



Implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la Confiabilidad (RCM) en máquinas en el proceso de hilandería open end en la empresa Fabricato.

Alexander Parra Soto

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero Industrial

Asesor

Elkin Orlando Vélez Sánchez

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Industrial
Medellín, Antioquia, Colombia
2022

Cita	(Parra Soto, 2022)
Referencia	Parra Soto, A. (2022). <i>Implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la Confiabilidad (RCM) en máquinas en el proceso de hilandería open end en la empresa Fabricato</i> . [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla.

Jefe departamento: Mario Alberto Gaviria Giraldo.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Tabla de contenido

1.	<i>Resumen</i>	5
2.	<i>Abstract</i>	6
3.	<i>Introducción</i>	7
4.	<i>Objetivos</i>	8
a.	Objetivo general	8
b.	Objetivos específicos	8
5.	<i>Marco teórico</i>	9
6.	<i>Metodología</i>	12
a.	Hilandería open end	13
b.	Definición de objetivos	13
c.	Manuales operativos de servicio y partes	14
d.	Toma de tiempos de las actividades de mantenimiento	15
e.	Lista de chequeo de actividades por máquina y frecuencia	15
f.	Indicador de mantenimiento, necesidad de personal	16
g.	Plan de mantenimiento	17
7.	<i>Resultados</i>	17
8.	<i>Recomendaciones</i>	23
9.	<i>Conclusiones</i>	24
10.	<i>Referencias bibliográficas</i>	25
11.	<i>Anexos</i>	26

Lista de figuras

<i>Ilustración 1, Fases de implementación del proyecto, elaboración propia</i>	12
<i>Ilustración 2, Ejemplo lista de chequeo, elaboración propia.</i>	16
<i>Ilustración 3, Indicador de mantenimiento, elaboración propia.</i>	16
<i>Ilustración 4, Indicador de mantenimiento hilandería 2021, elaboración propia.</i>	18
<i>Ilustración 5, Lista de chequeo Cardas semanal, elaboración propia.</i>	19
<i>Ilustración 6, Necesidad de mano de obra, elaboración propia.</i>	20
<i>Ilustración 7, Registro tiempo productivo, elaboración propia.</i>	21
<i>Ilustración 8, Registro de mantenimiento, elaboración propia.</i>	21
<i>Ilustración 9, Diagrama Ishikawa - Hilandería, elaboración propia.</i>	23

Lista de tablas

<i>Tabla 1, Cronograma de actividades, elaboración propia.</i>	13
<i>Tabla 2, Visualización de máquinas normalizadas, elaboración propia.</i>	22
<i>Tabla 3, Visualización máquinas en alerta de mantenimiento, elaboración propia.</i>	22
<i>Tabla 4, Vista general del módulo de mantenimiento, elaboración propia.</i>	22

1. Resumen

El plan de mantenimiento preventivo para la industria manufacturera es primordial para garantizar la calidad durante los procesos de transformación de materias primas, el estado mecánico, eléctrico y electrónico de los equipos que intervienen en el proceso deben estar en las mejores condiciones garantizando la confiabilidad con el objetivo de maximizar la producción.

El presente informe presenta el estudio describe la propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad por horas de trabajo máquina en la línea de producción hilandería open end o hilandería por rotor partiendo de tres procesos de producción diferentes (hilos 100% algodón, hilos recuperados, hilos mezclados) garantizando la disminución de los paros mecánicos enfocándose en un plan de mantenimiento que permita mantener en las mejores condiciones las máquinas, interviniéndolas con un plan de trabajo estructurado según el tipo de intervención mejorando continuamente los tiempos de mantenimiento óptimos para disminuir los costos por daños mecánicos.

Para llevar a cabo esta propuesta se estudió el manual de servicio el cual contiene las diferentes actividades de mantenimiento y lubricación según la frecuencia y el tipo de máquina, por otro lado se estudió el manual eléctrico-mecánico el cuál muestra las redes de conexión y las partes mecánicas, luego se observaron los diferentes mantenimientos para tomar el tiempo de duración de las actividades de mantenimiento, luego se llevó el plan de mantenimiento a la necesidad de los salones de hilandería para tener la necesidad de personal mecánico e instrumentación eléctrica para cumplir con las actividades de mantenimiento preventivo, se realizaron las listas de chequeo por máquina según el modelo basado en los manuales de servicio especificando las actividades mecánicas, eléctricas y de lubricación para garantizar el plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad de la máquina.

Palabras clave: open end, mantenimiento, confiabilidad, control mecánico.

2. Abstract

The preventive maintenance plan for the manufacturing industry is essential to guarantee quality during the transformation processes of raw materials, the mechanical, electrical and electronic state of the equipment involved in the process must be in the best conditions, guaranteeing reliability with the goal of maximizing production.

This report presents the study and describes the proposal for the implementation of a preventive maintenance plan focused on reliability by machine working hours in the open-end spinning or rotor spinning production line based on three different production processes (100% cotton yarns , recovered yarns, mixed yarns) guaranteeing the reduction of mechanical stoppages by focusing on a maintenance plan that allows the machines to be kept in the best conditions, intervening with a structured work plan according to the type of intervention, continuously improving the optimal maintenance times for Reduce mechanical damage costs.

To carry out this proposal, the service manual was studied, which contains the different maintenance and lubrication activities according to the frequency and type of machine, on the other hand, the electrical-mechanical manual was studied, which shows the connection networks and the mechanical parts, then the different maintenance were observed to take the duration of the maintenance activities, then the maintenance plan was taken to the need of the spinning rooms to have the need for mechanical personnel and electrical instrumentation to meet the preventive maintenance activities, the checklists per machine were made according to the model based on the service manuals specifying the mechanical, electrical and lubrication activities to guarantee the preventive maintenance plan based on the reliability of the machine.

Keywords: open end, maintenance, reliability, mechanical control.

3. Introducción

Fabricato es una empresa de manufactura dedicada a la comercialización y fabricación de productos textiles, cuya excelencia competitiva está basada en la eficiencia de los procesos administrativos, financieros, comerciales e industriales; los clientes objetivo son las empresas de confección y sus acciones están orientadas por las necesidades del mercado y por la optimización de los recursos, con estricto respeto del marco legal, ambiental y social; la rápida y adecuada reacción a los múltiples cambios de escenario completan el enfoque estratégico organizacional.

