

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



**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN
CONFIABILIDAD PARA AUMENTAR LAS UTILIDADES DE LA
EMPRESA TABLENORTE SAC**

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

AUTOR

MARCIO YUNIOR ALDAIR GUERRERO RODRIGO

ASESOR

ALEJANDRO SEGUNDO VERA LAZARO

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

Chiclayo, 2021

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
BASADO EN CONFIABILIDAD PARA AUMENTAR LAS
UTILIDADES DE LA EMPRESA TABLENORTE SAC**

PRESENTADA POR:

MARCIO YUNIOR ALDAIR GUERRERO RODRIGO

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

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Maximiliano Rodolfo Arroyo Ulloa
PRESIDENTE

Joselito Sánchez Pérez
SECRETARIO

Alejandro Segundo Vera Lazaro
VOCAL

Índice

Resumen.....	4
Abstract.....	5
Introducción	6
Revisión de literatura	7
Materiales y métodos.....	9
Resultados y discusión	9
Conclusiones	22
Recomendaciones.....	23
Referencias.....	24
Anexos	25

Resumen

Tablenorte SAC es una empresa ubicada en el departamento de Lambayeque dedicada a la comercialización de melamina cortada y canteada. En los últimos 5 años la empresa viene mostrando una disminución de aproximadamente 30% de sus utilidades, esto se debe a las paradas de producción causadas por excesivas averías en sus equipos. Esta investigación tiene como objetivo principal elaborar un plan de mantenimiento basado en confiabilidad para aumentar las utilidades de la empresa Tablenorte SAC. Se diagnosticó que la empresa labora mediante mantenimientos correctivos los cuales en el periodo estudiado suman una cantidad de 938 fallas equivalente a 703,4 horas de paradas de producción no programadas causadas por la inexistencia de un plan de mantenimiento. Por otro lado, los indicadores de mantenimiento muestran un OEE menor al 65% en sus equipos. Asimismo, se determinó mediante el análisis de criticidad, los equipos críticos de la empresa. Después se elaboró su árbol de fallas y AMEF para determinar las actividades que tendrá el plan de mantenimiento propuesto. Luego de la mejora, se logró un incremento de aproximadamente 6,5% en las utilidades anuales, además aumentó en 22% la disponibilidad de los equipos de la empresa. Para finalizar se realizó el análisis costo beneficio del cual se obtuvo un VAN de 9 511,44 soles en un plazo de 5 años, un TIR de 16%, un periodo de recuperación de 3 años, 3 meses y 10 días, y un indicador de beneficio costo de S/. 1.38 demostrando la viabilidad del proyecto.

Palabras claves: Plan de mantenimiento, utilidad, confiabilidad

Abstract

Tablenorte SAC is a company located in the department of Lambayeque dedicated to the commercialization of cut and edged melamine. In the last 5 years the company has been showing a 30% decrease in its profits, this is due to unscheduled production stops caused by excessive breakdowns in its equipment. The main objective of this research is to develop a maintenance plan based on reliability to increase the profits of Tablenorte SAC. It was diagnosed that the company works by means of corrective maintenance, which in the period studied add up to a number of 938 failures equivalent to 703,4 hours of unscheduled production stoppages caused by the lack of a maintenance plan. On the other hand, the maintenance indicators show an OEE of less than 65% in their equipment. Likewise, the critical equipment of the company was determined through criticality analysis. Afterwards, its fault tree and FMEA were elaborated to determine the activities that the proposed maintenance plan will have. After the improvement, an increase of approximately 6.5% in annual profits was achieved, as well as a 22% increase in the availability of the company's equipment. Finally, a cost-benefit analysis was carried out, which obtained a NPV of 9,511.44 soles in a period of 5 years, an IRR of 16%, a recovery period of 3 years, 3 months and 10 days, and an indicator benefit cost of S /. 1.38 demonstrating the viability of the project.

Keywords: maintenance plan, utility, reliability

Introducción

Hoy en día las empresas que cuentan con instalaciones, máquinas, equipos, etc., para la producción de bienes o servicios, poseen la necesidad de que sus activos se encuentren con la mayor disponibilidad y con los mínimos costos posibles. Para esto la preservación de los equipos que se emplean, es un factor determinante para la productividad de las empresas y la calidad de los productos o servicios prestados. Una variable relevante en la eficiencia de la línea productiva es el mantenimiento industrial, este tiene como objetivo la utilización ideal de los activos productivos de la empresa, manteniéndolos disponibles para una producción o servicio eficiente, de modo que si no se controla esta variable puede afectar en la calidad del producto o servicio. [1]

Por otro lado, la participación de la industria de la melamina en el país ha ido aumentando debido a los bajos costos de la plancha de melamina, asimismo que el proceso de fabricación con este material requiere un menor tiempo y grado de complejidad; esto ha generado que aparezca una nueva especialización en la industria. [2]

Actualmente Tablenorte SAC es una empresa lambayecana que cuenta con 4 sedes ubicadas en los distritos de: La victoria, Chiclayo y José Leonardo Ortiz correspondientemente. Esta empresa se dedica a la comercialización de planchas de melamina, además brinda el servicio de cortado y canteado para su posterior utilidad, que puede ser usado en la fabricación de muebles.

Para la prestación del servicio de cortado y canteado, la empresa cuenta con un compresor de aire, canteadora, y cortadora de melamina. Actualmente esta empresa desarrolla un mantenimiento correctivo; él cuál debe ser modificado, debido a la generación de paros de producción por fallas en los equipos.

El tiempo perdido por los paros de producción son recuperados con la finalidad de completar la producción planificada, sin embargo, esto genera un costo adicional a la empresa.

Tablenorte SAC en los últimos 5 años presentó una disminución en sus utilidades de aproximadamente 30%, esto se debe a los continuos paros de producción originados por fallas en los equipos. Ante esto se plantea la siguiente interrogante: ¿De qué forma se puede mejorar el proceso de mantenimiento en la empresa Tablenorte SAC para aumentar sus utilidades?

Esta investigación se realizó en la sede N°3 de la empresa Tablenorte SAC ubicada en José Leonardo Ortiz. Tiene como objetivo general elaborar un plan de mantenimiento basado en confiabilidad para aumentar las utilidades de la empresa Tablenorte SAC y cuyos objetivos específicos son: Diagnosticar la situación actual de la empresa Tablenorte SAC, Elaborar el plan de mantenimiento basado en confiabilidad y Realizar un análisis costo – beneficio.

Se propuso un plan de mantenimiento basado en confiabilidad debido a que se busca reducir el tiempo de parada de producción con la finalidad de cumplir con la producción planificada sin aumentar los costos de producción.

Revisión de literatura

El mantenimiento es la agrupación de métodos destinados a mantener equipos e instalaciones en perfectas condiciones de funcionamiento durante el mayor tiempo posible, buscando la mayor disponibilidad y rendimientos de estos. Existen muchos tipos de mantenimiento dentro de ellos se encuentra el mantenimiento correctivo que se puede definir como la agrupación de acciones destinadas a corregir los defectos que se presenten en los equipos e instalaciones; y estos deben ser comunicados al área de mantenimiento por los mismos operarios encargados, A diferencia de este también existe el mantenimiento preventivo que tiene como objetivo conservar un nivel de servicio establecido en los equipos, planificando las correcciones de los puntos débiles en el momento indicado [3].

Cuando hablamos de mantenimiento debemos tener muy claro la definición de falla y avería, La falla de un componente es la pérdida de la destreza para cumplir la función requerida. Un fallo de un componente es un suceso que origina un estado de avería. A diferencia de este concepto, en la industria se entiende por avería a la falla de algún equipo que imposibilite el nivel productivo de éste, generando falta de calidad en el producto y pérdidas económicas.

Entonces se puede definir que la avería es el resultado de un fallo, bien del elemento mismo o de cualquier etapa precedente del ciclo de vida. [4]

Uno de los indicadores de mantenimiento es el OEE, que señala el porcentaje de efectividad de una máquina con respecto a su máquina ideal equivalente. Este indicador resulta de multiplicar otras tres razones porcentuales: La disponibilidad, la eficiencia y la calidad [5]

El valor del OEE permite clasificar una o más líneas de producción, o toda una planta, con respecto a las mejores de su clase y que ya han alcanzado el nivel de excelencia. En el anexo 1 se puede ver la clasificación del OEE [5]

Para determinar la criticidad de una unidad o equipo se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla. En un eje se representa la frecuencia de fallas y en otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la unidad o equipo en estudio si le ocurre una falla. (Ver Anexo 2)

La matriz tiene un código de colores que permite identificar la menor o mayor intensidad de riesgo relacionado con el Valor de Criticidad de la instalación, sistema o equipo bajo análisis. [5]

El árbol de fallas son herramientas para localizar y corregir fallas. Pueden usarse para prevenir o identificar fallas antes de que ocurran, pero se usan con más frecuencia para analizar accidentes o como herramientas investigativas para señalar fallas. Al ocurrirse un accidente o una falla, se puede identificar la causa raíz del evento negativo. [6]

A lo largo de este proceso, se usa un diagrama de árbol para grabar los eventos identificados. Las ramas del árbol terminan cuando estén completos todos los eventos que resultan en el evento negativo [6].

Otro procedimiento eficaz para identificar las formas en que un producto o proceso puede fallar es el AMEF, el cual planea la prevención de dichas fallas. [7]

La hoja de decisión R.C.M. posibilita escoger la actividad de mantenimiento más idónea para eludir los probables efectos potenciales de cada modo de falla. [8]

Situngkir , Matondang y Nazaruddin [9] en su investigación “Maintenance Strategy Improvement Design in Cigarette Paper Machine Station” se pretende buscar mejoras para

aumentar la eficiencia de las máquinas de papel para cigarrillos, debido a que esta deficiencia está afectando la productividad de la empresa e impide su expansión en el mercado; ante esta problemática se propone implementar el método de Mantenimiento centrado en confiabilidad para poder identificar los componentes críticos y adaptar las medidas de atención necesarias; de esta investigación se concluyó que a través de la aplicación de la técnica de RCM se pudo aumentar el nivel de confiabilidad de los equipos en aproximadamente 42% generando así un incremento en la productividad en la empresa.

Barros, Valencia y Vargas [10] en su investigación “Implementación del RCM II en planta de producción de lingotes de plomo” busca identificar los modos de falla, efectos de las fallas, equipos críticos utilizados en una planta productora de lingotes de plomo, a través de la implementación de Mantenimiento centrado en confiabilidad con la finalidad de establecer un programa de mantenimiento conformado por tareas que eviten los modos de falla. Una vez realizado el programa, el investigador concluye que si se implementara puede reducir costos, optimizar presupuestos e incrementar la confiabilidad de los equipos.

Balaraj, Shivaprakash [11] en su investigación: “Predictive and preventive maintenance of two and three wheelers tube defects in splicing process”, busca analizar los detalles de la composición de los procesos de corte y empalme de tubos; y proponer una mejora en relación a la confiabilidad, disponibilidad, índices de fallas y índices de mantenimiento de los equipos; para lo cual se propusieron planes de acción para corregirlos mediante la implementación de checklists de mantenimiento preventivo; en el cual se obtuvo como resultado que mediante la posible implementación la disponibilidad de la máquina aumenta hasta en un 98,9 %.

Según Gonzales [12] en su investigación: “Mantenimiento centrado en la confiabilidad aplicado al sistema hidráulico de la planta generadora Huaji de COBEE” busca mejorar el proceso de mantenimiento de la planta generadora Huaji para poder cumplir con su política de mejora continua. Se aplicó la metodología del RCM al sistema hidráulico de la planta para poder identificar los puntos críticos y poder sugerir tareas de mantenimiento, sus frecuencias y los responsables. Para realizar esta investigación se formó un grupo de trabajo multidisciplinario con el personal más involucrado al sistema y se obtuvo como resultados que aplicando la metodología RCM se aumentará la confiabilidad del HPU, disminuirán los costos de mantenimiento correctivo e indisponibilidad de las unidades y se mejora la comunicación y trabajo en equipo.

Según Rey [13] en su investigación: “Development and optimization of a preventive maintenance plan”. It seeks to evaluate the possibility of implementing a preventive maintenance plan with the objective of maintaining the functionality of the production system in an industry, for this, first the critical failures had to be identified in order to then be able to define the type of maintenance to be performed, the content and the description of the tasks and the frequency or intervals between interventions; After the investigation, it could be concluded that the implementation of a preventive maintenance plan applied in the automotive industry improves operational performance by a minimum of 30%, improves productivity by approximately 50%, improves transformation costs by 40% and decreases the maintenance cost per unit at approximately 30%.

