



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en Máquinas Botoneras Robóticas para
incrementar la Productividad en una empresa de confección textil. Ate, 2019

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

AUTORES:

Blanco Manosalva, Franklin (ORCID: 0000-0002-7019-8281)

Leyva Tejada, Elizabeth Blanca (ORCID/ 0000-0002-3105-1375)

ASESOR:|

DR. Julio C. Vidal Rischmoller (ORCID: 0000-0002-6155-8118)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial Y Productiva

LIMA-PERÚ

2019

DEDICATORIA

Dedicado a nuestros padres que día a día nos brindan su apoyo incondicional para seguir creciendo a nuestros, hermanos porque ellos son el motor de nuestras vidas, por su apoyo incondicional, por estar con nosotros en todo momento y gracias a todos ellos por nuestro crecimiento como profesionales.

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento primeramente a quien nos da la vida y nos guía en el día a día, a Dios, quien está con nosotros en todo momento. Sabemos que no somos perfectos, pero hacemos todo lo posible de aprender y mantenernos en el camino de la perfección. Gracias compañeros, amigos, docentes por su granito de arena para que este proyecto sea una realidad.

Página del Jurado

Declaratoria de Autenticidad

Lima, 02 de diciembre del 2019

Yo, Franklin Blanco Manosalva, identificado con DNI N° 46909673 y Yo Elizabeth Blanca Leyva Tejada, identificada con DNI N° 44779474, con el propósito de cumplir con las disposiciones del Reglamento de Grado y Titulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, declaramos bajo juramento que los datos y resultados presentados en la tesis titulada “Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en máquinas botoneras robóticas para incrementar la Productividad en una empresa de confección Textil, Ate, 2019” son auténticos y responden a la verdad.

Por ello, asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad e incumplimiento con las normas académicas de la Universidad César Vallejo.



Franklin Blanco Manosalva

DNI: 46909673



Elizabeth Blanca Leyva Tejada

DNI: 44779474

ÍNDICE

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Índice	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO	12
2.1. Tipo, Nivel y Diseño de investigación	12
2.2. Operacionalización de variables	13
2.3. Población, muestra y muestreo	15
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	16
2.5. Procedimiento	17
2.6. Método de análisis de datos	20
2.7. Aspectos éticos	20
III. RESULTADOS	21
IV. DISCUSIÓN	29
V. CONCLUSIONES	29
VI. RECOMENDACIONES	31
REFERENCIAS	32
ANEXOS	41

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo determinar cómo el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) incrementa la Productividad de las máquinas botoneras en una empresa de Confecciones, Ate 2019-II. El tipo de investigación es aplicada, la población estuvo conformada por la producción de 180 días de las máquinas botoneras robóticas, así mismo la muestra estuvo constituida por la producción de 35 días de dichas máquinas, dicha muestra se determinó de manera intencional, es decir, a conveniencia del investigador. La técnica que se aplicó fue la observación, teniendo como instrumento los Reportes de Fallas de las máquinas botoneras para la variable independiente “Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad” y los Reportes de Producción para la variable dependiente “Productividad”. Para el procesamiento y análisis se utilizó el software estadístico SPSS V22, así también se determinó la confiabilidad del instrumento mediante la correlación de Pearson, así mismo para determinar el comportamiento de las variables se aplicó el estadístico de Kolmogorov-Smirnov. Esta investigación concluye que Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la productividad de 62.806% a un 74.186% la cual indica que se logró un incremento de 11.38%.

Palabras claves: Mantenimiento, Confiabilidad, Productividad, Eficiencia, Eficacia, Disponibilidad.

ABSTRACT

This research aimed to determine how Reliability Centered Maintenance (RCM) increases the Productivity of the button machines in a Apparel company, Ate 2019-II. The type of research is applied, the population was made up of the 180-day production of robotic botonera machines, likewise the sample was constituted by the 35-day production of said machines, said sample was determined intentionally, that is, at the convenience of the researcher. The technique that was applied was the observation, having as an instrument the Reports of Failures of the botoneras machines for the independent variable "Maintenance Centered in Reliability" and the Reports of Production for the dependent variable "Productivity". For the processing and analysis, the statistical software SPSS V22 was used, so also the reliability of the instrument was determined by Pearson's correlation, also to determine the behavior of the variables the Kolmogorov-Smirnov statistic was applied. This investigation concludes that Reliability-Centered Maintenance increases productivity from 62,806% to 74,186% which indicates that an increase of 11.38% was achieved.

Keywords: Maintenance, Reliability, Productivity, Efficiency, Efficiency, Availability.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad nos encontramos dentro de un mundo globalizado en donde nuestro país es uno de los grandes productores y fabricantes de prendas de confección textil, donde la competencia entre industrias cada día se incrementa y para afrontar este tipo de situaciones debemos cumplir ciertos estándares que acrediten que nuestro producto sea de calidad, cabe mencionar que para que se cumplan este tipo de requisitos se debe contar con la maquinaria en óptimas condiciones para fabricar los productos en los tiempos establecidos y satisfacer las necesidades y/o expectativas de los clientes.

Según el Nuevo Informe de Competitividad Global- IGC El World Economic Forum- WEF (2018) mide índices de 140 economías del cual el 90% es del PBI mundial, donde se considera al incremento de la productividad como una condición para el mayor desarrollo humano. En cuanto a los resultados EE. UU aparece como el país más competitivo gracias a la industria innovadora, emprendimiento como cultura en su gente, sistemas financieros y a su dinamismo empresarial. Después le siguen: Singapur, Alemania, Suiza y Japón está en el quinto puesto por su gran estabilidad macroeconómica, infraestructura, sistemas financieros, etc.

En cuanto a Latinoamérica el WEF indica que la competitividad sigue siendo muy frágil y que el futuro puede verse muy amenazada debido a varios factores como: repercusiones de las crisis tal es el caso de Venezuela, las incertidumbres políticas, desastres naturales, inseguridad, etc. Según el WEF el Perú se encuentra en el puesto 63 a nivel mundial y sexto de Latinoamérica después de Chile, México, Uruguay, Costa Rica y Colombia.

Según el INEI (2018) en cuanto a la Producción Nacional nuestro país sigue en continuo crecimiento debido a la gran evolución en los sectores de: manufactura, comercio, telecomunicaciones, en el comercio, sector agropecuario, transporte, etc. El crecimiento de la economía también se explica por el incremento en las ventas, créditos de consumo, exportaciones de productos agropecuarios: textiles, pesqueros, químicos, etc. El crecimiento de la producción nacional en el período de enero-agosto 2018 fue de 3,77% y para hacer un comparativo durante el último año de setiembre 2017 – agosto 2018 se logró un crecimiento de 3,35%.

La empresa donde se aplica la investigación opera más de 20 años y actualmente cuenta con aproximadamente 320 máquinas de confección textil, distribuidas en 14 líneas de producción dichas máquinas son de diversas marcas, diseños de acuerdo a la función que realizan tanto en la confección de polos, camisas, pantalones, vestidos, etc. Es por ello que haciendo un diagnóstico previo y por ser parte del equipo de trabajo de dicha empresa hemos llegado a determinar que no se está realizando un mantenimiento de la manera correcta y como aporte nuestro queremos mejorar su productividad a través de la metodología RCM o mantenimiento centrado en la confiabilidad con el fin de tener las máquinas en óptimas condiciones a la disponibilidad y confiabilidad.

En muchas ocasiones las líneas de producción se han caído debido a fallos de máquinas, falta de disponibilidad de máquinas, también se han vistos casos en las cuales se presenta una falla grave y por dar la solución inmediata se recurre a cambiarlo por otra, pero lo que se ocasiona es tener una máquina improductiva, por otro lado, se puede dar que otra línea este necesitando ese tipo de máquina y pues tiene que esperar o dejar que esa operación se haga al final de todo los procesos de la línea, pues en definitiva si afecta la producción.

Actualmente la productividad en la Empresa es de 62% ello se ve reflejado en eficacia de la producción, donde la meta diaria es 3200 pecheras de camisas, pero en promedio solo se produce 2600.6 unidades, lo que refleja una eficacia de 79%, y en cuanto a la eficiencia de 78%. Así mismo, nuestros valores son: Mantenibilidad (49%), Confiabilidad (36%) y Disponibilidad (74%).

Según Moubray (1997), citado por Campos et al (2019), el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) es un procedimiento que permite determinar qué se debe de hacer para asegurar el buen desempeño de un activo y continúe trabajando en su contexto operacional. (p.52).

Por otro lado, Gutiérrez (2014) sostiene que la productividad está relacionada con el logro de resultados en un proceso o sistema, por lo tanto, al incrementar la productividad es lograr mejores resultados, por ello la productividad se mide por el cociente formado por los logros y los recursos empleados. (p. 20)

Esta investigación tiene como propósito aplicar el Mantenimiento Centrado en la confiabilidad con la finalidad de incrementar la productividad de las máquinas botoneras robóticas, para ello mediremos las relaciones entre ambas variables.

En el contexto **Nacional**, Mejía (2017) cuyo objetivo fue minimizar paradas imprevistas lo que se traduce en reducción de costos. El estudio concluyó que se mejoró la disponibilidad en un 16% es decir del 81% paso al 97%, por otro lado, se logró incrementar la producción en un 7% equivalente a 24 000 litros de alcohol por mes, dejando una rentabilidad de s/. 43 200 mensuales.

Cáceres y León (2017) concluyeron que se redujo la ejecución de mantenimientos preventivos en un 24.83%, la confiabilidad aumento en un 13.01%, la disponibilidad se incrementó en un 4.82 % y como último punto se aumentó la mantenibilidad de toda la flota en un 26.86%. Lo que quiere decir que el proyecto es viable.

Albán (2017) con su tesis concluye que el plan de mantenimiento se redujeron las paradas en un 97.81%, las frecuencias de las fallas en 81.43%, y cabe resaltar que la productividad aumentó en 7153 productos, en definitiva, se logró hacer un análisis de costo-beneficio el cual arrojó como resultado que por cada sol invertido se ganaba 0.76 céntimos.

Castillo (2017) concluyó que mediante un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para mejorar la productividad de un camión volquete volvo FMX-440, ya que la disponibilidad antes de la aplicación del RCM era de 85%, mientras que después de la aplicación la productividad se incrementó un 93.31%.

Olazo (2017) cuyo objetivo fue implementar el RCM en una línea de producción. Este estudio concluye que mediante el análisis de criticidad y el Diagrama de Pareto se determinaron los equipos principales y secundarios, así mismo mediante el análisis de criticidad se determina el tipo de mantenimiento que corresponda. Según la propuesta de mejora, la disponibilidad de equipos se incrementa de 87.9% a 89.6%.

Internacionales, Poveda (2011) concluyó que el plan de mantenimiento basado en el RCM se debe enfocar en los eventos que ocasionan indisponibilidad de los equipos; en los

procesos del RCM el mantenimiento preventivo disminuye un 60%, mientras que el mantenimiento a condición aumenta un 40%, debido a la existencia de condiciones que indican la ocurrencia de fallas; en el proceso RCM se cuenta con un documento donde se registran todos los eventos que ocasionan pérdidas, es decir, este documento permite diagnosticar fallas; el uso del RCM permite el desarrollo técnico del personal de producción, ya que lo familiariza con los equipos e instalaciones.

Jiménez (2013) concluyó que los Índices de confiabilidad permiten establecer el alcance u frecuencia de las paradas de planta para la intervención preventiva y correctiva para los equipos; el modelaje del sistema, mediante el uso de la tecnología de control, impacta positivamente en el nivel operativo, productivo, social y económico; para planear y ejecutar las tareas de mantenimiento es necesaria la comunicación y la capacitación de todos los interesados.

Olazábal (2015) concluyó que el sistema de mantenimiento actual aplicado por la empresa arroja resultados insatisfactorios; el Sistema de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad es la mejor alternativa para dar solución al problema de investigación; la aplicación del MCC presenta resultados satisfactorios en el área operativa, así también contribuye al desarrollo medioambiental y económico y en la gestión de inventarios.

Romero (2016) concluyó que la disponibilidad acumulada de las líneas durante tres años arrojó 63%, con 28% de paros ajenos y 9% de paros mecánicos, además los valores de disponibilidad de los equipos son de 96 a 100%, con los mismos valores de confiabilidad; la confiabilidad calculada es de 83% en paradas por fallas mecánicas, valor por debajo de los niveles de clase mundial; a partir de los resultados obtenidos se establecieron 82 actividades de mantenimiento preventivo para los equipos de las líneas

Campos et al (2019) concluyó que es importante recopilar y analizar la información del activo; se debe establecer el contexto operativo y la taxonomía según la Norma ISO 14224, y el análisis modos y causas de falla permite asegurar los diagramas de decisión según la Norma SAEJAI012, la evaluación de los efectos de falla con NPR permite identificar los efectos más importantes.

Variable I: Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad (CRM)

Para Gonzales (2013) el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) es una filosofía de gestión del mantenimiento en donde un equipo multidisciplinario de trabajo busca optimizar el funcionamiento operacional de un sistema. El objetivo principal del RCM es alcanzar el funcionamiento requerido de los activos. (p. 12).

Por otro lado, Castillo (2017) sostiene que el RCM es una perspectiva de gestión basada en el diseño y planificación de programas que incrementen la confiabilidad de los equipos con el propósito de minimizar costos y riesgos; para ello hace uso de los diferentes tipos de mantenimiento, entre ellos se encuentran los siguientes: correctivo, autónomo, preventivo, etc. (p. 21).

El RCM es una estrategia de gestión del mantenimiento que se consta de tres partes: mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad. Al respecto, la Norma SAE JA (Sociedad de Ingenieros de la Industria Automovilística) 1011, norma que contiene los requisitos mínimos para aplicar la metodología del mantenimiento Centrado en la confiabilidad.

Dimensión 01: Mantenibilidad

Según Mejía (2017) la mantenibilidad es la probabilidad de que un equipo sea reparado después de haber ocurrido un fallo. Para medirla se utiliza el tiempo promedio de reparación (MTTR). (p.25).

El Tiempo promedio de reparación (MTTR) es un indicador que mide la capacidad para solucionar las fallas producidas en un equipo dentro de un periodo de tiempo designado y dejarlo en condiciones óptimas. Este indicador está estrechamente relacionado a la Mantenibilidad, es decir, a la actividad de realizar el mantenimiento. (García, 2012 p. 131).

$$\text{Tiempo promedio de reparación} = \frac{\text{Tiempo improductivo por fallas}}{\text{Número de fallas}} \times 100$$

Dimensión 02: Confiabilidad

Según Apablaza (2013), citado por Mejía (2017), la confiabilidad es la probabilidad que de un equipo funcione correctamente y sin interrupciones durante un lapso de tiempo determinado y bajo ciertas condiciones operacionales. Ella se mide con tiempo medio entre fallas (MTTF).) (p. 25).

La confiabilidad está estrechamente relacionada con la tasa de fallas y con el tiempo de operación o el tiempo medio de operación. Cuando el número de fallas aumenta o el tiempo medio de operación disminuye, la confiabilidad del equipo disminuye.