Dentro de los procesos textiles de Fabricato, se tienen dos procesos para hilandería; Hilandería Open end e Hilandería por Anillos, la línea de hilandería open end o hilandería por rotor está compuesta por diferentes tipos de maquinaria textil que permiten la transformación de materias primas (fibras, algodón, poliéster) para obtener hilo destinado a la fabricación de diferentes telas con diferentes materias primas, los procesos de transformación tienen dos inicios, el primero es para las fibras recuperadas del subproducto de otras actividades productivas de la empresa y de prendas recuperables que pasan por un proceso de picado y deshilachado. Luego pasan a la apertura donde se realiza el montaje de las líneas de materia prima con la cual se fabricará el hilo, estas líneas están compuestas por pacas de prendas/productos deshilachados y/o algodón, pasando por un proceso de alimentación en flujo que comienza por el Blendomat, el cual se encarga de alimentar el flujo de material, luego las materias primas pasan por las Abridoras que abren la fibra para comenzar el proceso de limpieza, el Separomat recibe todas las fibras y separa las partículas pesadas y metálicas destinando la materia prima hacia la Mezcladora, la cual mezcla la fibra y la redirecciona hacia los Limpiadores que se encargan de separar la cascarilla, la borra y la estopa de la materia prima para garantizar la limpieza y la calidad de la misma, posteriormente pasan al Dustex el cuál redirecciona mediante el flujo volumétrico de aire toda la fibra hacia las Cardas las cuales generan un velo de fibra pesado y almacenan este velo en forma de cinta cardada en tarros de con un metraje específico con un peso definido granos/yarda para Hilos 100% algodón y para Hilos mezclados con algodón y recuperados, estos tarros con cinta cardada llegan a los manuales los cuales estiran, paralelizan y homogenizan la cinta para llegar al proceso final que es la fabricación del hilo por Rotor donde se alimenta los diferentes puestos de hilatura con los tarros de cinta salidos de los

manuales, aquí la fibra es estirada y mediante la fuerza centrífuga de la máquina se forma el hilo al cuál se le da una torsión mecánica para luego ser purgado donde el hilo es finalmente devanado en bobinas cilíndricas.

Con el objetivo de mejorar la productividad y la disponibilidad de las diferentes máquinas textiles se debe montar un plan de mantenimiento óptimo que permita mejorar las condiciones mecánicas y eléctricas de la maquinaria, cumpliendo con la frecuencia de mantenimiento y las diferentes actividades de limpieza, inspección, cambio de guarnición, revisión de motores, revisión de la micra eléctrica, lubricación bajo especificación de grasas y aceites especificadas según las condiciones ambientales y mecánicas de cada pieza para disminuir los paros por mantenimiento correctivo, garantizando una mejor disponibilidad, mayor productividad y mejor confiabilidad de la maquinaria en la línea de producción de hilandería open end en los tres salones de hilandería de Fabricato realizando el plan óptimo de mantenimiento para Hilados 3 donde la hilandería es algodón 100%, Hilados mezclas donde se combina el algodón con noil y fibras recuperadas; y posconsumo, donde se procesa algodón y fibras recuperadas teniendo en cuenta los diferentes procesos de transformación y las diferentes líneas de producción de apertura, cardas, manuales y rotores las cuales cuentan con diferentes tipos y modelos de máquinas.

4. Objetivos

a. Objetivo general

Implementar un plan de mantenimiento preventivo centrado en la Confiabilidad (RCM) en máquinas en el proceso de hilandería open end en la empresa Fabricato planta de Bello.

b. Objetivos específicos

Análisis del proceso productivo de área de hilandería open end en la empresa Fabricato planta de Bello.

Proponer una metodología basa en RCM (mantenimiento preventivo centrado en la Confiabilidad) hilandería open end en la empresa Fabricato planta de Bello.

Desarrollar aplicativos que permitan un mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad para el área hilandería open end en la empresa Fabricato planta de Bello.

Estructurar una lista de chequeo que describa las actividades de mantenimiento y lubricación por máquina según el tipo de mantenimiento realizado en el área hilandería open end en la empresa Fabricato planta de Bello.

5. Marco teórico

Dentro del marco teórico se encuentran la definición de conceptos base para la comprensión de este proyecto para el área de mantenimiento de hilandería open end para Fabricato.

MANTENIMIENTO

(Westreicher, 2020) Consiste en la realización de una serie de actividades, como reparaciones y actualizaciones, que permiten que el paso del tiempo no afecte al rendimiento de un bien de capital, propiedad de la empresa, la realización de un correcto mantenimiento es necesario en todas las actividades económicas, además de que exige una serie de gastos por parte de la organización. El mantenimiento es necesario para evitar fallos en el proceso productivo que generen mayores costos.

El mantenimiento de la maquinaria empresarial es primordial para garantizar la disponibilidad de los equipos para la transformación de materias primas, el mantenimiento se centra en la corrección de errores y prevención de fallas en los equipos los cuales deben de ser intervenidos cada cierto periodo de tiempo para garantizar su funcionamiento, el mantenimiento es una actividad esencial para el ciclo de vida de cualquier equipo o sistema. (Westreicher, 2020)

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

(Vidal, Stel Order, 2021) Se define como mantenimiento preventivo a la acción de revisar de manera sistemática y bajo ciertos criterios a los equipos o aparatos de cualquier tipo (mecánicos, eléctricos, informáticos, etc...) para evitar averías ocasionadas por uso, desgaste

o paso del tiempo, el mantenimiento preventivo se adelanta a las averías antes de que ocurran o hace que sean menos graves, por lo que disminuye el gasto en reparaciones y el tiempo en el que los equipos dejan de estar operativos debido a las mismas.

La mayoría de los equipos industriales vienen con un manual de servicio donde están las diferentes actividades que se le deben de realizar al equipo para garantizar su funcionamiento, el mantenimiento preventivo se enfoca en realizar todas las actividades de sostenimiento como limpiezas, ajustes, lubricaciones y el recambio de los elementos mecánicos/eléctricos necesarios para continuar con las operaciones y disminuir los tiempos de paro. El mantenimiento preventivo se caracteriza por realizarse en el momento oportuno generando el menor impacto dentro del proceso en términos de costos y tiempos de paro. (Vidal, Stel Order, 2021)

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

(Vidal, Stel Order, 2021) El mantenimiento correctivo consiste en las actuaciones del servicio técnico en respuesta a avisos sobre el mal funcionamiento de algún equipo, activo o proceso. Comprende un grupo de tareas de índole técnica cuyo propósito es corregir los fallos que sobrevienen en el funcionamiento de la maquinaria, estas actuaciones pueden llegar a ser solicitadas de forma inesperada. No forman parte de un plan de mantenimiento programado, y podría incluso pasar mucho tiempo sin que nadie tuviera que abrir un tique solicitando soporte, cuando ocurren estas incidencias, suele darse una situación crítica en la empresa: al tratarse de intervenciones mayormente aisladas, el departamento de mantenimiento no siempre cuenta con los suministros y los recursos adecuados para hacer frente a la incidencia.

