



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM) para reducir los costos operativos de una empresa manufacturera de calzado.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Industrial

Autor:

Meyli Nyckol Calderon Ortecho

Asesor:

Ing. Oscar Goicochea Ramirez

Trujillo - Perú

2020

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mi mamá
quién siempre me ha brindado su
amor y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios porque sin él nada de esto
hubiera sido posible; a mi familia y amigos
por estar a mi lado en todo momento. Un
especial agradecimiento a mi asesor el Ing.
Oscar por sus enseñanzas.

Tabla de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	9
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	22
1.3. OBJETIVOS	22
1.3.1. Objetivo general	22
1.3.2. Objetivos específicos	22
1.4. HIPÓTESIS	22
1.4.1. Hipótesis general	22
1.4.2. Hipótesis específicas.....	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	23
2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	23
2.1.1. Por la orientación:.....	23
2.1.2. Por el diseño: Pre-experimental.....	23
2.2. MATERIALES, INSTRUMENTOS Y MÉTODOS.....	23
2.3. PROCEDIMIENTO.....	23
2.3.1. Diagnóstico de la Realidad Actual de la empresa	24
2.3.2. Diagnóstico del área problemática	31
2.3.3. Desarrollo de la propuesta de mejora	38
CAPÍTULO III. RESULTADOS	71
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	73
REFERENCIAS	75
ANEXOS	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro de fallas por máquina, periodo Setiembre 2018 - agosto 2019	11
Tabla 2 Procedimientos por etapas de investigación	24
Tabla 3 Principales productos en ventas.	27
Tabla 4 Total de ventas de los principales modelos de producción	28
Tabla 5 Resumen del proceso productivo de calzado	29
Tabla 6 Total de horas empleadas, por subproceso	30
Tabla 7 Causas raíces del área de Mantenimiento.....	31
Tabla 8 Matriz de priorización de las causas raíces	32
Tabla 9 Total de fallas al año, por máquina	33
Tabla 10 Tiempo operativo al año, por máquina.....	33
Tabla 11 Indicadores de mantenimiento, por máquina.....	34
Tabla 12: Matriz de Indicadores de las causas raíces de los problemas	37
Tabla 13: % Disponibilidad por máquina.....	39
Tabla 14: Codificación de las piezas por cada máquina.....	42
Tabla 15: AMEF del Sistema eléctrico de la Premoldeadora de talón.....	44
Tabla 16: AMEF del Sistema Neumático de la Premoldeadora de talón.....	45
Tabla 17: AMEF del Sistema Mecánico de la Premoldeadora de talón.....	46
Tabla 18: AMEF del Sistema mecánico de la Armadora de Puntas	47
Tabla 19: AMEF del Sistema hidráulico de la Armadora de puntas	48
Tabla 20: AMEF del Sistema eléctrico de la Armadora de puntas	49
Tabla 21: AMEF del Sistema eléctrico de la Armadora de puntas	50
Tabla 22: AMEF del Sistema mecánico de la Armadora de lados.....	51
Tabla 23: AMEF del Sistema Neumático de la Armadora de lados.....	52
Tabla 24: Hoja de decisión I de la Premoldeadora de talón	55
Tabla 25: Hoja de decisión II de la Premoldeadora de talón	56
Tabla 26: Hoja de decisión I de la Armadora de puntas	57
Tabla 27: Hoja de decisión II de la Armadora de puntas	58
Tabla 28: Hoja de decisión I de la Armadora de lados	59
Tabla 29: Hoja de decisión II de la Armadora de lados	60
Tabla 30: Plan de mantenimiento preventivo.....	63
Tabla 31: Costos de inversión del Plan de mantenimiento preventivo.....	64
Tabla 32: Temas específicos de capacitación	66
Tabla 33: Programa anual de capacitación de mantenimiento.....	67
Tabla 34: Costo del plan de mantenimiento.....	67
Tabla 35: Costo anual de inversión de la ejecución de la propuesta de mejora	68
Tabla 36: Estado de resultados del proyecto	69
Tabla 37: Flujo de caja	69
Tabla 38: Interpretación de resultados del flujo de caja	70
Tabla 39: Disponibilidad después del Mantenimiento preventivo	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de Ishikawa del área de Mantenimiento de la empresa.....	12
Figura 2: Organigrama de una empresa manufacturera de calzado.	25
Figura 3: Principales clientes de la empresa	26
Figura 4: Acumulado de ventas de los principales productos de la empresa.....	28
Figura 5: Diagrama de operaciones del proceso productivo de calzado de la empresa.....	29
Figura 6: Diagrama de Pareto de las causas raíces del área de Mantenimiento	32
Figura 7: Diagrama del proceso de implementación de la Metodología RCM	38
Figura 8: Ficha técnica de máquina premoldeadora de talón	40
Figura 9: Ficha técnica de la máquina Armadora de punta	40
Figura 10: Ficha técnica de la máquina Armadora de lados.....	41
Figura 11: Esquema de análisis de los modos y efectos de fallos	43
Figura 12: Árbol de decisión.....	54
Figura 13: Proceso estándar del Mantenimiento Correctivo	61
Figura 14: Proceso estándar del mantenimiento preventivo.....	61
Figura 15: Etapas del plan de capacitación de mantenimiento	65
Figura 16: Análisis FODA.....	66

RESUMEN

El presente trabajo de investigación está centrado en una empresa manufacturera de calzado dedicada hace más de 10 años a su fabricación en la provincia de Trujillo, para lo cual se realizó un diagnóstico de la situación actual de la empresa, el cual señalo que no contar con un mantenimiento preventivo les está aumentando los costos operativos y por ende reduciendo sus márgenes de utilidad, representando una pérdida anual total de S/ 113, 954.

Para dar solución a este problema, se desarrolló el plan de mantenimiento preventivo centrado en la fiabilidad (RCM), utilizando herramientas como el análisis de criticidad de factor crítico y analizando los modos y efectos de falla de cada sistema. La aplicación de esta metodología ha generado una mejora en la disponibilidad de las máquinas industriales, pre moldeadora de talón de un 96.99% a un 95.71 %, armadora de lados de 97.03% a 97.66% y en la armadora de puntas de 95.71% a 96.15%

Finalmente, se desarrolló un análisis económico y financiero para evaluar la factibilidad económica de la implementación de la propuesta de mejora, obteniendo un valor actual neto (VAN) de S/12,283.81; una tasa interna de retorno (TIR) del 36%, lo cual se interpreta como un proyecto viable y rentable para realizar en la presente empresa.

Palabras claves: RCM (*Mantenimiento Centrado en la fiabilidad*), AMEF (*Análisis de modo y efecto de fallos*)

ABSTRACT

This research report is focused on a shoe manufacturing company dedicated more than 10 years ago to the manufacture of footwear in the province of Trujillo, for which a diagnosis of the current situation of the company was made, which I point out that not counting with preventive maintenance it is increasing operating costs and therefore reducing its profit margins, representing a total annual loss of S /113, 954

To solve this problem, the Reliability Centered Maintenance (RCM) was developed, using tools such as criticality analysis and analyzing the failure modes and effects of each system. The application of this methodology has generated an improvement in the availability of industrial machines; Heel preform from 96.99% to 95.71, Sides maker from 97.03% to 97.66% and shoe bit maker from 95.71% to 96.15%.

Finally, an economic and financial analysis was developed to evaluate the economic feasibility of the implementation of the improvement proposal, obtaining a net present value (NPV) of S/ 12,283.81 an internal rate of return (IRR) of 36%; which is interpreted as a viable and profitable Project to carry out in this company.

Keywords: *RCM (Reability Centered Maintenance), AMEF (Failure mode and effect analysis).*

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Hoy en día, las pymes tienen una creciente importancia en los procesos de desarrollo económico de los países latinoamericanos, estas empresas deberían poder desarrollar todas sus capacidades de adaptación a fin de competir en mercados cada vez más extensos, dinámicos y exigentes; en una época signada por la globalización de los mercados y la crisis económica mundial.

Según Martínez (2009), entre los factores determinantes en la mejora de la posición competitiva de la empresa se encuentran la innovación tecnológica, la internacionalización, la financiación, la gestión de los recursos humanos y el desarrollo de prácticas de gestión, dirigidas a mejorar la eficiencia y productividad de los procesos productivos, para tratar de alcanzar la mayor rentabilidad de la inversión realizada en los activos industriales.

Sin embargo, la presencia de fallas y averías en las instalaciones industriales trae consigo un aumento en los costos de operación y pérdida de ingresos, por lo que es indiscutible que la gestión de mantenimiento cobra mayor relevancia debido al impacto directo que tiene sobre el proceso productivo.

Según Oliva (2010), el mantenimiento es un servicio que agrupa una serie de actividades mediante las cuales un equipo, máquina, o instalación, se mantiene o se restablece a un estado apto para realizar sus funciones, siendo importante en la calidad de los productos y como estrategia para una competencia exitosa.

El objetivo básico de cualquier gestión de mantenimiento, consiste en incrementar la disponibilidad de los activos, a bajos costos, permitiendo que dichos activos funcionen de forma eficiente y confiable dentro de un contexto operacional (Amendola, 2006).

Existen diferentes metodologías para abordar la gestión de mantenimiento, entre ellas destacan el mantenimiento centrado en la confiabilidad, RCM por sus siglas en inglés (Reliability Centered Maintenance o Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) y el mantenimiento productivo total, TPM por sus siglas en inglés (Total Productive Maintenance o Mantenimiento Productivo Total).

El mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM por sus siglas en inglés) es una metodología altamente reconocida y de uso extendido para elaborar planes de mantenimiento que incluyan todo tipo de estrategias de mantenimiento (preventivo, predictivo, búsqueda de fallas, etc.). Esta metodología fue desarrollada inicialmente por la industria comercial de aviación de los Estados Unidos para mejorar la seguridad y confiabilidad de sus equipos, fue definida por los empleados de la United Airlines Stanley Nowlan y Howard Heap en 1978 y ha sido utilizada para determinar estrategias de mantenimiento de activos físicos en casi todas las áreas de trabajo en los países industrializados del mundo.

Dentro de este contexto, la empresa cuenta con más de 19 años en el mercado, dedicada a la fabricación de calzado de vestir para damas, caballeros y niños; de las indagaciones realizadas se observa que las paradas de máquina son frecuentes, las cuales han generado pérdidas hasta de S/ 46,620. La empresa en todo su proceso productivo utiliza 23 máquinas, de las cuales 3 son utilizadas en los procesos claves de fabricación: La premoldeadora de talón SAZI 300 IV, conformadora de punta Cerim K-68, armadora de laterales Cerim k058; las cuales hasta el día de hoy han tenido un mantenimiento solo correctivo valorizado en S/9,160.23. En la Tabla 1, se presenta las horas totales de paradas por falla, que se registraron entre Setiembre 2018 y agosto del 2019:

Tabla 1
Cuadro de fallas por máquina, periodo Setiembre 2018 - agosto 2019

MES	PREMOLDEADORA DE TALON			CONFORMADORA DE PUNTA			ARMADORA DE LATERALES		
	Nro de fallas	Tiempo por parada	Tiempo total de paradas (Hr)	Nro de fallas	Tiempo por parada	Tiempo total de paradas (Hr)	Nro de fallas	Tiempo por parada	Tiempo total de paradas (Hr)
septiembre-18	2	4	8	1	4	4	3	1	3
octubre-18	2	1	2	5	2.5	12.5	4	1.5	6
noviembre-18	3	3.5	10.5	2	4	8	2	2	4
diciembre-18	4	2	8	4	3	12	4	1.5	6
enero-19	1	3	3	5	3.5	17.5	2	3	6
febrero-19	1	1.5	1.5	4	2	8	1	1.5	1.5
marzo-19	2	4	8	3	1	3	4	1	4
abril-19	5	1	5	1	3	3	4	2	8
mayo-19	3	2	6	4	2.5	10	4	4	16
junio-19	5	3	15	4	3	12	3	2.5	7.5
julio-19	4	2.5	10	3	2.5	7.5	4	2	8
agosto-19	2	1	2	3	4.5	13.5	2	4	8
TOTAL	34	28.5	79	39	35.5	111	37	26	78

Por lo tanto, se ha presentado un total de 110 fallas y 268 horas de parada en las máquinas, durante el proceso de producción en los últimos doce meses.

Por las razones antes expuestas para darle solución a esta problemática, se plantea la propuesta de implementación de un plan de mantenimiento, basado en la metodología RCM para reducir los costos operativos de la empresa, con el objeto de impactar favorable y óptimamente en la ejecución de las actividades de la empresa, permitiendo determinar los planes de acción necesarios para potencializar los recursos existentes, generando una mejora de la situación actual.

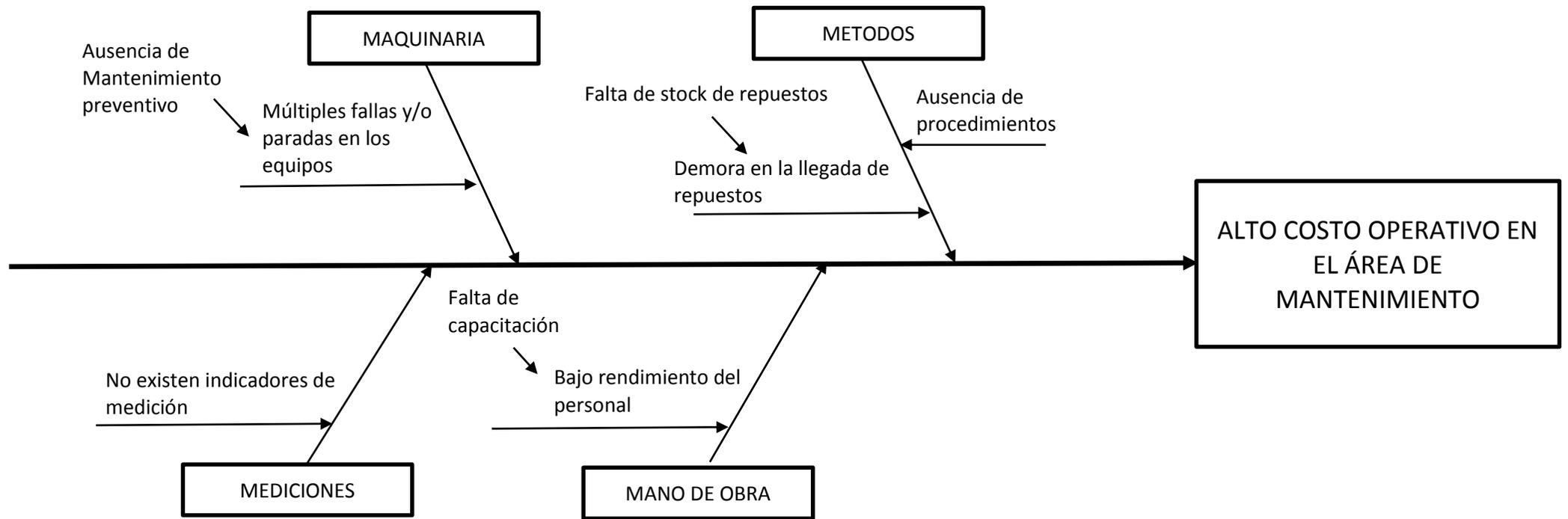


Figura 1: Diagrama de Ishikawa del área de Mantenimiento de una empresa manufacturera de calzado.

Los antecedentes considerados en la investigación son:

Montoya (2017), en su tesis titulada “Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la empresa Estructuras del Kafee”, realizada para obtener el título de Ingeniero Mecánico; en la Universidad Tecnológica de Pereira, concluye que se hizo una correcta codificación de todos los equipos de la empresa para así tener mayor control y orden a la hora de ejecutar el plan de mantenimiento preventivo, desarrollando las fichas técnicas del plan de mantenimiento preventivo, cumpliendo con las necesidades actuales de la empresa, para así mejorar en todo el proceso de esta y buscando obtener la certificación ISO 9001. Se desarrollaron los planes de mantenimiento preventivo para los equipos más críticos teniendo en cuenta que, estos son los que posiblemente puedan interferir en los procesos de producción, generando tiempos cesantes y paros, así la empresa Estructura del Kafee tendrá más control en la producción de estructuras metálicas y teja standing seam siguiendo los parámetros descritos en este plan de mantenimiento preventivo garantizando así un producto de alta calidad.