Materiales y métodos

Esta investigación se realizó en la sede N°3 de la empresa Tablenorte SAC ubicada en José Leonardo Ortiz en la que se tomó como muestra las fallas registradas en el periodo 2018-2019.

Para esta investigación se empleó un enfoque cuantitativo, que permitió evaluar los indicadores de mantenimiento y utilidades de la empresa.

Para realizar el diagnóstico de la empresa se empleó un diseño de investigación descriptivo ya que la investigación implicó de una comprensión de la situación actual de la empresa. Se realizaron entrevistas con el personal de mantenimiento, operadores y supervisor de producción, enfocadas en los siguientes temas: modo de falla, frecuencia de falla, tiempo de reparación, modo de reparación y tareas de mantenimiento.

Mediante la información recolectada se pudo definir los equipos críticos de la empresa a través de indicadores de mantenimiento como OEE, análisis de criticidad y análisis de riesgo.

Para la elaboración del plan de mantenimiento basado en confiabilidad se empleó un diseño de investigación explicativo ya que se debió comprender la causa de las fallas de los equipos a través del árbol de fallas y proponer tareas de mantenimiento con ayuda del AMEF.

Para la propuesta de tareas de mantenimiento se empleó un diseño de investigación documental en la que se evaluó la información registrada sobre mantenimiento de los equipos utilizados en esta empresa y se eligió las tareas con mayor eficiencia

Para finalizar se cuantificó el beneficio económico a través de indicadores de rentabilidad como VAN, TIR Y B/C.

Resultados y discusión

Diagnóstico

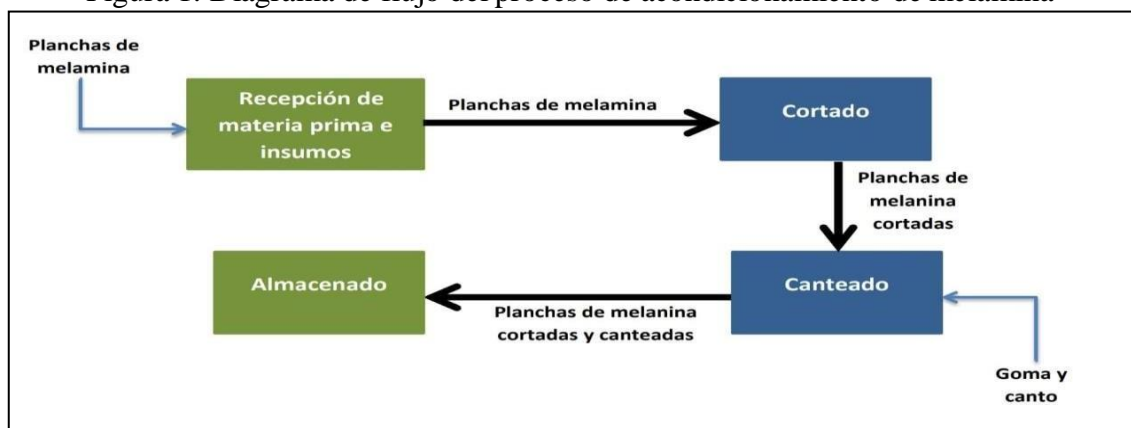
Datos generales de la empresa

La empresa por analizar, Tablenorte SAC, actualmente cuenta con 4 sedes, una de estas se encuentra ubicada en el distrito de José Leonardo Ortiz, esta es la sede en la que se basa la investigación, se dedica a la comercialización de planchas de melamina cortadas y canteadas para su posterior uso en la industria de mueble. Los datos generales se muestran en el anexo 3.

Diagrama de flujo del proceso de acondicionamiento de melamina

En la figura 1 se muestra el diagrama de flujo del proceso que realiza la empres

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de acondicionamiento de melamina



Fuente: Tablenorte SAC

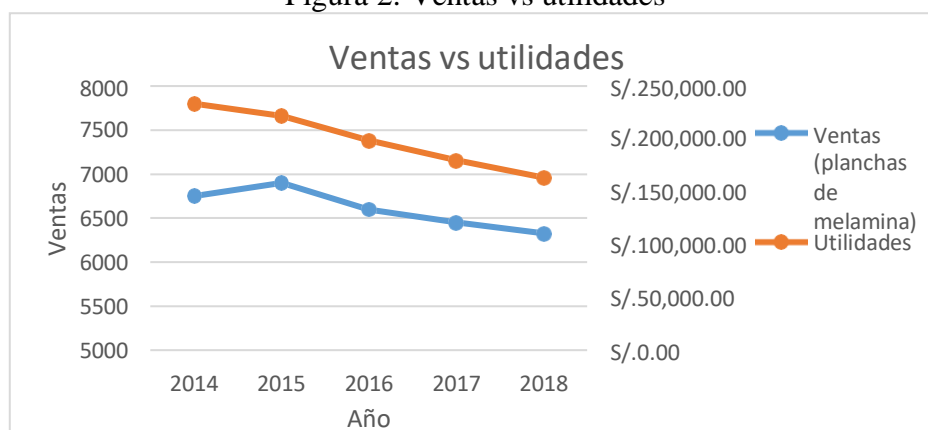
El proceso comienza con la recepción de las planchas melaminas, estas cuentan con dimensiones de 2.15 x 2.44m, una vez recepcionadas son transportadas al área de cortado, en la cual el operario con ayuda de la maquina escuadradora realizará los cortes especificados por el cliente, luego de obtener los bloques de melamina son trasladados al área de canteado, en el cual el operario colocará los bloques sobre la faja de la máquina enchapadora de cantos y programará la máquina para que realice el canteo especificado por el cliente, una vez culminado el proceso de canteado, los bloques de melamina son almacenados para la posterior entrega al cliente.

Utilidades de la empresa

Tablenorte SAC presentó una disminución en las utilidades durante los últimos 5 años, aproximadamente 30%, esto se debe a que los equipos no cuentan con un debido proceso de mantenimiento, este registro puede visualizarse en el anexo 4.

En la figura 2 se puede apreciar que las utilidades de la empresa han ido disminuyendo con el transcurrir del tiempo, además se puede apreciar que las ventas están relacionadas directamente con las utilidades, sin embargo en el 2015 hubo más ventas que en el año anterior y las utilidades no fueron mayores, esto nos permite concluir que los costos son los que han incrementado.

Figura 2. Ventas vs utilidades



Fuente: Tablenorte SAC

Área de mantenimiento

Organigrama del área de mantenimiento

A diferencia de la sede central de la empresa, la sede de investigación no cuenta con un área de mantenimiento en la planta, esto genera que los tiempos de mantenimiento sean mucho mayores, ya que los trabajadores encargados del mantenimiento tienen que trasladarse desde la sede principal, además que no cuentan con un área en la planta para poder almacenar repuestos o herramientas necesarias para estas actividades.

Descripción del personal

El área de mantenimiento de la sede principal cuenta con 2 trabajadores, los cuales son descritos en el anexo 5.

De esta descripción se puede concluir que los trabajadores de mantenimiento no han recibido la formación necesaria para ocupar el cargo que tienen, sin embargo la empresa opta por su continuidad debido al conocimiento adquirido con el pasar de los años, por otra parte se puede agregar que la empresa no tiene definido un perfil de trabajador para esta área.

Descripción de la maquinaria de la empresa

En el anexo 6 se puede observar la maquinaria que es utilizada en el servicio de cortado y canteado de melamina, además se aprecia el número de horas que trabaja la empresa.

Paradas programadas

Como ya se ha mencionado, la empresa actualmente emplea un mantenimiento correctivo a sus máquinas y/o equipos, por esta razón, no planifica paradas programadas en la que se desarrolle el mantenimiento.

En consecuencia de esto, todas las paradas que ocurran en la empresa perjudican a la planificación de la producción, esto genera un costo adicional debido a que se deben emplear horas extras para cumplir con lo planeado.

Fallas en la maquinaria durante el proceso productivo

Se obtuvo un compilado de información de las fallas ocurridas en el periodo 2018 -2019, las cuales generan paradas no programadas. Este historial de fallas se encuentra en el anexo 7.

En la tabla 1 se resumirá toda la información recolectada, donde se especificara la frecuencia de falla y el tiempo de parada por máquina y área.

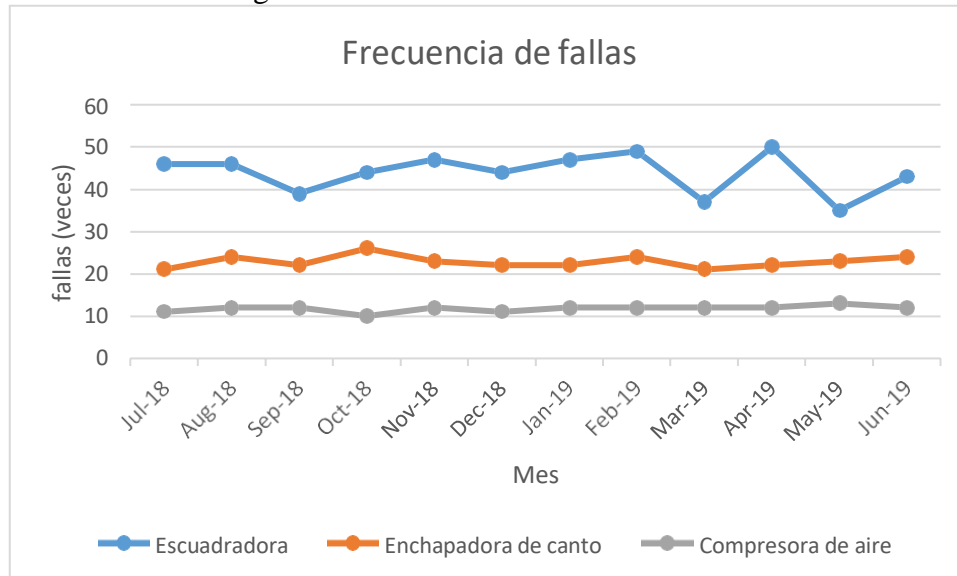
Tabla 1. Registro de fallas de las máquinas 2018-2019

Área	Máquina y/o equipo	N° de fallas (anual)	N° de horas paradas (anual)	N° de horas paradas por área (anual)
Cortado	Escuadradora	527	310,3	310,3
Canteado	Enchapadora de canto	274	261	393,1
	Compresor de aire	137	132,1	

Fuente: Tablenorte SAC

En la figura 3 se puede apreciar que la máquina con mayores fallas registradas es la escuadradora con un total de 527 fallas al año, sin embargo al momento de contabilizar las fallas por áreas, el área con mayor fallas es la del canteado, debido a que esta área contiene a la enchapadora de canto y compresora de aire.

Figura 3. Frecuencia de fallas 2018-2019



Fuente: Tablenorte SAC

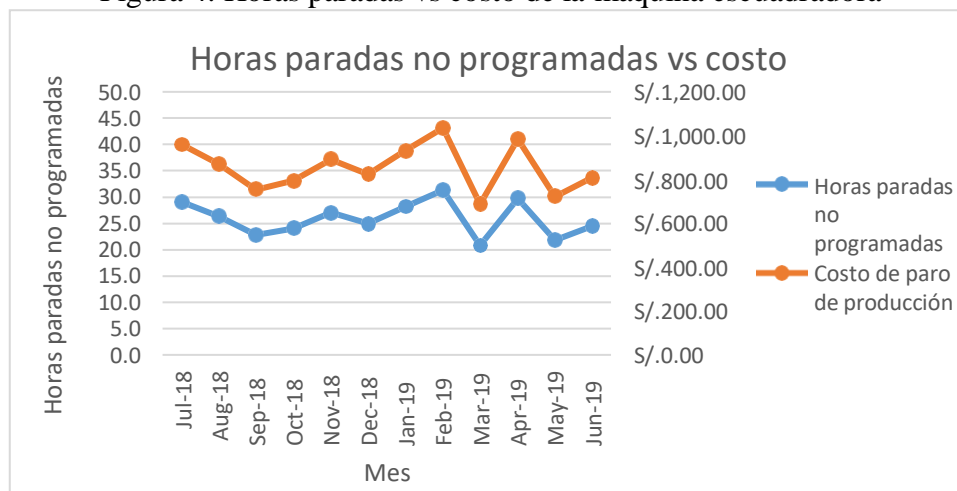
Costo por paro de producción

Cada vez que existe una parada no programada, la empresa está obligada a recuperar este tiempo perdido para poder cumplir con la producción planificada, la empresa recurre a trabajar horas extras generando el aumento de sus costos de producción.

