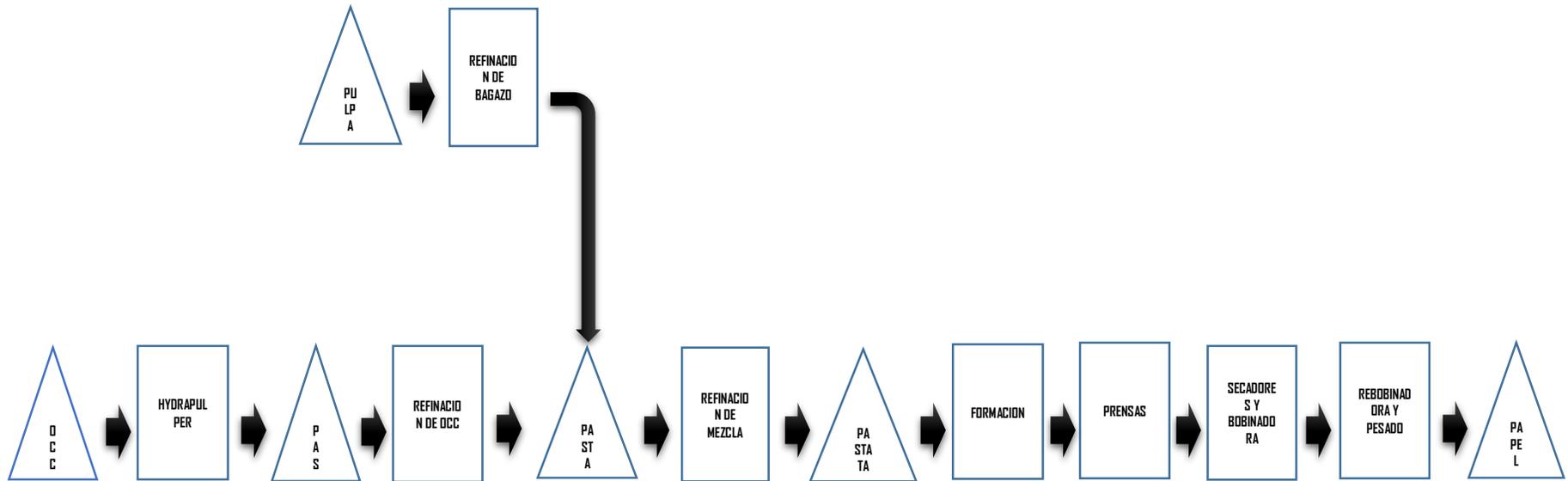
Como séptimo proceso, se realiza el Rebobinado: cortado de la hoja según medidas solicitadas por el cliente.

Figura 12 - Rebobinadora



Fuente: Empresa Papelera

Figura 13 - Mapa de procesos planta papelera



Fuente: Empresa Papelera

Determinación de la causa raíz de los costos elevados de mantenimiento: Para conocer la situación de la máquina papelera primero se realizó una evaluación de los gastos de mantenimiento, así como también el diagnóstico situacional del tipo de mantenimiento que se tiene actualmente.

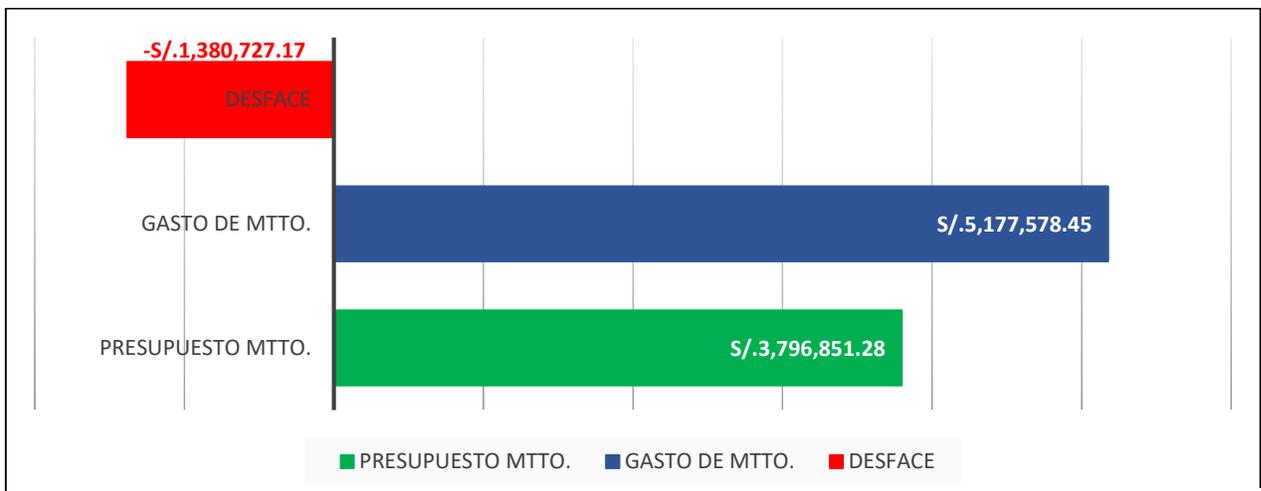
En la empresa, el área de la máquina papelera en los dos últimos años, se ha tenido un desfase en los gastos de mantenimiento, excediendo el gasto presupuestado anual a causa de fallas de los equipos. En la tabla 4 observamos que se el gasto de mantenimiento en la máquina papelera en el año 2020 fue del 36% más de lo planificado esto quiere decir que el presupuesto obtenido para ese año fue de S/. 3,796,851.28 y el gasto realizado de S/. 5,177,578.45, con una diferencia de -S/. 1,380,727.17, afectando al presupuesto anual de mantenimiento (Figura 18).

Tabla 3 - Gastos Vs presupuestos de mantenimiento – Periodo 2020

Año	Presupuesto mto.	Gasto de mto.	Desfase	% desfase
2020	S/.3,796,851.28	S/.5,177,578.45	-s/.1,380,727.17	36%

Fuente: Empresa Papelera

Figura 14 - Gastos vs presupuesto de mantenimiento – Periodo 2020



Fuente: Tabla 5

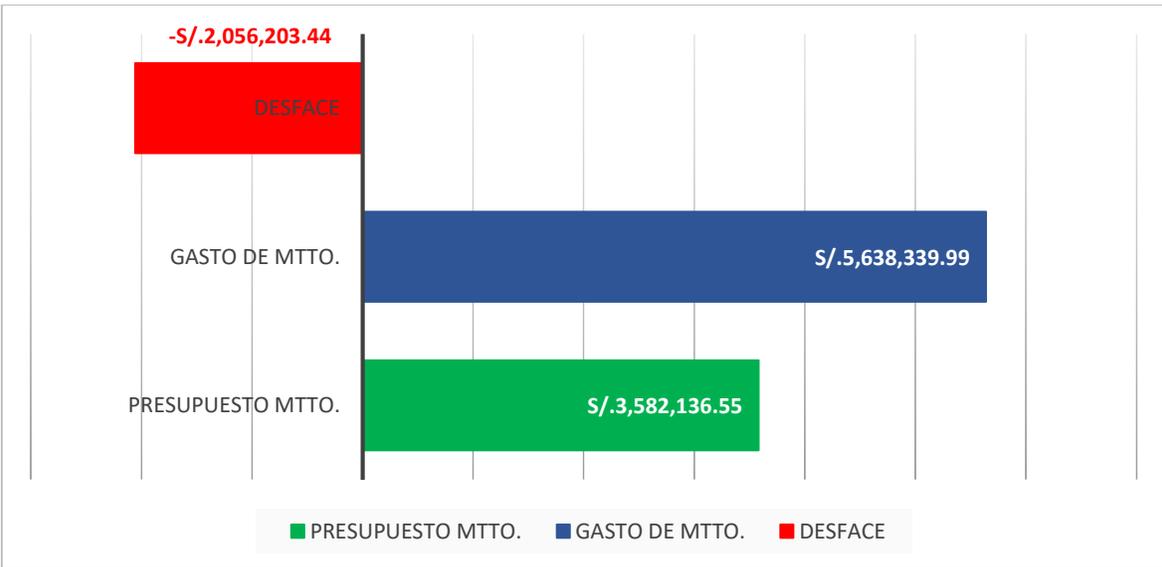
En el año 2021 Tabla 5, el gasto de mantenimiento fue del 48% más de la planificación realizada teniendo como presupuesto un monto de S/. 3,989,359.33 y se hizo un gasto de S/. 5,887,811.33 por las reparaciones o servicios no planificados, gráficamente se puede observar en la Figura 19.

Tabla 4 - Gastos Vs presupuestos de mantenimiento – Periodo 2021

Año	Presupuesto mtto.	Gasto de mtto.	Desface	% desface
2021	S/.3,582,136.55	S/.5,306,141.98	-S/.1,724,005.43	48%

Fuente: Empresa Papelera

Figura 15 - Gastos Vs presupuestos de mantenimiento – Periodo 2021



Fuente: Tabla 6

En la tabla 6 se tiene el presupuesto y gastos de los materiales utilizados para la reparación de los equipos que se han realizado durante el año 2020, aquí se puede observar que hay gastos no planificados en la máquina papelera; en el mes de enero hay un excedente del 82%, febrero tiene 36%, junio con 40%, julio tiene 21%, setiembre se tiene el 50%, octubre el 54%, noviembre el 150% y diciembre con 255%; esto es equivalente a un monto de S/. 630,375.74 con un porcentaje del 18%.

Tabla 5 - Presupuesto de materiales y servicios vs presupuesto 2020

Mp7	Materiales		% gasto	% desfase
	Presupuesto	Gasto		
Enero	S/. 180,000.00	S/. 328,147.26	182%	82%
Febrero	S/. 160,431.31	S/. 218,464.21	136%	36%
Marzo	S/. 170,362.00	S/. 123,226.03	72%	-28%
Abril	S/. 1,001,660.00	S/. 336,653.08	34%	-66%
Mayo	S/. 296,063.70	S/. 285,092.56	96%	-4%
Junio	S/. 372,097.11	S/. 519,117.04	140%	40%
Julio	S/. 301,627.88	S/. 365,653.71	121%	21%
Agosto	S/. 226,305.28	S/. 215,980.13	95%	-5%
Setiembre	S/. 182,693.43	S/. 273,478.48	150%	50%
Octubre	S/. 181,699.41	S/. 280,332.80	154%	54%
Noviembre	S/. 165,000.00	S/. 411,889.84	250%	150%
Diciembre	S/. 200,000.00	S/. 710,280.73	355%	255%
Sub total	S/. 3,437,940.13	S/. 4,068,315.87	118%	18%
Desfase	-S/.	630,375.74		

Fuente: Datos Empresa Papelera

En la figura 20 observamos gráficamente el comportamiento de los gastos de mantenimiento en la máquina papelera en el año 2020 vs lo presupuestado, observando que en diciembre fue el mes con mayores gastos con un importe de S/. 710,280.73 de S/. 200,000.00 presupuestados y en abril el mes con gastos de S/. 336,653.08 de S/. 1,001,660.00 mucho menor a lo presupuestado.

Figura 16 - Presupuesto vs gastos de materiales 2020



Fuente: Datos Empresa Papelera

En la tabla 7 se tiene el presupuesto y gastos de mantenimiento de servicios externos que se han realizado en la máquina papeleras durante el año 2020 observando que en todos los meses se ha tenido un gasto excesivo con respecto a lo planificado, siendo el mes de febrero con S/. 72,818.48 de presupuesto y sólo S/. 5,800.00 presupuestado siendo el mes con un porcentaje muy elevado de 1155%, siendo un punto muy crítico para la empresa y una oportunidad de estudio para analizar y dar solución al problema.

Tabla 6 - Presupuesto vs gastos de servicios 2020

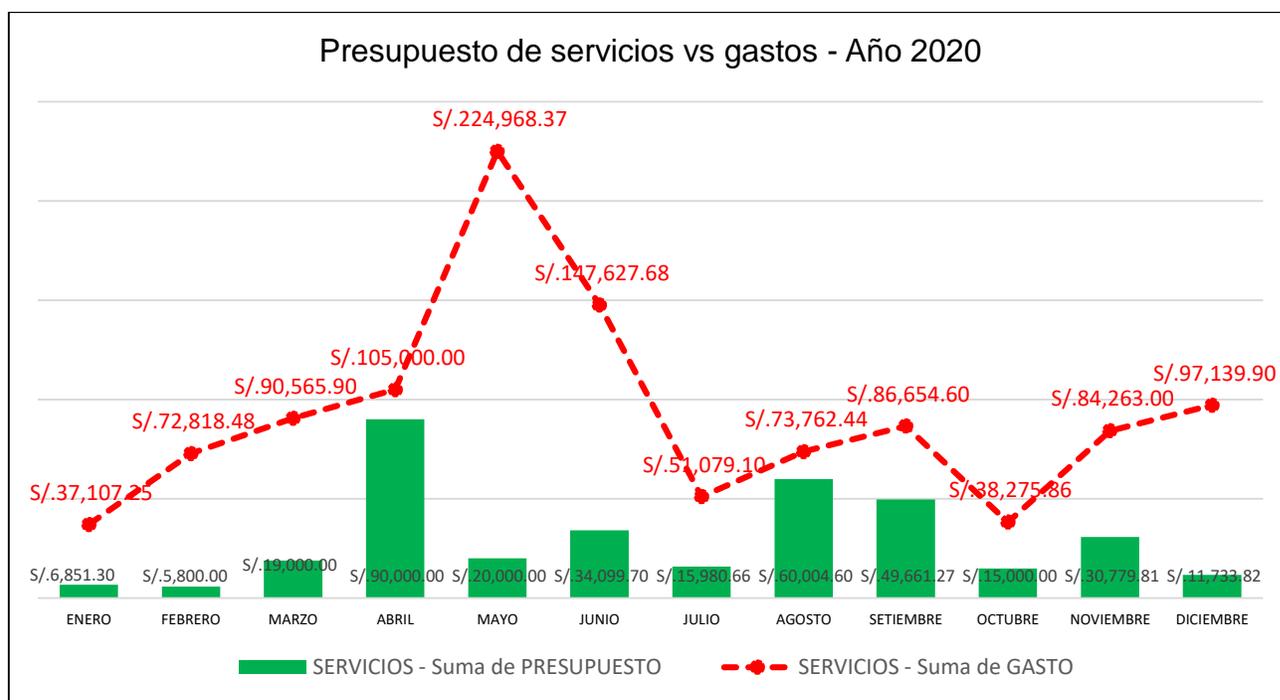
Mp7	Servicios		% gasto	% desface
	Presupuesto	Gasto		
Enero	s/. 6,851.30	s/. 37,107.25	542%	442%
Febrero	s/. 5,800.00	s/. 72,818.48	1255%	1155%
Marzo	s/. 19,000.00	s/. 90,565.90	477%	377%
Abril	s/. 90,000.00	s/. 105,000.00	117%	17%
Mayo	s/. 20,000.00	s/. 224,968.37	1125%	1025%
Junio	s/. 34,099.70	s/. 147,627.68	433%	333%
Julio	s/. 15,980.66	s/. 51,079.10	320%	220%
Agosto	s/. 60,004.60	s/. 73,762.44	123%	23%

Setiembre	s/.	49,661.27	s/.	86,654.60	174%	74%
Octubre	s/.	15,000.00	s/.	38,275.86	255%	155%
Noviembre	s/.	30,779.81	s/.	84,263.00	274%	174%
Diciembre	s/.	11,733.82	s/.	97,139.90	828%	728%
Sub total	s/.	358,911.16	s/.	1,109,262.58	309%	209%
Desface	-s/.			750,351.42		

Fuente: Datos Empresa Papelera

En la Figura 21 plasmamos la información obtenida de la tabla 8 y verificamos que si se ha tenido gastos excedidos en servicios no planificados en la máquina papelera siendo el mes de mayo con mayor gasto de todo el año con un monto de S/. 224,968.37.

Figura 17 - Presupuesto vs gastos de servicios 2020



Fuente: Datos Empresa Papelera

En la tabla 8 se presenta el presupuesto y gastos totales (materiales y servicios) que se han tenido en el periodo 2021, en donde observamos que sólo en los meses de abril y mayo los gastos de mantenimiento han estado por debajo de lo presupuestado.

Tabla 7 - Presupuesto Vs Gastos totales de mantenimiento Año 2021

Mes	Gastos		%
	Planificado	Real	
Enero	s/ 243,032.79	s/ 471,319.64	94%
Febrero	s/ 168,906.69	s/ 966,164.11	472%
Marzo	s/ 342,680.21	s/ 474,861.87	39%
Abril	s/ 644,169.38	s/ 84,772.40	-87%
Mayo	s/ 316,014.59	s/ 68,284.10	-78%
Junio	s/ 404,821.99	s/ 752,263.14	86%
Julio	s/ 314,941.28	s/ 757,100.91	140%
Agosto	s/ 267,227.95	s/ 410,287.27	54%
Setiembre	s/ 233,991.24	s/ 332,198.01	42%
Octubre	s/ 307,229.97	s/ 455,482.28	48%
Noviembre	s/ 199,596.69	s/ 563,422.56	182%
Diciembre	s/ 139,523.80	s/ 302,183.70	117%
Total	s/ 3,582,136.55	s/ 5,638,339.99	57%

Fuente: Empresa papelera

En la tabla 9 se tiene el presupuesto y gastos de los materiales utilizados para el mantenimiento de los equipos de la máquina papelera durante el año 2021 en donde hubo meses que excedieron el gasto de mantenimiento cómo en enero hubo un porcentaje de exceso del 81%, en febrero con 390%, marzo se tuvo el 34%, en junio con el 90%, julio tiene 123%, agosto con 15%, octubre tuvo 32%, noviembre con el 202% y diciembre con 52%, quiere decir que en el año 2021 se tuvo un sobregasto de S/. 1,608,582.51.

Tabla 8 - Presupuesto de materiales y servicios vs presupuesto 2021

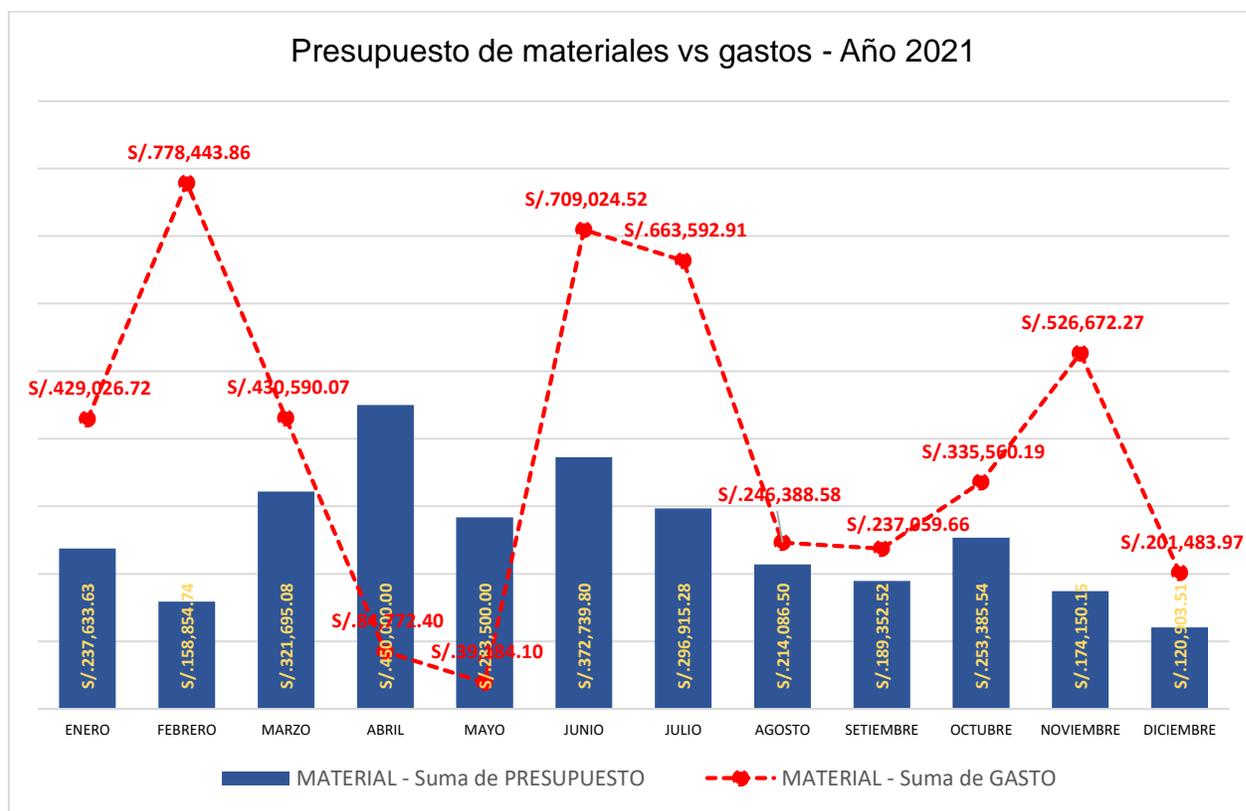
Mp7	Material		% gasto	% desface
	Presupuesto	Gasto		
Enero	s/. 237,633.63	s/. 429,026.72	181%	81%
Febrero	s/. 158,854.74	s/. 778,443.86	490%	390%
Marzo	s/. 321,695.08	s/. 430,590.07	134%	34%
Abril	s/. 450,000.00	s/. 84,772.40	19%	-81%
Mayo	s/. 283,500.00	s/. 39,184.10	14%	-86%
Junio	s/. 372,739.80	s/. 709,024.52	190%	90%
Julio	s/. 296,915.28	s/. 663,592.91	223%	123%
Agosto	s/. 214,086.50	s/. 246,388.58	115%	15%

Setiembre	s/.	189,352.52	s/.	237,059.66	125%	25%
Octubre	s/.	253,385.54	s/.	335,560.19	132%	32%
Noviembre	s/.	174,150.15	s/.	526,672.27	302%	202%
Diciembre	s/.	120,903.51	s/.	201,483.97	167%	67%
Sub total	s/.	3,073,216.74	s/.	4,681,799.25	152%	52%
Desface	-s/.			1,608,582.51		

Fuente: Datos Empresa Papelera

En la Figura 22 se puede observar que en el año 2021 el gasto de materiales en la máquina papelera por mantenimiento ha sido elevados especialmente en los meses de enero, febrero, marzo, junio, julio, agosto, setiembre, octubre, noviembre y diciembre.

Figura 18 - Presupuesto vs gastos de materiales 2021



Fuente: Tabla 10

En la tabla 10 se tiene el presupuesto y gastos de mantenimiento de servicios externos

que se han realizado en la máquina papelera durante el año 2021 en donde se observa que nueve meses de los doce se ha tenido gastos elevados sobre el presupuesto asignado, siendo en febrero el mes con el porcentaje más elevado.

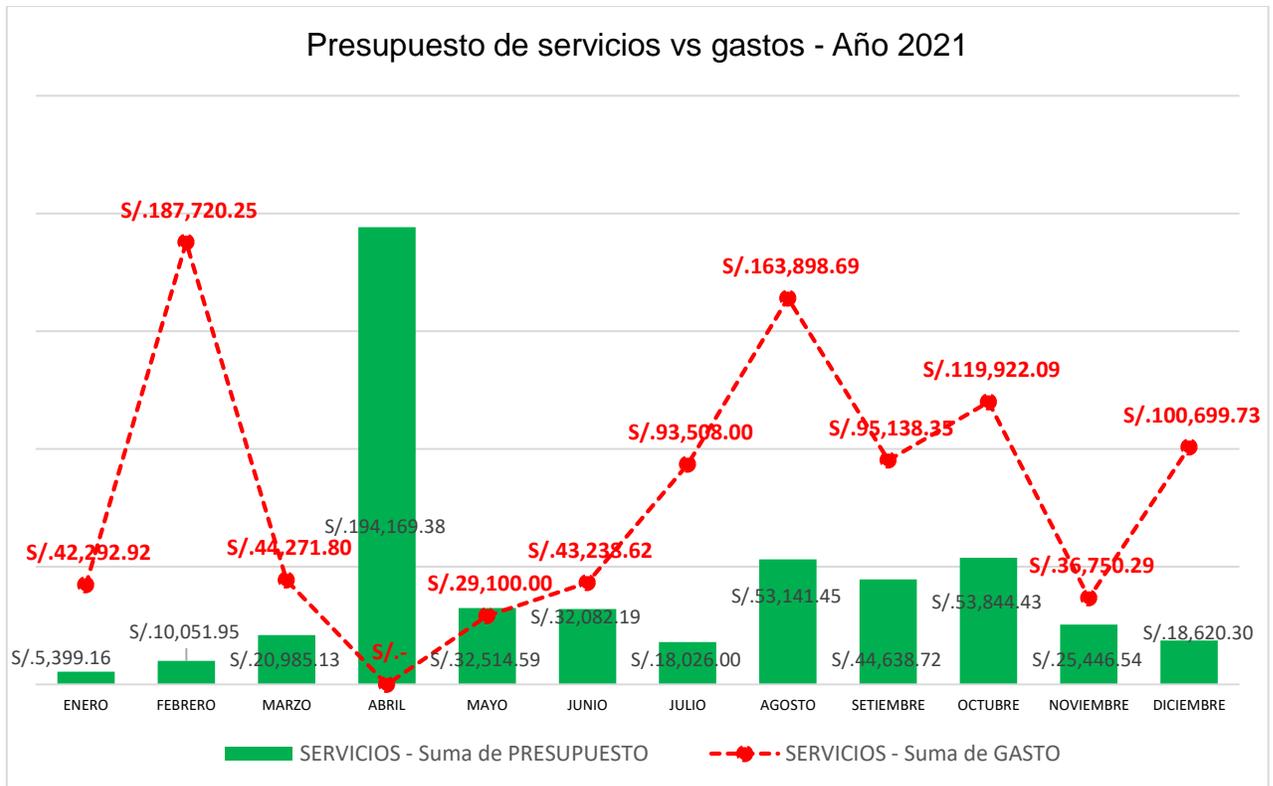
Tabla 9 - Presupuesto vs gastos de servicios 2021

Mp7	Servicios		% gasto	% desface
	Presupuesto	Gasto		
Enero	s/. 5,399.16	s/. 42,292.92	783%	683%
Febrero	s/. 10,051.95	s/. 187,720.25	1868%	1768%
Marzo	s/. 20,985.13	s/. 44,271.80	211%	111%
Abril	s/. 194,169.38	s/.	0%	-100%
Mayo	s/. 32,514.59	s/. 29,100.00	89%	-11%
Junio	s/. 32,082.19	s/. 43,238.62	135%	35%
Julio	s/. 18,026.00	s/. 93,508.00	519%	419%
Agosto	s/. 53,141.45	s/. 163,898.69	308%	208%
Setiembre	s/. 44,638.72	s/. 95,138.35	213%	113%
Octubre	s/. 53,844.43	s/. 119,922.09	223%	123%
Noviembre	s/. 25,446.54	s/. 36,750.29	144%	44%
Diciembre	s/. 18,620.30	s/. 100,699.73	541%	441%
Sub total	s/. 508,919.82	s/. 956,540.74	188%	88%
Desface	-s/.	447,620.93		

Fuente: Datos Empresa Papelera

En la Figura 23 observamos gráficamente el comportamiento de los gastos de mantenimiento en servicios externos de la máquina papelera en el año 2021 vs lo presupuestado, observando que en febrero fue el mes con mayores gastos con un importe de S/. 187,720.25 de S/. 10,051.95 presupuestados y en abril el mes con gastos de S/. 0.0 de S/. 194,169.38 mucho menor a lo presupuestado.

Figura 19 - Presupuesto vs gastos de servicios 2021



Fuente: Datos Empresa Papelera

Ejecución de la planificación del mantenimiento preventivo RCM para la máquina papelera, es necesario se identifique los equipos que se tiene en la empresa tal cómo se detalla en la tabla 11.

Tabla 10 - Lista de equipos de la máquina papelera

SISTEMA	CÓDIGO	EQUIPOS
APROXIMACIÓN	20002703	AGITADOR DE PASTA 06 DE TANQUE MAQUINA
	20002704	MOTOR D_AGITADOR D_PASTA 06 D_TQ_MAQUINA
	20002705	MOTOR DE BOMBA TQ MAQUINA DE PASTA 06
	20002706	BOMBA DE PASTA 06 (BOMBA TQ MAQUINA)
	20002710	BOMBA DE PASTA 07 (BOMBA TK REGULADOR)
	20002717	MOTOR D_BOMBA AGUA MAQUINA 01
	20002718	BOMBA AGUA 01 AL PROCESO (AGUA MAQUINA)
	20002719	MOTOR DE BOMBA FAN 01
	20002720	BOMBA FAN 01

	20002728	MOTOR BOMBA PRIMARIOS DE PASTA 08
	20002729	BOMBA DE PASTA 08 (BOMBA PRIMARIOS)
	20002730	MOTOR DE BOMBA SECUNDARIOS DE PASTA 09
	20002731	BOMBA DE PASTA 09 (BOMBA SECUNDARIOS)
FORMACIÓN	20002754	COMPRESOR 02 DEL HEAD BOX 01
	20002755	MOTOR DE COMPRESOR 02 DEL HEAD BOX 01
	10016603	BOMBA DE AGUA CHORRO CORTADOR
	20002833	MOTOR D_BOMBA D_AGUA 01 POZO DE TELA
	20002834	BOMBA DE AGUA 01 POZO DE TELA B18 A
	20002837	MOTOR D_BOMBA AGUA 03 SELLO A GLANES
	20002838	BOMBA DE AGUA 03 SELLO A GLANES D BOMBAS
PRENSAS	20002843	MOTOR DE POLIN 01 GUIA D_PAPEL PRENSA 01
	20002844	REDUCTOR D_POLIN 1 GUIA D_PAPEL PRENSA 1
	20002854	MOTOR DE ROLLO DE SUCCION 01
	20002855	REDUCTOR DE ROLLO DE SUCCION 01
	20002872	MOTOR DE POLIN 09 GUIA D_PAPEL PRENSA 02
	20002873	REDUCTOR POLIN 09 GUIA PAPEL-PRENSA 02
	20002883	MOTOR DE ROLLO DE SUCCION 02
	20002884	REDUCTOR DE ROLLO DE SUCCION 02
	20002901	MOTOR POLIN GUIA PAPEL 10HP - PRENSA 3
	20002902	REDUCTOR POLIN 17 GUIA PAPEL-PRENSA 3
	20002910	ROLLO VENTA NIP 01
	20002912	MOTOR DE ROLLO VENTA NIP 01
	20002913	REDUCTOR DE ROLLO VENTA NIP 01
	SECADORES	20002933
20002934		REDUCTOR DE GRUPO SECADOR 01
20003003		MOTOR D_BOMBA DE VACIO GRUPO SE CADOR 01
20003004		BOMBA DE VACIO GRUPO SE CADOR 01
10015947		MOTOR GRUPO SECADOR 02
20003008		REDUCTOR DE GRUPO SECADOR 02
10015948		MOTOR GRUPO SECADOR 03
20003096		REDUCTOR DE GRUPO SECADOR 03
10015949		MOTOR GRUPO SECADOR 04

	20003175	REDUCTOR DE GRUPO SECADOR 04
	10015950	MOTOR GRUPO SECADOR 05
	20003228	REDUCTOR DE GRUPO SECADOR 05
CALANDRIA Y BOBINADO	10015951	MOTOR DE CALANDRIA
	20003284	REDUCTOR - ROLLO DE CALANDRIA
	10015952	MOTOR DE BOBINADORA
	20003299	REDUCTOR DE BOBINADORA
	20003312	BOMBA HIDRAULICA DE BOBINADORA
MEDIDOR DE PESO Y HUMEDAD	20003313	SCANER MEDIDOR DE PESO Y HUMEDAD
	20003314	UNIDAD DE COMPUTO MEDIDOR PESO Y HUMEDAD
	20003315	VENTILADOR DE SCANER MEDIDOR DE PESO
	20003318	ENFRIADOR D_ESCANER-MEDIDOR DE PESO Y H.

Fuente: Empresa Papelera

Al realizar la evaluación de los tiempos de mantenimiento, se identificaron los equipos críticos y se plantearon las acciones que se debieron tomar, para ello tendremos que conocer los indicadores de mantenimiento según la recurrencia de las fallas de los equipos de la máquina durante el periodo 2021, en donde podemos verificar en la tabla 12 que se tiene un total de 600.9 horas perdidas divididas en las 2 sub áreas: Eléctricos e instrumentación con 236 horas y mecánicos con 364.9 horas.

Tabla 11 - Tiempo perdido de mantenimiento máquina papelera

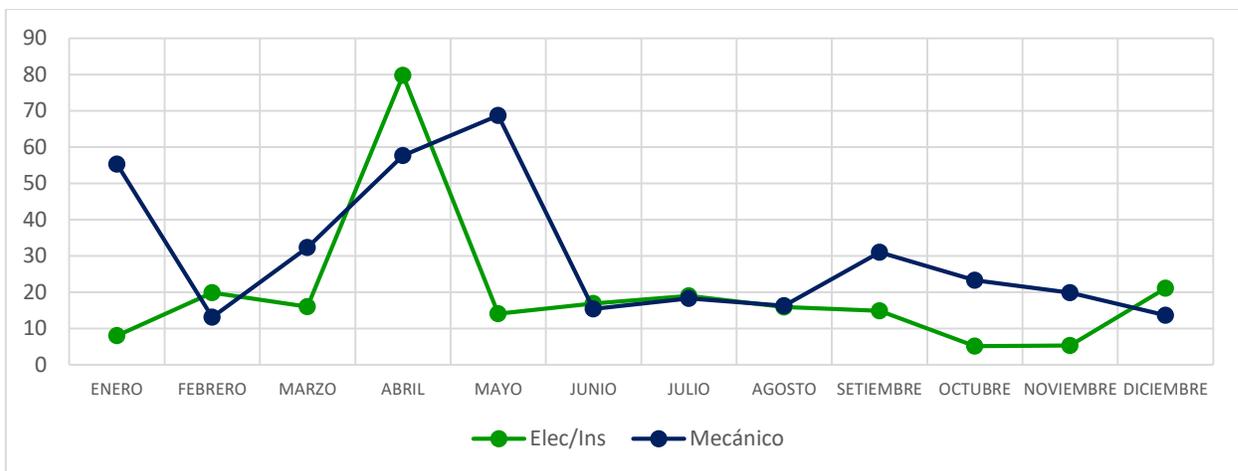
<i>Mes</i>	<i>Elec/Ins</i>	<i>Mecánico</i>	<i>Total general</i>
<i>Enero</i>	8	55.3	63.3
<i>Febrero</i>	19.9	13.1	33
<i>Marzo</i>	16	32.3	48.3
<i>Abril</i>	79.8	57.7	137.5
<i>Mayo</i>	14.1	68.7	82.8
<i>Junio</i>	16.9	15.4	32.3
<i>Julio</i>	19	18.3	37.3
<i>Agosto</i>	15.9	16.3	32.2
<i>Setiembre</i>	14.9	31	45.9
<i>Octubre</i>	5.1	23.3	28.4
<i>Noviembre</i>	5.3	19.9	25.2

<i>Diciembre</i>	21.1	13.6	34.7
Total general	236	364.9	600.9

Fuente: Empresa Papelera

En la Figura 24 podemos ver el comportamiento de horas perdidas que se ha tenido durante los 12 meses del periodo 2021 conociendo que se ha tenido tiempos perdidos de equipos eléctricos e instrumentos. En enero, abril y octubre se ha tenido tiempos perdidos elevados de equipos mecánicos.