Silva (2015), en su tesis titulada “Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para el Sistema de Empaque de la línea Quantum de la empresa Papeles Nacionales S.A.”, realizada para obtener el título de Ingeniero Mecánico; en la Universidad Tecnológica de Pereira, concluye que con este plan de mantenimiento la empresa Papeles Nacionales S.A. busca precisamente mantenerse competitiva en su actividad económica, buscando lograr la meta de monitorear todos y cada uno de sus equipos y hacer que los imprevistos sean cada día cosa del pasado, además, el mejor funcionamiento de las máquinas no sólo evita la generación de productos con fallas, también mejora la eficiencia de la planta, elimina los riesgos de accidentes y con ello disminuye los costos de seguros, reduce o elimina los niveles

de contaminación y las consecuentes multas, incrementa los niveles de productividad, y por tanto reduce los costos de producción.

Altamirano y Zavaleta (2016), en su tesis titulada “Plan de Gestión de Mantenimiento Preventivo para mejora de la productividad en la empresa Naylamp – Chiclayo 2016”, realizada para obtener el título de Ingeniero Industrial; en la Universidad Señor de Sipán, concluye que los resultados de los indicadores de mantenimiento para cada etapa, fueron: la tasa de fallas, con 87,50% para la etapa de fermentación, 53,85% para el área de destilación y 77,78% para el área de producción de vapor; el tiempo medio entre fallos, de 6,73 días para la etapa de fermentación, 12,75 días para el área de destilación y 6,97 días para el área de producción de vapor. Todo ello ayudó a poder concluir en que todas las etapas del proceso fueron críticas.

Márquez (2016), en su tesis titulada “Mejora de los procedimientos del Mantenimiento Preventivo para la reducción del costo de intervención en grúas y descortezadoras”, realizada para obtener el título de Ingeniero Industrial; en la Universidad San Ignacio de Loyola, concluye que se obtuvo la reducción de un 40% de los costos de intervención en los 2 últimos meses, lo cual está vinculado a que los nuevos procedimientos de mantenimiento preventivo en grúas y descortezadoras, contribuye al incremento del tiempo vida de los componentes mecánicos, eléctricos e instrumentales de las máquinas, por lo que el mantenimiento se realiza de manera estandarizada y enfocada a los componentes críticos, así mismo se realiza inspecciones que ayuden a prevenir fallas o programar actividades en el próximo mantenimiento.

Gallardo (2017), en su tesis titulada “Plan de mantenimiento preventivo para aumentar los indicadores operacionales y reducción de costos de mantenimiento de las máquinas de la municipalidad del distrito de Tambogrande - Piura”, realizada para obtener el título de Ingeniero mecánico electricista; en la Universidad César Vallejo, concluye que se determinó

que costos por mantenimiento correctivo durante el periodo de enero del 2016 a diciembre del 2016, (reparaciones por fallas o averías de emergencia) en todos las maquinas es de S/.407305 En este mismo periodo, se estimó un total de 1407 horas de paros no planificados, teniendo un costo de operación de S/.193055. Se determinó que el nivel de criticidad de las maquinas en un nivel medio, solo con tres maquinarias en nivel de criticidad alto. Pero con el plan de mantenimiento se logró que el 50% de las maquinas tuvieran criticidad media y el otro 50% criticidad baja. También se produjo un ahorro de S/.92277.00.

Pardo (2017), en su tesis titulada “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para reducir costos de mantenimiento para el tren de asfalto de Constructora Chamonte SAC”, realizada para obtener el título de Ingeniero mecánico; en la Universidad Nacional de Trujillo, concluye que el Análisis de Modos de Fallas y sus efectos del RCM permite tener una información precisa de las causas de las fallas y su importancia, en el caso de en el tren de asfaltado las fallas de motor y las fallas en el sistema eléctrico son las que más impactan en la confiabilidad de estos equipos, el analizar cuáles son las causas de estas fallas es lo que permite con el Diagrama Lógico de Decisiones de RCM definir tareas de mantenimiento específicas para poder eliminarlas.

La teoría utilizada en la presente investigación está basada en:

A. Mantenimiento

Conjunto de actividades que permiten mantener un equipo, sistema o instalación en condición operativa, de tal forma que cumpla las funciones para las cuales fueron diseñados y asignados o restablecer dicha condición cuando ésta se pierde (Pérez & Salazar, 2009).

a. Tipos de mantenimiento

Se puede identificar varios tipos de mantenimiento los cuales poseen características propias que difieren en función de: el momento en el que se realiza, el objetivo

particular para el cual son puestos en marcha, que tan oportunos, prácticos y adecuados

son para solventar una determinada necesidad o circunstancia, los recursos que utilizan

y las estrategias a las que recurren (Moubray, 2004).

Un plan adecuado de mantenimiento debe ser la combinación de los diferentes tipos de mantenimiento. Actualmente se reconoce los siguientes:

- Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es una estrategia en la que se programan periódicamente las intervenciones de máquinas, con el fin de inspeccionar, reparar y/o reemplazar componentes. También intenta anticipar o prever las fallas para evitar daños y paros imprevistos. Las intervenciones se realizan aun cuando la máquina está operando satisfactoriamente. Programa el mantenimiento basándose en estimaciones de vida útil o tiempo entre fallas esperadas (Moubray, 2004).

- Mantenimiento predictivo

También conocido como “Mantenimiento Basado en Condiciones CBM”, monitorea y detecta parámetros operativos de los sistemas, máquinas y equipos. Realiza un seguimiento del desgaste de los mismos para determinar o predecir el punto exacto de cambio o reparación. Busca determinar el punto óptimo para la ejecución del mantenimiento preventivo en un equipo, es decir, el punto a partir del cual la probabilidad que el equipo falle y asuma valores indeseables y programa el mantenimiento basado en el pronóstico de ocurrencia de fallas o vida remanente (Moubray, 2004).

- Mantenimiento correctivo

También llamado “mantenimiento reactivo”, consiste en dejar a los equipos que operen sin ningún servicio o control del estado de los mismos, hasta que se produzca una falla en su funcionamiento en la mayoría de las ocasiones hasta que llegue a detenerse

(Moubray, 2004). El mantenimiento correctivo tiene costo nulo en función del tiempo, hasta que la unidad falla, y hay que repararla sorpresivamente y de urgencia, sin posibilidades de planificación y programación. Se caracteriza por generar lucros cesantes y daños que representan costos de gran magnitud (Chávez, 2012)

- Mantenimiento proactivo

El mantenimiento proactivo se lleva a cabo antes que ocurra una falla, con el objetivo de prevenir que el componente llegue a un estado de falla. Abarca lo que comúnmente se denomina mantenimiento “predictivo” y “preventivo” (Moubray, 2004).

- b. Objetivos del mantenimiento (Moubray, 2004)

- Mejorar continuamente los equipos hasta su más alto nivel operativo, mediante el incremento de la disponibilidad, efectividad y confiabilidad.
- Aprovechar al máximo los componentes de los equipos, para disminuir los costos de mantenimiento.
- Garantizar el buen funcionamiento de los equipos, para aumentar la producción.
- Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente.
- Maximizar el beneficio global.

- c. Planes de mantenimiento

Es el conjunto de tareas de mantenimiento seleccionadas y dirigidas a proteger la función de un activo, estableciendo una frecuencia de ejecución de las mismas y el personal destinado a realizarlas (Medina, 2010).

El plan de mantenimiento engloba tres tipos de actividades:

1. Las actividades rutinarias que se realizan a diario, y que normalmente las lleva a cabo el equipo de operación.
2. Las actividades programadas que se realizan a lo largo del año.
3. Las actividades que se realizan durante las paradas programadas (Moubray, 2004)

d. Tipos de plan de mantenimiento

Existen una variedad de planes de mantenimiento, pero los más utilizados por su estructura y funcionalidad son:

- Plan de mantenimiento basado en fabricantes

La elaboración de un plan de mantenimiento de una instalación industrial, es decir, la determinación del conjunto de tareas de carácter preventivo que es necesario realizar en la instalación basándose en lo indicado por los fabricantes en los manuales de operación y mantenimiento de cada uno de los equipos que la componen, es la forma más cómoda y habitual de elaborar un plan de mantenimiento. No obstante, presenta algunos inconvenientes graves que es necesario analizar antes de decidir basar el plan de mantenimiento exclusivamente en las recomendaciones de los suministradores (Moubray, 2004).

- Plan de mantenimiento basado en protocolos

El conjunto de tareas de mantenimiento que corresponde a un equipo tipo se denomina protocolo de mantenimiento programado (Ingeniería , 2015)

Si se elaboran los protocolos de mantenimiento de todos los tipos de equipos presentes en todo tipo de instalaciones industriales y se confecciona posteriormente una lista con todos los equipos de los que dispone la instalación concreta que se está analizando, solo hay que aplicar el protocolo de mantenimiento que le corresponde a cada uno de ellos para tener una lista completa y detallada de todas las tareas de mantenimiento preventivo a realizar en la planta.

- Plan de mantenimiento basado RCM

El objetivo fundamental de la implantación de un mantenimiento centrado en fiabilidad en una planta industrial es aumentar la fiabilidad de la instalación, es decir, disminuir el tiempo de parada de planta por averías imprevistas que impidan cumplir con los

planes de producción. Los objetivos secundarios, pero igualmente importantes son aumentar la disponibilidad, es decir, la proporción del tiempo que la planta está en disposición de producir, y disminuir al mismo tiempo los costes de mantenimiento, así como también mejora la comprensión del funcionamiento de los equipos, analiza todas las posibilidades de fallo de un sistema y desarrolla mecanismos que tratan de evitarlos, ya sean producidos por causas intrínsecas al propio equipo o por actos personales (Moubray, 2004).

- Mantenimiento centrado en la confiabilidad

El mantenimiento industrial actual se presenta como un conjunto de técnicas y organización para hacer que los "equipos" cumplan con las funciones para los cuales fueron diseñados (González, 2005).

La aplicación de estas técnicas y metodologías actuales como la del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), traen como consecuencia la disminución de las "interrupciones (paradas inesperadas por fallas)" que a su vez incrementan la "disponibilidad" de los equipos, traduciéndose esto en un menor gasto por mantenimiento correctivo indeseado y obteniendo productos de excelente calidad, que es lo que se quiere en este mundo tan competitivo a nivel industrial (González, 2005).

La herramienta RCM proporciona siete preguntas que se deben efectuar, respecto al equipo seleccionado para mantenimiento:

1. Funciones: ¿Cuáles son las funciones y patrones de desempeño del equipo en su contexto operacional actual?
2. Fallas funcionales: ¿De qué forma falla el equipo al cumplir sus funciones?
3. Modo de falla: ¿Qué ocasiona cada falla funcional?
4. Efectos de falla: ¿Qué consecuencias genera cada falla?
5. Consecuencia de falla: ¿En qué formas afecta cada falla funcional?

6. Tareas pro-activas y frecuencia: ¿Qué debe hacerse para predecir o prevenir cada falla funcional?

7. Tarea por omisión: ¿Qué debería hacerse si no se puede hallar tareas pro-activas aplicables? [10].

- Proceso del mantenimiento centrado en la confiabilidad

El proceso consiste en una serie ordenada y lógica de pasos sistemáticamente orientados a identificar las funciones de los equipos, sus fallas funcionales, los modos y causas de fallas dominantes y sus efectos. Para cada posible modo de falla encontrado, se evalúa el riesgo y vulnerabilidad generada al sistema, De acuerdo al nivel de riesgo se conoce la criticidad de la falla y el nivel de atención necesario (Salith, 2009).

- Ventajas y beneficios del mantenimiento centrado en confiabilidad.

Si el RCM se aplicará a un sistema de mantenimiento preventivo ya existente en las empresas, puede reducir la cantidad de mantenimiento rutinario habitualmente hasta un 40% a 70%.

Si el RCM se aplicará para desarrollar un nuevo sistema de mantenimiento preventivo en la empresa, el resultado será que la carga de trabajo programada, sea mucho menor que si el sistema se hubiera desarrollado por métodos convencionales.

Su lenguaje técnico es común, sencillo y fácil de entender para todos los empleados vinculados al proceso RCM, permitiendo al personal involucrado en las tareas saber qué pueden y qué no pueden esperar de esta aplicación y quien debe hacer qué, para conseguirlo (Salith, 2009).

- Filosofía del mantenimiento centrado en la confiabilidad

La filosofía del RCM se fundamenta en: (Moubray, 2004)

1. Evaluación de los componentes de los equipos, su estado y función.
2. Identificación de los componentes críticos

3. Aplicación de las técnicas de mantenimiento proactivo y predictivo
4. Chequeo en sitios y en operaciones del estado corpóreo y funcional de los elementos mediante permanente revisión y análisis.

e. Contexto operacional

Como parte de la definición de contexto operacional es importante tener en claro los procesos y sistemas: (Salith, 2009)

1. Unidades de proceso: Se define como una agrupación lógica de sistemas que funcionan unidos para suministrar un servicio.
2. Sistemas: Conjunto de elementos interrelacionados dentro de las unidades de proceso que tienen una función específica.

En esta parte del RCM se puede definir los factores que delimitan el problema de estudio, como:

3. Perfil de operación.
4. Ambiente de operación.
5. Calidad/disponibilidad de los insumos requeridos (gas natural, aire, etc.)
6. Alarmas señales de paro.
7. Política de repuestos, recursos y logística.
8. Condiciones laborales: horarios, guardias, nóminas.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el impacto de la propuesta de implementación de un plan de mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM) sobre los costos operativos de una empresa manufacturera de calzado?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el impacto de la implementación de un plan de mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM) sobre los costos operativos de una empresa manufacturera de calzado.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual en el área de mantenimiento de una empresa manufacturera de calzado.
- Desarrollar el plan de mantenimiento basado en RCM
- Evaluar los nuevos costos operativos tras la propuesta de implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM) disminuye los costos operativos de una empresa manufacturera de calzado.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Por la naturaleza:

El presente proyecto es de Investigación basada en ciencia formal, ya que se basa en un conjunto sistemático de conocimientos racionales y coherentes para encontrar las soluciones y/o relación entre factores.

2.1.2. Por el diseño: Diagnóstica

Esta investigación es diagnóstica o propositiva porque es un proceso dialéctico que utiliza un conjunto de técnicas y procedimientos para encontrar respuestas a preguntas científicamente preparadas, estudiar la relación entre factores y acontecimientos o generar conocimientos científicos.

2.2. Materiales, instrumentos y métodos

Para realizar el diagnóstico de la empresa, se identificó las causas raíces a través de un Diagrama de Ishikawa y posteriormente se seleccionó las más críticas a través de una Diagrama de Pareto. La evaluación de nuestras variables se identificó a través de una Matriz de indicadores. La propuesta de mejora se diseñó a partir de las causas raíces encontradas con las herramientas de diagnóstico mencionadas anteriormente; esta propuesta consiste en un plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) para reducir los costos operativos de una empresa manufacturera de calzado.

2.3. Procedimiento

Tabla 2
Procedimientos por etapas de investigación

ETAPA	PROCEDIMIENTO
Diagnóstico de la realidad actual de la empresa	<ul style="list-style-type: none"> • Ishikawa • Diagrama Pareto • Matriz de Indicadores
Solución propuesta	Se analiza y aplica las diversas herramientas y técnicas de Ingeniería Industrial para la solución del problema de investigación.
Evaluación económica financiera	Se identifica la inversión que implica la propuesta de mejora. Se realiza un flujo de caja proyectado y se calcula el VAN, TIR, B/C y el periodo de retorno de la inversión.

2.3.1. Diagnóstico de la Realidad Actual de la empresa

2.3.1.1. Generalidades de la empresa

La empresa está dedicada hace más de 18 años a la fabricación y venta de calzado masculino, femenino y de niño; siendo el primero su producto principal.

En la actualidad, distribuye a las diferentes ciudades del Perú, como son: Lima, Arequipa, Trujillo y Tumbes.

A) Lineamientos estratégicos

- **Visión**

“Ser una empresa con gran posicionamiento de marca, altamente competitiva, líder a nivel nacional e internacional a base de calidad, moda y confort. Ser una empresa formada por personas de gran calidad humana comprometidas con el cultivo y práctica de valores en la sociedad.”

- **Misión**

“Somos una empresa que fabrica y vende calzados sport de cuero para damas, caballeros y niños; que gestiona y dirige el talento humano de sus colaboradores y mejora todos sus procesos de manera continua para ofrecer a nuestros clientes lo mejor en moda, calidad y confort.”