Este aumento de costos se genera en la mano de obra y energía. En el anexo 8 se puede visualizar los costos extras por cada hora de producción parada.

En la figura 4 se muestran los costos de paro de producción de la máquina escuadradora y se puede apreciar que el mayor costo se realizó en el mes de febrero 2019.

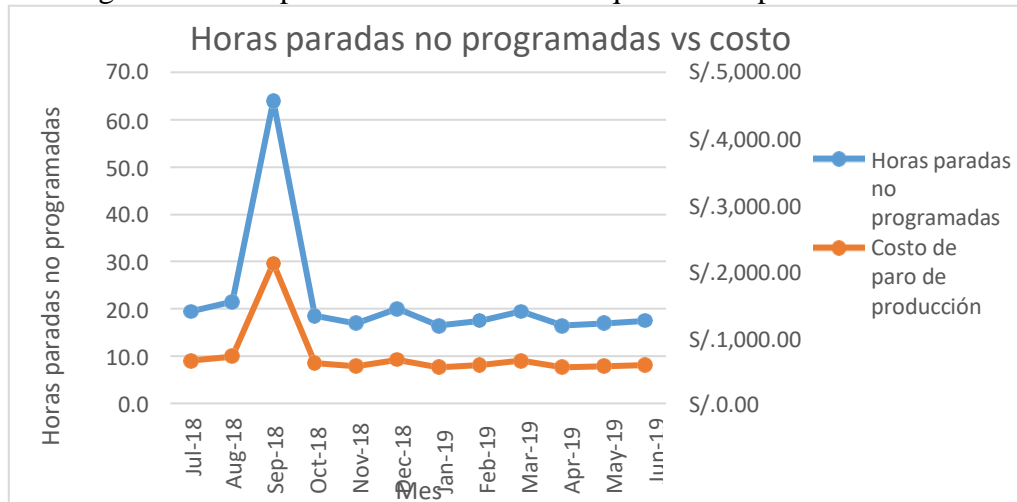
Figura 4. Horas paradas vs costo de la máquina escuadradora



Fuente: Tablenorte SAC

En la figura 5 se muestran los costos de paro de producción de la máquina enchapadora de canto y se puede apreciar que el mayor costo se realizó en el mes de septiembre 2018.

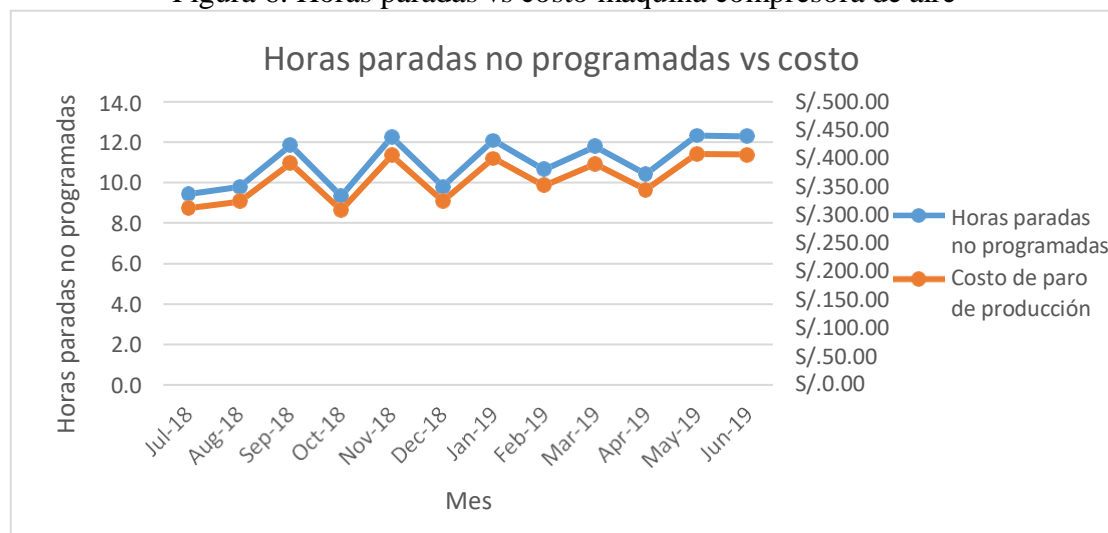
Figura 5. Horas paradas vs costo de la máquina enchapadora de canto



Fuente: Tablenorte SAC

En la figura 6 se muestran los costos de paro de producción de la máquina compresora de aire y se puede apreciar que el mayor costo se realizó en el mes de mayo 2019.

Figura 6. Horas paradas vs costo máquina compresora de aire



Fuente: Tablenorte SAC

Costos de mantenimiento correctivo

En el anexo 9 se muestran los costos de mantenimiento realizado por la empresa en periodo 2018-2019, de los cuales fueron un total de 38 149 soles.

Tiempo bruto de producción

El tiempo bruto de producción, es el tiempo disponible para operar. Esto debido a paradas no programadas, como paradas por fallas, averías, falta de material, cambio de pieza, esperas, ajustes, micro paradas, reinicios, arranques, etc.

Con ayuda del registro de mantenimiento, en el anexo 10 se muestra el tiempo bruto de producción de cada máquina.

Producción

En el anexo 11 se muestra la producción del periodo 2018-2019, y se puede apreciar que julio 2018 es el mes que más producción tuvo, esto se debe a que la producción está relacionada directamente con los pedidos de los clientes.

Costos de producción

En el anexo 12 se resume los costos, precio y utilidad por plancha de melamina y se especifican los materiales e insumos utilizados en la producción de 6 327 planchas de melamina, que son la cantidad de planchas vendidas en el periodo 2018-2019.

Indicadores de mantenimiento

En la tabla 2 se resume el OEE calculado de las máquinas de la empresa.

Tabla 2. OEE de las máquinas de Tablenorte SAC

Máquina	Tiempo teórico de producción anual (horas)	Descansos y ferias anuales (horas)	Tiempo disponible de producción anual (horas)	Tiempo de paradas no programadas anual (horas)	Tiempo bruto de producción anual (horas)	Disponibilidad	Ritmo de producción (unidades/año)	Producción (unidades)	Rendimiento	Producción defectuosa (unidades)	Calidad	OEE
Escuadradora	8 760	6 024	2 736	311,0	2 425	88,63%	10 944	6 327	57,81%	850	86,6%	44,37%
Enchapadora de cantos	8 760	6 024	2 736	261,0	2 475	90,46%	16 416	6 327	38,54%	750	88,1%	30,71%
Compresor de aire	8 760	6 024	2 736	128,0	2 608	95,32%	16 416	6 327	38,54%	750	88,1%	32,36%

Fuente: Elaboración Propia

De los resultados obtenidos se puede definir que todas las máquinas se consideran como inaceptables debido a que generan pérdidas económicas a la empresa.

Análisis de criticidad

Se procedió a realizar la metodología de análisis de criticidad para identificar a las máquinas críticas. En la tabla 3 se puede observar las máquinas escuadradora y enchapadora de canto con un nivel de criticidad alto, y la compresora de aire un nivel de criticidad media. (Ver anexo 13).

Tabla 3. Análisis de criticidad

Máquina	Frecuencia	Daño al personal	Efecto a la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción	Daños a la instalación	Criticidad
Escuadradora	5	3	1	1	1	1	35
Enchapadora de canto	5	1	3	1	1	1	35
Compresora de aire	5	1	1	1	1	1	25

Fuente: Elaboración Propia

De estos resultados se puede interpretar que cada vez que las máquinas escuadradora y enchapadora de canto sufren un fallo genera muchas pérdidas a la empresa, por lo consiguiente la empresa debe actuar de inmediato por reducir el número de fallas.

Árbol de fallas

Se realizó un árbol de fallas por cada máquina con el objetivo de identificar las causas de falla y poder determinar actividades que prevengan la falla. (Ver Anexo 14)

Las causas determinadas serán de utilidad para realizar el Análisis de modo y efecto de falla de cada máquina, y por consiguiente determinar actividades que prevengan las fallas.

Análisis de modo y efecto de falla

En la Tabla 4,5 y 6 se muestran el modo, efecto y causa potencial de falla de las máquinas, los cuales fueron identificados en las hojas de trabajo de información R.C.M respectivas. (Ver anexo 15)

A partir de ello se proponen actividades de mantenimiento para reducir el NPR.

Tabla 4. AMEF Escuadradora

Proceso:	Cortado						Equipo:	ESUADRADORA SEGA 400							
AMEF															
Parte a analizar	Descripción	Modo potencial de falla	Efecto potencial de la falla	severidad	Causa potencial de falla	ocurrencia	Diseño de controles	Detección	NPR	Acción recomendada	Responsable	severidad	ocurrencia	Detección	Nuevo NPR
Disco de corte	Hoja de sierra circular que está fija durante la operación de corte	Deformación de cuchillas	Proceso deficiente obligando a reprocesar la pieza	6	Velocidad de corte inadecuada	8	Detección del error en la estación debido a que la falla es detectable a simple vista	2	96	Capacitación al personal en procedimientos de corte	Asistente de mantenimiento	3	4	2	24
Viga móvil	Ubicada a la izquierda del disco de corte que sirve para aumentar las dimensiones de corte.	Que la viga se desplace de su eje central, llegando a alterar el sistema de referencia para el corte	Proceso deficiente obligando a reprocesar la pieza	6	Calibración empírica	9	Detección del error en la estación debido a que la falla es detectable a simple vista	2	108	Calibración certificada	Asistente de mantenimiento	3	4	2	24

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 4 se puede interpretar que actualmente la máquina escuadradora registra un total de 527 fallas equivalente a 310,3 horas paradas registradas, a esto le corresponde el NPR diagnosticado en la figura 7, ante esto se recomiendan acciones con el objetivo de reducir el NPR (Nuevo NPR).

Una vez obtenido el nuevo NPR se estimó una frecuencia de 75 fallas anuales equivalente a un total de 44 horas de paradas por fallas, ante esto se muestra una disminución de 266,3 en las horas paradas y un aumento en la disponibilidad de la máquina.

Tabla 5. AMEF de enchapadora de canto

Proceso:	CANTEADO										Equipo:	ENCHAPADORA DE CANTOS			
Parte a analizar	Descripción	Modo potencial de falla	Efecto potencial de la falla	severidad	Causa potencial de falla	ocurrencia	Diseño de controles	AMEF		Acción recomendada	Responsable	severidad	ocurrencia	Detección	Nuevo NP
								Detección	NPR						
Pistones	Componentes cilíndricos que cumplen las funciones de encolado, retestado del canto	Ruptura de pistones y deficiente funcionamiento	Paro de producción	8	deficiente proceso de transmisión de aire	7	Ruidos no característicos	3	168	Inspección rutinaria y plan de limpieza de compresora	Asistente de mantenimiento	4	4	3	48
Sensor mecánico	Dispositivo que permite el accionamiento de todas las funciones de la máquina	Ruptura del componente	Paro de producción	8	Inadecuado posicionamiento de melamina generando colisión con el sensor	4	Se detecta visualmente la colisión de melamina con el sensor mecánico	3	96	Capacitación del personal	Asistente de mantenimiento	4	2	2	16
Caldero	Componente encargado de calentar la goma para el pegado del canto	Acumulación de goma	Paro de producción	8	Falta de limpieza al componente	4	Se detecta visualmente la acumulación de goma en el caldero	3	96	Plan de limpieza de caldero	Asistente de mantenimiento	4	2	2	16
Canto	Componente encargado de pegar las cintas alrededor de los bloques de melamina	Descalibración del componente	Reproceso	8	Montaje inadecuado	7	Se detecta visualmente que el canto es pegado de manera inadecuada con respecto a las dimensiones del bloque de melamina	3	168	Calibración certificada	Asistente de mantenimiento	4	4	3	48

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 5 se puede interpretar que actualmente la máquina enchapadora de canto registra un total de 274 fallas equivalente a 261 horas paradas registradas, a esto le corresponde el NPR diagnosticado en la figura 7, ante esto se recomiendan acciones con el objetivo de reducir el NPR (Nuevo NPR).