García (2012, p. 131) sostiene que el tiempo medio entre fallas (MTTF) es un indicador que permite medir el tiempo promedio de operación de un equipo sin ningún tipo de interrupción dentro de un periodo de tiempo determinado. Este indicador está estrechamente relacionado con la confiabilidad.

$$\text{Tiempo medio entre fallas} = \frac{\text{Tiempo de operación de los equipos}}{\text{Número de fallas}} \times 100$$

Dimensión 03: Disponibilidad

Desde el punto de vista de García (2012) la disponibilidad es la probabilidad estadística de que un equipo pueda cumplir con las funciones requeridas por los usuarios, es decir, no sufra fallas o averías que afecten su desempeño. (p.57).

Según Gonzales (2009), citado por Becerra y Paulino (2012) es la probabilidad de que un equipo esté apto para ser utilizado (excepto en el tiempo planificado para su mantenimiento). (p. 138).

La disponibilidad se mide a través del índice de disponibilidad (Meza, Ortiz y Pinzón, 2006), citado por Castillo (2017, p. 22).

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas operativas} - \text{Horas inoperativas}}{\text{Horas operativas}}$$

La disponibilidad es el principal factor que afecta la capacidad de la producción. Por lo tanto, la disponibilidad depende directamente de la confiabilidad y del mantenimiento.

La metodología del RCM se basa en la norma SAE JA 1011 (agosto 2009) denominada “Criterios de Evaluación del Proceso de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad”. Para esta metodología SAE plantea siete pasos:

1. Determinar el contexto operacional, funciones y estándares
2. Determinar las fallas funcionales
3. Definir la causalidad de fallas (modos de fallas)
4. Determinar los efectos de las fallas
5. Categorizar los efectos de las fallas
6. Determinar las actividades y tareas para prevenir o predecir las fallas
7. Toma de decisiones estratégicas de gestión de fallas

1°. Para la selección de sistemas de análisis, Según Poveda (2011), es necesario especificar los sistemas que se van a analizar, para ello se debe conocer el funcionamiento del equipo en su totalidad. (p.3).

Luego de ello, se debe evaluar la criticidad, es decir identificar los sistemas que más perjudiquen a la empresa cuando se produce una falla. Para ello se aplican los siguientes criterios:

- ✓ Tiempo de duración de fallas
- ✓ Frecuencia de ocurrencia de fallas
- ✓ Afectación en la seguridad y el medio ambiente
- ✓ Afectación en la calidad del producto
- ✓ Determinación de costos de mantenimiento

Después se elabora una tabla comparativa de valoración cuantitativa acerca de la incidencia de cada uno de los criterios antes mencionados.

La Norma SAE JA1011 indica que para la determinación del contexto operacional, los equipos deben contar con las siguientes especificaciones según la norma.

- Las condiciones en las que se planifica el funcionamiento del activo se debe definir y registrar.
- Se deben identificar las funciones primarias y secundarias del activo.
- Todas las funciones deben estar compuestas por un verbo, un estándar de funcionamiento. Ejm: Detener la compresora a 100 psi.

- La definición de los estándares dependerá del desempeño deseado por el usuario.

Así también para definir el contexto operacional se toman en cuenta los siguientes factores:

- ❖ Parámetros de calidad
- ❖ Disponibilidad de equipos
- ❖ Uso de reglamentos y normativas medio ambiental
- ❖ Disponibilidad de personal, equipos y herramientas
- ❖ Estándares de seguridad
- ❖ Organización de turnos

Por otro lado, Vargas (2011) plantea que en un análisis de confiabilidad operacional se analizan los siguientes parámetros: Confiabilidad humana, Confiabilidad de los procesos, Mantenibilidad de los equipos y Confiabilidad del equipo. (p.36).

2° La norma SAE JA1011, define una falla funcional como un estado en el que un equipo no cumple con su función específica según el nivel de desempeño requerido. Por ello, es importante definir los niveles de fallos, y estos pueden ser totales o parciales, es decir que un equipo puede no cumplir con el nivel de desempeño requerido o este también puede ser inferior. Al respecto, la norma SAE exige que se identifiquen todos los estados de fallos de los activos.

Así mismo, Poveda (2011) sostiene que las funciones se pueden dividir en: principales y secundarias. Las funciones principales son aquellas que están estrechamente relacionadas con la producción, la capacidad de almacenamiento, la calidad del producto, etc. Sin embargo, las funciones secundarias sirven de apoyo o complemento para las principales, entre ellas tenemos la comodidad, la seguridad, el diseño, la presentación, la integridad estructural, etc. (p. 5)

3° La norma SAE JA1011 define el modo de falla como un único evento que produce una falla funcional, además cada modo de falla tiene más de una causa, por ello se deben identificar claramente las causas que provocan las fallas, para ello se deben tomar en cuenta los siguientes criterios:

- ❖ Identificar todos los modos de fallas (lógicos) que producen cada una de las fallas funcionales.

- ❖ En la definición de modos de fallas se debe aplicar el consenso como un método. Este permite decir con qué modos quedarnos y cuáles eliminarlos.

- ❖ Para determinar la causalidad para los modos de fallas es necesario un análisis exhaustivo.

- ❖ Para el análisis de modos de fallas se debe contar con un historial de los eventos sucedidos y con los que probablemente puedan ocurrir en un contexto real.

- ❖ En el análisis de eventos que producen modos de fallas se debe tomar en cuenta el error humano y los defectos de diseño.

4° La determinación de los efectos de las fallas permite cuantificar el daño que cada evento puede producir. La norma exige que debe determinarse el grado de gravedad que ocasiona cada modo de falla, y para ello debe tomarse en cuenta lo siguiente:

- ❖ Describir el efecto de cada modo de falla para prevenir las fallas.

- ❖ Debe incluirse evidencia de que el modo de falla se ha producido.

- ❖ Describir de qué manera el modo de falla puede afectar la seguridad de los trabajadores y al medio ambiente.

- ❖ Describir de qué manera el modo de falla puede afectar la operación.

- ❖ Describir los daños físicos provocados por la falla.

- ❖ Determinar las actividades para restaurar la función del activo/sistema después de ocurrida la falla.

5° La norma SAE JA 1011, clasifica los efectos de las fallas en las siguientes categorías: capacidad operacional, impacto en la seguridad, en el medio ambiente y en los costos. Cada categoría debe aplicarse a cada efecto de modo de falla. Se elige solo una categoría, la que se considere más grave. Así también deben estar claramente separados los modos de fallas evidentes y ocultas. Deben diferenciarse las fallas que tienen impacto en la seguridad y medio ambiente de los que solo tienen impacto en la economía.

6° Unzueta (2014) manifiesta que para prevenir y minimizar las probabilidades de fallas es necesaria la aplicación de actividades preventivas. (p. 354).

7° En esta etapa se identifican las tareas preventivas y se evalúan si son factibles en ejecución e impacto o mediante la evaluación de costos de ejecución o de reparación

Variable 02: Productividad

La productividad consiste en la relación entre los productos obtenidos y recursos utilizados. (García, 2012, p. 10)

La productividad es un índice donde se relacionan las salidas de producción con respecto a los recursos que se utilizan para obtener la misma. (Cruelles, 2013, p. 54)

Por otro lado, Gutiérrez (2014) sostiene que la productividad son todos los resultados obtenidos mediante el uso de los recursos necesarios dentro de un proceso productivo, es decir, cuando se logran mejores resultados se incrementa la productividad. (p.20).

Dimensión 01: Eficiencia

Es la capacidad de lograr los objetivos con menor cantidad de recursos, con el fin de optimizar el uso de los recursos y evitando los desperdicios. Por lo tanto, para incrementar la productividad, se deben reducir los tiempos de desperdicios que se producen por falta de materiales, paradas no programadas, reparaciones, desbalances en la capacidad de planta. (Gutiérrez, 2011, p. 22).

Dimensión 02: Eficacia

Es el grado o la capacidad para lograr los resultados planificados en el momento determinado, para ello hace uso de los recursos planeados. Cuando se mejora la eficacia se optimiza la productividad de los materiales, equipos, procesos y la capacidad de la mano de obra, disminuyen así las fallas, defectos y deficiencias en los procesos y equipos. (Gutiérrez 2011, p. 22).

Formulación del problema

Problema general

¿Cómo el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la productividad de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confecciones, Ate 2019 - II?

Problemas específicos

P.E.1: ¿Cómo el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la eficacia de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confecciones, Ate 2019 - II?

P.E.2: ¿Cómo el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la eficiencia de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confecciones, Ate 2019 - II?

Justificación del estudio

Teórica

Determinar si hay relación entre la variable independiente y la dependiente, es decir que la Productividad depende del mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), para buen respaldo de ello tenemos a todos nuestros antecedentes que coinciden en los mismos. Por lo tanto, tenemos que llegar comprobar nuestras hipótesis plateadas,

Metodológica

Con respecto a la justificación metodológica se tiene como que todas las observaciones e instrumentos de recolección de datos son totalmente verdaderos, para ello se presentarán las evidencias de cada uno de los casos en los anexos del trabajo de investigación, en lo que es a la metodología de las variables independiente y dependiente se harán sus respectivas mediciones y validaciones.

Económica

El presente trabajo de investigación reducirá los tiempos de paradas de máquinas, incrementando la disponibilidad de las máquinas, el cual representará incrementos en la producción y en consecuencia mejoras en los ingresos al área de producción. Del mismo modo nos permitirá mejorar en las eficiencias de las máquinas de confección ya que la gran parte ya paso su tiempo de vida útil, también tendremos reducción en los costos de mantenimiento por el mismo hecho que se tendrá una planificación eficiente y los trabajos se realizarán en función a un cronograma por ende los paros de máquinas se reducirán.

Social

En otro de los factores donde se distribuirá el beneficio es en el personal operario ya que realizarán sus actividades de los más normal e incrementarán su eficiencia por ende mejores ingresos, y uno de los puntos más importantes considero que es la salud mental ya que al tener un ritmo de trabajo normal, los operarios no tendrán que renegar, ni molestarse tanto, dicho beneficio se verá reflejado en un mejor estado físico, mental y social.

Hipótesis

Hipótesis General

- El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la productividad de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confecciones, Ate 2019 - II.

Hipótesis Específicas

- El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la eficacia de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confecciones, Ate 2019 - II.
- El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la eficiencia de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confecciones, Ate 2019 - II.

Objetivos

Objetivo General

Determinar como el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la productividad de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confecciones, Ate 2019 - II.

Objetivos Específicos

- Determinar como el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la eficacia de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019 - II.
- Determinar como el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la eficiencia de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019 - II.

II. Método

2.1. Tipo, nivel y diseño de investigación

Tipo de investigación

El tipo de investigación que se aplicará en este trabajo será descriptiva - explicativa, ya que se pretende describir y explicar las variables independientemente (RCM) y la variable dependientemente (Productividad), así mismo identificar las causas del problema.

Nivel de la investigación

Esta investigación es de nivel aplicativo, ya que se pretende aplicar las siguientes variables de estudio: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad y Productividad.

Diseño de investigación

En esta investigación se aplicará el diseño de investigación experimental: pre-experimental, ya que se realiza una implementación de la variable solución.

Enfoque de investigación

Esta investigación utilizará el enfoque de investigación cuantitativo, ya que a través de la recolección de datos se pretende probar la hipótesis planteada.

2.2. Operacionalización de variables

- Variable independiente: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

Castillo (2017) define al RCM como una metodología de gestión enfocada en el diseño y planificación de programas que incrementen la confiabilidad de los equipos con el objetivo de minimizar costos. (p.21).

- Variable dependiente: Productividad

Según (García 2011) define que la eficiencia es el buen uso de los recursos en el proceso de la producción de un producto bajo un período definido. (p.17).

Tabla 1. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍNDICES	ESCALAS
VARIABLE INDEPENDIENTE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD	Castillo (2017, p.21) define el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad como una perspectiva de gestión basada en el diseño y planificación de programas que incrementen la confiabilidad de los equipos con el propósito de minimizar costos y riesgos	El Mantenimiento centrado en la confiabilidad se inicia con la identificación de fallas, luego se determinan las causas de dichas fallas así como sus impactos, y finalmente se plantean alternativas de solución y se selecciona la mejor.	Mantenibilidad	Índice de mantenibilidad	$MTTR = \frac{\sum \text{tiempo de reparación}}{n^{\circ} \text{ fallas por máquina}}$ <p>Donde: MTTR: Tiempo medio entre fallas</p>	RAZÓN
			Confiabilidad	Índice de confiabilidad	$MTBF = \frac{\text{Tiempo total operativo por máquina}}{n^{\circ} \text{ de fallas por máquina}}$ <p>Donde: MTBF: Tiempo promedio de fallas</p>	
			Diponibilidad	índice de disponibilidad	$I.D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\%$ <p>MTTR: Tiempo medio entre fallas MTBF: Tiempo promedio de fallas</p>	
VARIABLE DEPENDIENTE PRODUCTIVIDAD	Gutierrez (2014, p.20) define que la productividad son todos los resultados obtenidos mediante el uso de los recursos necesarios dentro de un proceso productivo, es decir, cuando se logran mejores resultados se incrementa la productividad.	La productividad, desde el punto de vista de la ingeniería, se mide de las siguientes maneras: haciendo uso de los mismo recursos para obtener mayor productividad y reduciendo los recursos para obtener la misma productividad.	Eficacia	Índice de eficacia	$I.E = \frac{\text{Producción lograda}}{\text{Producción programada}} \times 100$	RAZÓN
			Eficiencia	Índice de eficiencia	$Efi = \frac{\text{Horas Utilizadas}}{\text{Horas Programadas}} \times 100\%$	

Fuente: Elaboración propia

2.3. Población muestran y muestreo

Para esta investigación, la población está conformada por la producción de delanteros de camisas durante 180 días, en otras palabras, la población está constituida por la producción de delanteros de camisas durante 6 meses en el módulo y/o línea 24 de la empresa, en el distrito de Ate, específicamente los meses de segundo semestre del 2019.

Muestra

Para esta investigación, la muestra es definida de manera intencional, es decir, a conveniencia del investigador y por motivos de tiempo se ha considerado que nuestra muestra será la producción de delanteros de camisas durante 35 días en la línea 24 de la empresa de confecciones, específicamente entre julio – diciembre del 2018.

