

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**Propuesta de mejora en la gestión del mantenimiento para incrementar la  
productividad en una empresa productora de papel higiénico institucional**

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

**AUTOR**

**Cristhiam Miguel Castro Rodas**

**ASESOR**

**Annie Mariella Vidarte Llaja**

<https://orcid.org/0000-0002-8948-2899>

**Chiclayo 2023**

**Propuesta de mejora en la gestión del mantenimiento para  
incrementar la productividad en una empresa productora de  
papel higiénico institucional**

PRESENTADA POR  
**Cristhiam Miguel Castro Rodas**

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

**INGENIERO INDUSTRIAL**

APROBADA POR

Joselito Sánchez Pérez  
PRESIDENTE

Evans Nielander Llontop Salcedo  
SECRETARIO

Annie Mariella Vidarte Llaja  
VOCAL

## **Dedicatoria**

La investigación es dedicada a mis seres queridos, por su apoyo a lo largo de mi vida universitaria y la confianza puesta en mi persona.

## **Agradecimientos**

Agradezco a mis seres queridos, por el apoyo brindado a lo largo de mi vida universitaria.

Agradezco también a mis docentes, compañeros, asesora de tesis y todas las personas involucradas en la culminación de la investigación.

## Castro Rodas V4

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>20%</b> INDICE DE SIMILITUD	<b>19%</b> FUENTES DE INTERNET	<b>4%</b> PUBLICACIONES	<b>5%</b> TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>www.coursehero.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorioacademico.upc.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>www.researchgate.net</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.uss.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>revistas.uss.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>1library.co</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>6</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>7</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>8</b>
<b>Revisión de literatura.....</b>	<b>10</b>
<b>Materiales y métodos .....</b>	<b>14</b>
<b>Resultados y discusión .....</b>	<b>15</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>33</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>34</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>35</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>41</b>

## Resumen

La investigación se realizó en una empresa ubicada en la región Lambayeque, dedicada a producción y comercialización de papel higiénico institucional, cuya problemática es la baja productividad de su proceso productivo, debido a los paros repetitivos y repentinos de las maquinarias, generados por una inadecuada gestión de mantenimiento. Es por ello, que el objetivo general del estudio fue mejorar la gestión de mantenimiento para aumentar la productividad del proceso de elaboración de papel higiénico institucional. Se realizó un diagnóstico del proceso productivo, que consistió en la toma de tiempos de cada actividad, utilizando como herramientas de apoyo un cronómetro y la metodología Mundel; además, se aplicó una lista de verificación de la metodología 5S, un análisis de causa raíz, análisis de criticidad y se calculó los indicadores de producción y productividad. A continuación, se realizó una evaluación de alternativas y se seleccionó como propuesta un plan de mtto preventivo basado en RCM para la gestión, estimando un incremento de 5,22 a 5,55 und/op-h en la productividad de mano de obra, y un aumento de 56,98% a 60,53% en la productividad basado en la utilización y eficiencia. Asimismo, con una disponibilidad de 94,7%, se estima un incremento producción anual de 2443 unidades. Finalmente, se realizó el análisis económico y financiero de las propuestas, estimando una inversión de S/. 16 900, con un VAN de 7 460, un TIR de 44% y una relación costo-beneficio de S/. 6 435 al tercer año de su implementación, por lo que se concluye que la propuesta es viable.

**Palabras clave:** Mejora de procesos, Eficiencia, Producción, Gestión.

### **Abstract**

The research was carried out in a company located in the Lambayeque region, dedicated to the production and commercialization of institutional toilet paper, whose problem is the low productivity of its production process, due to repetitive and sudden stoppages of machinery, generated by inadequate management of maintenance. That is why the general objective of the study was to improve maintenance management to increase the productivity of the institutional toilet paper manufacturing process. A diagnosis of the production process was carried out, which consisted of taking the times of each activity, using a stopwatch and the Mundel methodology as support tools; In addition, a checklist of the 5S methodology was applied and the production and productivity indicators were calculated. Next, an evaluation of alternatives was carried out and a preventive maintenance plan based on RCM was selected as a proposal for management, estimating an increase from 5.22 to 5.55 und / op-h in labor productivity, and a 56.98% to 60.53% increase in productivity based on utilization and efficiency. Likewise, with an availability of 94.7%, an annual production increase of 2443 units is estimated. Finally, the economic and financial analysis of the proposals was carried out, estimating an investment of S /. 16,900, with a NPV of 7,460, an IRR of 44% and a cost-benefit ratio of S /. 6,435 in the third year of its implementation, so it is concluded that the proposal is viable.

**Keywords:** Process improvement, Efficiency, Production, Management.

## Introducción

Según Cantú [1], las empresas a nivel mundial abordan esfuerzos para aumentar el nivel de eficiencia en las actividades que desarrollan y, así, adquirir el beneficio sobre la determinación del cliente; por esta razón, el nuevo pensamiento organizacional hace buen uso de los recursos disponibles para lograr una competencia óptima en el mercado. El ser competitivo no solo es tener la capacidad de atraer la atención de asociados, colaboradores y clientes, sino que también resulta cada vez más complicado porque los consumidores son más exigentes en los aspectos de calidad, precio y tiempo de respuesta.

De acuerdo con Viveros [2], la gestión de mantenimiento es un importante factor de competitividad en el ámbito empresarial que crece día a día, enfocándose en todas las actividades destinadas al mantenimiento, facilitando la planificación, programación, control hasta su ejecución, asegurando el buen funcionamiento de los máquinas y equipos con el fin de disminuir las actividades que no agregan valor y los posibles riesgos del proceso productivo y de la persona. Por otro lado, Pirela en su investigación [3], concluye que el plan de mantenimiento ayuda a mejorar la disponibilidad de los equipos aumentando la productividad y eficiencia de las máquinas.

En el Perú, según Lema [4], el sector papelerero se ha convertido en un mercado bastante competitivo debido al ingreso de nuevos competidores, lo que ha incrementado los requerimientos exigidos por el cliente con respecto a precio y calidad, tal como también lo indica la Sociedad Nacional de Industrias [5]. Asimismo, Tejeda [6], detalla que la innovación en los productos y la mejora continua, la cual consiste en eliminar toda actividad que no agrega valor (desperdicios), es un aspecto clave para que una empresa pueda mantenerse en el mercado y ser competente.

En el 2023, el papel higiénico aumentó un 0.6% en el precio de producción y en las ventas nacionales del sector del papel tissue [7]. Las empresas que dominan este mercado son Kimberly Clark Perú S.R.L., con las marcas Suave, Kleenex y Scott, y Protisa Productos Tissue del Perú S.A., con las marcas Elite y Noble. Estas empresas tienen más del 90% de participación en las ventas nacionales de papel tissue y de papel higiénico desde hace diez años. [8, 9].

La empresa en estudio está ubicada en la región Lambayeque y se dedica a la elaboración de papel higiénico institucional de una y dos hojas y a su comercialización hacia el nororiente del Perú.

En el año de estudio, se registró una producción de 130 paquetes diarios en promedio, con una demanda diaria de 140 a 160 paquetes al día, contando con un nivel de servicio mayor al

90%. En el mismo año, la empresa registró una baja productividad de 56,98%, debido a una incorrecta gestión de mantenimiento. En el análisis de las maquinarias se obtuvo un valor de utilización del 60,36%, significativamente bajo en relación a la productividad media mínima aceptable de 68% en empresas del rubro [10].

Se determinó que el 40% de las paradas no programadas son causadas por error humano, ya que el 75% del personal no está capacitado y presenta una productividad de mano de obra variable en el transcurso del día, llegando a un mínimo de 5 paquetes por hora por operario cuando lo estimado para llegar a la meta es un estándar de 6 paquetes por hora por operario.

Por otro lado, el 60% de los paros son generados por la maquinaria, debido al mantenimiento correctivo realizado en forma empírica y revisado por los propios operarios, lo cual guarda relación con las constantes fallas y averías para la máquina bobinadora 1 (1 020 incidencias en el año) y la máquina bobinadora 2 (1 354 incidencias en el año).

Con respecto a los indicadores de mantenimiento, se halló que las horas de mantenimiento correctivo realizadas en el año de estudio fue de 298 y 271 horas/mantenimiento para la máquina bobinadora 1 y 2 respectivamente. La disponibilidad fue de 88,06% y 89,14% para la máquina bobinadora 1 y 2 respectivamente, siendo esto negativo según Zegarra [11], ya que el indicador de disponibilidad mínimo debe ser del 90%. En relación al tiempo medio de reparación (TPMR), fue de 0,28 y 0,20 horas/reparación para la máquina bobinadora 1 y 2 respectivamente. Con respecto al tiempo medio entre fallos (TMEF), fue de 2,44 y 1,84 horas/falla para la máquina bobinadora 1 y 2 respectivamente, siendo esto negativo según Zegarra [11], ya que un valor bajo en el TMEF indica una deficiencia en el control de las fallas ocurridas, lo que incurre en elevados números de paradas no programadas, lo cual repercute en la producción, generando una reducción de paradas por mantenimiento con un valor del 62,26% en la MB1 y en la MB2 de 51,36% sobre el tiempo de producción, generando esperar un incremento en la producción de 14 658 rollos, lo que representa S/ 17 101 de utilidad percibida.

Del mismo modo, se evidenció un gran desorden dentro de la empresa debido a la acumulación de materia prima, insumos y residuos dentro del área de trabajo. El trabajar en un ambiente laboral desorganizado influye en el rendimiento del operario, afectando la producción y la calidad del producto, después de todo, esta investigación se realizó para dar solución a los problemas más críticos, mejorando las disponibilidad y eficiencia de los equipos con el fin de tener una mejor productividad y calidad del producto generando beneficio económico para la empresa.

Ante la problemática de baja productividad origina por las causas ya comentadas surge la interrogante ¿Cómo mejorar la gestión del mantenimiento para incrementar la productividad en

una empresa? Por esta razón se formuló como objetivo general proponer una mejora en la gestión del mantenimiento para incrementar la productividad en una empresa productora de papel higiénico institucional, teniendo como objetivos específicos, diagnosticar la gestión del mantenimiento de la empresa, evaluar alternativas de mejora en la gestión del mantenimiento para incrementar la productividad, elaborar una propuesta de mejora con base en la alternativa seleccionada y finalmente realizar la evaluación económica y financiera de la propuesta.

### **Revisión de literatura**

Las empresas industriales, se enfrentan a un mercado más exigente y competitivo, es decir, no solo se enfocan en el precio si no también en la calidad del producto. Sin embargo, el cliente es capaz de pagar por un mejor producto, es por ello que las empresas empiezan a tomar acciones en busca de la mejora continua, al invertir en perfeccionar sus productos y proyectos de desarrollo, con el fin de optimizar los recursos utilizados y obtener una mejor productividad [12].

La productividad según Rueda [13], se basa generalmente en los ingresos obtenidos comparados con los recursos utilizados. Por otro lado, la competitividad se entiende como la capacidad de una empresa de generar un buen producto y hacerles frente a sus competidores, es por ello que se enfoca en la mejora del proceso en relación a la calidad, precio y tiempo de entrega para lograr una mejora significativa en la satisfacción de los clientes.

Humberto [14] manifiesta, que el proceso se define como el conjunto de actividades mutuamente relacionadas que va desde el elemento de entrada hasta el resultado deseado, lo cual, si se desea aumentar la productividad, es necesario mejorar la calidad, reducir tiempos innecesarios, paradas, fallas y deficiencias.

Olarte et al. [15] definen la falla como el deterioro en un componente de la máquina que provoca cambios en su funcionamiento. Por otro lado, la avería surge de manera inesperada, causando interrupciones en la producción. Las detenciones son ocasionadas por fallas en las máquinas que integran un proceso productivo. Para lograr altos estándares de calidad, es esencial implementar una planificación de mantenimiento en el sistema de producción.

De acuerdo a Lamata [16], el mantenimiento preventivo es el conjunto de actividades programadas con el objetivo de evitar la parada inoportuna de un sistema por avería. Sus intervenciones son: lubricación, limpieza, inspección, control, verificación y revisión para pequeñas reparaciones y tiene como finalidad la vida útil y la calidad de las instalaciones y aparataje, reduciendo o manteniendo las áreas de forma eficiente, asegurando y garantizando el rendimiento de la máquina.

Peralta [16] sostiene que es fundamental elaborar un plan de mantenimiento preventivo para obtener una perspectiva integral y detallada de las operaciones de una instalación. Los indicadores más representativos de este tipo de mantenimiento son el tiempo promedio entre fallas y el tiempo medio de reparación. El primero indica la frecuencia con la que ocurren las averías, mientras que el segundo refleja la gravedad de las fallas, tomando en cuenta el tiempo promedio necesario para su reparación. La disponibilidad se define como el periodo en el que el equipo está operativo y listo para la producción

De acuerdo la guía de aprendizaje del Sistema de Confiabilidad Operacional [17] recomienda utilizar el análisis de criticidad de modo de falla y efectos para fundamentar la toma de decisiones en la gestión de mantenimiento, la ejecución de proyectos de mejora y rediseños. Este método cuantifica las consecuencias de las fallas en los componentes del sistema, evaluando su impacto en la confiabilidad operativa y facilitando así la mitigación o eliminación de dichas fallas.

Para Joaquín [18], el gestionar el mantenimiento se realiza bajo la responsabilidad del jefe de servicio, teniendo en cuenta los indicadores de control más usados en la gestión de equipos, entre ellas tenemos: MTBF, que es el tiempo medio entre fallos sucesivos y está ligado a la fiabilidad del buen funcionamiento; MTTR, es el tiempo de reparación, ligado a la mantenibilidad de un equipo; disponibilidad y factor de utilización.

Según Trujillo [19], el árbol de fallos es una técnica de análisis de fallos deductiva para la identificación de los sucesos elementales que contribuyen a un suceso no deseado, y de las interrelaciones entre ellos, permitiendo la identificación de equipos críticos, evitando un suceso de cabecera. El árbol de fallas logra ser utilizados de manera independiente o en conjunto con otras herramientas de confiabilidad como es el caso del análisis AMEF.

Montalban [20] destaca que el análisis de modo y efecto de fallas es un recurso dinámico cuya metodología se centra en identificar y abordar problemas, facilitando así el desarrollo de alternativas de mejora alineadas con las políticas de mantenimiento de la empresa. La implementación efectiva del mantenimiento depende de la identificación precisa de los equipos y la determinación de aquellos que requieren una revisión basada en la confiabilidad. Este proceso implica evaluar los equipos que representan un riesgo en la planta y que podrían generar situaciones críticas en caso de fallo.

Para los equipos seleccionados, se deben considerar siete preguntas clave: las funciones del equipo, las posibles formas de fallo, las causas de las fallas, las consecuencias de un fallo, las acciones preventivas y los protocolos en caso de que el fallo no pueda prevenirse. Los

responsables deben estar preparados para responder a estas interrogantes. Se emplea un diagrama de decisión que correlaciona la información recopilada y las tareas de mantenimiento ejecutadas para minimizar la probabilidad de fallos funcionales. Este diagrama se organiza en tres columnas principales: F (función), FF (falla funcional) y FM (modo de falla), identificando los modos de fallo específicos. Las columnas subsiguientes se dedican a las respuestas del diagrama de decisión de R.C.M., registrando las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo, así como la frecuencia y responsabilidad de cada tarea [21]. La capacitación adecuada del personal responsable es crucial, por lo que el plan de formación debe enfocarse en el mantenimiento preventivo, su implementación práctica, la programación de horarios, el seguimiento de los resultados y la verificación de los objetivos del plan [22]."