Una vez obtenido el nuevo NPR se estimó una frecuencia de 39 fallas anuales equivalente a un total de 37 horas de paradas por fallas, ante esto se muestra una disminución en 224 las horas paradas y un aumento en la disponibilidad de la máquina.

Tabla 6. AMEF de compresora de aire

Proceso:		Transmisión de potencia a pistones						Equipo:		COMRPESORA DE AIRE					
AMEF															
Parte a analizar	Descripción	Modo potencial de falla	Efecto potencial de la falla	severidad	Causa potencial de falla	ocurrencia	Diseño de controles	Detección	NPR	Acción recomendada	Responsable	severidad	ocurrencia	Detección	Nuevo NP
Mangueras Hidraulicas	Componente encargado de transportar el aire comprimido	Ruptura por presión de aire	Paro de producción	7	Deficiente proceso de transmisión de aire	8	Detección del error en la estación debido a que la falla emite un sonido reconocible	2	112	Inspección rutinaria	Asistente de mantenimiento	3	3	2	18
Válvulas	Dispositivo que permite regular la presión del aire transportado.	Acumulación de	Paro de producción	7	Falta de limpieza en el plato de válvula	8	Detección del error en la estación debido a que no se transmite el aire requerido debido a un estancamiento.	2	112	Plan de limpieza de compresora	Asistente de mantenimiento	3	3	2	18
Tanque de almacenamiento	Encargado de almacenar el aire a transportar	Almacenamiento de agua	Paro de producción	7	Falta de purgación del equipo	8	Detección del error en la estación debido a que se transmite aire con moléculas de agua.	2	112	Plan de limpieza de compresora	Asistente de mantenimiento	3	3	2	18

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 6 se puede interpretar que actualmente la máquina compresora de aire registra un total de 137 fallas equivalente a 132,1 horas paradas registradas, a esto le corresponde el NPR diagnosticado en la figura 7, ante esto se recomiendan acciones con el objetivo de reducir el NPR (Nuevo NPR).

Una vez obtenido el nuevo NPR se estimó una frecuencia de 20 fallas anuales equivalente a un total de 19 horas de paradas por fallas, ante esto se muestra una disminución de 113.1 en las horas paradas y un aumento en la disponibilidad de la máquina.

Se puede concluir que realizando las tareas de mantenimiento recomendadas la frecuencia de fallas en los equipos disminuye a un total de 100 fallas anuales.

Hoja de decisión R.C.M.

Se realizó la hoja de decisión de los componentes de cada máquina, con ayuda de las hojas de trabajo de información R.C.M. y el diagrama de decisión R.C.M. (Ver anexo 16).

Estas hojas nos permitirán escoger las actividades de mantenimiento más adecuadas para nuestro plan de mantenimiento.

Nueva de disponibilidad de las máquinas

En la tabla 7 se calculó el nuevo porcentaje de disponibilidad de las máquinas, luego se realizó una comparación en la que se concluyó que hubo un aumento de 22% en la disponibilidad de las máquinas.

Tabla 7. Nueva disponibilidad

Máquina	Tiempo teórico de producción anual (horas)	Descansos y feriados anual (horas)	Tiempo disponible de producción anual (horas)	Tiempo de paradas no programadas anual (horas)	Tiempo bruto de producción anual (horas)	Disponibilidad
Escuadradora	8 760	6 024	2736	44	2692	98.39
Enchapadora de cantos	8 760	6 024	2736	37	2699	98.65
Compresor de aire	8 760	6 024	2736	19	2717	99.31

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de riesgo

Se analizaron las máquinas en su contexto real, cuantificando los criterios de riesgo establecidos con el fin de hallar el nivel de prioridad. (Ver anexo 17).

Tabla 8. Análisis de riesgo de las máquinas

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RIESGO DE LAS MÁQUINAS DE TABLENORTE SAC							
Máquina	Nivel de riesgo	Grado de obsolescencia	Carga de trabajo (CT)	Estado de conservación (EC)	Cliente	Valor Prioridad	Nivel de Prioridad
Enchapadora de cantos	5	3	3	3	3	17	Prioridad Alta
Escuadradora	5	3	3	3	3	17	Prioridad Alta
Compresor de aire	5	1	3	3	3	15	Prioridad Media

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 8 se puede interpretar que las máquinas con nivel de prioridad alta son las máquinas enchapadora de canto y escuadradora.

Plan de mantenimiento basado en confiabilidad

Nuevo organigrama del área de mantenimiento

A diferencia del organigrama inexistente en la empresa, se propone la contratación de un técnico de mantenimiento que tenga a cargo el cumplimiento de las tareas del plan de mantenimiento, con la supervisión de un asistente de mantenimiento y aprobación de un jefe de mantenimiento. (Ver anexo 18).

Área de mantenimiento

Como ya se ha mencionado, actualmente no existe un área de mantenimiento en la sede de investigación, por lo que se propone la habilitación de un espacio en la sede para la construcción de dicha área, en la que se ubicará los estantes para el inventario de repuestos, la caja de herramientas para las tareas de mantenimiento y los materiales

necesarios para llevar satisfactoriamente la gestión documentaria. (Laptop, archivadores, impresora, etc.).

Plan de mantenimiento

Una vez identificado los equipos críticos, sus fallas, los efectos de sus fallas, las causas de sus fallas, las soluciones a esas fallas, la confiabilidad del equipo y la periodicidad adecuada de las tareas de mantenimiento; se procede a plasmarlo en un plan de mantenimiento. En la tabla 9 se muestran la programación de las tareas de mantenimiento para los equipos; este plan es creado con el objetivo de realizar tareas preventivas, para evitar que ocurran las fallas durante el proceso y reducir las pérdidas económicas de la empresa. En el anexo 19 se muestran con más detalle las actividades a realizar.

Tabla 9. Cronograma de actividades del plan de mantenimiento

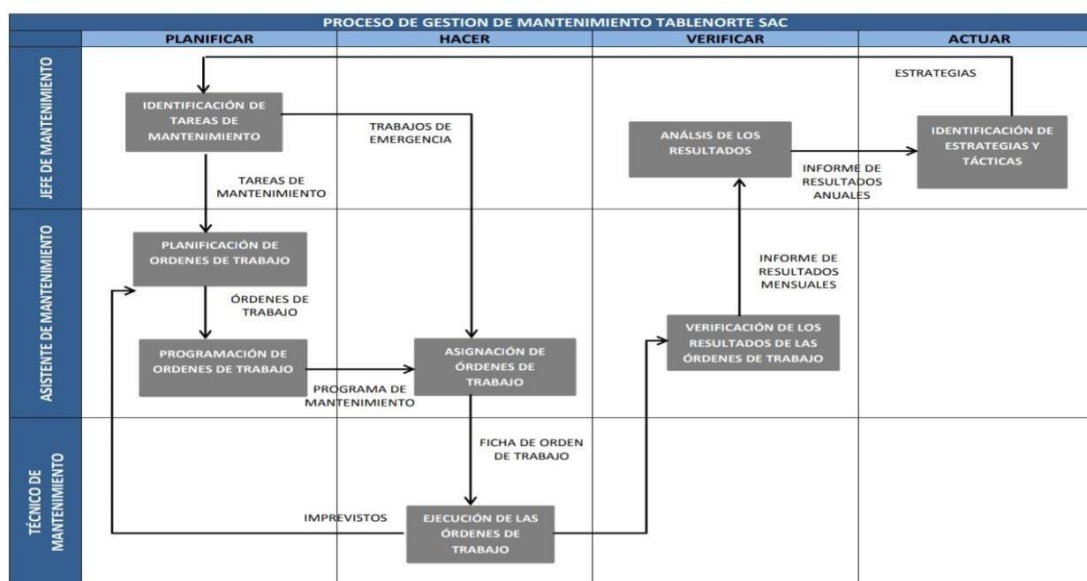
Fecha Actividad	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
	1 8132229	3111926	3111926	1 9162380	1142128	4111825	1 9162380	4132027	3101724	1 8132229	3111926	3101724
Escuadradora: Cuchillo divisor												
Limpieza de cuchillo												
Ajuste de cuchillo												
Cambio de cuchillo	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Escuadradora: Disco de Sierra												
Limpieza de disco de sierra												
Ajuste de disco de sierra												
Cambio de disco de sierra	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Escuadradora: Viga Móvil												
Limpieza de viga móvil												
Calibración de viga móvil												
Calibración Certificada							■					■
Enchapadora de canto: Sensor mecánico												
Limpieza de sensor												
Ajuste de sensor												
Cambio de sensor							■					
Enchapadora de canto: Pistones												
Limpieza de pistones												
Ajuste de pistones												
Cambio de pistones	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Enchapadora de canto: Canto												
Limpieza de canto												
Calibración de canto empírico	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Calibración de canto certificado							■					■
Enchapadora de canto: Caldero												
Limpieza de caldero												
Cambio de caldero								■				
Compresora de aire: Mangueras hidráulicas												
Cambio de mangueras hidráulicas	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Compresora de aire: Válvulas												
Limpieza de plato de válvula												
Cambio de válvulas								■				
Compresora de aire: Tanque de almacenamiento												
Purgación de tanque	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Cambio de filtro	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Capacitaciones												
Capacitación I	■	■	■									
Capacitación II												
Capacitación III					■	■	■					

Fuente: Elaboración Propia

Proceso de gestión de mantenimiento

En la Figura 7 se muestra el proceso propuesto del área de mantenimiento, en el cuál se especifica las actividades que debe realizar cada trabajador del área.

Figura 7. Proceso de gestión de mantenimiento



Fuente: Elaboración Propia

Gestión de documentos del área de mantenimiento

Después de haber definido el proceso del sistema de gestión de mantenimiento, es necesario definir los documentos que entran y salen de cada uno de estos procesos. La buena integración de los documentos del área, son el soporte del sistema de gestión. Estos documentos deben ser organizados de tal manera, que su disponibilidad y acceso sea inmediato. La documentación de la empresa se divide en documentos generales, documentos técnicos, documentos comerciales y ficheros técnicos.

Los documentos propuestos se pueden visualizar en el anexo 20.

Capacitación del personal

Se le brindará capacitaciones al personal de la empresa Tablenorte SAC en temas que generen la correcta gestión tanto del mantenimiento como el proceso de producción, en la tabla 10 se resume las capacitaciones a realizar. En el anexo 21 se especifican las cédulas de capacitación.

Tabla 10. Capacitación del personal

Sesión	Participantes	Nombre del curso	Ventajas	Inversión	Duración
Capacitación I	Área de mantenimiento	Análisis y control de procesos de fabricación en industrias de madera	Capacitar al personal de mantenimiento a identificar fallas potenciales	\$300 – S/. 1080	24 horas
Capacitación II	Área de producción	Curso de construcción y diseño de muebles en melamina	Capacitar al personal de producción en la adecuada manipulación de los equipos y materiales	\$600 – S/. 2160	24 horas
Capacitación III	Área de mantenimiento	Curso en elaboración de planes de mantenimiento	Capacitar al jefe de mantenimiento a identificar estrategias para realizar un adecuado plan de mantenimiento	\$400 – S/.1440	24 horas

Fuente: Elaboración Propia

Análisis Costo – Beneficio

Costo de mantenimiento Anual

Con la elaboración del plan de mantenimiento ahora los costos de mantenimiento correctivos has disminuido, sin embargo, aparecen los costos de mantenimiento preventivo

Costo de mantenimiento correctivo

En el anexo 22 se muestra el costo de mantenimiento correctivo propuesto

Costo de mantenimiento Preventivo

Este es un costo nuevo para la empresa sin embargo es necesario para disminuir los costos de producción de la empresa. En el anexo 23 se especifican los costos.

De las 2 tablas de costos presentadas se concluye que el costo total de mantenimiento de la empresa es de 27 476, se realiza una comparación con los costos de mantenimiento diagnosticados y se percibe una disminución de 10 673 soles, esta diferencia se vuelve en un incremento en las utilidades de la empresa.

Evaluación Económica

En la tabla 11 se especifica la inversión realizada en el plan de mantenimiento y en la tabla 12 se evalúa la viabilidad del proyecto.