Según cálculo del tamaño de la muestra, para la producción de delanteros de camisas durante 180 días se debe tomar una muestra de producción de 179 días, pero debido a las limitaciones de tiempo, se considerará la producción de delanteros de camisas durante 35 días

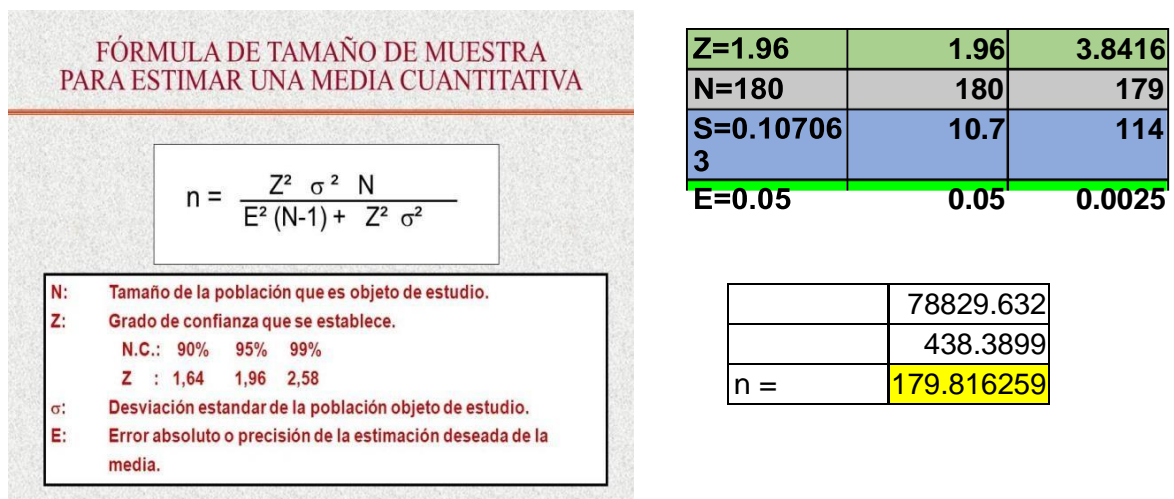


Figura 1: Cálculo del tamaño de la muestra

Muestreo

En esta investigación se utilizará el muestreo por conveniencia, ya que se ha seleccionado de manera directa e intencional a los elementos de la muestra, ya que según Hernández (2014) sostiene que la elección de los elementos para una muestra no probabilística depende de las causas relacionadas o de los propósitos del investigador. (p.176).

Para ello se analizó la producción de 35 días antes de la aplicación de la herramienta (03 de septiembre al 12 de octubre del 2018), y la producción de 35 días después de la aplicación del RCM (02 de septiembre al 11 de octubre del 2019).

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos y confiabilidad

Técnica

En esta investigación se empleará la técnica de la observación es una técnica que permite información directa y confiable, para ello es necesario realizar un procedimiento sistematizado y controlado.

Instrumentos de recolección de datos

Como instrumento de recolección de datos se utilizarán dos fichas de recolección de datos:

- Ficha de observación n°1: Reporte diario de producción de la línea 24 de la empresa.
- Ficha de observación n°2: Reporte de fallas de las máquinas botoneras robóticas

Confiabilidad

La confiabilidad de los instrumentos está dada por los datos fidedignos y confiables obtenidos de la misma empresa a través de la correlación de Pearson, donde ambas variables arrojan una correlación mayor al 0.7, lo que significa que la correlación es alta.

Estadísticos descriptivos			
	Media	Desv. Desviación	N
EFICACIAANTES	,80337	,075787	35
EFICIENCIAANTES	,86903	,063816	35
MANTANTES	,48483	,106851	35
DISPONANTES	,74131	,117343	35
CONFIAANTES	,38511	,176305	35

Correlaciones				
		EFICACIAANT ES	EFICIENCIAA NTES	MANTANTES
EFICACIAANTES	Correlación de Pearson	1	,818**	-,569**
	Sig. (bilateral)		,000	,000
	N	35	35	35
EFICIENCIAANTES	Correlación de Pearson	,818**	1	-,440**
	Sig. (bilateral)	,000		,008
	N	35	35	35
MANTANTES	Correlación de Pearson	-,569**	-,440**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,008	
	N	35	35	35
DISPONANTES	Correlación de Pearson	,988**	,797**	-,605**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000
	N	35	35	35
CONFIAANTES	Correlación de Pearson	,831**	,652**	-,280
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,103
	N	35	35	35

Estadísticos descriptivos			
	Media	Desv. Desviación	N
EFICACIADESPUES	,87620	,055384	35
EFICIANDESPUES	,90857	,048738	35
MANTDESPUES	,37486	,100961	35
DISPONDESPUES	,77011	,107128	35
CONFIANDESPUES	,39869	,176096	35

Correlaciones				
		EFICACIADESP PUES	EFICIANDESP PUES	MANTDESPUE S
EFICACIADESPUES	Correlación de Pearson	1	,974**	-,254
	Sig. (bilateral)		,000	,140
	N	35	35	35
EFICIANDESPUES	Correlación de Pearson	,974**	1	-,280
	Sig. (bilateral)	,000		,103
	N	35	35	35
MANTDESPUES	Correlación de Pearson	-,254	-,280	1
	Sig. (bilateral)	,140	,103	
	N	35	35	35
DISPONDESPUES	Correlación de Pearson	,201	,194	-,617**
	Sig. (bilateral)	,248	,284	,000
	N	35	35	35
CONFIANDESPUES	Correlación de Pearson	,241	,212	-,544**
	Sig. (bilateral)	,163	,222	,001
	N	35	35	35

Figura 2: Confiabilidad del instrumento de investigación

2.5. Procedimiento

El desarrollo de este tesis se hará en base a la herramienta RCM, para ello respetamos todas las pautas según la Norma SAEJA 1011, en este caso desarrollaremos las fases de acuerdo a nuestra problemática, y con ello lograremos que nuestra productividad se incremente en gran medida. A continuación se presenta el desarrollo de todas las fases del RCM de acuerdo a nuestro problema de investigación:

Fase 1: Esta fase corresponde a tener la idea clara de lo que se pretende implementando el RCM, en nuestro caso fue incrementar la productividad. También tomamos en cuenta la determinación de indicadores y sus valoraciones, es así que estos están plasmados en nuestra matriz de operacionalización de variables, y las vez fueron cuantificados.

- ✓ Mantenibilidad
- ✓ Confiabilidad
- ✓ Disponibilidad
- ✓ Eficiencia
- ✓ Eficacia

Fase 2: Esta fase se realizó el listado de todos los equipos de planta, para ello nosotros como investigadores tuvimos que hallar cuál es la máquina más crítica, es decir, la que tenía más fallas, a simple observación sabíamos que eran las maquinas botoneras robóticas, pero como investigadores utilizamos el análisis de criticidad para que nuestros datos sean más confiables y fiables.

Haciendo el análisis respectivo a este tipo de máquina nos resultó muy coincidente haciendo una simple observación era la máquina más crítica, ya con los datos y con análisis riguroso los resultados resultaron ser los mismos, es decir resultó ser una máquina muy crítica por ende tomamos la decisión de trabajar en ello en nuestro proyecto de investigación. (Ver Tabla 31 en anexos)

Después del análisis de criticidad, sabiendo que la máquina botonera robótica es la más crítica, tenemos que enumerar todos sus partes principales que lo componen, a continuación, con la ayuda del manual de instrucción y de partes se enumeraron los mecanismos. (Ver gráfico 25 en anexos)

Fase 3: En esta etapa se realizó el estudio detallado del funcionamiento de la máquina botonera robótica y de sus subsistemas en cuanto a funciones principales y funciones secundarias. (Ver Tabla 32 en anexos)

Fase 4 y 5: En esta fases se determinaron los fallos funcionales y los modos de fallo de las máquinas botoneras robóticas, ya que son ellos los que determinan con qué frecuencia se dan las fallas y si estos fallos son totales o parciales, cabe resaltar que solo nos enfocamos en las fallas más frecuentes y las que demandan más tiempo en reparar la máquina. (Ver Tabla 33 en anexos)

Fase 6: En esta fase se llevó a cabo un estudio riguroso sobre las consecuencias o modos de fallo desarrollados en la etapa anterior, para ello tuvimos que clasificarlos en: críticos, significativos, tolerables e insignificantes. Nosotros como investigadores y con el objetivo de reducir las paradas de máquina, le otorgamos más importancia a los críticos, ya que este conlleva a tener paradas de máquina, bajas de productividad, etc. (Ver Tabla 34 en anexos)

Fase 7: En esta fase se determinaron todas las medidas preventivas que atenúen estos efectos y/o consecuencias que tengan las fallas, enfocándonos con mayor rigurosidad en las críticas:

Fase 8: En esta fase agrupamos las medidas preventivas desarrolladas en la etapa anterior en sus diferentes categorías, para poder dar prioridad a cada una de ellas de acuerdo a su nivel de criticidad o urgencia. También desarrollamos un plan de mantenimiento mucho más detallado al actual, ya que este no tiene en cuenta la complejidad de las máquinas, elaboramos una lista de mejoras a tener en cuenta, procedimientos de operación de máquina, procedimientos de mantenimiento, listado de repuestos de mayor frecuencia de uso para mantenerlo en stock y no hacer los trámites cuando falla la máquina, por último, mencionaremos algunas medidas provisionales a tener en cuenta.

Procedimientos de operatividad de máquina:

Antes de poner en funcionamiento las máquinas:

- Verificamos visualmente el estado de todos los componentes de las máquinas (informar si existe alguna anomalía).
- Verificamos las conexiones eléctricas (informar si existe alguna anomalía).
- Verificamos conexiones sueltas o defectuosas (comunicar al personal responsable).
- Verificamos el nivel de aceite (comunique para su relleno).
- Accionamos el interruptor de encendido.
- Comprobamos el funcionamiento realizando pruebas

Después de haber utilizado las máquinas:

- Apagamos el interruptor
- Quitamos la presión del sistema
- Limpiamos, y cubrimos la máquina para evitar contaminación con polvo, pelusa, etc.

Procedimientos de mantenimiento:

- Revisamos el programa de mantenimiento
- Tenemos el lugar de mantenimiento despejado
- Llevamos las máquinas que les corresponden hacer su mantenimiento al lugar

indicado.

- Tenemos a la mano el manual de partes
- Realizamos el desmontaje de acuerdo al manual de partes
- Hacemos los mantenimientos a todos los mecanismos
- Cambiamos las piezas con desgaste y/o deformaciones
- Registramos en el historial los cambios hechos
- Realizamos el montaje de acuerdo a manual de partes
- Realizamos los seguimientos de los cambios efectuados

Fase 9: En esta fase se puso en práctica todo lo desarrollado en las fases anteriores.

Fase 10: Esta es la última fase, se llevaron a cabo las evaluaciones correspondientes de todas las fases realizadas y para tener un resultado óptimo se evaluaron indicadores citados en la fase uno, para cuantificar los resultados.

2.6. Método de análisis de datos

Análisis descriptivo

Este trabajo analizó los datos referentes a las variables Productividad para la identificación de la media, mediana, varianza y desviación estándar a través del software estadístico SPSS Versión 25.

Análisis inferencial

El análisis inferencial consiste en analizar la distribución normal de las variables, es decir, si el comportamiento de las variables es paramétrico o no paramétrico. Entonces, el comportamiento de la variable con datos menores de 30 elementos, se determina mediante el estadígrafo Shapiro Wilk, por el contrario, si los datos de la variable son mayores de 30 el comportamiento se determina a través del estadígrafo Kolmogorov de Smirnov.

Para el contraste de hipótesis, si el comportamiento de la variable es paramétrico se aplica el modelo estadístico de la Tabla T (T-Student), por el contrario, si la variable presenta comportamiento no paramétrico se empleará el modelo estadístico Wilcoxon.

2.7. Aspectos éticos

Debido a que este trabajo no transgredirá las normas éticas y morales de la sociedad, no se aplicarán tratamientos éticos. En cuanto a la veracidad de los resultados obtenidos y la confiabilidad de los datos de la empresa son de nuestra entera responsabilidad

III. Resultados

3.1. Análisis descriptivo

A continuación, se muestra el análisis descriptivo para la variable dependiente y sus respectivas dimensiones para los datos obtenidos antes y después de la aplicación:

a) Productividad

Para los datos de la productividad antes y después de la aplicación se obtuvieron los siguientes resultados del análisis descriptivo:

Tabla 2: *Resultados descriptivos de Productividad antes de la aplicación*

			Estadístico	Error típ.
PRODUCTIVIDADANTES	Media		,62866	,018101
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,59187	
		Límite superior	,66544	
	Media recortada al 5%		,62840	
	Mediana		,62100	
	Varianza		,011	
	Desv. típ.		,107088	
	Mínimo		,424	
	Máximo		,837	
	Rango		,413	
	Amplitud intercuartil		,165	
	Asimetría		,012	,398
	Curtosis		-,774	,778

Fuente: Software SPPSS V22

Tabla 3: *Resultados descriptivos de Productividad después de la aplicación*

			Estadístico	Error típ.
PRODUCTIVIDADDESPUES	Media		,74143	,019421
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,70196	
		Límite superior	,78090	
	Media recortada al 5%		,74152	
	Mediana		,74000	
	Varianza		,013	
	Desv. típ.		,114898	
	Mínimo		,511	
	Máximo		,963	
	Rango		,452	
	Amplitud intercuartil		,186	
	Asimetría		,083	,398
	Curtosis		-,791	,778

Fuente: Software SPPSS V22

b) Eficiencia

Para los datos de la eficiencia antes y después de la aplicación se obtuvieron los siguientes resultados del análisis descriptivo:

Tabla 4: *Resultados descriptivos de Eficiencia antes de la aplicación*

			Estadístico	Error típ.
EFICIENCIAANTES	Media		,87686	,011152
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,85419	
		Límite superior	,89952	
	Media recortada al 5%		,87769	
	Mediana		,87400	
	Varianza		,004	
	Desv. típ.		,065977	
	Mínimo		,736	
	Máximo		,989	
	Rango		,253	
	Amplitud intercuartil		,110	
	Asimetría		-,049	,398
	Curtosis		-,825	,778

Fuente: Software SPPSS V22

Tabla 5: *Resultados descriptivos de Eficiencia después de la aplicación*

			Estadístico	Error típ.
EFICIENCIAANTES	Media		,8769	,01115
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,8542	
		Límite superior	,8995	
	Media recortada al 5%		,8777	
	Mediana		,8740	
	Varianza		,004	
	Desv. típ.		,06598	
	Mínimo		,74	
	Máximo		,99	
	Rango		,25	
	Amplitud intercuartil		,11	
	Asimetría		-,049	,398
	Curtosis		-,825	,778

Fuente: Software SPPSS V22

b) Eficacia

Para los datos de la eficacia antes y después de la aplicación se obtuvieron los siguientes resultados del análisis descriptivo:

Tabla 6: *Resultados descriptivos de Eficacia antes de la aplicación*

			Estadístico	Error típ.
EFICIENCIAANTES	Media		,87686	,011152
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,85419	
		Límite superior	,89952	
	Media recortada al 5%		,87769	
	Mediana		,87400	
	Varianza		,004	
	Desv. típ.		,065977	
	Mínimo		,736	
	Máximo		,989	
	Rango		,253	
	Amplitud intercuartil		,110	
	Asimetría		-,049	,398
	Curtosis		-,825	,778

Fuente: Software SPPSS V22

Tabla 7: *Resultados descriptivos de Eficacia después de la aplicación*

			Estadístico	Error típ.
EFICACIADESPUES	Media		,84126	,011725
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,81743	
		Límite superior	,86508	
	Media recortada al 5%		,84129	
	Mediana		,84700	
	Varianza		,005	
	Desv. típ.		,069363	
	Mínimo		,695	
	Máximo		,974	
	Rango		,279	
	Amplitud intercuartil		,106	
	Asimetría		,010	,398
	Curtosis		-,617	,778

Fuente: Software SPPSS V22

3.2. Análisis inferencial

Análisis de la hipótesis general

HG: El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la productividad de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019.