En 2018, Bellido *et al* [23], en su investigación implementó un diseño de un modelo de optimización de desperdicios que incluye tres dimensiones y 4 componentes del sistema de producción para mejorar los procesos productivos, eficiencia y productividad. En su desarrollo se consideró 10 etapas, la primera auditoría interna, la segunda es la organización, tercera es el orden, la cuarta es limpieza, la quinta es estandarización, la sexta es la disciplina, la séptima es la definición de los objetivos e indicadores de mantenimiento, la octava es planificación de mantenimiento preventivo, la novena es la ejecución del mantenimiento preventivo y por último control y evaluación de mantenimiento preventivo. Los resultados obtenidos de la aplicación del modelo en una pequeña empresa obtuvieron algunas evidencias reales, tales como reducción de lean time 4,29 a 1,47 días, tiempo de ciclo total de 102,72 a 40,98 minutos, aumentó la productividad en un 35% y se redujo 60% de desperdicios en paralelo se mejoró radicalmente el entorno de trabajo y se aumentó la satisfacción tanto a sus colaboradores como a sus clientes.

Según Maguiña [24], en su investigación implementó un mantenimiento preventivo en el área de producción en una empresa de productora de botellas de vidrio, y su objetivo general fue aumentar la productividad en el proceso productivo. La metodología empleada posee un enfoque cuantitativo, para el análisis se utilizó 10 máquinas en total durante seis meses. Asimismo, se aplicó un Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF), para identificar las fallas que posee el proceso a través de las maquinarias; además se aplicó lista de verificación para la recolección de datos y su productividad actual fue de 66%. Para la mejora de la productividad se aplicó Mantenimiento Productivo Total, proponiendo como mejora un plan de mantenimiento preventivo realizando un cronograma para su implementación y control, eliminando las fallas y paradas que son causa raíz de la baja productividad. Se obtuvo como

resultados un aumento de la productividad en un 93% el cual representaba S/. 72 267,95; asimismo la eficiencia general de equipos (OEE) aumentó a 91,43%.

Ortiz [25], en su investigación se enfoca en un modelo de implementación de un sistema de manufactura esbelta, optimizando los procesos operativos de producción, reduciendo tiempo de esperas, movimientos innecesarios y reprocesos, aumentando considerablemente la productividad de la empresa. La metodología utilizada es diagramas de procesos y estudio de tiempos para el análisis del mismo, además de un mapa de cadena de valor. En el proceso de mejora se utilizó la herramienta de TPM o Mantenimiento Productivo Total, el cual permitió hallar un OEE de 54,62%, asimismo una productividad efectiva de maquinaria del 43,82%. Además, se propuso la aplicación de un mantenimiento preventivo y autónomo, permitiendo obtener resultados de un aumento del OEE a 95,40% y un aumento de la productividad a 93,92% valorizado en \$17 375,82.

En el 2019 Peralta [16], en su investigación menciona el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo basado en las técnicas de mantenimiento mundial para reducir los tiempos muertos, fallas y averías, paradas no programadas, tiempos de espera de reparación de los equipos y máquinas, con el fin de incrementar la productividad, eficiencia y eficacia del proceso productivo. Su metodología posee un enfoque cuantitativo con un análisis de 47 máquinas por un periodo de 12 meses. Asimismo, se realizó un análisis de TPM para determinar el porcentaje OEE que posee la empresa. Se propuso como mejoras la codificación de los equipos y su Layout, permitiéndole al mantenimiento preventivo implementar una rutina de mantenimiento de las máquinas. Se obtuvo como resultados un incremento de la productividad del 23%, la eficiencia un 12%, lo que equivale a S/. 62 727,00 en aumento de productividad.

La investigación de Silveira y Andrade [26] se basa en el análisis y en el resultado del indicador OEE con la finalidad de mejorar la disponibilidad. La metodología empleada consistió en tres etapas: Primera etapa fue definir los criterios de evaluación, posteriormente alinear los objetivos del concepto OEE y después realizar el análisis de registros y sugerencias del personal mediante observación y registros. En la segunda etapa, se recolectó datos correspondientes al indicador OEE, se analizó y verificó los resultados para luego proponer las acciones, donde se aplicó un plan de mantenimiento preventivo, mitigando las pérdidas del proceso de producción de papel. Los resultados obtenidos permitieron determinar una calidad del 72,87%, un desempeño del 0,84%, una disponibilidad del 74%, obteniendo un aumento de un 3% con respecto al actual OEE, aumentando significativamente la productividad del proceso productivo de papel.

La investigación de Silva y Oliveira [27] tuvo por objetivo proponer mejoras en la productividad basándose en la gestión del mantenimiento de operaciones, mediante el análisis y cálculos OEE en su proceso. La metodología se basó en un análisis del proceso productivo a través de la diagramación de los mismos, cálculos de los indicadores de disponibilidad y rendimiento, determinando el número de fallas de las 13 maquinarias en estudio. Asimismo, se halló los índices de disponibilidad, desempeño y calidad para determinar el OEE actual de la empresa que fue de 54,7%. Se propuso como mejora un plan de mantenimiento preventivo el cual consiste en el mantenimiento de las máquinas con mayores fallas a partir del AMEF en un determinado período. Se obtuvo como resultados un aumento en el indicador de OEE de 96% y un aumento en la productividad al 94,02% lo que representó \$146 176,82.

### **Materiales y métodos**

La investigación es no experimental, es decir se apoya en antecedentes, basados en un contexto similar, utilizando metodologías acordes al problema presentado para determinar una mejor solución al problema planteado. La población involucra las maquinarias que están presentes en la empresa, al ser solo dos elementos, no es necesario realizar un muestreo, ya que se puede medir la totalidad de la población mediante un censo [28].

Para el logro del primer objetivo se realizó un estudio de tiempos del proceso aplicando la metodología Mundel [29] y para un mejor entendimiento del proceso productivo se aplicó diagramas [30]. Como parte del análisis se decidió determinar el tiempo disponible, producción teórica diaria y producción real. La producción teórica diaria se determinó por la data histórica de la empresa [31] y [32], para conocer las condiciones de cada puesto de trabajo se utilizó la herramienta 5'S [23]. En el análisis de la gestión de mantenimiento para conocer la relación porcentual de la eficiencia productiva de una o más máquinas se utilizó los siguientes indicadores: OEE, disponibilidad, horas de mantenimiento correctivo, tiempo medio de reparación y tasa de mantenimiento preventivo actual [33]. Asimismo, se determinaron los indicadores de producción, productividad basado en su utilización y de mano de obra.

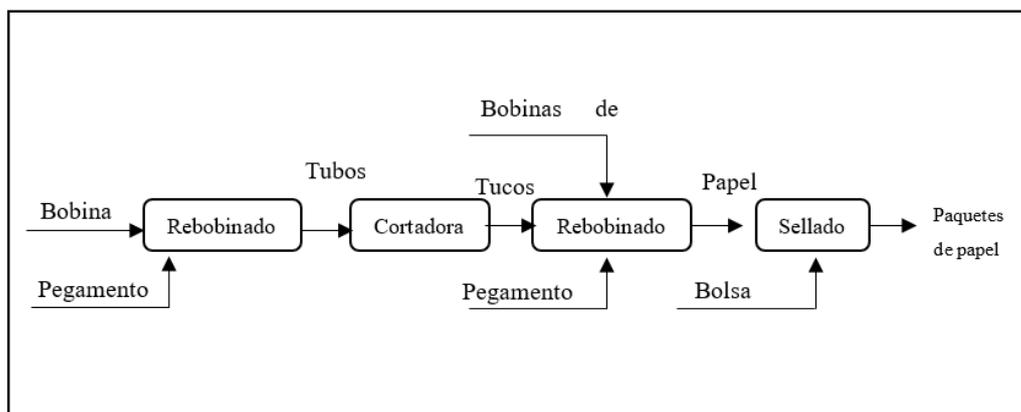
Para el segundo objetivo se utilizó una matriz de ponderación para los siguientes criterios: beneficios técnicos y operativos, costo de implementación, factibilidad a corto plazo (recursos disponibles), tiempo de implementación, complejidad del método. Estos fueron analizados con respecto a la situación de la empresa y fueron evaluados cualitativamente basado en Villena [34]. Además, se utilizó la literatura de Dubois [35] como guía en la gestión de mantenimiento.

En el tercer objetivo se realizó una gestión de mantenimiento según [18] estableciendo estrategias de mantenimiento, la cual consiste en definir los objetivos técnicos económicos.

Para ello se propuso el mantenimiento preventivo a partir de lo obtenido en el análisis del mantenimiento actual de la empresa, se realizó un plan de mantenimiento preventivo basado en Mantenimiento basado en confiabilidad RCM de [36], con un cronograma para la realización del mismo, controlando y monitoreando las fallas producidas por la maquinaria [37], para identificar el estado de la maquina se aplicó un análisis de criticidad ver anexo 29, para clasificar las fallas y sus causas de las maquinas más críticas se utilizó un árbol de fallas [22], para conocer su gravedad de ocurrencia y los modos de fallos se aplicó un AMEF [38]. En la implementación de la propuesta se aplicaron hojas de decisión siguiendo la secuencia lógica del diagrama según se muestra en el anexo 1, realizados por un facilitador, para el plan de capacitación, se planificó un cronograma de capacitación orientados al mantenimiento preventivo y su aplicación, finalmente se realizó un flujo de caja para determinar la viabilidad económica de la propuesta basados en los beneficios económicos del mantenimiento preventivo, los indicadores a tomar en cuenta son: Valor actual neto [39], tasa interna de retorno [39], la tasa mínima aceptable de rendimiento.

### Resultados y discusión

La empresa productora de papel higiénico institucional, produce y comercializa paquetes de 6 unidades, abasteciendo al mercado chiclayano y al Nororiente del Perú. Para el desarrollo del diagnóstico, se hizo una descripción del proceso productivo representando en un diagrama de bloques.



**Figura 1. Diagrama del Proceso productivo**

**Fuente:** Elaboración propia basado en la empresa

Fue necesario realizar un estudio de tiempos para poder realizar el análisis correspondiente al proceso productivo mediante la metodología de Mundel, donde se calculó el número correcto de observaciones para determinar el tiempo promedio como se puede observar en el anexo 2.

De acuerdo al análisis de tiempos se halló los siguientes indicadores, el tiempo disponible diario es de 480 minutos, producción teórica diaria de acuerdo al cuello de botella es de 173 paquetes

diarios, considerando 6 días a la semana y 52 semanas al año, da como resultado una producción teórica anual de 54 052 unidades. La producción real en el año de estudio fue de 39 113 unidades

**Tabla 1. Producción real**

Mes	Producción real en paquetes
1° Mes	3380
2° Mes	3312
3° Mes	3675
4° Mes	3300
5° Mes	2886
6° Mes	2875
7° Mes	3575
8° Mes	3484
9° Mes	3100
10° Mes	3614
11° Mes	3200
12° Mes	2712
<b>Total</b>	<b>39 113</b>

**Fuente: Elaboración propia**

### Indicadores de productividad

Considerando un tiempo disponible anual de 2496 horas. La productividad teórica anual de mano de obra es de 18 017 paquetes al año por operario, la productividad real anual de mano de obra es de 13 037 paquetes al año por operario, en el anexo 3 se puede observar la productividad de mano de obra diaria. Dando un indicador de productividad horas-hombre de  $5.22 \frac{\text{und}}{\text{hora*op}}$ . La productividad en relación con la eficiencia y utilización de la máquina:  $(378/480) \times (39\ 113/54\ 052) = 0.5698 * 100$ ; resultado final de un 56,98%

De acuerdo a los tiempos diarios de producción en el anexo 4, se determina una capacidad de equipo regular de 70% y según Beltrán [40], con este valor se presenta pérdidas económicas por estar entre el 65-75%. Durante el periodo evaluado, la empresa registra 298 horas de mantenimiento en la bobinadora 1 y 271 horas para la bobinadora 2, tal como se evidencia en el **anexo 5**, por lo tanto, la disponibilidad de la bobinadora 1 es 88,06% y 89,14% en la bobinadora 2, tal como se muestra a continuación.

**Horas totales de mantenimiento máquina 1: 298 h/mtto**

$$\text{Disponibilidad máquina 1} = ((2\ 496 - 298)/(2\ 496) \times 100$$

$$\text{Disponibilidad máquina 1} = 88,06\%$$

**Horas totales de mantenimiento máquina 2:** 271 h/mtto

$$\text{Disponibilidad máquina 2} = ((2\,496 - 271)) / (2\,496) \times 100$$

$$\text{Disponibilidad máquina 2} = 89,14\%$$

### Indicador de tiempo medio de reparación

A continuación, se presenta el indicador de TPMR (Tiempo medio de reparación) durante el año de estudio.

**Tabla 2. Indicador de TPMR**

Tipo de Máquina	Fórmula	Resultado (TPMR)
Maq bobinadora 1	298/1 020	0,28 horas/reparación
Maq bobinadora 2	271/1 354	0,20 horas/reparación

**Fuente: Elaboración propia**

Según la tabla anterior, la máquina bobinadora 1 tiene un tiempo medio de reparación de 0,28 horas/ reparación y la máquina bobinadora 2 tiene un tiempo medio de reparación de 0,20 h/reparación.

### Indicador de tiempo medio entre fallos

A continuación, se presenta el indicador de TMEF (tiempo medio entre fallas) durante el año de estudio.

**Tabla 3. Indicador de TMEF**

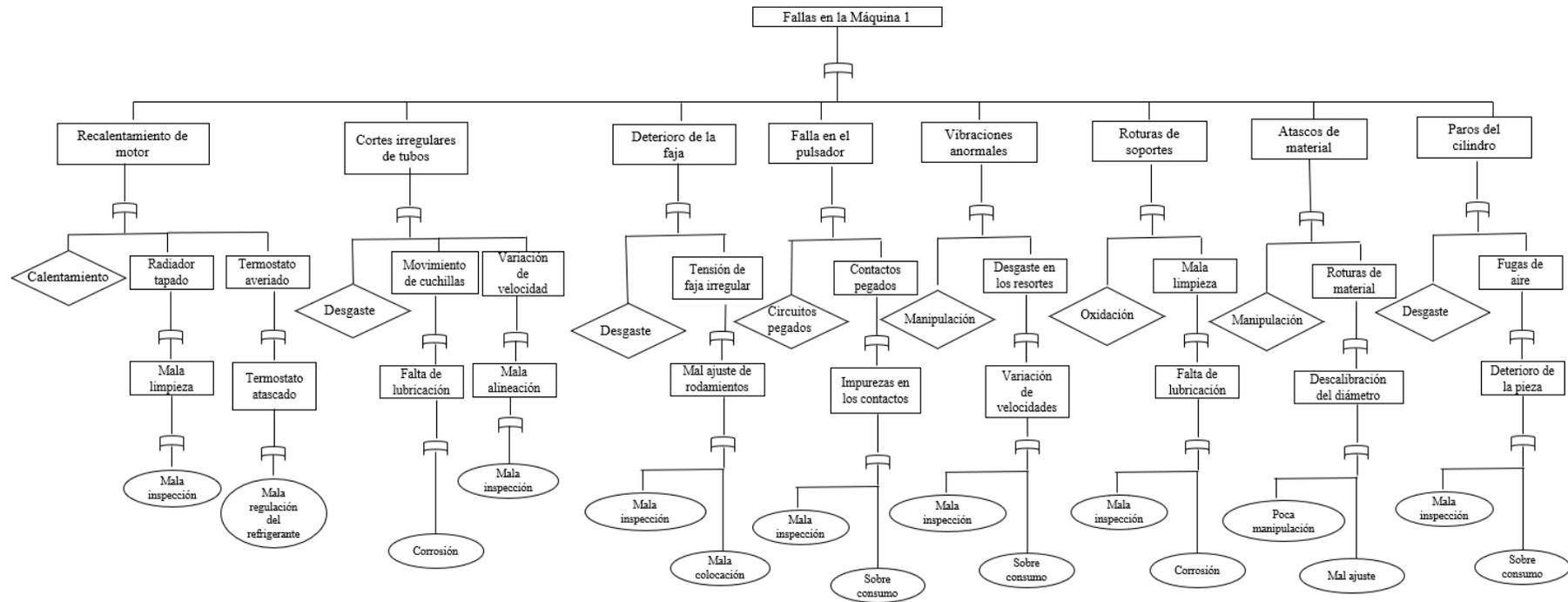
Tipo de Máquina	Fórmula	Resultado (TMEF)
Máquina bobinadora 1	2 496/ 1 020	2,44 horas/falla
Máquina bobinadora 2	2 496/1 354	1,84 horas/falla

**Fuente: Elaboración propia**

Según la tabla anterior, la máquina bobinadora 1 tiene un tiempo medio entre fallos de 2,44 horas/falla y la máquina bobinadora 2 tiene un tiempo medio entre fallos de 1,84 horas/falla.