Figura 20 - Tiempo perdido de mantenimiento máquina papelera



Fuente: Tabla 12

En la tabla 13 se detalla las horas de tiempo perdido por equipos de la máquina papelera durante el periodo 2021 en donde el valor total de tiempo perdido es de 600.9 horas identificando que la bomba de pasta 08 (Primarios) es el equipo con más tiempo perdido acumulando con un valor de 51.5 horas tal y cómo se visualiza en la imagen 24.

Tabla 12 - Horas de tiempo perdido por equipo – Periodo 2021

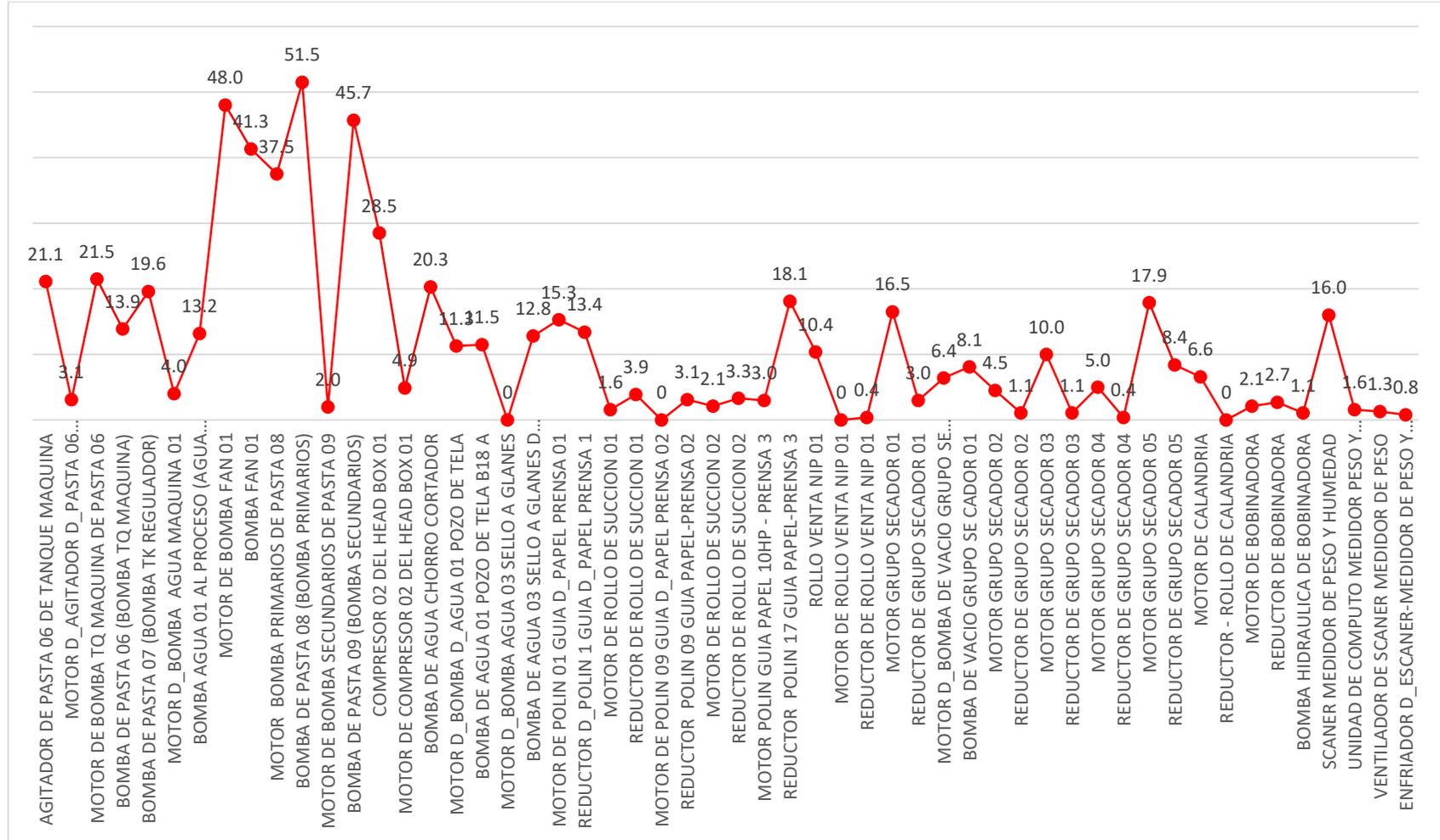
SISTEMA	CÓDIGO	EQUIPOS	TIEMPO PERDIDO
APROXIMACIÓN	20002703	AGITADOR DE PASTA 06 DE TANQUE MAQUINA	21.1

	20002704	MOTOR D_AGITADOR D_PASTA 06 D_TQ_MAQUINA	3.1
	20002705	MOTOR DE BOMBA TQ MAQUINA DE PASTA 06	21.5
	20002706	BOMBA DE PASTA 06 (BOMBA TQ MAQUINA)	13.9
	20002710	BOMBA DE PASTA 07 (BOMBA TK REGULADOR)	19.6
	20002717	MOTOR D_BOMBA AGUA MAQUINA 01	4.0
	20002718	BOMBA AGUA 01 AL PROCESO (AGUA MAQUINA)	13.2
	20002719	MOTOR DE BOMBA FAN 01	48.0
	20002720	BOMBA FAN 01	41.3
	20002728	MOTOR BOMBA PRIMARIOS DE PASTA 08	37.5
	20002729	BOMBA DE PASTA 08 (BOMBA PRIMARIOS)	51.5
	20002730	MOTOR DE BOMBA SECUNDARIOS DE PASTA 09	2.0
	20002731	BOMBA DE PASTA 09 (BOMBA SECUNDARIOS)	45.7
FORMACIÓN	20002754	COMPRESOR 02 DEL HEAD BOX 01	28.5
	20002755	MOTOR DE COMPRESOR 02 DEL HEAD BOX 01	4.9
	10016603	BOMBA DE AGUA CHORRO CORTADOR	20.3
	20002833	MOTOR D_BOMBA D_AGUA 01 POZO DE TELA	11.3
	20002834	BOMBA DE AGUA 01 POZO DE TELA B18 A	11.5
	20002837	MOTOR D_BOMBA AGUA 03 SELLO A GLANES	0
	20002838	BOMBA DE AGUA 03 SELLO A GLANES D BOMBAS	12.8
PRENSAS	20002843	MOTOR DE POLIN 01 GUIA D_PAPEL PRENSA 01	15.3
	20002844	REDUCTOR D_POLIN 1 GUIA D_PAPEL PRENSA 1	13.4
	20002854	MOTOR DE ROLLO DE SUCCION 01	1.6
	20002855	REDUCTOR DE ROLLO DE SUCCION 01	3.9
	20002872	MOTOR DE POLIN 09 GUIA D_PAPEL PRENSA 02	0
	20002873	REDUCTOR POLIN 09 GUIA PAPEL-PRENSA 02	3.1
	20002883	MOTOR DE ROLLO DE SUCCION 02	2.1
	20002884	REDUCTOR DE ROLLO DE SUCCION 02	3.3
	20002901	MOTOR POLIN GUIA PAPEL 10HP - PRENSA 3	3.0
	20002902	REDUCTOR POLIN 17 GUIA PAPEL-PRENSA 3	18.1
	20002910	ROLLO VENTA NIP 01	10.4
	20002912	MOTOR DE ROLLO VENTA NIP 01	0
	20002913	REDUCTOR DE ROLLO VENTA NIP 01	0.4
SECADORES	20002933	MOTOR GRUPO SECADOR 01	16.5
	20002934	REDUCTOR DE GRUPO SECADOR 01	3.0
	20003003	MOTOR D_BOMBA DE VACIO GRUPO SE CADOR 01	6.4
	20003004	BOMBA DE VACIO GRUPO SE CADOR 01	8.1
	10015947	MOTOR GRUPO SECADOR 02	4.5
	20003008	REDUCTOR DE GRUPO SECADOR 02	1.1
	10015948	MOTOR GRUPO SECADOR 03	10.0
	20003096	REDUCTOR DE GRUPO SECADOR 03	1.1
	10015949	MOTOR GRUPO SECADOR 04	5.0

	20003175	REDUCTOR DE GRUPO SECADOR 04	0.4
	10015950	MOTOR GRUPO SECADOR 05	17.9
	20003228	REDUCTOR DE GRUPO SECADOR 05	8.4
CALANDRIA Y BOBINADO	10015951	MOTOR DE CALANDRIA	6.6
	20003284	REDUCTOR - ROLLO DE CALANDRIA	0
	10015952	MOTOR DE BOBINADORA	2.1
	20003299	REDUCTOR DE BOBINADORA	2.7
	20003312	BOMBA HIDRAULICA DE BOBINADORA	1.1
MEDIDOR DE PESO Y HUMEDAD	20003313	SCANER MEDIDOR DE PESO Y HUMEDAD	16.0
	20003314	UNIDAD DE COMPUTO MEDIDOR PESO Y HUMEDAD	1.6
	20003315	VENTILADOR DE SCANER MEDIDOR DE PESO	1.3
	20003318	ENFRIADOR D_ESCANER-MEDIDOR DE PESO Y H.	0.8
TOTAL TIEMPO PERDIDO			600.9

Fuente: Empresa Papelera

Figura 21 - Horas de Tiempo Perdido por equipo



Fuente: Tabla 13

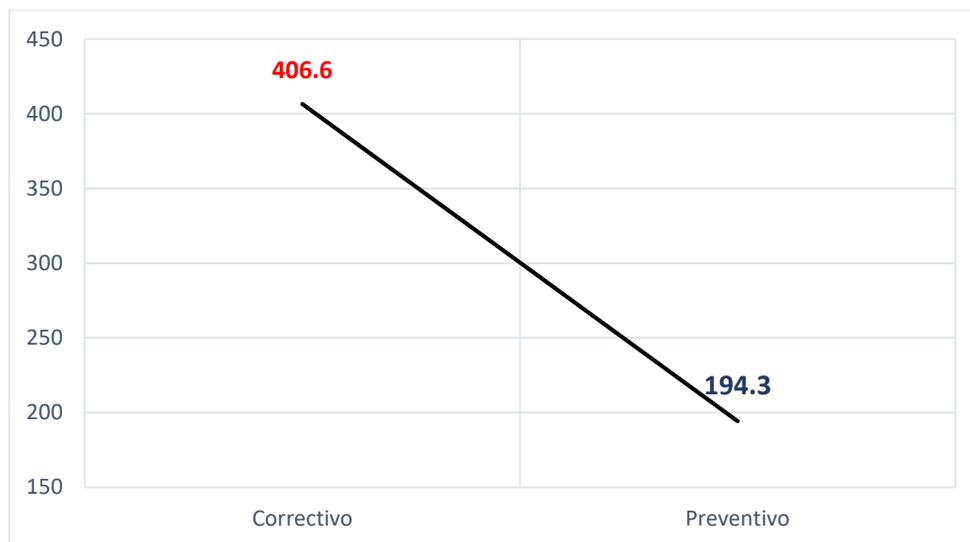
En la **tabla 14** se identificó los tiempos perdidos de los equipos según el tipo de mantenimiento, se puede verificar que en mantenimiento correctivo se tiene 406.6 horas de tiempos perdidos (No programado) equivalente a un 68% en el periodo 2021 y sólo 194.3 horas que se dejó de producir por trabajos preventivos con un valor porcentual del 32%. Con esta información constatamos que en la empresa papelera los trabajos ejecutados en el periodo 2021 con mayor incidencia son correctivos.

Tabla 13 – Horas no producidas por tipo de mantenimiento - 2021

Tipo de Mantenimiento	Tiempo Perdido (Horas)	%
<i>Correctivo</i>	406.6	68%
<i>Preventivo</i>	194.3	32%
Total general	600.9	100%

Fuente: Empresa Papelera

Figura 22 - Horas no producidas por tipo de mantenimiento



Fuente: Tabla 14

Identificación de los problemas y causas se requiere la elaboración y el análisis de diagnóstico de la situación actual de la empresa papelera se realiza encuestas a un total de 20 personas que involucra a personal de mantenimiento y operación (tabla 11), para luego efectuar el análisis utilizando el diagrama de Ishikawa (Causa – Efecto), el cual servirá para conocer las variables a trabajar.

Tabla 14 - Personal encuestado

Área	Nombres	Cantidad	Puesto de trabajo	Experiencia laboral (años)
Producción	Mario delgado	1	Jefe de producción	45
	Jean Pierre sosa	1	Supervisor de producción	8
	Operador de producción	1	Operador de producción	15
Mantenimiento	Mirko flores	1	Jefe de mantenimiento	45
	Oscar Ojeda	1	Supervisor de mantenimiento mecánico	14
	Benjhy castillo	1	Supervisor de mantenimiento eléctrico	10
	Jaime torres	1	Planificador de mantenimiento	13
	Carlos Ávila	1	Mecánico	10
	Orestes Escalante	1	Electricista	14
	Alan Hernández	1	Instrumentista	13

Fuente: Elaboración propia

Se realizaron las encuestas a los trabajadores de la empresa papelera detallados en la tabla 11 siguiendo la estructura del formato presentado en el anexo 2 desarrollados a continuación:

a) ¿Se tiene una planificación de mantenimiento preventivo?

Tabla 15 - Planificación de mantenimiento preventivo

Alternativas	Porcentaje	Cantidad
Si	30%	3
No	70%	7
Total	100%	10

Fuente: Elaboración propia

Media 1.70
Intervalo de confianza @ 95%: [1.401 - 1.999]
Desviación estándar: 0.483
Error estándar: 0.153

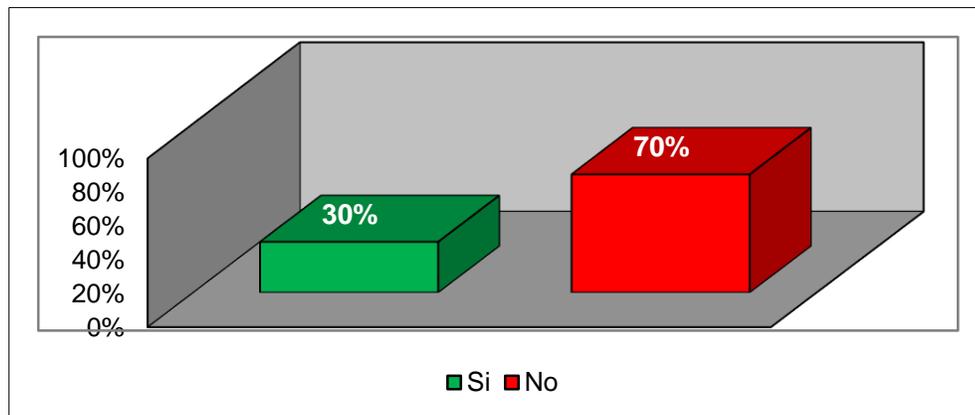


Figura 23 - Planificación de mantenimiento preventivo

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En este resultado podemos definir que de las 10 personas entrevistadas en la planta papelera 3 de ellas indican que si se tiene una planificación de mantenimiento preventivo y 7 que aún no se tiene, lo que significa que en la empresa papelera Trupal no maneja un plan de mantenimiento preventivo y por consiguiente cuando ocurre una falla no se tiene disponibilidad de repuestos para su reparación o la sustitución del mismo equipo, esta encuesta dio cómo resultado un promedio de 1.7.

b) ¿El personal de mantenimiento es eficiente en la resolución de fallas y evitan que se vuelvan a ocurrir?

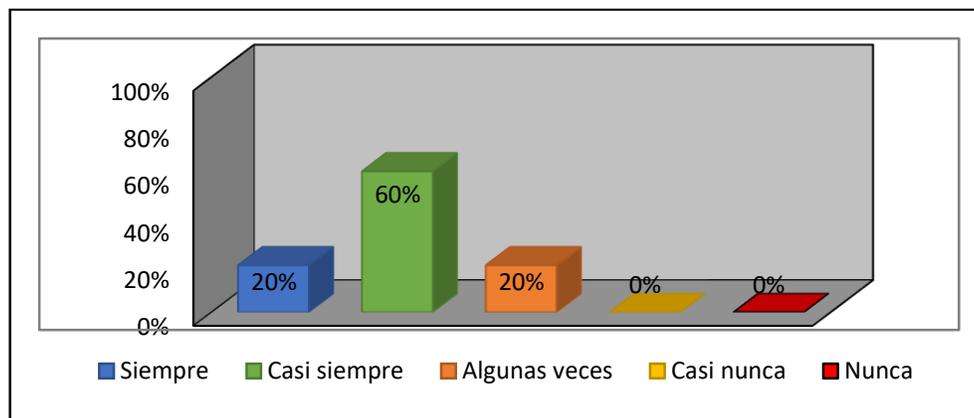
Tabla 16 – Eficiencia en la resolución de fallas

<i>Alternativas</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Cantidad</i>
<i>Siempre</i>	20%	2
<i>Casi siempre</i>	60%	6
<i>Algunas veces</i>	20%	2
<i>Casi nunca</i>	0%	0
<i>Nunca</i>	0%	0
Total	100%	10

Fuente: Elaboración propia

Media	2.00
Intervalo de confianza @ 95%	[1.587 - 2.413]
Desviación estándar	0.667
Error estándar	0.211

Figura 24 - Eficiencia en la resolución de fallas



Fuente: Tabla 17

Las respuestas en esta pregunta dan como resultado que en la empresa papelera Interpretación: Trupal el 20% de trabajadores dicen que siempre el personal de mantenimiento es eficiente en la resolución de las fallas, el 60% que casi siempre son eficientes y el 20% que sólo son eficientes algunas veces; teniendo como

promedio un valor de 2.

c) ¿Existe buena comunicación entre el personal de mantenimiento y operación que permita analizar y resolver la falla?

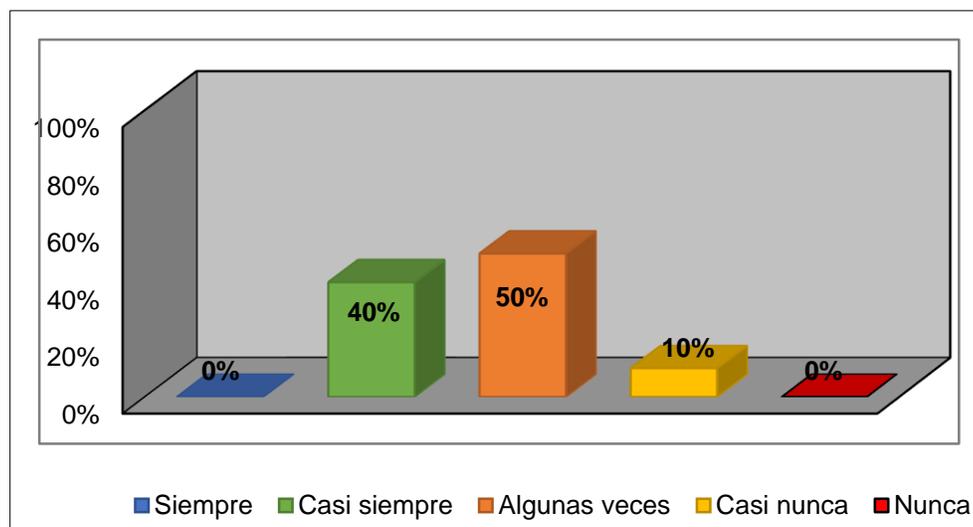
Tabla 17 - Falta de comunicación entre el personal de mantenimiento y operación

<i>Alternativas</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Cantidad</i>
<i>Siempre</i>	0%	0
<i>Casi siempre</i>	40%	4
<i>Algunas veces</i>	50%	5
<i>Casi nunca</i>	10%	1
<i>Nunca</i>	0%	0
Total	100%	10

Fuente: Elaboración propia

Media 2.70
Intervalo de confianza @ 95% [2.282 - 3.118]
Desviación estándar 0.675
Error estándar 0.213

Figura 25 - Falta de comunicación entre el personal de mantenimiento y operación



Fuente: Tabla 18

Interpretación: en esta encuesta se tiene como resultado que 4 personas equivalente al 40% indican que casi siempre existe una comunicación eficaz entre el personal de mantenimiento y el de operación; 5 personas equivalente al 50% manifiestan que sólo algunas veces existe esta comunicación y sólo 1 persona manifiesta que casi nunca existe esta comunicación.

d) ¿Se tiene los repuestos necesarios para la reparación de un equipo?

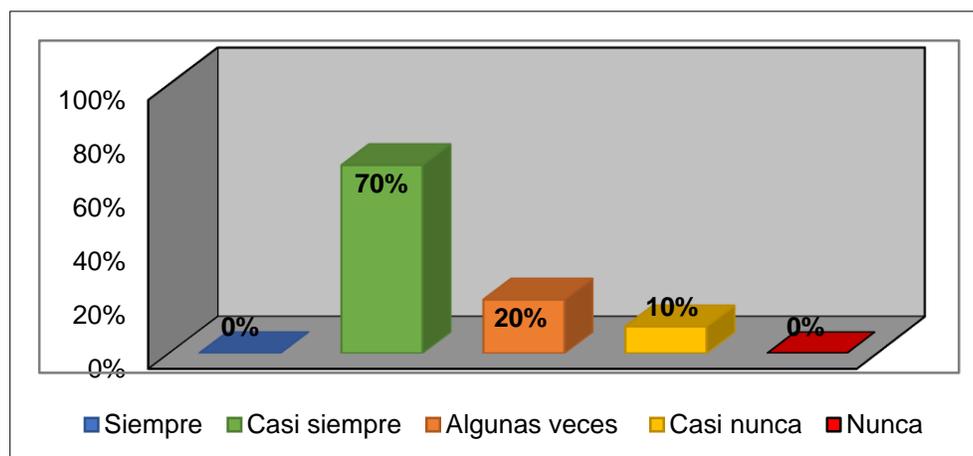
Tabla 18 - Repuestos necesarios para reparación de equipos

<i>Alternativas</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Cantidad</i>
<i>Siempre</i>	0%	0
<i>Casi siempre</i>	70%	7
<i>Algunas veces</i>	20%	2
<i>Casi nunca</i>	10%	1
<i>Nunca</i>	0%	0
Total	100%	10

Fuente: Elaboración propia

Media	2.40
Intervalo de confianza @ 95%	[1.967 - 2.833]
Desviación estándar	0.699
Error estándar	0.221

Figura 26 - Repuestos necesarios para reparación de equipos



Fuente: Tabla 19

Interpretación: Según los resultados que se tiene en esta pregunta nos dice que en la empresa papelera Trupal 7 trabajadores indican que casi siempre existen repuestos para la reparación de los equipos, con una equivalencia del 70%; 2 personas indican que sólo algunas veces se tiene los repuestos y 1 persona indica que casi nunca se tiene los repuestos.

e) ¿Se tiene herramientas de trabajo e insumos para la ejecución del mantenimiento?

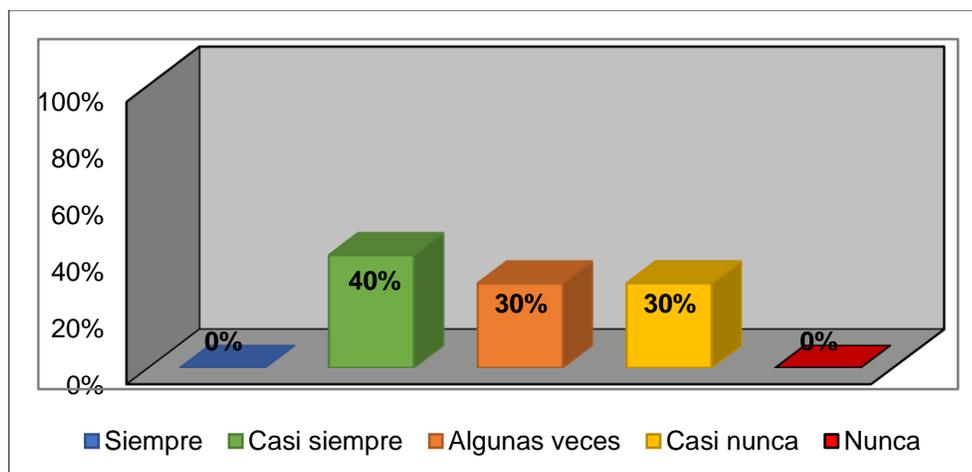
Tabla 19 – Herramientas e insumos

<i>Alternativas</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Cantidad</i>
<i>Siempre</i>	0%	0
<i>Casi siempre</i>	40%	4
<i>Algunas veces</i>	30%	3
<i>Casi nunca</i>	30%	3
<i>Nunca</i>	0%	0
Total	100%	10

Fuente: Elaboración propia

Media 2.90
 Intervalo de confianza [2.357 -
 @ 95% 3.443]
 Desviación estándar 0.876
 Error estándar 0.277

Figura 27 - Herramientas de trabajo e insumos



Fuente: Tabla 20

Interpretación: Podemos definir que el 40% de trabajadores indican que cuando se realiza actividades de mantenimiento casi siempre dejan el área de trabajo limpia y ordenada, el 30% nos dice que algunas veces lo hacen y el 30% restante revelan que casi nunca lo realizan.

f) ¿Se tiene implementado procedimientos de trabajo para la ejecución de las actividades de mantenimiento?

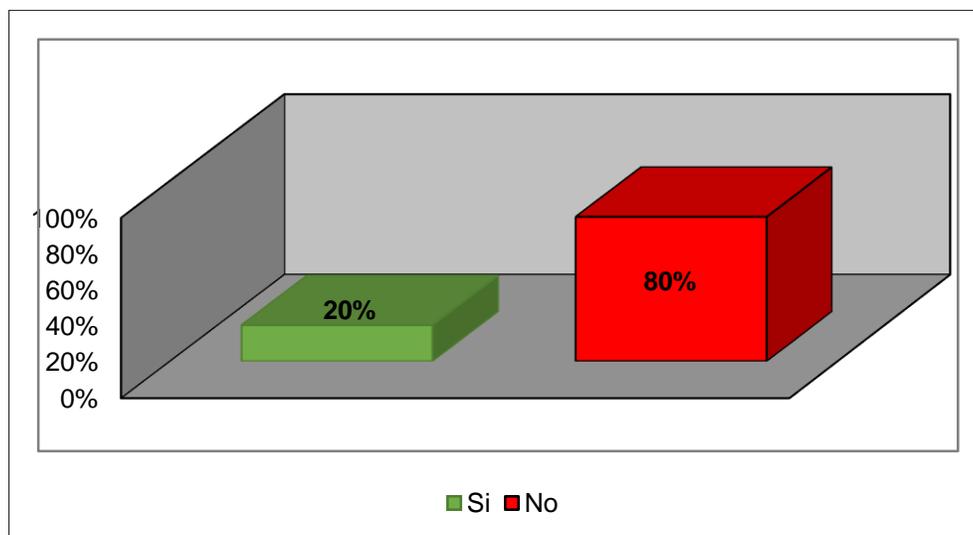
Tabla 20 - Implementación de procedimientos de trabajo

<i>Alternativas</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Cantidad</i>
<i>Si</i>	20%	2
<i>No</i>	80%	8
Total	100%	10

Fuente: Elaboración propia

Media	1.80
Intervalo de confianza @ 95%	[1.539 - 2.061]
Desviación estándar	0.422
Error estándar	0.133

Figura 28 - Implementación de procedimientos de trabajo



Fuente: Tabla 21

Interpretación: Los resultados de esta pregunta nos dice que en la empresa papelera Trupal el 80% de trabajadores indican que no existen procedimientos de trabajo y el 2% que si se tiene.

g) ¿Se tiene implementado indicadores en la gestión de mantenimiento?

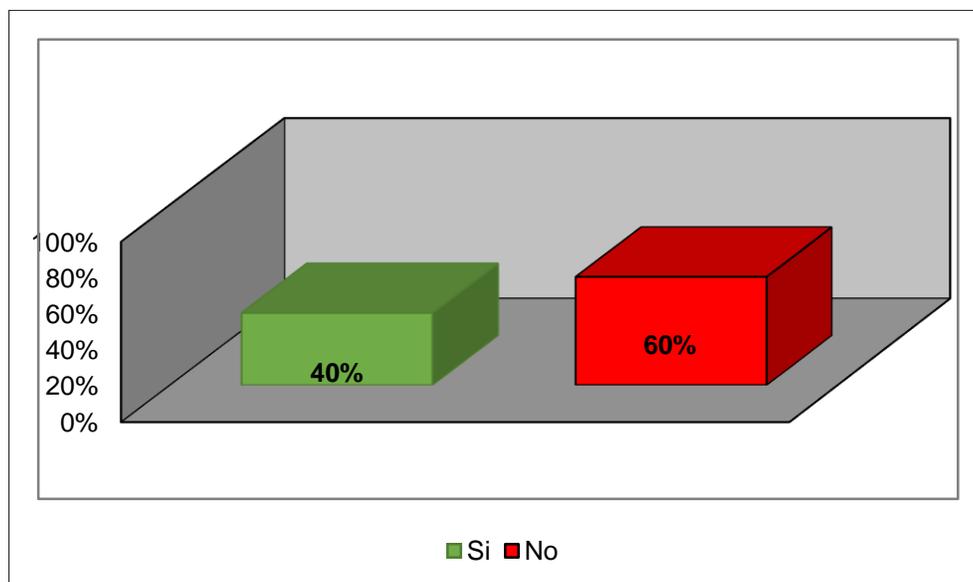
Tabla 21 - Implementación de la gestión de mantenimiento

Alternativas	Porcentaje	Cantidad
Si	40%	4
No	60%	6
Total	100%	10

Fuente: Elaboración propia

Media	1.60
Intervalo de confianza @ 95%	[1.280 - 1.920]
Desviación estándar	0.516
Error estándar	0.163

Figura 29 - Implementación de la gestión de mantenimiento



Fuente: Tabla 22

Interpretación: En este resultado el 60% del personal encuestado dice en la empresa papelera no se tiene implementado los indicadores de gestión y el 40% que sí.

h) ¿Se tiene algún Software de mantenimiento que permita ver en tiempo real las actividades realizadas a diario?

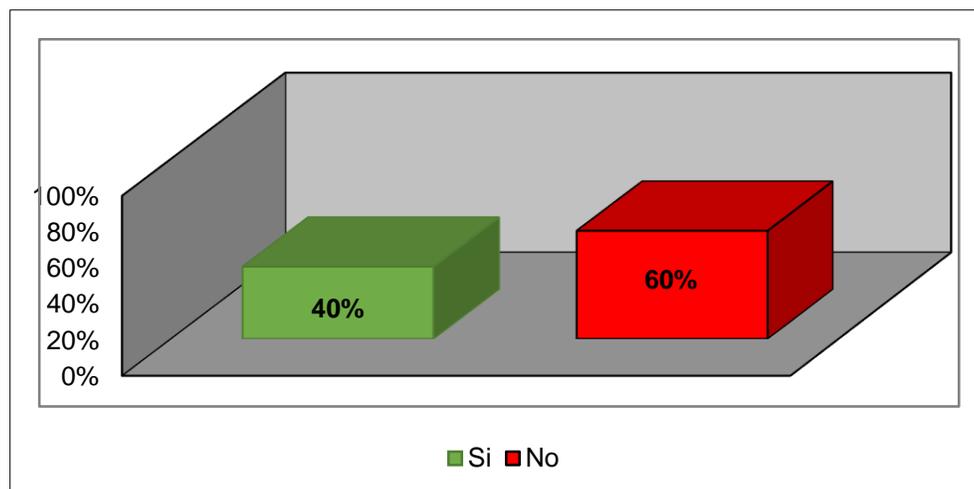
Tabla 22 - Software de mantenimiento

Alternativas	Porcentaje	Cantidad
Si	40%	4
No	60%	6
Total	100%	10

Fuente: Elaboración propia

Media	1.60
Intervalo de confianza @ 95%	[1.280 - 1.920]
Desviación estándar	0.516
Error estándar	0.163

Figura 30 - Software de mantenimiento



Fuente: Tabla 23

Interpretación: En esta pregunta se tiene como resultado que 6 trabajadores

equivalente al 60% indican que no se tiene la implementación de un software de mantenimiento que permita verificar en tiempo real las actividades de mantenimiento y el 40% indican que si se tiene.

i) ¿Se realiza capacitaciones al personal de mantenimiento continuamente?

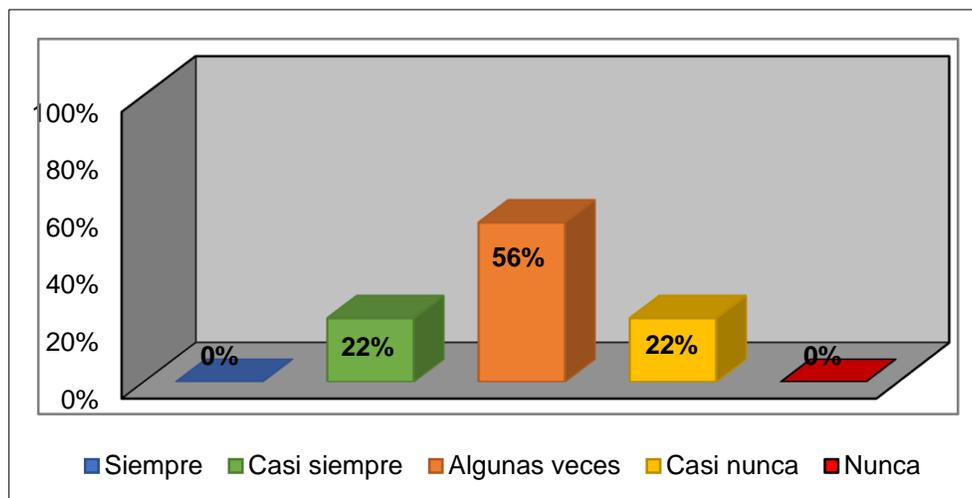
Tabla 23 - Capacitación al personal de mantenimiento

<i>Alternativas</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Cantidad</i>
<i>Siempre</i>	0%	0
<i>Casi siempre</i>	22%	2
<i>Algunas veces</i>	56%	5
<i>Casi nunca</i>	22%	2
<i>Nunca</i>	0%	0
Total	100%	9

Fuente: Elaboración propia

Media	3.00
Intervalo de confianza @ 95%	[2.538 - 3.462]
Desviación estándar	0.707
Error estándar	0.236

Figura 31 - Capacitación al personal de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En esta pregunta tenemos cómo resultado que el 22% de trabajadores indican que casi siempre se realiza las capacitaciones al personal, el 56% opina que algunas veces sólo se realizan las capacitaciones y el 22% indican que casi nunca se realiza esta actividad.

j) ¿Se tiene un plan de renovación de equipos?