B) Organigrama

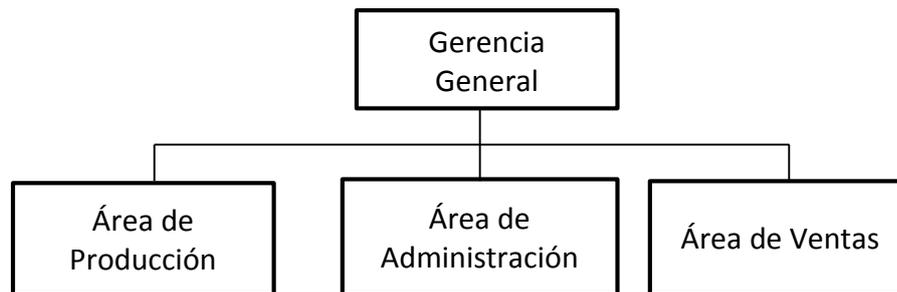


Figura 2. Organigrama de la empresa.

C) Principales proveedores

CUERO

- **Razón Social:** Curtiembre chimú S.A.C
RUC: 20131564504
- **Razón Social:** Curtiembre Austral S.R.L
RUC: 20454159455
- **Razón Social:** Curtiembre Orión S.A.C.
RUC: 20440207422

PLANTAS

- **Razón Social:** Utilex Solperu S.A.C

RUC: 2057460580

Razón Social: N & F Industrias Ramos E.I.R.L.

- **RUC:** 20545977037
- **Razón Social:** Famersa E.I.R.L.
RUC: 20515329537

OTROS INSUMOS

- **Razón Social:** Industria Ramosa E.R.L.
RUC: 20297131975
- **Razón Social:** Corporación Vivanco S.A.C.
RUC: 20546135633
- **Razón Social:** Hac. comercio y manufactura S.A.
RUC: 20507086838
- **Razón Social:** Curtiduría Sarco S.A.C.
RUC: 20509952819

D) Principales clientes

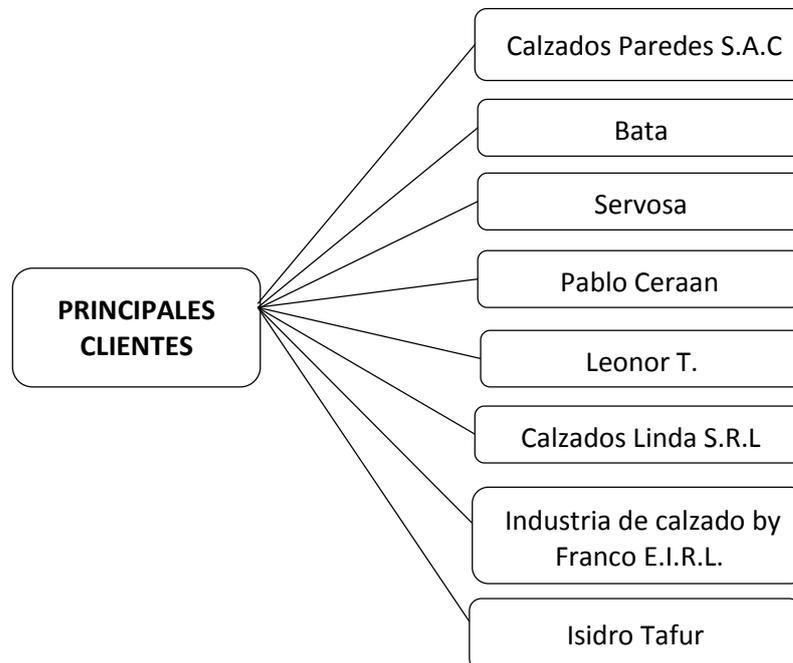


Figura 3: Principales clientes de la empresa

E) Principales productos

Tabla 3
Principales productos de venta.

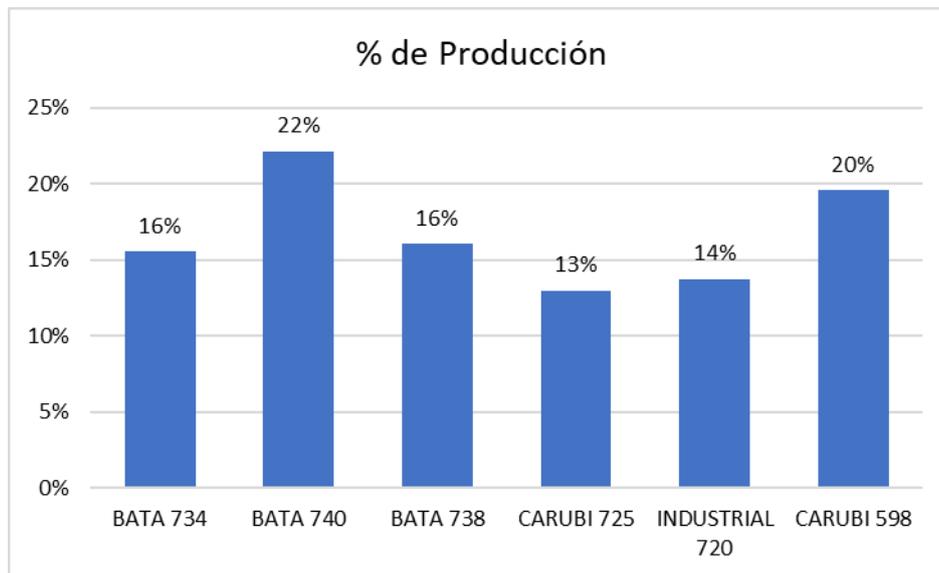
FOTO	MODELO	TALLA
	BATA 734	38 -42
	BATA 740	38-42
	BATA 738	38-42
	CARUBI 725	38-44
	INDUSTRIAL 720	38-45
	CARUBI 598	38-46

Fuente: Elaboración propia

La empresa produce variedad de modelos de calzado, por lo cual para realizar esta investigación se utilizó el registro de los principales modelos producidos en los últimos 3 meses.

Tabla 4
Total de ventas de los principales modelos de producción

MODELO DE CALZADO	MAYO	JUNIO	JULIO	TOTAL
BATA 734	183	202	159	544
BATA 740	275	280	220	775
BATA 738	158	199	204	561
CARUBI 725	80	116	258	454
INDUSTRIAL 720	85	296	100	481
CARUBI 598	208	320	157	685
TOTAL	989	1413	1098	3500



*Figura4.*Acumulado de ventas de los principales productos de una empresa manufacturera de calzado.

La figura muestra que durante los últimos 3 meses (Mayo, Junio y Julio del 2019), se puede evidenciar que la mayor producción de la empresa, la representa el modelo Bata 740; logrando acumular un total de 775 pares. A partir de ello se determinó que este estudio se enfoque en el modelo Bata 740.

2.3.1.2. Proceso productivo

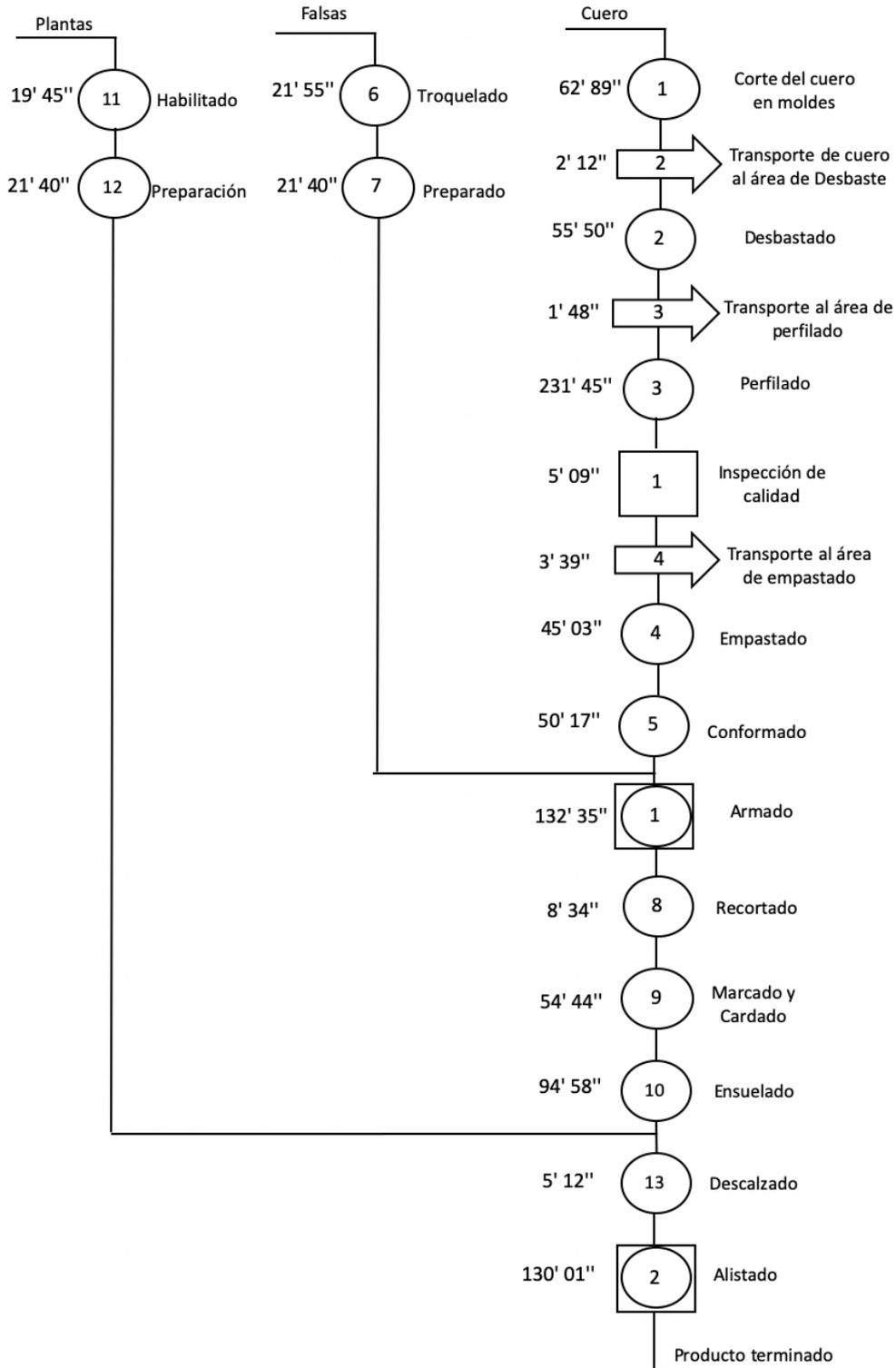


Figura 5. Diagrama de operaciones del proceso productivo de una empresa manufacturera de calzado.

Tabla 5
Resumen del proceso productivo de calzado

RESUMEN

ACTIVIDAD	FIGURA	CANTIDAD
Operación		13
Inspección		1
Transporte		4
Actividad combinada		2
TOTAL		20

Fuente: Elaboración propia

El proceso de producción de calzado de la empresa cuenta con 13 operaciones, 1 inspección, 4 transportes y 2 actividades combinadas en la fabricación del calzado de vestir de hombre bata modelo 740.

Tabla 6
Total de horas empleadas, por subproceso

SUBPROCESO	Tiempo (Min)	Tiempo (Hrs)	Horas diarias trabajadas	Nro de trabajadores	Docenas diarias producidas
Corte	65.01	1.08	8	4	30
Desbastado	56.98	0.95	8	2	17
Perfilado	239.93	4.00	10	7	18
Armado	473.83	7.90	10	6	8
Alistado	130.01	2.17	10	4	18
TOTAL	965.76	16.10		23	

Según la tabla, actualmente la empresa produce 8 docenas diarias, y por cada docena se emplea un total de 16.10 horas.

2.3.2. Diagnóstico del área problemática

Actualmente, la empresa posee altos costos operacionales, debido a las siguientes causas raíces, las cuales se identificaron anteriormente, a través de un diagrama Ishikawa (Ver figura N°01)

Tabla 7
Causas raíces del área de Mantenimiento

Ítem	Causa Raíz
CR1	Ausencia de mantenimiento preventivo
CR2	Falta de stock de repuestos
CR3	No existe indicadores de medición
CR4	Falta de Capacitación
CR5	Ausencia de procedimientos

Fuente: Elaboración propia

Para determinar cuáles son las causas raíces más críticas del área de mantenimiento, se aplica una encuesta a dos de los trabajadores más antiguos de producción y al técnico de mantenimiento, con la finalidad de encontrar las principales causas con relación a mantenimiento que los encuestados consideren que afecten al elevado costo operativo. Esta se ha determinado a partir de 4 niveles: Muy Alto: 4, Alto: 3, Bajo: 2, y Muy bajo:1. Con el conteo final de la encuesta, se ha logrado realizar una priorización de las causas, a través de un Diagrama de Pareto.

Tabla 8
Matriz de priorización de las causas raíces

ITEM	CAUSAS CRITICAS	TOTAL	%	% Acum.
CR1	Ausencia de mantenimiento preventivo	11	31%	31%
CR4	Falta de Capacitación	10	29%	60%
CR2	Falta de stock de repuestos	7	20%	80%
CR3	No existe indicadores de medición	4	11%	91%
CR5	Ausencia de procedimientos	3	9%	100%
	TOTAL	35	100%	

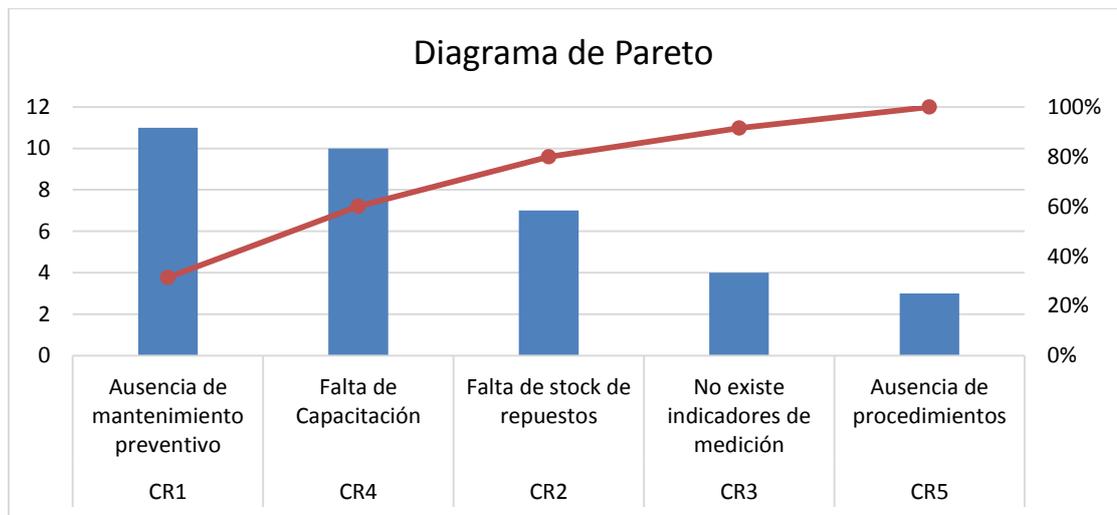


Figura 6. Diagrama de Pareto de las causas raíces del área de Mantenimiento

En la figura 6, se puede observar que de las 5 causas raíces halladas inicialmente, se logró priorizar 2 de ellas: La ausencia de un mantenimiento preventivo y falta de capacitación.

B. Monetización de causas raíces:

- **CR1: Ausencia de Mantenimiento preventivo**

En primer lugar, el coste de la ausencia de un plan de mantenimiento preventivo, se ha obtenido en base a las horas de paradas de máquina, mano de obra improductiva y el lucro cesante por la parada de la producción en la empresa. Para este cálculo, se ha tenido en cuenta el reporte anual de paradas de las tres máquinas utilizadas durante la producción, las cuales son pre-moldeadora de talón, la conformadora de

punta y la armadora de costados; dando como resultado un total, desde Setiembre

2018 hasta agosto del 2019, de 110 fallas o paradas y 268 horas.

Asimismo, se ha considerado el tiempo disponible de cada máquina durante el tiempo de estudio, los repuestos y materiales utilizados durante el mantenimiento de dichas máquinas.