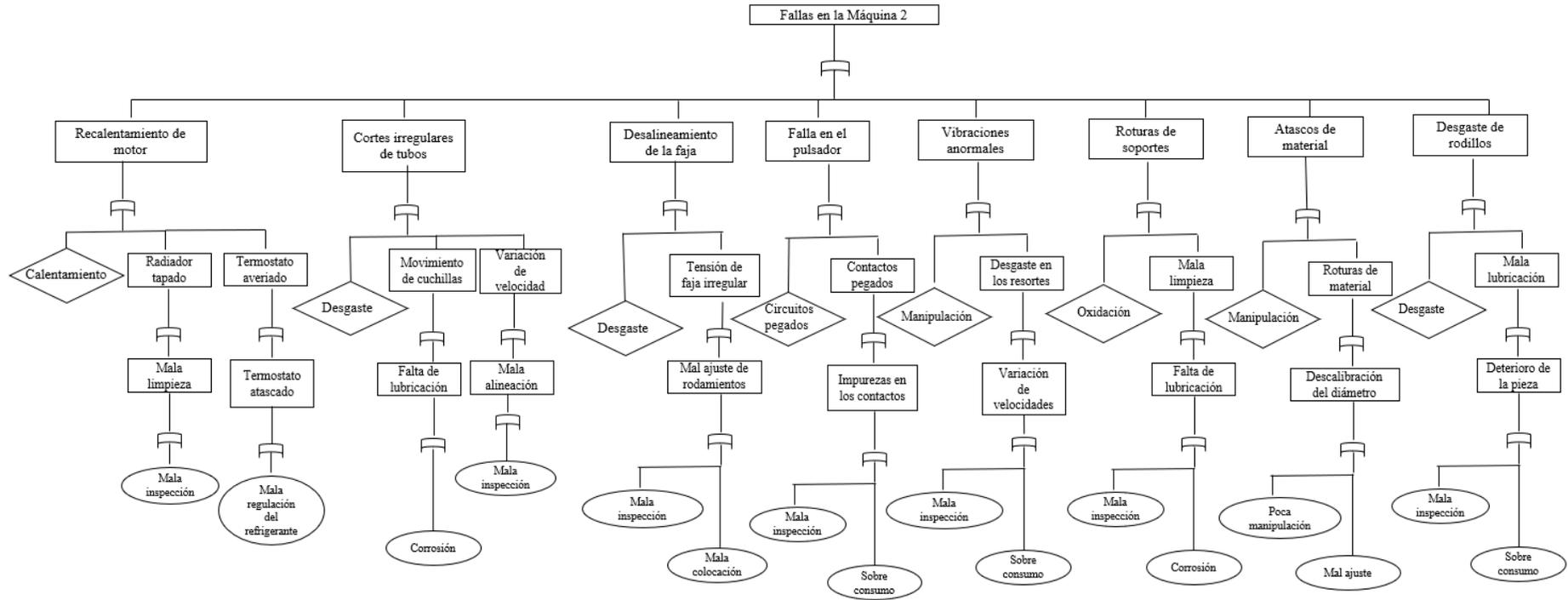
En la tabla 4 se muestra los indicadores más influyentes del problema de la empresa, de acuerdo con los análisis presentados con respecto a las dos bobinas se infiere que, debido a las recurrentes paradas no programadas por fallas como se puede observar en la figura 2 y 3, el alto índice de reparación de maquinaria, se obtuvo una disponibilidad por debajo del 90% lo

que según Zegarra [11], ocasiona una significativa baja en la producción, coherente con el 72,36% de utilización en relación a la capacidad real con la eficiencia, resultando una productividad 56,98% que está por debajo al valor aceptable [10].



**Figura 2. Árbol de fallas de la bobinadora 1**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 3. Árbol de fallas de la bobinadora 2**

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 4. Resumen de indicadores**

	Máquina Bobinadora 1	Máquina Bobinadora 2
Indicador de horas de mantenimiento correctivo	298 h/mtto	271 h/mtto
Indicador de disponibilidad	88,06 %	89,14 %
Indicador de productividad de mano de obra	15,66 und/op-h	5.22 und/op-h
Indicador de productividad basado en utilización y eficiencia	-	56,98 %
Indicador TPMR	0,28 horas//reparación	0,20 horas//reparación
Indicador TMEF	2,44 horas/falla	1,84 horas/falla

**Fuente: Elaboración propia**

En el siguiente análisis está basado en las causas funcionales, para ello se desarrolló un árbol de fallas de cada maquinaria crítica ver figura 2,3 y en el anexo 29, las cuales darán información sobre la causa raíz de las fallas de los activos fijos en la empresa productora de papel institucional, cuya elaboración permitirá elaborar el AMEF

Se logró evidenciar asimismo un desorden en el área trabajo a través de una lista de verificación de 5S que arroja un puntaje cuantitativo. El resultado total fue de 44 puntos, estando en un nivel regular. Para llevar a cabo se consideró puntuaciones del 1 al 5, dando como muy malo, malo, regular, bueno, excelente. Para ello se realizó preguntas a los operarios que trabajan en dicha área.

Las técnicas para llenar este Checklist fueron la observación y la entrevista, que fue aplicada en el área de producción donde se elabora el papel institucional. A continuación, se presenta los resultados del Checklist, se puede apreciar en el anexo 6.

Por otro lado, se evidenció la falta de capacitación en el personal involucrado en el proceso productivo, así como su poca experiencia en el área de algunos operarios, tal como se muestra en la siguiente tabla que arroja los resultados de la encuesta del anexo 7.

**Tabla 5. Resultados entrevista colaboradores de la empresa**

Número	Puesto de Trabajo	Experiencia en el puesto de trabajo	¿Ha recibido capacitación?	Experiencia laboral en un puesto similar
Operario 1	Bobinado y empaquetado	4 años	No	No
Operario 2	Empaquetado y sellado	1 año	No	No
Operario 3	Elaborado de tubos y tucos	6 meses	No	No

**Fuente: Elaboración propia**

Con base a las respuestas, podemos afirmar que:

**Personal capacitado durante el período evaluado: 25%**

**Personal operario de producción capacitado durante el evaluado: 0%**

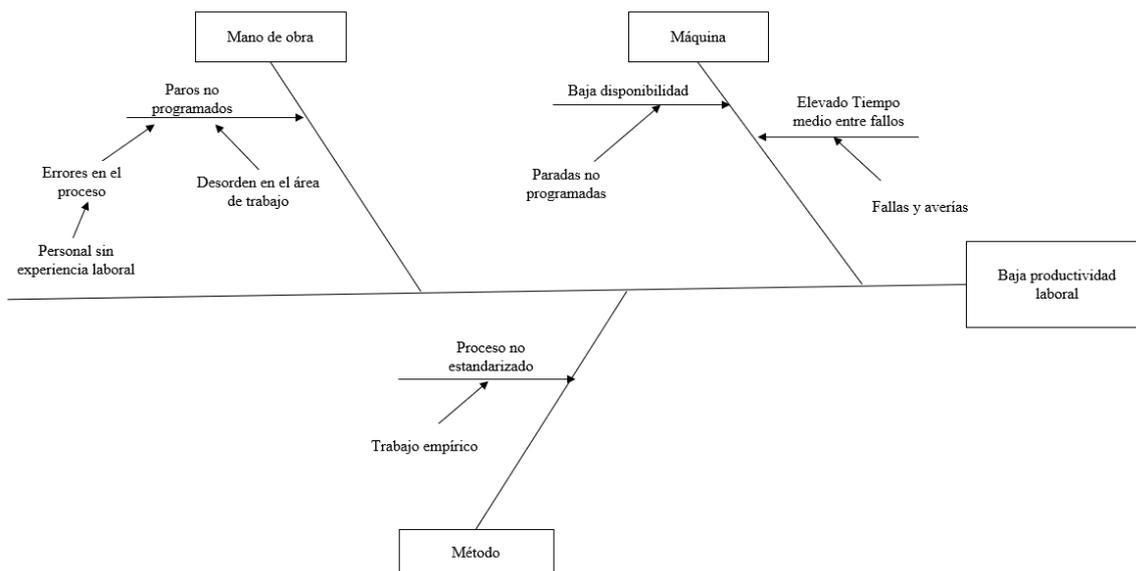
Asimismo, se determinó que el proceso de producción de papel higiénico institucional se realiza de manera empírica. Esto se logra evidenciar con la herramienta 5W que se presenta a continuación.

**Tabla 6. Los 5 W del método**

¿Por qué?	Método
¿Por qué se da?	El proceso no estandarizado se da por un conocimiento empírico del proceso
¿Qué lo ocasiona?	Lo ocasiona la falta de capacitación en la materia y concientización de su importancia.
¿Quién lo ocasiona?	Lo ocasiona la alta gerencia de la empresa, ya que ellos toman las decisiones.
¿Cuándo sucede?	Sucede al realizar el proceso, ya que se presentan constantes variaciones en el tiempo de producción.
¿Dónde ocurre?	Ocurre en el proceso productivo, en donde los tiempos son afectados, ya que presentan variabilidad.

**Fuente: Elaboración propia basado en [41].**

En la tabla 18, se explica las principales causas relacionadas a la investigación, que son el desorden en el área de trabajo, las paradas no programadas por fallas y averías, los errores frecuentes en el proceso, la poca experiencia en la de gestión de mantenimiento, la variabilidad en los tiempos de proceso ocasionando una baja significativamente en la productividad. En el anexo 2 se aprecia los tiempos del proceso productivo



**Figura 4. Diagrama Ishikawa de la baja productividad laboral**

Fuente: Elaboración propia basado en la empresa

### Evaluación y selección de herramienta de mejora

La evaluación de herramientas de mejora se realizó según la metodología de Villena [34], basado en la situación real de la empresa y para ello se utilizaron ciertos criterios de evaluación.

El criterio de evaluación fue el factor de beneficios técnicos y operativos, que involucra, la utilidad operacional que es utilizada para implementación de una herramienta de mejora. Además, se considera ponderar el costo total y el impacto económico del presupuesto de la empresa para la realización del plan de mantenimiento, teniendo como mínimo menos de S/. 500 y como máximo mayor a S/. 10 000. El siguiente criterio se basa en la ponderación disponible de recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos del plan propuesto. Para ello se determinó el valor de acuerdo a la disponibilidad de recursos como instalaciones, personal técnico, repuestos y así determinar la factibilidad a corto plazo. Para el criterio de evaluación se considera la ponderación del tiempo total necesario para implementar la herramienta de mejora en la empresa. Los valores de cada criterio se presentan en anexo 8.

En el anexo 9 se observa el último criterio de evaluación, para considerar la ponderación de los beneficios económicos percibidos por la empresa, incluyendo las mejoras de disponibilidad de sus máquinas y equipos. Cabe resaltar que es un criterio multiplicador según la metodología de Villena.

En el anexo 10 se presenta los valores de comparación para cada uno de los criterios de evaluación, con una escala de 1 al 9 como se muestra a continuación.

Con base a la investigación de Villena, los pesos de cada criterio son equitativos con el mismo valor porcentual del 25%.

La tabla adjunta presenta la matriz de confrontación, donde se comparan los criterios de evaluación junto con sus pesos asignados frente a las herramientas de mejora sugeridas.

**Tabla 7. Matriz de enfrentamiento de criterios de evaluación y tipos de mantenimiento**

Criterios	Calificación						
	Peso	Mtto correctivo	Calificación ponderada	Mtto preventivo	Calificación ponderada	Mtto predictivo	Calificación ponderada
Beneficios técnico operativos	25%	1	0.25	2	0.50	3	0.75
Costo de implementación	25%	1	0.25	1	0.25	2	0.50
Recursos disponibles para la ejecución del plan sugerido	25%	1	0.25	3	0.75	4	1.00
Tiempo de ejecución del plan sugerido	25%	1	0.25	3	0.75	4	1.00
Puntaje antes de criterio de valor económico			1		2.25		3.25

**Fuente: Elaboración propia basado en Villena 2017:280**

Luego de obtener el puntaje que incluye los 4 criterios (desde beneficios técnico operativo; costo de implementación; recursos disponibles para la ejecución del plan sugerido; tiempo de ejecución del plan sugerido), se multiplicó las bases por el criterio de valor económico según la metodología de Villena y las escalas presentadas en el anexo 8-10. A continuación, se procede a tener el puntaje total incluyendo el criterio de valor económico.

**Tabla 8. Matriz de enfrentamiento de criterios de evaluación y tipos de mantenimiento**

Criterios	Calificación					
	Mtto correctivo	Calificación ponderada	Mtto preventivo	Calificación ponderada	Mtto predictivo	Calificación ponderada
Puntaje antes de criterio de valor económico	-	1	-	2.25	-	3.25
Criterio de valor económico	-	1	-	2	-	1
Puntaje total (Puntaje antes CV x CVE)	-	1	-	4.5	-	3.25

Según la tabla anterior la herramienta de mejora principal a utilizar es el mantenimiento preventivo. En la siguiente tabla, se realizó una matriz con respecto a la evaluación de alternativas para la implementación de la propuesta, determinando los criterios a evaluar basado a la situación real de la empresa y cuál es el de mayor beneficio según Villena [34], dando como resultado un Mantenimiento o procedimientos de prevención de fallos orientados por RCM.