El mantenimiento correctivo es empleado para corregir las fallas y errores inesperados de los equipos y sistemas, la práctica del mantenimiento correctivo no está contemplado dentro del plan de mantenimiento organizacional por lo que genera paros productivos y se presentan riesgos relacionados a la disponibilidad de piezas de recambio o materiales para la reparación de los equipos afectados, este tipo de mantenimiento no es deseado ya que las intervenciones correctivas generan mayores impactos financieros ya que generan mayores daños en la infraestructura, retrasan la producción y tiene mayores costos, las empresas optan por planes de mantenimiento preventivos que permitan disminuir al máximo los mantenimientos correctivos. (Vidal, Stel Order, 2021)

RCM

(Engerman, 2021) El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad es un método estructurado para establecer la mejor estrategia de mantenimiento. Esta metodología reúne, de forma equilibrada, las mejores técnicas de mantenimiento, al garantizar la confiabilidad y disponibilidad de los ítems considerados críticos para la producción de una empresa, RCM sin duda surge como una excelente estrategia de gestión de activos dentro de una empresa.

Esta metodología tiene como objetivo principal aumentar la disponibilidad de los equipos y optimizar la productividad, incrementando la confiabilidad de la máquina y la seguridad de los procesos productivos, garantizando la calidad de la materia prima disminuyendo las afectaciones al medio ambiente aumentando la rentabilidad, al tener un mayor control sobre la máquina disminuyen los costos de mantenimiento respecto al tiempo de intervención, personal y elementos de desgaste. (Engerman, 2021)

CONFIABILIDAD, DISPONIBILIDAD MÁQUINA

La confiabilidad de la máquina está basada en la probabilidad de falla de la máquina luego del mantenimiento en un tiempo determinado, a menor probabilidad de falla mayor confiabilidad.

La confiabilidad y la disponibilidad de la máquina son directamente proporcionales, a mayor confiabilidad mayor disponibilidad ya que se requiere menos tiempo de intervención para garantizar el correcto funcionamiento sin generan implicaciones en el proceso, la disponibilidad es vital para los procesos productivos ya que una falla que provoque la no disponibilidad dentro de un proceso productivo puede provocar un paro de una línea de producción o incluso un paro completo dependiendo de la máquina en cuestión, por ejemplo en el caso de la industria textil específicamente en hilandería un paro de la apertura puede parar todo el proceso productivo mientras se restablece el funcionamiento y la disponibilidad de la misma. (Predictiva21, 2021)

KPI

(Sydle, 2022) KPI, Key Performance Indicator o Indicador Clave de Desempeño son los indicadores o valores cuantitativos que se pueden medir, comparar y monitorear, con el fin de

exponer el desempeño de los procesos y trabajar en las estrategias de un negocio. Se trata de medir los resultados en números para aportar información real a las decisiones, no sólo percepciones y conjeturas.

La frecuencia de mantenimiento, la confiabilidad, la productividad son variables que se pueden cuantificar y controlar en pro de la mejora continua de la organización, representan la efectividad de un proceso para verificar si las metas o los objetivos se están cumpliendo, facilitando la toma de decisiones. (Sydle, 2022)

6. Metodología

Se utilizó el siguiente plan de trabajo para implementar el plan de mantenimiento en hilandería open end en los tres salones de producción de Fabricato sede bello.