Con la finalidad de contrastar la hipótesis general, es necesario, en primer lugar, determinar si los datos correspondientes a la productividad antes y después presentan un comportamiento paramétrico, por ello, ya que la serie de datos contiene 35 datos, se debe realizar el análisis de normalidad mediante el estadístico de Kolmogorov-Smirnov.

Regla de decisión

Si $p\text{valor} \leq 0.05$, los datos que contiene la serie presentan un comportamiento no paramétrico.

Si $p\text{valor} > 0.05$, los datos que contiene la serie presentan un comportamiento paramétrico.

Tabla 8: *cuadro de elección de estadígrafo*

ANTES	DESPUÉS	ESTADÍGRAFO
Paramétrico	Paramétrico	T STUDENT
Paramétrico	No Paramétrico	WILCOXON
No Paramétrico	No Paramétrico	WILCOXON

Fuente: Roa (2017, p. 77)

Tabla 9: *Prueba de Normalidad de la Productividad mediante Kolmogorov-Smirov*

Pruebas de normalidad			
	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
PRODUCTIVIDADANTES	,073	35	,200*
PRODUCTIVIDADESPUES	,098	35	,200*

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Fuente: Software SPPSS V22

La tabla 9 muestra que la significancia de la productividad antes de la aplicación es de 0,200 y después de la aplicación es 0,200 también, por lo tanto, la productividad antes y después de la aplicación es mayor a 0,05 se demuestra que presenta un comportamiento paramétrico, por ello se utilizará T-Student,

Contraste de hipótesis general

Ho: El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad no incrementa la productividad de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019.

Ha: El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la productividad de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019.

Regla de decisión

Si $p\text{valor} \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $p\text{valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Tabla 10: *Prueba T-Student para la Productividad*

Correlaciones de muestras relacionadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	PRODUCTIVIDADANTES y PRODUCTIVIDADDESPUES	35	,931	,000

Fuente: Software SPPSS V22

La tabla 10 muestra que la significancia para la productividad antes y después es menor que 0,05, por ello se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de investigación, por lo tanto, queda demostrado que el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la productividad de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019.

Finalmente, para validar que el análisis realizado es correcto, se procede al análisis pvalor o significancia de los resultados obtenidos mediante la prueba T-Student.

Regla de decisión

Si $pvalor \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $pvalor > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Tabla 11: *Significancia de la prueba T-Student*

Prueba de muestras relacionadas									
		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación tip.	Error tip. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	PRODUCTIVIDADANTES - PRODUCTIVIDADDESPUES	-,112771	,041933	,007088	-,127176	-,098367	-15,910	34	,000

Fuente: Software SPPSS V22

Según la tabla 11, se comprueba que la significancia de la prueba T-student para la productividad antes y después de la aplicación es 0,000, por lo tanto y según la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta que el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la productividad de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019.

Análisis de hipótesis específicas

a) Hipótesis específica 1

Ha: El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la eficacia de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019.

Con la finalidad de contrastar la hipótesis general, es necesario, en primer lugar, determinar si los datos correspondientes a la eficacia antes y después presentan un comportamiento paramétrico, por ello, ya que la serie de datos contiene 35 datos, se debe realizar el análisis de normalidad mediante el estadístico de Kolmogorov-Smirnov.

Tabla 12: *Prueba de Normalidad de la eficacia mediante Kolmogorov-Smirnov*

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
EFICACIANTES	,074	35	,200 [*]	,969	35	,411
EFICACIADESPUES	,084	35	,200 [*]	,984	35	,866

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Software SPPSS V25

La tabla 12 muestra que la significancia de la eficacia antes de la aplicación es de 0,200 y después de la aplicación es 0,200 también, por lo tanto, la eficacia antes y después de la aplicación es mayor a 0,05 se demuestra que presenta un comportamiento paramétrico, por ello se utilizará T-Student,

Contraste de hipótesis general

Ho: El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad no incrementa la eficacia de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019.

Ha: El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la eficacia de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019.

Tabla 13: *Prueba T-Student para la Eficacia*

Correlaciones de muestras relacionadas				
	N	Correlación	Sig.	
Par 1 EFICACIANTES y EFICACIADESPUES	35	,937	,000	

Fuente: Software SPPSS V25

La tabla 13 muestra que la significancia para la eficacia antes y después es menor que 0,05, por ello se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna o de investigación, por lo tanto, queda demostrado que el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa

la eficacia de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019

Finalmente, para validar que el análisis realizado es correcto, se procede al análisis pvalor o significancia de los resultados obtenidos mediante la prueba T-Student.

Tabla 14: *Significancia de la prueba T-Student*

Prueba de muestras relacionadas									
		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	EFICACIANTES - EFICACIADESPUES	-,056914	,026058	,004405	-,065866	-,047963	-12,922	34	,000

Fuente: Software SPPSS V25

Según la tabla 14, se comprueba que la significancia de la prueba T-student para la eficacia antes y después de la aplicación es 0,000, por lo tanto y según la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta que el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la eficacia de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019.

a) Hipótesis específica 2

Ha: El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la eficiencia de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019.

Con la finalidad de contrastar la hipótesis general, es necesario, en segundo lugar, determinar si los datos correspondientes a la eficiencia antes y después presentan un comportamiento paramétrico, por ello, ya que la serie de datos contiene 35 datos, se debe realizar el análisis de normalidad mediante el estadístico de Kolmogorov-Smirov.

Tabla 15: *Prueba de Normalidad de la eficiencia mediante Kolmogorov-Smirov*

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
EFICIENCIANTES	,098	35	,200 [*]	,978	35	,709
EFICIENCIADESPUES	,085	35	,200 [*]	,973	35	,518

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Software SPPSS V25

La tabla 15 muestra que la significancia de la eficiencia antes de la aplicación es de 0,200 y después de la aplicación es 0,200 también, por lo tanto, la eficacia antes y después de la

aplicación es mayor a 0,05 se demuestra que presenta un comportamiento paramétrico, por ello se utilizará la prueba T-Student,

Contraste de hipótesis general

Ho: El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad no incrementa la eficiencia de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019.

Ha: El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la eficiencia de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019.

Tabla 16: *Prueba T-Student para la Eficacia*

Correlaciones de muestras relacionadas

	N	Correlación	Sig.
Par 1 EFICIENCIANTES y EFICIENCIADESPUES	35	,852	,000

Fuente: Software SPPSS V25

Según la tabla 16, se comprueba que la significancia de la prueba T-student para la eficiencia antes y después de la aplicación es 0,000, por lo tanto y según la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta que el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la eficiencia de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019.

Finalmente, para validar que el análisis realizado es correcto, se procede al análisis pvalor o significancia de los resultados obtenidos mediante la prueba T-Student.

Tabla 17: *Significancia de la prueba T-Student*

Prueba de muestras relacionadas

		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación tip.	Error tip. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	EFICIENCIANTES - EFICIENCIADESPUES	-,079229	,037239	,006294	-,092020	-,066437	-12,587	34	,000

Fuente: Software SPPSS V25

Según la tabla 17, se comprueba que la significancia de la prueba T-student para la eficiencia antes y después de la aplicación es 0,000, por lo tanto y según la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta que el Mantenimiento Centrado en la

Confiabilidad incrementa la eficiencia de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019.

IV. Discusión

A partir de los resultados obtenidos del contraste de la hipótesis general de la presente investigación se demostró que la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la productividad de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019, así pues la diferencia de medias demuestra este incremento, ya que la productividad antes de la implementación fue de 62.806%, mientras que la productividad después de la implementación fue 74.186%, por lo tanto, se logró un incremento de 11.38%. Estos resultados coinciden con la investigación de Castillo (2017), donde demuestra que mediante la implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad la productividad se incrementó la productividad en un 8,31%; así también coincide con la investigación de Cáceres y León (2017), quienes concluyen que el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad contribuye a la mejora de la productividad, ya que reduce la ejecución de mantenimientos preventivos en un 28.24%, es decir, permite una mayor disponibilidad de las máquinas, además e RCM contribuye a la reducción de costos.

Al respecto, el estudio de Pexa (2014) sostiene que el RCM representa un proceso estructurado para la gestión del mantenimiento y para la toma de decisiones para una política de mantenimiento óptimo (seguimientos de fallas, mantenimiento periódico, mantenimiento condicional y mantenimiento predictivo. Así mismo, Alencar (2015) sostiene que la implementación del RCM genera mejores resultados, los cuales ayudan a los gerentes en la planificación del mantenimiento, a la vez, García, Cárcel y Mendoza (2019) afirman que “el mantenimiento es factor vital que influye en la productividad” (p. 65), para ello es necesario registrar el estado de funcionamiento de los equipos, el mantenimiento y la producción real, ya que de este modo se establecen índices y programas que incrementan la productividad.

En cuanto a la primera hipótesis específica, la cual demostró que el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la eficacia de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, logrando así una diferencia de medias, donde la media antes de aplicación fue de 79.763% y después de la aplicación fue un 87.686%,

produciéndose un incremento total de 7.923%, este resultado coincide con Olazaval (2015) en su investigación denominada Aplicación del Sistema de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) a equipos del “Hotel Complejo Memories Paraíso Azul Royalton” concluye que el Sistema de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad es la mejor alternativa para incrementar la eficacia, así también Roa (2017), en su investigación titulada Implementación de un Programa de Mantenimiento Preventivo para incrementar la Productividad de azulejos en el área de Prensas Hidráulicas en la Empresa Cerámica San Lorenzo S.A.C., Lurín, 2017, donde demuestra que el mantenimiento preventivo mejora la eficacia en un 20.01%, cabe recalcar que el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad aplica también los principios del Mantenimiento Preventivo.

Según el estudio de Barros, Valencia y Vargas (2014) la implementación del RCM logró incrementar la confiabilidad de los equipos a través del análisis de Tiempo medio entre fallas (MTBF), es decir, que al incrementarse la confiabilidad se reduce el tiempo medio entre fallas y ello permite que se pueda lograr la producción programada.

Finalmente, para la segunda hipótesis específica, se obtuvo que el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la eficiencia de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, ya que la media de eficiencia antes de la aplicación fue 78.434%; mientras que la eficiencia después de la aplicación fue 84.126 produciéndose así un incremento total de 5.692%., este resultado concuerda con Albán (2017), quien su tesis titulada Implementación de un plan de Mantenimiento Preventivo centrado en la confiabilidad de las maquinarias en la empresa construcciones Reyes S.R.L para incrementar la Productividad sostiene que incrementa la productividad, a causa del incremento de la eficiencia, además afirma que mediante esta metodología se logró que se reduzcan las paradas en un 97.81%, las frecuencias de las fallas en 81.43%, y cabe resaltar que la productividad aumento en 7153 productos, y su eficiencia se vio incrementada en un 25,08% después que se aplicara la implementación. Así también, Fuentes et al (2018) sostiene que el RCM garantiza la disponibilidad de los equipos y la rentabilidad, ellos también coinciden con Pariaman et al (2017), además adoptar una cultura enfocada en la confiabilidad permite reducir los costos de mantenimiento preventivo (Eti, Ogaji y Probert, 2016).

V. Conclusiones

1. La aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad logró reducir las fallas de las máquinas botoneras robóticas, teniendo como resultado final un significativo incremento en la productividad de dichas máquinas, es decir antes de aplicar dicha herramienta se tenía una productividad de 62.806%, y después de aplicar la herramienta se logró una productividad de 74.186%, la cual indica que se logró un incremento de 11.38%.
2. La aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad logró incrementar la eficacia de las máquinas botoneras robóticas de un 79.763% a un 87.686%, es decir, produciéndose un incremento total de 7.923%, lo cual indica que al incrementarse la disponibilidad de máquinas se incrementa la eficacia.
3. La aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad logró incrementar de eficiencia de las máquinas botoneras robóticas de un 78.434% a un 84.126% produciéndose un incremento total de 5.692% lo cual nos indica que se redujeron los tiempos de reparaciones de máquinas, la confiabilidad de las máquinas se incrementó, el tiempo entre cada falla también se incrementó, logrando que se incremente dicha eficiencia.

VI. Recomendaciones

1. Se recomienda implementar una base de datos y/o utilizar un software donde se registren todas las fallas que se presentan en las máquinas con el objetivo de analizar continuamente todas las causas de estas, ya que aplicando el RCM nos ayudará a dar mejores soluciones y que acciones acatar, para seguir maximizando las productividades de dichas máquinas y más aún si son el corazón de la planta de producción. De acuerdo Srisawat y Kanthapong (2014) la confiabilidad de los equipos, se requiere prestar inmediatamente atención a los componentes críticos y evaluar cuantitativamente la confiabilidad en una base de datos.
2. También se recomienda cumplir con todas las etapas, requisitos y poner en práctica todos los planes de mantenimiento que plantea el RCM, con el objetivo de seguir incrementando la eficacia de las máquinas botoneras robóticas.
3. Finalmente se recomienda capacitar constantemente al personal de mantenimiento incrementando sus conocimientos logrado automotivaciones, con el objetivo de evitar errores humanos y demoras en las reparaciones de dichas máquinas, ello también es reforzado por Okwuobi et al (2018), para así lograr que sus trabajos se han los más eficientes posibles, viéndose reflejado en la eficiencia de cada una de las máquinas.
4. El RCM es una herramienta que puede ser utilizada en cualquier área e industria, ya que se adapta a todo tipo de problemática, sin embargo, es sumamente importante elaborar una base de datos histórica de las fallas, las causas y modos de fallas, las consecuencias de fallas y las acciones correctivas que se tomaron, así como los tipos de mantenimiento que se aplicaron, así también lo demuestran los estudios de Cotaina et al (2010).

REFERENCIAS

1. A Reability-Centered Maintenance Study for an Individual Section- Forming Machine por Samuel Okwuobi [et al]. [En línea]. Octubre 2018, n°22. [Fecha de consulta: 12 de octubre del 2019].

2. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/328549342_A_Reliability-Centered_Maintenance_Study_for_an_Individual_Section-Forming_Machine

3. ALBÁN, Nery. Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo Centrado en la Confiabilidad de las Maquinarias en la Empresa Construcciones Reyes S.R.L para Incrementar la Productividad. Tesis (Ingeniero Industrial): Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2017. 223 pp.

4. ALENCAR, Marcelo y ALMEIDA, Adiel. A Multicriterial Decision Model for Assement of Failure Consequences in RCM Approach. [En línea]. Abril 2015, n°9. [Fecha de consulta: 12 de octubre del 2019].

Disponible en <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2015/729865/>

5. AVAILABILITY analysis of the integrated maintenance technique based on reliability, risk and condition in power plants. [En línea]. Abril 2017, n°3. [Fecha de consulta: 22 de noviembre del 2019].