Tabla 9
Total de fallas al año, por máquina

MÁQUINA	MODELO	Nro de fallas	Tiempo Total de paradas (Hrs)
Premoldeadora de talón	SAZI 300 IV	34	79
Conformadora de punta	CERIM K-68	39	111
Armadora de laterales	SAZI 652	37	78
TOTAL		93	110

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10
Tiempo operativo al año, por máquina

MÁQUINA	Horas al día	Días al mes	Meses al año	Tiempo disponible	Tiempo de operación
Premoldeadora de talón	9	25	12	2700	2621
Conformadora de punta	9	25	12	2700	2589
Armadora de laterales	9	25	12	2700	2622

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11
Indicadores de mantenimiento, por máquina.

MÁQUINAS	MTBF	MTRR	Disponibilidad
Premoldeadora de talón	77.09	2.32	96.99%
Conformadora de punta	66.38	2.85	95.71%
Armadora de laterales	70.86	2.11	97.03%

Fuente: Elaboración propia

Para calcular el sobre costo total que representa la ausencia de mantenimiento preventivo, se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$C.T. = \text{Lucro cesante} + C. \text{Mano de obra de Mant.} + C. \text{de repuestos}$$

a. Lucro cesante

- Capacidad promedio de par de calzado por hora: 6 pares/hora
- Precio de venta por par de calzado: S/80
- Costo por par de calzado: S/52.00
- Utilidad: 35%
- Horas de parada (fallas al año)

$$L. \text{Cesante} = \frac{6 \text{ pares/hora}}{\text{hora}} * \frac{80 \text{ soles}}{\text{par}} * 35\% * \frac{268 \text{ horas}}{\text{año}} *$$

$$L. \text{Cesante} = S/45,024$$

b. Costo de Mano de obra de mantenimiento

$$CMO = \frac{50 \text{ soles}}{\text{inspección}} * \frac{1 \text{ inspección}}{\text{falla}} * \frac{110 \text{ fallas}}{\text{año}}$$

$$CMO = S/5,500$$

c. Costo de repuestos

Según los datos de contabilidad, en los últimos 12 meses, la empresa ha gastado un total de S/6790 en repuestos y materiales para el mantenimiento del equipo y maquinaria.

Entonces el costo total es:

$$CT = S/45,024 * S/5,500 * S/6790$$

$$CT = S/57,314$$

- **Falta de capacitación de mantenimiento**

Para hallar el costo total que implica la falta de un plan de capacitación de mantenimiento, se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$CT = (TRR - TI) * UP * PV$$

- Tiempo real de reparación (TRR): 268 horas

-Tiempo ideal de reparación (TI): 150 horas

-Unidades Producidas (UP): 6pares/hora

-Precio de Venta (PV): s/80

Reemplazamos la fórmula con nuestros datos:

$$CT = (268 - 150) * 6 * 80$$

$$CT = S/56,640$$

Matriz de indicadores de causas raíces

Para esta matriz se consideró las 2 causas raíces halladas en la priorización realizada a través del diagrama de Pareto. Estas causas raíces serán analizadas a través de dos indicadores, uno que nos muestre el % de progreso tras la aplicación de la metodología RCM, y el otro a través del costo visualizar de una manera más sencilla el valor actual y el valor meta que se quiere lograr.

Tabla 12:
Matriz de Indicadores de las causas raíces de los problemas

CR	Descripción	Indicador	Fórmula	VA	VM	Herramienta de mejora
CR1	Ausencia de un plan de mantenimiento preventivo	Disponibilidad (%)	$\% D = \frac{MTBF}{(MTBF+MTTR)} * 100$ <p>MTTBF: Tiempo promedio entre fallas MTTR: Tiempo promedio para reparar</p>	PT: 96.99% CP: 95.71% AL: 97.03%	PT: 97.89% CP: 98.69% AL: 98.11%	Mantenimiento Centrado en la confiabilidad (RCM)
		Costos por falta de mantenimiento preventivo (S/)	$C.T. = LC + CMO + CR$ <p>LC: Lucro cesante CMO: Costo de mano de obra de mantenimiento CR: Costo de reparación</p>	S/57,314	S/24,696	
CR4	Falta de capacitación de mantenimiento	Personal capacitado (%)	$\% PC = \frac{\text{Total de personal capacitado}}{\text{Total de personal}} * 100$	30%	100%	Plan de capacitación de mantenimiento
		Costo anual por falta de capacitación de mantenimiento (S/)	$CT = (TRR - TI) * UP * PV$ <p>TRR: Tiempo real de reparación TI: Tiempo ideal de reparación UP: Unidades Producidas PV: Precio de Venta.</p>	s/56,640	s/32,100	

Fuente: Elaboración propia

2.3.3. Desarrollo de la propuesta de mejora

A partir del hallazgo de las causas raíces de mayor criticidad y su monetización, se ha planteado la propuesta de mejora para la empresa y así poder reducir sus altos costos operativos en el área de mantenimiento.

2.3.3.1. Mantenimiento centrado en la confiabilidad

En el desarrollo de la metodología del RCM, se basó en el autor Moubray (2004) con su libro “Mantenimiento centrado en la confiabilidad”.

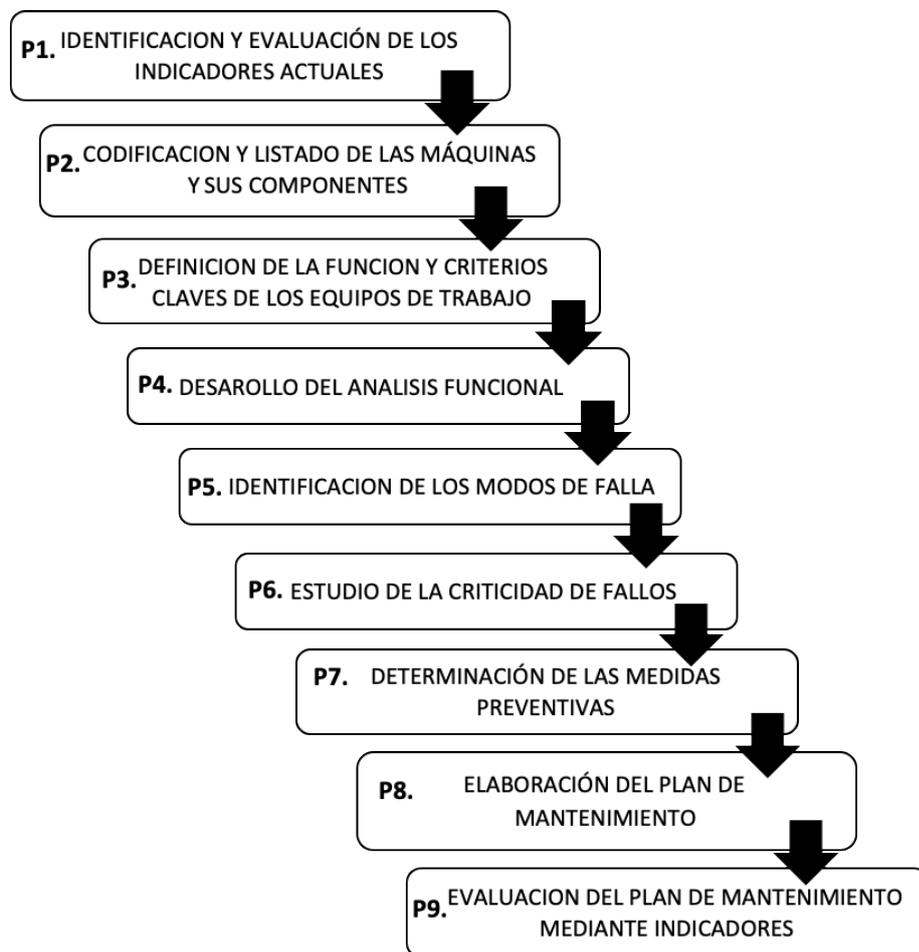


Figura 7. Diagrama del proceso de implementación de la Metodología RCM

- **FASE 1**

La fase 1 consistió en identificar los indicadores actuales de las 3 máquinas a analizar; como lo vimos en la tabla anterior hallamos el

tiempo medio de reparación (MTTR) y el tiempo medio entre fallos (MTBF) para finalmente poder tener el % de disponibilidad.

Tabla 13:
% Disponibilidad por máquina

MÁQUINAS	Disponibilidad
Premoldeadora de talón	96.99%
Conformadora de punta	95.71%
Armadora de laterales	97.03%

- **FASE 2**

Para la fase 2, se recopiló los datos de fábrica de las máquinas y con ello se elaboró las fichas técnicas.

A. Pre moldeadora de talón

PREMOLDEADORA DE TALON	
	
Marca	SAZI
Modelo	300 IV
Potencia eléctrica	2986 W
Consumo eléctrico	1770W
Peso neto	340 kg
Peso bruto	388 kg
Dimensiones	1380 x 725 x h2000 mm

Presión máxima de trabajo	7 bar
----------------------------------	-------

Figura 8. Ficha técnica de máquina pre moldeadora de talón

B. Armadora de punta

ARMADORA DE PUNTA	
	
Marca	Cerim
Modelo	K-68
Presión general	50 bar
Potencia	2,2 Kw
Volteos	220
Amperios	9,8
R.P.M.	1425
Peso neto	1250 kg
Dimensiones	170 x115 x 190 (cm)

Figura 9. Ficha técnica de la máquina Armadora de punta

C. Armadora de lados

ARMADORA DE LADOS	
	
Marca	Cerim
Modelo	K058
Presión general	50 bar
Potencia	2986 W
Peso neto	900 kg
Dimensiones	1350 x 1450 x2160 mm

Figura 10. Ficha técnica de la máquina Armadora de lados

Para que la identificación futura en el mantenimiento de las máquinas y de sus piezas y/o componentes, se codifico teniendo el siguiente criterio:

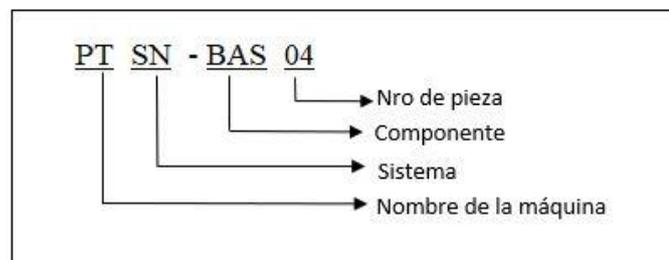


Figura 11. Fórmula para la codificación de las piezas de las máquinas

Finalmente aplicando estos criterios, se obtuvo la clasificación de las 3 máquinas y componentes:

Tabla 14:
Codificación de las piezas por cada máquina

EQUIPO	SISTEMAS	COMPONENTES		CODIGO
PREMOLDEADORA DE TALON (PT)	Neumático (SN)	1	Actuadores	PTSN -ACT01
		2	Compresor de aire comprimido	PTSN -COM02
		3	Válvulas	PTSN -VAL03
		4	Mangueras	PTSN -MAN04
		5	Regulador de presión	PTSN -REG05
	Mecánico (SM)	6	Bastidor	PTSM-BAS06
		7	Matrices calientes	PTSM-MAC07
		8	Matrices frías	PTSM-MAF08
	Eléctrico (SE)	9	Temporizador	PTSE-TEM09
		10	Resistencias	PTSE-RES10
		11	Motor de enfriamiento	PTSE-MOT11
		12	Cables	PTSE-CAB12
		13	Relés	PTSE-REL13
ARMADORA DE PUNTA (AP)	Mecánico (SM)	1	Pinzas de sujeción	APSM-PIN01
		2	Placas planchadoras	APSM-PLA02
		3	Soporte	APSM-SOP03
		4	Bastidor	APSM-BAS04
		5	Alimentador de pegamento	APSM-ALI05
		6	Levas armadoras	APSM-LEV06
	Hidráulico (SH)	4	Bomba hidráulica	APSH-BOM07
		5	Actuadores	APSH-ACT008
		6	Válvulas	APSH-VAL09
		7	Mangueras	APSH-MAN10
	Eléctrico (SE)	8	Regulador de presión	APSH-REG11
		9	Temporizador	APSE-TEM12
		10	Resistencias	APSE-RES13
		11	Cables	APSE-CAB14
		12	Relés	APSE-REL15
ARMADORA DE LATERALES (AL)	Mecánico (SM)	1	Bastidor	ALSM-BAS01
		2	Brazo posicionador	ALSM-BRA02
		3	Boquillas	ALSM-BOQ03
		4	Mangueras metálicas	ALSM-MAN04
		5	Ruedas dentadas	ALSM-RUES05
		6	Almohadilla polimérica con dedos	ALSM-ALM06
	Eléctrico (SE)	7	Protecciones electricas	ALSM-PRO07
		8	Resistencias	ALSM-RES08
		9	Cables	ALSM-CAB09
		10	Memoria	ALSM-MEM10
		11	PLC	ALSM-PLC11
	Neumático (SN)	12	Válvulas	ALSM-VAL12
		13	Mangueras	ALSM-MAN13
		14	Fuente de aire	ALSM-FUE14
		15	Actuadores	ALSM-ACT15

- **FASE 3, 4 y 5**

Mediante la herramienta del AMEF (Análisis de modo y efecto de fallas) se puede lograr desarrollar tres de las fases de manera conjunta. Antes de empezar se elaboró un formato de ficha de cada sistema por máquina, por lo cual en total se elaboraron 3 fichas de AMFE por cada una de las máquinas.

En primer lugar, se enumeró todos los posibles modos de fallo, es decir todas las anti funciones que pueden producirse en los componentes ya previamente codificados. Posteriormente, se identificó el modo de fallo que representa las causas por las cuales se pueden producir los fallos funcionales y posteriormente el efecto de dicha falla. Finalmente, le dimos un valor a la falla de cada componente, a través de 3 criterios: Gravedad, ocurrencia y detección; y la combinación de estos 3 elementos nos priorizaría las fallas primordiales para el posterior plan de mantenimiento.