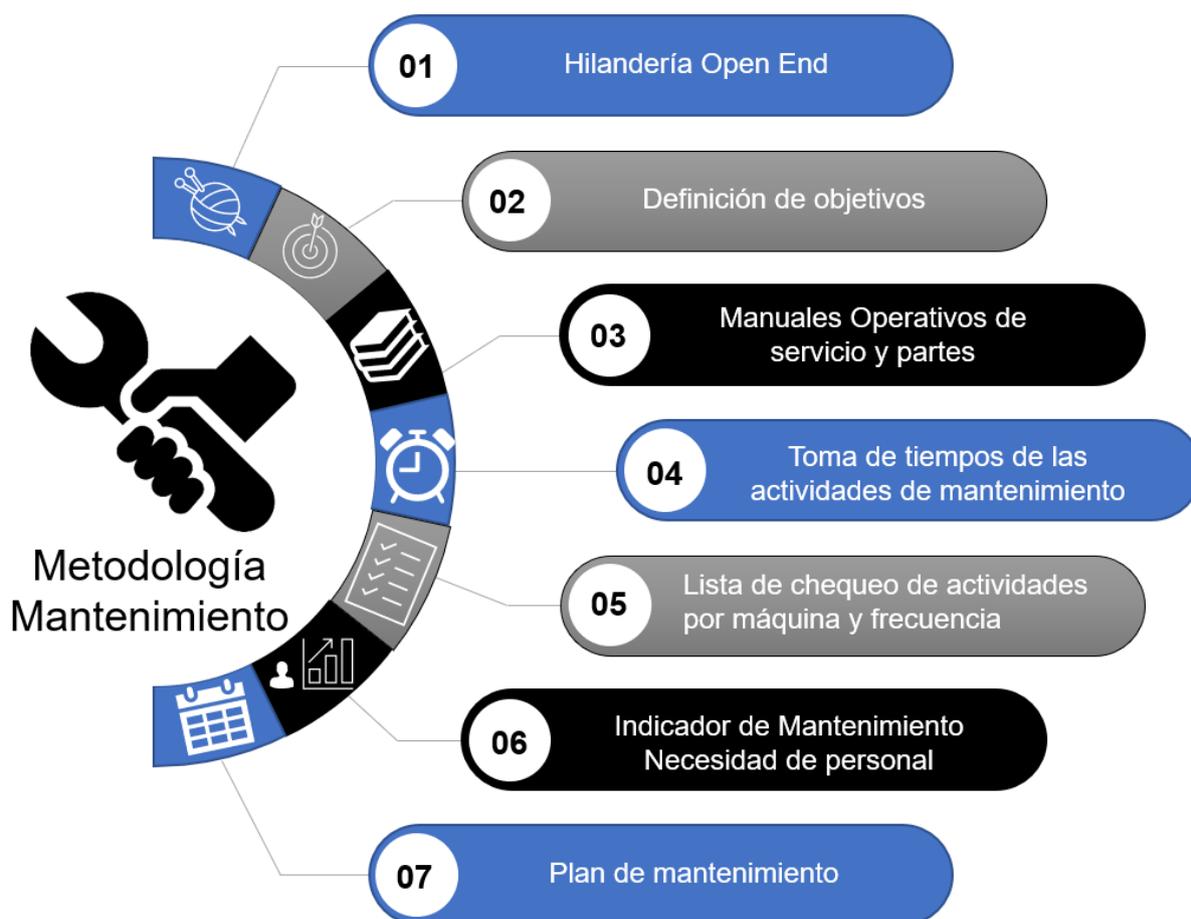


Ilustración 1, Fases de implementación del proyecto, elaboración propia

a. Hilandería open end

En esta etapa se conocieron los diferentes procesos productivos para la hilandería open end, las máquinas necesarias para la transformación de materias primas y las capacidades de las mismas, funcionamiento, composición, estructura, importancia; además se realizaron reuniones conjuntas con el personal y los jefes de mantenimiento para conocer las dinámicas dentro de la planta con el objetivo de analizar y documentar técnicamente la información relevante en los procesos de producción y mantenimiento, conocer los sistemas internos para la programación de los diferentes tipos de mantenimiento e identificar las posibles soluciones a implementar con en pro de la productividad y la mejora continua.

b. Definición de objetivos

En esta etapa se desarrolló un cronograma con los entregables por salón y las problemáticas principales a abordar según la necesidad y las variaciones de los procesos productivos, se representó visualmente el flujo de materia prima y se establecieron las principales estrategias que se deben de implementar para llevar a cabo la metodología RCM en el área de mantenimiento para hilandería.

Tabla 1, Cronograma de actividades, elaboración propia.

Salón de hilandería	Ítem	Actividad	Tiempo de duración de las actividades (semanas)																											
			Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio							
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Hilados 3, Hilandería Openend.	1	Entrenamiento y conocimiento de los procesos productivos.	■	■	■																									
	2	Estudio manual operativo por máquina.		■	■	■	■	■																						
	3	Toma de tiempos del mantenimiento por máquina.		■	■	■	■	■																						
	4	Checklist por frecuencia de mantenimiento por máquina.				■	■	■	■																					
	5	Necesidad de personal mecánico e instrumentación eléctrica.				■	■	■	■																					
	6	Revisión norma operativa, Indicador de mantenimiento.				■	■	■	■																					
	7	Presentación prefinal del estudio.								■																				
	8	Presentación final.									■																			
Hilados Mezclas, Hilandería Openend.	9	Estudio manual operativo por máquina.								■	■	■	■	■																
	10	Toma de tiempos del mantenimiento por máquina.								■	■	■	■	■																
	11	Checklist por frecuencia de mantenimiento por máquina.									■	■	■	■																
	12	Necesidad de personal mecánico e instrumentación eléctrica.									■	■	■	■																
	13	Revisión norma operativa, Indicador de mantenimiento.									■	■	■	■																
	14	Presentación prefinal del estudio.													■															
	15	Presentación final.														■														
Posconsumo, Hilandería Openend.	16	Estudio manual operativo por máquina.																			■	■	■	■	■					
	17	Toma de tiempos del mantenimiento por máquina.																				■	■	■	■	■				
	18	Checklist por frecuencia de mantenimiento por máquina.																					■	■	■	■	■			
	19	Necesidad de personal mecánico e instrumentación eléctrica.																						■	■	■	■	■		
	20	Revisión norma operativa, Indicador de mantenimiento.																						■	■	■	■	■		
	21	Presentación prefinal del estudio.																										■		
	22	Presentación final.																											■	
	23	Actividades de apoyo Métodos y Estándares.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

c. Manuales operativos de servicio y partes

Se estudia el funcionamiento de todas las máquinas dentro del proceso productivo de los tres salones de hilandería según la referencia de la máquina para entender con mayor profundidad el proceso productivo, el funcionamiento eléctrico, electrónico y mecánico de las máquinas, la importancia, capacidades, limitaciones, fugas de eficiencia, frecuencia de actividades de mantenimiento y actividades de prevención, limpieza y lubricación de las máquinas, conocer los elementos físicos que constituyen los sistemas para relacionar las actividades de mantenimiento con las piezas que se deben de intervenir en su respectiva frecuencia.

A continuación, se presentan las máquinas analizadas en cada salón

Salón de hilandería H3: Sistema de apertura de fibras naturales, cardas, manuales, hiladoras open end, vaporizador.

Salón de hilandería HM: Sistema de deshilachado para fibras recuperadas, sistema de apertura de fibras naturales y recuperadas, cardas, manuales, hiladoras open end.

Salón de hilandería Posconsumo: Sistema de deshilachado para prendas, sistema de apertura de fibras naturales y recuperadas, cardas, carda manuales, manuales, hiladoras open end, vaporizador.

Se analizaron las actividades de mantenimiento y la frecuencia de los diferentes tipos de mantenimiento para las 137 máquinas que conforman los tres salones de hilandería open end de Fabricato sede Bello.

d. Toma de tiempos de las actividades de mantenimiento

Posterior al análisis de los manuales de servicio y el entendimiento del proceso productivo y el funcionamiento de las máquinas se realiza una toma de tiempos de mantenimiento con el fin de comparar las actividades realizadas por el de mantenimiento con las actividades descritas en los manuales de servicio, evaluar las condiciones actuales de los salones de producción para identificar la necesidad de personal mecánico y de instrumentación eléctrica para llevar a cabo el plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad.