Disponible en <http://www.ijtech.eng.ui.ac.id/old/index.php/journal/article/view/4867>

6. BARROS, David, VALENCIA, Guillermo y VARGAS, Lisandro. RCM II implementations on a lead ingots plant production. [En línea]. Junio 2014, n°2. [Fecha de consulta: 12 de octubre del 2019].

Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4847373.pdf>

ISSN: 0122-1701

7. BECERRA, Gilberto Y PAULINO, Jony. El Análisis de Confiabilidad como herramienta para optimizar la Gestión de Mantenimiento Preventivo de los equipos de la línea de flotación de un centro minero. Tesis (Magister en Gerencia de Ingeniería de Mantenimiento): Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2012. 288 pp.

8. CÁCERES, Lisandro Y LEÓN, Alex. Aplicación de la Gestión de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad a la Flota de camiones de acarreo Caterpillar 793F de una compañía minera para el mejoramiento de la Confiabilidad Operacional. Tesis (Ingeniero de Energía): Chimbote: Universidad Nacional del Santa, 2017. 208 pp.

9. CALDAS, Jesús. Aplicación de la Teoría de la Confiabilidad en la Planificación de Minas caso Mina Iscaycruz. Tesis (Ingeniero de Minas): Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2013. 101 pp.

10. CASTILLO, Alberto. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para mejorar la disponibilidad mecánica del Camión Volquete volvo FMX 440 en el Proyecto El Toro. Tesis (Ingeniero Mecánico): Huancayo: Universidad Nacional Del Centro, 2017. 125 pp.

11. CÉSPEDES, Carlos. Mejora de Procesos para Aumentar la Productividad en el área de ensamble en Industrias Metalco S.R.L. Tesis (Ingeniero Industrial): Lima: Universidad César Vallejo, 2017. 112 pp.

12. CISNEROS, Mireya. Cómo elaborar trabajos de grado. Segunda edición. Bogotá: Eco ediciones, 2012.

ISBN: 978-958-648-795-5

13. COSTA, Martín. Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción. Tesis (Ingeniero Mecánico). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 2010. 120 pp.

14. CRISMATT, Yira y VALENCIA, Darío. Análisis de confiabilidad y Disponibilidad de las líneas de producción en la empresa COMAI LTDA. Monografía de Investigación (Ingeniero Industrial). Cartagena: Universidad Tecnológica de Bolívar. 2012. 220 pp.

15. CRUELLES, José. Mejora de Métodos y Tiempos de Fabricación. México: Alfa omega Grupo Editor S.A, 2013. 640 pp.

ISBN: 9788426720290

16. CRUELLES, José. Productividad Industrial Métodos de Trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación. Barcelona: Marcombo S.A, 2013. 594 pp.

ISBN: 978-84-267-1878-5

17. CUATRECASES, Lluís y TORRELL, Francesca. TPM en un entorno Lean Management. España: Bresca Profit Editorial I, 2010. 412 pp.

ISBN: 9788415330172

18. ESTRADA, Madeleine. Aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la Productividad en el área de Mantenimiento en la Empresa Corporación Logística & Transportes S.A.C. Tesis (Ingeniera Industrial): Lima: Universidad César Vallejo, 2017. 207 pp.

19. ESCALANTE, Amparo y GÓNZALES, José. Ingeniería Industrial, Métodos y tiempos con manufactura ágil. México: Alfa Omega Grupo Editor S.A, 2015. 640 pp.

ISBN: 978-607-622-458-8

20. ETI, Mark, OGAI, Stephen y PROBERT, Steven. Reducing the cost of preventive maintenance (PM) through adopting a proactive reliability- focused culture. [En línea]. Enero 2016, n°83. [Fecha de consulta: 22 de noviembre del 2019].

Disponible en [https://www.semanticscholar.org/paper/Reducing-the-cost-of-preventive-maintenance-\(PM\)-a-Eti-Ogaji/dd322e82bd8f7694a3bbbed5ae17551b8929d66ee](https://www.semanticscholar.org/paper/Reducing-the-cost-of-preventive-maintenance-(PM)-a-Eti-Ogaji/dd322e82bd8f7694a3bbbed5ae17551b8929d66ee)

ISSN: 0306-2619

21. ETI, Mark, OGAI, Stephen y PROBERT, Steven. Impact of corporate culture on plant maintenance in the Nigerian electric- power industry. [En línea]. Abril 2016, n°83. [Fecha de consulta: 22 de noviembre del 2019].

Disponible en

https://www.researchgate.net/publication/227412804_Impact_of_corporate_culture_on_plant_maintenance_in_the_Nigerian_electric-power_industry

ISSN: 0306-2619

22. FERNÁNDEZ, Antero y RAMÍREZ, Luis. Propuesta de un Plan de Mejoras Basado en Gestión por Procesos para incrementar la Productividad en la Empresa Distribuciones A & B. Tesis (Ingeniero Industrial): Chiclayo: Universidad Señor de Sipán, 2017. 199 pp.

23. GARCÍA, Julio, CÁRCEL, Javier y MENDOZA, Juvenal. Importance of Maintenance, application to a textile industry and its evolution in effincy. [En línea]. Abril 2019, n°2. [Fecha de consulta: 12 de noviembre del 2019].

Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6979234>

ISSN: 2254-4143

24. GÁTICA, Rodolfo. Mantenimiento Industrial: manual de operación y administración. 2ª ed. México: Trillas 2009. 117 pp.

ISBN: 978-607-17-0308-8

25. GÓMEZ, Marcelo. Metodología de la Investigación Científica. Segunda edición. Córdoba: Editorial Brujas. 2009. 350 pp.

ISBN: 978-987-591-161-1

26. GARCÍA, Oliveiro. Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial. Bogotá: Ediciones de la U. 2012. 345 pp.

ISBN: 978-958-762-051-1

27. GONZALES, Guillermo. Implantación del Mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar el mantenimiento del equipo de virado de red en embarcaciones pesqueras. Tesis (Ingeniero mecánico electricista). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2013. 138 pp.

28. GUTIÉRREZ, Humberto. Calidad total y productividad. Tercera edición. México D.F: McGraw-Hill. 2010. 322 pp.

ISBN: 978-607-15-0315-2

29. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. Quinta edición. México D.F.: McGraw-Hill. 2010. 656 pp.

ISBN: 978-607-15-0291-9

30. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. Sexta edición. México D.F.: McGraw-Hill. 2010. 634 pp.

ISBN: 978-1-4562-2396-0

31. HUANCAYA, Christian. Mejora de la Disponibilidad Mecánica y Confiabilidad Operacional de una flota de Cosechadoras de caña de Azúcar de 40 t/h de Capacidad. Tesis (Ingeniero Mecánico): Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016. 103 pp.

32. INTEGRAMARKETS. Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial. 2ª ed. México: Copyright, 2018. 38pp.

ISBN: 9781370710768

33. JIMÉNEZ, Jeannethe, CASTRO, Adrián y BRENES, Cristian. Productividad. El Cid editor. 2009. 35 pp.

34. MEJIA, Ricardo. Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para mejorar la productividad de la empresa Ersá Transportes y Servicios S.R.L. Tesis (Ingeniero Industrial): Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2017. 243 pp.

35. METODOLOGÍA de mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos por Omar Campos López [et al]. Científica [en línea]. Junio 2019, n°1. [Fecha de consulta: 08 de noviembre del 2019].

Disponible en <https://docplayer.es/155453412-Metodologia-de-mantenimiento-centrado-en-confiabilidad-rcm-considerando-taxonomia-de-equipos-bases-de-datos-y-criticidad-de-efectos.html>

ISSN: 665-0664

36. MUÑANTE, Juan. Propuesta de un Sistema de Gestión de Mantenimiento para una Empresa del rubro Metalmecánico. Tesis (Ingeniero Industrial): Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2014. 147 pp.

37. NIÑO ROJAS, Víctor. Metodología de la Investigación. Diseño y ejecución. Bogotá: Ediciones de la U. 2011. 268 pp.

ISBN: 978-958-8675-94-7

38. OLAZÁVAL, Félix. Aplicación del Sistema de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) a equipos del “Hotel Complejo Memories Paraíso Azul y Royalton”.

Tesis (Ingeniero Industrial). Cuba: Universidad Central Marta Abreu De Las Villas. 2015. 90 pp.

39. OLIVA, José, CUSTODIA, Zarco y M., Pedro. Montaje y Mantenimiento de Equipo. 2ª ed. España: Copyright. 2014. 453pp.

ISBN: 978-84-283-3513-3

40. PALACIOS, Ingeniería de Métodos, Movimientos y tiempos. Bogotá: Eco Ediciones. 2014. 467 pp.

ISBN: 978-958-648-624-8

41. POVEDA, Alejandro. Aplicación de la Metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para el desarrollo de Planes de Mantenimiento. Repositorio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Octubre 2011. [Fecha de consulta: 12 de octubre del 2018].

Disponible en

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/20586/1/Articulo%20CICYT%20APOVEDA%20RCM.pdf>

42. RCM implementation on plastic injection molding machine considering correlated failure modes and small size sample por Marco Fuentes [et al]. [En línea]. Diciembre 2017, n°10. [Fecha de consulta: 22 de noviembre del 2018].

Disponible en

https://www.researchgate.net/publication/321763622_RCM_implementation_on_plastic_injection_molding_machine_considering_correlated_failure_modes_and_small_size_sample

43. RELIABILITY and risk treatment centered maintenance. Journal of Mechanical Science and Technology por Martín Pexa [et al]. [En línea]. Agosto 2014, n°10. [Fecha de consulta: 12 de octubre del 2018].

Disponible en

https://www.researchgate.net/publication/261456742_Reliability_and_risk_treatment_centered_maintenance

44. ROA, Luis. Implementación de un Programa de Mantenimiento Preventivo para incrementar la Productividad de azulejos en el área de prensas hidráulicas en la Empresa

Cerámica San Lorenzo S.A.C., Lurín, 2017. Tesis (Ingeniero industrial). Lima: Universidad César Vallejo. 2017. 176 pp.

45. ROMERO, Nurdys. Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para líneas embotelladoras de bebidas carbonatadas en pet del Estado de Zulia. Tesis (Magister en Gerencia de Mantenimiento). Zulia: Universidad de Zulia. 2016. 181 pp.

46. ROSAS, Lisset. Propuesta de Mejora del Sistema de Gestión de Mantenimiento para reducir Sobrecostos en la Empresa Postes del Norte S.A. Tesis (Ingeniera Industrial): Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2015. 124 pp.

47. SUPSOMBOOM, Srisawat y KANTHAPONG, Hongthanapach. A Simulation Model For Machine Efficiency Improvement Using Reliability Centered Maintenance: Case Study of Semiconductor Factory. [En línea]. Noviembre 2014, n°9. [Fecha de consulta: 22 de noviembre del 2019].

Disponible en <https://www.hindawi.com/journals/mse/2014/956182/>

48. STUDY of existing Reliability Centered Maintenance (RCM) approaches used in a Different Industries por Nolbert Cotaina [et al]. [En línea]. Agosto 2010, n°110. [Fecha de consulta: 22 de noviembre del 2019].

Disponible en

https://www.researchgate.net/publication/237566599_STUDY_OF_EXISTING_RELIABILITY_CENTERED_MAINTENANCE_RCM_APPROACHES_USED_IN_DIFFERENT_INDUSTRIES

49. TRUJILLO, Raúl. Planes de Contingencias. 2ª ed. Bogotá: Eco Ediciones. 2013. 324 pp.

ISBN: 978-958-648-995-9

50. TORO, Francisco. COSTOS Y PRESUPUESTOS: Herramientas para la Productividad. Segunda edición. ECOE ediciones: Bogotá. 2016. 575 pp.

ISBN: 78-958-771-304-6

51. UNZUETA, George et al. Aplicación de un Sistema de Gestión de Mantenimiento basado en un RCM. 2014. En: DYNA - Ingeniería E Industria, 89(3), 347-354. Disponible

en <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=6&sid=7cf90e7b-e390-4bc8-85f0-9bb78cfe647e%40sessionmgr4006&hid=4106>

52. VARGAS, Patricia. Propuesta de Programa de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para el sistema de almacenamiento y bombeo de una planta de bebidas y productos lácteos con aloe vera. Tesis de Maestría. La Habana: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría: 2011. 178 pp.

53. VARGAS, Patricia. Propuesta de Programa de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para el sistema de almacenamiento y bombeo de una planta de bebidas y productos lácteos con aloe vera. Tesis de Maestría. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría: La Habana. 2011.

54. YAÑEZ, Medardo, GÓMEZ, Hernando y VALBUENA, Genebelín. Ingeniería de Confiabilidad y Análisis Probabilístico de Riesgo. Venezuela: Reliability and Risk Management S.A. 2004. 332 pp.

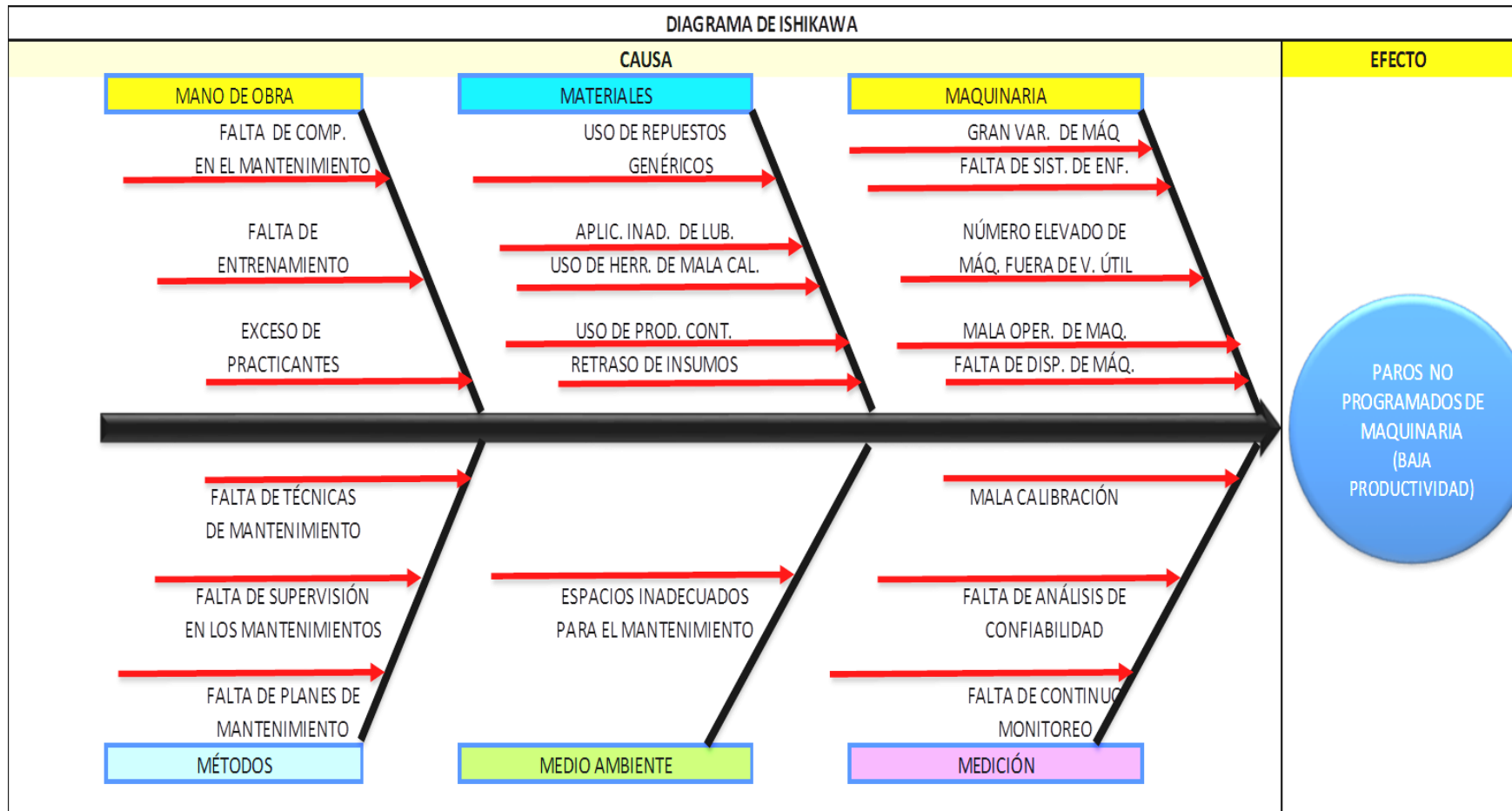
ISBN: 980-12-12-0116-9

55. YUPANQUI, Christian. Propuesta de Implementación de Mejoras en el Plan de Mantenimiento Basado en la Metodología RCM para Tracto camiones International Workstar 7600. Tesis (Ingeniero Industrial): Lima: Universidad Privada del Norte, 2016. 62 pp.