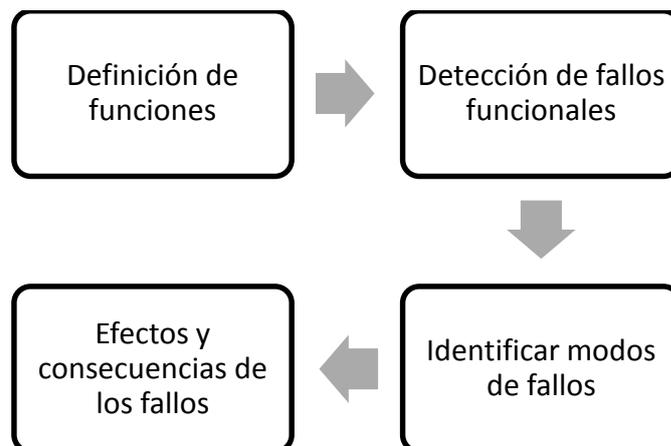
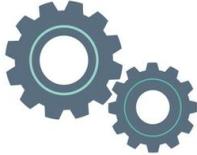


Figura 11: Esquema de análisis de los modos y efectos de fallos

Tabla 15:
AMEF del Sistema eléctrico de la Pre moldeadora de talón

		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE LA FALLA (AMEF)											
		MAQUINA: PRE-MOLDEADORA DE TALON		ELABORADA POR: CALDERON M.				FECHA: 20/10/2019					
		SISTEMA: ELÉCTRICO		CODIGO: PTSE				HOJA: 1					
COMPONENTE		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO		EFECTO DE FALLA			G	O	D	NRP	
PTSE-TEM09	Temporizadores	A	No regula el tiempo para la aplicación de presión	1	Sobrecarga	La máquina no puede reblandecer y/o preformar	6	2	7	84	Tolerable		
				2	Variación del voltaje		4	2	3	24	Tolerable		
				3	Obsolencia		5	4	6	120	Tolerable		
PTSE -RES10	Resistencias	B	Resistencias no calientan	1	Resistencias quemadas	Placas de asiento no planchan	4	2	7	56	Tolerable		
				2	Cortocircuito		4	1	8	32	Tolerable		
PTSE -REL13	Relés	C	Incapaz de permitir cambios ciclo armado	1	Máquina no arma talón	Máquina no arma talón	4	3	5	60	Tolerable		
PTSE -MOT11	Motor de enfriamiento	D	No proporciona atmósfera fría	1	Cortocircuito	La máquina no puede preformar	6	3	6	108	Tolerable		
				2	Sobrecarga		6	3	6	108	Tolerable		
				3	Falla operativa		6	3	3	54	Tolerable		
PTSE -CAB12	Cableado	E	Cable en mal estado	1	Deterioro	Posibilidad de accuidentes, corto circuito.	4	3	2	24	Tolerable		

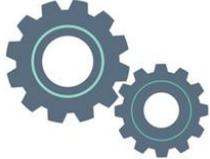
Fuente: Elaboración propia

Tabla 16:
AMEF del Sistema Neumático de la Pre moldeadora de talón

		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE LA FALLA (AMEF)											
		MAQUINA: PRE-MOLDEADORA DE TALON		ELABORADA POR: CALDERON M.					FECHA: 20/10/2019				
		SISTEMA: NEUMÁTICO		CODIGO: PTSN					HOJA: 2				
COMPONENTE		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO		EFECTO DE FALLA			Gravedad	Ocurrencia	Detección n	NRP	
PTSN -COM02	Suministro de aire comprimido	A1	No ingresa el aire comprimido al sistema	1	Falla del compresor	Paralización del funcionamiento de la máquina por ausencia del aire	2	3	5	30	Tolerable		
				2	Falla del medidor de presión		2	4	6	48	Tolerable		
PTSN -ACT01	Cilindros o actuadores	B1	Cilindro se mueve pero no se mantiene la presión	1	Falta de lubricación	La máquina no puede funcionar	4	4	7	112	Tolerable		
				2	Obstrucción del filtro		6	5	8	240	Importante		
				3	Sellos del cilindro en mal estado	Inyectores avanzan demasiado antes o después de tiempo.	5	4	7	140	Importante		
				4	Bajo suministro de aire		5	2	7	70	Tolerable		
		B2	Cilindro no se mueve	1	Acopladores flojos	La máquina no puede reblandecer y/o preformar	3	4	5	60	Tolerable		
				2	Acopladores defectuosos		4	6	4	96	Tolerable		
3	Obstrucción del filtro			Inyectores no avanzan	5	2	6	60	Tolerable				
4	Falla de suministro de aire	3	2		7	42	Tolerable						
PTSN -VAL03	Válvulas	C1	No permite o permite siempre pasar el aire	1	Deterioro de elementos internos	No se produce armado de talón	8	4	7	224	Importante		
				2	Mala lubricación		5	4	8	160	Importante		
				3	Obsolencia		5	2	7	70	Tolerable		
PTSN -MAN04	Mangueras	D1	Incapacidad de suministrar aire comprimido	1	Mangueras retorcidas	Baja eficiencia para armado de zapato	2	5	7	70	Tolerable		
				2	Mangueras rotas		2	3	7	42	Tolerable		
				4	Obsolencia		4	2	7	56	Tolerable		
				5	Mal acopladas		3	3	7	63	Tolerable		
PTSN -REG05	Reguladores de presión	E1	Elevada o insuficiente presión para transportar aire comprimido	1	Filtros en mal estado	Baja eficiencia para armado de zapato	7	2	7	98	Tolerable		
				2	Falta de lubricación		4	3	7	84	Tolerable		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17:
AMEF del Sistema Mecánico de la Pre moldeadora de talón

		ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE LA FALLA (AMEF)											
		MAQUINA:		PRE-MOLDEADORA DE TALON		ELABORADA POR: CALDERON M.			FECHA: 20/10/2019				
		SISTEMA:		MECÁNICO		CODIGO: PTSM			HOJA: 3				
COMPONENTE		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO		EFECTO DE FALLA			Gravedad	Ocurrencia	Detección n	NRP	
PTSM -MAC07	Matrices calientes	A1	Deterioro de matrices calientes	1	Fátiga	La máquina no puede reblandecer			8	3	8	192	Importante
				2	Sobrepresión neumática							128	Importante
				3	Matrices inadecuadas							64	Tolerable
PTSM -MAF08	Matrices frías	B1	Deterioro de matrices frías	1	Fátiga	La máquina no puede preformar			8	3	8	192	Importante
				2	Sobrepresión neumática							128	Importante
				3	Matrices inadecuadas							64	Tolerable

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18:

AMEF del Sistema mecánico de la Armadora de Puntas

		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE LA FALLA (AMEF)									
		MAQUINA:	ARMADORA DE PUNTAS		ELABORADA POR: CALDERON M.			FECHA: 20/10/2019			
		SISTEMA:	MECÁNICO		CODIGO: APSM			HOJA: 1			
COMPONENTE		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO		EFECTO DE FALLA			NRP		
						Gravedad	Ocurrencia	Detección n			
APSM -PIN01	Pinzas de sujeción	A1	Ruptura de muelles	1	Fatiga del muelle	Las pinza no se abren	8	5	8	320	Importante
				2	Mal diseño de muelle		3	2	7	42	Tolerable
				3	Mal montaje entre pinza y muelle		3	3	6	54	Tolerable
				4	Obsolencia de muelles		7	2	2	28	Tolerable
		A2	Atascamiento del soporte de la pinza (Carro regulador)	1	Mala regulación de las pinzas	El aparato es soltado demasiado rápido o lento	3	4	5	60	Tolerable
				2	Acumulación de suciedades en el carro regulador		3	8	4	96	Tolerable
				3	Falta de lubricación entre la pinza y el carro		3	4	4	48	Tolerable
		A3	Superficies de pinzas sin estrías	1	Mala calibración	No sujeta y estirada el parado	4	4	3	48	Tolerable
				2	Mal montaje de pinzas		3	4	3	36	Tolerable
				3	Mal diseño de estrías		3	3	5	45	Tolerable
				4	Desgaste de estrías		3	7	5	105	Tolerable
				5	Cilindro hidráulico en malas condiciones		6	3	4	72	Tolerable
6	Alimentación de líquido hidráulico insuficiente			3	4		4	48	Tolerable		
APSM -PLA02	Placas planchadoras	B1	No cierran las placas planchadoras	1	Desgaste de articulación	No se completa el planchado del cuero del zapato	6	5	6	180	Importante
				2	Falta de lubricación entre articulación y placas		3	4	5	60	Tolerable
				3	Obsolencia de articulación		4	4	4	64	Tolerable
				4	Alimentación de líquido hidráulico insuficiente		6	4	5	120	Tolerable
				5	Cilindro hidráulico en malas condiciones		6	3	4	72	Tolerable
APSM -SOP03	Soporte horma y plantilla	C1	Soporte queda demasiado alto y/o bajo	1	regulador	Planta resulta arrugada y el aparato no queda pegado a la horma	2	3	4	24	Tolerable
				2	Descalibración del soporte		3	3	4	36	Tolerable
				3	Mal montaje del soporte		3	3	5	45	Tolerable
				4	Alimentación de líquido hidráulico insuficiente		7	5	4	140	Importante
				5	Cilindro hidráulico en malas condiciones		4	3	6	72	Tolerable
				6	Fallo de contactores		4	3	6	72	Tolerable
APSM - ALI05	Alimentador de pegamento	D1	Obstrucción	1	Suciedad en el medio	Disminución de parámetros de funcionamiento	8	2	2	32	Tolerable
APSM -LEV06	Levas armadoras	E1	Desgaste de bujes	1	Fatiga	Disminución de parámetros de funcionamiento	6	3	6	108	Tolerable
				2	Obsolencia		3	2	4	24	Tolerable

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19:

AMEF del Sistema hidráulico de la Armadora de puntas

		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE LA FALLA (AMEF)									
		MAQUINA:	ARMADORA DE PUNTAS			ELABORADA POR: CALDERON M.			FECHA: 20/10/2019		
		SISTEMA:	HIDRÁULICO			CODIGO: APSH			HOJA: 2		
COMPONENTE		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO		EFFECTO DE FALLA	Gravedad	Ocurrencia	Detección n	NRP	
APSH - BOM07	Bomba hidráulica	A1	Ruido anormal	1	Desgaste abrasivo entre engranajes	Sobreesfuerzo y daño de la bomba hidráulica	8	8	2	128	Importante
				7	7		2	98	Tolerable		
		A2	La bomba no esta descargando flujo	2	Filtro de entrada obstruido		7	7	5	245	Importante
				3	Clavija de acoplamiento cortada		7	7	5	245	Importante
APDH - ACT008	Cilindros o Actuadores	B2	Cilindro se mueve pero no mantiene la presión	1	Conexiones con fuga	No se completa carrera de operación	9	5	5	225	Importante
				2	Sellos del cilindro desgastado o dañados		6	6	3	108	Tolerable
				3	No hay suficiente presión de fluido		6	5	5	150	Importante
				4	Mangueras rotas		7	5	2	70	Tolerable
		B3	Cilindro se mueve más lento de lo normal	1	Acoplador flojo	Los movimientos de la máquina se vuelven lentos	9	5	5	225	Importante
				2	Obstrucción de mangueras		9	6	2	108	Tolerable
				3	Insuficiente presión de fluido		8	5	2	80	Tolerable
				4	Sellos de cilindro en mal estado		7	6	2	84	Tolerable
		B4	Cilindro no se mueve	1	Acoplador flojo	No se desplaza el pistón	9	7	3	189	Importante
				2	Falta de líquido hidráulico en el depósito de la bomba		7	6	2	84	Tolerable
				3	Obstrucción de filtros		6	5	5	150	Importante
				4	Bomba dañada		7	5	3	105	Tolerable
				5	Mangueras obstruidas		8	6	2	96	Tolerable
		B5	Cilindro se extiende solo parcialmente	1	El nivel de líquido hidráulico es bajo en el depósito de la bomba	Lentitud en los movimientos de la máquina	8	7	3	168	Importante
				2	Barra del pistón del cilindro restringida		9	7	4	252	Importante
APSH - VAL09	Válvulas	C1	No permite o permite siempre pasar el aire	1	Mal montaje	Disminución de los parámetros de funcionamiento	9	5	2	90	Tolerable
				2	Mala lubricación		9	6	2	108	Tolerable
				3	Obsolencia		7	5	5	175	Importante
				4	Deterioro de elementos internos		8	5	2	80	Tolerable
APSH - MAN10	Mangueras	D1	Incapaces de suministrar líquido hidráulico	1	Mangueras retorcidas	Disminución de los parámetros de funcionamiento	6	6	4	144	Importante
				2	Mangueras rotas		8	7	4	224	Importante
				3	Acoples en mal estado		9	7	5	315	Importante
				4	Obsolencia		8	6	5	240	Importante
				5	Mal acopladas		7	5	3	105	Tolerable
APSH - REG11	Reguladores de presión	E1	Elevada o insuficiente presión para transportar	1	Atasco en la boquilla del regulador	Disminución de los parámetros de funcionamiento	6	5	4	120	Tolerable
				2	Falta de lubricación		6	7	2	84	Tolerable
APSH - TAN12	Tanque de aceite	D1	Obstrucción/ Taponeamiento	1	Filtro sucio	Lentitud en los movimientos de la máquina por falta de presión o caudal	9	6	3	162	Importante
				2	Lubricación a destiempo		8	6	5	240	Importante
				3	Lubricación inadecuado		7	5	2	70	Tolerable
				4	Filtros deteriorados		8	5	2	80	Tolerable
		D2	Fugas de aceite	1	Sello de tapón de drenaje roto o deteriorado	Consumo excesivo de aceite hidráulico	8	5	3	120	Tolerable

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20:
AMEF del Sistema eléctrico de la Armadora de puntas

		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE LA FALLA (AMEF)									
		MAQUINA: ARMADORA DE PUNTAS		ELABORADA POR: CALDERON M.			FECHA: 20/10/2019				
SISTEMA: ELÉCTRICO		CODIGO: PTSE			HOJA: 3						
COMPONENTE		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO		EFECTO DE FALLA			NRP		
						G	O	D			
PTSE-TEM09	Temporizadores	A	No regula el tiempo para la aplicación de presión	1	Sobrecarga	La máquina no puede reblandecer y/o armar	6	2	7	84	Tolerable
				2	Variación del voltaje		4	2	3	24	Tolerable
				3	Obsolencia		5	4	6	120	Tolerable
PTSE -RES10	Resistencias	B	Resistencias no calientan	1	Resistencias quemadas	Placas de asiento no planchan	4	2	7	56	Tolerable
				2	Cortocircuito		4	1	8	32	Tolerable
PTSE -REL13	Relés	C	Incapaz de permitir cambios ciclo armado	1	Máquina no arma talón	Máquina no arma puntas	4	3	5	60	Tolerable
PTSE -MOT11	Motor de enfriamiento	D	No proporciona atmósfera fría	1	Cortocircuito	La máquina no arma correctamente	6	3	6	108	Tolerable
				2	Sobrecarga		6	3	6	108	Tolerable
				3	Falla operativa		6	3	3	54	Tolerable
PTSE -CAB12	Cableado	E	Cable en mal estado	1	Deterioro	Posibilidad de accuidentes, corto circuito.	4	3	2	24	Tolerable

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21:
AMEF del Sistema eléctrico de la Armadora de puntas

		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE LA FALLA (AMEF)									
		MAQUINA: ARMADORA DE LADOS		ELABORADA POR: CALDERON M.			FECHA: 20/10/2019				
		SISTEMA: ELÉCTRICO		CODIGO: ALSE			HOJA: 1				
COMPONENTE		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO		EFFECTO DE FALLA	Gravedad	Ocurrencia	Detección n	NRP	
ALSM - MEM10	MEMORIA	A	Desconfiguración de la memoria	1	Sobrecarga	La máquina no puede preformar	8	3	5	120	Tolerable
				2	Obsolencia		3	2	4	24	Tolerable
				3	Cortocircuito		8	3	5	120	Tolerable
ALSM - RES08	Resistencias	B	Resistencias no calientan	1	Resistencias quemadas	Placas de asiento no planchan	4	2	7	56	Tolerable
				2	Cortocircuito		4	1	8	32	Tolerable
ALSM - PRO07	Protecciones eléctricas	C	Salto de protecciones eléctricas	1	Sobrecarga	La máquina no puede preformar	8	3	5	120	Tolerable
				2	Falla operativa		8	3	3	72	Tolerable
ALSM - PLC11	PLC	D	Desconfiguración del PLC	1	Obsolencia	La máquina no puede preformar	9	1	4	36	Tolerable
ALSM - CAB09	Cableado	E	Cable en mal estado	1	Deterioro	Posibilidad de accidentes, corto circuito.	4	3	2	24	Tolerable

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22:

AMEF del Sistema mecánico de la Armadora de lados

		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE LA FALLA (AMEF)									
		MAQUINA: ARMADORA DE LADOS		ELABORADA POR: CALDERON M.			FECHA: 20/10/2019				
		SISTEMA: MECÁNICO		CODIGO: ALSM			HOJA: 2				
COMPONENTE		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO		EFEECTO DE FALLA	Gravedad	Ocurrencia	Detección n	NRP	
ALSM - BRA02	Brazo posicionador	A1	Ruptura de muelles	1	Fatiga	La máquina no puede posicionar la horma en la máquina	8	3	8	192	Importante
				2	Mala calibración		8	5	4	160	Importante
				3	Mal diseño		8	1	8	64	Tolerable
				4	Obsolencia		3	2	4	24	Tolerable
				5	Mal montaje		8	2	4	64	Tolerable
ALSM - BOQ03	Boquillas	B1	Falla de muelles	1	Obsolencia	Disminución de parámetros de funcionamiento	8	3	8	192	Importante
				2	Mal diseño		3	2	4	24	Tolerable
ALSM - RUES05	Ruedas dentadas	C1	Desgaste de ruedas dentadas	1	Obsolencia	Disminución de parámetros de funcionamiento	8	3	8	192	Importante
ALSM - MAN04	Mangueras metálicas	D1	Falla de mangueras	1	Obsolencia	La máquina no puede armar los lados	8	3	8	192	Importante
ALSM - ALM06	Almohadilla polimérica con dedos	E1	Ruptura de dedos	1	Obsolencia	La máquina no puede armar los lados	3	2	4	24	Tolerable

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23:
AMEF del Sistema Neumático de la Armadora de lados