Esta toma de tiempos se realizó de la mano con el cronograma de mantenimiento del área de hilandería y con personal experimentado en el mantenimiento mecánico, eléctrico, electrónico y lubricación de todas las máquinas relacionadas con el proceso productivo.

e. Lista de chequeo de actividades por máquina y frecuencia

A partir de la información obtenida por máquina, sobre sus diferentes elementos mecánicos y eléctricos, la configuración electrónica, las actividades observadas durante los diferentes mantenimientos observados y la información del manual de operativo y de servicio de los diferentes modelos de máquinas se realizan unas listas de chequeo para verificar las actividades realizadas en cada mantenimiento con la finalidad de controlar y mejorar la intervención de cada máquina, respetando las frecuencias de mantenimiento y siguiendo el plan de mantenimiento para garantizar una confiabilidad alta (superior al 95%) y mejorar la disponibilidad de la maquinaria en los procesos productivos.

 Mantenimiento Preventivo Frecuencia Máquina		
Actividades	Descripción	Si No

Descripción: _____

Ilustración 2, Ejemplo lista de chequeo, elaboración propia.

f. Indicador de mantenimiento, necesidad de personal

En esta etapa se establece un nuevo indicador de mantenimiento (IM) para empezar a controlar el mantenimiento preventivo en los salones de hilandería contando la cantidad los mantenimientos realizados por el área de mantenimiento con la cantidad de mantenimientos programados bajo el plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad.

$$IM = \frac{\sum_{m=1}^{nm} \sum_{i=1}^r m_i}{\sum_{m=1}^{nm} \sum_{i=1}^n m_i} = \frac{\text{Mantenimientos realizados}}{\text{Mantenimientos programados}}$$

nm = número de máquinas
 r = Mantenimientos realizados
 n = Mantenimientos programados
 m = Máquina

Ilustración 3, Indicador de mantenimiento, elaboración propia.

El indicador de mantenimiento (IM) debe de estar por encima del 80% con el objetivo de cumplir con la mayor cantidad de mantenimientos de especificación técnica, mientras más alto sea el indicador menos mantenimientos correctivos se realizarán porque se tendrá mayor control sobre las máquinas, este indicador de mantenimiento es directamente proporcional a la confiabilidad y disponibilidad de la máquina, si el indicador es bajo, se realizan más

mantenimientos correctivos ya que la probabilidad de falla aumenta por falta de control mecánico y eléctrico disminuyendo la confiabilidad y la disponibilidad de la máquina.

Se establece la necesidad de mecánicos e instrumentistas necesarios para cumplir con el nuevo plan de mantenimiento, realizando las actividades de mantenimiento en su respectiva frecuencia según el modelo y el tipo de la máquina, disminuyendo los paros ociosos, aumentando la confiabilidad y la disponibilidad de la máquina.

g. Plan de mantenimiento

En esta etapa se programa un formato Demo que permita identificar el tipo de mantenimiento que necesita cada máquina, generando alertas para aquellas máquinas que deben ser intervenidas a partir de la frecuencia teórica del mantenimiento y el trabajo de la máquina.

El objetivo de este demo es presentar el nuevo plan de mantenimiento y su impacto para la producción, además de dar a entender todo el proyecto y de implementarlo en la red local de la organización mientras se programa en un servidor SQL y se conectan las máquinas involucradas en el proceso con servidores remotos para automatizar el plan de mantenimiento y las ordenes de trabajo.

7. Resultados

Se aplicó el indicador de mantenimiento para hilandería durante todo el año del 2021 para ver el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo programado por fechas exactas sin tener en cuenta el tiempo de trabajo real de la máquina.

IM hilandería 2021

Fecha inicio:28/12/2020

Mantenimientos Realizados=1294

Fecha Fin:27/12/2021

Mantenimientos No realizados=3088

Semanas: 53

Mto Programado=4382

$$IM = \frac{\text{Mantenimientos realizados}}{\text{Mantenimientos programados}}$$

IM=64.37%

Ilustración 4, Indicador de mantenimiento hilandería 2021, elaboración propia.

Se identificó que uno de los principales problemas por los cuales el indicador de mantenimiento es tan bajo, es porque se programan los mantenimientos por fechas exactas sin tener en cuenta la mano de obra y el tiempo disponible para los mantenimientos por lo que los salones de producción no pueden entregar las máquinas, no hay disponibilidad de mano de obra técnica para realizar las intervenciones preventivas y no se cuenta con la disposición de piezas de cambio para los respectivos mantenimientos, todos estos inconvenientes aplazan la intervención que se realiza sobre la máquina elevando los costos de mantenimiento, disminuyendo la confiabilidad y la disponibilidad aumentando el número de intervenciones correctivas.

Para garantizar una buena intervención preventiva se realizaron listas de chequeo de actividades para cada máquina en su respectiva frecuencia, indicando las actividades que se deben de realizar en cada mantenimiento para garantizar la confiabilidad y la disponibilidad luego de cada intervención con la finalidad de disminuir los costos por repuestos mecánicos, disminuir los paros correctivos y mejorar la disponibilidad de mano de obra.

		Checklist Mantenimiento Preventivo Semanal Cardas Hilados 3	
		Fecha: dd/mm/aaaa Responsable: _____ Firma: _____	
Actividad	Mantenimiento a realizar	Realizado	
	Descripción de la actividad	Sí	No
Limpieza	Limpiar con aire cuando la máquina este parada el peine de salida, cuchillas desprendedoras, cepillos de limpieza, rodillos guía chapones, boca de aspiración, correas planas, chapones, interior de la carda, correa dentada, armario de distribución, tubo inclinado con anillo plegador, cilindro anclado.		
	Limpiar con aire cuando la máquina este en marcha el panel de la chapa perforada, filtro de salida del aire de transporte, carcasa, plato girabotes, bancada máquina, cilindro tomador y cilindros calandrades.		
Transmisiones	Polea, piñonería, bandas, cadenas – estado y tensión.		
Estera chapones	Limpieza exterior guarnición, ajuste escobas y cepillos, tensión y estado de cadenas, caja de transmisión, bandas y cepillo de cerdas.		
Desprendedor	Abrir tapas laterales y desbasurar, limpieza general, lavar bandeja.		
Plancha soplado	Limpiar con aire		
Exactafeed	Limpieza interna.		
Descripción: _____			

Ilustración 5, Lista de chequeo Cardas semanal, elaboración propia.

Las listas de chequeo incluyen la actividad general y específica que se debe de realizar en cada máquina, indicando la máquina para la cual están dirigidas las actividades y el tipo de intervención que se está realizando, esto se hace con el fin de aumentar el ciclo de vida de la maquinaria y disminuir los daños ocasionados por la falta de intervención que se convierte en costos por repuestos que se dañan por desgaste de otras piezas y tiempos de producción perdidos por paros no deseados.