ANEXOS

1.1. Diagrama de Ishikawa de Todas las causas del Problema de Paros no Programados de Maquinaria

Figura 3: Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

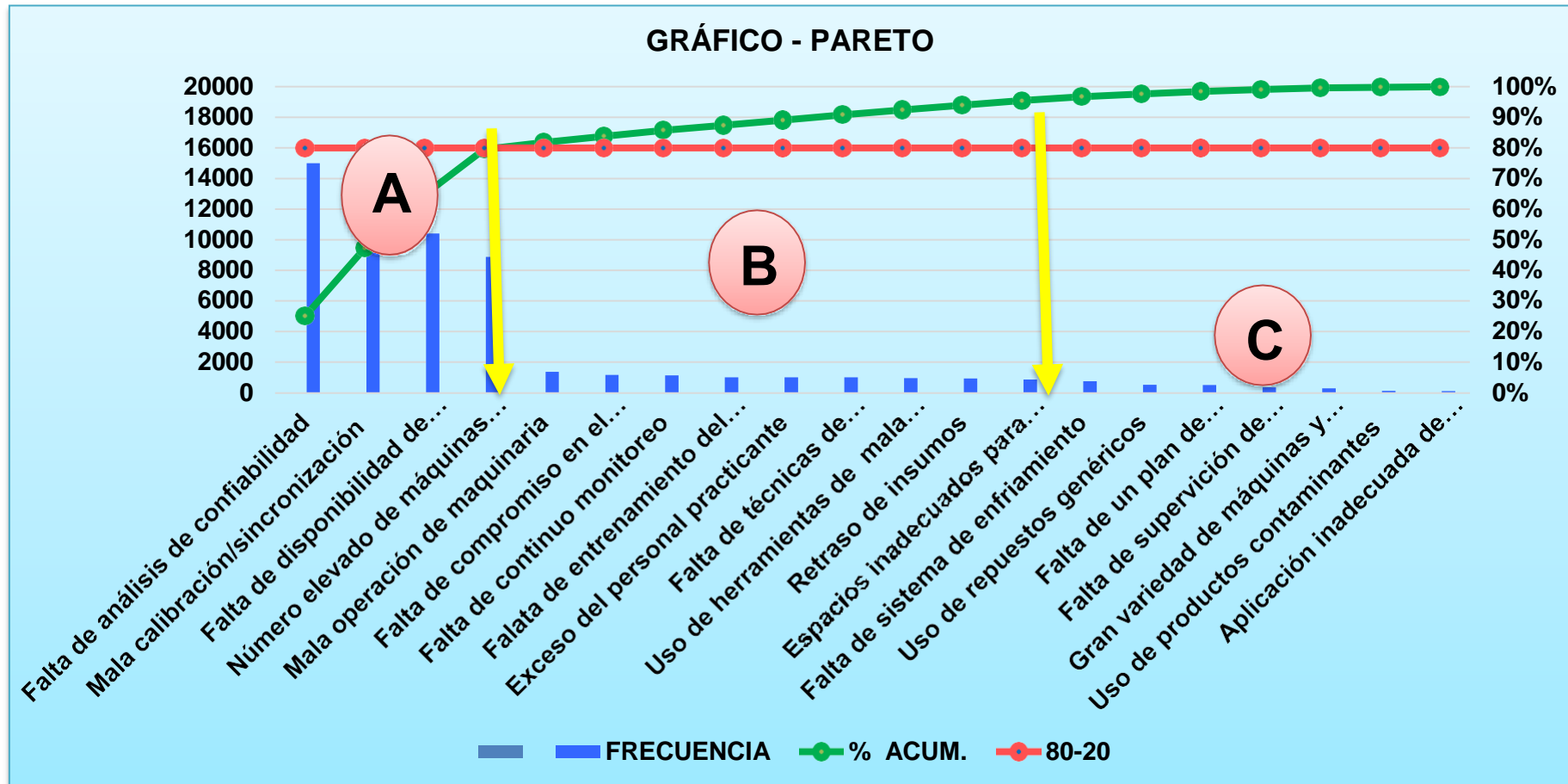
1.2. Diagrama de Pareto de todas las causas del problema de Paros no programados de Maquinaria

Tabla 18 *Diagrama de Pareto*

DIAGRAMA DE PARETO (80/20)- CIA CONFECCIÓN TEXTIL													
EVALUACIÓN CON PESOS DE 1-10													
Causas	EXPERTO 1	EXPERTO 2	EXPERTO 3	EXPERTO 4	EXPERTO 5	EXPERTO 6	FRECUENCIA	F. ACUM.	%	% ACUM.	ABC	80-20	
1 Falta de análisis de confiabilidad	1296	2401	4096	2401	2401	625	13220	13220	26.03%	26%	A	80%	
2 Mala calibración/sincronización	1296	2401	1296	2401	2401	625	10420	23640	20.51%	47%	A	80%	
3 Falta de disponibilidad de máquinas	1296	2401	625	2401	256	2401	9380	33020	18.47%	65%	A	80%	
4 Número elevado de máquinas que han	1296	625	1296	2401	625	1296	7539	40559	14.84%	80%	A	80%	
5 Mala operación de maquinaria	81	81	625	81	256	256	1380	41939	2.72%	83%	B	80%	
6 Falta de compromiso en el mantenimiento	81	256	256	81	256	256	1186	43125	2.33%	85%	B	80%	
7 Falta de continuo monitoreo	81	625	256	16	81	81	1140	44265	2.24%	87%	B	80%	
8 Falta de técnicas de mantenimiento	81	256	81	81	256	256	1011	45276	1.99%	89%	B	80%	
9 Uso de herramientas de mala calidad	1	1	1	81	256	625	965	46241	1.90%	91%	B	80%	
10 Retraso de insumos	16	16	625	16	16	256	945	47186	1.86%	93%	B	80%	
11 Espacios inadecuados de mantenimiento	16	256	16	81	256	256	881	48067	1.73%	95%	B	80%	
12 Falta de sistema de enfriamiento	81	81	81	256	256	16	771	48838	1.52%	96%	B	80%	
13 Uso de repuestos genéricos	81	16	81	256	81	16	531	49369	1.05%	97%	B	80%	
14 Falta de un plan de mantenimiento	1	16	81	81	81	256	516	49885	1.02%	98%	B	80%	
15 Falta de supervisión de mantenimiento	1	16	16	16	81	256	371	50256	0.78%	99%	B	80%	
16 Gran variedad de máquinas y marcas	16	81	81	81	16	16	291	50547	0.57%	100%	B	80%	
17 Uso de productos con malos precios	1	1	16	16	81	16	131	50678	0.06%	100%	B	80%	
18 Aplicación inadecuada de lubricantes	1	1	1	1	81	16	116	50794	0.03%	100%	B	80%	
TOTAL							50794						

Fuente: Elaboración Propia

Figura 7: Gráfica de Pareto



Fuente: Elaboración propia

2.1. Análisis de Criticidad

Según Parra (2012) define como una metodología que permite determinar los eventos potenciales de fallas y sus consecuencias dentro de los sistemas de producción donde se desempeñan los equipos o máquinas.

Para hacer este tipo de análisis se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- ✓ Flexibilidad Operacional
- ✓ Impacto a la Producción
- ✓ Costos de Mantenimiento
- ✓ Impacto en la Seguridad y medio Ambiente
- ✓ Frecuencia de fallas

Para calcular la criticidad de una máquina se usa la siguiente fórmula:

$$CTR=FF*C$$

Dónde:

CTR: Criticidad Total por Riesgo

FF: frecuencia de Fallos

C: Consecuencia de eventos de fallos

Para obtener el valor de consecuencia (C), se debe calcular con la siguiente fórmula:

$$C= (IO*FO)+CM+SMA$$

Dónde:

IO: Factor de impacto en la producción

FO: Factor de flexibilidad operacional

CM: Factor costo de mantenimiento

SMA: Factor de impacto en la seguridad y medio ambiente

A continuación, detallaremos todos los factores ponderados para cálculos de frecuencia y consecuencia de fallos:

Tabla 19: *Análisis de criticidad*

FRECUENCIA DE FALLA	FACTOR
Frecuente : mayor a 2 fallas	4
Promedio: 1 y 2 fallas al año	3
Bueno : 1 falla al año	2

IMPACTO A LA PRODUCCIÓN	FACTOR
Pérdidas de producción superiores al 75%	10
Pérdidas de producción entre 50% - 74%	7
Pérdidas de producción entre 25% - 49%	5
Pérdidas de producción entre 10% - 24%	3
Pérdidas de producción menores al 10%	1

FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	FACTOR
No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción	4
No se cuenta con unidades de reserva que logren cubrir de forma parcial la producción	2
No se cuenta con unidades de reserva en línea	1

COSTOS DE MANTENIMIENTO	FACTOR
Costos de reparación, materiales y mano de obra superiores a 3000	2
Costos de reparación, materiales y mano de obra entre 1 a 3000	1

IMPACTO A SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	FACTOR
Riesgo alto de pérdida de la vida, daños graves a la salud	8
Riesgo medio de pérdida de la vida, daños importantes a la salud e incidente ambiental mayor	6
Riesgo mínimo de pérdida de la vida y afección a la salud e incidente ambiental menor	3
No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños al ambiente	1

Fuente: (Parra, 2012)

Y para analizar en qué nivel de criticidad se encuentran las fallas con respecto a la frecuencia y consecuencia se tiene que plasmar en la matriz de criticidad siguiente:

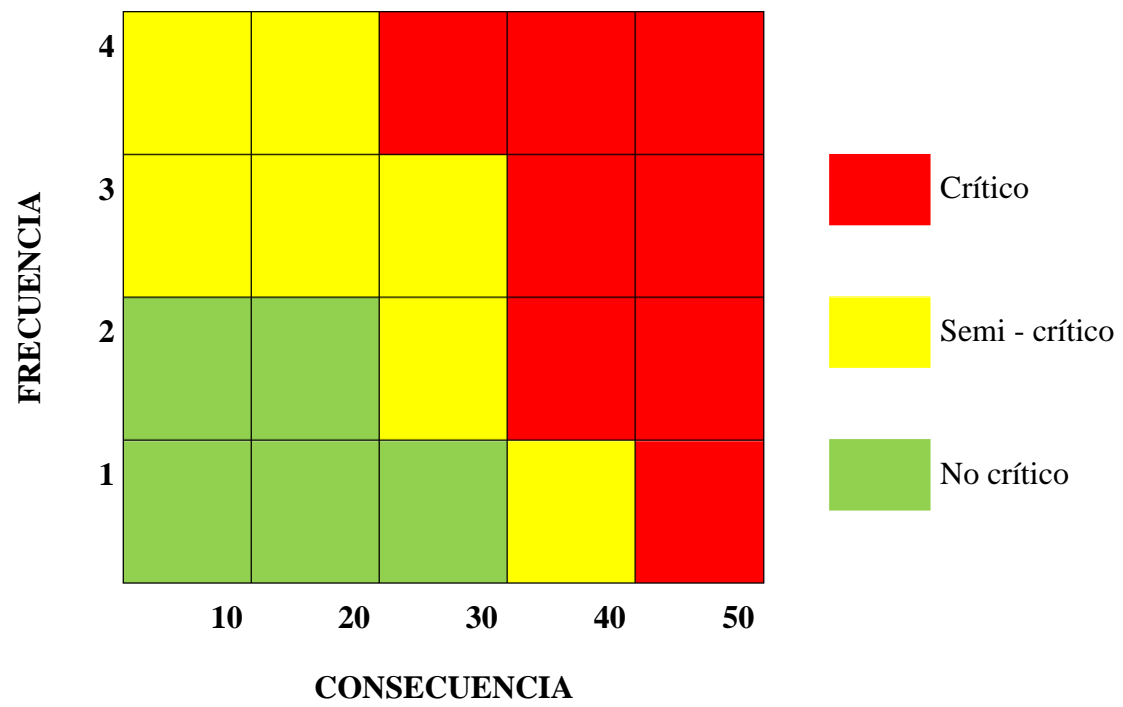
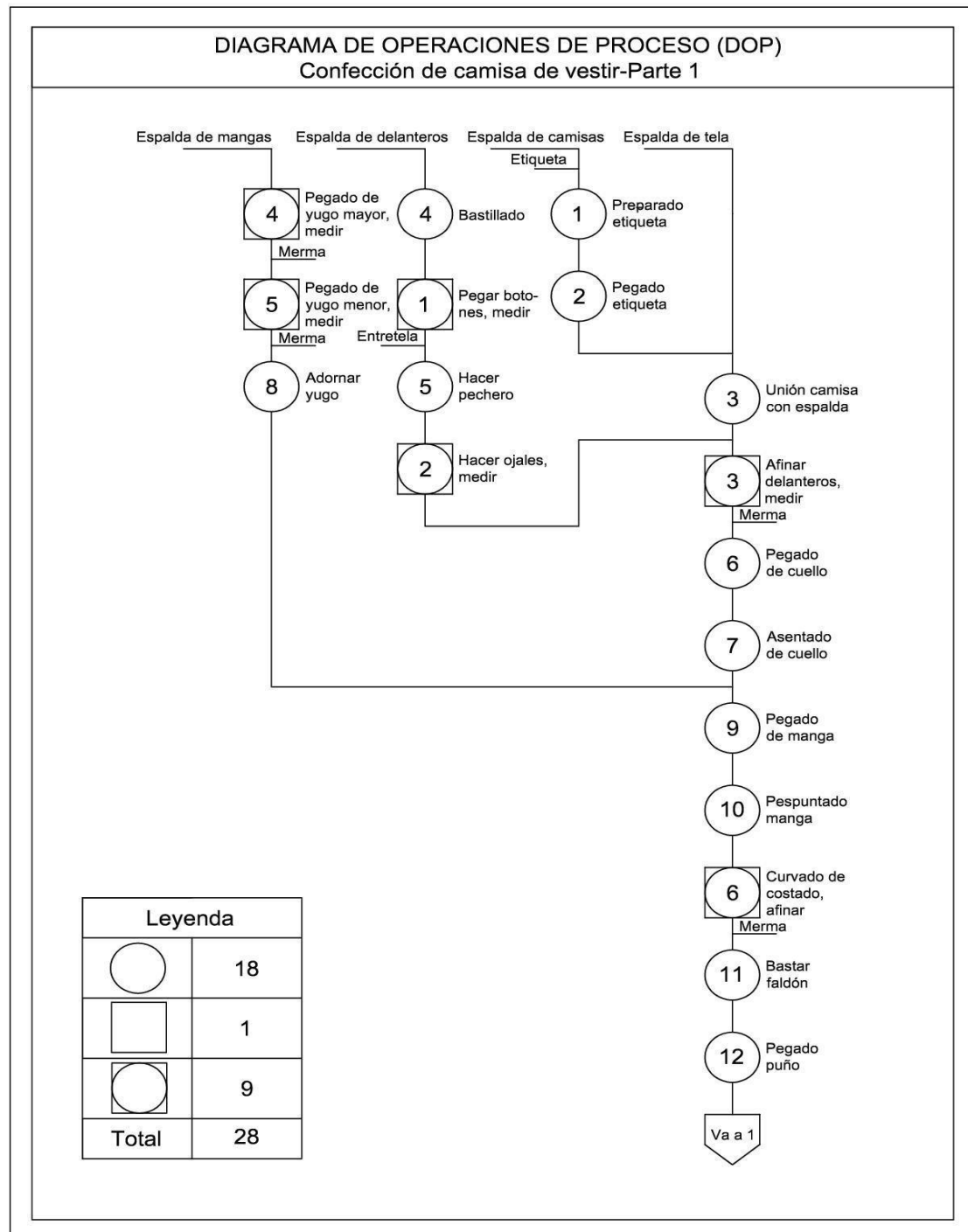