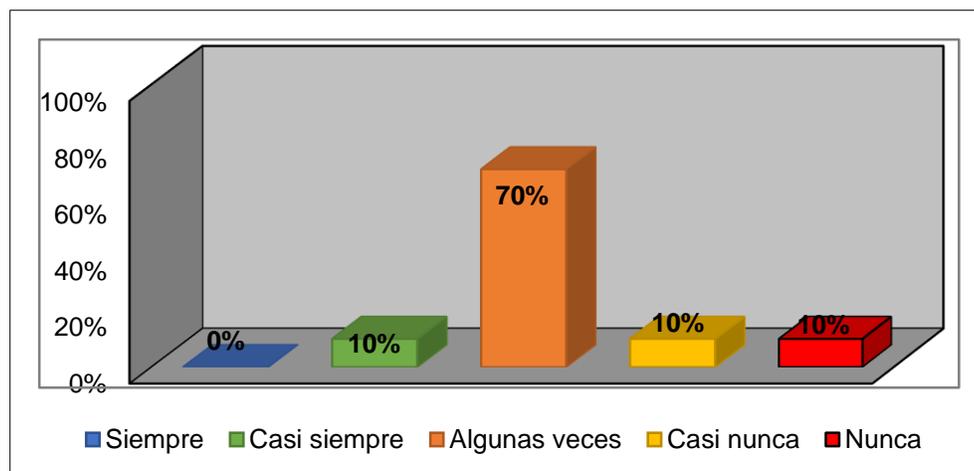
Tabla 24 - Requerimiento de materiales

Alternativas	Porcentaje	Cantidad
Siempre	0%	0
Casi siempre	10%	1
Algunas veces	70%	7
Casi nunca	10%	1
Nunca	10%	1
Total	100%	10

Fuente: Elaboración propia

Media 3.20
 Intervalo de confianza @ 95% [2.711 - 3.689]
 Desviación estándar 0.789
 Error estándar 0.249

Figura 32 - Requerimiento de materiales



Fuente: Tabla 25

Interpretación: Podemos definir que el 1% de trabajadores indican que casi siempre existe un plan de renovación, el 70% que algunas veces se tiene el plan, el 1% indican que casi nunca se tiene el plan de renovación y el 1% restante indica que no se tiene un plan de renovación de equipos.

En la tabla 25 se realizó a detalle el análisis de las encuestas realizadas al personal de mantenimiento y operación teniendo como resultado la media, desviación estándar, error estándar e intervalo de confianza, utilizando las siguientes fórmulas:

$$\text{Media} = \bar{x} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots}{N}$$

$$\text{Desviación estándar} = S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

$$\text{Error estándar} = e = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$\text{Intervalo de confianza} = IC = X \pm 1.96(e)$$

Tabla 25 - Análisis de encuestas

	¿Se tiene una planificación de mantenimiento preventivo?	¿El personal de mantenimiento es eficiente en la resolución de fallas y evitan que se vuelvan a ocurrir?	¿Existe buena comunicación entre el personal de mantenimiento y operación que permita analizar y resolver la falla?	¿Se tienen los repuestos necesarios para la reparación de un equipo?	¿Se tienen herramientas de trabajo e insumos para la ejecución del mantenimiento?	¿Se tiene implementado procedimientos de trabajo para la ejecución de las actividades de mantenimiento?	¿Se tienen implementados indicadores en la gestión de mantenimiento?	¿Se tiene algún Software de mantenimiento que permita ver en tiempo real las actividades realizadas a diario?	¿Se realizan capacitaciones al personal de mantenimiento continuamente?	¿Se tiene un plan de renovación de equipos?
Encuestado 1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2
Encuestado 2	1	1	2	2	2	1	1	1	2	3
Encuestado 3	1	2	2	2	2	2	1	1	3	3
Encuestado 4	2	2	2	2	2	2	1	1	3	3
Encuestado 5	2	2	3	2	3	2	2	2	3	3
Encuestado 6	2	2	3	2	3	2	2	2	3	3
Encuestado 7	2	2	3	2	3	2	2	2	3	3
Encuestado 8	2	2	3	3	4	2	2	2	4	3
Encuestado 9	2	3	3	3	4	2	2	2	4	4
Encuestado 10	2	3	4	4	4	2	2	2	4	5
Media	1.70	2.00	2.70	2.40	2.90	1.80	1.60	1.60	3.10	3.20
Desviación Estándar	0.483	0.667	0.675	0.699	0.876	0.422	0.516	0.516	0.738	0.789
Error Estándar	0.153	0.211	0.213	0.221	0.277	0.133	0.163	0.163	0.233	0.249
Intervalo de Confianza 95%	1.401	1.587	2.282	1.967	2.357	1.539	1.280	1.280	2.643	2.711
	1.999	2.413	3.118	2.833	3.443	2.061	1.920	1.920	3.557	3.689

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo el promedio de todas las encuestas realizadas al personal de mantenimiento y operación teniendo como resultado que de acuerdo al impacto como se detalla en la tabla 26 y 27, 4 preguntas tienen prioridad alta, esto quiere decir que en la empresa papelera no hay una buena comunicación entre el personal de mantenimiento y operación, falta de orden y limpieza al culminar alguna operación, no se realiza las capacitaciones necesarias para el personal y no hay un plan de renovación para el cambio de equipos que ya se encuentran obsoletos; 6 preguntas dieron un nivel de prioridad regular considerando que en la máquina papelera no se tiene una planificación del mantenimiento preventivo, el personal de mantenimiento no es muy eficiente en la resolución de problemas, no se tiene los repuestos necesarios para la reparación de un equipo, no hay procedimientos de trabajo, no se tiene indicadores de gestión de mantenimiento y no se tiene un software de mantenimiento que nos permita ver en tiempo real las actividades ejecutadas.

Las prioridades planteadas para las encuestas realizadas al personal de operación y mantenimiento de la máquina papelera se tomaron en consideración lo siguiente:

- Para las preguntas a, f, g y h con alternativas Si o No el rango de prioridades son: 3 nivel alto y 2 nivel bajo (Tabla 26). El resultado es tomado según el valor del porcentaje obtenido, considerando el de mayor valor con nivel de prioridad alto y el de valor menor con nivel bajo.

Tabla 26 - Nivel de prioridades - Alternativas Si o No

ALTO	BAJO
3	2

Fuente: Elaboración propia

- Para las preguntas b, c, d, e, i y j con alternativas Nunca, Casi nunca, Algunas veces, Casi siempre, Siempre; se ha considerado los rangos de prioridades con: 3 nivel alto, 2 nivel medio y 1 nivel bajo (Tabla 27)

Tabla 27 – Rango de prioridades

ALTO	REGULAR	BAJO
3	2	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28 - Resultado de encuestas

ITEM	PREGUNTAS	Promedio de encuestas
a	¿Se tiene una planificación de mantenimiento preventivo?	3
b	¿El personal de mantenimiento es eficiente en la resolución de fallas y evitan que se vuelvan a ocurrir?	2
c	¿Existe buena comunicación entre el personal de mantenimiento y operación que permita analizar y resolver la falla?	3
d	¿Se tiene los repuestos necesarios para la reparación de un equipo?	2
e	¿Se tiene herramientas de trabajo e insumos para la ejecución del mantenimiento?	2
f	¿Se tiene implementado procedimientos de trabajo para la ejecución de las actividades de mantenimiento?	3
g	Se tiene implementado indicadores en la gestión de mantenimiento	3
h	¿Se tiene algún Software de mantenimiento que permita ver en tiempo real las actividades realizadas a diario?	3
i	¿Se realiza capacitaciones al personal de mantenimiento continuamente?	3
j	Las instalaciones de la planta papelera cumplen con el orden y limpieza	3

Fuente: Elaboración propia

Estos problemas serán plasmados en el diagrama de Ishikawa (Imagen 36) porque nos va a permitir realizar un análisis de las causas encontradas y tener una mayor visibilidad de los problemas a solucionar.

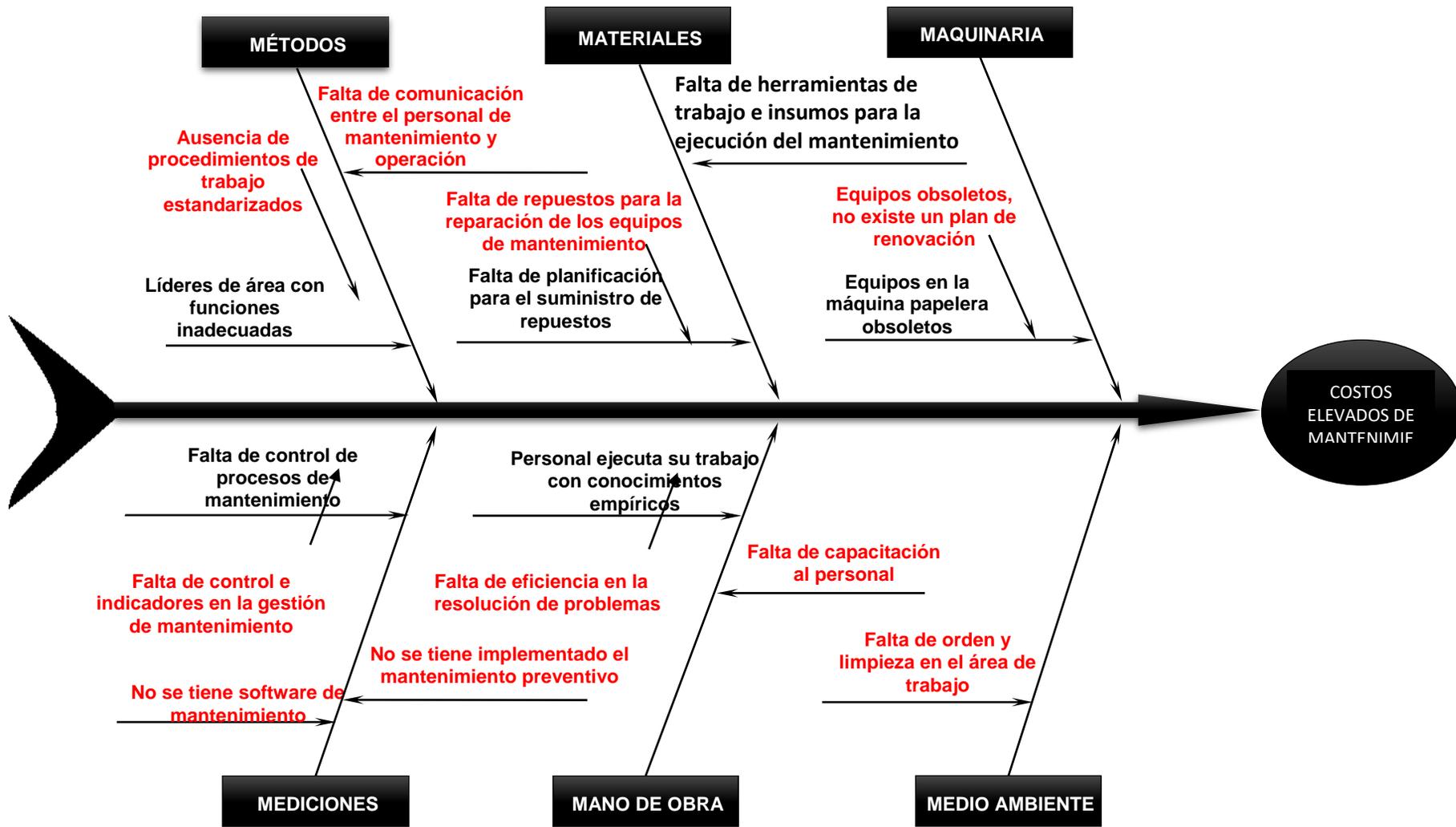


Figura 33 - Diagrama de Ishikawa Máquina Papelera

Fuente: Elaboración propia

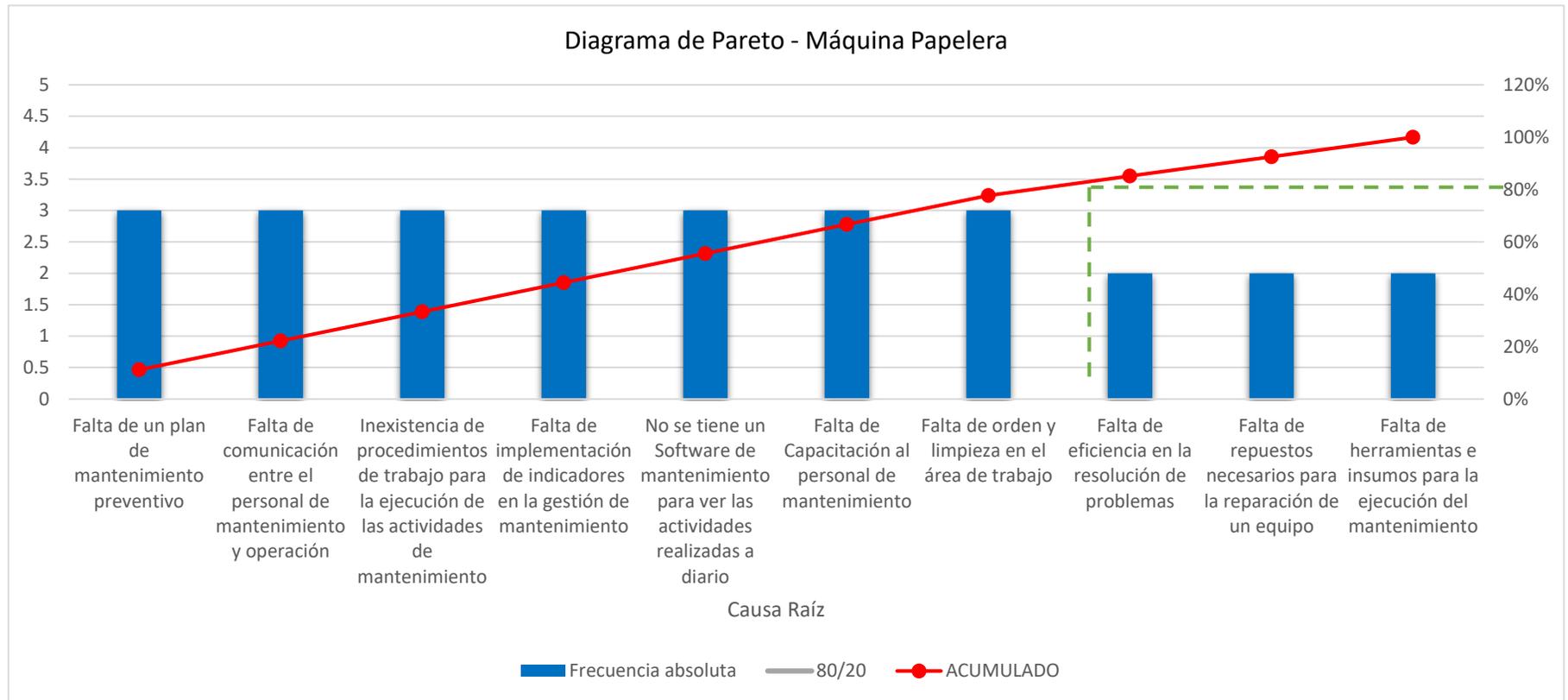
Luego de conocer las causas que originan los costos elevados de mantenimiento en la máquina papelera **tabla 29** desarrollamos la información realizando la matriz de priorización y ordenar las causas de mayor a menor, según el impacto que se han obtenido en las encuestas.

Tabla 29 - Impacto de las encuestas

Item	Causas	Impacto según encuesta	% impacto	% acumulado	80/20
CR1	Falta de un plan de mantenimiento preventivo	3	11%	11%	80
CR3	Falta de comunicación entre el personal de mantenimiento y operación	3	11%	22%	80
CR6	Inexistencia de procedimientos de trabajo para la ejecución de las actividades de mantenimiento	3	11%	33%	80
CR7	Falta de implementación de indicadores en la gestión de mantenimiento	3	11%	44%	80
CR8	No se tiene un Software de mantenimiento para ver las actividades realizadas a diario	3	11%	56%	80
CR9	Falta de Capacitación al personal de mantenimiento	3	11%	67%	80
CR10	Falta de orden y limpieza en el área de trabajo	3	11%	78%	80
CR2	Falta de eficiencia en la resolución de problemas	2	7%	85%	80
CR4	Falta de repuestos necesarios para la reparación de un equipo	2	7%	93%	80
CR5	Falta de herramientas e insumos para la ejecución del mantenimiento	2	7%	100%	80
TOTAL		27			

Fuente: Elaboración propia

Figura 34 - Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia

Del diagrama de Pareto Figura 38 se han identificado 7 causas raíces, que han sido del resultado de las encuestas realizadas al personal de mantenimiento y de operación y estas llevadas a una priorización de causas que deben ser medidas a través de indicadores y así identificar las herramientas de mejora a aplicar Tabla 30.

Tabla 30 - Herramientas de mejora

<i>Item</i>	<i>Sub causas</i>	<i>Herramienta de mejora</i>
<i>CR1</i>	Falta de una planificación de mantenimiento preventivo	<i>Análisis de Criticidad de Equipos, AMEF, Indicadores de mantenimiento, Plan de Mantenimiento Preventivo</i>
<i>CR4</i>	Falta de repuestos necesarios para la reparación de un equipo	
<i>CR5</i>	Falta de herramientas e insumos para la ejecución del mantenimiento	
<i>CR10</i>	Falta de orden y limpieza en las instalaciones de la planta papelera	<i>programa de capacitación - 5S´</i>
<i>CR3</i>	Falta de comunicación entre el personal de mantenimiento y operación que permita analizar y resolver la falla	
<i>CR9</i>	Falta de capacitaciones al personal de mantenimiento continuamente	
<i>CR2</i>	El personal de mantenimiento no es eficiente en la resolución de fallas y evitan que se vuelvan a ocurrir	

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis se considera todos los equipos de la máquina papelera, y tener jerarquías de los equipos según el impacto y esto nos va a facilitar la toma de decisiones.

Se tomarán en cuenta los siguientes factores para determinar la elección de los equipos críticos

- La cantidad de veces que un equipo falla

Tabla 31 - Frecuencia de falla

Frecuencia de falla	Valor
Menos de 1 falla por año	1
Entre 1 y 4 fallas por año	2
Entre 5 y 8 fallas por año	3
Entre 9 y 12 fallas por año	4
Mayor a 13 fallas por año	5

Fuente: (FLORES, y otros, 2020)

- El porcentaje afectado de producción que es afectado al momento que ocurre la falla

Tabla 32 - Impacto operacional

Impacto operacional	Valor
Parada total del equipo	3
Parada del sub sistema y tiene repercusión sobre otros	2
Impacta en niveles de calidad	1
No genera ningún efecto significativo	0

Fuente: (FLORES, y otros, 2020)

- Posibilidad de realizar un cambio oportuno y rápido y seguir con la producción.

Tabla 33 - Flexibilidad

Flexibilidad	Valor
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	3
Hay opción de repuesto en almacén	2
Existe opción de producción	1

Fuente: (FLORES, y otros, 2020)

- El tiempo de mantenimiento que se tome para la reparación del equipo.

Tabla 34 - Tiempo promedio para reparar

Tiempo promedio para reparar	Valor
Menos de 2 horas	1
Entre 2 y 8 horas	2
Entre 8 y 24 horas	3
Más de 24 horas	4

Fuente: (FLORES, y otros, 2020)

- El costo de mantenimiento que se incurra en la reparación del equipo.

Tabla 35 - Costo de mantenimiento

Costo de mantenimiento	Valor
Menos de 5,000 soles	0
Entre 5,000 y 10,000 soles	2
Más de 10,000 soles	3

Fuente: (FLORES, y otros, 2020)

- Es el impacto que pueda ocasionar al personal

Tabla 36 - Impacto a la seguridad

Impacto a la seguridad	Valor
Afecta seguridad humana	4
Afecta a las instalaciones causando daño severo	3
Provoca daños menores	2
No provoca daños menores	1

Fuente: (FLORES, y otros, 2020)

- Es el impacto que pueda ocasionar al medio ambiente

Tabla 37 - Impacto ambiental

Impacto ambiental	Valor
Si	1
No	0

Fuente: (FLORES, y otros, 2020)

Tabla 38 - Análisis de criticidad

ANÁLISIS DE CRITICIDAD				FACTORES EVALUADOS							RESULTADO DE ANÁLISIS		
LÍNEAS	SISTEMA	CÓDIGO	EQUIPOS	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (TPPR)	COSTO DE MANTENIMIENTO	IMPACTO A LA SEGURIDAD	IMPACTO AMBIENTAL	CONSECUENCIA	RIESGO TOTAL	NIVEL DE CRITICIDAD
Máquina Papelerera	Aproximación	20002703	AGITADOR DE PASTA 06 DE TANQUE MAQUINA	8	2	3	3	3	1	0	22	176	Alto
		20002704	MOTOR D_AGITADOR D_PASTA 06 D_TQ_MAQUINA	4	2	3	3	1	1	0	20	80	Medio
		20002705	MOTOR DE BOMBA TQ MAQUINA DE PASTA 06	6	2	2	3	2	1	0	15	90	Medio
		20002706	BOMBA DE PASTA 06 (BOMBA TQ MAQUINA)	9	2	2	3	3	1	0	16	144	Alto
		20002710	BOMBA DE PASTA 07 (BOMBA TK REGULADOR)	6	2	3	3	2	1	0	21	126	Alto
		20002717	MOTOR D_BOMBA AGUA MAQUINA 01	1	2	2	3	1	1	0	14	14	Bajo
		20002718	BOMBA AGUA 01 AL PROCESO (AGUA MAQUINA)	10	2	2	3	3	2	0	17	170	Alto
		20002719	MOTOR DE BOMBA FAN 01	14	3	3	4	1	2	0	39	546	Alto
		20002720	BOMBA FAN 01	29	3	3	4	1	2	0	39	1131	Alto
		20002728	MOTOR BOMBA PRIMARIOS DE PASTA 08	19	3	3	4	1	1	0	38	722	Alto
		20002729	BOMBA DE PASTA 08 (BOMBA PRIMARIOS)	30	3	3	4	3	1	0	40	1200	Alto
		20002730	MOTOR DE BOMBA SECUNDARIOS DE PASTA 09	2	1	2	3	3	1	0	10	20	Bajo
	20002731	BOMBA DE PASTA 09 (BOMBA SECUNDARIOS)	33	1	2	3	3	1	0	10	330	Alto	
	Formación	20002754	COMPRESOR 02 DEL HEAD BOX 01	5	2	1	2	3	1	0	8	40	Bajo
		20002755	MOTOR DE COMPRESOR 02 DEL HEAD BOX 01	6	2	1	2	2	1	0	7	42	Bajo
		10016603	BOMBA DE AGUA CHORRO CORTADOR	14	1	1	1	3	1	0	5	70	Medio
		20002833	MOTOR D_BOMBA D_AGUA 01 POZO DE TELA	7	0	3	3	2	2	0	4	28	Bajo
		20002834	BOMBA DE AGUA 01 POZO DE TELA B18 A	4	3	3	3	3	2	0	32	128	Alto
		20002837	MOTOR D_BOMBA AGUA 03 SELLO A GLANES	0	2	3	3	0	1	0	19	0	Bajo
		20002838	BOMBA DE AGUA 03 SELLO A GLANES D BOMBAS	7	2	3	3	3	1	0	22	154	Alto
Prensas	20002843	MOTOR DE POLIN 01 GUIA D_PAPEL PRENSA 01	2	2	2	2	3	1	0	12	24	Bajo	
	20002844	REDUCTOR D_POLIN 1 GUIA D_PAPEL PRENSA 1	5	2	2	2	3	1	0	12	60	Medio	

	20002854	MOTOR DE ROLLO DE SUCCION 01	2	3	3	4	1	1	0	38	76	Medio
	20002855	REDUCTOR DE ROLLO DE SUCCION 01	4	3	3	4	3	1	0	40	160	Alto
	20002872	MOTOR DE POLIN 09 GUIA D_PAPEL PRENSA 02	0	3	3	3	3	1	0	31	0	Bajo
	20002873	REDUCTOR POLIN 09 GUIA PAPEL-PRENSA 02	4	3	3	3	3	1	0	31	124	Alto
	20002883	MOTOR DE ROLLO DE SUCCION 02	3	3	3	4	3	1	0	40	120	Alto
	20002884	REDUCTOR DE ROLLO DE SUCCION 02	2	3	3	4	3	1	0	40	80	Medio
	20002901	MOTOR POLIN GUIA PAPEL 10HP - PRENSA 3	2	3	2	2	3	1	0	16	32	Bajo
	20002902	REDUCTOR POLIN 17 GUIA PAPEL-PRENSA 3	8	3	2	2	3	1	0	16	128	Alto
	20002910	ROLLO VENTA NIP 01	3	3	3	4	3	1	0	40	120	Alto
	20002912	MOTOR DE ROLLO VENTA NIP 01	0	3	3	4	1	1	0	38	0	Bajo
	20002913	REDUCTOR DE ROLLO VENTA NIP 01	1	3	3	4	1	1	0	38	38	Bajo
Secadores	20002933	MOTOR GRUPO SECADOR 01	5	3	3	4	1	1	0	38	190	Alto
	20002934	REDUCTOR DE GRUPO SECADOR 01	3	3	3	4	1	1	0	38	114	Medio
	20003003	MOTOR D_BOMBA DE VACIO GRUPO SE CADOR 01	2	3	3	4	2	1	0	39	78	Medio
	20003004	BOMBA DE VACIO GRUPO SE CADOR 01	4	3	3	3	2	1	0	30	120	Alto
	10015947	MOTOR GRUPO SECADOR 02	4	3	3	4	1	1	0	38	152	Alto
	20003008	REDUCTOR DE GRUPO SECADOR 02	1	3	3	4	2	1	0	39	39	Bajo
	10015948	MOTOR GRUPO SECADOR 03	3	3	3	4	1	1	0	38	114	Medio
	20003096	REDUCTOR DE GRUPO SECADOR 03	1	3	3	4	2	1	0	39	39	Bajo
	10015949	MOTOR GRUPO SECADOR 04	2	3	3	4	1	1	0	38	76	Medio
	20003175	REDUCTOR DE GRUPO SECADOR 04	1	3	3	4	1	1	0	38	38	Bajo
	10015950	MOTOR GRUPO SECADOR 05	3	3	3	4	1	1	0	38	114	Medio
20003228	REDUCTOR DE GRUPO SECADOR 05	6	3	3	4	3	1	0	40	240	Alto	
Calandria y Bobinado	10015951	MOTOR DE CALANDRIA	3	1	2	3	1	1	0	8	24	Bajo
	20003284	REDUCTOR - ROLLO DE CALANDRIA	0	1	2	4	2	1	0	11	0	Bajo
	10015952	MOTOR DE BOBINADORA	2	3	3	4	2	1	0	39	78	Medio
	20003299	REDUCTOR DE BOBINADORA	3	3	3	4	2	1	0	39	117	Medio
	20003312	BOMBA HIDRAULICA DE BOBINADORA	2	3	2	2	2	1	0	15	30	Bajo
	20003313	SCANNER MEDIDOR DE PESO Y HUMEDAD	4	2	1	1	1	1	0	4	16	Bajo

	Medidor de Peso y Humedad	20003314	UNIDAD DE COMPUTO MEDIDOR PESO Y HUMEDAD	1	2	1	1	1	1	0	4	4	Bajo
		20003315	VENTILADOR DE SCANER MEDIDOR DE PESO	2	2	1	1	1	1	0	4	8	Bajo
		20003318	ENFRIADOR D_ESCANER-MEDIDOR DE PESO Y H.	1	2	1	1	1	1	0	4	4	Bajo

Fuente: Empresa Papelera

Tabla 39 - Criterios de evaluación

Niveles de criticidad		
Rango	Nivel	Criticidad
Riesgo > 120	Crítico	
$60 \geq \text{riesgo} \geq 120$	Semicrítico	Medio
Riesgo < 60	No crítico	Bajo

Fuente: Elaboración propia

Del análisis realizado en la tabla 38 se muestra el resultado de la criticidad de los equipos de la máquina papelera en donde se dio valores de niveles de criticidad según tabla 39, en donde el equipo más crítico es la bomba de pasta 08 (Bomba Primarios) con 1200 puntos, lo que significa que este equipo es crítico y fundamental para las operaciones de planta, y cualquier desperfecto de este originaría pérdidas grandes a la empresa.

Para obtener los resultados de criticidad de los equipos utilizamos las siguientes fórmulas:

$$\boxed{\textit{Criticidad} = \textit{Frecuencia} * \textit{Consecuencia}}$$

En donde:

$$\boxed{\textit{Consecuencia} = (\textit{IO} * \textit{F} * \textit{TPPR}) + \textit{CM} + \textit{IS} + \textit{IA}}$$

Leyenda:

I.O.= Impacto Operacional

F= Frecuencia

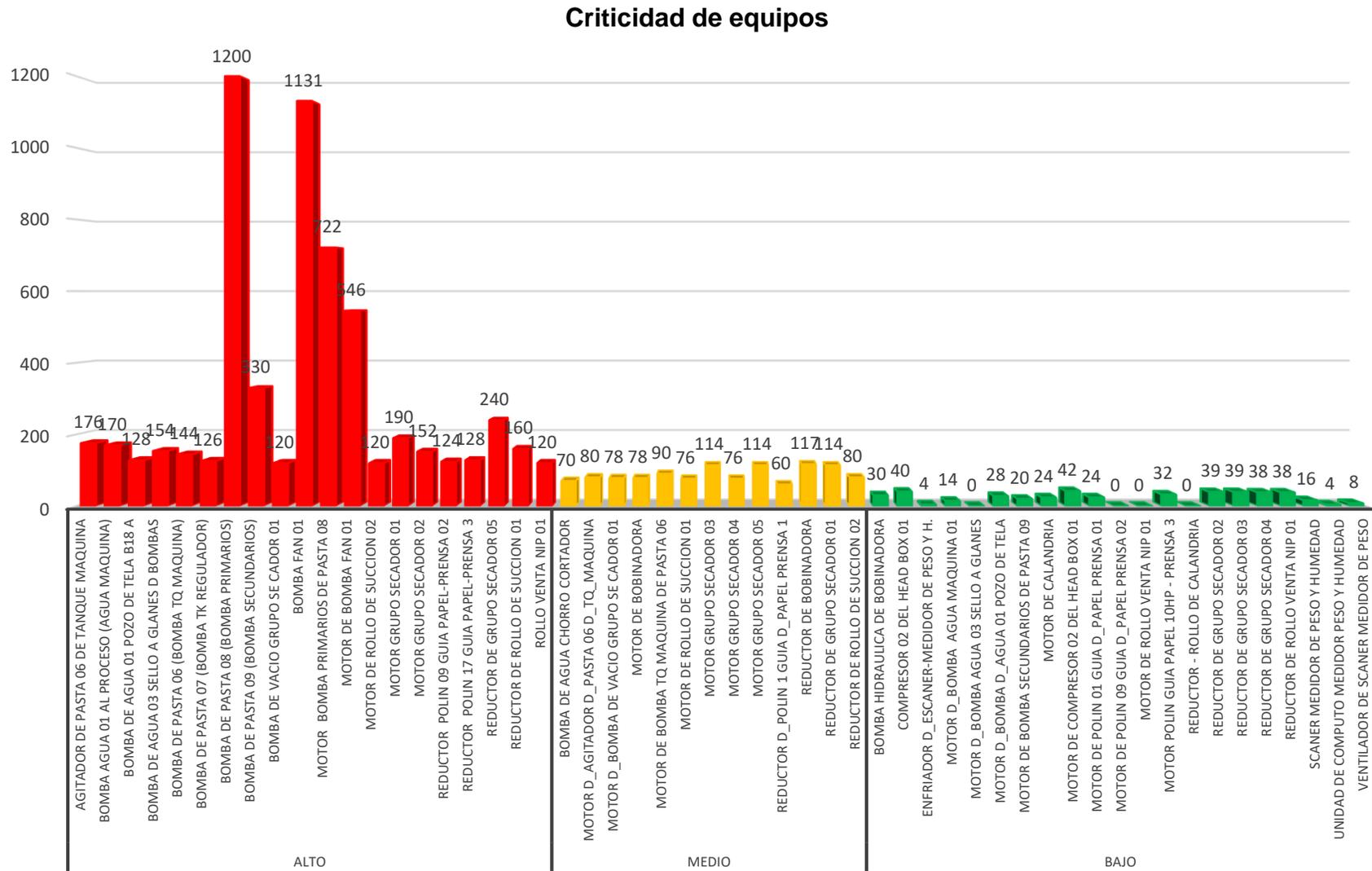
TPPR = Tiempo Promedio Para Reparar

CM = Costo de Mantenimiento

IS = Impacto a la seguridad

IA = Impacto ambiental

Figura 35 - Detalle de equipos según su criticidad



Fuente: Elaboración propia

En la figura 40 verificamos que en la máquina papelera se tiene 10 equipos críticos, cómo son: agitador de pasta 06 de tanque, bomba de agua 01 pozo de tela B18 A, bomba de pasta 06(Bomba tanque de máquina), bomba de pasta 08 (Bomba primarios), Bomba de vacío grupo secador 01, motor bomba primarios de pasta 08, motor del rollo de succión 02, motor grupo secador 02, reductor polín 17 guía de papel-prensa 3, reductor de rollo de succión 01, tal y cómo se detalla en la tabla 37.

En la Figura 41 el porcentaje de equipos según criticidad se clasifica cómo: El 37% de equipos tienen un nivel alto de criticidad, el 24% de ellos con nivel medio de criticidad y el 39% de equipos con un nivel de criticidad bajo, donde se toma la decisión de atender con prioridad los equipos que tienen nivel alto en la criticidad según el análisis realizado en la tabla 38.