Al conocer las frecuencias y actividades de mantenimiento preventivo que se deben de realizar en cada máquina según la serie y el modelo, se realiza un conteo de máquinas por salón para saber la cantidad total de máquinas que se deben de intervenir en el mes para

estandarizar la mano de obra necesaria para realizar el plan de mantenimiento preventivo en base al estudio y la toma de tiempos de las actividades de mantenimiento.

<p>H I L A D O S 3</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Apertura</td><td style="text-align: right;">23</td></tr> <tr><td>Cardas</td><td style="text-align: right;">30</td></tr> <tr><td>Manuares</td><td style="text-align: right;">5</td></tr> <tr><td>Hiladoras</td><td style="text-align: right;">8</td></tr> <tr><td>Vaporizador</td><td style="text-align: right;">2</td></tr> <tr><td>Total M.</td><td style="text-align: right;">66</td></tr> <tr><td>días Mto.</td><td style="text-align: right;">6</td></tr> <tr><td>semanas</td><td style="text-align: right;">4</td></tr> <tr><td>Paros Diarios</td><td style="text-align: right;">3</td></tr> </table>	Apertura	23	Cardas	30	Manuares	5	Hiladoras	8	Vaporizador	2	Total M.	66	días Mto.	6	semanas	4	Paros Diarios	3	<p>P O S C O N S U M O</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Tren de Picado y Deshilachado</td><td style="text-align: right;">4</td></tr> <tr><td>Apertura</td><td style="text-align: right;">9</td></tr> <tr><td>Cardas y Cardamanuar</td><td style="text-align: right;">8</td></tr> <tr><td>Manuar</td><td style="text-align: right;">1</td></tr> <tr><td>Hiladoras</td><td style="text-align: right;">10</td></tr> <tr><td>Vaporizador</td><td style="text-align: right;">1</td></tr> <tr><td>Total M.</td><td style="text-align: right;">33</td></tr> <tr><td>días Mto.</td><td style="text-align: right;">6</td></tr> <tr><td>semanas</td><td style="text-align: right;">4</td></tr> <tr><td>Paros Diarios</td><td style="text-align: right;">2</td></tr> </table>	Tren de Picado y Deshilachado	4	Apertura	9	Cardas y Cardamanuar	8	Manuar	1	Hiladoras	10	Vaporizador	1	Total M.	33	días Mto.	6	semanas	4	Paros Diarios	2	<p>H I L A D O S M E Z C L A S</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Tren de Picado y Deshilachado</td><td style="text-align: right;">4</td></tr> <tr><td>Apertura</td><td style="text-align: right;">10</td></tr> <tr><td>Cardas</td><td style="text-align: right;">14</td></tr> <tr><td>Manuar</td><td style="text-align: right;">5</td></tr> <tr><td>Hiladoras</td><td style="text-align: right;">5</td></tr> <tr><td>Total M.</td><td style="text-align: right;">38</td></tr> <tr><td>días Mto.</td><td style="text-align: right;">6</td></tr> <tr><td>semanas</td><td style="text-align: right;">4</td></tr> <tr><td>Paros Diarios</td><td style="text-align: right;">2</td></tr> </table>	Tren de Picado y Deshilachado	4	Apertura	10	Cardas	14	Manuar	5	Hiladoras	5	Total M.	38	días Mto.	6	semanas	4	Paros Diarios	2
Apertura	23																																																									
Cardas	30																																																									
Manuares	5																																																									
Hiladoras	8																																																									
Vaporizador	2																																																									
Total M.	66																																																									
días Mto.	6																																																									
semanas	4																																																									
Paros Diarios	3																																																									
Tren de Picado y Deshilachado	4																																																									
Apertura	9																																																									
Cardas y Cardamanuar	8																																																									
Manuar	1																																																									
Hiladoras	10																																																									
Vaporizador	1																																																									
Total M.	33																																																									
días Mto.	6																																																									
semanas	4																																																									
Paros Diarios	2																																																									
Tren de Picado y Deshilachado	4																																																									
Apertura	10																																																									
Cardas	14																																																									
Manuar	5																																																									
Hiladoras	5																																																									
Total M.	38																																																									
días Mto.	6																																																									
semanas	4																																																									
Paros Diarios	2																																																									
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td>Necesidad Mecánicos</td><td style="text-align: right;">12</td></tr> <tr><td>Necesidad Instrumentistas</td><td style="text-align: right;">5</td></tr> </table>	Necesidad Mecánicos	12	Necesidad Instrumentistas	5	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td>Necesidad Mecánicos</td><td style="text-align: right;">10</td></tr> <tr><td>Necesidad Instrumentistas</td><td style="text-align: right;">5</td></tr> </table>	Necesidad Mecánicos	10	Necesidad Instrumentistas	5	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td>Necesidad Mecánicos</td><td style="text-align: right;">10</td></tr> <tr><td>Necesidad Instrumentistas</td><td style="text-align: right;">5</td></tr> </table>	Necesidad Mecánicos	10	Necesidad Instrumentistas	5																																												
Necesidad Mecánicos	12																																																									
Necesidad Instrumentistas	5																																																									
Necesidad Mecánicos	10																																																									
Necesidad Instrumentistas	5																																																									
Necesidad Mecánicos	10																																																									
Necesidad Instrumentistas	5																																																									

Ilustración 6, Necesidad de mano de obra, elaboración propia.

Para garantizar el cumplimiento del programa de mantenimiento necesario para cada máquina en función del manual de servicio se establece una necesidad de 32 mecánicos y 15 instrumentistas.

Teniendo en cuenta los costos adicionales como causa del mantenimiento preventivo establecido por fechas fijas se realiza un demo por salón de hilandería, este demo permite registrar el tiempo de trabajo por máquina para garantizar la intervención oportuna, optimizando los repuestos y la mano de obra.

Al tener un control real sobre el tiempo de trabajo de las máquinas que intervienen en el proceso se reducen los costos por mantenimiento, el demo tiene un contador de horas de trabajo que genera una alerta cambiando el color de la máquina de verde a rojo indicando que tipo de intervención requiere la máquina, la propuesta de mantenimiento va en que cuando la máquina genere una alerta se realice el mantenimiento indicado por el demo de la mano con la lista de chequeo de las actividades para garantizar un funcionamiento óptimo luego de cada intervención, en cada demo están registradas las máquinas de cada salón y se validó toda la información para permitir el registro de los tiempos perdidos por cada máquina, el plan de mantenimiento por horas de trabajo garantiza la confiabilidad de la máquina ya que intervenirla oportunamente no genera paros no deseados que disminuyan la producción, aumenta la disponibilidad efectiva para los procesos productivos y permite mejorar la calidad de transformación de las diferentes fibras empleadas en la hilandería.