COMPONENTE		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO		EFECTO DE FALLA		Gravedad	Ocurrencia	Detección n	NRP	
		MAQUINA: ARMADORA DE LADOS SISTEMA: NEUMÁTICO		ELABORADA POR: CALDERON M.		FECHA: 20/10/2019						
				CODIGO: ALSN		HOJA: 3						
ALSM - FUE13	Suministro de aire comprimido	A1	Caída de presión en el sistema	1	Falla del compresor	Paralización del funcionamiento de la máquina por ausencia	2	3	5	30	Tolerable	
				2	Falla del medidor de presión		2	4	6	48	Tolerable	
ALSM - ACT15	Cilindros o actuadores	B1	Cilindro se mueve pero no se mantiene la presión	1	Falta de lubricación	Inyectores avanzan demasiado antes o después de tiempo.	4	4	7	112	Tolerable	
				2	Obstrucción del filtro		6	5	8	240	Importante	
				3	Sellos del cilindro en mal estado		5	4	7	140	Importante	
				4	Bajo suministro de aire		5	2	7	70	Tolerable	
		B2	Cilindro no se mueve	1	Acopladores flojos	La máquina no puede preformar	3	4	5	60	Tolerable	
				2	Acopladores defectuosos		4	6	4	96	Tolerable	
				3	Obstrucción del filtro	Inyectores no avanzan	5	2	6	60	Tolerable	
				4	Falla de suministro de aire		3	2	7	42	Tolerable	
ALSM - VAL12	Válvulas	C1	No permite o permite siempre pasar el aire	1	Deterioro de elementos internos	No se produce armado de lados	8	4	7	224	Importante	
				2	Mal montaje		3	2	7	42	Tolerable	
				4	Obsolescencia		5	2	7	70	Tolerable	
ALSM - FUE14	Mangueras	D1	Incapacidad de suministrar aire comprimido	1	Mangueras retorcidas	Baja eficiencia para armado de zapato	2	5	7	70	Tolerable	
				2	Mangueras rotas		2	3	7	42	Tolerable	
				4	Obsolescencia		4	2	7	56	Tolerable	
				5	Mal acopladas		3	3	7	63	Tolerable	
ALSM - REG15	Reguladores de presión	E1	Elevada o insuficiente presión	1	Filtros en mal estado	Baja eficiencia para armado de zapato	7	2	7	98	Tolerable	
				2	Falta de lubricación		4	3	7	84	Tolerable	

Fuente: Elaboración propia

Hemos obtenido los valores NRP de cada modo de fallo y se han clasificado en dos categorías: Importante y tolerable. En el caso de las importantes se va a elegir un mantenimiento preventivo ya que por alguna o en conjunto de los tres criterios representa una falla que no se puede permitir, por otro lado, en el caso de las tolerables se va a realizar un mantenimiento correctivo pero acompañado de alguna manera de tareas básicas de limpieza y lubricación que se van a incorporar en la empresa. Estas tareas las va a realizar cada operario con la máquina que trabaja diariamente.

Paso 7

Para la determinación de nuestras medidas preventivas se va a emplear la herramienta de árbol de decisión, el cual está dividido en: Consecuencias del fallo oculto (H), consecuencias para la seguridad o el medio ambiente (E), consecuencias operacionales (O) y no operacionales (S), cada una de ellas nos permite decidir qué medidas deberían adoptarse para eliminar o mitigar esas consecuencias, ya sea por tareas a condición, reacondicionamiento cíclico y/o sustitución cíclica. Para cada máquina se va a tener su formato correspondiente con las decisiones tomadas a través de estos criterios.

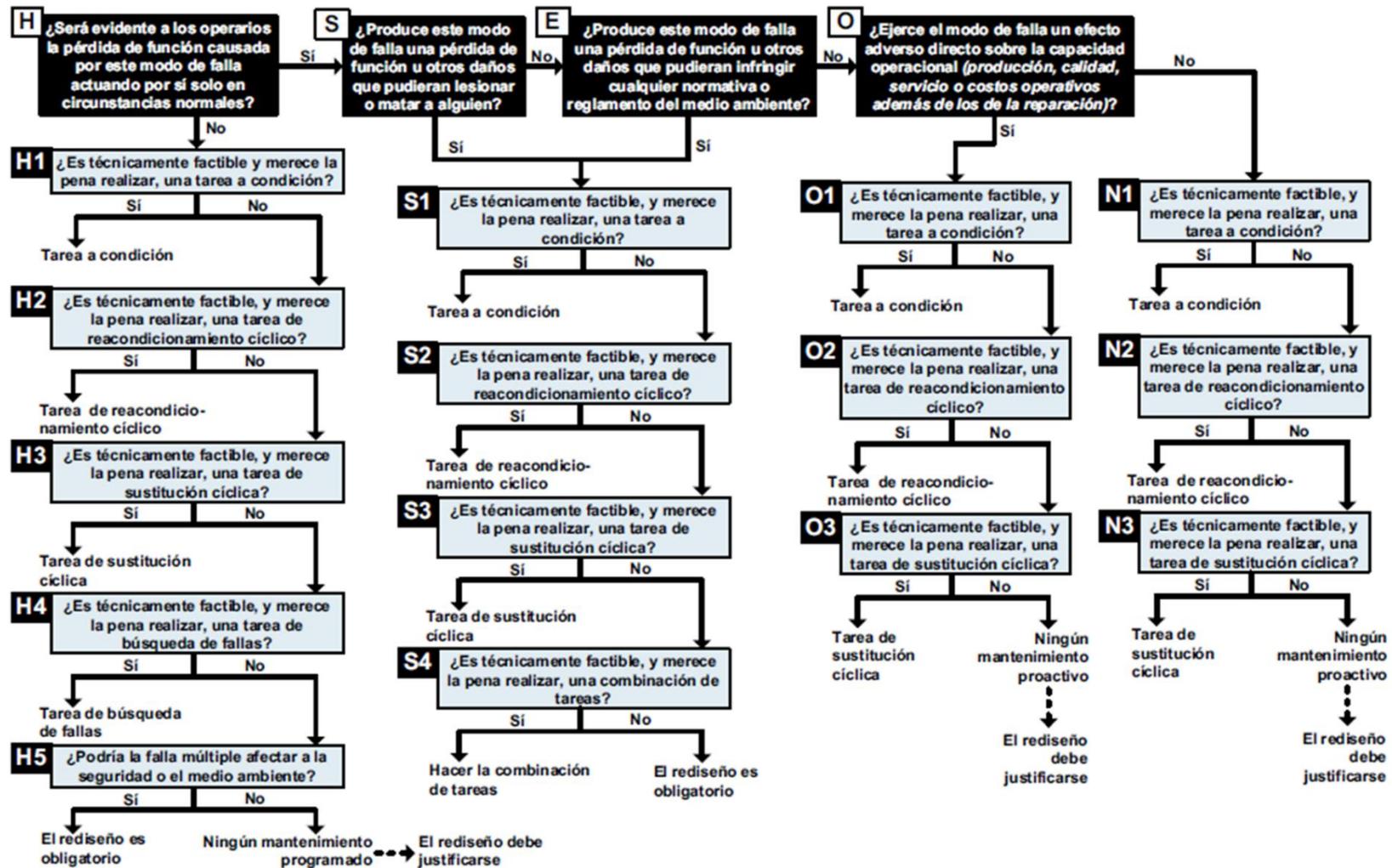
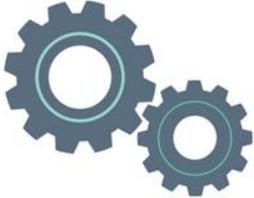


Figura 12. Árbol de decisión

Tabla 24:
Hoja de decisión I de la Pre moldeadora de talón

			LA HOJA DE DECISION DE RCM												
			SISTEMA:				ELABORADA POR:				FECHA: 20/11/2019				
			NEUMÁTICO				Calderon Ortecho Meyli								
			MÁQUINA:				CODIGO:				HOJA: 1				
PRE-MOLDEADORA DE TALON				PTSE				DE: 2							
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de "			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
							S1	S2	S3	H4	H5	S4			
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3						
							N1	N2	N1						
A	1	2	S	N	N	S	N	S				Limpieza de todos los filtros	Mensual	Encargado de Mantenimiento	
B	1	3	S	N	N	S	N	N	S			Reemplazo de los sellos	Anual	Encargado de Mantenimiento	
C	1	1	S	N	N	S	N	N	S			Sustitución de las juntas de las válvulas	Anual	Encargado de Mantenimiento	
C	1	2	S	N	N	S	S					Lubricación de los componentes	Mensual	Operario de la máquina	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25:
Hoja de decisión II de la Pre moldeadora de talón

													LA HOJA DE DECISION DE RCM											
													SISTEMA:					ELABORADA POR:					FECHA: 20/11/2019	
													MECÁNICO					Calderon Ortecho Meyli						
													MÁQUINA:					CODIGO:					HOJA: 2	
PRE-MOLDEADORA DE TALON					PTSE					DE: 2														
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de "			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por									
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3															
							O1	O2	O3															
							N1	N2	N1	H4	H5	S4												
A	1	1	S	N	N	S	N	S					Lubricación de la estructura de la matriz	Mensual	Operario de la máquina									
A	1	2	S	N	N	S	S	S					Reajustar la válvula de regulación del fluido	Mensual	Operario de la máquina									
B	1	1	S	N	N	S	S	S					Lubricación de la estructura de la matriz	Mensual	Operario de la máquina									
B	2	1	S	N	N	S	S	S					Reajustar la válvula de regulación del fluido	Mensual	Operario de la máquina									

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26:

Hoja de decisión I de la Armadora de puntas

													LA HOJA DE DECISION DE RCM											
													SISTEMA:					ELABORADA POR:					FECHA: 20/11/2019	
													MECÁNICO					Calderon Ortecho Meyli						
													MÁQUINA:					CODIGO:					HOJA: 1	
ARMADORA DE PUNTAS					APSH					DE: 2														
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de "			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por									
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3															
							O1	O2	O3															
							N1	N2	N3	H4	H5	S4												
A	1	1	S	N	N	S	N	S					Lubricación de la estructura de la matriz	Mensual	Operario de la máquina									
B	1	1	S	N	N	S	N	S					Lubricación de la estructura de la matriz	Mensual	Operario de la máquina									
B	2	1	S	N	N	S	N	S					Reajustar la válvula de regulación del fluido	Mensual	Operario de la máquina									

Fuente: Elaboración propia

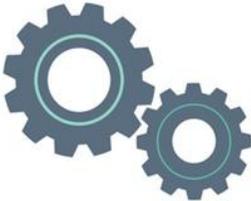
Tabla 27:

Hoja de decisión II de la Armadora de puntas

													LA HOJA DE DECISION DE RCM											
													SISTEMA:					ELABORADA POR:					FECHA: 20/11/2019	
													NEUMÁTICO					Calderon Ortecho Meyli						
													MÁQUINA:					CODIGO:					HOJA: 2	
ARMADORA DE PUNTAS					APSH					DE: 2														
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de "			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por									
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4												
							O1	O2	O3															
							N1	N2	N1															
A	1	1	S	N	N	S	N	S					Lubricación de engranajes	Mensual	Operario de la máquina									
A	2	2	S	N	N	S	N	S					Verificar los ruidos inuales, la vibración y la temperatura de los cojinetes	Semanal	Operario de la máquina									
A	2	3	S	N	N	S	N	S					Limpieza del filtro de succión	Mensual	Operario de la máquina									
B	2	1	S	N	N	S	S						Comprobar si las tuberías tienen fugas	Diario	Operario de la máquina									
B	2	3	S	N	N	S	S						Revisión y ajuste de la presión del sistema	Semanal	Operario de la máquina									
B	3	1	S	N	N	S	S						Verificación y reajuste de piezas y componentes	Semanal	Operario de la máquina									
B	4	1	S	N	N	S	S						Verificación y reajuste de piezas y componentes	Semanal	Operario de la máquina									
B	4	3	S	N	N	S	S						Limpieza del filtro	Mensual	Operario de la máquina									
B	5	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar el nivel del liquido en el depósito	Diario	Operario de la máquina									
B	5	2	S	N	N	S	N	S					Lubricación de pistones	Mensual	Operario de la máquina									
C	1	3	S	N	N	S	S						Verificar las condiciones del aceite y cambio del mismo	Semanal	Operario de la máquina									
D	1	1	S	N	N	S	S						Verificar que no haya objetos obstruyendo y que esten correctamente puestas	Diario	Operario de la máquina									
D	1	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de mangueras	Semestral	Operario de la máquina									
D	1	3	S	N	N	S	N	S					Lubricación de acoples	Mensual	Operario de la máquina									
D	1	4	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de mangueras	Semestral	Operario de la máquina									
D	1	1	S	N	N	S	N	S					Limpieza de filtros	Mensual	Operario de la máquina									
D	1	2	S	N	N	S	N	S					Lubricación de todos los componentes	Mensual	Operario de la máquina									

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28:
Hoja de decisión I de la Armadora de lados

			LA HOJA DE DECISION DE RCM												
			SISTEMA:				ELABORADA POR:				FECHA: 20/11/2019				
			NEUMÁTICO				Calderon Ortecho Meyli								
			MÁQUINA:				CODIGO:				HOJA: 2				
ARMADORA DE LADOS				ALSN				DE: 2							
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de "			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
							S1	S2	S3	H4	H5	S4			
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3						
							N1	N2	N1						
A	1	1	S	N	N	S	N	S				Lubricación de muelles	Mensual	Operario de la máquina	
A	1	2	S	N	N	S	N	S				Revisar y ajustar la calibración de muelles	Semanal	Operario de la máquina	
B	1	1	S	N	N	S	N	S				Lubricación	Mensual	Operario de la máquina	
C	1	1	S	N	N	S	S					Lubricación de las ruedas dentadas.	Mensual	Operario de la máquina	
D	1	1	S	N	N	S	S					Limpieza interna	Semanal	Operario de la máquina	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29:

Hoja de decisión II de la Armadora de lados

			LA HOJA DE DECISION DE RCM												
			SISTEMA:				ELABORADA POR:				FECHA: 20/11/2019				
			MECÁNICO				Calderon Ortecho Meyli								
			MÁQUINA:				CODIGO:				HOJA: 1				
ARMADORA DE LADOS				ALSM				DE: 2							
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de "			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3						
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N1	H4	H5	S4			
A	1	1	S	N	N	S	N	S					Lubricación de la estructura de la matriz	Mensual	Operario de la máquina
B	1	1	S	N	N	S	N	S					Lubricación de la estructura de la matriz	Mensual	Operario de la máquina
B	2	1	S	N	N	S	N	S					Reajustar la válvula de regulación del fluido	Mensual	Operario de la máquina

Fuente: Elaboración propia

Además, se ha elaborado un flujograma con los procedimientos estandarizados de trabajo tanto del mantenimiento correctivo como preventivo para cualquier máquina y/o equipo de la empresa; en el cual se asegure el cumplimiento eficaz, por parte de los trabajadores de las actividades de mantenimiento.