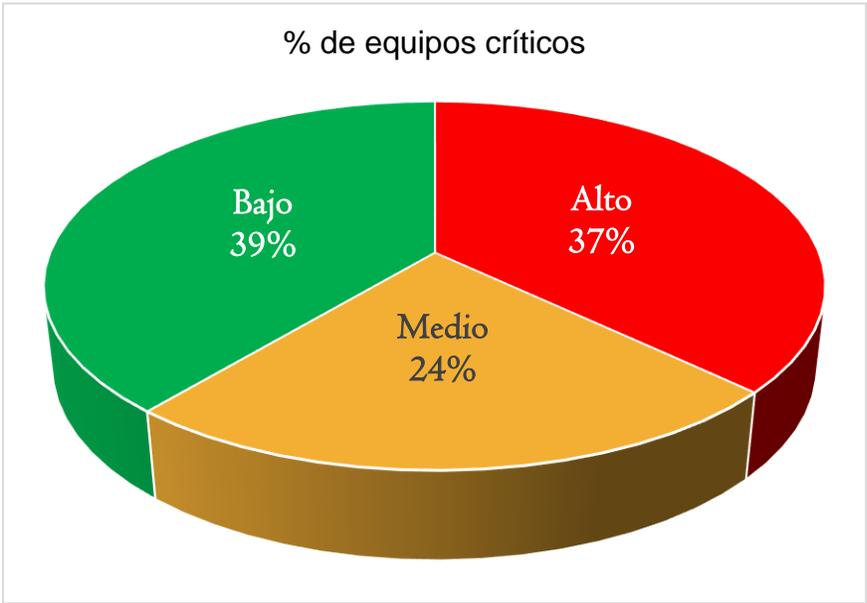


Figura 36 - % de equipos según criticidad

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40 - Lista de equipos con nivel de criticidad alta

Código	Equipos	Nivel de criticidad
0015947	Motor grupo secador 02	Alto
20002703	Agitador de pasta 06 de tanque maquina	Alto
20002706	Bomba de pasta 06 (bomba tq maquina)	Alto
20002710	Bomba de pasta 07 (bomba tk regulador)	Alto
20002718	Bomba agua 01 al proceso (agua maquina)	Alto
20002719	Motor de bomba fan 01	Alto
20002720	Bomba fan 01	Alto
20002728	Motor bomba primarios de pasta 08	Alto
20002729	Bomba de pasta 08 (bomba primarios)	Alto
20002731	Bomba de pasta 09 (bomba secundarios)	Alto
20002834	Bomba de agua 01 pozo de tela b18 a	Alto
20002838	Bomba de agua 03 sello a glanes d bombas	Alto
20002855	Reductor de rolo de succion 01	Alto
20002873	Reductor polin 09 guia papel-prensa 02	Alto
20002883	Motor de rolo de succion 02	Alto
20002902	Reductor polin 17 guia papel-prensa 3	Alto
20002910	Rollo venta nip 01	Alto
20002933	Motor grupo secador 01	Alto
20003004	Bomba de vacio grupo se cadador 01	Alto
20003228	Reductor de grupo secador 05	Alto

Fuente: Elaboración propia

Para detectar los problemas y efectos potenciales que ocurren en los equipos con nivel de criticidad alto según al criterio de evaluación realizada en la tabla 31, se desarrollará el método del AMEF (Análisis Modal de Fallos y Efectos) que permitirá: a) Identificar y evaluar las fallas que ocurren el proceso. b) Identificar las acciones que permitan eliminar o minimizar la probabilidad de que vuelvan a ocurrir. Esto resulta del cálculo del número prioritario de riesgo (NPR), cuyo resultado se obtiene multiplicando la ocurrencia con la severidad y la detección.

$$NPR = \text{Ocurrencia} * \text{Severidad} * \text{Detección}$$

Para realizar la puntuación en el análisis modal de fallos y efectos tomaremos en cuenta los siguientes criterios:

SEVERIDAD (S): (DaimlerChrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation, 2001) “Nos dice que está asociado con el efecto más serio para un efecto de falla ya dado”. Para reducir el índice de severidad sólo se realiza si hay un cambio de diseño.

Figura 37 - Criterio de evaluación de severidad

Severidad		
ASQ (American Society for Quality)		
Clasificación	Efecto	Criterio: Severidad de Efecto Definido (proceso)
10	Critico Peligroso: Sin Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afectan la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá SIN AVISO.
9	Critico Peligroso: Con Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afecta la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá CON AVISO.
8	Muy Alto	Interrupción mayor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea desechado. Ítem inoperable, pérdida de su función primaria. Cliente muy insatisfecho.
7	Alto	Interrupción menor a la línea de producción. Producto probablemente deba ser clasificada y una porción (menor al 100%) desechada. Ítem operable, pero a un nivel reducido de rendimiento. Cliente insatisfecho.
6	Moderado	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) probablemente deba ser desechada (no clasificada). Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia inoperables. Clientes experimentan incomodidad.
5	Bajo	Interrupción menor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea retrabajado. Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia operables a un nivel reducido de rendimiento. Cliente experimenta alguna insatisfacción.
4	Muy Bajo	Interrupción menor a la línea de producción. El producto probablemente deba ser clasificada y una porción (menor al 100%) retrabajada. Defecto percibido por la mayoría de los clientes.
3	Pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en línea pero fuera de la estación de trabajo. Defecto es percibido por el cliente promedio.
2	Muy Pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en la línea y en la estación de trabajo. Defecto es percibido solo por clientes expertos.
1	Ninguno	Ningún efecto.

Fuente: (Lean Solutions)

OCURRENCIA: Para (DaimlerChrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation, 2001) nos dice que viene a ser la probabilidad de que la causa que origina el problema ocurra y la forma de reducir esto es realizando diseños o nuevos procesos para controlar la ocurrencia.

Figura 38 - Criterio de evaluación de ocurrencia

Ocurrencia (Probabilidad de que pase)				
ASQ (American Society for Quality)				
Clasificación	Ocurrencia	Descripción	Frecuencia	Cpk (índice de capacidad real)
10	Muy Alta	La falla del proceso es casi inevitable	1 en 2	0.33
9			1 en 3	0.51
8	Alta	Procesos similares han presentado fallas	1 en 8	0.67
7			1 en 20	
6	Moderada	Muy pocas fallas ocasionales asociadas a procesos similares	1 en 80	0.83
5			1 en 400	1.00
4			1 en 2,000	1.17
3	Baja	Pocas fallas asociadas con procesos similares	1 en 15,000	1.33
2			1 en 150,000	1.5
1	Remota	Falla es improbable. Fallas nunca asociadas con procesos casi idénticos	< 1 en 1,500,000	> 1.67

Fuente: (Lean Solutions)

DETECCIÓN: (DaimlerChrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation, 2001) nos dice que tiene por objetivo lograr un rango menor, mejorando el diseño planeado.

Figura 39 - Criterio de evaluación de detección

Detección			
ASQ (American Society for Quality)			
Clasificación	Probabilidad de detección	Oportunidad de detección	Criterio: Probabilidad de detección por control de procesos
10	Casi Imposible	Sin oportunidad de detección	no hay controles en el proceso capaz de detectar o prevenir la causa potencial de falla
9	Muy Remota	Es probable que no se detecte en ninguna etapa del proceso	Hay una probabilidad muy remota de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
8	Remota	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad remota de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
7	Muy Baja	Detección de problemas en la fuente	Hay una probabilidad muy Baja de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
6	Baja	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad Baja de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
5	Moderada	Detección de problemas en la fuente	Hay probabilidad moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
4	Altamente Moderada	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad muy moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
3	Moderada	Detección de problemas en la fuente	Hay una probabilidad moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
2	Muy Alta	Detección de errores y/o prevención de problemas	Hay muy alta probabilidad de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
1	Casi Seguro	Proceso a prueba de errores	Es casi seguro que el control de proceso es capaz de detectar o de prevenir la causa potencial del modo de falla

Fuente: (Lean Solutions)

De acuerdo a la evaluación de los equipos críticos de la máquina papelera Tabla 39, se tiene como resultado la evaluación de motores eléctricos, bombas, reductores y agitadores, por lo que se desarrollará el AMEF para estos 4 tipos de equipos ya que el proceso de trabajo que realizan cada uno de ellos es igual.

El cálculo del número prioritario de riesgo nos permitirá identificar las fallas potenciales, sus efectos y la capacidad para detectarlas antes que llegue a nuestro cliente interno (Producción), para obtener este cálculo será a través de la multiplicación del grado de ocurrencia de la severidad y detección, utilizando la siguiente fórmula:

$$NPR = Severidad \times Ocurrencia \times Detección$$

Tabla 41 - AMEF (Análisis de Modo Efecto de Falla)

Equipo	Partes del equipo	Función	Potencial	Modos de Falla Potenciales	Efecto	SEVERIDAD	Causas	OCURRENCIA	Controles	DETECCIÓN	NPR	Acciones Recomendadas	Responsable
Motor eléctrico	Rotor	Generar campo magnético	Vibración, ruido y temperatura elevada	Motor no arranca	Parada de la Máquina Papelera	10	Falta de voltaje en una fase del motor o devanados en mal estado	6	Verificar voltaje en la red, estado de fusibles	8	480	Aplicar plan de mantenimiento preventivo	Departamento de mantenimiento eléctrico
				Motor con temperatura elevada sobre el diseño de fabricación	Equipo con trabajo defectuoso	9	Rodamientos en mal estado	8	Inspección predictiva	8	576	Aplicar plan de mantenimiento preventivo	Departamento de mantenimiento eléctrico
				Equipo con trabajo defectuoso	9	Rotor desbalanceado	10	Inspección predictiva	8	720	Aplicar plan de mantenimiento preventivo	Departamento de mantenimiento eléctrico	
	Estator	Generación de corriente eléctrica	Velocidad del motor reducida	Motor trabaja pero no a su velocidad nominal	Equipo con trabajo defectuoso	7	Bajo voltaje o excesos en caídas de tensión	5	Verificar voltaje en la red, estado de fusibles	8	280	Aplicar plan de mantenimiento preventivo	Departamento de mantenimiento eléctrico
			Temperatura elevada	Motor con temperatura elevada sobre el diseño de fabricación	Equipo con trabajo defectuoso	9	Motor con sobrecarga	10	Verificar procedimientos de trabajo de operación	7	630	Aplicar plan de mantenimiento preventivo	Departamento de mantenimiento eléctrico
	Ventilador	Ventilación del motor	Motor quemado	Parada de la Máquina Papelera	9	Ventilador inadecuado o roto	6	Verificar correcto trabajo de la ventilación del motor	3	162	Aplicar plan de mantenimiento preventivo	Departamento de mantenimiento eléctrico	
	Cuadro de arranque de motor	Energizar motor para su funcionamiento	Temperatura elevada	Tablero de control quemado	Parada de la Máquina Papelera	10	Sobrecarga por el proceso de operación	6	Inspección diaria	8	480	Aplicar plan de mantenimiento preventivo	Departamento de mantenimiento eléctrico

Reductor	Reductor	Reducir la velocidad que le da el motor	No se tiene reducción de velocidad	Falla de los rodamientos	Equipo con trabajo defectuoso	8	Rodamientos fatigados y desgastados	7	Lubricación	2	112	Programar un plan de mantenimiento para cambio de rodamientos	Departamento de mantenimiento mecánico
					Parada de la Máquina Papelera	10	Rodamiento deformado	4	Inspección diaria	8	320	Programar un plan de mantenimiento para cambio de rodamientos	
				Dientes de engranaje rotos	Parada de la Máquina Papelera	10	Sobrecarga de trabajo	8	Inspección diaria	9	720	Programar un plan de mantenimiento para monitoreo de condición	Departamento de mantenimiento mecánico
					Parada de la Máquina Papelera	10	Años de trabajo	10	Inspección diaria	9	900	Programar un plan de mantenimiento para monitoreo de condición	
Bomba	Impulsor	Bombeo del fluido	No se tiene presión del fluido	Desgaste en los álabes	Equipo con trabajo defectuoso	9	Desbalanceo del conjunto	8	Inspección predictiva	7	504	Aplicar plan de mantenimiento preventivo	Departamento de mantenimiento mecánico
	Bocina		Vibración, ruido elevado	Desgaste por la pasta abrasiva	Equipo con trabajo defectuoso	7	Ingreso de sólidos en el fluido	8	Inspección predictiva	9	504	Aplicar plan de mantenimiento preventivo	
		Alineación de la columna		Equipo con trabajo defectuoso	8	Desbalanceo del conjunto	7	Inspección predictiva	7	392	Aplicar plan de mantenimiento preventivo		
	Eje	Elemento de transmisión entre la bomba y el motor	Vibración, ruido y temperatura elevada	Desgaste de asientos de rodamientos	Equipo con trabajo defectuoso	7	Falta de lubricación	8	Lubricación de equipos	2	112	Aplicar plan de mantenimiento preventivo	
Agitador	Paletas	Agitar el fluido	Vibración, ruido y temperatura elevada	Paletas rotas	Sobrecarga en el motor	9	Falla en el tablero de control	8	Inspección predictiva	6	432	Aplicar plan de mantenimiento preventivo	Departamento de mantenimiento eléctrico

				Equipo con trabajo defectuoso	8	Desbalanceo del conjunto	7	Inspección predictiva	8	448	Aplicar plan de mantenimiento preventivo	Departamento de mantenimiento mecánico
Bocina	Bombeo del fluido	No se tiene presión del fluido	Desgaste en los álabes	Equipo con trabajo defectuoso	8	Desbalanceo del conjunto	7	Inspección predictiva	9	504	Aplicar plan de mantenimiento preventivo	
		Vibración, ruido elevado	Desgaste por la pasta abrasiva	Equipo con trabajo defectuoso	9	Ingreso de sólidos en el fluido	6	Inspección predictiva	9	486	Aplicar plan de mantenimiento preventivo	
			Alineación de la columna	Equipo con trabajo defectuoso	7	Desbalanceo del conjunto	7	Inspección predictiva	7	343	Aplicar plan de mantenimiento preventivo	
Eje	Elemento de transmisión entre la bomba y el motor	Vibración, ruido y temperatura elevada	Desgaste de asientos de rodamientos	Equipo con trabajo defectuoso	7	Falta de lubricación	8	Lubricación de equipos	2	112	Aplicar plan de mantenimiento preventivo	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42 - Evaluación NPR

Alto riesgo de falla
500 < NPR ≤ 1000

Riesgo de falla medio
125 < NPR ≤ 499

Riesgo de falla bajo
1 < NPR ≤ 124

No existe riesgo de falla
0

Fuente: (Lean Solutions)

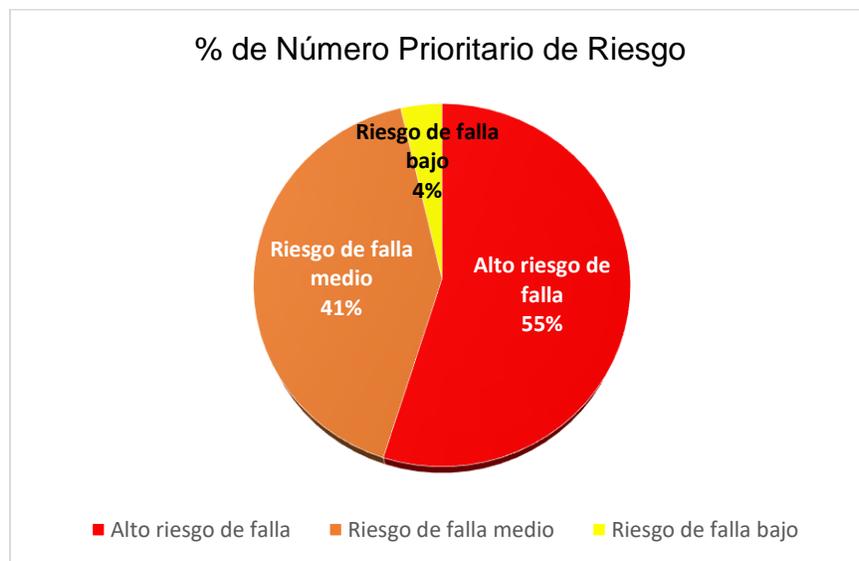
Luego de realizar la evaluación el número prioritario de riesgo (NPR) en la tabla 41 pudimos identificar los modos de fallas potenciales de los equipos, el efecto que tienen en cada una de estas y que afectarían al proceso, las causas que originan las fallas, los controles que se tienen y las acciones recomendadas dándole un valor según los criterios de evaluación como son la severidad (Figura 42), ocurrencia (Figura 43) y detección (Figura 44), encontrando que 8 equipos tienen modos de fallas potenciales con riesgo alto y con sumatoria de NPR de 5058 equivalente al 55%, 10 de ellos con el riesgo de falla medio con un valor NPR de 3823 con un porcentaje del 41% y sólo 3 equipos con un riesgo de falla bajo con un total de NPR de 336, como se observa en la tabla 40 e ilustrado en la figura 45.

Tabla 43 - Total de NPR y equipos según nivel de riesgo

Estado	∑ NPR	Equipos
Alto riesgo de falla	5058	8
Riesgo de falla medio	3823	10
Riesgo de falla bajo	336	3
Total general	9217	21

Fuente: Elaboración propia

Figura 40 - % Número Prioritario de Riesgo



Se utilizarán indicadores de mantenimiento que permitan medir y conocer el rendimiento de los equipos de la máquina papelera, considerando los tipos de equipos críticos que salieron del resultado del análisis de criticidad de equipos (tabla 41).

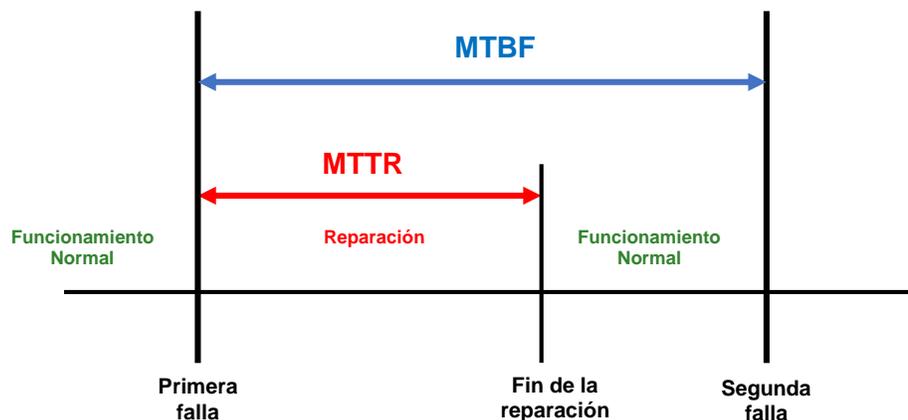
MTBF (Tiempo Medio Entre Fallos): Este es el principal indicador de disponibilidad, y nos permitirá conocer cuál es el tiempo promedio que se tiene entre las averías, representándose con la siguiente fórmula:

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inactividad}}{N^{\circ} \text{ de paradas}}$$

MTTR (Tiempo Medio de Reparación): Este indicador nos mide la eficacia de las reparaciones, es decir el tiempo que se tarda en la reparación de un equipo o sistema, representándose con la siguiente fórmula:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo Total Reparación}}{N^{\circ} \text{ Fallas}}$$

Figura 41 - Indicadores de mantenimiento



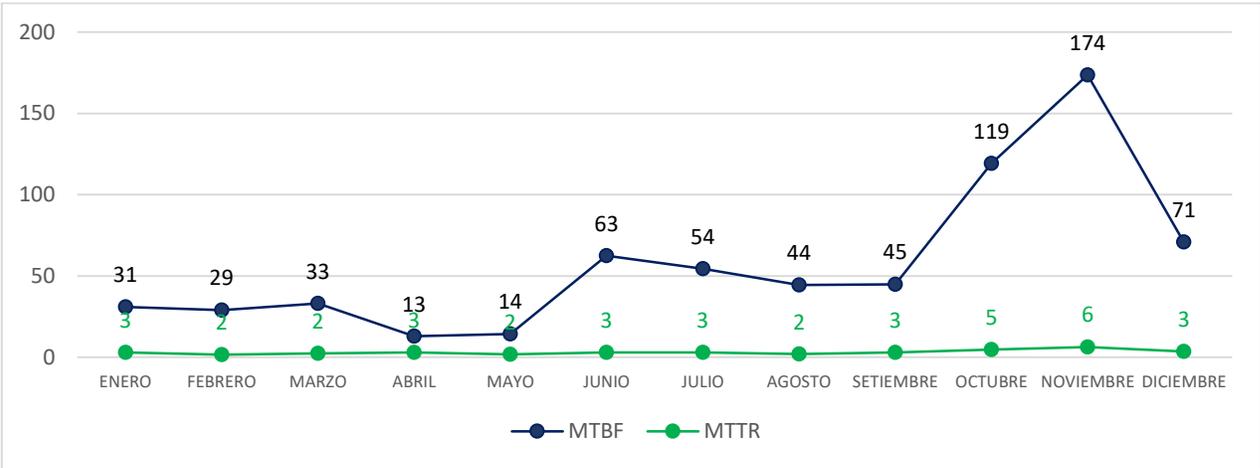
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 44 se tiene los indicadores de disponibilidad y eficacia de los equipos de la máquina papelera durante el periodo 2021, en donde observamos que el mes de noviembre es el mes con más disponibilidad de equipos por tener un tiempo de 174 horas desde que ocurrió la primera falla hasta iniciar la segunda, con tiempo de reparación de los equipos de 6.3 horas, y en el mes de abril es el que la disponibilidad de los equipos ha sido menor siendo de 13 horas siendo el promedio que transcurrió entre las averías.

Tabla 44 - MTBF y MTTR - Equipos año 2021 –Pre Test

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
MTBF	31	29	33	13	14	63	54	44	45	119	174	71
MTTR	3	2	2	3	2	3	3	2	3	5	6	3

Figura 42 - MTBF y MTTR - Equipos año 2021 –Pre Test



Fuente: Tabla 44

Disponibilidad: Este indicador de rendimiento nos permite identificar el porcentaje del tiempo el cual el equipo se encuentra operativo, representándose con la siguiente fórmula:

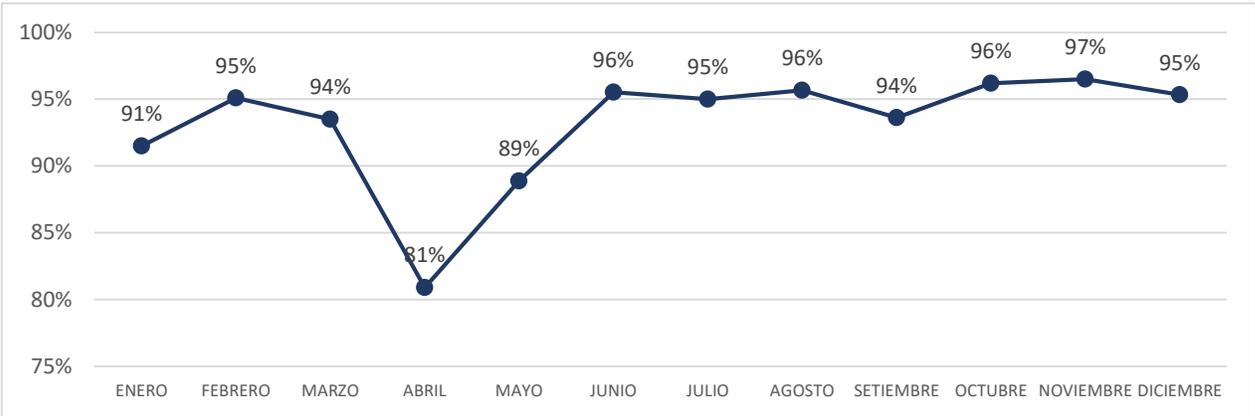
$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

En la máquina papelera en el año 2021 (Tabla 45) los equipos en la máquina papelera han tenido una variación de disponibilidad desde el más bajo que fue en el mes de abril con 81% y el mes más alto con 97% de disponibilidad fue en noviembre. En la Planta papelera el trabajo es continuo todo el año por lo que es necesario que los equipos que han tenido mantenimiento realicen su función satisfactoriamente.

Tabla 45 - Disponibilidad Equipos - Pre Test

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
91%	95%	94%	81%	89%	96%	95%	96%	94%	96%	97%	95%

Figura 43 - Disponibilidad Equipos - Pre Test



Fuente: Tabla 45

Mantenibilidad: Es el esfuerzo que se requiere para para mantener el equipo en funcionamiento normal o para ser restaurado una vez que se haya presentado una falla. Esta está relacionada inversamente con la duración y el esfuerzo que se requiere en las actividades de mantenimiento.

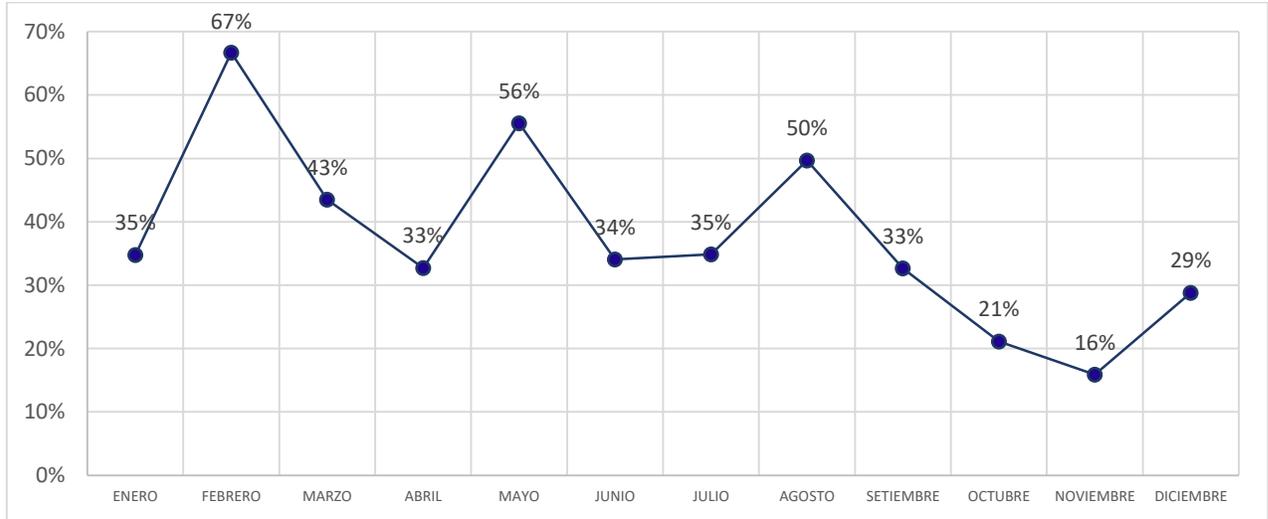
$$Mantenibilidad = \frac{1}{MTTR}$$

En la tabla 46 observamos que en la máquina papelera en el periodo 2021 las frecuencias de mantenibilidad de los equipos muestran valores desde 16% hasta los 56%, por lo que se propone aumentar los valores de mantenibilidad de los equipos y sistema.

Tabla 46 - Mantenibilidad - Pre Test

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
35%	67%	43%	33%	56%	34%	35%	50%	33%	21%	16%	29%

Figura 44 - Mantenibilidad - Pre Test



Fuente: Tabla 46

Fiabilidad: Es la probabilidad de que los equipos tengan los resultados esperados, observando que en el año 2021 se ha tenido déficit siendo el mes de mayo con una probabilidad más baja con 89% y en noviembre con 97% según tabla 47.

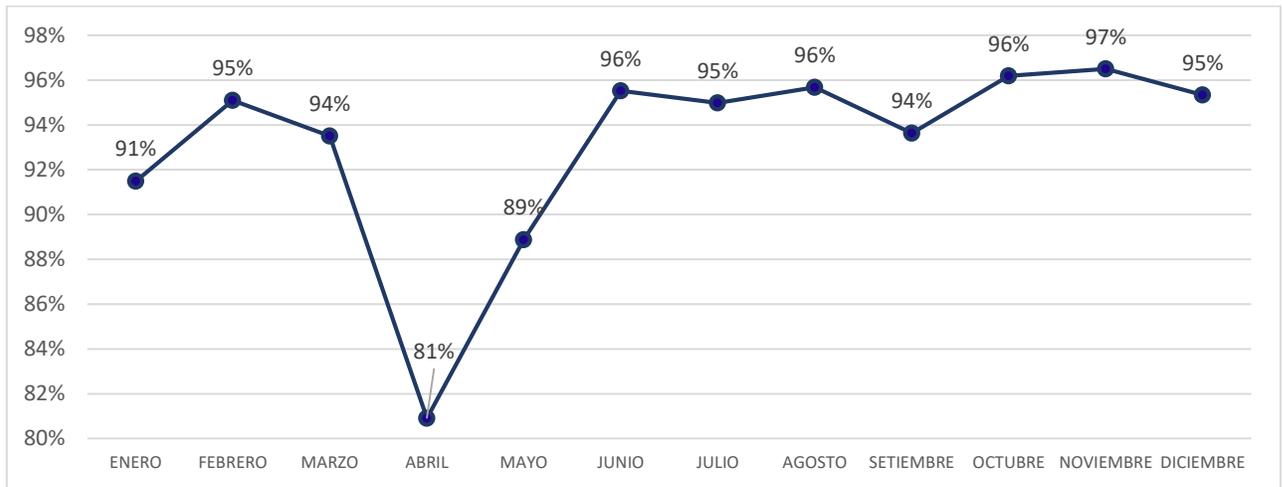
Para conocer la fiabilidad utilizamos la siguiente fórmula:

$$Fiabilidad = \frac{Horas\ Disponibles}{N^{\circ}\ de\ Fallas}$$

Tabla 47 - Fiabilidad - Pre Test

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
91%	95%	94%	81%	89%	96%	95%	96%	94%	96%	97%	95%

Figura 45 - Fiabilidad - Pre Test



Fuente: Tabla 47

Efectividad Total de los Equipos (OEE): Con este indicador se medirá la productividad de fabricación de papel de la máquina papelera del periodo 2021, en donde se conocerá el estado del proceso de producción y así la importancia de ir mejorando sistemáticamente.

Para realizar el cálculo del indicador del OEE se relaciona tres factores que son clave fundamental para la empresa porque aporta valor económico, operativo y organizativo cómo se muestra con la siguiente fórmula:

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

En la tabla 48 se tiene la escala con los valores de medición para conocer el OEE en donde las condiciones son inaceptable, regular, aceptable, buena y excelente.

Tabla 48 - Valores de medición

	Oee < 65%	Inaceptable
65%	< Oee < 75%	Regular
75%	< Oee < 85%	Aceptable
85%	< Oee < 95%	Buena
	Oee > 95%	Excelente

Disponibilidad: Para conocer la disponibilidad de los equipos de la máquina papelera consideramos todos los eventos que interrumpieron la producción planificada en el periodo 2021, utilizando el siguiente cálculo:

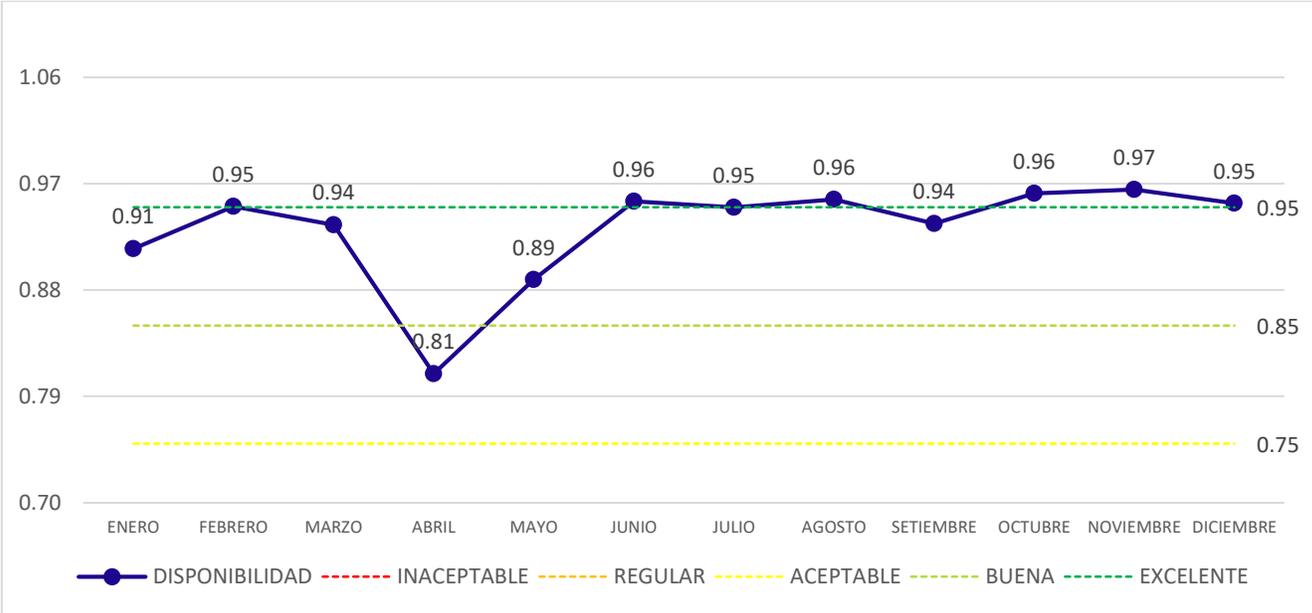
$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

En la Tabla 49 observamos la disponibilidad que se ha tenido en los equipos de la máquina papelera durante el periodo 2021 verificando que en el mes de abril ha sido el mes con una disponibilidad de los equipos muy baja con un 81% y el mes de noviembre con una disponibilidad del 97%.

Tabla 49 - Disponibilidad - Pre Test

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
91%	95%	94%	81%	89%	96%	95%	96%	94%	96%	97%	95%

Figura 46 - Disponibilidad - Pre Test



Fuente: Tabla 49

Rendimiento: Es el índice que nos permitirá evaluar el ritmo de producción de la máquina papelera durante el periodo 2021 comparando la cantidad de papel producida con la planificada, para obtener este valor utilizamos la siguiente fórmula:

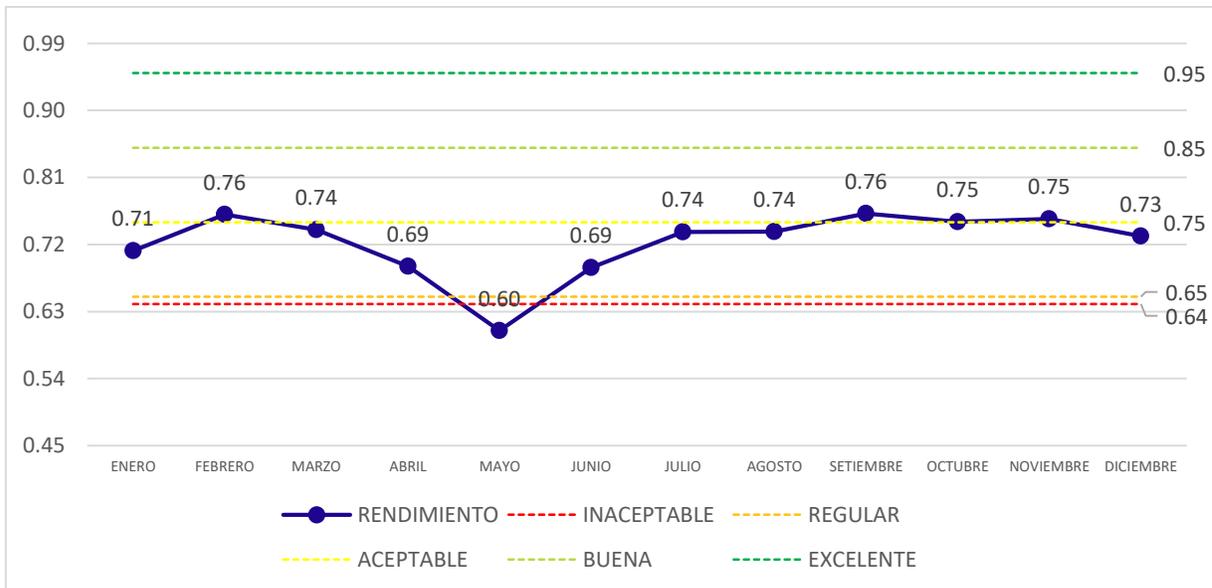
$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Capacidad producida}}{\text{Producción real}}$$

En la tabla 50 observamos que el rendimiento de la máquina papelera ha estado entre el 60% y el 76%, por lo que se requiere mejorar este índice y así mejorar la producción de papel.