**Tabla 9. Matriz de ponderación de los mantenimientos preventivos**

Criterios	Mantenimiento basado en instrucciones de fabricantes	Mantenimiento basado en instrucciones genéricas	Mantenimiento basado en RCM o Análisis de fallos de la instalación
Beneficios técnico operativos	1	2	3
Costo de implementación	2	2	2
Recursos disponibles para la implementación	1	1	2
Tiempo de implementación	2	2	1
Puntaje	6	7	8
Valor	2	2	2
Total	12	14	16

**Fuente: Elaboración propia basado en Villena y Denia**

El mantenimiento preventivo basado en RCM ha sido el método elegido, ya que se alinea perfectamente con el contexto específico de la empresa, tal como se indica en la fuente [42]. Esta estrategia es clave para mejorar la disponibilidad de la maquinaria y, por ende, incrementar la productividad del proceso

En la investigación de Layme [43], se evaluó 3 tipos de alternativas, mantenimiento basado en confiabilidad (RCM), TPM y el mantenimiento actual de su empresa, con una escala de porcentajes de 0%, 30%, 60% y 100%, fueron comparados de acuerdo a sus necesidades y los beneficios que estas traen, como resultado de su evaluación, el RCM 100% recomendable, el

TPM un 30% lo recomendaría, y el mantenimiento realizado por su empresa no lo recomendaría. En la investigación de Bellido [23], se utilizó auditoría 5'S para mejorar las condiciones del área de trabajo, apoyado con la filosofía lean basado en la mejora continua, y para las maquinarias se utilizó mantenimiento preventivo para mantener el estado y preservar el buen funcionamiento dando un resultado favorable en la productividad.

### **Sistema de gestión de mantenimiento**

Becerra [44] aduce que, para una gestión eficaz, es imprescindible definir las necesidades y prioridades de la función de Mantenimiento, buscando la eficiencia y eficacia en los procesos para lograr resultados óptimos. Además, enfatiza la importancia de alcanzar la Excelencia Operativa, la cual se basa en ofrecer servicios a precios competitivos sin sacrificar la calidad ni la funcionalidad. La Gestión del Mantenimiento se considera un estándar crítico para la evaluación operativa de una organización, abarcando la supervisión, planificación, ejecución y control, y promoviendo el uso efectivo de los recursos. Cumplir con los objetivos operativos, en consonancia con las expectativas de las partes interesadas, es esencial. El objetivo principal es aumentar la disponibilidad de los activos, mejorando de manera continua su rendimiento mediante soluciones económicas, lo que conduce a una operatividad eficiente y confiable. La gestión del mantenimiento busca alcanzar metas comunes, cuyo entendimiento y desarrollo son fundamentales para minimizar restricciones y garantizar el éxito empresarial. [41] .

### **Desarrollo de plan de mantenimiento**

Para el desarrollo del sistema, se analizó la situación actual de la empresa, la cual servirá de fundamento para el diseño del mismo. Se determinaron las condiciones operativas de mantenimiento actuales en la empresa productora de papel higiénico institucional, con el objetivo de implementar una propuesta de Gestión de Mantenimiento Preventivo basado en RCM. En este marco, es necesario reestructurar varios elementos del mantenimiento actual, que es de tipo correctivo, abarcando aspectos tanto administrativos como operativos.

La empresa se enfoca a la elaboración y venta de papel institucional; de los cuales han adquirido sus máquinas hechas de acuerdo a sus necesidades. Entre ellas se considera las siguientes máquinas: Máquina bobinadora 1, la bobinadora 2 y herramientas diversas.

En cuanto al uso continuo de las máquinas, con el tiempo han venido presentando fallas, obligando a comprar repuestos para su reparación, retrasando en varias oportunidades las actividades a desarrollar. En vista a los problemas que enfrenta la empresa por las fallas en la maquinaria se ha propuesto implementar un sistema de gestión de mantenimiento permitiendo

tener las herramientas operativas y contar con ellas cuando se necesite, y sin perder la calidad del producto final.

Se determinó que, para implementar los lineamientos de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, se deberá contar con la información necesaria de todas las máquinas que emplea el proceso productivo. De la misma manera, el planteamiento del mantenimiento requiere de formatos para las diversas actividades que involucra una correcta gestión de mantenimiento.

La empresa productora de papel institucional se compromete a mantener y garantizar la operatividad y la condición óptima de los recursos tecnológicos. Esto se logra a través de la implementación de estrategias de mantenimiento preventivo y correctivo, las cuales están diseñadas para producir artículos de alta calidad que satisfagan las exigencias de nuestros clientes. Todo ello, alineado con el cumplimiento de la normativa legal vigente en Perú.

El flujo de mejora continua está detalladamente en el anexo 26, el cual es un reflejo de nuestro compromiso con la mejora continua. Este sistema no solo abarca la política de mantenimiento sino que también se extiende a todas las áreas de operación dentro de la empresa.

Política de Mantenimiento: Está enfocada en la prevención de incidencias, nuestra política de mantenimiento se centra en la conservación y aseguramiento del estado funcional de nuestros recursos tecnológicos. Mediante la realización de actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, nos esforzamos por entregar productos de calidad superior, cumpliendo así con los estándares esperados por nuestros clientes.

Objetivos de Mantenimiento:

- Garantizar la funcionalidad y disponibilidad de la maquinaria.
- Ofrecer respuesta efectiva y puntual
- Mejorar el rendimiento y la disponibilidad de los equipos
- Capacitación continua del personal

La gestión de mantenimiento de la empresa productora de papel institucional, tiene como propósito proporcionar condiciones de trabajo seguros, cumpliendo con los requisitos legales y requerimientos aplicables a las actividades de mantenimiento que realizamos. En el anexo 25 se detalla la política de mantenimiento elaborado para la empresa.

Para el logro del tercer objetivo, se utilizó como guía el flujograma del plan de mantenimiento preventivo como se muestra en el anexo 11, se desarrolló un plan de mantenimiento basado en RCM, que consistió en primer lugar en registrar de fichas técnicas a

las cuales se les brindará el mantenimiento y su codificación, tal como se muestra en el anexo 12 y 13.

A continuación, se procedió a codificar las máquinas.

**Tabla 10. Codificación de equipos**

Maquinaria	Código
Bobinadora	GP1
Bobinadora y cortadora	GRL1

**Fuente: Elaboración propia**

Se realizó un análisis de criticidad para cada máquina, teniendo como resultados el anexo 29 continuación, se procedió a realizar el árbol de fallas para cada maquinaria que se presenta en la figura 2 y 3. Posteriormente, se procedió a elaborar el AMEF para cada maquinaria que se presenta en el anexo 14 y 15. Seguido, se planteó con base en el AMEF las hojas de decisión para cada maquinaria como se puede demostrar en el anexo 16 y 17. Finalmente, se propuso el plan de mantenimiento para cada equipo como se puede observar en el anexo 18 y 19, y se desarrolló el cronograma que se presenta en el anexo 20.

En lo que respecta al plan de mantenimiento, la justificación de los períodos de mantenimiento y tiempos de ejecución se realizó en conjunto con el personal operativo de planta que hasta la fecha realizaba los mantenimientos correctivos en ambas máquinas, indicando los valores máximos que podía tomar cada actividad. Asimismo, para ciertas tareas de mantenimiento se consultó con un especialista en electromecánica que conocía sobre los períodos y tiempos de ejecución del mantenimiento de cada componente de ese tipo de máquinas.

### **Plan de capacitación**

A fin de complementar las mejoras propuestas, se ha planteado un Plan de capacitación dirigida al trabajador encargado del mantenimiento de la empresa y allegados. El objetivo es dar conocimiento del uso, manejo y mantenimiento de las maquinarias bobinadoras, el alcance de sus trabajadores involucrados en el proceso productivo. Se presenta las capacitaciones propuestas e inversión realizada, finalmente se presenta el cronograma de capacitaciones anexo 24-25.

## Nuevos indicadores

A continuación, se presenta los nuevos indicadores de disponibilidad para cada maquinaria con base en la cantidad de horas destinadas según cronograma de mantenimiento.

**Horas totales de mantenimiento máquina 1:** 106,5 h/mtto

$$\text{Disponibilidad máquina 1} = ((2\,496 - 106,5))/(2\,496) \times 100$$

$$\text{Disponibilidad máquina 1} = 95,73\%$$

**Horas totales de mantenimiento máquina 2:** 131 h/mtto

$$\text{Disponibilidad máquina 2} = ((2\,496 - 131))/(2\,496) \times 100$$

$$\text{Disponibilidad máquina 2} = 94,7\%$$

## Indicador de tiempo medio de reparación del periodo evaluado

A continuación, se presenta el indicador de TPMR (Tiempo medio de reparación).

**Tabla 11. Indicador de TPMR**

Tipo de Máquina	Fórmula	Resultado (TPMR)
Maq bobinadora 1	106,5/358	0,297 horas/reparación
Maq bobinadora 2	131/370	0,354 horas/reparación

**Fuente: Elaboración propia**

Según la tabla anterior, la máquina bobinadora 1 tiene un tiempo medio de reparación de 0,297 horas/ reparación y la máquina bobinadora 2 tiene un tiempo medio de reparación de 0,354 horas/reparación.

## Indicador de tiempo medio entre fallos

A continuación, se presenta el indicador de TMEF (tiempo medio entre fallas) durante el año en estudio.

**Tabla 12. Indicador de TMEF**

Tipo de Máquina	Fórmula	Resultado (TMEF)
Máquina bobinadora 1	2 496/ 358	6,97 horas/falla
Máquina bobinadora 2	2 496/ 370	6,74 horas/falla

**Fuente: Elaboración propia**

Según la tabla anterior, la máquina bobinadora 1 tiene un tiempo medio entre fallos de 6,97 horas/falla y la máquina bobinadora 2 tiene un tiempo medio entre fallos de 6,74 horas/falla.

Para determinar el nuevo indicador de productividad laboral se tuvo en cuenta la disponibilidad del 94,7% de la bobinadora 2, dando una nueva producción anual de 41 553 unidades.

$$\text{Tiempo disponible al año: } 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 6 \frac{\text{día}}{\text{semana}} * 52 \frac{\text{semanas}}{\text{año}} = 2496 \text{ horas/año}$$

$$\text{Productividad horas-hombre: } \frac{41\,552 \frac{\text{und}}{\text{año}}}{3 \text{ op} * 2496 \frac{\text{horas}}{\text{año}}} = 5.55 \frac{\text{und}}{\text{hora*op}}.$$

La productividad en relación con la eficiencia y utilización de la maquina:

$$(378/480) \times (41\,552/54\,052) = 0.7875 * 0.7687 = 0.6053 * 100; \text{ resultado final un } 60,53\%$$

A continuación, se presenta el cuadro resumen comparativo de indicadores

**Tabla 13. Resumen de nuevos indicadores**

	MB1 antes	MB1 después	MB2 antes	MB2 después
Indicador de horas de mantenimiento correctivo	298 h/mtto	106.5 h/mtto	271 h/mtto	131 h/mtto
Indicador de disponibilidad	88,06 %	95,73%	89,14 %	94,7%
Indicador de productividad de mano de obra	15,66 und/op-h	16,65 und/op-h	5,22 und/op-h	5,55 und/op-h
Indicador de productividad basado en utilización y eficiencia	-	-	56,98 %	60,53%
Indicador de TPMR	0,28 horas/reparación	0,297 horas/reparación	0,20 horas//reparación	0,354 horas/reparación
Indicador de TMEF	2,44 horas/falla	6,97 horas/falla	1,84 horas/falla	6,74 horas/falla

**Fuente: Elaboración propia**

En la tabla anterior se encuentran los nuevos indicadores con una disponibilidad al 94,7%, debido a la reducción de horas de mantenimiento, se incrementó las horas producidas, obteniendo un nuevo indicador de productividad de mano de obra al 5,55, y para el nuevo indicador de productividad basado en utilización y eficiencia, se toma en cuenta la misma eficiencia y para la utilización se considera el incremento de producción anual de 41 556 unidades, obteniendo un incremento en la productividad de 3,55%

Según Cruz [45] mediante la aplicación de un mantenimiento preventivo basado en RCM, se logró aumentar la disponibilidad hasta una variación del 44,06%, por lo cual se consideró un valor mayor o igual al valor aceptable de disponibilidad, el cual es del 90%, ya mencionado

anteriormente; de igual manera, la investigación de Uribe [46] lo corrobora, mencionando que el plan de mantenimiento ha demostrado un incremento notable en la operatividad, alcanzando un 92% en la disponibilidad de los equipos involucrados en el proceso.

Para finalizar se corroboró en [41], donde ha logrado una notable disminución en la frecuencia de fallas, lo que ha conllevado a una reducción en los costos de mantenimiento correctivo y la inoperatividad del personal. Esto ha resultado en una disminución estimada del 62,27% en los costos de mantenimiento. Además, el tiempo dedicado a actividades de reparación y/o mantenimiento se ha reducido de 617 horas a 127 horas, lo que representa un 20,58% menos de tiempo de inactividad, gracias a la aplicación de la metodología RCM.

Con respecto al desarrollo del tercer objetivo el cual consistió en la aplicación del mantenimiento preventivo, se logró identificar que un análisis de modo y efectos de fallas y la aplicación de hojas de decisión, permitirán mejorar los indicadores de mantenimiento, información que se corrobora en [47], donde también logró disminuir la tasa de fallos a través de la aplicación de un mantenimiento preventivo basado en RCM, mediante hojas de decisión, la cuales aportaban información importante en la toma de decisiones y el control de la maquinaria utilizada; por otro lado [45], logró también aumentar la disponibilidad de la maquinaria con este tipo de mantenimiento, logrando generar a la vez una mayor productividad y por ende mayores beneficios a la empresa, razón que se corrobora en esta investigación. Es importante resaltar que la nueva producción se halla por las horas disponibles, después de aplicar la mejora de la gestión.

**Tabla 14. Cálculo de variación del margen de ganancia**

Mes	Nueva producción (und)	Producción Actual (und)	Aumento de producción (und)	Precio de venta por paquete (S/.)	Margen de ganancia por paquete (S/.)	Nuevos ingresos (S/.)	Margen de ganancia anual (S/.)
1° Mes	3463	3380	83	18	7	1494	581
2° Mes	3463	3312	151	18	7	2718	1057
3° Mes	3863	3675	188	18	7	3384	1316
4° Mes	3463	3300	163	18	7	2934	1141
5° Mes	3063	2886	177	18	7	3186	1239
6° Mes	3063	2875	188	18	7	3384	1316
7° Mes	3663	3575	88	18	7	1584	616
8° Mes	3763	3484	279	18	7	5022	1953
9° Mes	3263	3100	163	18	7	2934	1141
10° Mes	3863	3614	249	18	7	4482	1743
11° Mes	3463	3200	263	18	7	4734	1841
12° Mes	3163	2712	451	18	7	8118	3157
Total	41556	39113	2443	18	7	43974	17101

**Fuente: Elaboración propia**

El último objetivo consistió en llevar a cabo una evaluación económica y financiera de la propuesta, considerando la inversión requerida para el desarrollo e implementación del sistema de gestión de mantenimiento RCM. A continuación, se procedió al cálculo de los costos asociados al mantenimiento.

A continuación, se detallan los costos de mantenimiento que incluye costos de repuestos, herramientas, mano de obra y capacitación. En el anexo 26 se detallan los costos de los diversos repuestos a utilizar de manera anual, que son necesarios para trabajos de medición, limpieza, cambio, lubricación y entre otros, con un valor total de 5443.5 soles. En el anexo 27 se detallan los costos de las herramientas que son necesarias para las labores de mantenimiento, con un valor total de 445 soles en el año de implementación de la mejora, contando con una duración de 3-5 años. Con lo que respecta a la mano de obra, durante el primer año se contratará a una empresa tercera que realice y capacite al personal de planta en las labores descritas en el plan de mantenimiento. Esto permitirá que, a partir del segundo año, con los estudios y experiencias previas, lo mismos colaboradores tomen el liderazgo en el mantenimiento de sus equipos, en las labores semanales, mensuales o según las frecuencias establecidas en el anexo 23 se

encuentra el perfil del trabajador. El valor establecido por el servicio de tercerización cuenta con un presupuesto de 9 000 soles en el primer año. El valor presupuestado para la capacitación tiene un valor de 8 447 soles, que se detallan en el anexo 28. Incluye los siguientes temas: Curso de negocio y administración en mantenimiento, curso de confiabilidad en el proceso de manufactura, curso de gestión del trabajo en mantenimiento, curso de gestión temprana de equipos, y finalmente curso de logística del mantenimiento.