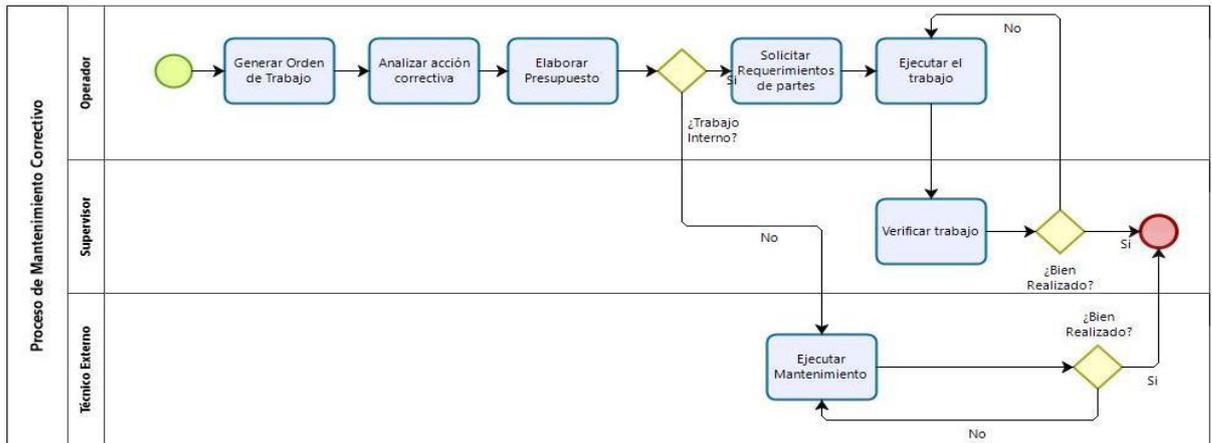


Figura 13. Proceso estándar del Mantenimiento Correctivo

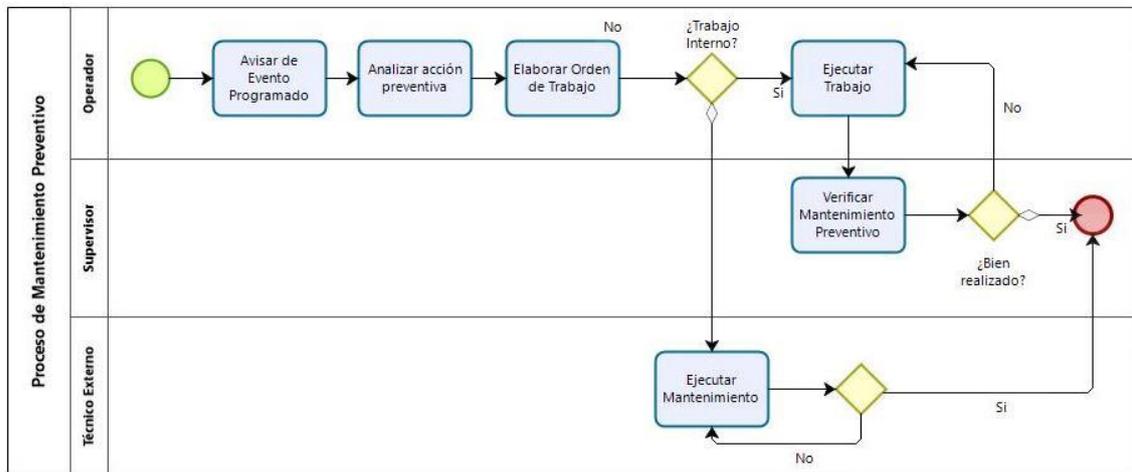


Figura 14. Proceso estándar del mantenimiento preventivo

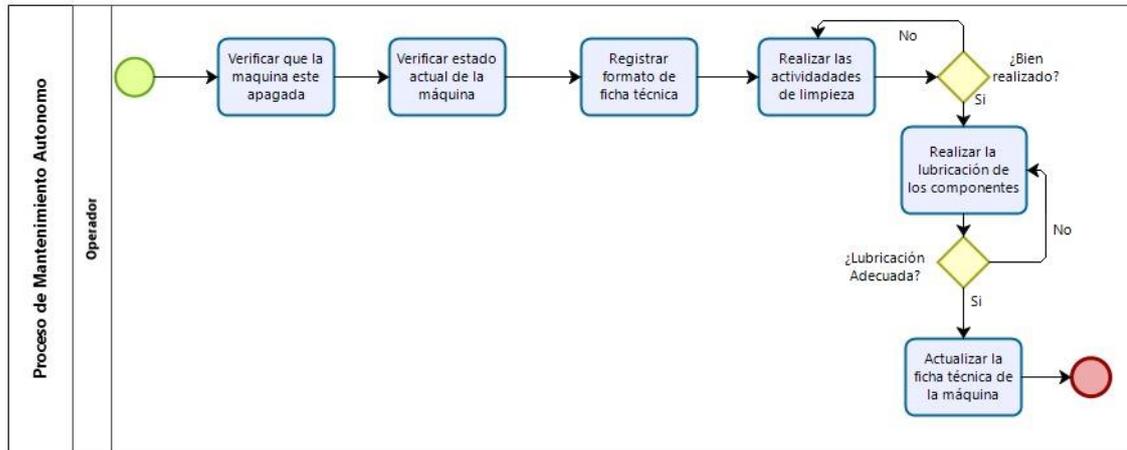


Figura 15. Proceso estándar del proceso del mantenimiento autónomo.

Tabla 30:
Plan de mantenimiento preventivo

Medias propuestas	Tiempo (Hrs)	Ejecución	Cantidad año		Costos del programa de mantenimiento				
					Insumos	M.O.I,	M.O.E	Total anual	
Limpieza de todos los filtros	0.75	Mensual	12	Encarg. Mant	S/ 10.00	S/ -	S/ 60.00	S/ 70.00	
Reemplazo de los sellos	1.00	Anual	1	Encarg. Mant	S/ 50.00	S/ -	S/ 100.00	S/ 150.00	
Sustitución de las juntas de las válvulas	1.00	Anual	1	Encarg. Mant	S/ 40.00	S/ -	S/ 70.00	S/ 110.00	
Lubricación de los componentes	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00	S/ -	S/ 65.00	
Lubricación de la estructura de la matriz	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00		S/ 65.00	
Reajustar la válvula de regulación del fluido	0.75	Mensual	12	Operario	S/ -	S/ 45.00	S/ -	S/ 45.00	
Lubricación de la estructura de la matriz	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00		S/ 65.00	
Reajustar la válvula de regulación del fluido	0.75	Mensual	12	Operario	S/ 10.00	S/ 45.00		S/ 55.00	
Lubricación de engranajes	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00	S/ -	S/ 65.00	
Verificar los ruidos inuales, la vibración y la temperatura de los cojinetes	0.17	Diario	365	Operario	S/ -	S/ 102.00	S/ -	S/ 102.00	
Limpieza del filtro de succión	0.75	Mensual	12	Operario	S/ 10.00	S/ 45.00	S/ -	S/ 55.00	
Comprobar si las tuberías tienen fugas	0.17	Mensual	12	Operario	S/ -	S/ 10.00	S/ -	S/ 10.00	
Revisión y ajuste de la presión del sistema	0.33	Mensual	12	Operario		S/ 20.00	S/ -	S/ 20.00	
Verificación y reajuste de piezas y componentes	0.33	Mensual	12	Operario	S/ -	S/ 20.00	S/ -	S/ 20.00	
Verificación y reajuste de piezas y componentes	0.33	Mensual	12	Operario	S/ -	S/ 20.00	S/ -	S/ 20.00	
Limpieza del filtro	0.75	Mensual	12	Operario	S/ -	S/ 45.00	S/ -	S/ 45.00	
Inspeccionar el nivel del líquido en el depósito	0.33	Mensual	12	Operario	S/ -	S/ 20.00	S/ -	S/ 20.00	
Lubricación de pistones	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00	S/ -	S/ 65.00	
Verificar las condiciones del aceite y cambio del mismo	0.67	Mensual	12	Operario	S/ 30.00	S/ 40.00	S/ -	S/ 70.00	
Verificar que no haya objetos obstruyendo y que estén correctamente puestas	0.08	Semanal	52	Operario	S/ -	S/ 21.67	S/ -	S/ 21.67	
Cambio de mangueras	0.50	Semestral	2	Operario	S/ 20.00	S/ 5.00	S/ -	S/ 25.00	
Lubricación de acoples	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00	S/ -	S/ 65.00	
Cambio de mangueras	1.00	Semestral	2	Operario	S/ -	S/ 10.00	S/ -	S/ 10.00	
Limpieza de filtros	0.75	Mensual	12	Operario	S/ -	S/ 45.00	S/ -	S/ 45.00	
Lubricación de todos los componentes	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00	S/ -	S/ 65.00	
Lubricación de la estructura de la matriz	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00	S/ -	S/ 65.00	
Lubricación de la estructura de la matriz	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00	S/ -	S/ 65.00	
Reajustar la válvula de regulación del fluido	0.33	Mensual	12	Operario	S/ -	S/ 20.00	S/ -	S/ 20.00	
Lubricación de muelles	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00	S/ -	S/ 65.00	
Revisar y ajustar la calibración de muelles	0.42	Semanal	52	Operario	S/ -	S/ 108.33	S/ -	S/ 108.33	
Lubricación	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00	S/ -	S/ 65.00	
Lubricación de las ruedas dentadas.	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00	S/ -	S/ 65.00	
Limpieza interna	0.50	Semanal	12	Operario	S/ -	S/ 130.00	S/ -	S/ 130.00	
Lubricación de la estructura de la matriz	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00	S/ -	S/ 65.00	
Lubricación de la estructura de la matriz	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00	S/ -	S/ 65.00	
Reajustar la válvula de regulación del fluido	0.33	Mensual	12	Operario	S/ -	S/ 20.00	S/ -	S/ 20.00	
Costo total anual del plan de mantenimiento preventivo								S/ 2,082.00	

Fuente: Elaboración propia

Una vez determinadas las actividades, frecuencias y condición de la máquina para que estas actividades se realicen, se procedió a realizar los costos que implica cada una de las actividades al año, para lo cual realizamos los siguientes cuadros

Tabla 31:
Costos de inversión del Plan de mantenimiento preventivo.

Componente	Medias propuestas	Tiempo (Hrs)	Ejecución	Cantidad año	Responsable	Costos del programa de mantenimiento			
						Insumos	M.O.I,	M.O.E	Total anual
PTSN-ACT01	Limpieza de todos los filtros	0.75	Mensual	12	Encarg. Mant	S/ 10.00	S/ -	S/ 60.00	S/ 70.00
PTSN-ACT01	Reemplazo de los sellos	1.00	Anual	1	Encarg. Mant	S/ 50.00	S/ -	S/ 100.00	S/ 150.00
PTSN-VAL03	Sustitución de las juntas de las válvulas	1.00	Anual	1	Encarg. Mant	S/ 40.00	S/ -	S/ 70.00	S/ 110.00
PTSN-VAL03	Lubricación de los componentes	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00	S/ -	S/ 65.00
PTSM-MAC07	Lubricación de la estructura de la matriz	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00		S/ 65.00
PTSM-MAC07	Reajustar la válvula de regulación del fluido	0.75	Mensual	12	Operario	S/ -	S/ 45.00	S/ -	S/ 45.00
PTSM-MAF08	Lubricación de la estructura de la matriz	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00		S/ 65.00
PTSM-MAF08	Reajustar la válvula de regulación del fluido	0.75	Mensual	12	Operario	S/ 10.00	S/ 45.00		S/ 55.00
APSM-PIN01	Lubricación de engranajes	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00	S/ -	S/ 65.00
APSM-PLA02	Verificar los ruidos inuales, la vibración y la temperatura de los cojinetes	0.17	Diario	365	Operario	S/ -	S/ 102.00	S/ -	S/ 102.00
APSM-SOP03	Limpieza del filtro de succión	0.75	Mensual	12	Operario	S/ 10.00	S/ 45.00	S/ -	S/ 55.00
APSH-BOM07	Comprobar si las tuberías tienen fugas	0.17	Mensual	12	Operario	S/ -	S/ 10.00	S/ -	S/ 10.00
APSH-BOM07	Revisión y ajuste de la presión del sistema	0.33	Mensual	12	Operario		S/ 20.00	S/ -	S/ 20.00
APSH-BOM07	Verificación y reajuste de piezas y componentes	0.33	Mensual	12	Operario	S/ -	S/ 20.00	S/ -	S/ 20.00
APDH-ACT08	Verificación y reajuste de piezas y componentes	0.33	Mensual	12	Operario	S/ -	S/ 20.00	S/ -	S/ 20.00
APDH-ACT08	Limpieza del filtro	0.75	Mensual	12	Operario	S/ -	S/ 45.00	S/ -	S/ 45.00
APDH-ACT08	Inspeccionar el nivel del liquido en el depósito	0.33	Mensual	12	Operario	S/ -	S/ 20.00	S/ -	S/ 20.00
APDH-ACT08	Lubricación de pistones	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00	S/ -	S/ 65.00
APDH-ACT08	Verificar las condiciones del aceite y cambio del mismo	0.67	Mensual	12	Operario	S/ 30.00	S/ 40.00	S/ -	S/ 70.00
APDH-ACT08	Verificar que no haya objetos obstruyendo y que estén correctamente puestas	0.08	Semanal	52	Operario	S/ -	S/ 21.67	S/ -	S/ 21.67
APDH-ACT08	Cambio de mangueras	0.50	Semestral	2	Operario	S/ 20.00	S/ 5.00	S/ -	S/ 25.00
APSH-VAL09	Lubricación de acoples	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00	S/ -	S/ 65.00
APSH-MAN10	Cambio de mangueras	1.00	Semestral	2	Operario	S/ -	S/ 10.00	S/ -	S/ 10.00
APSH-VAL09	Limpieza de filtros	0.75	Mensual	12	Operario	S/ -	S/ 45.00	S/ -	S/ 45.00
APSH-VAL09	Lubricación de todos los componentes	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00	S/ -	S/ 65.00
APSH-VAL09	Lubricación de la estructura de la matriz	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00	S/ -	S/ 65.00
APSH-VAL09	Lubricación de la estructura de la matriz	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00	S/ -	S/ 65.00
APSH-MAN10	Reajustar la válvula de regulación del fluido	0.33	Mensual	12	Operario	S/ -	S/ 20.00	S/ -	S/ 20.00
ALSM-BRA02	Lubricación de muelles	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00	S/ -	S/ 65.00
ALSM-BRA02	Revisar y ajustar la calibración de muelles	0.42	Semanal	52	Operario	S/ -	S/ 108.33	S/ -	S/ 108.33
ALSM-BOQ03	Lubricación	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00	S/ -	S/ 65.00
ALSM-RUE05	Lubricación de las ruedas dentadas.	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00	S/ -	S/ 65.00
ALSM-MAN04	Limpieza interna	0.50	Semanal	12	Operario	S/ -	S/ 130.00	S/ -	S/ 130.00
ALSM-ACT15	Lubricación de la estructura de la matriz	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00	S/ -	S/ 65.00
ALSM-ACT15	Lubricación de la estructura de la matriz	0.50	Mensual	12	Operario	S/ 35.00	S/ 30.00	S/ -	S/ 65.00
ALSM-VAL12	Reajustar la válvula de regulación del fluido	0.33	Mensual	12	Operario	S/ -	S/ 20.00	S/ -	S/ 20.00
Costo total anual del plan de mantenimiento preventivo									S/ 2,082.00

Fuente: Elaboración propia

Plan de capacitación del mantenimiento

Este plan se va a realizar con la finalidad de que el personal a cargo de las 3 máquinas del proceso de armado como son: la pre moldeadora de talón, la armadora de puntas y la armadora de laterales; cuenten con el conocimiento apropiado para su mantenimiento.

Para el desarrollo de este plan de capacitación se tuvo como referencia al autor Chiavenato (2009) con su libro “Gestión del Talento Humano”; donde nos explica las 4 etapas para la elaboración de un plan de capacitación.

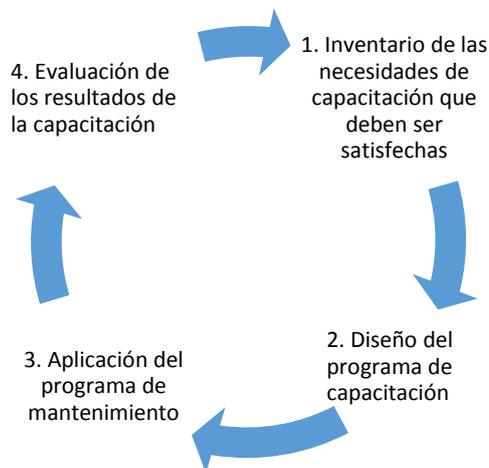


Figura 16: Etapas del plan de capacitación de mantenimiento

Desarrollo:

Etapas 1:

Para iniciar este proceso, se desarrollo un FODA para tener una idea más clara de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas en el proceso de capacitación del personal de la empresa Carubi S.AC. con respecto a la gestión de mantenimiento de las 3 máquinas mencionadas anteriormente del proceso de armado.