Cuando se registra un mantenimiento este reinicia el contador específico de la máquina que fue intervenida, si se realiza el registro del plan de mantenimiento sobre la máquina “X” con frecuencia “Y” este mantenimiento no se solicitará de nuevo hasta que la máquina cumpla con las horas de trabajo necesarias para solicitar una intervención del mismo tipo, este demo garantiza el cambio de piezas mecánicas, limpieza, planes de lubricación y normalización.



The screenshot shows a software window titled "Registrar tiempos productivos". It contains several sections: "Sección" with radio buttons for "Apertura", "Cardas", "Manuar", and "Rotores"; "Tiempo de producción" with input fields for "Horas" and "Minutos"; "Fecha de registro" with dropdown menus for "Mes", "Día", and "Año", and a "Hoy" button; and two buttons at the bottom: "Registrar Tiempo" and "Cancelar".

Ilustración 7, Registro tiempo productivo, elaboración propia.



The screenshot shows a software window titled "Mantenimiento". It contains several sections: "Registrar Mantenimiento" with radio buttons for "Apertura", "Cardas", "Manuar", and "Rotores", and a dropdown menu for "Mantenimiento semanal"; "Código Máquina" with a dropdown menu; "Fecha de registro" with dropdown menus for "Mes", "Día", and "Año"; and two buttons at the bottom: "Registrar Mantenimiento" and "Cancelar".

Ilustración 8, Registro de mantenimiento, elaboración propia.

Tabla 2, Visualización de máquinas normalizadas, elaboración propia.

Código de máquina	Descripción	Descripción 2	Próximo mantenimiento	Máquina Operando	Último Mto.	Tipo	Mto Pendiente
BDT 4301	Blendomat	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
BDT 4101	Blendomat	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
ABRIDORA 4301	Abridora	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
ABRIDORA 4302	Abridora	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
CLP 4101	Cleanomat	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
SC 4301	Securomat	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
SP 4302	Separomat	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
AX 4301	Axiflow	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
AX 4302	Axiflow	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
AX 4101	Axiflow	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
AX 4102	Axiflow	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno

Tabla 3, Visualización máquinas en alerta de mantenimiento, elaboración propia.

Código de máquina	Descripción	Descripción 2	Próximo mantenimiento	Máquina Operando	Último Mto.	Tipo	Mto Pendiente
BDT 4301	Blendomat	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Mantenimiento Semanal
BDT 4101	Blendomat	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Mantenimiento Semanal
ABRIDORA 4301	Abridora	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Mantenimiento Semanal
ABRIDORA 4302	Abridora	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Mantenimiento Semanal
CLP 4101	Cleanomat	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Mantenimiento Semanal
SC 4301	Securomat	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Mantenimiento Semanal
SP 4302	Separomat	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Mantenimiento Semanal
AX 4301	Axiflow	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Mantenimiento Semanal
AX 4302	Axiflow	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Mantenimiento Semanal
AX 4101	Axiflow	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Mantenimiento Semanal
AX 4102	Axiflow	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Mantenimiento Semanal
SC 4101	Securomat	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Mantenimiento Semanal
MEZCLADORA 4301	Mezcladora	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Mantenimiento Semanal
MEZCLADORA 4302	Mezcladora	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Mantenimiento Semanal
MEZCLADORA 4101	Mezcladora	Apertura	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Mantenimiento Semanal

Tabla 4, Vista general del módulo de mantenimiento, elaboración propia.

M 4115	Manuar Vouk	Manuar segundo pase	Bimestral	Si	03/05/2022	Bimestral	Mantenimiento Bimestral
M 4118	Manuar Vouk	Manuar peinado único pase	Mensual	Si	03/08/2022	Anual	Mantenimiento Mensual
Rotor 4001	Rotor 108 husos 2	216 husos	Bimestral	Si	03/10/2022	Semanal	Mantenimiento Bimestral
Rotor 4004	Rotor 108 husos 2	216 husos	Semestral	Si	03/10/2022	Semanal	Mantenimiento Semestral
DK 4101	DK 903	Apertura-Carda	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
DK 4102	DK 903	Apertura-Carda	Semanal	Si	03/05/2022	Mensual	Ninguno
DK 4103	DK 903	Apertura-Carda	Semanal	Si	03/11/2022	Bimestral	Ninguno
DK 4106	DK 903	Apertura-Carda	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
DK 4108	DK 740	Apertura-Carda	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
DK 4111	DK 740	Apertura-Carda	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
DK 4112	DK 760	Apertura-Carda	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
DK 4301	DK 903	Apertura-Carda	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
DK 4302	DK 903	Apertura-Carda	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
DK 4303	DK 903	Apertura-Carda	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
DK 4304	DK 903	Apertura-Carda	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
DK 4305	DK 903	Apertura-Carda	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
DK 4306	DK 903	Apertura-Carda	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
DK 4307	DK 903	Apertura-Carda	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
DK 4310	DK 903	Apertura-Carda	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
DK 4311	DK 903	Apertura-Carda	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
DK 4312	DK 903	Apertura-Carda	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
DK 4314	DK 903	Apertura-Carda	Semanal	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
M 4101	Manuar Vouk	Manuar a reunidora	Mensual	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno
M 4102	Manuar Vouk	Manuar a reunidora	Mensual	Si	03/08/2022	Mensual	Ninguno
M 4105	Manuar Trüzscler	Manuar segundo pase cardado	Mensual	Si	03/10/2022	Semanal	Ninguno

El plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad por horas de trabajo de las máquinas permite disminuir los paros correctivos y disminuir las fugas de eficiencia no permitidas en el proceso de producción.