Figura 8: Consecuencia y frecuencia de falla

3. DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO (DOP)– CAMISA



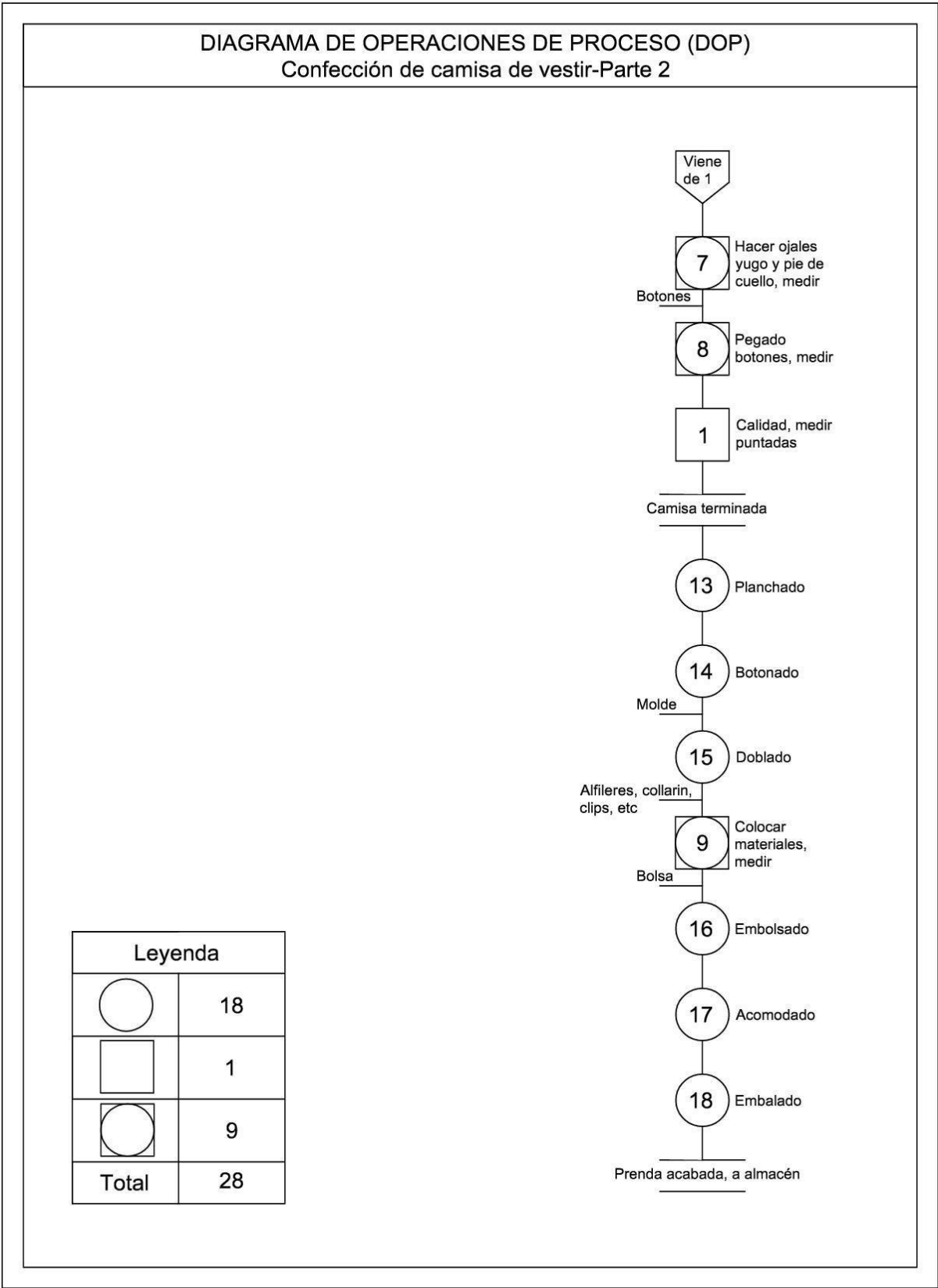


Figura 9: Diagrama de operaciones de una camisa

4. Captura de Datos

Después que hemos analizados nuestras causas del problema de la baja productividad, se hizo un análisis en cuanto a la producción, a las horas programadas de mantenimiento y las horas no programadas las cuales se encuentran dentro del mantenimiento correctivo, es donde se vienen dando los más altos porcentajes por fallas.

4.1. Producción de la Máquina Botonera

-Para determinar la productividad total de nuestra máquina botonera robótica hemos tenido que recurrir al tiempo estándar de la empresa con respecto a la operación de pegado de botones, el cual es de 0.46 min/ pechera o prenda, luego se tendrá que descontar las paradas de máquinas lo que ocasionará la disminución de la producción, pues nuestro objetivo es disminuir las paradas de máquina al máximo posible.

-Cabe mencionar que nosotros nos enfocaremos en 8 máquinas botoneras robóticas las cuales solo se dedican al pegado de botones de pechera de camisas y que solo se encuentran ubicadas en el módulo 24, y son las únicas que abastecen a todos los demás módulos de camisas de toda la planta.

-Otro punto es que hemos observado es que estas máquinas son de mucha importancia y de gran frecuencia de fallas, por eso el motivo del estudio de esta investigación, recalcar que las 8 máquinas son del mismo modelo, marca y de años muy similares por ese mismo hecho lo estamos tomando como un todo y no de forma individual.



Figura 10: Máquina botonera

Reporte de la producción de 35 días antes de la implementación (setiembre-octubre)

Tabla 20: *Reporte de producción*

DÍA	FECHA	HORAS PROGRAMADAS DE PRODUCCIÓN	HORAS UTILIZADAS DE PRODUCCIÓN	TIEMPO EN PARADAS (MIN)	TIEMPO EN PARADAS (HORAS)	EFICIENCIA	PRODUCCIÓN PROGRAMADA	FRECUENCIA DE USO	PRODUCCIÓN REAL	PRODUCCIÓN NO PRODUCIDA	EFICIENCIA	PRODUCTIVIDAD
1	3/09/2018	9.46	8.11	81	1.35	0.857	3200	0.934	2990	210	0.934	0.801
2	4/09/2018	9.46	7.95	90.6	1.51	0.840	3200	0.861	2755	445	0.861	0.724
3	5/09/2018	9.46	8.5	57.6	0.96	0.899	3200	0.908	2906	294	0.908	0.816
4	6/09/2018	9.46	9.16	18	0.3	0.968	3200	0.998	3192	8	0.998	0.966
5	7/09/2018	9.46	8.3	69.6	1.16	0.877	3200	0.901	2882	318	0.901	0.790
6	8/09/2018	9.46	8.06	84	1.4	0.852	3200	0.883	2825	375	0.883	0.752
7	10/09/2018	9.46	7.95	90.6	1.51	0.840	3200	0.879	2814	386	0.879	0.739
8	11/09/2018	9.46	6.66	168	2.8	0.704	3200	0.774	2478	722	0.774	0.545
9	12/09/2018	9.46	6.23	193.8	3.23	0.659	3200	0.694	2220	980	0.694	0.457
10	13/09/2018	9.46	6.97	149.4	2.49	0.737	3200	0.806	2580	620	0.806	0.594
11	14/09/2018	9.46	6.68	166.8	2.78	0.706	3200	0.769	2460	740	0.769	0.543
12	15/09/2018	9.46	7.12	140.4	2.34	0.753	3200	0.845	2704	496	0.845	0.636
13	17/09/2018	9.46	7.89	94.2	1.57	0.834	3200	0.861	2756	444	0.861	0.718
14	18/09/2018	9.46	8.12	80.4	1.34	0.858	3200	0.887	2839	361	0.887	0.762
15	19/09/2018	9.46	8.16	78	1.3	0.863	3200	0.899	2876	324	0.899	0.775
16	20/09/2018	9.46	7.32	128.4	2.14	0.774	3200	0.772	2471	729	0.772	0.598
17	21/09/2018	9.46	6.44	181.2	3.02	0.681	3200	0.856	2740	460	0.856	0.583
18	22/09/2018	9.46	6.99	148.2	2.47	0.739	3200	0.875	2799	401	0.875	0.646
19	24/09/2018	9.46	7.56	114	1.9	0.799	3200	0.879	2812	388	0.879	0.702
20	25/09/2018	9.46	7.79	100.2	1.67	0.823	3200	0.886	2834	366	0.886	0.729
21	26/09/2018	9.46	7.22	134.4	2.24	0.763	3200	0.876	2802	398	0.876	0.668
22	27/09/2018	9.46	7.66	108	1.8	0.810	3200	0.881	2820	380	0.881	0.714
23	28/09/2018	9.46	6.78	160.8	2.68	0.717	3200	0.858	2745	455	0.858	0.615
24	29/09/2018	9.46	6.55	174.6	2.91	0.692	3200	0.844	2701	499	0.844	0.584
25	1/10/2018	9.46	7.98	88.8	1.48	0.844	3200	0.904	2894	306	0.904	0.763
26	2/10/2018	9.46	7.56	114	1.9	0.799	3200	0.877	2806	394	0.877	0.701
27	3/10/2018	9.46	7.12	140.4	2.34	0.753	3200	0.773	2473	727	0.773	0.582
28	4/10/2018	9.46	7.25	132.6	2.21	0.766	3200	0.801	2562	638	0.801	0.614
29	5/10/2018	9.46	7.66	108	1.8	0.810	3200	0.864	2765	435	0.864	0.700
30	6/10/2018	9.46	8.32	68.4	1.14	0.879	3200	0.933	2986	214	0.933	0.821
31	8/10/2018	9.46	8.43	61.8	1.03	0.891	3200	0.943	3017	183	0.943	0.840
32	9/10/2018	9.46	7.21	135	2.25	0.762	3200	0.906	2899	301	0.906	0.690
33	10/10/2018	9.46	7.07	143.4	2.39	0.747	3200	0.843	2698	502	0.843	0.630
34	11/10/2018	9.46	8.92	32.4	0.54	0.943	3200	0.978	3129	71	0.978	0.922
35	12/10/2018	9.46	8.32	68.4	1.14	0.879	3200	0.965	3089	111	0.965	0.849

Fuente: Elaboración propia

4.2. Horas de Mantenimiento Programado

Con respecto a la programación del mantenimiento en este caso se realiza 2 veces al mes, con 2 personas no capacitados específicamente, para el desempeño de esta actividad, los cuales lo realizan cada quince días haciendo un total de 16 horas en 35 días.

Según las observaciones hechas, dichas actividades no se están realizando correctamente debido a falta de conocimiento, orientación, monitoreo, etc. del personal, entonces se puede decir que hay un mal mantenimiento el cual se debe corregir con el RCM.