Tabla 11. Inversión

Descripción	Inversión (S/.)
Capital de trabajo	
Repuestos	13 000
Caja de herramientas	1 000
Artículos de oficina	800
Andamios	1 000
Laptop	3 000
Capacitaciones	4 680
Inversión Tangible	
Construcción (20 m2)	1 000
Inversión Total	24 480

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12. Evaluación Económica

CONCEPTO/AÑOS	2021	2022	2023	2024	2025	2026
I. INGRESOS						
TOTAL DE INGRESOS			S/.10,673.00	S/.10,673.00	S/.10,673.00	S/.10,673.00
Ahorro de costo de mantenimiento	S/.10,673.00	S/.10,673.00	S/.10,673.00	S/.10,673.00	S/.10,673.00	S/.10,673.00
II. EGRESOS						
Total de Inversión	S/.24,480.00					
TOTAL DE EGRESOS	S/.24,480.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00
Costos de Producción			S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00
Gastos Administrativos			S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00
Gastos de Ventas			S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00
UTILIDAD OPERATIVA		S/.10,673.00	S/.10,673.00	S/.10,673.00	S/.10,673.00	S/.10,673.00
Depreciación			S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS		S/.10,673.00	S/.10,673.00	S/.10,673.00	S/.10,673.00	S/.10,673.00
Impuesto a la renta 30%		S/.3,201.90	S/.3,201.90	S/.3,201.90	S/.3,201.90	S/.3,201.90
FCE	-S/.24,480.00	S/.7,471.10	S/.7,471.10	S/.7,471.10	S/.7,471.10	S/.7,471.10
Prestamo	S/.24,480.00					
Servicio de Deuda		S/.25,357.18				
FCF	S/.0.00	-S/.17,886.08	S/.7,471.10	S/.7,471.10	S/.7,471.10	S/.7,471.10
CAJA ACUMULADA	S/.0.00	-S/.17,886.08	-S/.10,414.98	-S/.2,943.88	S/.4,527.22	S/.11,998.32

Fuente: Elaboración Propia

Para finalizar se obtuvo un VAN de 9 511,44 soles en un plazo de 5 años, un TIR de 16%, un periodo de recuperación de 3 años, 3 meses y 10 días, y un indicador de beneficio costo de S/. 1.38 demostrando la viabilidad del proyecto. (Ver anexo 24)

Discusión

Habiendo analizado el proceso de mantenimiento en la empresa Tablenorte SAC se identificó múltiples deficiencias relacionadas a la disponibilidad y rendimiento de las máquinas debido a la ausencia de un plan de mantenimiento, por ello Garrido (2003) señala que el mantenimiento son métodos destinados a mantener equipos e instalaciones en buenas condiciones con la finalidad de obtener la mayor disponibilidad y rendimiento de estos.

Además, la empresa muestra una escasez de planificación en el proceso de mantenimiento esto genera paros de producción, por ello Garrido (2003) indica que el mantenimiento preventivo tiene como objetivo conservar un nivel de servicio establecido en los equipos a través de la planificación de las correcciones de los puntos débiles.

Conclusiones

Se diagnosticó que las máquinas de la empresa presentaron un total de 938 fallas equivalentes a 703,4 horas de paradas no programadas, además se determinó los valores OEE de las máquinas y todas estaban por debajo del 65% permisible, por lo tanto, las máquinas se consideran inaceptables debido a que generaban pérdidas económicas en la empresa.

Se elaboró un plan de mantenimiento basado en confiabilidad, en el cual se tuvo que identificar los equipos críticos mediante la herramienta del análisis de criticidad, luego se realizó un árbol de fallas con el objetivo de identificar las causas potenciales de las fallas de las máquinas, para posteriormente realizar el AMEF con el objetivo de disminuir con acciones el NPR. Posteriormente se definió y programó tareas de mantenimiento durante todo el año que eviten la falla en las máquinas, además se propuso la habilitación de un área de mantenimiento en la planta incluyendo la contratación de un técnico que esté perenne en la planta y por último se propuso la capacitación del personal para desarrollar habilidades que le permitan cumplir con el plan de mantenimiento propuesto.

Se realizó el análisis costo beneficio para determinar la viabilidad del proyecto, teniendo como resultado un VAN de 9 511,44 soles en un plazo de 5 años, un TIR de 16%, un periodo de recuperación de 3 años, 3 meses y 10 días, un indicador de beneficio costo de S/. 1.38 y un aumento de 6,5% en las utilidades anuales de la empresa.

Recomendaciones

Se recomienda elaborar un plan más específico sobre adquisición de repuestos, incluyendo la gestión logística en el área de mantenimiento.

A su misma vez, se recomienda el apoyo de técnicos que tengan conocimiento en máquinas similares a las estudiadas, para de esta forma ser más precisos al momento de definir las tareas de mantenimiento que evitaren las fallas.

También se recomienda realizar reportes mensuales y anuales de cada equipo con el objetivo de contar con un historial documentario.

Otro aspecto importante para recomendar, es el estudio para la implementación de mantenimientos predictivos, ayudando a identificar las fallas potenciales.

Y por último se recomienda que esta investigación puede ser aplicable a múltiples procesos productivos.

Referencias

- [1] Souris, El mantenimiento, fuente de beneficios, 1992.
- [2] M. T. López, *Gestión*, 2012.
- [3] S. G. Garrido, Organización y Gestión integral de mantenimiento, Easpaña, 2003.
- [4] Boero, Mantenimiento industrial, Sarmiento, 2012.
- [5] H. Gonzales, «Una herramienta de mejora, el OEE (Efectividad Global del Equipo),» *Contribuciones a la economía*, p. 10, 2009.
- [6] Moubray y John, Mantenimiento centrado en confiabilidad, Gran bretaña: Aladon Itda, 2004.
- [7] A. Cartin, A. Villareal y A. Morera, «Implementacion del analisis de riesgo en la industria alimentaria mediante la metodologia, AMEF: enfoque practico y conceptual,» *Revista de medicina veterinaria*, pp. 133-148, 2014.
- [8] C. A. P. M. y. A. C. Márquez, Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos, Sevilla, 2015.
- [9] R. A. M. N. Dejoí Situngkir, «Maintenance Strategy Improvement Design in Cigarette Paper Machine Station,» *International Journal of Engineering Research & Technology*, vol. 06, nº 07, 2017.
- [10] G. V. L. V. David Barros, «Implementación del RCM II en planta de producción de lingotes de plomo,» *Scientia Et Technica*, vol. 19, nº 2, pp. 200-208, 2014.
- [11] A. S. S. Balaraj M, «Predictive and Preventive Maintenance of Two and Three Wheelers Tube Defects in Splicing Process,» *International Journal of Engineering Research & Technology*, vol. 06, nº 07, 2017.
- [12] M. A. G. Alvarado, «Mantenimiento centrado en la confiabilidad aplicado al sistema hidráulico de la planta generadora Huaji de COBEE,» *Journal boliviano de ciencias*, vol. 11, nº 35, 2014.
- [13] F. R. Sacristán, «Elaboración y optimización de un plan de mantenimiento preventivo,» *Tecnica Industrial*, 2014.

Anexos

ANEXO 1

OEE	Calificativo	Consecuencias
OEE < 65%	Inaceptable	Importantes pérdidas económicas. Baja competitividad.
65% < OEE < 75%	Regular	Pérdidas económicas. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora.
75% < OEE < 85%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85% < OEE < 95%	Buena	Buena competitividad. Entramos ya en valores considerados "WorldClass".
OEE > 95%	Excelente	Competitividad Excelente.

ANEXO 2

Categoría de Frecuencia	5	M	M	A	A	A
	4	M	M	A	A	A
	3	B	M	M	A	A
	2	B	B	M	M	A
	1	B	B	B	M	A
	Categoría de Consecuencias	1	2	3	4	5

Matriz de Criticidad

En la Matriz de Criticidad se identifican con letras los niveles de criticidad:

- B Criticidad Baja color verde
- M Criticidad Media color amarillo
- A Criticidad Alta color rojo

ANEXO 3

Nombre de la empresa	TABLENORTE SAC
RUC	20479388998
Fecha de inicio de actividades	04 de Julio del 2013
Estado de la empresa	Activa
Dirección principal	Cal. Tahuantinsuyo Nro. 1196 Urb. San Lorenzo / Lambayeque – Chiclayo – José Leonardo Ortiz

ANEXO 4

Año	Ventas (planchas de melamina)	Utilidades
2014	6750	S/.233,277.14
2015	6900	S/.221,613.29
2016	6600	S/.198,285.57
2017	6450	S/.179,623.40
2018	6327	S/.163,294.00

ANEXO 5

Puesto de trabajo	N°	Edad	Sexo	Nivel académico
Jefe de mantenimiento	1	45	Masculino	Secundario
Asistente de mantenimiento	1	32	Masculino	Secundario

ANEXO 6

Área	Máquina y/o equipo	Marca	N°	Horas de trabajo diario
Cortado	Escuadradora	ESCUADRADORA SEGA 400 - 109	1	10
Canteado	Enchapadora de canto	ENCHAPADORA 515B - 251	1	10
	Compresor de aire	CCOMPRESOR Hyundai 78HYAC100D	1	10

ANEXO 7

Fallas y averías de Escudradora en el año 2018-2019			
Mes	Motivo de fallas	Frecuencia de falla (veces)	Tiempo promedio de reparación por falla (min)
Jul-18	Descalibración de máquina	37	33 min
	Deformación de disco de corte	9	58 min
Ago-18	Descalibración de máquina	38	30 min
	Deformación de disco de corte	8	55 min
Sep-18	Descalibración de máquina	30	30 min
	Deformación de disco de corte	9	52 min
Oct-18	Descalibración de máquina	36	28 min
	Deformación de disco de corte	8	54 min
Nov-18	Descalibración de máquina	39	29 min
	Deformación de disco de corte	8	61 min
Dic-18	Descalibración de máquina	37	30 min
	Deformación de disco de corte	7	55 min
Ene-19	Descalibración de máquina	39	31 min
	Deformación de disco de corte	8	60 min
Feb-19	Descalibración de máquina	40	33 min
	Deformación de disco de corte	9	62 min
Mar-19	Descalibración de máquina	30	29 min
	Deformación de disco de corte	7	54 min
Abr-19	Descalibración de máquina	42	32 min
	Deformación de disco de corte	8	55 min
May-19	Descalibración de máquina	29	34 min
	Deformación de disco de corte	6	54 min
Jun - 19	Descalibración de máquina	35	30 min
	Deformación de disco de corte	8	52 min

Fallas y averías de máquina enchapadora de cantos			
Mes	Motivo de fallas	Frecuencia de falla (veces)	Tiempo promedio de reparación por falla (horas)
Jul-18	Ruptura de pistones	1	6
	Sensor descompuesto	1	4
	Descalibración del canto	19	0.5
	Acumulación de goma en el caldero	0	48
Ago-18	Ruptura de pistones	1	6
	Sensor descompuesto	0	4
	Descalibración del canto	23	0.5
	Acumulación de goma en el caldero	0	48
Sep-18	Ruptura de pistones	1	6
	Sensor descompuesto	0	4
	Descalibración del canto	20	0.5
	Acumulación de goma en el caldero	1	48
Oct-18	Ruptura de pistones	1	6
	Sensor descompuesto	0	4
	Descalibración del canto	25	0.5
	Acumulación de goma en el caldero	0	48
Nov-18	Ruptura de pistones	1	6
	Sensor descompuesto	0	4
	Descalibración del canto	22	0.5
	Acumulación de goma en el caldero	0	48
Dic-18	Ruptura de pistones	1	6
	Sensor descompuesto	1	4
	Descalibración del canto	20	0.5
	Acumulación de goma en el caldero	0	48
Ene-19	Ruptura de pistones	1	6
	Sensor descompuesto	0	4
	Descalibración del canto	21	0.5
	Acumulación de goma en el caldero	0	48
Feb-19	Ruptura de pistones	1	6
	Sensor descompuesto	0	4
	Descalibración del canto	23	0.5
	Acumulación de goma en el caldero	0	48
Mar-19	Ruptura de pistones	1	6
	Sensor descompuesto	1	4
	Descalibración del canto	19	0.5
	Acumulación de goma en el caldero	0	48
Abr-19	Ruptura de pistones	1	6
	Sensor descompuesto	0	4
	Descalibración del canto	21	0.5
	Acumulación de goma en el caldero	0	48
May-19	Ruptura de pistones	1	6
	Sensor descompuesto	0	4
	Descalibración del canto	22	0.5
	Acumulación de goma en el caldero	0	48
Jun-19	Ruptura de pistones	1	6
	Sensor descompuesto	0	4
	Descalibración del canto	23	0.5
	Acumulación de goma en el caldero	0	48