Tabla 50 - Rendimiento - Pre Test

ENERO	FEBRE RO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
71%	76%	74%	69%	60%	69%	74%	74%	76%	75%	75%	73%

Figura 47 - Rendimiento - Pre Test



Fuente: Tabla 50

Calidad: Se evaluará la cantidad de papel defectuoso fabricado en el periodo 2021 y por control de calidad del producto no fue entregado al cliente final. Este índice se

calcula con la siguiente fórmula:

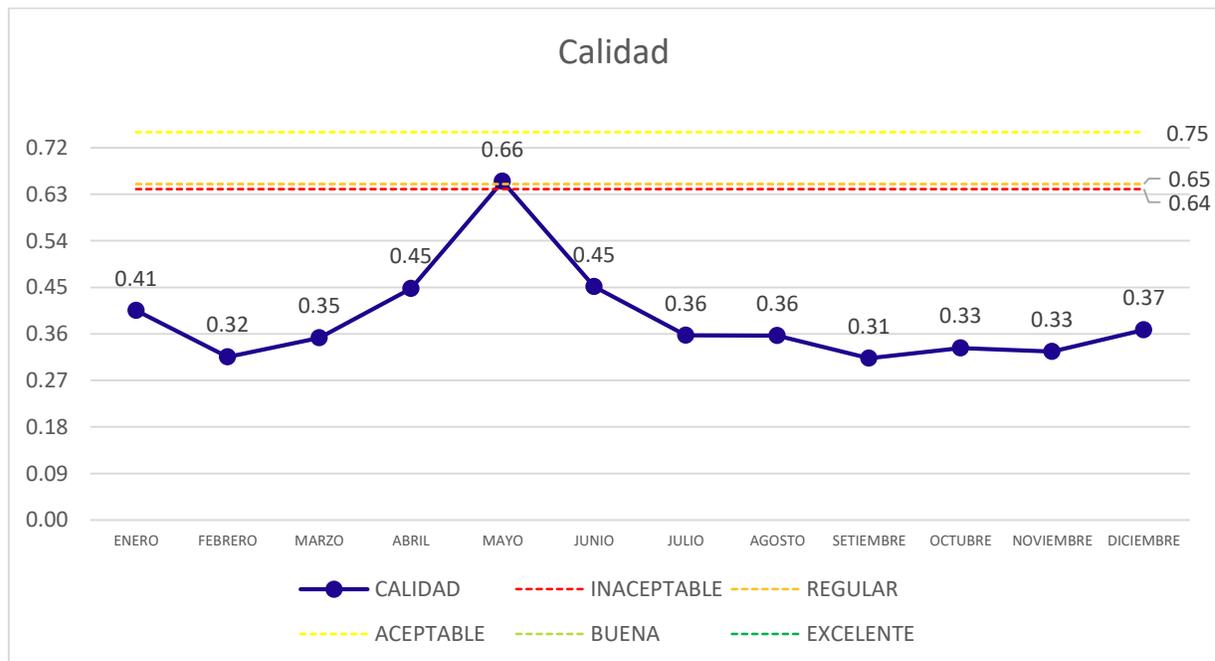
$$Calidad = \frac{Producción\ real}{Cantidad\ total\ no\ producida}$$

En la tabla 51 se midió la producción real entre la cantidad no producida durante el periodo 2021, observando que casi todos los meses del año se ha tenido una baja calidad, estando entre el 32% y 66%, es por tal motivo que es necesario mantener el control y la supervisión constante de la producción.

Tabla 51 - Calidad - Pre Test

ENE RO	FEBRE RO	MAR ZO	ABR IL	MAY O	JUNI O	JULI O	AGOS TO	SETIEM BRE	OCTUB RE	NOVIEM BRE	DICIEMB RE
41%	32%	35%	45%	66%	45%	36%	36%	31%	33%	33%	37%

Figura 48 - Calidad Pre Test



Fuente: Tabla51

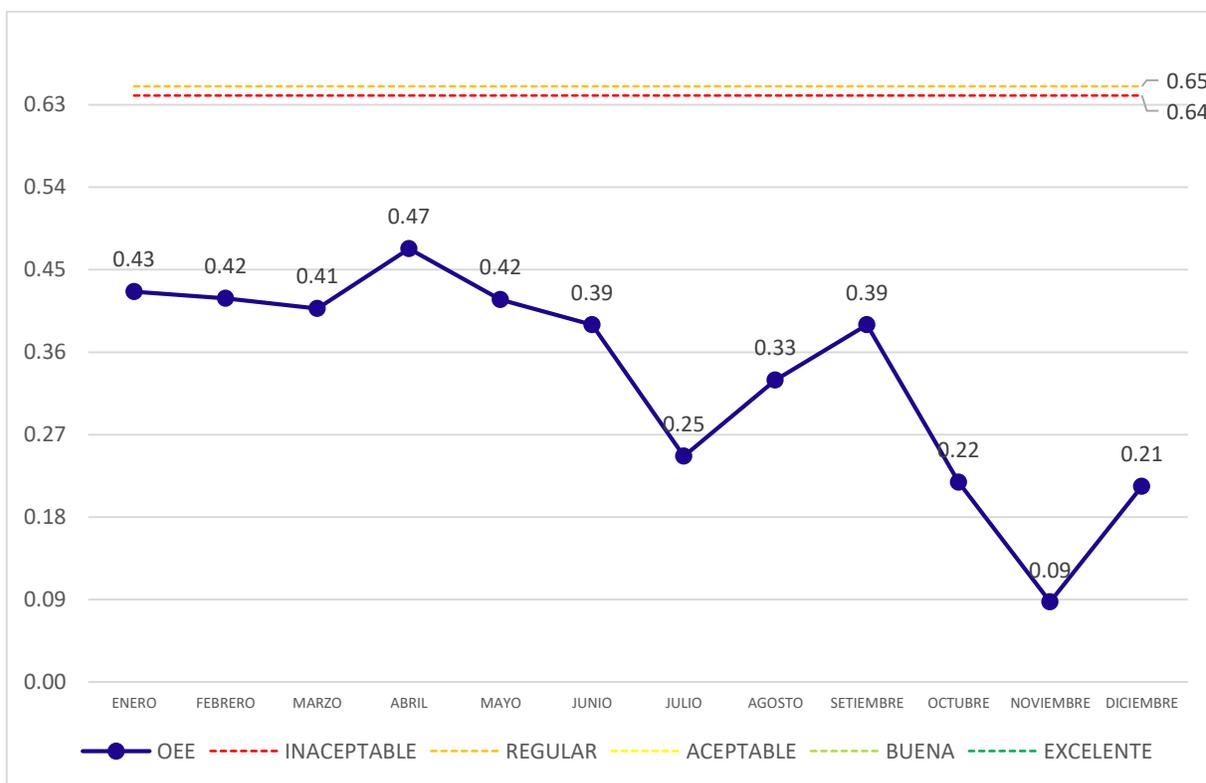
Al conocer estos tres índices de disponibilidad, rendimiento y calidad entonces podremos conocer el nivel de eficiencia de los equipos de la máquina papelera durante

el periodo 2021, pudiendo verificar que según la tabla 48 de valores de medición del OEE el estado es Inaceptable, estando en un rango por debajo de los 65% (Tabla por tal motivo se requiere la implementación de la mejora de los procesos para mejorar la productividad y la eficiencia.

Tabla 52 - Efectividad Total de los Equipos (OEE) - Pre Test

ENE RO	FEBRE RO	MAR ZO	ABR IL	MA YO	JUN IO	JUL IO	AGOS TO	SETIEM BRE	OCTU BRE	NOVIEM BRE	DICIEM BRE
26%	23%	24%	25%	35%	30%	25%	25%	22%	24%	24%	26%

Figura 49 - Efectividad Total de los Equipos (OEE) - Pre Test



Fuente: Tabla 52

El diagnóstica de pérdida se obtuvo de acuerdo a la información obtenida de los tiempos perdidos en el periodo 2021 según la tabla 12 se ha tenido un total de 600.9 horas de tiempo perdido, por trabajos de mantenimiento no programados, con un gasto excedente de mantenimiento de –S/. 1,724,005.43 soles según detalle de tabla 5, y

con 6,609.90 toneladas de papel no producidas con un nivel de cumplimiento del 93% (Tabla 54), se puede conocer que en periodo 2021 se ha tenido una pérdida por la no venta del producto terminado (Papel para fabricación de cajas de cartón) de S/. 11,316,428.52 tal y cómo se detalla en la tabla 54.

Tabla 53 - Producción planificada vs real periodo 2021

Planificada	Producción (toneladas)		
	Real	Cantidad no producida	% cumplimiento
8,184.00	7,487.70	696.30	91%
7,392.00	7,029.00	363.00	95%
8,184.00	7,652.70	531.30	94%
7,920.00	6,407.50	1,512.50	81%
8,184.00	7,273.20	910.80	89%
7,920.00	7,564.70	355.30	96%
8,184.00	7,773.70	410.30	95%
8,184.00	7,829.80	354.20	96%
7,920.00	7,415.10	504.90	94%
8,184.00	7,871.60	312.40	96%
7,920.00	7,642.80	277.20	97%
8,184.00	7,802.30	381.70	95%
96,360.00	89,750.10	6,609.90	93%

Fuente: Empres papelera

Tabla 54 - Diagnóstico de pérdidas de mantenimiento sin aplicar un plan de mantenimiento preventivo RCM

DIAGNÓSTICO DE PÉRDIDAS SIN APLICAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
Total de tiempo de trabajo	8640	Horas	Total de tiempo perdido no programado	369.95	Horas
Total de toneladas de papel producidas por hora	11	Ton/H	Gasto de mantenimiento por paradas no programadas	S/ .5,306,141.98	Soles

Total de toneladas de papel producidas por año	96,360	Ton/m	Total de toneladas de papel no producidas al año	4069.49	Ton
Costo tonelada de papel - Venta	S/. 2,780.80	Soles/Ton.	Perdidas de venta de papel al año	S/. 11,316,428.52	Soles

Fuente: Empresa Papelera

Así mismo se realiza la evaluación del periodo 2021, detalle tabla 55 por el costo por tonelada de papel que le debió costar al área de mantenimiento en función de los gastos y la producción, debió costar 37.17 soles por tonelada de papel, sin embargo, al tener un gasto de 5,638,339.99 de soles y una producción de 89,750.10 toneladas de papel, el costo por tonelada de papel que le llegó a costar a mantenimiento fue de 62.82 soles.

Tabla 55 - Diagnóstico de costos de mantenimiento por Tonelada de Papel - Pre Test

DIAGNÓSTICO DE PRODUCCIÓN DE PAPEL Y GASTOS DE MANTENIMIENTO SIN APLICAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
Producción Planificada (Ton/m)	Gasto de Mantenimiento Planificado (Soles)	Costo de Mantenimiento por Tonelada de papel Planificada
96,360.00	S/ 3,582,136.55	S/ 37.17
Producción Real (Ton/m)	Gasto de Mantenimiento Real (Soles)	Costo de Mantenimiento por Tonelada de papel Producida
89,750.10	S/ 5,638,339.99	S/ 62.82

Fuente: Empresa Papelera

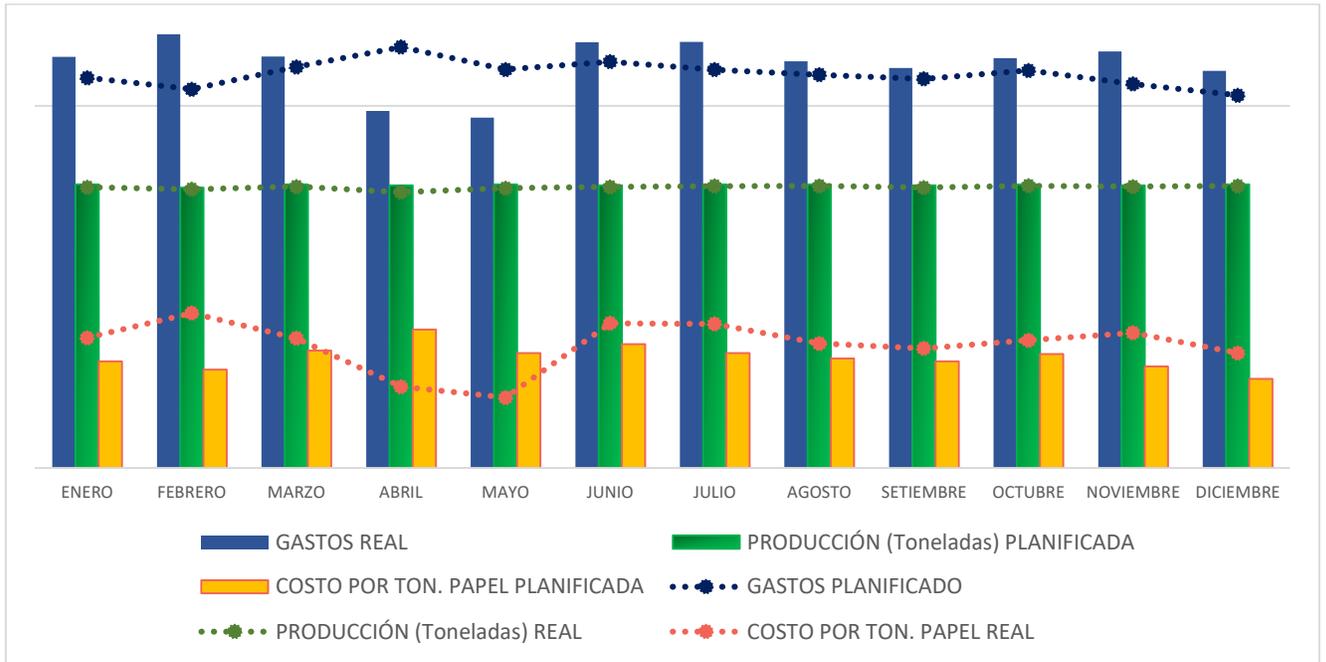
En la tabla 56 se detalla los gastos planificados de mantenimiento, gastos reales, producción planificada, producción real, costo por tonelada de papel planificada (Mantenimiento), costo por tonelada de papel real (Mantenimiento) del periodo 2021, en donde se reafirma que se tuvo un gasto de 5,638,339.99 de soles de 3,582,136.55 de soles planificada, con una producción de 89,750.10 toneladas de papel de 96,360 que se debió producir y con un costo por tonelada de papel de 62.82 soles de 37.17 soles que debió costarle al área de mantenimiento para producir durante este periodo

Tabla 56 - Gastos - Producción y Costo por tonelada de Papel - Pre Test

Mes	Gastos		Producción (toneladas)		Costo por ton. Papel planificado	Costo por ton. Papel real
	PLANIFICADO	REAL	PLANIFICADO	REAL		
ENERO	S/ 243,032.79	S/ 471,319.64	8,184.00	7,487.70	S/ 29.70	S/ 62.95
FEBRERO	S/ 168,906.69	S/ 966,164.11	7,392.00	7,029.00	S/ 22.85	S/ 137.45
MARZO	S/ 342,680.21	S/ 474,861.87	8,184.00	7,652.70	S/ 41.87	S/ 62.05
ABRIL	S/ 644,169.38	S/ 84,772.40	7,920.00	6,407.50	S/ 81.33	S/ 13.23
MAYO	S/ 316,014.59	S/ 68,284.10	8,184.00	7,273.20	S/ 38.61	S/ 9.39
JUNIO	S/ 404,821.99	S/ 752,263.14	7,920.00	7,564.70	S/ 51.11	S/ 99.44
JULIO	S/ 314,941.28	S/ 757,100.91	8,184.00	7,773.70	S/ 38.48	S/ 97.39
AGOSTO	S/ 267,227.95	S/ 410,287.27	8,184.00	7,829.80	S/ 32.65	S/ 52.40
SETIEMBRE	S/ 233,991.24	S/ 332,198.01	7,920.00	7,415.10	S/ 29.54	S/ 44.80
OCTUBRE	S/ 307,229.97	S/ 455,482.28	8,184.00	7,871.60	S/ 37.54	S/ 57.86
NOVIEMBRE	S/ 199,596.69	S/ 563,422.56	7,920.00	7,642.80	S/ 25.20	S/ 73.72
DICIEMBRE	S/ 139,523.80	S/ 302,183.70	8,184.00	7,802.30	S/ 17.05	S/ 38.73
TOTAL	S/ 3,582,136.55	S/ 5,638,339.99	96,360.00	89,750.10	S/ 37.17	S/ 62.82

Fuente: Empresa Papelera

Figura 50 - Gastos - Producción y Costo por tonelada de Papel - Pre Test



Fuente: Tabla 56

Debido a la falta de capacitación al personal de mantenimiento para la ejecución de la reparación de los equipos y a la ineficiencia que existe en la resolución de fallas son parte de las causas de los tiempos muertos, por lo que es necesario el desarrollo de un programa, para mejorar estas capacidades.

La falta de orden y limpieza que se debe tener en las áreas de trabajo de la máquina papelería, también ocasionan que se tenga demoras en la ejecución de trabajos, por eso como primer paso es la capacitación sobre la filosofía de las 5'S (Tabla 57), en donde se desarrollará un cronograma de actividades por cursos de mantenimiento que puede ser brindada por institución educativa TECSUP o SENATI, esto nos permitirá mejorar los tiempos de mantenimiento, utilizar los recursos adecuadamente y evitar accidentes laborales.

Tabla 57 - 5 S

5's	Objetivo	Estado
Clasificación	Clasificar lo necesario de lo innecesario	Estabilizar
Organización	Ordenar los materiales indispensables	Estabilizar

Limpieza	Limpieza de las áreas de trabajo	Mantener
Estandarizar	Eliminar lo que no es necesario	Mejorar
Mejorar	Realizar evaluaciones continuas para mantener y se cumplan las 4 fases anteriores	Auditoria

Fuente: Elaboración propia

El cronograma de capacitaciones que se desarrollará (Tabla 58) sobre cursos de mantenimiento preventivo a equipos industriales que se sugiere sea dictado por la Institución Educativa TECSUP, para garantizar una buena ejecución de actividades de mantenimiento, con el fin de reducir los tiempos muertos y certificando un nivel de productividad superior.

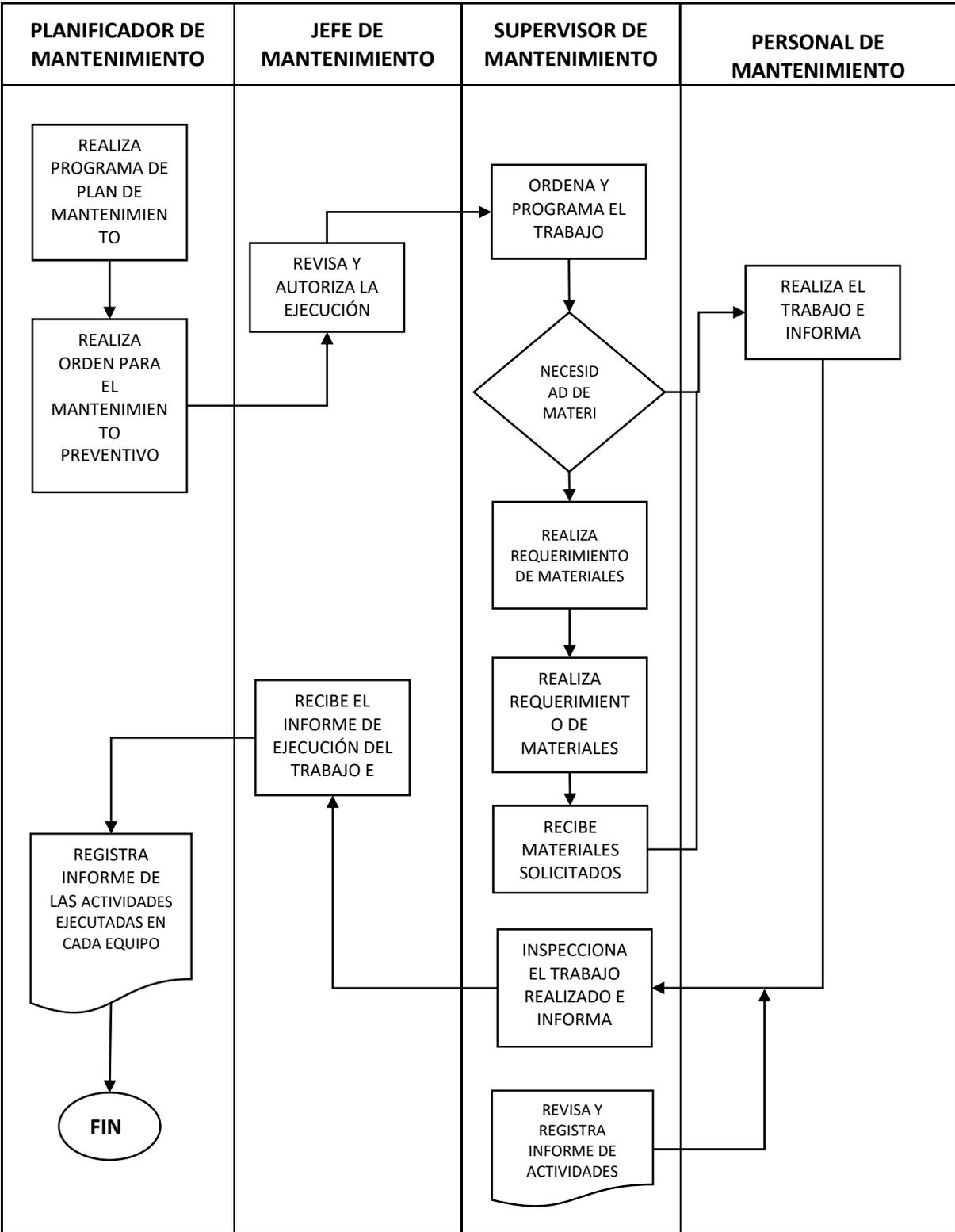
Tabla 58 - Cronograma de capacitación - 2023

Ítem	Capacitación	Enero				Febrero				Proveedor	
		1	2	3	4	1	2	3	4	Nombre	Costo
1	Mantenimiento de motores eléctricos									TECSUP	S/ 6,250.00
2	Mantenimiento tablero eléctricos										
3	Mantenimiento de reductores de velocidad										
4	Mantenimiento de bombas										
5	Alineamiento de equipos										
6	Lubricación de equipos										
7	Lean Six Sigma - 5'S										
Total											S/ 6,250.00

Fuente: Elaboración propia

La propuesta de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de la máquina papelera nos permitirá realizar acciones preventivas, así reduciremos los tiempos por fallo en los equipos incurriendo en costos elevados asociados a estos problemas. Se está diseñando ejecutar el plan de mantenimiento preventivo considerando 4 tipos de equipos como son motor, reductor, bomba y agitador los que salieron del análisis de causa raíz. Para realizar un determinado trabajo de mantenimiento utilizaremos un diagrama de flujo de actividades.

Tabla 59 - Diagrama de Flujo de Actividades - Mantenimiento Preventivo



		VERIFICAR ESTADO DE RETÉN	A	X		MEC-TAL	■													
BOMBA	IMPULSOR	CAMBIO POR DESGASTE	T	X		MEC-TAL	■				■				■					
		RECUBRIMIENTO	A	X		MEC-TAL	■													
		SELLOS RODAMIENTOS	BA	X		MEC-TAL	■													
	SELLOS RODAMIENTOS	CAMBIO DE SELLOS Y RODAMIENTOS	BA	X		MEC-TAL	■													
		RELUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS	M		X	MEC-LUB	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		MONITOREO DE TEMPERATURA Y VIBRACIÓN	M		X	MEC-TAL	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	EJE	RELENAR Y RECTIFICADO DE EJE	A	X		MEC-TAL	■													
CAMBIO DE EJE		A	X		MEC-TAL	■														
AGITADOR	BOCINA INTERIOR	VERIFICAR ESTADO	10 M	X		MEC-TAL	■												■	
		CAMBIO DE BOCINA MICASTA	SE	X		MEC-TAL	■				■									■
	CHUMACERA	CAMBIO DE RODAMIENTOS	BA	X		MEC-TAL	■													
		VERIFICAR ASIENTOS DE RODAMIENTOS	BA	X		MEC-TAL	■													
		CAMBIO DE SELLOS	BA	X		MEC-TAL	■													
		LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS	T		X	MEC-TAL	■				■				■					
	CAJA EMPAQUETADURAS	VERIFICAR ESTADO DE DESGASTE	A	X		MEC-TAL	■													
		CAMBIO DE EMPAQUETADURAS	A	X		MEC-TAL	■													
		VERIFICAR LINEA DE REFRIGERACIÓN	T	X		MEC-TAL	■				■				■					
	POLEA	VERIFICAR CANALES	BA	X		MEC-TAL	■													
VERIFICAR FAJAS		SE	X		MEC-TAL	■					■								■	

FRECUENCIA	
M	MENSUAL
BM	BI MENSUAL
T	TRIMESTRAL
SE	SEMESTRAL
10M	10 MESES
A	ANUAL
BA	BI ANUAL

PUESTO DE TRABAJO	
MEC-SOL	TÉCNICO SOLDADOR
MEC-LUB	TÉCNICO LUBRICACIÓN
MEC-MAE	TÉCNICO MAESTRANZA
MEC-TAL	TÉCNICO MEC. TALLER
ELE-TRT	TÉCNICO ELECTRICISTA

■	PROGRAMADO
■	EN PROCESO
■	EJECUTADO
■	ATRASADO

Al realizar el plan de mantenimiento preventivo a los equipos de la máquina papelera estimaremos inicialmente se obtenga una reducción del tiempo perdido de paradas no programadas de un 10%, considerando la propuesta de implementación de (MURO RODRIGUEZ, 2020) que en su propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la productividad de la línea de producción en donde propusieron la reducción del mantenimiento correctivo en un 50% y aumentar la vida útil de sus máquinas y dando como resultado un índice de 0.79 significando una ganancia por cada sol invertido en la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

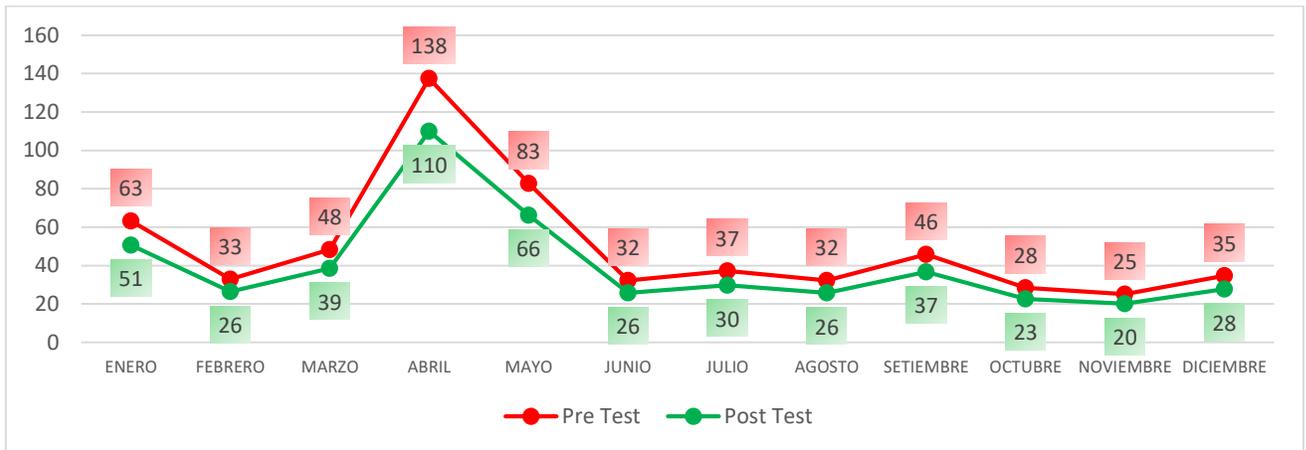
En los resultados obtenidos después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo RCM según muestra la tabla 60 obtuvimos una reducción de tiempos perdidos de 600.9 horas a 541 horas, con una disminución de 60.09 horas.

Tabla 60 - Tiempo Perdido – Post Test

<i>Mes</i>	<i>Tiempo Perdido Pre Test</i>	<i>Tiempo Perdido Post Test</i>
<i>Enero</i>	63	57
<i>Febrero</i>	33	30
<i>Marzo</i>	48	43
<i>Abril</i>	138	124
<i>Mayo</i>	83	75
<i>Junio</i>	32	29
<i>Julio</i>	37	34
<i>Agosto</i>	32	29
<i>Setiembre</i>	46	41
<i>Octubre</i>	28	26
<i>Noviembre</i>	25	23
<i>Diciembre</i>	35	31
<i>Total general</i>	601	541

Fuente: Elaboración propia

Figura 51 - Tiempos Perdidos de Mantenimiento Actual – Post Test



Fuente: Tabla 60

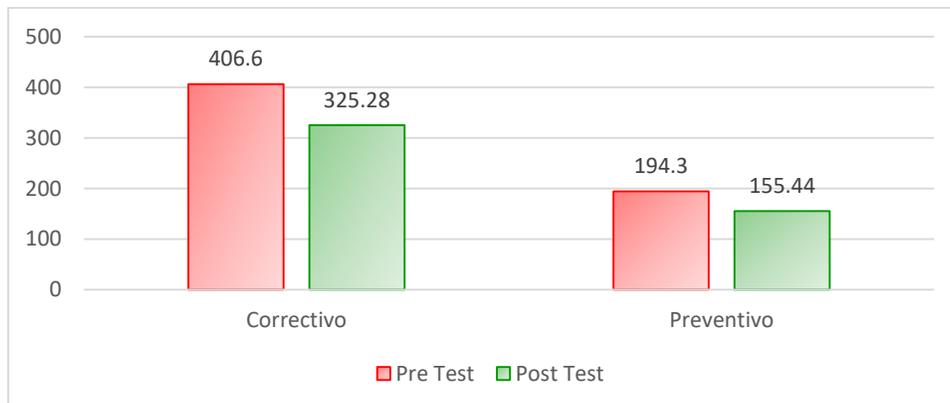
Con esta implementación el plan de mantenimiento correctivo disminuirá en un valor porcentual del 68% y en mantenimiento preventivo aumentará de 83 horas a 96 horas

Tabla 61 - Tiempo Perdido Pre y Post Test

Tipo de Mantenimiento	Pre Test	Post Test	%
<i>Correctivo</i>	406.6	365.94	68%
<i>Preventivo</i>	194.3	174.87	32%
Total general	600.9	540.81	100%

Fuente: Empresa Papelera

Figura 52 - Tiempo Perdido Pre y Post Test



Fuente: Tabla 61

En la **tabla 62** se calcula nuevamente el número prioritario de riesgo (NPR) dentro de la evaluación del Análisis de Mofo Efecto de Falla, después de haber ejecutado el plan de mantenimiento preventivo en los equipos de la máquina papelera para mejorar la efectividad del proceso. Esta información nuevamente nos permitirá verificar cuales son los problemas potenciales y sus posibles efectos y así seguir trabajando en programas de prevención, supervisión y respuesta.

Tabla 62 - AMEF - Post Test

Equipo	Partes del equipo	Función	Potencial	Modos de Falla Potenciales	Acciones Realizadas	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	NPR	
Motor eléctrico	Rotor	Generar campo magnético	Vibración, ruido y temperatura elevada	Motor no arranca	Ejecución del plan de mantenimiento preventivo	5	2	3	30	
				Motor con temperatura elevada sobre el diseño de fabricación	Ejecución del plan de mantenimiento preventivo	4	3	3	36	
					Ejecución del plan de mantenimiento preventivo	4	4	3	48	
	Estator	Generación de corriente eléctrica	Velocidad del motor reducida	Motor trabaja pero no a su velocidad nominal	Ejecución del plan de mantenimiento preventivo	3	1	3	9	
			Temperatura elevada	Motor con temperatura elevada sobre el diseño de fabricación	Ejecución del plan de mantenimiento preventivo	4	4	2	32	
	Ventilador	Ventilación del motor	Temperatura elevada	Motor quemado	Ejecución del plan de mantenimiento preventivo	4	2	1	8	
	Cuadro de arranque de motor	Energizar motor para su funcionamiento		Tablero de control quemado	Ejecución del plan de mantenimiento preventivo	5	2	1	10	
	Reductor	Reductor	Reducir la velocidad que le da el motor	No se tiene reducción de velocidad	Falla de los rodamientos	Ejecución del plan de mantenimiento preventivo	5	3	2	30
						Ejecución del plan de mantenimiento preventivo	5	1	1	5
					Dientes de engranaje rotos	Ejecución del plan de mantenimiento preventivo	5	4	4	80

					Ejecución del plan de mantenimiento predictivo	5	5	4	100	
Bomba	Impulsor	Bombeo del fluido	No se tiene presión del fluido	Desgaste en los álabes	Ejecución del plan de mantenimiento preventivo	4	4	4	64	
	Bocina		Vibración, ruido elevado	Desgaste por la pasta abrasiva	Ejecución del plan de mantenimiento preventivo	3	4	4	48	
		Alineación de la columna		Ejecución del plan de mantenimiento preventivo	4	3	3	36		
	Eje	Elemento de transmisión entre la bomba y el motor	Vibración, ruido y temperatura elevada	Desgaste de asientos de rodamientos	Ejecución del plan de mantenimiento preventivo	3	4	4	48	
Agitador	Paletas	Agitar el fluido	Vibración, ruido y temperatura elevada	Paletas rotas	Ejecución del plan de mantenimiento preventivo	5	4	4	80	
					Ejecución del plan de mantenimiento preventivo	4	3	3	36	
	Bocina	Bombeo del fluido	Vibración, ruido elevado	No se tiene presión del fluido	Desgaste en los álabes	Ejecución del plan de mantenimiento preventivo	4	3	3	36
				Desgaste por la pasta abrasiva	Ejecución del plan de mantenimiento preventivo	5	2	2	20	
				Alineación de la columna	Ejecución del plan de mantenimiento preventivo	3	3	3	27	
	Eje	Elemento de transmisión entre la bomba y el motor	Vibración, ruido y temperatura elevada	Desgaste de asientos de rodamientos	Ejecución del plan de mantenimiento preventivo	3	4	4	48	

Alto riesgo de falla
500 < NPR ≤ 1000

Riesgo de falla medio
125 < NPR ≤ 499

Riesgo de falla bajo
1 < NPR ≤ 124

No existe riesgo de falla
0

Los indicadores de mantenimiento actuales que se ha obtenido después de la implementación han tenido una variación de mejora como es el:

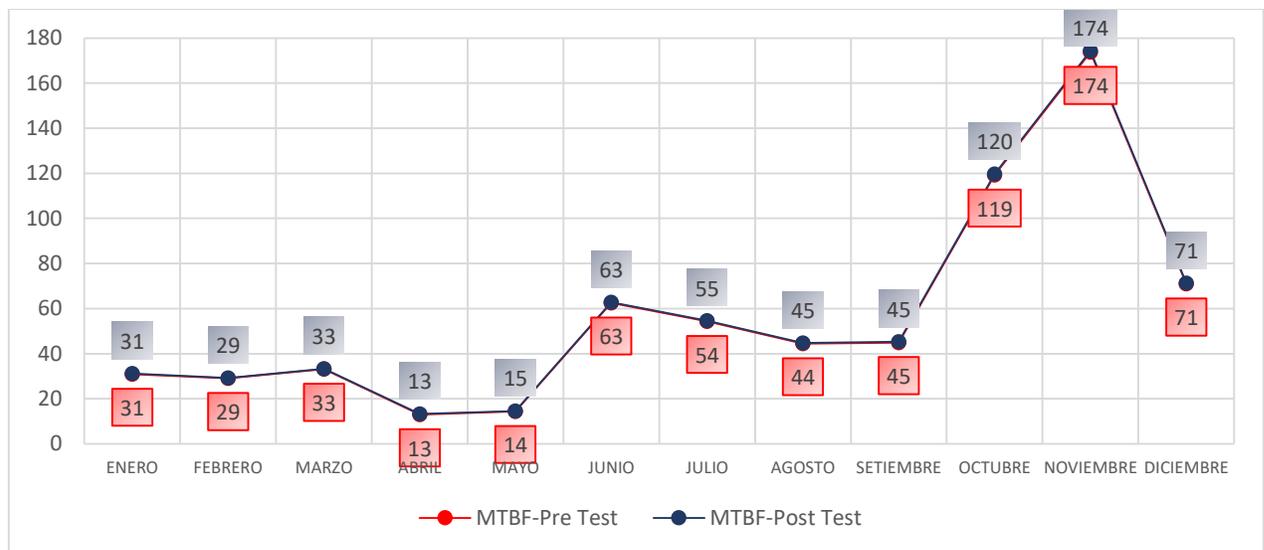
MTTB: Se observa en la tabla 63 un pequeño aumento en el tiempo entre cada avería, siendo una buena apertura de fiabilidad de los equipos de la máquina papelera.