Con los costos de capacitación, mano de obra, herramientas y repuestos se procede a realizar el cálculo de VAN y TIR.

### Cálculo de VAN y TIR

La empresa cuenta con la capacidad de poder realizar el financiamiento de la propuesta con sus propios recursos.

**Tabla 15. Flujo de caja de propuesta**

	Año 0	1° Año	2° Año	3° Año	4° Año	5° Año
Total, de beneficio		S/. 17 101				
Costo de repuestos		S/. 5 444	S/. 5 812	S/. 6 205	S/. 6 624	S/. 7 072
Costo de herramientas	S/. 445					
Costo de la tercerización		S/. 9 000				
Costo de capacitación	S/. 8 447					
Imprevistos (10%)	S/. 1 000					
Total, de Costos	S/. 9 892	S/. 15 444	S/. 6 812	S/. 7 205	S/. 7 624	S/. 8 072
Utilidad bruta	S/. -9 892	S/. 1 657	S/. 10 289	S/. 9 896	S/. 9 477	S/. 9 029
Impuestos		S/. 497,1	S/. 3 087	S/. 2 969	S/. 2 843	S/. 2 709
Utilidad neta	S/. -9 892	S/. 1 160	S/. 7 202	S/. 6 927	S/. 6 634	S/. 6 320
Utilidad Acumulada	S/. -9 892	S/. -8 732	S/. -1 530	S/. 5 397	S/. 12 031	S/. 18 351

Fuente: Elaboración propia

Los costos de herramientas y la capacitación será en el año de la implementación, en el primer año se genera un beneficio de S/17 101 por los ingresos generados en la mejora siendo el beneficio máximo con relación a su disponibilidad, el costo estimado de las herramientas es de S/ 5 444, según INEI [48] el incremento anual del precio es de 6,76%, y el costo de la tercerización es de S/ 9 000, lo cual se dará el primer año, y se les instruirá a los involucrados, finalmente en el tercer año se visualiza la recuperación de inversión de la mejora.

## Resumen del Cálculo del VAN y TIR

**Tabla 16. Cálculo del VAN y TIR**

VAN	S/. 7 202
TIR	40%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la evaluación del Valor Actual Neto (VAN), el proyecto demuestra ser rentable, evidenciando una ganancia de S/ 7,202 soles al cabo del tercer año. Adicionalmente, la Tasa Interna de Retorno (TIR) alcanza un 40%, cifra que supera el Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) establecida para los análisis económicos y financieros. Asimismo, se prevé que la inversión se recupere en el transcurso del segundo año. Cabe destacar que el TMAR representa el porcentaje mínimo que la empresa considera aceptable para invertir en el proyecto. Según el informe de inflación del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP) [49] y la normativa de la Superintendencia de Banca, Seguros y AFP (SBS), la inflación anual se situó en 9.02%, con un factor multiplicador de 1.5.

Como resultado el TMAR es:  $9,02\% \times 1,5 = 13,53\%$ , es el mínimo valor de inversión antes de ser rentable.

**Conclusiones**

Con la Propuesta de mejora en la gestión del mantenimiento se espera un incremento del 3,55% en la Productividad de una Empresa Productora de Papel Higiénico Institucional, mediante el aumento de disponibilidad y la reducción estimada de las horas de mantenimiento 191 horas para la MB1 y para la MB2 140 horas.

El diagnóstico realizado en la empresa productora de papel institucional reportó como problema principal la baja productividad, identificando las causas de la bobina 1 y 2, que son las horas de mantenimiento correctivo de MB1 es de 298 horas y del MB2 es de 271 horas, con una disponibilidad de 88,06% y 89,14% respectivamente, el tiempo medio de reparación de MB1 es de 0,28 horas/reparación, y del MB2 es de 0,20 horas/reparación, el tiempo medio entre fallos es de 2,44 horas/falla y 1,84 horas/falla respectivamente, como consecuencia se registró una productividad de mano de obra de 5,22 und/op-hora y la productividad laboral es del 56,98%. Se evaluó distintas metodologías empleando matrices y criterios de comparación con las que se seleccionó al mantenimiento preventivo basado RCM como la mejor alternativa para abordar la problemática identificada.

La estrategia propuesta para la mejora en la gestión del mantenimiento ha integrado la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM). Esta integración ha sido clave para la identificación de equipos críticos dentro de la organización, permitiendo además

la estimación precisa de sus periodos de inactividad y los costes que esto conlleva. La metodología RCM se fundamenta en el uso de herramientas analíticas como el Árbol de Fallas, el Análisis de Modos de Falla y Efectos (AMFE), y la Hoja de Información Preventiva. Además, establece intervalos regulares para el análisis exhaustivo de la maquinaria, asegurando así una gestión de mantenimiento eficiente y proactiva. Esta estrategia propone la creación de un departamento de Mantenimiento, encabezado por un profesional que desarrollará un Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo basado en RCM. Dicho sistema abarcará un plan de mantenimiento preventivo, programas de capacitación y un cronograma detallado para la realización de las actividades, con el fin de elevar la eficiencia de los procesos, incrementar el control y garantizar la máxima operatividad al menor costo. Se estima un ligero incremento en el tiempo medio de reparación, por lo que son tareas más específicas para cada máquina, y un aumento en el indicador del tiempo medio de fallos para la MB1 es de 6,97 horas/falla y para la MB2 es de 6,74 horas/falla. Los nuevos tiempos de horas de mantenimiento estimado es de 106,5 horas de mantenimiento en la MB1 y del MB2 es de 131, estimando un aumento de 95,73% del MB1 y la MB2 es de 94,7%, logrando un incremento estimado de la productividad laboral de 60,53%.

Se realizó la evaluación económica y financiera de la propuesta, estimando una inversión total de S/. 16 900 en el año 0, con un VAN de S/. 7 460 y un TIR de 44%, superior a la TMAR del proyecto, concluyendo que la propuesta es viable.

### **Recomendaciones**

Se recomienda aplicar el TPM (Mantenimiento Productivo Total) en la mejora de procesos, porque es una metodología que busca la participación activa y el compromiso de todos los trabajadores, desde los operarios hasta los directivos, para realizar actividades de revisión, ajuste, limpieza y sustitución de las máquinas y los equipos, de forma planificada y sistemática

Para mejorar los procesos operativos, se recomienda realizar futuras investigaciones sobre la filosofía Lean Manufacturing, que consiste en eliminar las actividades que no agregan valor al producto. Una herramienta de esta filosofía es la metodología 5S, que permite mejorar los espacios de trabajo, integrar sistemas de gestión y mantener el ciclo de mejora continua.

## Referencias

- [1 J. e. a. Vargas-Hernández, «Lean Manufacturing ¿Una herramienta de mejora de un sistema ] de producción?,» *Actualidad y Nuevas tendencias*, vol. 5, n° 17, pp. 153-174, 2016.
- [2 R. S. F. K. L. B. A. C. Pablo Viveros, «Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento ] y sus principales herramientas de apoyo,» *Revista chilena de ingeniería*, vol. 21, n° 1, pp. 125-138, 2013.
- [3 A. J. P. Alonso Elías Pirela, «MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS TORNOS ] CONVENICIONALES EN EL DEPARTAMENTO DE MÉCANICA DEL IUTC,» vol. 1, n° 11, pp. 1690-074X, 2012.
- [4 H. Lema, «PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA LINEA ] DE PRODUCTOS DE PAPEL TISÚ MEDIANTE EL EMPLEO DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA,» repositorio de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2014.
- [5 Sociedad Nacional de Industrias, «Industria de fabricación del papel y productos de papel,» ] *Sociedad Nacional de industrias*, vol. 1, n° 40, pp. 1-20, 2012.
- [6 A. Tejada, «Mejora de Lean Manufacturing en los sistemas productivos,» *Ciencia y ] Sociedad*, vol. XXXVI, n° 2, pp. 277-310, 2011.
- [7 BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ, «NOTAS DE ESTUDIO,» 9 FEBRERO ] 2023. [En línea]. Available: <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Notas-Estudios/2023/nota-de-estudios-09-2023.pdf>. [Último acceso: 10 JUNIO 2023].
- [8 INDECOPI, «Indecopi: gerencia de estudios económicos,» 2016. [En línea]. Available: ] [https://www.indecopi.gob.pe/documents/20182/2748605/20181018\\_Documento+de+Trabajo\\_PH\\_dise%C3%B1ado.pdf](https://www.indecopi.gob.pe/documents/20182/2748605/20181018_Documento+de+Trabajo_PH_dise%C3%B1ado.pdf). [Último acceso: 17 Mayo 2020].
- [9 J. Denia, «PROCESOS Y GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y CALIDAD,» CS ] Mecatronica Industrial, España, 2017.
- [1 MINEM, «Guía de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico ] Energético,» MINEM, Perú, 2016.
- [1 M. Zegarra, «Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados,» *Ciencia ] y Desarrollo*, vol. 1, n° 25-37, p. 19, 2016.

- [1 G. M. M. H. Gustavo Medina, «MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD MEDIANTE UN  
2] SISTEMA DE GESTIÓN BASADO EN LEAN SIX SIGMA EN EL PROCESO  
PRODUCTIVO DE PALLETS EN LA EMPRESA MEDERERA NUEVO PERU S.A.C,  
2017,» *INGENIERÍA: CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN*, vol. 5, nº 1, 2017.
- [1 I. Rueda, «Análisis de un modelo para medir la productividad basado en utilización y  
3] eficiencia,» *PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR*, vol. I, nº 96, pp.  
179-200, 3 MAYO 2013.
- [1 H. G. PULIDO, CALIDAD TOTAL Y PRODUCTIVIDAD, McGRAW-HILL, 2010.  
4]
- [1 W. ., OLARTE, «IMPORTANTE DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL DENTRO DE  
5] LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN,» vol. XVI, nº 44, pp. 354-356, abril 2010.
- [1 G. Peralta, «Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad de la  
6] empresa metalmecánica AR&ML CONSTRUCTORES E.I.R.L.,» *REDIB*, pp. 38-48, 2019.
- [1 Sistema de Confiabilidad Operacional, «GUÍA DE APRENDIZAJE,» 2017. [En línea].  
7] Available: [https://www.academia.edu/33335967/Guia\\_SCO\\_Analisis\\_Criticidad](https://www.academia.edu/33335967/Guia_SCO_Analisis_Criticidad). [Último  
acceso: 1 Diciembre 2020].
- [1 J. Alonso, «academia.edu,» 5 agosto 2004. [En línea]. Available:  
8] [https://www.academia.edu/16608347/18358130\\_Libro\\_de\\_Mantenimiento\\_Industrial](https://www.academia.edu/16608347/18358130_Libro_de_Mantenimiento_Industrial).  
[Último acceso: 1 Diciembre 2020].
- [1 A. Trujillo, «DEKRA Insight,» 2017. [En línea]. Available:  
9] <https://www.dekra.es/media/falta-dekratizar-fa-el-arbol-de-fallos-a4-es-2017-web.pdf>.  
[Último acceso: 1 Noviembre 2021].
- [2 A. E. T. M. M. R. Montalban Edith, «Herramienta de mejora AMEF (Análisis del Modo y  
0] Efecto de la Falla Potencial) como documnto vivo en una área operativa. Experiencia de  
aplicación en empresa proveedora para Industria Automotriz,» *Revista de aplicaciones de  
la ingeniera* , vol. II, nº 5, pp. 230-240, 2015.
- [2 B. Salvador, «UNIVERSITAT JAUME,» Julio 2015. [En línea]. Available:  
1] [http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/128127/TFG\\_2015\\_BarredaBeltranS  
.pdf?sequence=1](http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/128127/TFG_2015_BarredaBeltranS.pdf?sequence=1). [Último acceso: 5 Noviembre 2021].
- [2 M. D'Addario, *Gestión del mantenimiento preventivo - correctivo*, CreateSpace  
2] Independent Publishing Platform, 2015.

- [2 Y. Bellido, A. La Rosa, C. Torres, G. Quispe y C. Raymundo, «Modelo de Optimización 3] de desperdicios basado en Lean Manufacturing para incrementar la producción en micro y pequeñas empresas del rubro textil,» *Memorias de la octava conferencia Iberoamericana de complejidad, informática y cibernética*, vol. 1, n° 1, pp. 148-153, 2018.
- [2 A. Maguiña, «IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA 4] INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA DE FÁBRICA DE BOTELLAS DE VIDRIO,» *Ingeniería Industrial*, n° 15, pp. 50-62, 2016.
- [2 D. Ortiz, «“MODELO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MANUFACTURA 5] ESBELTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN TEXTIL”,» *CONACYT*, vol. 3, pp. 24-32, 2017.
- [2 D. Silvieira y J. Andrade, «Application of OEE for productivity analysis: a case study of a 6] production line from the pulp and paper industry,» *DYNA*, vol. 86, n° 211, pp. 9-16, 2019.
- [2 D. Silva y H. Oliveira, «Application of the OEE tool as a proposed increase in productivity 7] in grain drying systems,» *Gestão & Produção*, vol. 27, n° 4, 2020.
- [2 P. d. l. n. unidas, «Guia para la elaboración de un proyecto censal,» 1 Abril 2011. [En línea]. 8] Available:  
[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5508/S1100203\\_es.pdf?sequence=1](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5508/S1100203_es.pdf?sequence=1).  
 [Último acceso: 20 Mayo 2023].
- [2 V. R. Lesly Carolina, «<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17268>,» 17 abril 2017. 9] [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17268>. [Último acceso: 20 Mayo 2023].
- [3 J. Heizer y B. Render, *Principios de Administración de Operaciones*, México D. C.: 0] Editorial Progreso S. A., 2004.
- [3 K. Ogata, *Ingeniería de Control Moderna*, Madrid: Pearson Educación S. A., 2003. 1]
- [3 B. Niebel y M. García, *Ingeniería industrial: estudio de tiempos y movimientos*, 1989. 2]
- [3 J. M. R. Sierra, «Escuela técnica superior de Ingeniería de Telecomunicación,» 9 3] Septiembre 2019. [En línea]. Available:  
[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/127853/Rodr%C3%ADguez%20-%20Sistema%20de%20Gesti%C3%B3n%20de%20Eficiencia%20Global%20\(Overall%2](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/127853/Rodr%C3%ADguez%20-%20Sistema%20de%20Gesti%C3%B3n%20de%20Eficiencia%20Global%20(Overall%2)

- 0Equipment%20Effectiveness,%20OEE)%20en%20tie....pdf?sequence=1. [Último acceso: 30 Mayo 2023].
- [3 A. Villena, «Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento de equipos bajo las técnicas del TPM en una empresa constructora,» 21 Septiembre 2017. [En línea]. Available: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/622200>. [Último acceso: 13 Junio 2021].
- [3 D. Dubois, Junio 2007. [En línea]. Available: [https://www.academia.edu/14740370/MANTENIMIENTO\\_CORRECTIVO\\_PREVENTIVO\\_Y\\_PREDICTIVO](https://www.academia.edu/14740370/MANTENIMIENTO_CORRECTIVO_PREVENTIVO_Y_PREDICTIVO). [Último acceso: 3 Mayo 2021].
- [3 E. Rivera, «Sistema de Gestión del Mantenimiento Industrial,» Lima, 2011.
- 6]
- [3 F. González, *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*, Madrid: FUNDACIÓN CONFEMETAL, 2005.
- [3 O. Consuegra Mateus, «Metodología AMFE como herramienta de gestión de riesgo en un hospital universitario,» *Cuadernos Latinoamericanos de administración*, vol. XI, n° 20, pp. 37-49, 20 Junio 2015.
- [3 J. Heredia, *Flujos económicos y financieros*, Mexico: DTEX, 2015.
- 9]
- [4 J. B. Enrique, «Gestiopolis,» Marzo 2016. [En línea]. Available: <https://www.gestiopolis.com/oe-overall-equipment-effectiveness-eficiencia-global-los-equipos/>. [Último acceso: 21 Junio 2021].
- [4 L. Pacheco, «Propuesta de implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en RCM para la reducción de fallas de la maquinaria de la empresa HYDRO PÁTAPO S.A.C.,» 16 Julio 2018. [En línea]. [Último acceso: 2 Julio 2021].
- [4 Sequense, «INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL DE TESIS,» 2000. [En línea].
- 2] Available: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/60/TESSISocsdiz.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 10 Octubre 2021].
- [4 L. R. Raul, «Repositorio académico UPC,» 2014. [En línea]. Available: [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/336943/layme\\_rr.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/336943/layme_rr.pdf?sequence=1&isAllowed=y). [Último acceso: 29 Junio 2021].