Fallas y averías de Compresor de aire en el año 2018-2019			
Mes	Motivo de fallas	Frecuencia de falla (veces)	Tiempo promedio de reparación por falla (min)
Jul-18	Ruptura de mangueras	2	120 min
	Atascamiento de aire	2	58 min
	Tanque	7	30 min
Ago-18	Ruptura de mangueras	2	110 min
	Atascamiento de aire	2	56 min
	Tanque	8	32 min
Sep-18	Ruptura de mangueras	3	117 min
	Atascamiento de aire	3	54 min
	Tanque	6	33 min
Oct-18	Ruptura de mangueras	2	118 min
	Atascamiento de aire	2	57 min
	Tanque	6	35 min
Nov-18	Ruptura de mangueras	3	116 min
	Atascamiento de aire	3	57 min
	Tanque	6	36 min
Dic-18	Ruptura de mangueras	2	121 min
	Atascamiento de aire	2	58 min
	Tanque	7	33 min
Ene-19	Ruptura de mangueras	3	117 min
	Atascamiento de aire	3	57 min
	Tanque	6	34 min
Feb-19	Ruptura de mangueras	2	119 min
	Atascamiento de aire	3	59 min
	Tanque	7	32 min
Mar-19	Ruptura de mangueras	3	118 min
	Atascamiento de aire	3	56 min
	Tanque	6	31 min
Abr-19	Ruptura de mangueras	2	119 min
	Atascamiento de aire	3	57 min
	Tanque	7	31 min
May-19	Ruptura de mangueras	3	116 min
	Atascamiento de aire	3	56 min
	Tanque	7	32 min
Jun-19	Ruptura de mangueras	3	121 min
	Atascamiento de aire	3	59 min
	Tanque	6	33 min

ANEXO 8

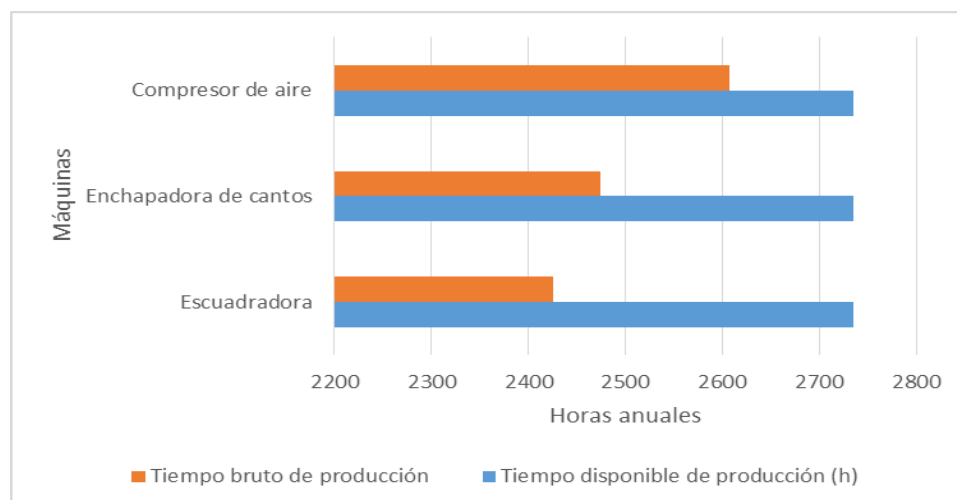
Ítem	Costo/hora (S/.)
Mano de obra	26.15
Energía	6.92

ANEXO 9

Ítem	Costo/hora (S/.)	N° de horas paradas	Costo total de mantenimiento (S/.)
Mano de obra	26.15	700	18 305
Energía	6.92	700	4 844
repuestos			15 000
Total			38 149

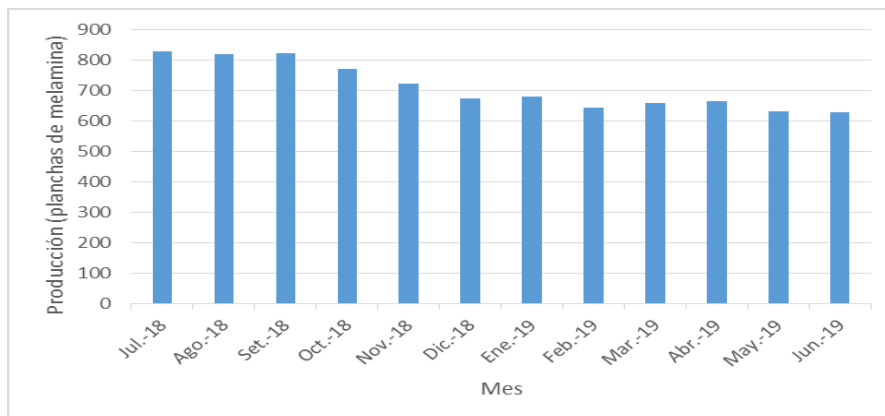
ANEXO 10

Máquina	Tiempo disponible de producción (h)	Tiempo de paradas no programadas (h)	Tiempo bruto de producción (h)
Escuadradora	2736	311	2425
Enchapadora de cantos	2736	261	2475
Compresor de Aire	2736	128	2608



ANEXO 11

Mes/año	Número de planchas cortadas y canteadas
Jul-18	560
Ago-18	544
Set-18	532
Oct-18	515
Nov-18	512
Dic-18	489
Ene-19	516
Feb-19	536
Mar-19	549
Abr-19	546
May-19	518
Jun-19	510



ANEXO 12

Producto	Producción (planchas)	Costo de producción	Costo unitario (soles/plancha)	Precio unitario (soles/plancha)	Utilidad (soles/plancha)
Plancha de melamina cortada y canteado	6 327	S/.1 348 472,00	S/.213,13	S/.250,00	S/.36,87

Materia prima e insumos	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Unidad	Costo total (soles)
Melamina	6 327	planchas	S/. 168	soles/kg	S/.1 062 936,0
Cera	708	kg	S/.17,0	soles/kg	S/.12 036,0
Canto	180 000	m	S/.0,2	soles/m	S/.36 000,0
Agua					S/.600
Energía eléctrica	196 363,63	kWh	S/.0,11	soles/kW	S/.21 600
Mano de obra	8	m.o/turno	S/.631,5	soles/turno	S/.192 000,00
Depreciación de maquinaria					S/. 8300
Repuestos					S/. 15 000,00
Total					S/.1 348 472,00

ANEXO 13

NOMBRE: ESCUADRADORA		
Función	Imagen de la máquina	Especificaciones técnicas
Tiene como función cortar planchas de melamina o madera de acuerdo a las especificaciones que requiera el cliente.		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Velocidad puntuación hoja de seria: 8000 rpm ✓ Motor principal: 5.9KW/ 8HP ✓ Motor incisor: 0.95KW/ 1.5HP

MÁQUINA:ESCUADRADORA					
Componente	Función	Avería	Motivo (s)	N° de averías/año	Tiempo de parada (h)
DISCO DE CORTE	Realizar el proceso de corte a las planchas posicionadas.	Deformación de disco de corte	Velocidad de corte inadecuada	95	1
VIGA MOVIL	Cuenta con un carro de tronzado que sirve para aumentar las dimensiones de corte.	Descalibración	Montaje inadecuado	432	0.5

Consecuencias:

Daño al personal	Daños severos al personal	Máquina que trabaja con objetos punzo cortantes
Efecto en la población	Sin efectos en la población	-
Impacto ambiental	Sin daños ambientales	-
Perdida en la producción	Pérdidas hasta 500 mil	Máquina de corte principal
Daños a la instalación	Pérdidas hasta de 500 mil	Máquina que trabaja con bajos costos en repuestos

Estimación de frecuencia de falla funcional:

Frecuencia	
MTBF en años	Pts
MTBF < 1	5
1 <= MTBF < 10	4
10 <= MTBF < 100	3
100 <= MTBF < 1 000	2
MTBF >= 1 000	1

Como se indicó anteriormente existe más de una sola falla por año, reportándose fallas hasta 527 veces al año, por lo que se le dará una valoración de 5 en la categoría de frecuencia de fallas.

Estimación de consecuencias de la falla
CRITICIDAD – MÁQUINA ESCUADRADORA

Frecuencia	Interpretación de probabilidad
5	Es probable que ocurra varias veces
4	Es probable que ocurra algunas veces en 10 años, pero es poco probable que ocurra en un año
3	Es poco probable que ocurra una vez en 10 años
2	Es poco probable que ocurra en 100 años
1	Es poco probable que ocurra en 1000 años

Categoría	Daños al Personal	Valor
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños Severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	
4	Incapacidad parcial permanente, heridas severas enfermedades en uno o más miembros de la empresa. Requiere suspensión laboral.	
3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Daños reportables.	3
2	El personal de planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables.	
1	No se esperan heridas o daños físicos.	

Categoría	Impacto en la Población	Valor
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad.	
4	Incapacidad parcial permanente, daños o enfermedades en al menos un miembro de la población.	
3	Pueden resultar en la hospitalización de al menos 3 personas, requiere tratamiento médico o primeros auxilios.	

2	Pueden resultar en heridas o enfermedades leves.	
1	Sin efecto a la población.	1

Categoría	Impacto al ambiente	
5	Mayor de 50 MM	
4	De 5 a 50 MM	
3	De 500 mil a 5MM	
2	De 50 mil a 500 mil	
1	Hasta 50 mil	1

Categoría	Daños a las instalaciones	
5	Mayor de 50 MM	
4	De 5 a 50 MM	
3	De 500 mil a 5MM	
2	De 50 mil a 500 mil	
1	Hasta 50 mil	1

Categoría	Impacto de Producción	
5	Mayor de 50 MM	
4	De a 15 a 50 MM	
3	De a 5 A 15 MM	
2	De 500 mil a 5 MM	
1	Hasta 500 mil	1

Impacto Total	5
Nivel de Criticidad	5 *7 = 35

Conclusión final: Según el análisis de criticidad en la máquina escuadradora tiene un nivel de criticidad media.

NOMBRE: ENCHAPADORA DE CANTOS		
Función	Imagen de la máquina	Especificaciones técnicas
Tiene como función cortar los bordes de las planchas de melamina para posteriormente, pegar cantos de tiras de madera por los bordes de las planchas.		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Velocidad de trabajo : 12 – 16 – 25 m/min ✓ Potencia del motor retestador: 12 000 rpm ✓ Potencia del motor refilador: 18 000 rpm ✓ Velocidad del disco: 18 000 rpm

MÁQUINA: ENCHAPADORA DE CANTOS					
Componente	Función	Avería	Motivo (s)	Nº de averías/año	Tiempo de parada (h)
Pistones	Componentes cilíndricos que cumplen las funciones de encolado, retestado del canto	Ruptura	Falta de purgación de compresora de aire	12	6
Sensor mecánico	Dispositivo que permite el accionamiento de todas las funciones de la máquina	Ruptura	Inadecuado posicionamiento de melamina	3	4
Canto	Componente	Desalineación	Montaje inadecuado	258	0.5
Caldero	Componente encargado de calentar la goma para el pegado del canto	Acumulación de goma	Falta de limpieza	1	48

Consecuencias

Daño al personal	Daños severos al personal	Máquina que trabaja con objetos punzo cortantes
Efecto en la población	Sin efectos en la población	-
Impacto ambiental	Sin daños ambientales	-
Perdida en la producción	Pérdidas hasta 500 mil	Máquina de canteado
Daños a la instalación	Pérdidas hasta de 500 mil	Máquina que trabaja con bajos costos en repuestos

Estimación de frecuencia de falla funcional:

Frecuencia	
MTBF en años	Pts
MTBF < 1	5
1 <= MTBF < 10	4
10 <= MTBF < 100	3
100 <= MTBF < 1 000	2
MTBF >= 1 000	1

Como se indicó anteriormente existe más de una sola falla por año, reportándose fallas hasta 274 veces al año, por lo que se le dará una valoración de **5** en la categoría de frecuencia de fallas.