Tabla 63 - MTBF - Pre y Post Test

	ENE RO	FEBR ERO	MAR ZO	AB RIL	MA YO	JUN IO	JUL IO	AGO STO	SETIEM BRE	OCTU BRE	NOVIEM BRE	DICIEM BRE
PRE TEST	31	29	33	13	14	63	54	44	45	119	174	71
POST TEST	32	29	34	13	15	63	55	45	45	120	175	71

Fuente: Elaboración propia

Figura 53 - MTBF - Pre y Post Test



Fuente: Tabla 62

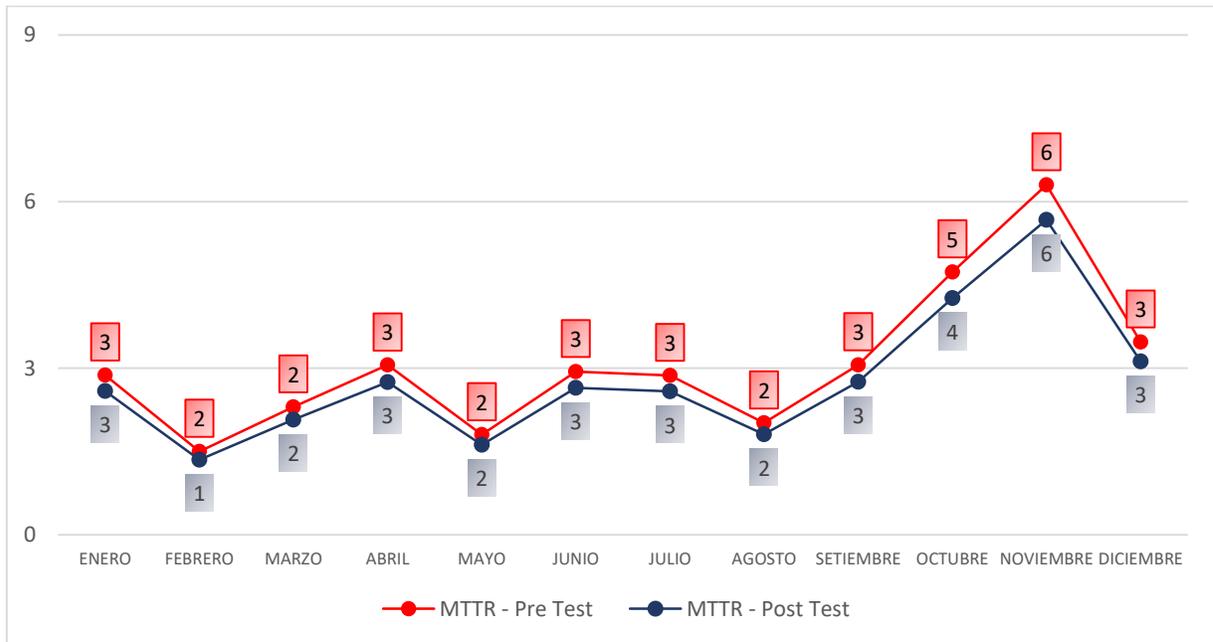
MTTR: Después de la implementación del mantenimiento preventivo el tiempo medio de reparación de los equipos (Tabla 64) ha tenido una disminución, esto nos indica que se responde ante alguna avería resolviendo los problemas de manera ágil y eficiente.

Tabla 64 - MTTR - Pre y Post Test

	ENE RO	FEBR ERO	MAR ZO	AB RIL	MA YO	JU NIO	JUL IO	AGO STO	SETIEM BRE	OCTU BRE	NOVIE MBRE	DICIEM BRE
PRE TEST	3	2	2	3	2	3	3	2	3	5	6	3
POST TEST	3	1	2	3	2	3	3	2	3	4	6	3

Fuente: Elaboración propia

Figura 54 - MTTR - Pre y Post Test



Fuente: Tabla 63

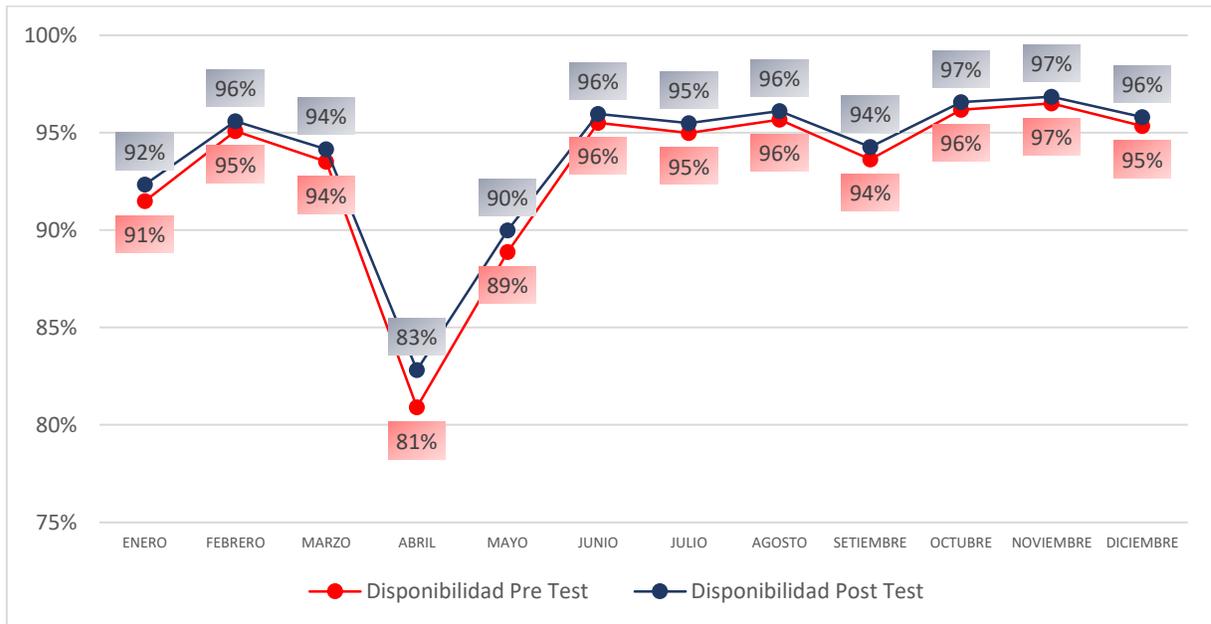
Disponibilidad: En la tabla 65 se calculó la disponibilidad de los equipos antes y después de la implementación dando como resultado un crecimiento en la probabilidad de que los equipos de la máquina papelera estén disponibles.

Tabla 65 - Disponibilidad Pre y Post Test

	ENE RO	FEBR ERO	MAR ZO	AB RIL	MA YO	JUN IO	JUL IO	AGOS TO	SETIEM BRE	OCTU BRE	NOVIE MBRE	DICIEM BRE
Pre Test	91%	95%	94%	81%	89%	96%	95%	96%	94%	96%	97%	95%
Post Test	92%	96%	94%	83%	90%	96%	95%	96%	94%	97%	97%	96%

Fuente: Elaboración propia

Figura 55 - Disponibilidad Pre y Post Test



Fuente: Tabla 64

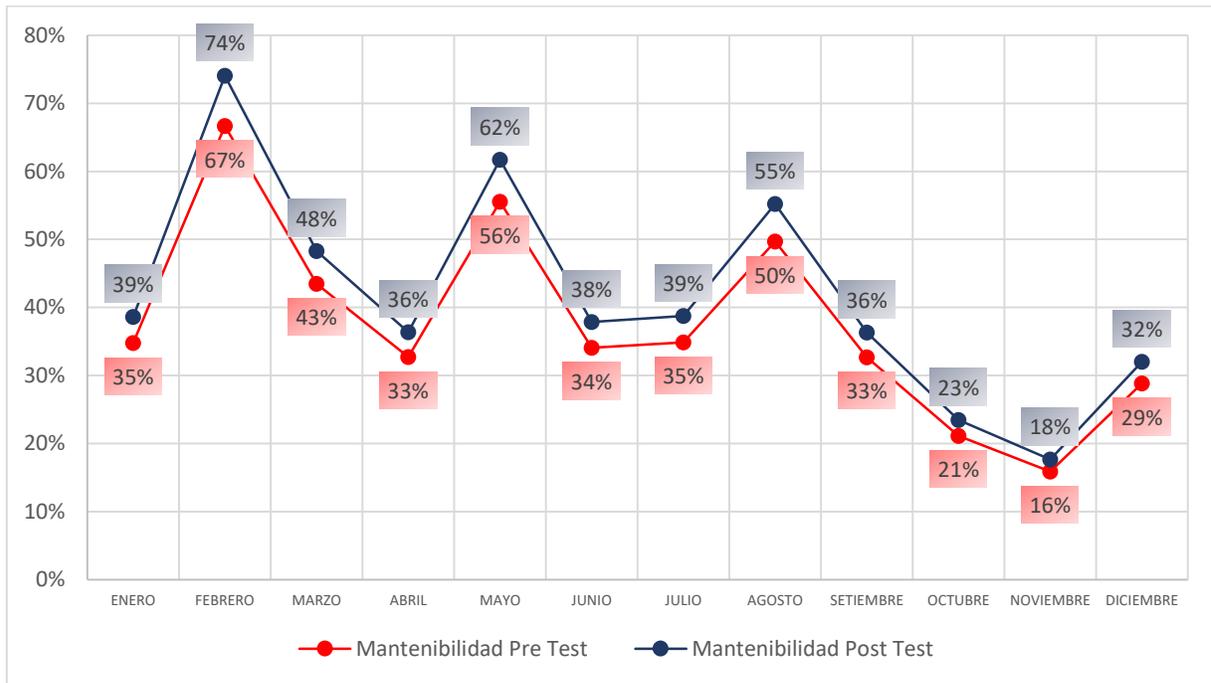
Mantenibilidad: En la tabla 66 observamos que con la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la máquina papelera la capacidad de reparación de los equipos es mayor.

Tabla 66 - Mantenibilidad - Pre y Post Test

	ENE RO	FEBRE RO	MAR ZO	ABR IL	MA YO	JUN IO	JUL IO	AGOS TO	SETIEM BRE	OCTU BRE	NOVIEM BRE	DICIEM BRE
Pre Test	35%	67%	43%	33%	56%	34%	35%	50%	33%	21%	16%	29%
Post Test	39%	74%	48%	36%	62%	38%	39%	55%	36%	23%	18%	32%

Fuente: Elaboración propia

Figura 56 - Mantenibilidad - Pre y Post Test



Fuente: Tabla 66

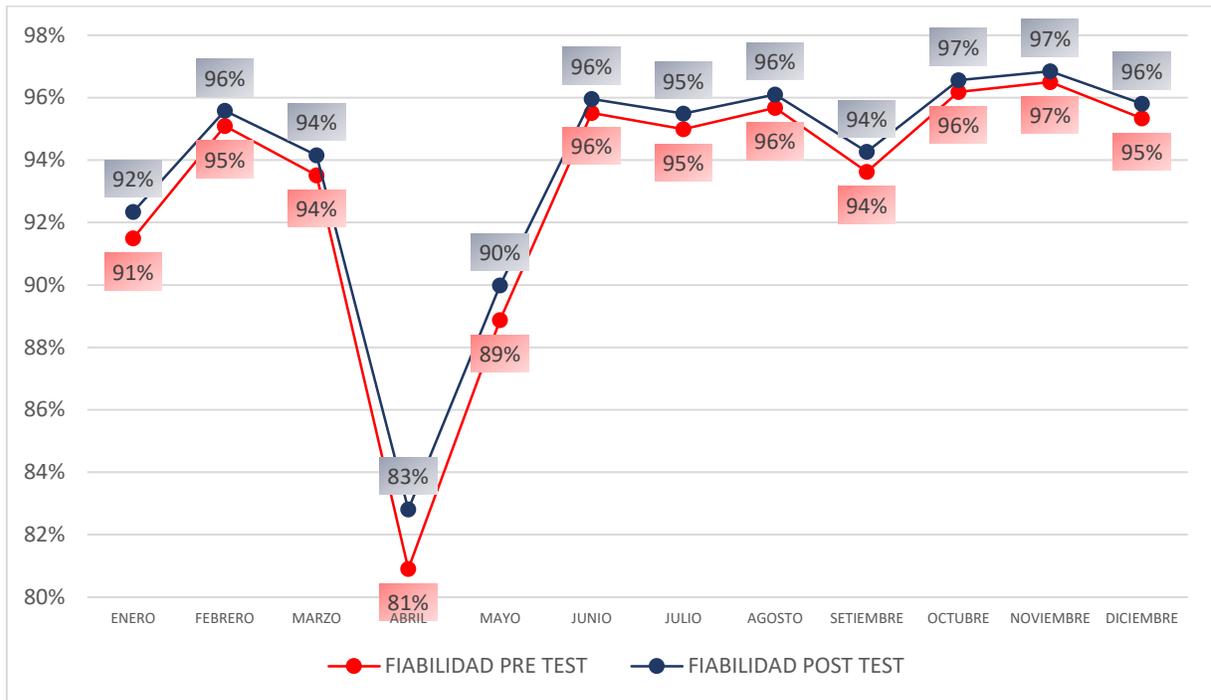
Fiabilidad: En la tabla 67 aumentó la fiabilidad de los equipos en la máquina papelera desarrollando un buen funcionamiento según los requerimientos de operación.

Tabla 67 - Fiabilidad Pre y Post Test

	ENE RO	FEBRE RO	MAR ZO	ABR IL	MAY O	JUNI O	JULI O	AGOS TO	SETIEM BRE	OCTUB RE	NOVIEM BRE	DICIEM BRE
PRE TEST	91%	95%	94%	81%	89%	96%	95%	96%	94%	96%	97%	95%
POST TEST	92%	96%	94%	83%	90%	96%	95%	96%	94%	97%	97%	96%

Fuente: Elaboración propia

Figura 57 - Fiabilidad Pre y Post Test



Fuente: Tabla 67

La Efectividad Total de los Equipos (OEE) – Post Test, después de la aplicación tubo una reducción de un 10% se conocerá cual es la eficiencia operativa de los equipos a través de la disponibilidad, rendimiento y calidad

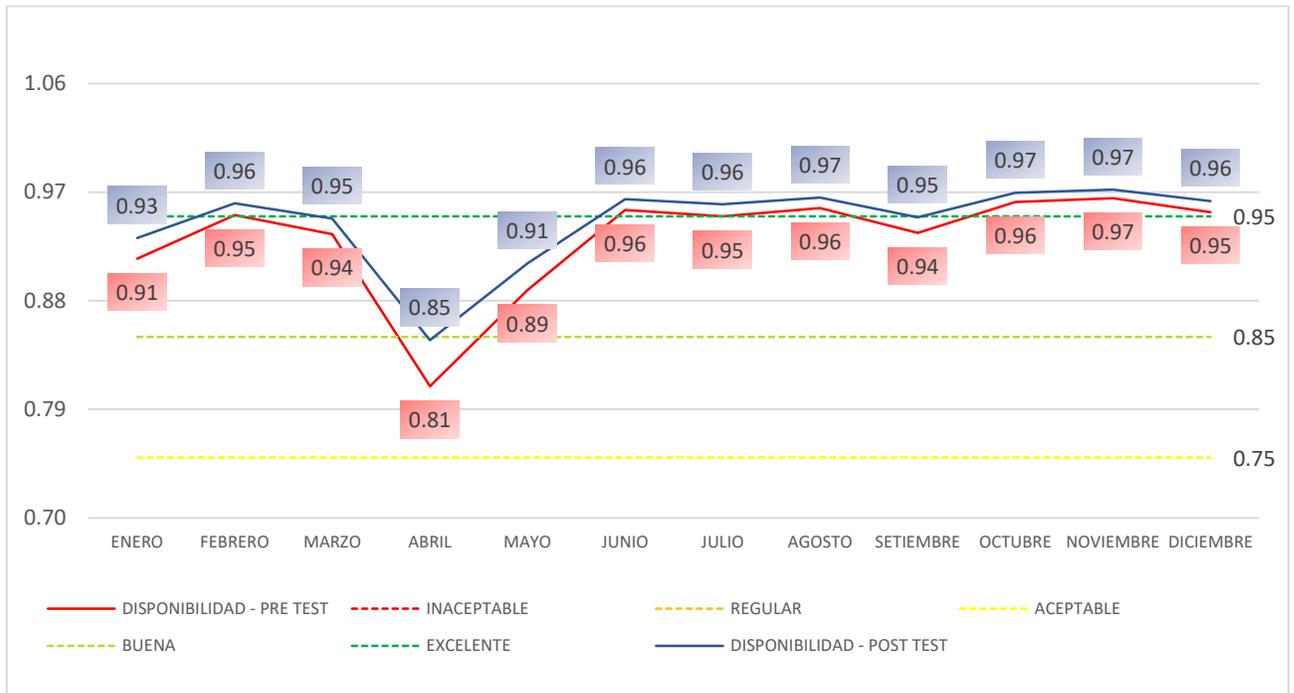
Disponibilidad:

Tabla 68 - Disponibilidad Pre y Post Test

	EN ER O	FEB RER O	MAR ZO	AB RIL	MA YO	JUN IO	JUL IO	AGO STO	SETIEM BRE	OCTU BRE	NOVIEM BRE	DICIEM BRE
Pre Test	91 %	95%	94%	81 %	89 %	96%	95 %	96%	94%	96%	97%	95%
Post Test	93 %	96%	89%	85 %	91 %	96%	96 %	97%	95%	97%	97%	96%

Fuente: Elaboración propia

Figura 58 - Disponibilidad Pre y Post Test



Fuente: Tabla 68

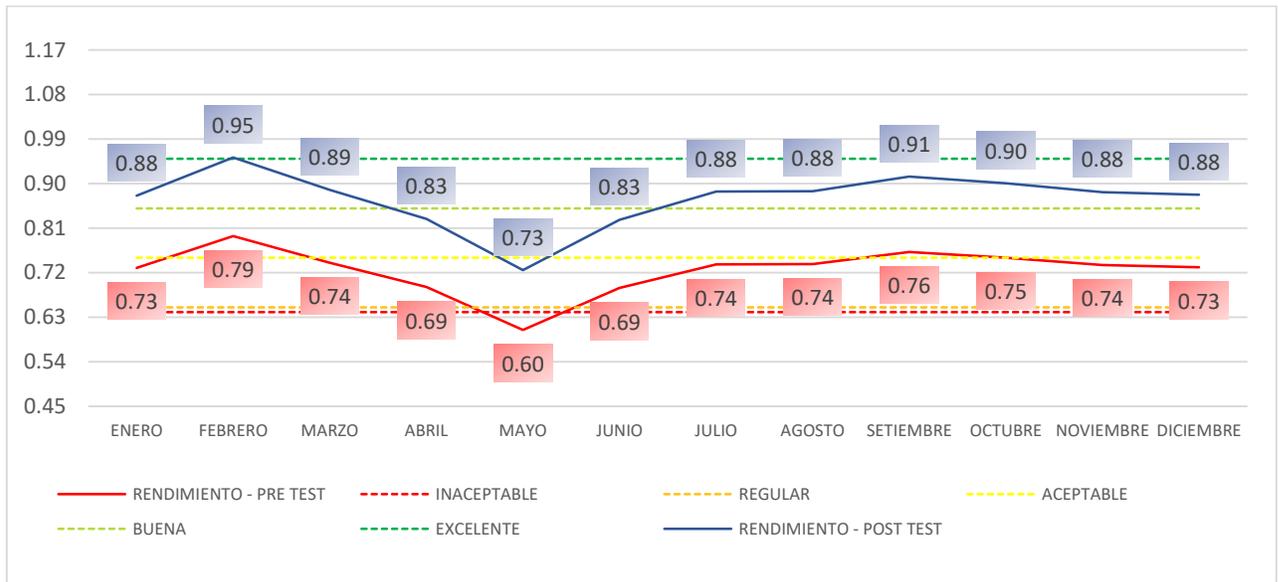
Rendimiento

Tabla 69 - Rendimiento Pre y Post Test

	ENE RO	FEBR ERO	MA RZO	ABR IL	MAY O	JUNI O	JULI O	AGOS TO	SETIEM BRE	OCTU BRE	NOVIEM BRE	DICIE MBRE
Pre Test	73%	79%	74%	69%	60%	69%	74%	74%	76%	75%	74%	73%
Post Test	88%	95%	89%	83%	73%	83%	88%	88%	91%	90%	88%	88%

Fuente: Elaboración propia

Figura 59 - Rendimiento Pre y Post Test



Fuente: Tabla 69

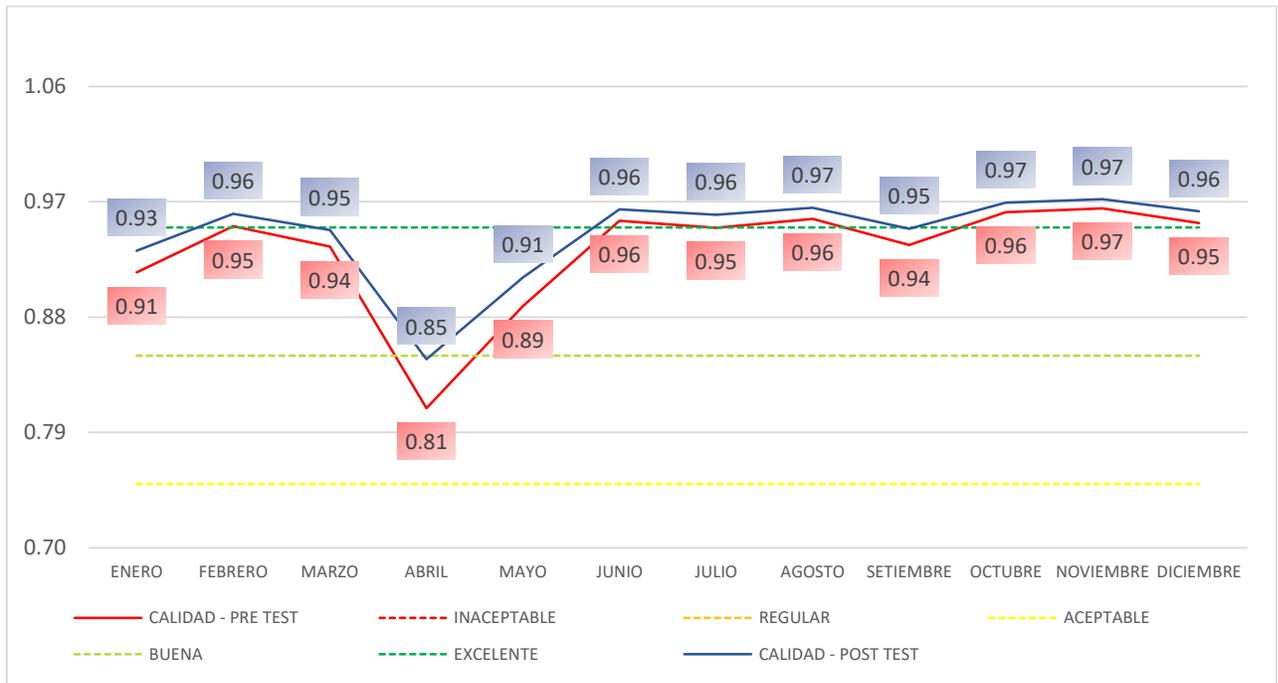
Calidad

Tabla 70 - Calidad Pre y Post Test

	EN ER O	FEBR ERO	MAR ZO	AB RIL	MA YO	JUN IO	JUL IO	AGO STO	SETIEM BRE	OCTU BRE	NOVIEM BRE	DICIEM BRE
Pre Test	91 %	95%	94%	81 %	89%	96%	95 %	96%	94%	96%	97%	95%
Pos t Test	93 %	96%	95%	85 %	91%	96%	96 %	97%	95%	97%	97%	96%

Fuente: Elaboración propia

Figura 60 - Calidad - Pre y Post Test



Fuente: Tabla 69

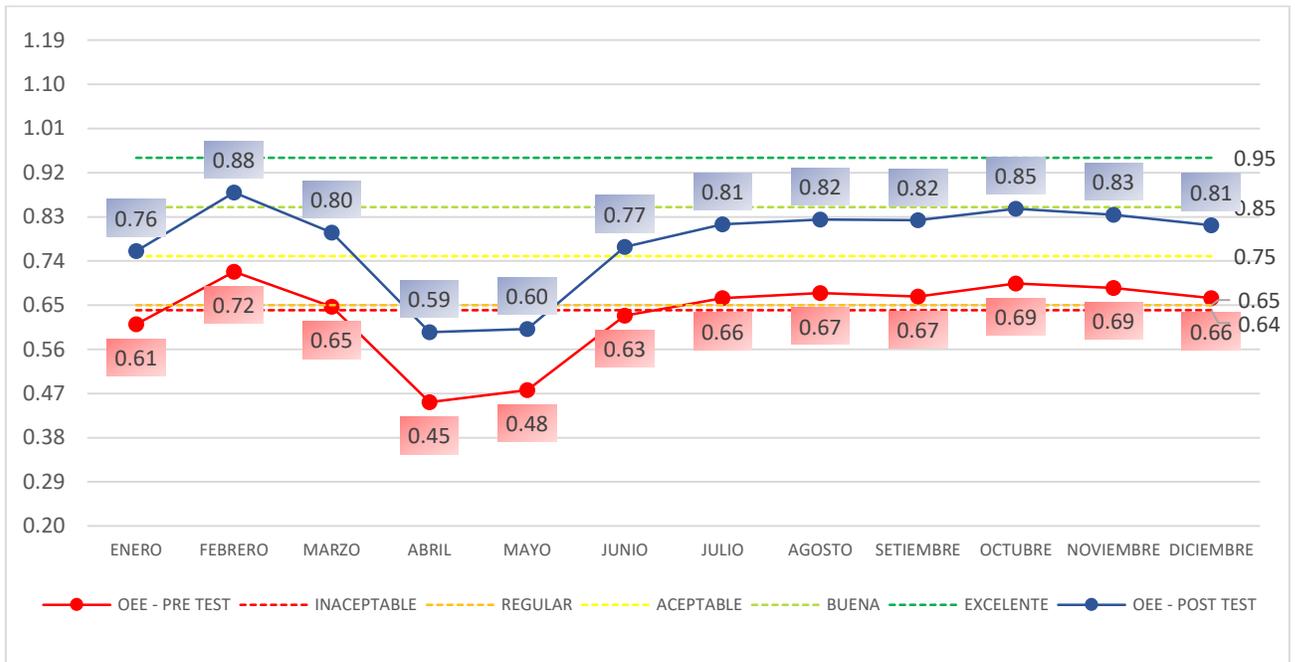
OEE

Tabla 71 - OEE Pre y Post Test

	ENE RO	FEBR ERO	MA RZO	AB RIL	MA YO	JUN IO	JUL IO	AGO STO	SETIE MBRE	OCTU BRE	NOVIE MBRE	DICIE MBRE
Pre Test	61.0 9%	71.79 %	64.6 7%	45.2 1%	47.7 2%	62.8 5%	66.4 7%	67.49 %	66.78%	69.41 %	68.51%	66.44%
Post Test	76.0 6%	87.94 %	79.7 7%	59.4 9%	60.1 7%	76.8 5%	81.4 5%	82.46 %	82.33%	84.62 %	83.40%	81.30%

Fuente: Elaboración propia

Figura 61 - OEE Pre y Post Test



Fuente: Tabla 71

La reducción de los gastos de mantenimiento se obtuvo al implementarse el plan de mantenimiento preventivo los equipos de la máquina papelera, estos podrán garantizar su buen funcionamiento y fiabilidad, evitando fallas, prolongándolos la vida útil.

En la tabla 72 se puede observar que después de la implementación los gastos de mantenimiento Post Test tienen una reducción del 10%, porque al reducir los gastos que ocasionan la intervención de los equipos por fallas correctivas van a disminuir en servicios realizados por empresas terceras solicitados como emergencia y no habrá compra de repuestos urgentes.

Tabla 72 - Gastos de mantenimiento Pre y Post Test

Mp7	Presupuesto	Gastos de mantenimiento Pre test	Gastos de mantenimiento Post test
Enero	243,032.79	471,319.64	424,187.68
Febrero	168,906.69	966,164.11	869,547.70
Marzo	342,680.21	474,861.87	427,375.68
Abril	644,169.38	84,772.40	76,295.16

Mayo	316,014.59	68,284.10	61,455.69
Junio	404,821.99	752,263.14	677,036.83
Julio	314,941.28	757,100.91	681,390.82
Agosto	267,227.95	410,287.27	369,258.54
Setiembre	233,991.24	332,198.01	298,978.21
Octubre	307,229.97	455,482.28	409,934.05
Noviembre	199,596.69	563,422.56	507,080.30
Diciembre	139,523.80	302,183.70	271,965.33
SUB TOTAL	S/. 3,582,136.55	S/. 5,638,339.99	S/.5,074,505.99

Fuente: Empresa Papelera

En la tabla 72, se observa una reducción de gastos en materiales, porque al aplicarse el plan de mantenimiento preventivo se tendrá una planificación de pedidos para la intervención de los equipos, eliminando las compras urgentes que generan gastos mayores porque la empresa asume los gastos de envío y la sobrevaloración de costo del producto ya sea en compra local (Perú) o importación. En el 2021 se ha tenido un gasto de S/. 4,681,799.25 en la adquisición de materiales, y al aplicar el plan de mantenimiento preventivo se planea tener un gasto de S/. 4,213,619.32, teniendo una reducción de gastos de S/. 468,179.93.

Tabla 73 - Gastos de materiales Pre y Post Test

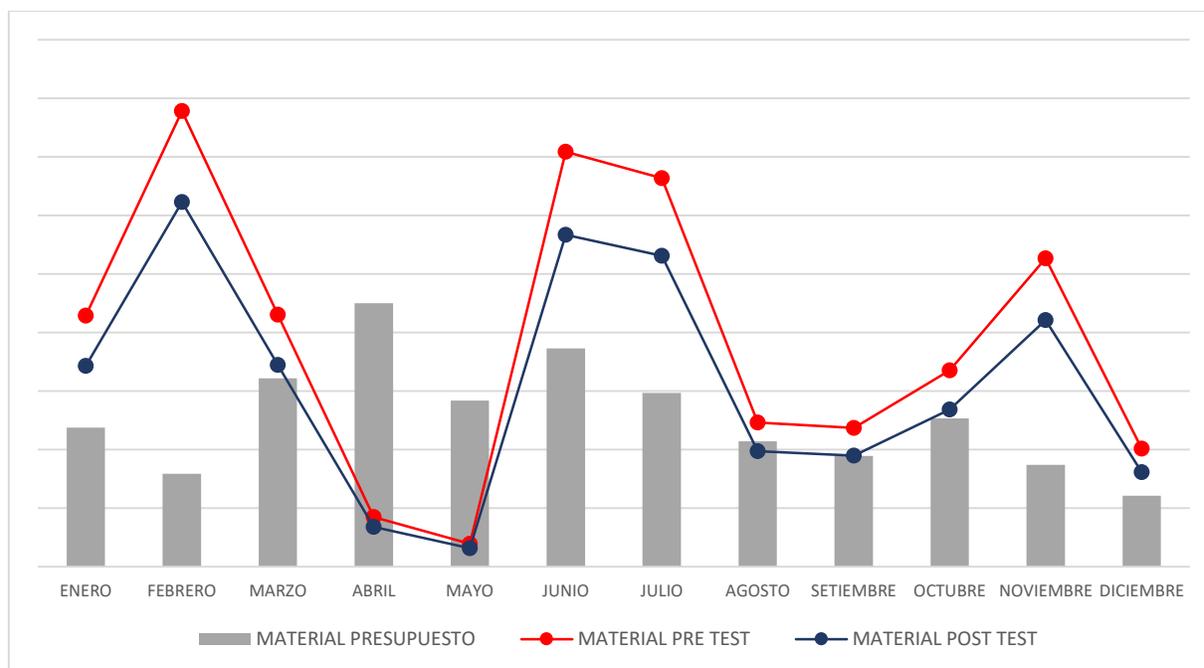
Mp7	Material		
	Presupuesto	Gasto - pre test	Gasto - post test
Enero	s/. 237,633.63	s/. 429,026.72	S/.386,124.05
Febrero	s/. 158,854.74	s/. 778,443.86	S/.700,599.47
Marzo	s/. 321,695.08	s/. 430,590.07	S/.387,531.06
Abril	s/. 450,000.00	s/. 84,772.40	S/.76,295.16
Mayo	s/. 283,500.00	s/. 39,184.10	S/.35,265.69
Junio	s/. 372,739.80	s/. 709,024.52	S/.638,122.07
Julio	s/. 296,915.28	s/. 663,592.91	S/.597,233.62
Agosto	s/. 214,086.50	s/. 246,388.58	S/.221,749.72
Setiembre	s/. 189,352.52	s/. 237,059.66	S/.213,353.69
Octubre	s/. 253,385.54	s/. 335,560.19	S/.302,004.17
Noviembre	s/. 174,150.15	s/. 526,672.27	S/.474,005.04
Diciembre	s/. 120,903.51	s/. 201,483.97	S/.181,335.57
Sub total	s/. 3,073,216.74	s/. 4,681,799.25	S/.4,213,619.32

Diferencia de gastos pre y post test

s/. 468,179.93

Fuente: Empresa Papelera

Figura 62 - Gastos de materiales Pre y Post Test



Fuente: Tabla 73

En la tabla 74, se observa una reducción de gastos en servicios por empresas de terceros, porque al aplicarse el plan de mantenimiento preventivo se tendrá una planificación de trabajos a elaborar, esto permitirá reducir los gastos por servicios a ejecutarse de manera urgente, siendo estos los que generan gastos elevados. En el 2021 se ha tenido un gasto en servicios de S/ 956,540.74, y al aplicar el plan de mantenimiento preventivo se planea tener un gasto de S/. 851,500.65, reduciendo los gastos en S/. 105,040.09.