- [4 L. P. Bado, «Repositorio Dspace,» 16 Julio 2018. [En línea]. Available: 4] <http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/1353>. [Último acceso: 10 Septiembre 2021].
- [4 C. Cruz, «EL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD 5] (RCM) Y SU INFLUENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DE LAS UNIDADES DE LA FLOTA VEHICULAR MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL - CALLAO 2018,» Universidad Nacional del Callao, Callao, 2019.
- [4 S. Uribe, «Aplicación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para 6] mejorar la disponibilidad de la máquina remalladora de una empresa textil,» 28 Febrero 2020. [En línea]. [Último acceso: 2 Julio 2021].
- [4 S. Villacres, «DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA 7] METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA EL VEHÍCULO HIDROCLEANER VACTOR M654 DE LA EMPRESA ETAPA EP,» Escuela superior politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2016.
- [4 A. S. L. M. M. C. y. G. G. Dante Carhuavilca, «Variación de los indicadores de precio de 8] la Economía,» Instituto nacional de estadística e informática, Lima, 2022.
- [4 BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ, «Reporte de inflación,» Junio 2021. [En 9] línea]. Available: <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2021/junio/reporte-de-inflacion-junio-2021.pdf>. [Último acceso: 14 Octubre 2021].
- [5 M. Mesones, «Repositorio de tesis USAT,» 2021. [En línea]. Available: 0] [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3676/1/TL\\_MesonesAlvitresAnaMaria.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3676/1/TL_MesonesAlvitresAnaMaria.pdf). [Último acceso: 2021].
- [5 Á. Olaz y G. Brändle, «DISEÑO DE UNA ENTREVISTA DE EVALUACIÓN DEL 1] DESEMPEÑO POR,» *Revista de Ciencias Sociales*, vol. I, n° 58, pp. 1-28, 2013.
- [5 J. J. Q. Duarte, «DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA 2] MAQUINAS CRÍTICAS EN INDUSTRIAS LAVCO S.A.S.,» FLORIDA BLANCA, 2020.
- [5 M. Rojas, A. Correa y F. Gutiérrez, *Sistemas de Control de Gestión*, Bogota: Ediciones de 3] la U, 2012.
- [5 F. Espinosa, «Indicadores de Eficiencia para el mantenimiento,» [En línea]. [Último acceso: 4] 20 11 2020].

- [5 V. P. J. B. MERCADO, «MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ENFOCADO EN LA EFICIENCIA Y OPTIMIZACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA,» *Revista Multidisciplinaria del consejo de investigación de la universidad de Oriente*, vol. 28, n° 1, pp. 99-105, 2016.
- [5 N. C. A. Rangel, «CONOCIMIENTO MATEMÁTICO Y USO DE UN MODELO ECONÓMICO PARA LA TOMA DE DECISIONES DE CARÁCTER FINANCIERO: UNA EXPERIENCIA ESCOLAR,» CENTRO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIA APLICADA Y TECNOLOGIA AVANZADA, Ciudad de México, 2014.
- [5 E. RIVERA, «Sistema de gestión del mantenimiento industrial,» Lima, 2011.
- 7]
- [5 E. Zerbizuak, «Etxeguren,» Octubre 2021. [En línea]. Available: 8] <https://www.etxeguren.com/mantenimiento-industrial>. [Último acceso: 13 Octubre 2021].
- [5 A. M. M. ALVITRES, «Repositorio de tesis USAT,» 2021. [En línea]. Available: 9] <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/39>. [Último acceso: 10 Octubre 2021].
- [6 N. Prado, «Aplicación del RCM para mejorar la gestión de mantenimiento de la empresa 0] Industrias del papel S.A, Chaclacayo, 2018.,» 7 Diciembre 2018. [En línea]. Available: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/33110/Prado\\_MNJ.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/33110/Prado_MNJ.pdf?sequence=4&isAllowed=y). [Último acceso: 2 Julio 2021].
- [6 C. Nuñez, «RCM para optimizar la disponibilidad de los tractores d8t en la empresa 1] Aruntani SAC – Unidad Tukari,» 2016. [En línea]. Available: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1574/TESIS%20FINAL01.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 2 Julio 2021].
- [6 S. Villacrés, «Desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de 2] mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para el vehículo hidrocleaner vector m654 de La Empresa ETAPA EP,» 2016. [En línea]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/234574731.pdf>. [Último acceso: 2 Julio 2021].
- [6 ESERMIN PERÚ S.A.C, «SERVICIO DE MANTENIMIENTO,» 1 Septiembre 2018. [En 3] línea]. Available: <https://www.eserminperu.com/2018/09/01/servicio-de-mantenimiento/>. [Último acceso: 10 Octubre 2021].

Anexos

Anexo 1

**Tabla 17. Hoja de decisión RCM**

Hoja de decisiones																	
función	Permite la elaboración de tucos de cartón							Aprobado							Aprobación		
Componente	Referencia información			Evaluación de consecuencia				Decisión			Acción "a falta de"			Tareas a realizar	Intervalo Inicial (a=año, m=mes, s=sem, d=día)	A realizarse por:	Observación
								H1	H2	H3							
	F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4				
								O1	O2	O3							
								N1	N2	N3							

Fuente: Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la gestión de activo [50].

## Anexo 2

**Cálculo de tiempo promedio de las actividades del proceso productivo**

N°	Actividad	Tipo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	A (Más alto)	B (Más bajo)	(A-B) / (A+B)	N° observaciones	T. promedio
1	Transporte de bobina	Transporte	200	210	215	240	230	235	215	211	250	230	250	200	0.11	8	219,50
2	Colocación de bobina	Op	600	620	650	660	680	690	610	625	630	640	690	600	0.07	2	610,00
3	Elaboración de Tucos (entucado)	Op.	51	61	55	50	50	57	48	52	50	60	61	48	0.12	10	53,40
4	Entubado	Op.	45	50	55	49	45	43	50	52	51	53	55	43	0.12	10	49,30
5	Pegado	Op. e inspección	30	37	30	29	34	35	33	36	35	37	37	29	0.12	10	33,60
6	Enrollado	Op. e inspección	159	149	156	157	152	160	145	160	147	158	160	145	0.05	1	159,00
7	Destubado	Op. e inspección	28	29	33	35	33	34	33	29	35	28	35	28	0.11	8	31,75
8	Empaquetado	Op. e inspección	60	62	66	54	55	57	58	59	56	60	66	54	0.10	7	58,86
9	Sellado	Op.	75	85	86	79	84	81	89	82	87	70	89	70	0.12	10	81,80
10	Almacenado	Transporte	29	27	26	29	28	27	27	28	30	32	32	26	0.10	7	27,57

Fuente: Elaboración Propia

## Anexo 3

**Tabla 17. Productividad de hora-hombre**

Hora	Producción real	Operario	Productividad de M.O.
08 a 09 am	14	3	4.67
09 a 10 am	14	3	4.67
10 a 11 am	13	3	4.33
11 a 12 am	15	3	5
12 a 1 pm	15	3	5
2 a 3 pm	14	3	4.67
3 a 4 pm	13	3	4.33
4 a 5 pm	15	3	5
5 a 6 pm	12	3	4
<b>Total</b>	<b>125</b>		

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 4

**Tabla 18. Tiempos diarios de producción de la maquina 2**

Máquina 2: Bobinadora – Cortadora	
Tiempo teórico de producción	540 min
Hora de almuerzo	60 min
Tiempo disponible de producción	480 min
Falta de material	15 min
Cambio de piezas	20 min
Averías por rompimiento de material	10 min
Preparación de cuchilla	2 min
Reinicio del bobinado	3 min
Ajustes velocidad del bobinado	2 min
Tiempo bruto de producción	428 min
Atascos	8min
Tiempo neto de producción	408 min
Productos defectuosos	54 unidades
Unidades reprocesadas	50 unidades
Tiempo valido de producción	378 min

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 5

**Tabla 19. Horas de paradas de la MB1 y MB2 por mantenimiento**

MES	HORAS DE PARADAS POR MANTENIMIENTO	HORAS DE PARADAS POR MANTENIMIENTO
1° Mes	14	11
2° Mes	25	21
3° Mes	27	22
4° Mes	29	29
5° Mes	28	30
6° Mes	27	28
7° Mes	16	12
8° Mes	26	22
9° Mes	25	25
10° Mes	25	21
11° Mes	27	26
12° Mes	27	24
<b>TOTAL</b>	<b>298 horas</b>	<b>271 horas</b>

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 6

Tabla 20. Resultados de aplicación de Checklist

Evaluación					
1: Muy malo	2: Malo	3: Regular	4: Bueno	5: Excelente	
<b>SEIRI –SELECCIONAR</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3 4 5</b>
1. ¿Cómo califica tú la ubicación de sus herramientas de trabajo?				X	
2. ¿Cómo califica la distribución de su área de trabajo?				X	
3. ¿Cómo es el grado de clasificación de las herramientas, materiales y equipos en su lugar de trabajo?				X	
4. ¿Cómo califica la capacidad para distinguir lo necesario?					X
Resultado seleccionar: 9					
<b>SEITON- ORGANIZAR</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3 4 5</b>
5. ¿Cómo usted califica el orden en general de su lugar de trabajo?				X	
6. ¿Cómo califica la facilidad con la que encuentra usted sus herramientas de trabajo?					X
7. ¿Cuándo usted termina de utilizar una herramienta, la devuelve al lugar designado?					X
8. ¿Cómo es el nivel de estandarización (guía) para el orden de las herramientas, materiales y equipos en su lugar de trabajo?			X		
Resultado seleccionar: 9					
<b>SEISON- LIMPIAR</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3 4 5</b>
9. ¿Cómo califica la limpieza de su lugar de trabajo?				X	
10. ¿Cómo califica la separación de residuos en su lugar de trabajo?					x
11. ¿Cómo es el mantenimiento que se realiza a herramientas, maquinaria y equipos en su lugar de trabajo? (Tenga en cuenta, calidad y periodicidad)					x
Resultado seleccionar: 8					
<b>SHITSUKE – SEGUIMIENTO</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3 4 5</b>
12. ¿Cómo es el seguimiento realizado a la clasificación de materiales y equipos en su lugar de trabajo?					X
13. ¿Cómo es el seguimiento realizado al orden de materiales y equipos en su lugar de trabajo?					X
14. ¿Cómo es el seguimiento realizado a la limpieza de materiales y equipos en su lugar de trabajo?					X
Resultado seleccionar: 9					
<b>Otros aspectos a evaluar</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3 4 5</b>
15. ¿Cómo considera la idea de implementar una herramienta que mejore las condiciones de orden y limpieza en la línea 1?					X
16. ¿Cómo es su conocimiento acerca de los indicadores de desempeño de su área?					X
17. ¿Cómo es según usted el nivel de accidentalidad del área de enrollado, específicamente de la línea 1?					X

Entre 1 y 17: Malo; Entre 18 y 34: Malo; Entre 35 y 51: Regular; Entre 52 y 68: Bueno; Más de 68:

Excelente

Fuente: Elaboración propia basado en [23].

## Anexo 7

ENTREVISTA AL PERSONAL

Nombre y apellido: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

¿Qué función desempeña en la empresa?

---

---

¿Cuánto tiempo viene laborando en la empresa?

---

---

¿Ha recibido capacitación en los últimos 6 meses?

---

---

¿Antes de ingresar a trabajar usted contaba con una experiencia laboral similar?

---

---

**Fuente:** Elaboración propia basado en [51].

## Anexo 8

**Tabla 21. Ponderación de los factores de los beneficios técnicos**

Beneficios Técnicos/operativos – Puntaje	Valor
Monitoreo de gestión de Equipos computarizado a distancia	5
Control de señales vitales de funcionamiento de los equipos en obra	4
Utilización de herramientas de la calidad en el monitoreo	3
Uso de plan de mantenimiento Moderado	2
Utilización de un plan de reparaciones	1
<b>Ponderación de los factores de costo de implementación</b>	
Costo de implementación	Valor
Requiere financiamiento bancario: (Mayor a 10 000 soles/periodo)	5
Muy elevado (5 000 - 10 000 soles/periodo)	4
Elevado (1 000 – 5 000 soles/periodo)	3
Moderado (500 – 1 000 soles/periodo)	2
Bajo (menos de 500 soles/periodo)	1
<b>Ponderación de disponibilidad de recursos para la implementación</b>	
Disponibilidad de recursos para la implementación	Valor
Muy elevado	5
Elevado	4
Moderado	3
Bajo	2
Mínimo	1
<b>Ponderación del tiempo de implementación de la propuesta</b>	
Tiempo de implementación	Valor
12 meses -18 meses	5
12-14 meses	4
10-12 meses	3
7-8 meses	2
6-7 meses	1

Fuente: Elaboración propia - Villena 2017:279-280

## Anexo 9

**Tabla 22. Ponderación del beneficio Económico**

Impacto	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Nulo	Perjudicial	Muy Perjudicial
Valor	3	2	1	0	-1	-2