CRITICIDAD – MÁQUINA ENCHAPADORA DE CANTO

Impacto Total	5
Nivel de Criticidad	5 *7 = 35

Conclusión final: Según el análisis de criticidad en la máquina cortadora tiene un nivel de criticidad media.

Compresor de aire

NOMBRE: COMPRESOR DE AIRE		
Función	Imagen de la máquina	Especificaciones técnicas
Almacenar y comprimir aire que permita darle potencia a los pistones para su correcto funcionamiento		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Motor 220 V ✓ Frecuencia 50 Hz ✓ Potencia 2 HP ✓ Tanque 100L ✓ Peso Neto 65 Kg

MAQUINA: COMPRESORA DE AIRE					
Componente	Función	Avería	Motivo (s)	N° de averías/año	Tiempo de parada (h)
Mangueras hidráulicas	Son las encargadas de transportar el aire comprimido	Ruptura	Deficiente proceso de transmisión de aire	30	2
Válvulas	Dispositivo que permite regular la presión del aire transportado.	Atascamiento	Falta de limpieza en el plato de válvula	29	1
Tanque de almacenamiento	Encargado de almacenar el aire a transportar	Almacenamiento de agua	Falta de purgación del equipo	78	0.5

Consecuencias:

Daño al personal	Daños severos al personal	-
Efecto en la población	Sin efectos en la población	-
Impacto ambiental	Sin daños ambientales	-
Perdida en la producción	Pérdidas hasta 500 mil	-
Daños a la instalación	Pérdidas hasta de 500 mil	Máquina que trabaja con bajos costos en repuestos

Estimación de frecuencia de falla funcional:

Frecuencia	
MTBF en años	Pts
MTBF < 1	5
1 <= MTBF < 10	4
10 <= MTBF < 100	3
100 <= MTBF < 1 000	2
MTBF >= 1 000	1

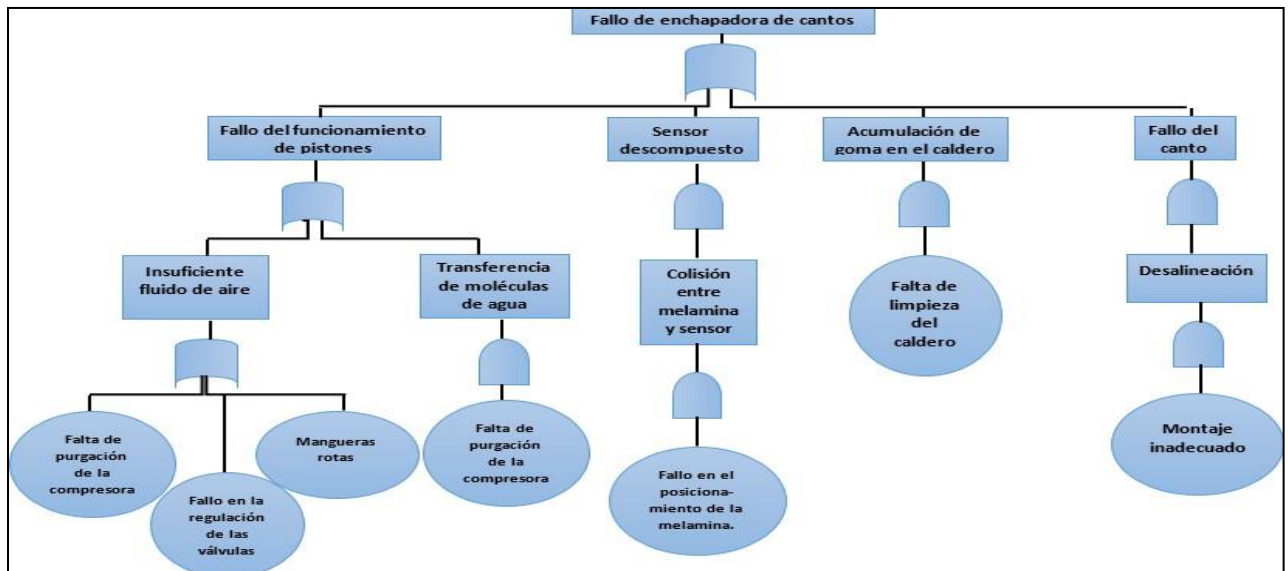
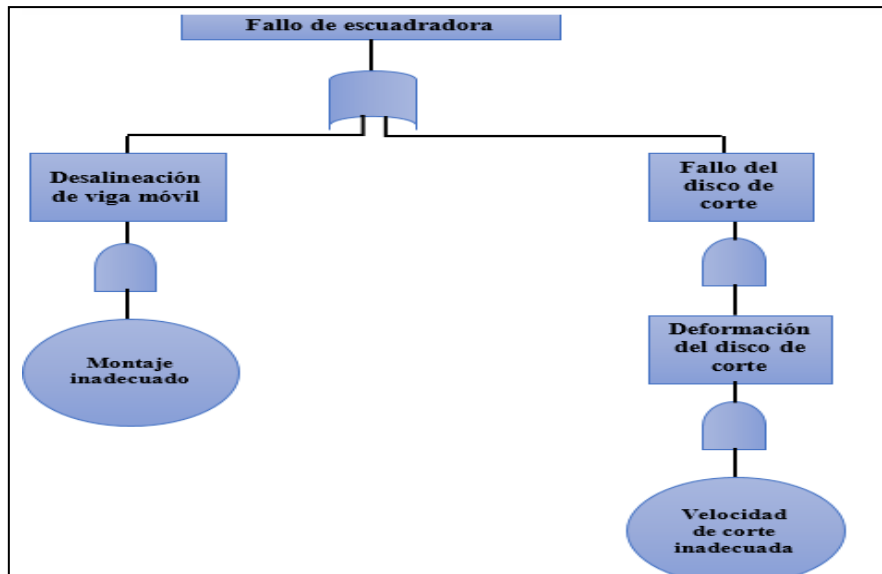
Como se indicó anteriormente existe más de una sola falla por año, reportándose fallas hasta 137 veces al año, por lo que se le dará una valoración de 5 en la categoría de frecuencia de fallas.

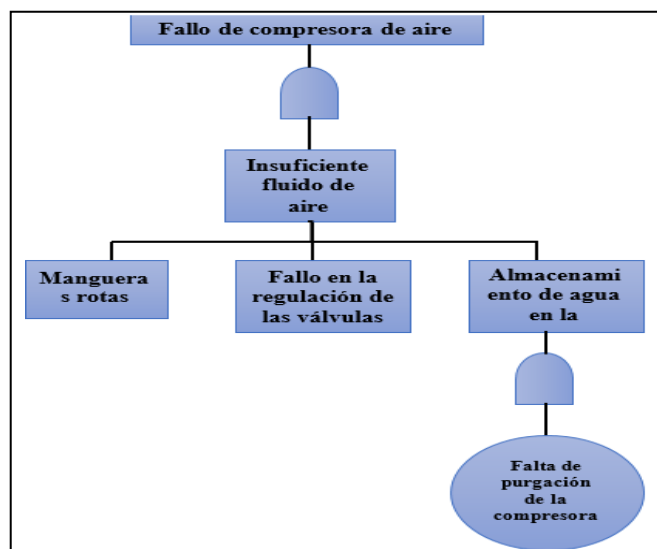
CRITICIDAD – MÁQUINA CORTADORA

Impacto Total	5
Nivel de Criticidad	5 *5= 25

Conclusión final: Según el análisis de criticidad en la máquina cortadora tiene un nivel de criticidad media.

ANEXO 14





ANEXO 15

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.				EQUIPO		ESCUADRADORA
				COMPONENTE		DISCO DE CORTE
Función		Fallo Función		Modo de fallo		Efectos de los fallos
1	Realizar el proceso de corte a las planchas	A	Corte deficiente	1	Disco de corte sucio	Los retazos de melamina se ensucian, siendo rechazados para el siguiente proceso
1	Realizar el proceso de corte a las planchas	B	Corte impreciso	1	Disco de corte desajustado	Las especificaciones de corte no son las adecuadas, obligando a un reproceso
1	Realizar el proceso de corte a las planchas	B	Corte impreciso	2	Deformación de disco de corte	Las especificaciones de corte no son las adecuadas, obligando a un reproceso

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.				EQUIPO		ESCUADRADORA
				COMPONENTE		VIGA MOVIL
Función		Fallo Función		Modo de fallo		Efectos de los fallos
1	Aumentar las dimensiones de corte	A	Corte deficiente	1	Viga Sucia	Los retazos de melamina se ensucian, siendo rechazados para el siguiente proceso
1	Aumentar las dimensiones de corte	B	Corte impreciso	1	Descalibración	Las especificaciones de corte no son las adecuadas, obligando a un reproceso

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.				EQUIPO		ENCHAPADORA DE CANTO
				COMPONENTE		PISTON
Función		Fallo Función		Modo de fallo		Efectos de los fallos
1	Producir y desplazar energía a través del aire comprimido	A	No se transmite la energía suficiente al equipo	1	Ruptura de piston	El equipo no puede realizar el encolado ni el retestado del canto ocasionando un paro de producción
1	Producir y desplazar energía a través del aire comprimido	B	No se produce la energía suficiente	1	Insuficiente fluido de aire	El equipo no puede realizar el encolado ni el retestado del canto ocasionando un paro de producción

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.				EQUIPO		ENCHAPADORA DE CANTO	
				COMPONENTE		SENSOR MECÁNICO	
Función		Fallo Función		Modo de fallo		Efectos de los fallos	
1	Permite el accionamiento de las funciones del equipo	A	Accionamiento de las funciones a destiempo	1	Inadecuado posicionamiento de los retazos de melamina y el sensor	Las especificaciones de canteo no son las adecuadas, obligando a un reproceso	
1	Permite el accionamiento de las funciones del equipo	B	No se accionan las funciones del equipo	1	Ruptura de sensor	Paro de producción	

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.				EQUIPO		ENCHAPADORA DE CANTO	
				COMPONENTE		CANTO	
Función		Fallo Función		Modo de fallo		Efectos de los fallos	
1	Pegar las cintas alrededor de los bloques de melamina	A	Canteo impreciso	1	Descalibración	Las especificaciones de canteo no son las adecuadas, obligando a un reproceso	
1	Pegar las cintas alrededor de los bloques de melamina	B	Canteo deficiente	1	Canto Sucio	Los retazos de melamina se ensucian, obligando a un proceso de limpieza final	

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.				EQUIPO		ENCHAPADORA DE CANTO	
				COMPONENTE		CALDERO	
Función		Fallo Función		Modo de fallo		Efectos de los fallos	
1	Calentar la goma para el pegado del canto	A	El caldero no transmite la suficiente energía a la goma	1	Acumulación de goma	Paro de producción	

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.				EQUIPO		COMPRESORA DE AIRE	
				COMPONENTE		MANGUERAS HIDRAULICAS	
Función		Fallo Función		Modo de fallo		Efectos de los fallos	
1	Transportar el aire comprimido	A	No se transmite el aire suficiente	1	Mangueras Rotas	Paro de producción	

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.				EQUIPO		COMPRESORA DE AIRE	
				COMPONENTE		VALVULAS	
Función		Fallo Función		Modo de fallo		Efectos de los fallos	
1	Regular la presión del aire transportado	A	Regulación de presión imprecisa	1	Acumulación de residuos	Paro de producción	

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M.				EQUIPO		COMPRESORA DE AIRE	
				COMPONENTE		TANQUE DE ALMACENAMIENTO	
Función		Fallo Función		Modo de fallo		Efectos de los fallos	
1	Almacenar el aire a transportar	A	Transporte de aire en malas condiciones	1	Acumulación de agua	Paro de producción	

ANEXO 16

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN R.C.M																
EQUIPO : ESCUADRADORA										COMPONENTE : DISCO DE CORTE						
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Tareas " a falta de "			TAREAS PROPUESTAS		FRECUENCIA	A REALIZAR POR
							S1	S2	S3							
							O1	O2	O3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	H6				
1	A	1	S	N	S	N	S	N	N				Limpieza de disco de corte	1 vez a la semana	Técnico de mantenimiento	
1	B	1	S	N	S	N	S	N	N				Ajuste de disco de corte	1 vez a la semana	Técnico de mantenimiento	
1	B	2	S	N	S	N	N	N	S				Cambio de disco de corte	1 vez al mes	Técnico de mantenimiento	