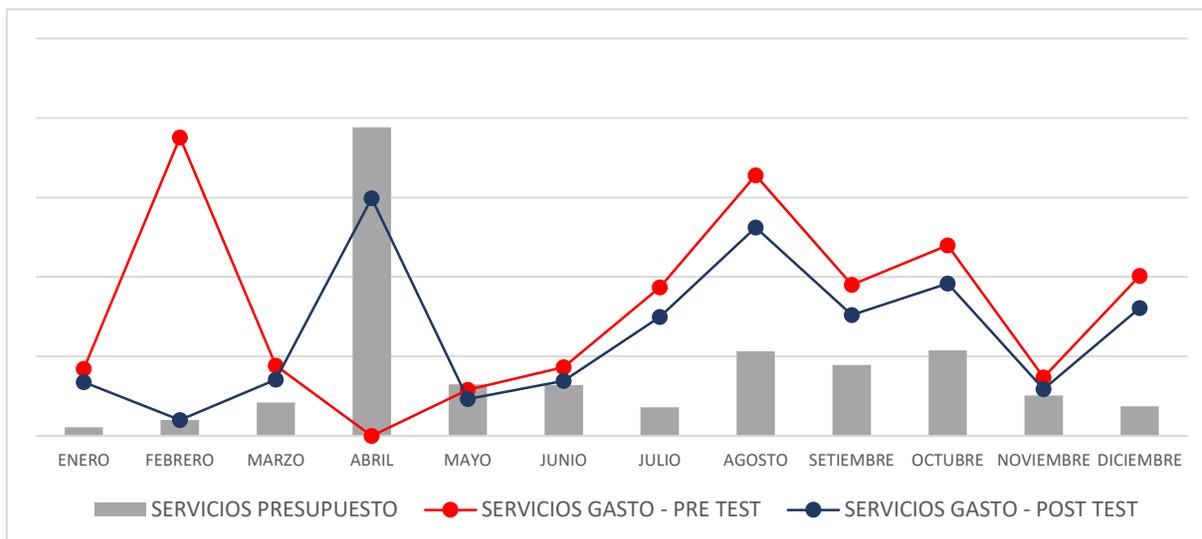
Tabla 74 - Gastos de servicios Pre y Post Test

Mp7	Servicios			
	Presupuesto	Gasto - pre test	Gasto - post test	
Enero	s/. 5,399.16	s/. 42,292.92	S/.38,063.63	
Febrero	s/. 10,051.95	s/. 187,720.25	S/.10,051.95	

Marzo	s/.	20,985.13	s/.	44,271.80	S/.39,844.62
Abril	s/.	194,169.38	s/.	-	S/.149,510.27
Mayo	s/.	32,514.59	s/.	29,100.00	S/.26,190.00
Junio	s/.	32,082.19	s/.	43,238.62	S/.38,914.76
Julio	s/.	18,026.00	s/.	93,508.00	S/.84,157.20
Agosto	s/.	53,141.45	s/.	163,898.69	S/.147,508.82
Setiembre	s/.	44,638.72	s/.	95,138.35	S/.85,624.52
Octubre	s/.	53,844.43	s/.	119,922.09	S/.107,929.88
Noviembre	s/.	25,446.54	s/.	36,750.29	S/.33,075.26
Diciembre	s/.	18,620.30	s/.	100,699.73	S/.90,629.76
Sub total	s/.	508,919.82	s/.	956,540.74	S/.851,500.65
Diferencia de gastos pre y post test					S/. 105,040.09

Fuente: Empresa papelera

Figura 63 - Gastos de servicios Pre y Post Test



Fuente: Tabla 74

En la tabla 75 se realizó el diagnóstico de pérdidas en soles de venta de papel pre y post implementación del plan de mantenimiento preventivo, en donde en el año 2021 se tuvo un total de tiempo perdido de 600.9 horas, un gasto de mantenimiento de S/. 5,638,339.99, toneladas de papel dejadas de producir una cantidad de 6,609.90 toneladas, a causa de todo esto se tuvo pérdidas en la venta del producto terminado (bobinas de papel) un monto de S/.11,567,325.00 Con el diagnóstico realizado

después de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad se pretende reducir el tiempo perdido en 540.81 horas, con esta reducción el papel que se dejaría de producir sería de 5,948.91 Toneladas al año y con una reducción de pérdidas por la venta de papel de S/.10,410,592.50, teniendo un beneficio de 1,156,732.50 anual.

Tabla 75 - Cálculo de tiempos perdidos y costos

Actualmente sin aplicar el plan de mantenimiento preventivo			
Total de tiempo de trabajo	8640	Horas	
Total de toneladas de papel producidas por hora	11	Ton/H	
Total de toneladas de papel planificada para producidas por año	96,360	Ton/m	
Costo tonelada de papel - Venta	S/. 1,600.00	Soles/Ton.	
			Total de tiempo perdido no programado
			600.90
			Horas
			Gasto de mantenimiento por paradas no programadas
			-S/.2,056,203.44
			Soles
			Total de toneladas de papel no producidas al año
			6,609.90
			Ton
			Perdidas de venta de papel al año
			S/. 10,575,840.00
			Soles
Aplicando el plan de mantenimiento preventivo – reducción del 10%			
Porcentaje estimado de reducción - propuesta de implementación	10%		
Total de tiempo de trabajo	8640	Horas	
Total de toneladas de papel producidas por hora	11	Ton/H	
Total de toneladas de papel planificada para producidas por año	96,360	Ton/m	
Costo tonelada de papel - Venta	S/. 1,750.00	Soles/Ton.	
			Reducción del tiempo perdido al 10%
			60.09
			Horas
			Total de tiempo perdido no programado
			540.81
			Horas
			Gasto de mantenimiento por paradas no programadas
			-S/.1,492,369.44
			Soles
			Total de toneladas de papel no producidas al año
			5,287.91
			Ton
			Perdidas de venta de papel al año
			S/. 10,410,592.50
			Soles

Fuente: Empresa Papelera

Tabla 76 - Diagnóstico de costos de venta de papel aplicando el plan de mantenimiento preventivo

Tiempo Perdido	Ton. Producidas por horas	Ton. Producidas con implementación	Papel que se deja de producir (Toneladas)	Costo tonelada de papel - Venta	Costo de venta de papel al año (Sin implementación)	Costo de venta de papel al año (Con implementación)
540.81	11	69,813.12	5,948.91	S/.1,750.00	S/.11,567,325.00	S/.10,410,592.50
Beneficio anual						S/. 1,156,732.50

Fuente: Empresa Papelera

En la tabla 77 se realizó el diagnóstico de gastos de mantenimiento después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad, teniendo un aumento de producción de 69,813.12 toneladas al año

Tabla 77 - Diagnóstico de gastos de mantenimiento aplicando el plan de mantenimiento preventivo

	Tiempo Perdido	Ton. Producidas por horas	Ton. Producidas	Papel que se deja de producir	Gasto de Mantenimiento presupuesto anual	Gasto de mantenimiento	Costo de Mantenimiento por Tonelada de papel
<i>Pre test</i>	600.90	11	69,813.12	6609.90	S/. 5,638,339.99	S/ 5,638,339.99	S/ 80.76
<i>Post Test</i>	540.81	11.00	69,813.12	5,948.91	S/ 5,638,339.99	S/. 4,510,671.99	S/ 64.61
Beneficio anual						S/. 1,127,668.00	

Fuente: Empresa Papelera

El análisis de costo-beneficio al implementarse el plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM) se tomaron en cuenta los gastos necesarios que se utilizaron para la ejecución de la propuesta de implementación.

Para la implementación del programa de mantenimiento preventivo se necesitó lo según se detalla en las tablas 77, 78 y 79.

Tabla 78 - Inversión de Personal para realizar la implementación

Cantidad	Puesto de Trabajo	Costo / Mes	Costo Anual
1	Planificador de Mantenimiento	S/ 4,500.00	S/ 54,000.00
1	Asistente de planificación	S/ 300.00	S/ 3,600.00
1	Supervisor de Planificación	S/ 3,000.00	S/ 36,000.00
<i>Total</i>			<i>S/. 93,600.00</i>

Fuente: Planilla Gestión Humana

Tabla 79 - Inversión en materiales y equipos

Equipos	Precio Unitario	UM	Cantidad	Precio Total
Laptop HP: ASUS VivoBook 8G Ram	S/. 3,500.00	Und	3	S/. 10,500.00
Multifuncional HP: Scanner, Fotocopiadora e impresora	S/. 1,000.00	Und	1	S/. 1,000.00
Escritorio de melamine 1.00x0.50m, con cajones	S/. 600.00	Und	3	S/. 1,800.00
Silla de escritorio con ruedas/ Negro	S/. 400.00	Und	3	S/. 1,200.00
Pizarra acrílica	S/. 120.00	Und	1	S/. 120.00
Plumones de pizarra	S/. 12.00	Und	9	S/. 108.00
Papel Bond A4 (MLL)	S/. 20.00	Millar	30	S/. 600.00
Propuesta Plan de Mantenimiento Preventivo	S/. 4,000.00	Und	12	S/.48,000.00
Total				S/.63,328.00

Fuente: Registro de compras logística

Tabla 80 - Software utilizados

Equipos	Precio Unitario	UM	Cantidad	Precio Total
Software SAP Módulo PM	9750	und	6	S/.58,500.00
Ms Project	1326	und	1	S/. 1,326.00
Total				S/.59,826.00

Fuente: Registro de compras logística

Para este proyecto se realizó inversiones en capacitaciones y la implementación de las 5S', con el presupuesto detallado en las tablas 80, 81 y 82

Tabla 81 - Propuestas de inversión de capacitaciones

Capacitaciones	N° Participantes	Costo Individual (S/.)	TOTAL (S/.)
Gestión de mantenimiento	3	S/. 2,000.00	S/. 6,000.00
Plan de capacitación	3	S/. 4,000.00	S/. 12,000.00
Total, de costo de capacitación			S/. 18,000.00

Fuente: Registro de capacitaciones de Gestión Humana

Tabla 82 - Propuestas de cursos de capacitación

Capacitación	N° Participantes	Costo Individual (S/.)	TOTAL (S/.)
Mantenimiento de motores eléctricos	3	250	750
Mantenimiento tablero eléctricos	3	250	750
Mantenimiento de reductores de velocidad	3	300	900
Mantenimiento de bombas	3	300	900
Alineamiento de equipos	3	200	600
Lubricación de equipos	3	200	600
Lean Six Sigma - 5'S	3	300	900
Total			5400

Fuente: Registro de capacitaciones de Gestión Humana

Tabla 83 - Implementación de las 5 S´

Equipos	Precio Unitario	UM	Cantidad	Precio Total
<i>Laptop HP: ASUS vivobook 8G Ram</i>	S/.3,500.00	Und	3	S/.10,500.00
<i>Multifuncional HP: Scanner, Fotocopiadora e impresora Tonner</i>	S/.1,000.00	Und	1	S/. 1,000.00
<i>Escritorio de melamine 1.00x0.50m, con cajones</i>	S/.250.00	Und	8	S/. 2,000.00
<i>Silla de escritorio con ruedas/ Negro</i>	S/.600.00	Und	1	S/. 600.00
<i>Enmicadora</i>	S/.400.00	Und	1	S/. 400.00
<i>Estante Metálico 4 niveles</i>	S/.500.00	Und	1	S/. 500.00
<i>Papel Bond A4 (MLL)</i>	S/.250.00	Und	1	S/. 250.00
<i>Archivador palanca Lomo Ancho</i>	S/.20.00	Millar	30	S/. 600.00
<i>Micas A4</i>	S/.8.00	Und	10	S/. 80.00
	S/.0.50	Millar	1	S/. 0.50
			Total	S/.15,930.50

El estado de resultados, flujo de caja e indicadores económicos se muestra en la tabla

Tabla 84 - Evaluación económica financiera

ESTADO DE RESULTADOS											
AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		S/. 1,156,732.50	S/. 1,214,569.13	S/. 1,275,297.58	S/. 1,339,062.46	S/. 1,406,015.58	S/. 1,476,316.36	S/. 1,550,132.18	S/. 1,627,638.79	S/. 1,709,020.73	S/. 1,794,471.77
Costos operativos		S/. 58,800.00	S/. 61,740.00	S/. 64,827.00	S/. 68,068.35	S/. 71,471.77	S/. 75,045.36	S/. 78,797.62	S/. 82,737.50	S/. 86,874.38	S/. 91,218.10
Depreciación activos		S/. 10,803.00									
GAV		S/. 5,880.00	S/. 6,174.00	S/. 6,482.70	S/. 6,806.84	S/. 7,147.18	S/. 7,504.54	S/. 7,879.76	S/. 8,273.75	S/. 8,687.44	S/. 9,121.81
Utilidad antes de impuestos		S/. 1,081,249.50	S/. 1,135,852.13	S/. 1,193,184.88	S/. 1,253,384.28	S/. 1,316,593.64	S/. 1,382,963.47	S/. 1,452,651.79	S/. 1,525,824.53	S/. 1,602,655.91	S/. 1,683,328.86
Impuestos sobre la renta (30%)		S/. 324,374.85	S/. 340,755.64	S/. 357,955.46	S/. 376,015.28	S/. 394,978.09	S/. 414,889.04	S/. 435,795.54	S/. 457,747.36	S/. 480,796.77	S/. 504,998.66
Utilidad después de impuestos		S/. 756,874.65	S/. 795,096.49	S/. 835,229.42	S/. 877,368.99	S/. 921,615.55	S/. 968,074.43	S/. 1,016,856.26	S/. 1,068,077.17	S/. 1,121,859.14	S/. 1,178,330.20

FLUJO DE CAJA											
AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Utilidad después de impuestos		S/. 756,874.65	S/. 795,096.49	S/. 835,229.42	S/. 877,368.99	S/. 921,615.55	S/. 968,074.43	S/. 1,016,856.26	S/. 1,068,077.17	S/. 1,121,859.14	S/. 1,178,330.20
Depreciación		S/. 10,803.00	S/. 10,803.00	S/. 10,803.00	S/. 10,803.00						
Inversión	S/. - 827,487.00				S/. 36,200.00	S/. 41,300.00					S/. 48,630.00
	S/. - 827,487.00	S/. 767,677.65	S/. 805,899.49	S/. 846,032.42	S/. 851,971.99	S/. 891,118.55	S/. 978,877.43	S/. 1,027,659.26	S/. 1,030,250.17	S/. 1,132,662.14	S/. 1,140,503.20

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 84 se puede observar que se tendrá una reinversión en el cuarto año de S/. 21,900.00, el quinto año será de S/. 2,100.00 y el año 10 una reinversión de S/. 3,600.00

Tabla 85 - Re inversión y depreciación de equipos - Implementación

Equipos	Precio Unitario	UM	Cantidad	Precio Total	Vida útil (Años)	Depreciación
Laptop HP: ASUS VivoBook 8G Ram	S/. 4,800.00	Und	3	S/.14,400.00	4	S/. 300.00
Multifuncional HP: Scanner, Fotocopiadora e impresora	S/. 2,500.00	Und	3	S/. 7,500.00	4	S/. 156.25
Escritorio de melamine 1.00x0.50m, con cajones	S/. 1,200.00	Und	3	S/. 3,600.00	10	S/. 30.00
Silla de escritorio con ruedas/ Negro	S/. 700.00	Und	3	S/. 2,100.00	5	S/. 35.00
TOTAL MES						S/. 521.25
TOTAL AÑO						S/. 6,255.00

S/.

Re inversión (4 AÑOS) 21,900.00

Re inversión (5 AÑOS) S/. 2,100.00

Re inversión (10 AÑOS) S/. 3,600.00

En la tabla 85 se puede observar que se tendrá una reinversión en el cuarto año de S/. 16,000.00, el quinto año será de S/. 1,100.00 y el año 10 una reinversión de S/. 2,750.00

Tabla 86 - Re inversión y depreciación de equipos - 5 'S

Equipos	Precio Unitario	UM	Cantidad	Precio Total	Vida útil (Años)	Depreciación
Laptop HP: ASUS VivoBook 8G Ram	S/. 4,500.00	Und	3	S/.13,500.00	4	S/. 281.25
Multifuncional HP: Scanner, Fotocopiadora e impresora	S/. 2,500.00	Und	1	S/. 2,500.00	4	S/. 52.08
Tonner	S/. 250.00	und	8	S/. 2,000.00	10	S/. 16.67
Escritorio de melamine 1.00x0.50m, con cajones	S/. 750.00	Und	1	S/. 750.00	10	S/. 6.25

Silla de escritorio con ruedas/ Negro	S/. 600.00	Und	1	S/. 600.00	5	S/. 10.00
Enmicadora	S/. 500.00	Und	1	S/. 500.00	5	S/. 8.33
					TOTAL MES	S/. 374.58
					TOTAL AÑO	S/. 4,495.00

	S/.
Re inversión (4 AÑOS)	16,000.00
	S/.
Re inversión (5 AÑOS)	1,100.00
	S/.
Re inversión (10 AÑOS)	2,750.00

Valor Actual Neto (VAN): Este indicador financiero nos va a servir para determinar si un proyecto es viable

Tasa Interna de Retorno (TIR): Este método de evaluación se utiliza para analizar la viabilidad de un proyecto o la rentabilidad que se pueda tener.

La tasa de interés que se ha considerado trabajar es del 20% anual en los cálculos a realizar; es decir que el proyecto debe tener una inversión mayor al interés propuesto.

En la tabla 86 se puede observar que si se implementa la propuesta se tiene una ganancia con valor actual neto (VAN) de S/. 2,382,942.84 y una tasa interna de retorno (TIR) 97.13% obteniendo un valor superior a la tasa propuesta, y el periodo de recuperación de esta inversión (PIR) es de 2.6 años, siendo rentable, por lo tanto, el proyecto es viable.

En la tabla 87 tenemos el valor del costo beneficio de 3.0, es decir que la empresa papelera Trupal por cada sol que invierte obtendrá un beneficio de 0.3 soles.

Tabla 87 - Indicadores económicos - VAN - TIR - PRI

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo Neto de Efectivo	S/. - 827,487.00	S/. 767,677.65	S/. 805,899.49	S/. 846,032.42	S/. 851,971.99	S/. 891,118.55	S/. 978,877.43	S/. 1,027,659.26	S/. 1,030,250.17	S/. 1,132,662.14	S/. 1,140,503.20

VAN	S/. 2,382,942.84	
TIR	97.13%	
PRI	2.6	años

Fuente: Elaboración propia

Tabla 88 - Indicadores económicos Costo-Beneficio

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		S/. 1,156,732.50	S/. 1,214,569.13	S/. 1,275,297.58	S/. 1,339,062.46	S/. 1,406,015.58	S/. 1,476,316.36	S/. 1,550,132.18	S/. 1,627,638.79	S/. 1,709,020.73	S/. 1,794,471.77
Egresos		S/. 389,054.85	S/. 408,669.64	S/. 429,265.16	S/. 450,890.47	S/. 473,597.04	S/. 497,438.93	S/. 522,472.92	S/. 548,758.62	S/. 576,358.59	S/. 605,338.57

VAN Ingresos	S/. 4,905,682.44
VAN Egresos	S/. 1,651,850.35

B/C	3.0
------------	------------

Después de haber concluido el cuarto capítulo se procedió a calcular la hipótesis, con el resultado obtenido se sobrepasó la correlación mínima para el contraste de Shapiro Wilks, por lo tanto, no hay evidencia para rechazar esta hipótesis nula ya que se ajusta a una distribución normal.

Tabla 89 - Desarrollo Shapiro Wilks

i	Xi	(Xi-MED)2	ai	Xi INV	Dif(Xi-Xi-INV)
1	61,455.69	130,624,278,518.31	0.5475	869,547.70	-808,092.01
2	76,295.16	120,117,931,554.65	0.3325	681,390.82	-605,095.66
3	271,965.33	22,773,879,183.06	0.2347	677,036.83	-405,071.50
4	298,978.21	15,350,538,531.29	0.1586	507,080.30	-208,102.09
5	369,258.54	2,874,777,997.51	0.0922	427,375.68	-58,117.14
6	409,934.05	167,481,056.92	0.0303	424,187.68	-14,253.62
7	424,187.68	1,721,807.82		409,934.05	
8	427,375.68	20,251,653.78		369,258.54	
9	507,080.30	7,090,449,142.99		298,978.21	
10	677,036.83	64,597,980,015.32		271,965.33	
11	681,390.82	66,830,170,545.44		76,295.16	
12	869,547.70	199,516,054,029.50		61,455.69	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 90 - Resultado de aceptación de hipótesis

SW c	0.960
SW t	0.859

Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

- Para reducir los costos de mantenimiento en la empresa Papelera Trupal S.A se realizó un análisis de los tiempos perdidos del periodo 2021, donde se pudo conocer que se tuvo 600.9 horas ocasionado por las diferentes fallas en los equipos de la máquina papelera, en donde se pudo verificar también que el 68% de las atenciones son correctivos, originando gastos elevados en mantenimiento, así mismo se desarrolló el análisis de criticidad, modo efecto de fallas y al implementar del plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad se redujeron los tiempos perdidos a 540.8 esto logró una disminución de los costos de mantenimiento de S/.5,638,339.99 de gastos que se tuvo en el año 2021 a S/.5,074,505.99 que se obtuvo en la implementación, con esto se logró un beneficio de S/. 563,834.00, al igual que (VARGAS YOVERA, 2018) en sus resultado de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo lograron reducir los costos de mantenimiento de 7126 soles a 2115 soles teniendo un ahorro de 29.68%, para (ROJAS FERNANDEZ, 2019) nos dice que al ejecutar el plan de mantenimiento preventivo redujeron los costos de mantenimiento en un promedio de S/ 5,1034.40 soles. también se tomó como referencia lo indicado por (RODRIGUEZ QUIROZ, 2020) en su tesis indica que tendrá una ahorro de S/ 67,780.77 soles al año, reduciendo el mantenimiento correctivo del 94% logrando así una mejor funcionabilidad de sus equipos y reduciendo los tiempos por la demora en el proceso de reencauche y también en los procesos operativos por el tiempo que deja de trabajar el equipo. En esta propuesta de implementación al tener una reducción en los tiempos perdidos se logra disminuir las perdidas por la no venta del producto (bobinas de papel) de S/. 11,567,325.00 se logra una reducción de S/. 10,410,592.50 teniendo un beneficio de S/. 1,156,732.50.
- En esta investigación se evaluó la criticidad de los 54 equipos de la máquina

papelera en donde según el análisis realizado se identificaron que el 37% de equipos equivalente a la cantidad de 20 teniendo el nivel de criticidad alto, se calculó que el 24% obtuvo un nivel de criticidad medio en cantidad son 13 equipos y con el nivel de criticidad alto se tiene una cantidad de 21 equipos con un valor de 21%, luego de tener esta información se desarrolló el análisis del modo efecto de falla (AMEF) de los equipos críticos, esta herramienta permitió realizar un análisis eficaz ayudando a detectar cuales son los problemas potenciales que se tiene en los equipos y los efectos que causaría, teniendo como resultado que el 38% de equipos tienen nivel de riesgo alto, el 48% de ellos con nivel de riesgo medio y sólo el 14% con riesgo de fallo menor, después de aplicarse el plan de mantenimiento se logró que todos los equipos con nivel de criticidad alto, el riesgo de falla disminuyó, al igual que la investigación realizada por (PARDO CHAVEZ, 2017) para conocer los puntos críticos de la constructora Chamonte SAC trabajó con la con la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) realizando un análisis de criticidad e identificando los modos de falla, cómo resultado pudieron disminuir el 30% de sus costos de mantenimiento aumentando la disponibilidad de los equipos y disminuyendo los tiempos perdidos, así mismo la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para reducir los costos de mantenimiento de la Máquina Papelera de la Empresa Trupal S.A. (CAMPOS LOPEZ, y otros, 2019) en su artículo nos indica que el uso de esta metodología RCM nos permite realizar un análisis de los modos y causas de falla para luego elaborar planes de mantenimiento asegurando la funcionalidad de los equipos pudiendo identificar con gran rapidez las fallas y así aumentar la satisfacción del cliente, así como también (RODRIGUEZ QUIROZ, 2020) manifiesta que en su implementación se pudo determinar la eficiencia global de los equipos obteniendo un promedio de 74.41% por los problemas que tuvieron en el año 2019, para eso determinaron la criticidad de los equipos logrando así mejorar la eficiencia en 94.49%.

- En el análisis desarrollado en este proyecto sobre los indicadores de mantenimiento al elaborar un plan de mantenimiento preventivo en la máquina papelera se determinó que con respecto al año 2021 el tiempo medio entre fallos de los equipos de la máquina tuvo un pequeño aumento de 57.06% a 57.09% teniendo una mejora en la fiabilidad de los equipos; el tiempo promedio para la reparación de los equipos disminuyó en un 0.3% siendo un indicador positivo de buen desempeño de los equipos, además se conoció la disponibilidad de los equipos aumentando en 1%, es decir de 93% aumentó a 94%, con respecto a la mantenibilidad tuvo un aumento del 4% es decir que la facilidad y la seguridad que se tiene para ejecutar las tareas de mantenimiento ha mejorado a un 42% y la fiabilidad aumentó en 1% siendo un indicador de buen funcionamiento de los equipos, estos indicadores permitieron reducir los tiempos de parada en planta y se obtuvo una mejor disponibilidad de los equipos aumentando la confiabilidad de trabajo de ellos; sin embargo para (ALAVEDRA FLORES, y otros, 2016) en su investigación después del análisis del MTBF, MTTR y disponibilidad de la flota de Komatsu donde el tiempo medio entre fallas tuvo una caída de 39.51% con respecto al año anterior, el tiempo medio para reparar ha estado aumentando, concluyendo que los problemas cada vez son mayores y la confiabilidad no es buena por tal motivo es necesario plantear realizar el análisis de criticidad de la flota, análisis de fallas y la implementación del mantenimiento preventivo con la finalidad de mejorar la disponibilidad y la confianza de estos equipos. En la investigación de (CHAVEZ CASTAÑEDA, 2021) indica que implementar su proyecto de investigación pudo mejorar la disponibilidad de sus equipos y concluyendo que en sus indicadores de mantenimiento sus resultados fueron favorables logrando obtener una mejor disponibilidad siendo aumentando en 7.2%, redujo el tiempo de reparación en 3.11 horas y el tiempo medio para reparar cada equipo tubo un aumento en 197.59 horas.

- El impacto financiero que se ha obtenido al realizar el análisis en el proyecto de implementación dio como resultado en el indicador del valor actual neto (VAN) un valor de S/. 2,382,942.84, y en la tasa interna de retorno (TIR) un valor porcentual de 97.13%, con un periodo de recuperación de 2.6 años, y el Beneficio – costo de 3.0 es decir por cada sol invertido se tendrá 2 soles de ganancia expresando así que la propuesta de implementación del plan de mantenimiento preventivo para reducir los gastos de mantenimiento es rentable sobre su inversión. En la propuesta de (VARGAS YOVERA, 2018) obtuvo como resultado su indicar Van de 964291.97 soles y un TIR de 54% concluyendo que su propuesta es rentable, también (RODRIGUEZ QUIROZ, 2020) nos dice que en su propuesta su plan de mejora es viable porque el análisis realizado de Beneficio – costo fue igual a 2.22 indicando que por cada sol invertido tiene una ganancia de 1.22, siendo el valor del TIR en 46%, el VAN en S/ 11,724.22, siendo rentable su implementación en la empresa Reencauchadora Zaga, para (GONZALES GRANDA, 2020) en su propuesta de tesis de implementación de la gestión de mantenimiento pudo concluir que su proyecto fue viable al tener como resultado el Beneficio – costo de 1.78 soles. (PARDO CHAVEZ, 2017) también nos indica que al realizar la implementación del plan de mantenimiento preventivo RCM pudo concretar que su proyección de recuperación de gastos lo obtuvo en 3 años realizando una inversión en mano de obra, repuestos, infraestructura y herramientas un valor de S/ 21, 2242.38.

VI. CONCLUSIONES

- Al formular la propuesta de implementación del plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad se conseguiría reducir los costos de mantenimiento en el área de la máquina papelera, proponiendo la reducción de horas en un 10% causadas por paradas no programadas teniendo un beneficio en mantenimiento de S/ 563,834.00 soles al año así mismo se tendrá un beneficio de S/. 1,156,732.50 de soles anual por la venta del producto terminado al aumentar la producción, por tal motivo se determina que al realizar esta implementación nos permite reducir los costos de mantenimiento, reducir los tiempos perdidos por paradas no programadas e incrementando la producción de papel.
- Al determinar la causa raíz de los costos elevados de mantenimiento se obtuvo diferentes herramientas de mejora cómo son los programas de capacitación, análisis de criticidad de equipos, análisis de modo efecto de falla (AMEF), indicadores de mantenimiento, plan de mantenimiento preventivo y de 5´S, y al desarrollarlos se pudo conocer que el año 2021 se ha tenido 600.9 horas perdidas por trabajos no programados e incurriendo en gastos elevados de mantenimiento.
- Al desarrollar del plan de mantenimiento preventivo a los equipos de la máquina papelera inicialmente a un 10% para reducir los costos de mantenimiento y tiempos perdidos por paradas no programadas se consideró la elaboración del plan para 4 tipos de equipos según el análisis de criticidad realizado como son: motor eléctrico, reductor, bomba y agitador, desarrollando las diferentes actividades a ejecutarse en la frecuencia establecida, y el responsable de la ejecución.
- En el diagnóstico de los costos de mantenimiento realizado en la máquina

papelera se pudo determinar que en el periodo 2021 el gasto general de mantenimiento fue de S/. 5,638,339.99 sin embargo el monto planificado fue de S/. 3,582,136.55, originando un exceso de -S/. 2,056,203.44, en materiales se tuvo un gasto de S/. 4,681,799.25 siendo lo planificado S/. 3,073,216.74 y servicios terciarizados se tuvo un gasto de un S/. 508,919.82 presupuestado y gastando S/. 956,540.74, al ejecutar el plan de mantenimiento preventivo las horas por paradas no programadas por mantenimiento correctivo, se reducirá la compra de repuestos solicitados por emergencia y con costos elevados, se programará los trabajos a ejecutar según la frecuencia de intervención de los equipos de planta y también reduciendo la contratación de servicios solicitados por emergencia.

- Con el análisis realizado y la información obtenida se identificó los tiempos perdidos que se ha tenido en los equipos de la máquina papelera durante el año 2021 por tal motivo se desarrolló como primer punto el análisis de criticidad de los 52 equipos, las cuales el 37% tienen un nivel de criticidad alta, el 24% un nivel medio y el 39% con un nivel de criticidad bajo. A los equipos críticos se realizó el análisis de modo efecto de falla y se pudo identificar que determinó que 8 equipos (38%) tienen un nivel alto de falla, 10 de ellos con un riesgo de falla medio que es equivalente a 48% y 3 equipos con riesgo de falla bajo, considerando también los indicadores de mantenimiento y realizar el análisis de: 1) Disponibilidad de equipos de 93% a 94%, 2) Mantenibilidad de 38% a 42%, 3) Fiabilidad del 93% al 94%, teniendo como base el tiempo medio entre fallas (MTBF) que permite medir la confiabilidad de los equipos y el tiempo medio de reparación (MTTR). También mejorará la eficiencia operativa de los equipos proveyendo mayor disponibilidad de los equipos del 93% al 95%, mejorando el rendimiento del 73% al 87%, 5) y la calidad del 93% al 95%, dando como resultado la eficiencia general de los equipos OEE de 63% a un 78%; y así aplicar las acciones recomendadas (Implementación del plan de mantenimiento

preventivo) todos estos equipos pasaron a tener un riesgo de falla bajo y por consiguiente reducirá el mantenimiento correctivo de 406.6 horas a 365.94 horas y aumentará el mantenimiento preventivo de 194.3 a 213 horas.

- El análisis económico y financiero para la propuesta de implementación del mantenimiento preventivo es viable, teniendo un VAN de S/. 2,382,942.84 y con una tasa de retorno de 97.13%, y el tiempo para recuperar la inversión es de 2.6 años, generando un costo beneficio de 3, es decir que por cada sol invertido el beneficio para la empresa es de 2 soles.

VII. RECOMENDACIONES

- El supervisor de mantenimiento y el responsable de la gestión de las 5'S deben continuar con esta implementación realizando monitoreo continuo, capacitando al personal involucrado. Esto permitirá que la ejecución de las actividades de mantenimiento sea más efectiva, reduciendo los tiempos perdidos por causa de falta de orden y limpieza, eliminar los riesgos de accidentes.
- El planificador de mantenimiento debe realizar la planificación de trabajo preventivos (Anexo 07) de los equipos de acuerdo a la frecuencia establecida, verificar los repuestos necesarios en coordinación con el analista de planificación y presentar a la jefatura de mantenimiento para las coordinaciones de establecer un tiempo y fecha determinada de parada de planta para la elaboración de las actividades de mantenimiento con el fin de reducir el tiempo de paradas no programadas, siendo esto lo que conlleva a tener los costos elevados.
- La jefatura de mantenimiento debe realizar una evaluación anual con respecto a la propuesta planteada y al porcentaje de reducción de las paradas no programadas y cómo consecuencia la reducción de los gastos de mantenimiento.
- El área de gestión humana debe realizar el proceso de evaluación y selección del personal en base a los requerimientos de planta, esto permitirá que el nuevo personal que ingresa a planta cuente con el perfil y la base de las actividades que se desarrollan y tenga la capacidad y habilidades técnicas para la ejecución de actividades de mantenimiento, así mismo se debe generar y hacer entrega del manual de obligaciones y funciones MOF según el puesto de trabajo.

- La jefatura de mantenimiento y operación deben realizar reuniones semanales con el fin de evaluar los indicadores de operación y mantenimiento que permitan corregir las deficiencias que se tenga en el área de la máquina papelera.
- Las jefaturas de mantenimiento y gestión humana deben realizar un plan para la ejecución de actividades motivacionales hacia el personal que le permitan sentirse más a gusto y comprometidos, logrando desarrollar sus actividades con entusiasmo y responsabilidad.

REFERENCIAS

ABREU, José Luis. 2012. *Hipótesis, Método & Diseño de Investigación*. Facultad de Contaduría Pública y Administración, Universidad Autónoma de Nuevo León. México : International Journal of Good Conscience, 2012. Artículo. 1870-557X.

AC-MP. 2022. Qué es el OEE y por qué es importante medirlo y analizarlo. [En línea] 2022. <https://acmplean.com/que-es-el-oee-y-por-que-es-importante-medirlo-y-analizarlo/>.

ALAVEDRA FLORES, Carol, y otros. 2016. *Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013*. Universidad Nacional del Santa. Chimbote : s.n., 2016. 1025-9929.