Fuente: Elaboración propia - Villena 2017:280

Anexo 10

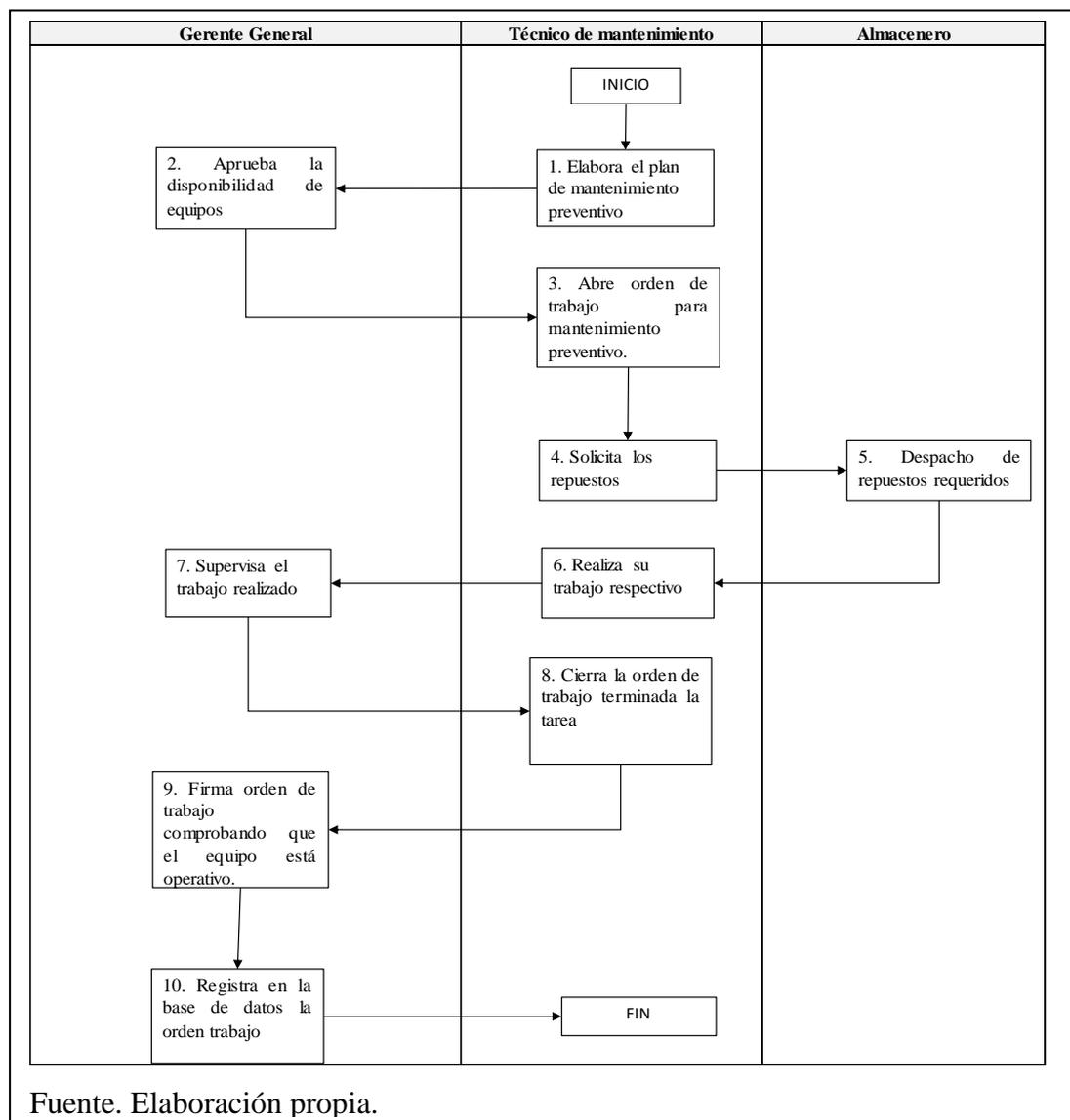
**Tabla 23. Ponderación según su importancia**

Valor $X_{ij}$	1	3	5	7	9
Comparación del criterio i con el criterio j	Igual de importante	Ligeramente más importante	Notablemente más importante	Demostablemente más importante	Absolutamente más importante

Fuente: Elaboración propia

Anexo 11

**Flujograma procedimiento mantenimiento preventivo**



## Anexo 12

**Tabla 24. Ficha técnica rebobinadora de cartón**

<b>Nombre del equipo</b>	Rebobinadora de cartón
<b>Año de fabricación</b>	2014
<b>Ubicación</b>	Proceso de producción
<b>Largo</b>	1,5m
<b>Alto</b>	1,6m
<b>Capacidad</b>	200 a 400 kg
<b>Voltaje</b>	220 v
<b>Motor</b>	2 HP
<b>Componentes</b>	Alimentador de materia prima, volante, sinfín, motor, reductor, cilindro neumático, pulsador de paro, pulsador de marcha, compresor neumático, polea, sierra circular, estructura metálica de soporte, chumacera, rodamientos, pernería en general.

**Fotografía**

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 13

**Tabla 25. Ficha técnica rebobinadora de papel higiénico**

<b>Nombre del equipo</b>	Rebobinadora de papel higiénico
<b>Año de fabricación</b>	2014
<b>Ubicación</b>	Proceso de producción
<b>Largo</b>	3,5 m
<b>Ancho</b>	2,5 m
<b>Alto</b>	1,8 m
<b>Voltaje</b>	220 v
<b>Motor</b>	5 HP
<b>Componentes</b>	Motor, cuchillas, poleas, volante, rodillos, faja transportadora, estructura metálica de soporte, chumaceras, rodamientos, pernería en general, cadena, pulsador de paro, pulsador de marcha.

**Fotografía**

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 14

Tabla 26. AMEF máquina 1

Equipo				Situación Actual								
Componente	Función	Falla funcional		Modos potencial de falla		Efecto potencial del fallo	Causas potenciales de fallo	Ocurriencia	Severidad	Detección	NPR	Prioridad del riesgo
Motor	Conduce energía cinética hacia un sistema de engranajes	A	Sobrecarga térmica del motor	1	Sobrecarga eléctrica en el enrollamiento	Polvo en los engranajes	Mala limpieza	8	8	7	448	Falla medio
				2	Deterioro en los elementos de giro.	Ruidos anormales en motor	Desalineamiento de eje de motor	8	8	7	448	Falla medio
Pulsador	Activa el circuito del contactor para iniciar el proceso.	B	Imposibilidad de activación del propulsor.	1	Contactor inmovilizado	Motor no enciende	Falta de limpieza	7	6	7	294	Falla medio
Sierra circular	Seccionamiento de cilindros de cartón	C	Seccionados no uniformes.	1	Deterioro del borde cortante	Mal funcionamiento del	Sierra desafilada	8	9	8	576	Falla alto
Cilindro neumático	Convierte la energía almacenada del aire comprimido en fuerza de compresión	D	Escapes de aire comprimido	1	Caída en la tensión neumática	Mal funcionamiento del equipo	Falta de inspección	8	7	8	448	Fallo medio
							Empaquetaduras desgastadas					
Poleas	Distribuye la energía mecánica del eje motriz hacia la correa transportadora.	E	Interrupción de la tracción mecánica	1	Desajuste de la correa respecto a la polea.	Paralización de producción	Polea mal ajustada	9	6	7	378	Falla medio
					Fractura de la banda de transmisión.	Parada de equipo	Desgaste por actividad					Falla medio
Fajas	Desplaza el artículo mediante tracción.	F	alteración estructural.	1	Desviación de faja	No permite transporte del material	Exceso de holguras	8	6	7	336	Falla media
				2	Quebradura de faja		Debilitamiento por desgaste					
Rodillos	Proporciona soporte y facilita el movimiento rotacional de la cinta transportadora	G	Fallo en el sistema de traslado.	1	Obstrucción de elementos en el cilindro.	Mal funcionamiento del equipo	Falta de inspección	8	7	7	392	Falla medio
		H	Erosión del revestimiento	2	Erosión en el cilindro de soporte	Mal funcionamiento del	Ejes pegados por la corrosión	8	7	7	392	Falla medio

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 15

Tabla 27. AMEF máquina 2

Equipo			Situación Actual									
Componente	Función	Falla funcional	Modos potencial de falla		Efecto potencial del fallo	Causas potenciales de fallo	Ocurrencia	Severidad	Detección	NPR	Prioridad del riesgo	
Motor	Conduce energía cinética hacia un sistema de engranajes	A	Recalentamiento del motor	1	Sobrecarga eléctrica en el enrollamiento	Polvo en los engranajes	Mala limpieza	9	8	7	504	Fallo alto
				2	Deterioro en los elementos de giro.	Ruidos anormales en motor	Desalineamiento de eje de motor	9	8	7	504	Fallo alto
Pulsador	Activa el circuito del contactor para iniciar el proceso.	B	Incapacidad para encender el motor	1	Contactador inmovilizado	Motor no enciende	Falta de limpieza	7	6	7	294	Falla medio
Cuchillas	Corte de tubos de papel higiénico	C	Cortes irregulares	1	Deterioro del borde cortante	Mal funcionamiento del equipo	Cuchilla desafilada	8	9	8	576	Falla alto
Poleas	Distribuye la energía mecánica del eje motriz hacia la correa transportadora.	D	Pérdida de movimiento	1	Interrupción de la tracción mecánica	Paralización de producción	Polea mal ajustada	9	6	7	378	Falla medio
						Parada de equipo	Desgaste por actividad	8	8	7	448	Falla medio
Volantes	Permite ajustar los rodillos	E	Pérdida de movimiento	1	Desajuste de la correa respecto a la polea.	Paralización de producción	Manija mal ajustada	8	8	7	448	Falla medio
					Fractura de la banda de transmisión.	Parada de equipo	Desgaste por actividad	9	8	7	504	Falla alto
Fajas	Desplaza el artículo mediante tracción.	F	Rotura, deformación	1	Desviación de faja	No permite transporte del material	Exceso de holguras	8	6	7	336	Falla media
				2	Quebradura de faja		Debilitamiento por desgaste					
Rodillos	Proporciona soporte y facilita el movimiento rotacional de la cinta transportadora	G	Incapacidad de transportar	1	Obstrucción de elementos en el cilindro.	Mal funcionamiento del equipo	Falta de inspección	8	7	7	392	Falla medio
		H	Desgaste de superficie	2	Erosión en el cilindro de soporte	Mal funcionamiento del equipo	Ejes pegados por la corrosión	8	7	7	392	Falla medio

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 16

Tabla 28. Hoja de decisión máquina 1

Hoja de decisiones																	
Funcion	Permite la elaboración de tucos de cartón						Aprobado						Aprobación				
Componente	Referencia información			Evaluación de consecuencia				Decisión			Acción "a falta de"			Tareas a realizar	Intervalo Inicial (a=año, m=mes, s=sem, d=día)	A realizarse por:	Observación
								H1	H2	H3							
	S1	S2	S3														
	O1	O2	O3														
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4					
Motor	1	A	1	N	S	N	S	S	N	N	N	N	N	Megado de la bobina del motor para la evaluación de aislamiento	6 meses	Operario	Manual
	2		2	N	N	N	S	S	S	S	N	N	N	Limpieza, ajuste y/o cambio de pernos de soporte de motor.	Semanal	Operio	Manual
	2		2	N	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Inspección y limpieza del motor	Semanal	Operario	Manual
Pulsador	1	B	1	S	S	N	S	S	S	S	N	N	N	Inspección, limpieza y/o cambio de guardamotor, contactor, disyuntor, pulsadores y cableado eléctrico.	Mensual	Operario	Manual
Sierra circular	1	C	1	S	S	N	S	S	S	N	N	N	N	Inspección y limpieza	Semanal	Operario	Manual
														Cambio de sierra	Trimestral	Operario de la máquina	Manual
Cilindro neumático	1	D	1	N	S	N	S	S	S	N	N	N	N	Limpieza, ajuste y/o cambio de pernos y empaquetaduras del cilindro neumático	Semanal	Operario de la máquina	Manual
Polea	1	E	1	N	S	N	S	S	S	N	N	N	N	Revisar la alineación de la correa de la polea	2 meses	Operario	Manual
			2	N	S	N	S	S	S	N	N	N	N	Revisión, cambiar la correa	Anual	Operario	Manual
Volantes	1	F	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisión, lubricación de volantes	6 meses	Operario	Manual
Rodillos	1	G	1	S	S	N	S	S	S	N	N	N	N	Limpieza, ajuste y/o cambio de pernos de rodillos	Mensual	Operario	Manual
		H	2	S	N	N	S	S	N	N				Lubricación de rodillos	Cada 2 meses		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Hoja de decisión máquina 2

Hoja de decisiones																	
Funcion	Permite la elaboración de tucos de cartón							Aprobado						Aprobación			
Componente	Referencia información			Evaluación de consecuencia				Decisión			Acción "a falta de"			Tareas a realizar	Intervalo Inicial (a=año, m=mes, s=sem, d=día)	A realizarse por:	Observación
	F	FF	FM	H	S	E	O	H1	H2	H3	H4	H5	S4				
								S1	S2	S3	O1	O2	O3				
Motor	1	A	1	N	S	N	S	S	N	N	N	N	N	Megado de la bobina del motor para la evaluación de aislamiento	6 meses	Operario	Manual
	1		1	N	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Limpieza, ajuste y/o cambio de pernos de soporte de motor.	Semanal	Operio	Manual
	1		2	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Inspección y limpieza del motor	Semanal	Operario	Manual
Pulsador	1	B	1	S	S	N	S	S	S	N	N	N	N	Inspección, limpieza y/o cambio de guardamotor, contactor, disyuntor, pulsadores y cableado eléctrico.	Mensual	Operario	Manual
Cuchillas	1	C	1	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	Inspección y limpieza	Semanal	Operario	Manual
					S	N	S	S	S	N	N	N	N	Cambio de cuchilla	Trimestral	Operario de la máquina	Manual
Polea	1	D	1	S	S	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisar la alieación de la correa de la polea	2 meses	Operario	Manual
			2	S	S	N	S	S	S	N	N	N	N	Revisión, cambiar la correa	Annual	Operario	Manual
Volantes	1	E	1	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Revisión, lubricación de volantes	6 meses	Operario	Manual
			2														
Rodillos	1	G	1	S	S	N	S	S	S	N	N	N	N	Limpieza, ajuste y/o cambio de pernos de rodillos	Mensual	Operario	Manual
					N	N	S	S	N	N	N	N	Lubricación de rodillos	Cada 2 meses			

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 18

Tabla 30. Plan de mantenimiento máquina 1

Máquina	Componente	Tareas a realizar	Descripción de la tarea	Materiales / Herramientas	Periodo	Responsable	Tiempo de ejecución	Modo
Bobinadora 1	Motor	Inspección	Megado de la bobina del motor para la evaluación de aislamiento	Voltmetro	Trimestral	Operario	90 min	Parada
		Limpieza y ajuste	Limpieza, ajuste y/o cambio de pernos de soporte de motor.	Llaves, trapo	Mensual		25min	Parada
		Cambiar	cambiar rodamientos desgastados	Rodamientos SKF6204ZZ	6 meses		90 min	Parada
	Pulsador	Limpieza e inspección	Inspección, limpieza y/o cambio de guardamotor, contactor, disyuntor, pulsadores y cableado eléctrico.	Trapo industrial, cables, Automatismos schenider	Trimestral		30 minutos	Parada
	Sierra circular	Inspección	Revisar e inspeccionar el ajuste de la sierra y su guarda	Llaves	Semanal		15 minutos	Parada
		Cambiar	Cambiar la sierra	Sierra de acero circular SCB M Xcut 165	6 meses		15 minutos	Parada
	Cilindro neumático	Revisar	Revisar las fugas de aire	Llaves	semanal		10 minutos	Parada
		Cambiar	Cambios de embolos y empaquetaduras desgastados	Embolos y empaquetaduras	Mensual		25 min	Parada
		Limpieza y lubricación	Limpieza, ajuste y/o cambio de pernos de rodillos	Llaves	6 meses		45 minutos	Parada
	Poleas	Revisar	Revisar la alineación de la correa de la polea	Grasa	Semanal		15 minutos	Parada
		Cambiar	cambiar la polea	Llave inglesa	Trimestral		45 minutos	Parada
	Fajas	Revisar	Revisar las holguras de las fajas	Llaves	Semanal		15 minutos	Operación
		cambiar	Cambiar la faja	Faja lona 16 x 6m	Trimestral		45 minutos	Parada
	Rodillos	Cambiar	Cambiar los rodamientos	Grasa EP2	Mensual		30 minutos	Parada
		Limpieza y lubricación	Limpieza, ajuste y/o cambio de pernos de rodillos	Llaves	semanal		15 minutos	Parada
	Volante	Limpieza y lubricación	limpieza de polvo	Trapo industrial	semanal		15 minutos	Parada