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN R.C.M																
EQUIPO : ESCUADRADORA										COMPONENTE : VIGA MOVIL						
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Tareas " a falta de "			TAREAS PROPUESTAS		FRECUENCIA	A REALIZAR POR
							S1	S2	S3							
							O1	O2	O3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	H6				
1	A	1	S	N	S	N	S	N	N				Limpieza de viga movil	1 vez a la semana	Técnico de mantenimiento	
1	B	1	S	N	S	N	S	N	N				Calibración Empírica y certificada	1 vez a la semana	Técnico de mantenimiento	

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN R.C.M																
EQUIPO : ENCHAPADORA DE CANTO										COMPONENTE : PISTONES						
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Tareas " a falta de "			TAREAS PROPUESTAS		FRECUENCIA	A REALIZAR POR
							S1	S2	S3							
							O1	O2	O3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	H6				
1	A	1	S	N	S	N	N	N	S				Cambio y ajuste de pistones	1 vez al mes	Técnico de mantenimiento	
1	B	1	S	N	S	N	S	N	N				Limpieza de pistones	1 vez a la semana	Técnico de mantenimiento	

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN R.C.M																
EQUIPO : ENCHAPADORA DE CANTO										COMPONENTE : SENSOR MECÁNICO						
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Tareas " a falta de "			TAREAS PROPUESTAS		FRECUENCIA	A REALIZAR POR
							S1	S2	S3							
							O1	O2	O3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	H6				
1	A	1	S	N	S	N	S	N	N				Limpieza y ajuste de sensor mecánico	1 vez a la semana	Técnico de mantenimiento	
1	B	1	S	N	S	N	N	N	S				Cambio de sensor mecánico	1 vez al año y medio	Técnico de mantenimiento	

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN R.C.M															
EQUIPO : ESCUADRADORA										COMPONENTE : CANTO					
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Tareas " a falta de "			TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	A REALIZAR POR
							S1	S2	S3						
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	H6			
1	A	1	S	N	S	N	S	N	N				Limpieza de canto	1 vez a la semana	Técnico de mantenimiento
1	B	1	S	N	S	N	S	N	N				Calibración Empírica y certificada	1 vez a la semana	Técnico de mantenimiento

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN R.C.M															
EQUIPO : ENCHAPADORA DE CANTO										COMPONENTE : CALDERO					
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Tareas " a falta de "			TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	A REALIZAR POR
							S1	S2	S3						
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	H6			
1	A	1	S	N	S	N	S	N	N				Limpieza y cambio de caldero	1 vez a la semana	Técnico de mantenimiento

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN R.C.M															
EQUIPO : COMPRESORA DE AIRE										COMPONENTE : MANGUERAS HIDRAULICAS					
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Tareas " a falta de "			TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	A REALIZAR POR
							S1	S2	S3						
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	H6			
1	A	1	S	N	S	N	N	N	S				Cambio de mangueras hidraulicas	2 veces al mes	Técnico de mantenimiento

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN R.C.M															
EQUIPO : COMPRESORA DE AIRE										COMPONENTE : VÁLVULAS					
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Tareas " a falta de "			TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	A REALIZAR POR
							S1	S2	S3						
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	H6			
1	A	1	S	N	S	N	S	N	N				Limpieza y cambio de válvulas	1 vez a la semana	Técnico de mantenimiento

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN R.C.M															
EQUIPO : COMPRESORA DE AIRE										COMPONENTE : TANQUE DE ALMACENAMIENTO					
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Tareas " a falta de "			TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	A REALIZAR POR
							S1	S2	S3						
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	H6			
1	A	1	S	N	S	N	S	N	N				Purgación de tanque y cambio de filtro	2 veces al mes	Técnico de mantenimiento

ANEXO 17

NIVEL DE RIESGO	DEFINICIÓN
Máquinas de alto riesgo	Equipos que interfieren directamente con el producto terminado, cuando este equipo falla tiene un gran impacto en la productividad de la empresa
Máquinas de mediano riesgo	Equipos de impacto significativo, si estos fallan generan problemas inmediatos en la producción.
Máquinas de bajo riesgo	Equipos en los cuales, su mal funcionamiento no presenta problemas serios en la productividad de la empresa.

CRITERIOS DE RIESGOS DEFINIDOS
Nivel de riesgo
Grado de obsolescencia
Carga de trabajo
Estado de conservación
Tipo de cliente

NIVEL DE RIESGO (NR)	VALOR	OBSERVACIONES
ALTO	5	Alto grado de incidencia si el equipo es detenido
MEDIO	3	Medio grado de incidencia si el equipo es detenido
BAJO	1	Bajo grado de incidencia si el equipo es detenido

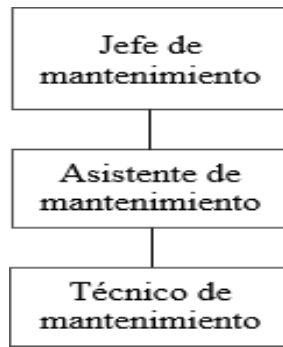
GRADO DE OBSOLECENCIA (GO)	VALOR	OBSERVACIONES
MAS DE 7 AÑOS	5	Máquinas con varios años de funcionamiento
5 – 7 AÑOS	3	Máquinas con medio tiempo de uso
ACTUAL	1	Máquinas con poco tiempo de uso

CARGA DE TRABAJO (CT)	VALOR	OBSERVACIONES
EXTENSIVO	5	Máquina trabajando 24 horas sin detenerse.
LÍMITE	3	Máquina con tiempo de trabajo de 12 horas
NORMAL	1	Máquina con tiempo de trabajo menor a las 8 horas

ESTADO DE CONSERVACIÓN (EC)	VALOR
MALO	5
REGULAR	3
BUENO	1

CLIENTE (C)	Observaciones
Internacional = 5	– Posibles exportaciones
Nacional = 3	– Clientes mayoristas, fabricantes de muebles
Otros = 1	– Clientes minoristas

PRIORIDAD	RANGO Pi
Prioridad Alta	Pi > 15
Prioridad Media	5 < Pi > 15
Prioridad Baja	Pi < 7

ANEXO 18

ANEXO 19

Plan de mantenimiento para la escuadradora

Tarea	Frecuencia	Responsable	En operación	Material por maquina	Duración (horas)	Veces por año
Cuchillo divisor						
Limpieza de cuchillo	7 días	M. preventivo	No	Soplador, escobilla y trapo industrial	0,2	53
Ajuste de cuchillo	7 días	M. preventivo	No	Estuche de Herramientas	0,2	53
Cambio de cuchillo	30 días	M. preventivo	No	Cuchillo divisor	0,5	12
Disco de Sierra						
Limpieza de Disco de sierra	7 días	M. preventivo	No	Soplador, escobilla y trapo industrial	0,2	53
Ajuste de Disco de sierra	7 días	M. preventivo	No	Caja de herramientas	0,2	53
Cambio de Disco de sierra	30 días	M. preventivo	No	Disco de Sierra	0,5	12
Viga Móvil						
Limpieza de Viga móvil	7 días	M. preventivo	No	Soplador, escobilla y trapo industrial	0,5	53
Calibración de viga móvil	7 días	M. preventivo	No	Caja de herramientas	2	53
Calibración certificada	183 días	M. Preventivo	No	Caja de herramientas	4	2
Cubre Sierra						
Limpieza de Cubre Sierra	7 días	M. preventivo	No	Soplador, escobilla y trapo industrial	0,2	53

Plan de mantenimiento para la enchapadora de cantos

Tarea	Frecuencia	Responsable	En operación	Material por maquina	Duración (horas)	Veces por año
Sensor mecánico						
Limpieza de sensor	7 días	M. preventivo	No	Soplador, escobilla y trapo industrial	0,2	53
Ajuste de sensor	7 días	M. preventivo	No	Estuche de Herramientas	0,2	53
Cambio de sensor	550 días	M. Preventivo	No	Sensor Mecánico	2	0,75
Pistones						
Limpieza de Pistones	7 días	M. preventivo	No	Soplador, escobilla y trapo industrial	1	53
Ajuste de pistones	7 días	M. preventivo	No	Caja de herramientas	0,2	53
Cambio de Pistones	30 días	M. preventivo	No	Pistones	4	12
Canto						
Limpieza de canto	7 días	M. preventivo	No	Soplador, escobilla y trapo industrial	1	53
Calibración de Canto Empírico	7 días	M. preventivo	No	Caja de herramientas	4	12
Calibración de Canto certificado	183 días	M. Preventivo	No	Caja de herramientas	6	2
Caldero						
Limpieza de Caldero	7 días	M. preventivo	No	Soplador, escobilla y trapo industrial	0,2	53
Cambio de caldero	730 días	M. preventivo	No	Caldero	24	0,5

Plan de mantenimiento para la compresora de aire

Tarea	Frecuencia	Responsable	En operación	Material por maquina	Duración (horas)	Veces por año
Mangueras hidráulicas						
Cambio de mangueras hidráulicas	15 días	M. Preventivo	No	Mangueras hidráulicas	0.5	24
Válvulas						
Limpieza de plato de válvula	7 días	M. preventivo	No	Soplador, escobilla y trapo industrial	0,2	53
Cambio de válvulas	200 días	M. preventivo	No	Filtro	1	3
Tanque de almacenamiento						
Purgación de tanque	15 días	M. preventivo	No	Aceite	1	24
Cambio de filtro	15 días	M. preventivo	No	Filtro	1	24

ANEXO 21

CÉDULA DE CAPACITACIÓN	
Sesión	I
Tema	Análisis de Análisis y control de procesos de fabricación en industrias de madera
Inversión	\$300 - S/.1080
Participantes	Jefe de mantenimiento
	Asistente de mantenimiento
	Operario de mantenimiento
Fecha programada	Ene-21
Duración prevista	24 horas
Institución	EMPRENDE BUSINESS SCHOOL
Temario	Análisis de la documentación técnica
	Elaboración de planes de mantenimiento de máquinas
	Control de operaciones en el proceso de fabricación de mobiliario
	Manejo de sistemas informatizados de diseño
	Control de procesos de acabado en la fabricación de mobiliario
	Verificación de máquinas industriales convencionales
Materiales requeridos	Laptop y internet

CÉDULA DE CAPACITACIÓN	
Sesión	II
Tema	Construcción y diseño de muebles en melamine
Inversión	\$600 - S/.2160
Participantes	Operario de producción
	Asistente de producción
	Operario de producción
	Asistente de producción
Fecha programada	Ene-21
Duración prevista	24 horas
Institución	CONSTRUAPRENDE
Temario	Generalidades de la industria
	Buenas practicas de manufactura
	Mecanizado industrial de láminas y piezas de melamine
	Orientación al trabajo
	Seguridad industrial en el sector
Materiales requeridos	Laptop y internet

CÉDULA DE CAPACITACIÓN	
Sesión	III
Tema	Elaboración de planes de mantenimiento
Inversión	\$400 - S/.1440
Participantes	Jefe de mantenimiento
	Asistente de mantenimiento
	Operario de mantenimiento
Fecha programada	Abr-21
Duración prevista	24 horas
Institución	RENOVETEC
Temario	Elaboración de planes de mantenimiento
	Aspectos previos a tener en cuenta
	Técnica para la elaboración del plan de mantenimiento
	Los protocolos de mantenimiento
	Fases en la elaboración de un plan de mantenimiento
	Mantenimiento conductivo
Materiales requeridos	Laptop y internet

ANEXO 22

Ítem	Costo/hora (S/.)	Nº de horas paradas	Costo total de mantenimiento (S/.)
Mano de obra	26.15	100	2 615.00
Energía	6.92	100	692
Total			5 076.00

ANEXO 23

Ítem	Costo
Mano de obra	14 400
repuestos	13 000
Herramientas	1 000
Calibración certificada	4 000
Total	22 400

ANEXO 24

VAN	S/. 9,511.44
TIR	16%
B/C	1.39

	0	1	2	3	4
INGRESOS		S/.7,739.20	S/.7,471.10	S/.7,471.10	S/.7,471.10
INVERSIÓN	-S/.24,480.00				
SALDO POR RECUPERAR		- S/.16,740.80	-S/.9,269.70	-S/.1,798.60	S/.5,672.50