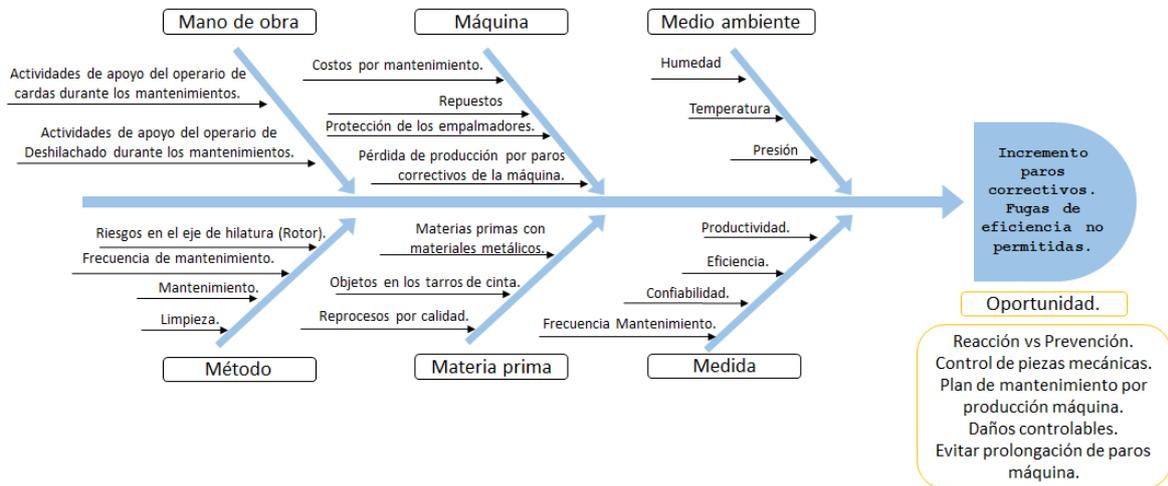


Ilustración 9, Diagrama Ishikawa - Hilandería, elaboración propia.

Los problemas identificados con el plan de mantenimiento para hilandería que viene implementando el área de mantenimiento no garantiza la confiabilidad y la disponibilidad de las máquinas luego de las intervenciones por parte del personal técnico, como consecuencia de lo anterior se están perdiendo en promedio 3617 kilogramos de producción al día, con el plan de mantenimiento propuesto se estima una mejora considerable en la confiabilidad y disponibilidad efectiva, disminuyendo los costos por requisiciones mecánicas para piezas de cambio por desgastes en un 45% con un escenario inicial de mejora del 60% de los kilos perdidos por día, aumentando la producción en 1850 kilogramos por día.

8. Recomendaciones

Para garantizar el cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo es necesario un stock de repuestos, todas las máquinas tienen piezas de desgaste y lubricantes los cuales se deben de cambiar e intervenir según las especificaciones del fabricante con el cual se comercialice los repuestos, el plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad tiene como requisito la disponibilidad de los repuestos para garantizar el correcto funcionamiento luego del mantenimiento y la normalización de las máquinas, además se recomienda trabajar con

repuestos originales ya que tienen una mayor vida útil al compararlos con repuestos genéricos y este periodo de vida útil disminuye las intervenciones para cambios de repuestos.

9. Conclusiones

El plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad de la máquina tiene un impacto positivo para Fabricato, está relacionado con las estrategias organizacionales de la mejora continua, disminuye los costos de mantenimiento y garantiza la disponibilidad de las máquinas para la transformación de materias primas de calidad.

El mejor modelo de mantenimiento es el mantenimiento por horas de trabajo máquina, ya que permite monitorear en tiempo real el estado mecánico de las máquinas y programar automáticamente las actividades necesarias por máquina para garantizar su funcionamiento, disminuir los paros ociosos y los paros no deseados.

El personal técnico y la jefatura de mantenimiento deben de replantear las prioridades del modelo de mantenimiento para la hilandería open end, la priorización de las ordenes de trabajo correctivas generan costos adicionales por los daños electromecánicos ocasionados y el lucro cesante ocasionado por los paros no deseados dentro de los procesos.

Es necesario ampliar el sistema de monitoreo en tiempo real para automatizar la programación del mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad de la máquina.

Alinear el plan de trabajo del área de mantenimiento con los objetivos organizacionales en pro del cumplimiento del indicador de mantenimiento (IM) para garantizar la disponibilidad y la confiabilidad de los sistemas productivos y la calidad de las materias primas.

Consolidar los planes de trabajo del personal técnico con las listas de chequeo de las actividades relacionadas con el plan de mantenimiento RCM para garantizar la implementación de estas actividades en su respectiva frecuencia.

Mejorar la confiabilidad y la disponibilidad de la máquina mediante la implementación del plan de mantenimiento RCM mejora considerablemente el sistema productivo y disminuye

los tiempos perdidos por paros correctivos y falta de repuestos en los tres salones de hilandería open end aumentando la producción 2.4 toneladas de hilo open end por día.

10. Referencias bibliográficas

Engerman. (19 de 10 de 2021). *Engeman*. <https://blog.engeman.com/es/rcm/>

Jose Fuster, S.L. (s.f.). *Marzoli Vouk. Fuster*. Marzoli.

Predictiva21. (22 de 01 de 2021). *Predictiva21*. <https://predictiva21.com/confiabilidad-mantenibilidad-ciclo-vida-activo/>

Sydle. (19 de 01 de 2022). *Sydle*. <https://www.sydle.com/es/blog/kpi-615de90225ce5d3ef29a5570/>

Trützschler Switzerland AG, Winterhur. (s.f.). *Parts Manual*. Trützschler.

Trützschler Switzerland AG, Winterthur. (s.f.). *Operating instructions Manual*. Trützschler.

Vidal, F. (18 de 05 de 2021). *Stel Order*. <https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-preventivo/#:~:text=Se%20define%20como%20mantenimiento%20preventivo,desgaste%20o%20paso%20del%20tiempo.>

Vidal, F. (21 de 12 de 2021). *Stel Order*. <https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-correctivo/>

Westreicher, G. (14 de 12 de 2020). *Economipedia*.

<https://economipedia.com/definiciones/mantenimiento.html>

11. Anexos

Máquina	Frecuencias de mantenimiento
Tren Picado y Deshilachado	Quincenal
	Mensual
	Trimestral
	Anual
Sistemas de Apertura de fibras	Semanal
	Mensual
	Bimestral
	Trimestral
	Semestral
	Anual
Cardas y Cardamanuales	Semanal
	Mensual
	Bimestral
	Semestral
	Anual
Manuales	Semanal
	Mensual
	Bimestral
	Semestral
	Anual
Hiladoras	Semanal
	Mensual
	Bimestral
	Semestral

Anexo 1, Frecuencia de mantenimiento por máquina, elaboración propia.