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 19

Tabla 31. Plan de mantenimiento máquina 2

Máquina	Componente	Tareas a realizar	Descripción de la tarea	Materiales	Periodo	Responsable	Tiempo de ejecución	Modo
Bobinadora 2	Motor	Inspección	Megado de la bobina del motor para la evaluación de aislamiento	Voltmetro	Trimestral	Operario	90 min	Parada
		Ajuste	Limpieza, ajuste y/o cambio de pernos de soporte de motor.	Llaves	Mensual		25min	Parada
		Cambiar	cambiar rodamientos desgastados	Rodamientos SKF6204ZZ	6 meses		90 min	Parada
	Pulsador	Limpiar e inspección	Inspección, limpieza y/o cambio de guardamotor, contactor, disyuntor, pulsadores y cableado eléctrico.	Trapo industrial, cables, contactos schenider	Trimestral		30 minutos	Parada
	Cuchillas	Cambiar	Cambio de cuchillas	Cuchillas 9CrSi	6 meses		90 min	Parada
		Revisar	Revisar el ajuste de cuchillas	Llaves	Semanal		15 minutos	Parada
	Polea	Revisar	Revisar la alineación de la correa de	Grasa EP2	Semanal		15 minutos	Parada
		Cambiar	cambiar la polea	Llave inglesa	Trimestral		45 minutos	Parada
	Volantes	Limpieza y lubricación	limpieza de polvo	Trapo industrial	semanal		15 minutos	Parada
	Fajas	Revisar	Revisar las holguras de las fajas	Llaves	Semanal		15 minutos	Operación
		cambiar	Cambiar la faja	Faja lona	Trimestral		45 minutos	Parada
	Rodillos	Cambiar	Cambiar los rodamientos	Rodillos de acero	6 meses		30 minutos	Parada
		Limpieza y lubricación	limpieza de polvo	Grasa EP2	Semanal		15 minutos	Parada

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 20

Tabla 32. Cronograma de mantenimiento

Equipo	Tarea	Frecuencia	Tiempo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic	Total (h)
				4 Sem												
Bobinadora 1	Limpieza, ajuste y/o cambio de pernos de soporte de motor.	Semanal	15 min	x4	x4	12										
	Megado de la bobina del motor para la evaluación de aislamiento	Semestral	60 min	x1							x					2
	Inspección, limpieza y/o cambio de guardamotor, contactor, disyuntor, pulsadores y cableado eléctrico.	Quincenal	30 min	x2	x2	12										
	Revisar e inspeccionar el ajuste de la sierra y su guarda	Semanal	15 min	x4	x4	12										
	Cambio de sierra circular	Semestral	30 min	x1							x					1
	Limpiar trayectoria de la faja	Semanal	15 min	x4	x4	12										
	Limpieza, ajuste y/o cambio de pernos de rodillos	Semanal	15 min	x4	x4	12										
	Limpieza, ajuste de volantes	Semanal	15 min	x4	x4	12										
	Lubricar rodamientos	Mensual	30 min	x1	x1	6										
	Revisar fugas de aire del cilindro neumático	Mensual	15 min	x1	x1	3										
	Destiemplos la faja	Mensual	30 min	x1	x1	6										
	Revisar ajuste de rodamientos	Semanal	15 min	x4	x4	12										
	Cambio de poleas	Semestral	45 min	x1							x					1.5
	Cambio de fajas	Semestral	45 min	x1							x					1.5
	Cambiar los rodamientos desgastados	Semestral	45 min	x1							x					1.5
Bobinadora 2	Limpieza, ajuste y/o cambio de pernos de soporte de motor.	Semanal	15 min	x4	x4	24										
	Megado de la bobina del motor para la evaluación de aislamiento	Semestral	60 min	x1							x					1
	Inspección, limpieza y/o cambio de guardamotor, contactor, disyuntor, pulsadores y cableado eléctrico.	Quincenal	30 min	x2	x2	12										
	Revisar e inspeccionar el ajuste de la sierra y su guarda	Semanal	15 min	x4	x4	12										
	Cambio de cuchillas	Semestral	90 min	x1							x					3
	Limpiar trayectoria de la faja	Semanal	15 min	x4	x4	12										
	Limpieza, ajuste y/o cambio de pernos de rodillos	Semanal	15 min	x4	x4	12										
	Limpieza, ajuste de volantes	Semanal	15 min	x4	x4	12										
	Lubricar rodamientos	Mensual	30 min	x1	x1	6										
	Revisión y engrase cadenas	Quincenal	15 min	x2	x2	12										
	Destiemplos la faja	Mensual	30 min	x1	x1	6										
	Revisar ajuste de rodamientos	Semanal	15 min	x4	x4	12										
	Cambio de poleas	Semestral	60 min	x1							x					2
	Cambio de fajas	Semestral	60 min	x1							x					2
	Cambiar los rodamientos desgastados	Semestral	90 min	x1							x					3
Total																237.5

Fuente: Elaboración basado en [52].

## Anexo 21

**Tabla 33. Proformas de empresas capacitadoras**

Empresa	Modalidad	Cursos relacionados al mantenimiento relacionado al RCM	Certificaciones	Año de consulta	Rango de costos por cada curso (S/.)
MANAGER BUSINESS SCHOOL	Online	SI	Si	2023	6000-8000
TECSUP	Semi-presencial	SI	Si	2023	4000-5000
RENOVATEC	Online	SI	Si	2023	3000-4000
BSG Institute	Online	SI	Si	2023	1800-2500

**Fuente: Elaboración propia**

## Anexo 22

**Política de Gestión de Mantenimiento en una empresa de papel higiénico institucional**

En la empresa de papel higiénico institucional, nos comprometemos a garantizar la disponibilidad y eficiencia de nuestros equipos e instalaciones, mediante una política de gestión de mantenimiento que se basa en cuatro principios: el mantenimiento preventivo, para reducir el riesgo de fallas y paradas no programadas; la mejora continua, a través de la medición de indicadores de desempeño y la implementación de acciones correctivas y preventivas; la seguridad, mediante la identificación y evaluación de riesgos, la implementación de medidas de seguridad y la capacitación de nuestro personal; y la gestión de recursos, para maximizar la efectividad de nuestras actividades de mantenimiento. Con esta política, buscamos satisfacer las necesidades de nuestros clientes, produciendo productos de alta calidad de manera sostenible y segura.

## Anexos 23

**Perfil de Puesto de Trabajo: Operario de Rebobinadora de Papel Higiénico**

**Resumen del Puesto:** El operario de rebobinadora de papel higiénico es responsable de operar y mantener la maquinaria de rebobinado de papel higiénico para producir rollos de papel de alta calidad de acuerdo con las especificaciones de producción y calidad de la empresa. El operario también debe cumplir con las normas de seguridad y mantenimiento de la maquinaria.

**Responsabilidades y deberes:**

- Operar la rebobinadora de papel higiénico y realizar ajustes necesarios en la maquinaria para cumplir con las especificaciones de producción y calidad establecidas.
- Supervisar y controlar el proceso de producción, verificando el correcto funcionamiento de la maquinaria, el suministro adecuado de materiales y la calidad del producto.
- Mantener la maquinaria en óptimas condiciones de funcionamiento mediante el mantenimiento preventivo y correctivo.
- Detectar y solucionar problemas de producción y de calidad en la maquinaria y en el producto.
- Mantener un registro preciso y actualizado de la producción diaria y los problemas de producción y calidad, reportando a gerencia según sea necesario.
- Cumplir con todas las normas de seguridad en el lugar de trabajo y utilizar equipo de protección personal según lo requiera el trabajo.
- Participar en la mejora continua de los procesos y la calidad del producto.

**Requisitos:**

- Experiencia previa en operación de maquinaria de producción, preferiblemente en una fábrica de papel o similar.
- Conocimiento en sistema de gestión de mantenimiento, confiabilidad en el proceso de manufactura, gestión del trabajo en mantenimiento, planeación de un programa de mantenimiento.
- Habilidad para interpretar planos y diagramas técnicos.
- Habilidad para trabajar en equipo y seguir las órdenes de los supervisores y gerentes.
- Excelentes habilidades de comunicación y capacidad para informar y registrar los datos de producción y calidad.

- Disponibilidad para trabajar en turnos rotativos y fines de semana según las necesidades de la producción.

Educación:

- Grado técnico mínimo requerido en mantenimiento de máquinas manufactureras.

Anexo 24

**Tabla 34. Capacitaciones propuestas e inversión prevista**

Capacitación	Dictado por	Duración (horas)	Modalidad	Costo
Curso Negocio y Administración en Mantenimiento	BSG Institute	12 a 16	Online	S/. 2 154
Curso de confiabilidad en el proceso de manufactura	BSG Institute	12 a 16	Online	S/. 2 154
Curso Gestión del trabajo en mantenimiento	BSG Institute	12 a 16	Online	S/. 1 789
Curso de gestión temprana de equipos	BSG Institute	12 a 16	Online	S/. 1 190
Curso de logística del mantenimiento	BSG Institute	12 a 16	Online	S/. 1 190
Total				S/. 8 477

**Fuente: Elaboración propia**

Anexo 25

**Tabla 35. Cronograma de capacitaciones**

Tema	2024											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
Curso Negocio y Administración en Mantenimiento												
Curso de confiabilidad en el proceso de manufactura												
Curso Gestión del trabajo en mantenimiento												
Curso de gestión temprana de equipos												
Curso de logística del mantenimiento												
Certificados de los cursos presentados												

**Fuente: Elaboración propia**

## Anexo 26

Tabla 36. Inversión en repuestos anual de las máquinas para el mantenimiento

Maquinas	Tarea de mantenimiento	Repuestos e insumos	Precio (S/.)	Unidad	Cantidad	Precio (S/.)	Durabilidad o uso	Precio total anual (S/.)
Bobinadora 1 y 2	Limpieza de superficies	Trapo industrial	6	Kilos	5	30	Mensual	360
	Para el sistema eléctrico	Cable THW 12AWG	2.5	Metro	10	25	Semestral	50
	Para cambios de interruptores de los motores	Interruptor Termomagnético 2x32A 220V-10KA	45	Unidad	2	90	Anual	90
	Cambios de rodamientos de los rodillos	Rodamiento SKF 6204	1.2	Unidad	10	12	Semestral	24
	Cambio de sierra circular	Sierra circular	712	Unidad	1	712	Semestral	1424
	Cambios de rodillos cortos desgastados	Rodillos acero galvanizado cortos	36	Unidad	3	108	Semestral	216
	Cambios de rodillos largos desgastados	Rodillos acero galvanizado largos	61	Unidad	5	305	Semestral	610
	Cambio de cintas	Cinta transportadora de PVC, color negro	13.5	Metro	4.5	61	Semestral	121.5
	Engrase de rodamiento	Grasa de litio multiusos EP-2 Amarillo	20	Kilos	0.5	10	Trimestral	40
	Cambio de pernos	Pernos de 1"	2.5	Unidad	10	25	Semestral	50
	Cambio de pulsadoras desgastados	Pulsador de plástico serie Y5 de 22mm	4	Unidad	6	24	Semestral	48
	Cambio de empaquetaduras	Empaquetaduras	1	Unidad	10	10	Semestral	20
	Lubricación de ejes, soportes y volantes	Lubricante Multiusos WD-40	33	Unidad	1	33	Mensual	396
	Cambio de poleas desgastadas	Rueda de polea de rodamiento,	11	Unidad	3	33	Semestral	66
	Cambio de poleas desgastadas	Polea de cinturón de bloqueo cónico	142	Unidad	2	284	Semestral	568
	Cambio de correas	Correas Htd de 3M coche síncrono	4	Unidad	5	20	Semestral	40
Cambio de Cuchillas	Cuchillas 9CrSi	55	Unidad	12	660	Semestral	1320	
<b>Total</b>						<b>2442</b>		<b>5444</b>

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 27

**Tabla 37. Inversión en repuestos de las máquinas para el mantenimiento**

Maquinas	Tarea de mantenimiento	Repuestos e insumos	Precio (S/.)	Unidad	Cantidad	Precio (S/.)	Durabilidad o uso	Precio total (S/.)
Bobinadora 1 y 2	Medición de voltaje del motor	UNI-T UT201 pinza voltiamperica	120	Unidad	1	120	3-5 años	120
	Para ajuste de soportes, volantes, poleas y pernos	Herramientas GoodKing	325	Unidad	1	325	3-5 años	325
Total								445

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 28

**Tabla 38. Inversión a la propuesta de gestión**

Descripción	Unidad	Precio (S/.)	Cantidad	Total, en el año (S/.)
Propuesta de la Gestión				
Cursos de capacitación en RCM	Unidad	8 900	1 año	8 447
Tercerización de la implementación (ESERMIN)	Unidad	9 000	1 año	9 000
Total				17 447

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 29

**Tabla 39. Análisis de criticidad**

Máquinas	Frecuencia falla	Impacto a la producción	Flexibilidad operacional	costos de mantenimiento	impacto ambiental	impacto en ss	Impacto en calidad	consecuencia	Total
Bobinadora 1	5	1	1	5	0	10	5	27	135
Bobinadora 2	5	7	1	5	0	10	5	33	165

Fuente: Elaboración propia basado en [44].

## Anexo 30

Tabla 40. Ponderación para el análisis de criticidad

<b>1.Frecuencia de falla</b>	<b>Puntaje</b>
No más de 1 por año	1
Entre 2 y 15 por año	2
Entre 16 y 30 por año	3
Entre 31 y 50 por año	4
Más de 50 por año	5
<b>2.IMPACTO SOBRE LA PRODUCCIÓN</b>	<b>Puntaje</b>
Pérdidas de producción menor al 10%	1
Pérdidas de producción entre el 10% y el 24%	3
Pérdidas de producción entre el 25% y el 49%	5
Pérdidas de producción entre el 50% y el 74%	7
Pérdidas de producción superiores al 75%	10
<b>3.FLEXIBILIDAD OPERACIONAL(MTTR)</b>	<b>Puntaje</b>
Menos de 4 horas	1
Entre 4 y 8 horas	2
Entre 8 y 24 horas	3
Entre 24 y 48 horas	4
Mas de 48 horas	5
<b>4.COSTOS DE MANTENIMIENTO</b>	<b>Puntaje</b>
No origina ningún costo	0
Menos de 500	3
Entre 500 y mil	5
Entre mil y 5 mil	10
Más de 5 mil	25
<b>5.IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>Puntaje</b>
No origina ningún impacto ambiental	0
Contaminación ambiental baja.	5
Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta.	10
Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas.	25
<b>6.IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD DE PERSONAL</b>	<b>Puntaje</b>
No origina heridas ni lesiones	0
Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes	5
Puede ocasionar lesiones graves con incapacidad temporal entre 30 días	10
Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente	25
<b>9. IMPACTO EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL</b>	<b>Puntaje</b>
No ocasiona pérdidas económicas en las áreas (producción, ventas)	0
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 100 < 500 nuevos soles	5
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 500 < 1000 nuevos soles	10
Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 1000 mil nuevos soles	25

Fuente: Pacheco [44]