CAMPOS LOPEZ, Omar, y otros. 2019. *Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos*. s.l. : Científica, 2019.

CAMPOS LOPEZ, Omar, y otros. 2019. *Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos*. México : s.n., 2019.

CARO MEZA, Jhonatan Samuel y RUIBIO CHAVEZ, Leslie Lizeth. 2019. *implementación de un plan de mantenimiento preventivo para reducir los costos operativos de un club de esparcimiento*. Lima, Universidad Ricardo Palma. Lima : s.n., 2019.

CHAVEZ CASTAÑEDA, Brian Robert. 2021. *Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos hidráulicos en la flota de una empresa pesquera, Lima 2021*. Universidad Nacional del Callao Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía. 2021.

CONSTANTINO QUINTANA, Carlos Antonio. 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*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Chiclayo : s.n., 2021.

CORNELIO HILAZO, Ana Nelly. 2018. *Relación del método costo-volumen-utilidad y su aplicación en la determinación del costo de producción y en la planeación de utilidades en las micro y pequeñas empresas manufactureras del distrito de Chaupimarca - Pasco en el 2017*. Pasco : s.n., 2018.

DaimlerChrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation. 2001. *Análisis de Modos y Efectos de Fallas Potenciales (AMEFs)*. Julio, 2001. s.l. : AIAG, 2001.

DÍAZ CONCEPCION, Armando, y otros. 2016. *Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica.* Ingeniería, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Cuba : Revista de Ingeniería Mecánica, 2016. Artículo. 1815-5944.

Díaz Concepción, Armando, y otros. 2016. *Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica.* s.l. : Ingeniería Mecánica, 2016. 1815-5944.

Evaluación del sistema de limpieza de una máquina de papel Kraft. **Gale Onefile - Informe Académico. 2006.** [ed.] Universidad del Valle. 2, diciembre de 2006, Ingeniería y Competitividad, Vol. 8, pág. 94+.

FLORES, Marcelo, y otros. 2020. *Asignación de modelos de mantenimiento basado en la criticidad y disponibilidad del equipo.* Quito : Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la información y la comunicación, 2020. ISSN 1390-9592 ISSN-L 1390-681X.

GARCIA GARRIDO, Santiago. 2003. *Organización y gestión integral de mantenimiento.* Ediciones Díaz de Santos, S. A. 2003. 84-7978-577-2.

GOMEZ, Arias, y otros. 2016. *El protocolo de investigación III: la población de estudio.* Colegio Mexicano de Inmunología Clínica y Alergia, A.C. México : Revista Alergia México, 2016. Artículo. 0002-5151.

GONZALES GRANDA, Jorge Eduardo. 2020. *Gestión de mantenimiento para incrementar la productividad en el área mecánica de la empresa Guvi Servis E.I.R.L., 2020.* Universidad Señor de Sipán. 2020. Tesis.

GONZALES SOSA, Jesús Vicente, y otros. 2018. *Mantenimiento industrial en máquinas herramientas por medio de AMFE.* Universidad del Bío-Bío. s.l. : revista Ingeniería Industrial-, 2018. 0718-8307.

Hernandez Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. *Metodología de la investigación.* Sexta. Mexico : Mc Graw Hill Education. 978-1-4562-2396-0.

Industria de papel se recuperaría durante 2017- Scotiabank. **ASMAT, Carlos. 2017.** 3, Lima : Scotiabank, 2017.

Informática, Instituto Nacional de Estadística e. 2022. *Informe técnico - Producto bruto interno trimestral.* Lima : Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2022. INEI.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2021. *Comportamiento de la Economía Peruana en el cuarto trimestre de 2021.* LIMA : INEI, 2021.

Lean Solutions. [En línea] <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>.

—. AMEF Análisis de Modo y Efecto de Falla. [En línea] <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>.

LOPEZ ROLDAN , Pedro y FACHELLI, Sandra. 2015. *Metodología de la investigación social cuantitativa.* Barcelona : Bellaterra, 2015. Vol. I.

Martínez Lugo, César Alejandro. 2004. *Implementación de un análisis de modo y efecto de falla en una línea por manufactura para juguetes.* Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León. 2004. Tesis.

MARUEZ DONAYRE, Rafael Vicente. 2016. *Mejora de los procedimientos del mantenimiento preventivo para la reducción del costo de intervención en grúas y descortezadoras.* Departamento de ingeniería, Universidad San Ignacio de Loyola. Lima : s.n., 2016. Tesis.

MENDIZABAL, Angel. Gestión de mantenimiento. [En línea] <https://angelmendizabal.com/mantenimiento/7-pasos-para-realizar-el-analisis-rcm/>.

MINCETUR. Prom Perú. [En línea] https://www.peruenargentina.com.ar/post.php?page_alias=noticias-comercio&alias=la-exportacin-de-cajas-de-papel-o-cartn-corrugado-logr-su-mayor-cifra-histrica-en-2020.

MURILLO, Wilfredo. *Gestión de Costos y Presupuestos en Mantenimiento.* s.l. : Tecsup. Gestión de Costos y Presupuestos en Mantenimiento.

MURO RODRIGUEZ, Emmanuel. 2020. *Plan de Gestión del Mantenimiento Preventivo para incrementar la Productividad de la Línea de Producción en la Empresa PAvimentos y Concretos S.A.C. Mochumi, 2019.* Universidad Señor de Sipan. Chiclayo : s.n., 2020. Tesis.

OTZEN , Tamara y MANTEROLA, Carlos. 2017. *Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio.* 2017.

PARDO CHAVEZ, Wilfredo Frank. 2017. *implementación de un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para reducir los costos de mantenimiento para el tren de asfalto de constructora Chamonte SAC.* Trujillo : s.n., 2017.

Reliabilityweb.com. Reliabilityweb.com. [En línea] <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/el-camino-hacia-el-rcm#:~:text=El%20nacimiento%20del%20%E2%80%99RCM%E2%80%9D%3A,RCM%20es%20el%20m%C3%A1s%20efectivo..>

REYES GAMBOA, Edgar Paúl. 2017. *propuesta de un plan de mantenimiento*

preventivo para reducir los costos operativos en el centro de beneficiado de aves Chimú Agropecuaria. Trujillo : s.n., 2017.

RODRIGUEZ QUIROZ, Vannia Stefanny. 2020. *Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para reducir los costos de mantenimiento de la empresa Reencauchadora Zaga y Asociados S.R.L. Trujillo : s.n., 2020.*

ROJAS FERNANDEZ, José Luis. 2019. *Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo del sistema de filtrado de la empresa TALSA (fundo Upao) para incrementar su productividad y reducir costos de operación. Trujillo : s.n., 2019.*

SANCHEZ CARLESSI, Hugo, REYES ROMERO, Carlos y MEJIA SAENZ, Katia. 2018. *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística. [ed.] ©Universidad Ricardo Palma. Lima : s.n., 2018. 978-612-47351-4-1.*

Solunion Somos Impulso. 2021. Solunion Somos Impulso. [En línea] 2021.
<https://www.solunion.mx/blog/sector-papel-en-2021-como-el-papel-y-el-carton-han-vuelto-a-la-normalidad-2/>.

TRACTIAN. Reduce las fallas con estos indicadores de mantenimiento. [En línea]
<https://traction.com/es/blog/mtbf-y-mttr-que-son-y-como-calcularlos>.

Trupal S.A. 2019. Empresa Papelera Trupal S.A. [En línea] 2019.
<https://www.trupal.com.pe/nuestras-plantas>.

VARGAS YOVERA, Yitshak Abdel. 2018. *Implementación de un sistema de gestión de mantenimiento. Trujillo : s.n., 2018.*

ANEXOS

Anexo 1 - Matriz operacional

TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	FORMULA	ESCALA
Variable Independiente						
Plan de Mantenimiento preventivo (RCM)	<p>Para (CONSTANTINO QUINTANA, 2021) Las actividades que se ejecutan con la intención de mantener o reestablecer un activo fijo de la empresa, y así garantizar un correcto funcionamiento y así no se pondría en riesgo la seguridad del personal y de los productos</p>	<p>Para (VARGAS YOVERA, 2018) es la evaluación del comportamiento de los equipos que permiten incluir un programa de mantenimiento a largo plazo y con herramientas que contribuyan a tener un mejor desenvolvimiento en el mantenimiento</p>	Efectividad del mantenimiento	% eficiencia productiva de las máquinas	$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad$	Razón
			Tiempo medio entre fallos	Frecuencia de averías	$MTBF = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inactividad}}{N^\circ \text{ de paradas}}$	
			Confiabilidad	% confiabilidad	$Confiabilidad = \frac{MTBF}{MTTR + MTB}$	
			Mantenibilidad	Efectividad	$MTTR = \frac{\text{Tiempo Total Reparación}}{N^\circ \text{ Fallas}}$	
					$Mantenibilidad = \frac{1}{MTTR}$	
Disponibilidad	% disponibilidad del equipo	$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$				

V. Dependiente	Para (CONSTANTINO QUINTANA, 2021) es el valor económico que se tiene para mantener los equipos en funcionamiento.	Para (VARGAS YOVERA, 2018) es el pago que se realiza para la reparación de una avería específica en un espacio y en un tiempo determinado.	Costos	Costo total de mantenimiento	$C. total = C. Repuesto + C. Mano obra + C. fallos$	Razón
Costos de Mantenimiento						

Fuente: Elaboración propia

- a) Siempre
- b) Casi siempre
- c) Algunas veces
- d) Casi nunca
- e) Nunca

5. ¿Se tiene implementado procedimientos de trabajo para la ejecución de actividades de mantenimiento?

- a) Si
- b) No

6. ¿Se tiene implementado indicadores de la gestión de mantenimiento?.

- a) Si
- b) No

7. ¿Se tiene algún software de mantenimiento que permita ver en tiempo real las actividades realizadas a diario?

- a) Si
- b) No

8. ¿Se realiza capacitaciones al personal de mantenimiento continuamente?

- a) Siempre
- b) Casi siempre
- c) Algunas veces
- d) Casi nunca
- e) Nunca

9. Las instalaciones de planta papelera cumplen con el orden y limpieza?

- a) Siempre
- b) Casi siempre
- c) Algunas veces
- d) Casi nunca
- e) Nunca

Anexo 4 - Criterios de evaluación de criticidad

CRITERIOS DE EVALUACIÓN			PUNTAJE
1	FRECUENCIA DE FALLA	Menos de 1 falla por año	1
		Entre 1 y 4 fallas por año	2
		Entre 5 y 8 fallas por año	3
		Entre 9 y 12 fallas por año	4
		Mayor a 13 fallas por año	5
2	IMPACTO OPERACIONAL	Parada total del equipo	8
		Parada del sub sistema y tiene repercusión sobre otros	6
		Impacta en niveles de calidad	4
		No genera ningún efecto significativo	0
3	FLEXIBILIDAD	No existe opción de producción y no hay función de repuesto	3
		Hay opción de repuesto en almacén	2
		Existe opción de producción	1
4	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (TPPR)	Menos de 2 horas	1
		Entre 2 y 8 horas	2
		Entre 8 y 24 horas	4
		Más de 24 horas	8
5	COSTO DE MANTENIMIENTO	Menos de 5,000 Soles	2
		Entre 5,000 y 10,000 soles	4
		Más de 10,000 soles	8
6	IMPACTO A LA SEGURIDAD	Afecta seguridad humana	8
		Afecta a las instalaciones causando daño severo	4
		Provoca daños menores	2
		No provoca daños menores	0
7	IMPACTO AMBIENTAL	SI	8
		NO	0

Fuente: Elaboración propia

Instrumento 6

Anexo 8 - Formato de efectividad total de los equipos OEE

MES	Tiempo disponible (Horas)	Tiempo productivo (Horas)	Capacidad productiva	Producción real	Tiempo perdido	Cantidad no producida	Disponibilidad (%) - Pre Test	Rendimiento (%) - Pre Test	Calidad (%)	OEE - Pre Test	ESTADO
ENERO											
FEBRERO											
MARZO											
ABRIL											
MAYO											
JUNIO											
JULIO											
AGOSTO											
SETIEMBRE											
OCTUBRE											
NOVIEMBRE											
DICIEMBRE											

Fuente: Elaboración propia

Instrumento 7

Anexo 9 - Formato MTBF – MTTR – Disponibilidad, Mantenibilidad y Fiabilidad

<i>MES</i>	TIEMPO DISPONIBLE	PAROS POR AVERIA	NUMERO DE FALLAS	MTBF	MTTR-	Disponibilidad	Mantenibilidad	Fiabilidad
<i>ENERO</i>								
<i>FEBRERO</i>								
<i>MARZO</i>								
<i>ABRIL</i>								
<i>MAYO</i>								
<i>JUNIO</i>								
<i>JULIO</i>								
<i>AGOSTO</i>								
<i>SETIEMBRE</i>								
<i>OCTUBRE</i>								
<i>NOVIEMBRE</i>								
<i>DICIEMBRE</i>								

Fuente: Elaboración propia

VARIABLE DEPENDIENTE

Instrumento 8

Anexo 10 - Ficha de registro de costos de mantenimiento

FICHA DE REGISTRO DE COSTOS POR MANTENIMIENTO												
N° CC	CENTRO DE COSTO	TIPO	TIPO REPUESTOS	ACUMULADO MENSUAL				TOTAL ACUMULADO ANUAL				Diferencia S/ Ton. Papel Acumulado
				Ton. papel planificada	0.00	Ton. papel real	0.00	Ton. papel planificada	0.00	Ton. papel real	0.00	
				Presupuesto		Gasto Real		Presupuesto		Gasto Real		
				S/ /Ton. Papel	Total S/	S/ /Ton. Papel	Total S/	S/ /Ton. Papel	Total S/	S/ /Ton. Papel	Total S/	
571011101	PLANTA DE PULPA	REPUESTO	MTTO									
			OPERACIÓN									
571011102	MP7	REPUESTOS	MTTO									
			OPERACIÓN									
571011103	HIDRAPULPER	REPUESTOS	MTTO									
			OPERACIÓN									
571011105	DESMEDULADORA EN SECO TP	REPUESTOS	MTTO									
			OPERACIÓN									
571011106	DESMEDULADORA EN SECO CG	REPUESTOS	MTTO									
			OPERACIÓN									
571011205	SEGURIDAD INDUSTRIAL	REPUESTOS	MTTO									
			OPERACIÓN									
571011207	MEDIO AMBIENTE	REPUESTOS	MTTO									
			OPERACIÓN									
571011301	CONTROL DE CALIDAD	REPUESTOS	MTTO									
			OPERACIÓN									
571011401	MANTENIMIENTO	REPUESTOS	MTTO									
			OPERACIÓN									
571011504	ALMACEN	REPUESTOS	MTTO									
			OPERACIÓN									
571011505	DISTRIBUCIÓN	REPUESTOS	MTTO									
			OPERACIÓN									
571011601	PTA AGUA	REPUESTOS	MTTO									
			OPERACIÓN									
571011602	TURBOGENERADOR	REPUESTOS	MTTO									
			OPERACIÓN									
571011603	CALDERA	REPUESTOS	MTTO									
			OPERACIÓN									
571011501	EDIFICIONES ADMINISTRATIVOS	REPUESTOS	MTTO									
			OPERACIÓN									
571011201	ADM PRODUCCIÓN	REPUESTOS	MTTO									
			OPERACIÓN									
571024501	SERVICIOS GENERALES	REPUESTOS	MTTO									
			OPERACIÓN									
571011503	LOGISTICA	REPUESTOS	MTTO									
			OPERACIÓN									
571011203	PLANTA DE FUERZA	REPUESTOS	MTTO									
			OPERACIÓN									
571011206	TURBOGENERADOR	REPUESTOS	MTTO									
			OPERACIÓN									

Fuente: Empresa papelera

Anexo 11 - Ficha de registro de producción y gastos de mantenimiento

MES	GASTOS		PRODUCCIÓN (Toneladas)		COSTO POR TON. PAPEL PLANIFICADA	COSTO POR TON. PAPEL REAL
	PLANIFICADO	REAL	PLANIFICADA	REAL		
ENERO						
FEBRERO						
MARZO						
ABRIL						
MAYO						
JUNIO						
JULIO						
AGOSTO						
SETIEMBRE						
OCTUBRE						
NOVIEMBRE						
DICIEMBRE						
TOTAL						

Fuente: Empresa Papelera

Anexo 12 - Check List – Equipos máquina papelera

HORA INICIAL:
H. FINAL:
MECÁNICO:
REV:

INSPECCION DE EQUIPOS RUTA 7 - PP7

ZONA	EQUIPO	ELEMENTO	ESTADO		LIMPIEZA		RUIDO EXCESIVO		VIBRACIÓN EXCESIVA		TEMPERATURA		FUGA DE ACEITE		FUGA DE AGUA		FUGA DE PASTA		OBSERVACIONES
			O	I	SI	NO	SI	NO	SI	NO	< 80 °C	> 80 °C	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
MÁQUINA PAPELERA																			

 OPERADOR DE TURNO DE
 AREA
 TRUPAL

 MECÁNICO
 TRUPAL

 JEFATURA MANTTO. MECANICO
 TRUPAL

Fuente: Empresa Papelera

Anexo 13 - Ficha técnica de equipos

EQUIPOS Máquina Papelera					
MESA PLANA - SECADORES Y REBOBINADORA					
ROLLO DE ACCIONAMIENTO					
	MOTOR	TABLERO DE ARRANQUE	BOMBA	REDUCTOR	AGITADOR
No. De Unidades:					
Marca:					
Tipo:					
Rango de Velocidad:					
Velocidad Nominal:					
Voltaje:					
Corriente:					
Potencia:					
Frecuencia:					
Temperatura:					
Serie					
Modelo					
Frame					
Cosφ					
CORRIENTE DE TRABAJO:					
CONSUMO ENERGIA					

Fuente: Empresa Papelera

Anexo 14 - Evaluación Financiera

EVALUACIÓN ECONOMICA FINANCIERA	
Inversión total (Costo oportunidad) COK	

ESTADO DE RESULTADOS											
AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos											
Costos operativos											
Depreciación activos											
GAV											
Utilidad antes de impuestos											
Impuestos sobre la renta (30%)											
Utilidad después de impuestos											

FLUJO DE CAJA											
AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Utilidad después de impuestos											
Depreciación											
Inversión											

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo Neto de Efectivo											

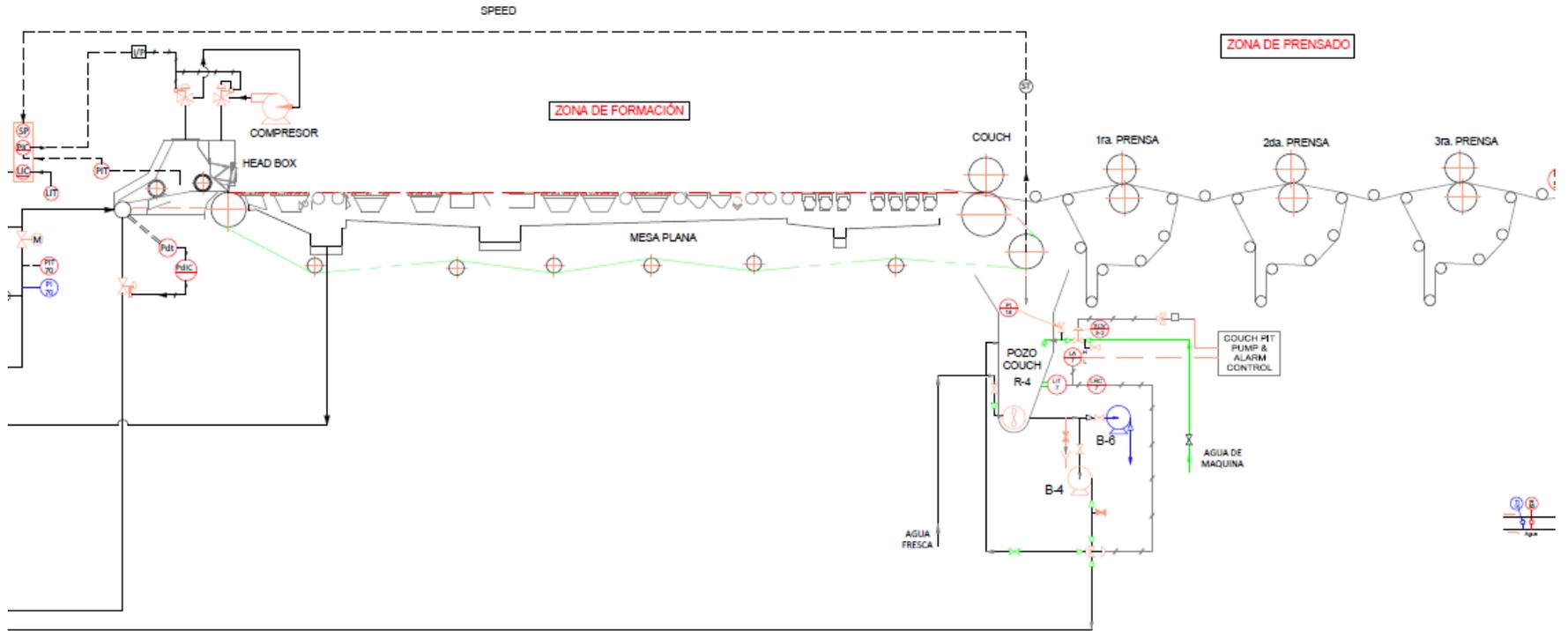
VAN		
TIR		
PRI	2.6	años

VAN Ingresos	
VAN Egresos	

B/C	
-----	--

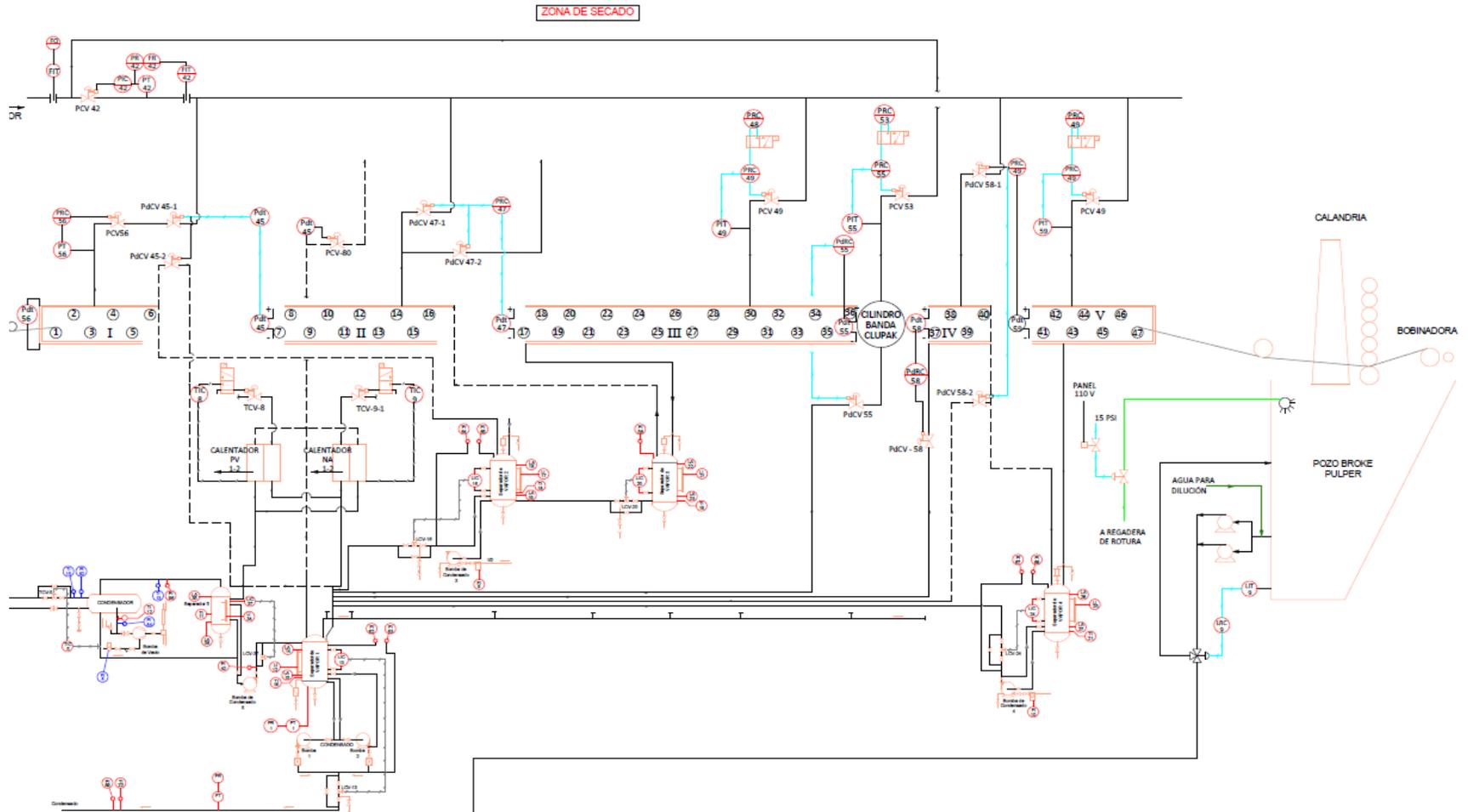
Anexo 15 - Diagrama de flujo Máquina Papelera - 1º parte

VAPOR



Fuente: Empresa Papelera

Anexo 16 - Diagrama de flujo Máquina Papelera - 2° parte



Fuente: Empresa Papelera

Anexo 17 – Juicio de experto 01



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y COSTOS

JUICIO DE EXPERTO 01

Nº	VARIABLE/DIMENSIONES / INDICADORES	Pertinencia ¹	Relevancia ²	Claridad ³	Sugerencias
	VARIABLE INDEPENDIENTE: MANTENIMIENTO PREVENTIVO	SI	SI	SI	
1	DIMENSIÓN 1: Efectividad del mantenimiento OEE= Eficiencia productiva de las máquinas	SI	SI	SI	
2	DIMENSIÓN 2: Tiempo medio entre fallos MTBF: Frecuencia de averías	SI	SI	SI	
3	DIMENSIÓN 3: Confiabilidad	SI	SI	SI	
4	DIMENSIÓN 4: Mantenibilidad MTTR: Efectividad	SI	SI	SI	
5	DIMENSIÓN 5: Disponibilidad	SI	SI	SI	
	VARIABLE DEPENDIENTE: COSTOS DE MANTENIMIENTO	SI	SI	SI	
	DIMENSIÓN 1: Costo de mantenimiento				
	Costo de repuestos				
	Costo de mano de obra				
	Costo de fallos				

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador. Ing. Edward Vicente Marquina Vega

DNI: 45250734

Especialidad del validador: **MASTER EN DIRECCIÓN DE PROYECTOS**

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante

Anexo 18 - Juicio de experto 02



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y COSTOS

JUICIO DE EXPERTO 01

N°	VARIABLE/DIMENSIONES / INDICADORES	Pertinencia ¹	Relevancia ²	Claridad ³	Sugerencias
	VARIABLE INDEPENDIENTE: MANTENIMIENTO PREVENTIVO	SI	SI	SI	
1	DIMENSIÓN 1: Efectividad del mantenimiento OEE= Eficiencia productiva de las máquinas	SI	SI	SI	
2	DIMENSIÓN 2: Tiempo medio entre fallos MTBF: Frecuencia de averías	SI	SI	SI	
3	DIMENSIÓN 3: Confiabilidad	SI	SI	SI	
4	DIMENSIÓN 4: Mantenibilidad MTTR: Efectividad	SI	SI	SI	
5	DIMENSIÓN 5: Disponibilidad	SI	SI	SI	
	VARIABLE DEPENDIENTE: COSTOS DE MANTENIMIENTO	SI	SI	SI	
	DIMENSIÓN 1: Costo de mantenimiento				
	Costo de repuestos				
	Costo de mano de obra				
	Costo de fallos				

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Ing. Soledad Marquina Vega

DNI: 44118419

Especialidad del validador: INGENIERA DE MINAS/ ESPECIALISTA EN SEGURIDAD

EN EL AREA DE PLANTA PROCESOS (MANTENIMIENTO PROCESOS)

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante

Anexo 19 - Juicio de experto 03



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y COSTOS

JUICIO DE EXPERTO 01

N°	VARIABLE/DIMENSIONES / INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: MANTENIMIENTO PREVENTIVO							
1	DIMENSION 1: Efectividad del mantenimiento OEE= Eficiencia productiva de las máquinas	X		X		X		
2	DIMENSION 2: Tiempo medio entre fallos MTBF: Frecuencia de averías	X		X		X		
3	DIMENSION 3: Confiabilidad	X		X		X		
4	DIMENSION 4: Mantenibilidad MTTR: Efectividad	X		X		X		
5	DIMENSION 5: Disponibilidad	X		X		X		
	VARIABLE DEPENDIENTE: COSTOS DE MANTENIMIENTO							
	DIMENSION 1: Costo de mantenimiento Costo de repuestos Costo de mano de obra Costo de fallos	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SUFICIENTE

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. ING. WILLIAM PABLO LARA MORENO

DNI: 45709846

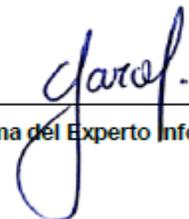
Especialidad del validador: INGENIERO ELECTRÓNICO

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión


Firma del Experto Informante

Anexo 20 - Autorización de uso de información de la empresa

AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA

Yo Luis Humberto Alvites Vásquez, identificado con DNI 19235338, en mi calidad de Superintendente de la Planta Papelera Trupal S.A, con R.U.C N° 20418453177, ubicada en la ciudad de Trujillo.

OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

Al señor (a, ita,) **Rosa Elena Asmad Ruiz**, Identificado con DNI N° **44040933**, de la Carrera profesional de Ingeniería Industrial, para que utilice la siguiente información de la empresa:

Tiempos perdidos y gastos de mantenimiento.

Con la finalidad de que pueda desarrollar su () Informe estadístico, () Trabajo de Investigación, (X) Tesis para optar el Título Profesional.

() Publique los resultados de la investigación en el repositorio institucional de la UCV.

(X) Mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa; o

() Mencionar el nombre de la empresa.


.....
Luis Alvites Vásquez
JEFE DE PLANTA - TRUPAL - TRUJILLO
Firma y sello del Representante Legal
DNI: 19235338

El Estudiante declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Estudiante será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.



Firma del Estudiante

DNI: 44040933

Anexo 21 - Carta a la Empresa

Trujillo, 27 de junio de 2022

Señor (a):
Luis Alvites Vásquez
Superintendente de planta
Trupal S.A.
Presente.-

Es grato dirigirme a usted para saludarlo, y a la vez manifestarle que dentro de mi formación académica en la experiencia curricular de investigación del IX ciclo, se contempla la realización de una investigación con fines netamente académicos /de obtención de mi título profesional al finalizar mi carrera.

En tal sentido, considerando la relevancia de su organización, solicito su colaboración, para que pueda realizar mi investigación en su representada y obtener la información necesaria para poder desarrollar la investigación titulada: "Implementación de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad para reducir los costos de los equipos del área de máquina papeleras". En dicha investigación me comprometo a mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa, salvo que se crea a bien su socialización.

Se adjunta la carta de autorización de uso de información y publicación, en caso que se considere la aceptación de esta solicitud para ser llenada por el representante de la empresa.

Agradeciéndole anticipadamente por vuestro apoyo en favor de mi formación profesional, hago propicia la oportunidad para expresar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,


Rosa Elena Asmad Ruiz
DNI: 44040933


TRUPAL S.A.
PROFESIONALES DEL EMPAQUE

Luis Alvites Vásquez
JEFE DE PLANTA - TRUPAL - TRUJILLO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 0262-2020/UCV

Trujillo, 28 de agosto de 2020

VISTOS: el Oficio N°0275-2020-VI-UCV, remitido por el Dr. Jorge Salas Ruiz, Vicerrector de Investigación de la UCV, y el acta de la sesión ordinaria del Consejo Universitario del 28 de agosto del presente año, en el cual se aprueba la actualización del **CÓDIGO DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**; y

CONSIDERANDO:

Que, conforme lo establecido en el artículo 48° de la Ley Universitaria N° 30220, la investigación es una función esencial y obligatoria de la universidad, que mediante la producción de conocimiento y desarrollo tecnológico responde a las necesidades de la sociedad y del país;

Que, para realizar investigación científica existen una serie de normas que regulan las buenas prácticas y aseguran la promoción de los principios éticos para garantizar el bienestar y la autonomía de los participantes de los estudios, así como la responsabilidad y honestidad de los investigadores en la obtención, manejo de la información, el procesamiento, interpretación, elaboración del informe de investigación y la publicación de hallazgos;

Que, mediante resolución de Consejo Universitario N°083-2016-UCV, de fecha 29 de noviembre de 2016, se aprobó el Código de Ética en investigación de la Universidad César Vallejo, documento que fue modificado mediante Resolución de Consejo Universitario N°0126-2017-UCV, de fecha 25 de mayo de 2017, incluyéndose las sanciones e infracciones, además de indicar la gradualidad de la falta, factores agravantes o atenuantes, particularidades para los casos de personas infractoras, nuevas o reincidentes, al Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo;

Que, el Dr. Jorge Salas Ruiz, Vicerrector de Investigación, mediante Oficio N°0275-2020-VI-UCV, ha informado que luego de revisar el Código de ética, ha detectado que los códigos de conducta nacionales e internacionales han ido cambiando en el tiempo y con la finalidad de salvaguardar el bienestar de los participantes y elevar los estándares de competencia profesional y de investigación; ha solicitado la actualización del **CÓDIGO DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**, con el propósito de fomentar la integridad científica de las investigaciones desarrolladas en el ámbito de la Universidad César Vallejo, en el cumplimiento de los máximos estándares de rigor científico, responsabilidad y honestidad, para asegurar la precisión del conocimiento científico, proteger los derechos y bienestar de los participantes de los estudios, investigadores y la propiedad intelectual;

Que, elevado el expediente al Consejo Universitario, en su sesión ordinaria del 28 de agosto del año en curso, este órgano de gobierno ha evaluado el proyecto presentado y, encontrándolo conforme con los requerimientos técnicos básicos procedió a su aprobación; por lo cual es necesario la emisión de resolución de consejo universitario;

Estando a lo expuesto y de conformidad con las normas y reglamentos vigentes;

Somos la universidad de los
que quieren salir adelante.



ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Declaratoria de Autenticidad de los Asesores

Nosotros, ARANDA GONZALEZ JORGE ROGER, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesores de Tesis titulada: "Implementación de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad para reducir los costos de los equipos del área de máquina papelerá", cuyo autor es ASMAD RUIZ ROSA ELENA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

Hemos revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 06 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
ARANDA GONZALEZ JORGE ROGER DNI: 18072194 ORCID: 0000-0002-0307-5900	Firmado electrónicamente por: JARANDA el 21-12- 2022 22:58:38
LINARES LUJAN GUILLERMO ALBERTO DNI: 40026086 ORCID: 0000-0003-3889-4831	Firmado electrónicamente por: GLINARESL el 08-12- 2022 22:28:03

Código documento Trilce: TRI - 0476209