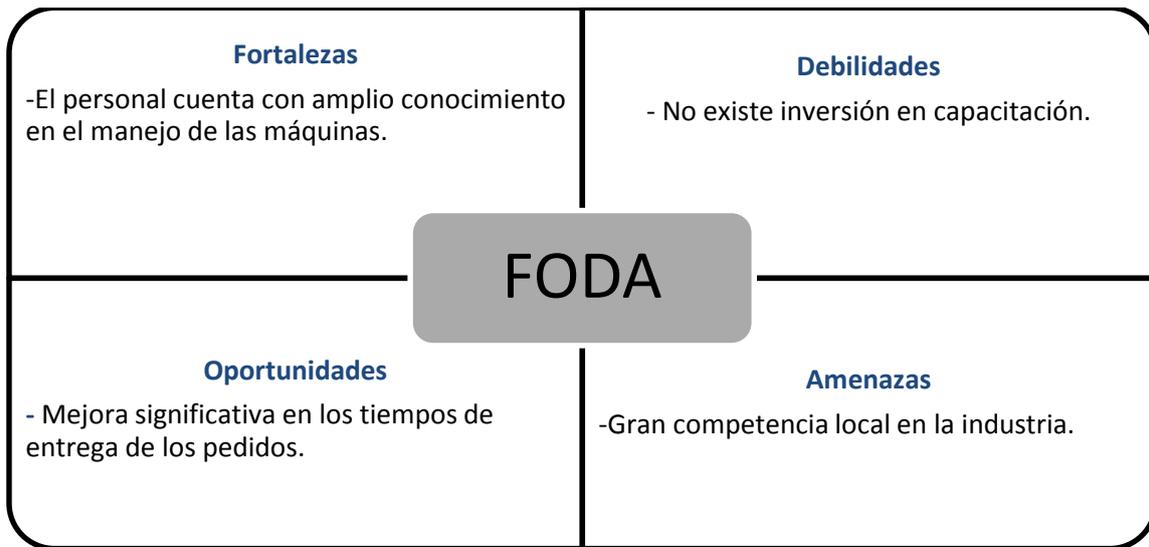


Figura 17. Análisis FODA

Etapa 2:

En esta etapa se diseñó el programa de capacitación; donde se elaboró una lista de los temas que se iban a desarrollar en la capacitación de mantenimiento, a partir de las necesidades identificadas en la primera etapa. La capacitación estará a cargo de una empresa externa “Mantenimiento Córdoba” con experiencia en el mantenimiento de máquinas de calzado, e irá dirigida a los operarios del área de armado de la empresa, así como a su encargado de mantenimiento.

Tabla 32:
Temas específicos de capacitación

Ítem	Temas	Objetivos
1	Introducción al mantenimiento autónomo y preventivo	Desarrollar un aprendizaje óptimo y asimilación del nuevo plan de mantenimiento de la empresa
2	Procedimiento estandarizado de trabajo y mantenimiento	
3	Limpieza e inspección de las máquinas y sus componentes	Mejorar el estado y el tiempo de reparación de las máquinas
4	Lubricación de las máquinas y sus componentes	
5	Plan de contingencia ante fallas, durante el proceso	

Fuente: Elaboración propia

Etapa 3:

En esta etapa se procedió ya a elaborar el plan de capacitación anual de mantenimiento, de acuerdo a los temas y objetivos designados; además del tiempo y la inversión necesaria para cada uno.

Tabla 33:

Programa anual de capacitación de mantenimiento

Programa anual de capacitación de Mantenimiento															
N°	Temas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	N° de veces al año	Duración
1	Introducción al mantenimiento autónomo y preventivo	X						X						2	1h
2	Procedimiento estandarizado de trabajo y mantenimiento	X						X						2	1h
3	Limpieza e inspección de las máquinas y sus componentes		X						X					2	1.5h
4	Check list de máquinas antes y después de su uso		X						X					2	1.5h
5	Lubricación de las máquinas y sus componentes			X						X				2	1.5h
6	Plan de contingencia ante fallas, durante el proceso			X						X				2	1h

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34: Costo del plan de mantenimiento

Tema	Costo de capacitación	Costo HH	Veces al año	Costo total
1	S/100	S/8	2	S/216
2	S/100	S/8	2	S/216
3	S/180	S/12	2	S/384
4	S/120	S/12	2	S/264
5	S/180	S/12	2	S/384
Costo final				S/ 1,680

Fuente: Elaboración propia

Evaluación económica financiera

Para desarrollar este mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), se ha obtenido un costo total de S/5,680.

Tabla 35:

Costo anual de inversión de la ejecución de la propuesta de mejora

Costo anual del Plan de de Mantenimiento preventivo (RCM)	Cantidad (S/)
Plan anual de capacitación	S/1,680
Servicio externo de la elaboración del plan de Mantenimiento	S/3,000
Materiales y equipos de trabajo	S/1,000
Plan de mantenimiento	S/2,082
Total de inversión	S/7,762

Fuente: Elaboración propia

A partir de estos costos, se ha analizado la factibilidad de inversión del proyecto, obteniendo los siguientes valores en el flujo de caja:

Tabla 36:
Estado de resultados del proyecto

Concepto	2020		2021									
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre
Ingresos por ventas	S/ 15,537	S/ 16,154	S/ 15,559	S/ 16,298	S/ 8,013	S/ 7,209	S/ 10,497	S/ 22,266	S/ 22,160	S/ 22,216	S/ 17,070	S/ 15,130
<i>Otros ingresos</i>	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Ventas Netas	S/15,537.48	S/16,154.26	S/15,559.47	S/16,298.44	S/8,013.33	S/7,208.99	S/10,496.88	S/22,265.82	S/22,159.75	S/22,215.96	S/17,069.95	S/15,129.73
Costo Directos												
<i>Costo de ventas</i>	S/10,099.36	S/10,500.27	S/10,113.66	S/10,593.99	S/5,208.66	S/4,685.84	S/ 6,822.97	S/14,472.78	S/14,403.84	S/14,440.37	S/11,095.47	S/ 9,834.32
Gastos administrativos												
Sueldos administrativos	S/ 1,087.62	S/ 1,130.80	S/ 1,089.16	S/ 1,140.89	S/ 560.93	S/ 504.63	S/ 734.78	S/ 1,558.61	S/ 1,551.18	S/ 1,555.12	S/ 1,194.90	S/ 1,059.08
Gastos de ventas												
Gastos de ventas	S/ 388.44	S/ 403.86	S/ 388.99	S/ 407.46	S/ 200.33	S/ 180.22	S/ 262.42	S/ 556.65	S/ 553.99	S/ 555.40	S/ 426.75	S/ 378.24
Utilidad bruta	S/ 3,962.06	S/ 4,119.34	S/ 3,967.67	S/ 4,156.10	S/2,043.40	S/1,838.29	S/ 2,676.70	S/ 5,677.78	S/ 5,650.74	S/ 5,665.07	S/ 4,352.84	S/ 3,858.08
Gastos financieros												
<i>Gastos de financieros</i>	S/ 155.37	S/ 161.54	S/ 155.59	S/ 162.98	S/ 80.13	S/ 72.09	S/ 104.97	S/ 222.66	S/ 221.60	S/ 222.16	S/ 170.70	S/ 151.30
Gastos de depreciación												
<i>Gastos de depreciación</i>	S/ 300.00	S/ 300.00	S/ 300.00	S/ 300.00	S/ 300.00	S/ 300.00	S/ 300.00	S/ 300.00	S/ 300.00	S/ 300.00	S/ 300.00	S/ 300.00
Utilidad antes del impuesto a la renta	S/ 3,662.06	S/ 3,819.34	S/ 3,667.67	S/ 3,856.10	S/1,743.40	S/1,538.29	S/ 2,376.70	S/ 5,377.78	S/ 5,350.74	S/ 5,365.07	S/ 4,052.84	S/ 3,558.08
Impuesto a la renta (18%)	S/ 659.17	S/ 687.48	S/ 660.18	S/ 694.10	S/ 313.81	S/ 276.89	S/ 427.81	S/ 968.00	S/ 963.13	S/ 965.71	S/ 729.51	S/ 640.45
Utilidad neta del ejercicio	S/ 3,002.89	S/ 3,131.86	S/ 3,007.49	S/ 3,162.00	S/1,429.59	S/1,261.40	S/ 1,948.90	S/ 4,409.78	S/ 4,387.60	S/ 4,399.36	S/ 3,323.33	S/ 2,917.63

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37:
Flujo de caja

Concepto	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre
Inversión	S/7,762												
Ahorros		S/3,003	S/3,132	S/3,007	S/3,162	S/1,430	S/1,261	S/1,949	S/4,410	S/4,388	S/4,399	S/3,323	S/2,918
Flujo de caja	-S/7,762	S/3,003	S/3,132	S/3,007	S/3,162	S/1,430	S/1,261	S/1,949	S/4,410	S/4,388	S/4,399	S/3,323	S/2,918

Fuente: Elaboración propia

Con los datos del análisis anterior, se calculó el VAN y TIR:

Tabla 38:
Interpretación de resultados del flujo de caja

Nombre	Valor	Interpretación	
VAN	S/12,283.81	Positivo	Es viable
TIR	36%	Positivo	Es rentable

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, el presente proyecto es viable, rentable y aceptable; según los resultados obtenidos del flujo de caja.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

A partir de lo desarrollado en toda la propuesta de mejora en el área de mantenimiento, se ha determinado nuevos resultados en el tiempo promedio de fallas (MTBF) y el tiempo promedio parar reparar (MTRR), la disponibilidad (%).

Tabla 39:
Disponibilidad después del Mantenimiento preventivo

MÁQUINAS	MTBF		MTRR		Disponibilidad	
Premoldeadora de talón	77.09	51.02	2.32	0.90	96.99%	98.23%
Conformadora de punta	66.38	50.00	2.85	1.92	95.71%	96.15%
Armadora de laterales	70.86	50.74	2.11	1.19	97.03%	97.66%

Los resultados obtenidos en el diagnóstico inicial por las paradas ocasionadas por fallas de máquinas se compararon con las paradas programadas dentro del plan de mantenimiento elaborado. La pre moldeadora de talón paso de una disponibilidad de 96.99% a 98.23%, la conformadora de puntas de 95.71% a 96.15% y la Armadora de laterales de 97.03% a 97.66%.

Con respecto a los costos, se ha definido el nuevo costo anual de mantenimiento correctivo

$$C.T. = \text{Lucro cesante} + C. \text{Mano de obra de Mant.} + C. \text{de repuestos}$$

- Lucro cesante:

$$L. \text{Cesante} = \frac{6 \text{ pares/hora}}{\text{hora}} * \frac{80 \text{ soles}}{\text{par}} * 35\% * \frac{209 \text{ horas}}{\text{año}} *$$

$$L. \text{Cesante} = S/35,112$$

- Costo de Mano de obra de mantenimiento

$$CMO = \frac{50 \text{ soles}}{\text{inspección}} * \frac{1 \text{ inspección}}{\text{falla}} * \frac{52 \text{ fallas}}{\text{año}}$$

$$CMO = S/2,600$$

- No existe costo de repuestos.

Entonces el costo total es:

$$CT = S/35,112 + S/2,600$$

$$CT = S/37,712$$

- **Falta de capacitación de mantenimiento**

Para hallar el costo total que implica la falta de un plan de capacitación de mantenimiento, se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$CT = (TRR - TI) * UP * PV$$

- Tiempo real de reparación (TRR): 210 horas

-Tiempo ideal de reparación (TI): 150 horas

-Unidades Producidas (UP): 6pares/hora

-Precio de Venta (PV): s/80

Reemplazamos la fórmula con nuestros datos:

$$CT = (210 - 120) * 6 * 80$$

$$CT = S/28,800$$

Finalmente, el ahorro total obtenido es:

Tabla 40:
Ahorro obtenido tras la propuesta de mejora.

Causas raíces	Antes de la propuesta	Después de la propuesta	Ahorro (S/)
Plan de Mantenimiento preventivo	S/ 57,314	S/ 37,712	S/19,612
Plan de capacitación de mantenimiento	S/ 56,640	S/28,800	S/ 27,840
Total	S/ 113,954	S/ 66,512	S/ 66,512

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

En el presente proyecto de investigación, en base al desarrollo del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad (RCM) en la empresa manufacturera de calzado se ha logrado aumentar la disponibilidad de las 3 máquinas evaluadas, además de la disminución de los costos de S/ 47,442. Estos resultados son coincidentes con la tesis de Montoya (2017) titulada ““Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la empresa Estructuras del Kafee” en dónde se aplicó la misma metodología empezando desde el diagnóstico a través de los indicadores RCM y la codificación de piezas hasta finalizar con el plan de mantenimiento. Por otro lado, Márquez (2016) en su tesis titulada “Mejora de los procedimientos del Mantenimiento Preventivo para la reducción del costo de intervención en grúas y descortezadoras” logro una reducción de costos de 40% tras la implementación del plan de mantenimiento basado en la metodología RCM al igual que nosotros que se logró disminuir en 58.37% los costos iniciales obtenidos por las causas raíces.

Conclusiones

- Se diagnosticó que los sobrecostos en el área de mantenimiento de la empresa manufacturera de calzado son S/57,314 y S/56,640; debido a la ausencia de un mantenimiento preventivo y la falta de un plan de capacitación de mantenimiento respectivamente.
- Se desarrolló una propuesta de mejora basada en la metodología RCM, Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, y un Plan de capacitación de Mantenimiento; lo cual permitió reducir la pérdida anual de S/ 57,314 y S/56,640 a S/ 37,712 y S/28,800 respectivamente, generando un ahorro monetario de S/ 47,442 sobre los costos operativos de la empresa manufacturera de calzado.
- Se evaluó económica y financieramente a través del VAN, TIR; obteniendo valores de S/12,283.81 y 36% de cada indicador respectivamente. Por lo cual se demuestra que la Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM) en la empresa manufacturera de calzado es viable y rentable.

REFERENCIAS

- Altamirano, Y., & Zavaleta, M. (2016). *Plan de Gestión de Mantenimiento Preventivo para mejora de la productividad en la empresa Naylamp – Chiclayo 2016*. Chiclayo: Universidad Señor de Sipán.
- Cantú, D. H. (2000). *Desarrollo de una Cultura de Calidad*. México D.F.: Mc Graw Hill.
- Chávez, J. (2012). *Elaboración de un programa de mantenimiento para el equipo caminero del Municipio del cantón Pujilí*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Escalante, E. (2008). *Seis Sigma, Metodología y Técnicas*. México D.F.: Limusa.
- Gallardo, D. (2017). *Plan de mantenimiento preventivo para aumentar los indicadores operacionales y reducción de costos de mantenimiento de las máquinas de la municipalidad del distrito de Tambogrande - Piura*. Trujillo: Universidad César Vallejo.
- González, F. (2005). *Teoría y Práctica del mantenimiento industrial avanzado*. España: Editorial Fundación Confemetal.
- Ingeniería . (13 de Agosto de 2015). *Ingeniería del Mantenimiento*. Obtenido de <http://www.ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/16-plan-de-mantenimiento-basado-en-protocolos>
- Márquez, R. (2016). *Mejora de los procedimientos del Mantenimiento Preventivo para la reducción del costo de intervención en grúas y descortezadoras*. Lima: Universidad San Ignacio de Loyola.
- Medina, P. (2010). *Diseño de un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para una paletizadora de sacos de cemento*. Puerto la Cruz: Universidad de Oriente.
- Montoya, S. (2017). *Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la empresa Estructuras del Kafee*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*. Reino Unido: Biddles Ltd.
- Pardo, W. (2017). *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para reducir costos de mantenimiento para el tren de asfalto de Constructora Chamonte SAC*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- Pérez, C., & Salazar, M. (2009). *Diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad*. Barcelona: Universidad del Oriente.
- Salith, O. (2009). *Sistemas de mantenimiento: Planeación y control*. México: Editorial Limusa.
- Silva, A. (2015). *Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para el Sistema de Empaque de la línea Quantum de la empresa Papeles Nacionales S.A*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Tavares, L. (2007). *Administración Moderna de Mantenimiento*. Brasil: Editorial Novo Polo Publicaciones.

Anexo N° 01

	
<p>Pre moldeado de talón</p>	<p>Cerrado de talones</p>
	
<p>Desbastado</p>	<p>Perfilado</p>



Alistado



Empastado

Anexo N°02

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO PARA MÁQUINAS			
DATOS DE LA MÁQUINA			
Nombre:			
Código:		Responsable:	
Estación:		Inicio:	
Fecha:		Termino:	
TIPO DE PROCEDIMIENTO			
Limpieza:	<input type="checkbox"/>		
Lubricación:	<input type="checkbox"/>		
Otro:	_____		
DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO			
OBSERVACIONES			

Anexo N°03

ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO

Solicitada por:

Fecha:

Máquina:

Hora:

Código:

Componente	Falla	Causa de la falla	Posible solución preventiva

Descripción del trabajo a realizar	Hora inicio:	Hora de fin:

Materiales, herramientas e insumos requeridos			
Cantidad	Detalle	Valor unitario	Valor total

Observaciones