Las actividades que se realizan son:

- ✓ Inspección y limpieza del equipo
- ✓ Lubricación (incluye revisión de niveles de aceite, cambio de mechas, aceite, lubricación de mecanismos, etc.)
- ✓ Calibración

Las horas de mantenimiento programado se realizan a las 8 máquinas botoneras robóticas de la marca Juki que a continuación se detallan:

Tabla 21: Horas de mantenimiento por máquina

# MÁQ.	MOD. 24		MÁQUINA			
	DISCO	Tipo de Maq.	MARC A	MODELO	AÑO	Nº DE SERIE
1	126	Botonera	JUKI	LK-1903SS-312-BR2	2	LK0EB23188
2	146	Botonera	JUKI	LK-1903SS-312-BR2	3	LKOFH49407
3	148	Botonera	JUKI	LK-1903SS-312-BR2	4	2L1XB00188
4	149	Botonera	JUKI	LK-1903SS-312-BR2	4	2L1XE01313
5	182	Botonera	JUKI	LK-1903SS-312-BR2	13	2L1FM00903
6	183	Botonera	JUKI	LK-1903SS-312-BR2	13	2L1FM01318
7	192	Botonera	JUKI	LK-1903SS-312-BR2	13	2L1FM00902
8	204	Botonera	JUKI	LK-1903SS-312-BR2	3	LKOFH49415

Fuente: Elaboración propia

4.3. REPORTE DE MANTENIBILIDAD DE 35 (SETIEMBRE-OCTUBRE 2018) DÍAS ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN

Tabla 22: *Reporte de mantenibilidad*

MANTENIBILIDAD DE MÁQUINAS BOTONERAS												
MAQUINAS BOTONERAS ROBÓTICAS												
DÍA	FECHA	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL MIN DE REPARACIÓN	NRO DE FALLAS	MANTENIBILI DAD
1	3/09/2018	0	36	0	0	45	0	0	0	81	2	40.50
2	4/09/2018	50.6	0	0	0	0	40	0	0	90.6	2	45.30
3	5/09/2018	0	0	57.6	0	0	0	0	0	57.6	1	57.60
4	6/09/2018	29.4	0	0	0	0	0	0	0	29.4	1	29.40
5	7/09/2018	0	0	0	0	0	0	69.6	0	69.6	1	69.60
6	8/09/2018	0	34	0	0	50	0	0	0	84	2	42.00
7	10/09/2018	38	0	0	0	0	0	52.6	0	90.6	2	45.30
8	11/09/2018	0	45	75	0	0	0	0	48	168	3	56.00
9	12/09/2018	78.3	0	56	59.5	0	0	0	0	193.8	3	64.60
10	13/09/2018	0	48.4	0	0	75	26	0	0	149.4	3	49.80
11	14/09/2018	0	0	64.8	0	0	45	0	57	166.8	3	55.60
12	15/09/2018	38.4	0	0	52	0	0	50	0	140.4	3	46.80
13	17/09/2018	0	50.1	0	0	0	0	44.1	0	94.2	2	47.10
14	18/09/2018	0	35	0	0	0	0	0	45.4	80.4	2	40.20
15	19/09/2018	0	0	0	0	40	0	38	0	78	2	39.00
16	20/09/2018	35	0	45	48.4	0	0	0	0	128.4	3	42.80
17	21/09/2018	27	38.2	0	64	0	0	52	0	181.2	3	60.40
18	22/09/2018	47	0	53	0	0	0	0	48.2	148.2	3	49.40
19	24/09/2018	0	0	0	0	67	47	0	0	114	2	57.00
20	25/09/2018	0	40	0	30.2	0	30	0	0	100.2	2	50.10
21	26/09/2018	0	0	0	0	75.4	0	59	0	134.4	2	67.20
22	27/09/2018	0	0	50	0	0	0	58	0	108	2	54.00
23	28/09/2018	40	50	40.8	0	0	0	30	0	160.8	3	53.60
24	29/09/2018	0	64.6	0	59	0	0	0	51	174.6	3	58.20
25	1/10/2018	46	0	0	0	42.8	0	0	0	88.8	2	44.40
26	2/10/2018	52	0	0	0	0	62	0	0	114	2	57.00
27	3/10/2018	0	60	0	60.4	0	0	20	0	140.4	3	46.80
28	4/10/2018	0	0	36.6	0	52	44	0	0	132.6	3	44.20
29	5/10/2018	0	48	32	0	30	0	0	0	110	3	36.67
30	6/10/2018	28.4	0	0	0	20.3	0	28	0	76.7	3	25.57
31	8/10/2018	0	0	0	48	0	0	36	0	84	2	42.00
32	9/10/2018	50	0	0	30	55	0	0	0	135	3	45.00
33	10/10/2018	0	48	0	29	0	0	0	66.4	143.4	3	47.80
34	11/10/2018	62		52	0	0	0	0	0	114	2	57.00
35	12/10/2018	0	0	20	0	0	0	0	48.4	68.4	2	34.20

48.63

Fuente: Elaboración propia (2018)

4.4. Horas de Mantenimiento No Programado

Con respecto a este tipo de mantenimiento solo se tiene en cuenta las horas del mantenimiento correctivo las cuales en esta empresa son muy altas y eso hace que la producción no se cumpla del todo.

Cabe resaltar que muchas veces las acumulaciones de estas horas son muy altas debido a que se presenta fallas inesperadas que en ocasiones duran hasta días debido a que los problemas son más complejos en las cuales tienes que cambiar un repuesto y estos no se encuentran ni en el almacén, por lo tanto, tienes que esperar que llegue el repuesto, es más algunos repuestos son importados y duran en promedio 1 mes para que llegue.

Para reducir las horas de fallas inesperadas debería planificarse un buen mantenimiento preventivo, la cual lo planteamos en base al RCM, también tener en cuenta el consumo de repuestos, entre ellos tener en stock los de mayor consumo, para poder así prevenir futuras fallas.

Para contabilizar las horas acumuladas del mantenimiento no programado hemos tenido que registrar las fallas inesperadas de 35 días entre el mes de octubre- noviembre del 2018 que a continuación detallaremos en una tabla:

4.4.1. REPORTE DE DISPONIBILIDAD DE 35 (SETIEMBRE-OCTUBRE 2018) DÍAS ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN

Tabla 23: Reporte de disponibilidad

DISPONIBILIDAD DE MÁQUINAS BOTONERAS												
MAQUINAS BOTONERAS ROBÓTICAS												
DIA	FECHA	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL MIN INOPERATIVOS	MINUTOS OPERATIVOS	DISPONI BILIDAD
1	3/09/2018	0	36	0	0	45	0	0	0	81	486.6	0.834
2	4/09/2018	50.6	0	0	0	0	40	0	0	90.6	477	0.810
3	5/09/2018	0	0	57.6	0	0	0	0	0	57.6	510	0.887
4	6/09/2018	29.4	0	0	0	0	0	0	0	29.4	549.6	0.947
5	7/09/2018	0	0	0	0	0	0	69.6	0	69.6	498	0.860
6	8/09/2018	0	34	0	0	50	0	0	0	84	483.6	0.826
7	10/09/2018	38	0	0	0	0	0	52.6	0	90.6	477	0.810
8	11/09/2018	0	45	75	0	0	0	0	48	168	399.6	0.580
9	12/09/2018	78.3	0	56	59.5	0	0	0	0	193.8	373.8	0.482
10	13/09/2018	0	48.4	0	0	75	26	0	0	149.4	418.2	0.643
11	14/09/2018	0	0	64.8	0	0	45	0	57	166.8	400.8	0.584
12	15/09/2018	38.4	0	0	52	0	0	50	0	140.4	427.2	0.671
13	17/09/2018	0	50.1	0	0	0	0	44.1	0	94.2	473.4	0.801
14	18/09/2018	0	35	0	0	0	0	0	45.4	80.4	487.2	0.835
15	19/09/2018	0	0	0	0	40	0	38	0	78	489.6	0.841
16	20/09/2018	35	0	45	48.4	0	0	0	0	128.4	439.2	0.708
17	21/09/2018	27	38.2	0	64	0	0	52	0	181.2	386.4	0.531
18	22/09/2018	47	0	53	0	0	0	0	48.2	148.2	419.4	0.647
19	24/09/2018	0	0	0	0	67	47	0	0	114	453.6	0.749
20	25/09/2018	0	40	0	30.2	0	30	0	0	100.2	467.4	0.786
21	26/09/2018	0	0	0	0	75.4	0	59	0	134.4	433.2	0.690
22	27/09/2018	0	0	50	0	0	0	58	0	108	459.6	0.765
23	28/09/2018	40	50	40.8	0	0	0	30	0	160.8	406.8	0.605
24	29/09/2018	0	64.6	0	59	0	0	0	51	174.6	393	0.556
25	1/10/2018	46	0	0	0	42.8	0	0	0	88.8	478.8	0.815
26	2/10/2018	52	0	0	0	0	62	0	0	114	453.6	0.749
27	3/10/2018	0	60	0	60.4	0	0	20	0	140.4	427.2	0.671
28	4/10/2018	0	0	36.6	0	52	44	0	0	132.6	435	0.695
29	5/10/2018	0	48	32	0	30	0	0	0	110	457.6	0.760
30	6/10/2018	28.4	0	0	0	20.3	0	28	0	76.7	490.9	0.844
31	8/10/2018	0	0	0	48	0	0	36	0	84	482.8	0.826
32	9/10/2018	50	0	0	30	55	0	0	0	135	432.6	0.688
33	10/10/2018	0	48	0	29	0	0	0	66.4	143.4	424.2	0.662
34	11/10/2018	62		52	0	0	0	0	0	114	453.2	0.748
35	12/10/2018	0	0	20	0	0	0	0	48.4	68.4	480.2	0.858

0.736

Fuente: Elaboración Propia (2018)

4.4.2. REPORTE DE DISPONIBILIDAD DE 35 (SETIEMBRE-OCTUBRE 2018) DÍAS ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN

Tabla 24: Reporte de Confiabilidad

CONFIABILIDAD DE MÁQUINAS BOTONERAS																
MAQUINAS BOTONERAS ROBÓTICAS																
DÍA	FECHA	1	2	3	4	5	6	7	8	NR O FALL AS	TOTAL MIN INOPERATIV OS	MINUTOS OPERATIVOS	HORA S OPERATIV AS	CONFIABILIDAD		%
1	3/09/2018	0	36	0	0	45	0	0	0	2	81	486.6	8.11	4.06	0.041	40.6
2	4/09/2018	50.6	0	0	0	0	40	0	0	2	90.6	477	7.95	3.98	0.040	39.8
3	5/09/2018	0	0	57.6	0	0	0	0	0	1	57.6	510	8.5	8.50	0.085	85.0
4	6/09/2018	29.4	0	0	0	0	0	0	0	1	29.4	549.6	9.16	9.16	0.092	91.6
5	7/09/2018	0	0	0	0	0	0	69.6	0	1	69.6	498	8.3	8.30	0.083	83.0
6	8/09/2018	0	34	0	0	50	0	0	0	2	84	483.6	8.06	4.03	0.040	40.3
7	10/09/2018	38	0	0	0	0	0	52.6	0	2	90.6	477	7.95	3.98	0.040	39.8
8	11/09/2018	0	45	75	0	0	0	0	48	3	168	399.6	6.66	2.22	0.022	22.2
9	12/09/2018	78.3	0	56	59.5	0	0	0	0	3	193.8	373.8	6.23	2.08	0.021	20.8
10	13/09/2018	0	48.4	0	0	75	26	0	0	3	149.4	418.2	6.97	2.32	0.023	23.2
11	14/09/2018	0	0	64.8	0	0	45	0	57	3	166.8	400.8	6.68	2.23	0.022	22.3
12	15/09/2018	38.4	0	0	52	0	0	50	0	3	140.4	427.2	7.12	2.37	0.024	23.7
13	17/09/2018	0	50.1	0	0	0	0	44.1	0	2	94.2	473.4	7.89	3.95	0.039	39.5
14	18/09/2018	0	35	0	0	0	0	0	45.4	2	80.4	487.2	8.12	4.06	0.041	40.6
15	19/09/2018	0	0	0	0	40	0	38	0	2	78	489.6	8.16	4.08	0.041	40.8
16	20/09/2018	35	0	45	48.4	0	0	0	0	3	128.4	439.2	7.32	2.44	0.024	24.4
17	21/09/2018	27	38.2	0	64	0	0	52	0	3	181.2	386.4	6.44	2.15	0.021	21.5
18	22/09/2018	47	0	53	0	0	0	0	48.2	3	148.2	419.4	6.99	2.33	0.023	23.3
19	24/09/2018	0	0	0	0	67	47	0	0	2	114	453.6	7.56	3.78	0.038	37.8
20	25/09/2018	0	40	0	30.2	0	30	0	0	2	100.2	467.4	7.79	3.90	0.039	39.0
21	26/09/2018	0	0	0	0	75.4	0	59	0	2	134.4	433.2	7.22	3.61	0.036	36.1
22	27/09/2018	0	0	50	0	0	0	58	0	2	108	459.6	7.66	3.83	0.038	38.3
23	28/09/2018	40	50	40.8	0	0	0	30	0	3	160.8	406.8	6.78	2.26	0.023	22.6
24	29/09/2018	0	64.6	0	59	0	0	0	51	3	174.6	393	6.55	2.18	0.022	21.8
25	1/10/2018	46	0	0	0	42.8	0	0	0	2	88.8	478.8	7.98	3.99	0.040	39.9
26	2/10/2018	52	0	0	0	0	62	0	0	2	114	453.6	7.56	3.78	0.038	37.8
27	3/10/2018	0	60	0	60.4	0	0	20	0	3	140.4	427.2	7.12	2.37	0.024	23.7
28	4/10/2018	0	0	36.6	0	52	44	0	0	3	132.6	435	7.25	2.42	0.024	24.2
29	5/10/2018	0	48	32	0	30	0	0	0	3	110	457.6	7.63	2.54	0.025	25.4
30	6/10/2018	28.4	0	0	0	20.3	0	28	0	3	76.7	490.9	8.18	2.73	0.027	27.3
31	8/10/2018	0	0	0	48	0	0	36	0	2	84	483.6	8.06	4.03	0.040	40.3
32	9/10/2018	50	0	0	30	55	0	0	0	3	135	432.6	7.21	2.40	0.024	24.0
33	10/10/2018	0	48	0	29	0	0	0	66.4	3	143.4	424.2	7.07	2.36	0.024	23.6
34	11/10/2018	62		52	0	0	0	0	0	2	114	453.6	7.56	3.78	0.038	37.8
35	12/10/2018	0	0	20	0	0	0	0	48.4	2	68.4	499.2	8.32	4.16	0.042	41.6

Fuente: Elaboración Propia (2018)



Figura 12: Gráfica de Mantenibilidad antes



Figura 13: Gráfica de disponibilidad antes



Figura 14: Gráfica de disponibilidad antes

4.5. Cálculo de Indicadores

Según las anteriores tablas, ya podemos hacer los cálculos actuales de nuestros indicadores, que a continuación se detallan:

Antes:

DIAS	EFICACIA ANTES	EFICIENCIA ANTES	MANTENIBILIDAD ANTES	DISPON ANTES	CONFIABILIDAD ANTES
PROM.	0.785	0.783	0.486	0.736	0.361
	78.538	78.323	48.632	73.598	36.096
	79%	78%	49%	74%	36%

Figura 15: Cálculo de eficiencia

La eficiencia actualmente es muy baja, esto nos quiere decir que hay mucho por mejorar, podemos analizar que solo se están utilizando el 80% de horas programadas, considerando que falta planificación, priorización, monitoreo, capacitación, etc. Podemos aplicar el RCM ya que el mismo sistema nos permite mejorar la eficiencia en gran medida.

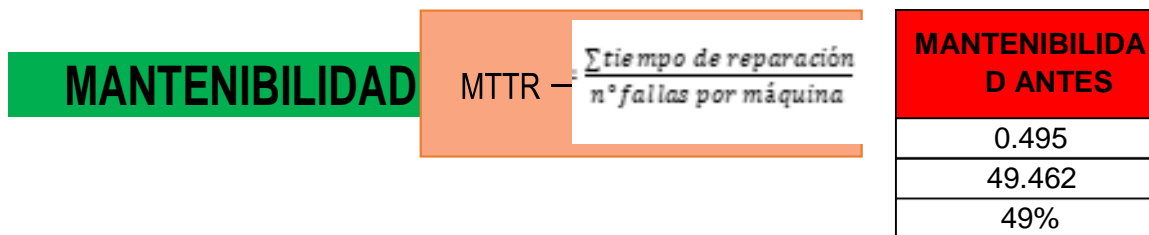


Figura 16: Cálculo de mantenibilidad

Para el caso de la mantenibilidad se puede analizar que se encuentra en un 49%, lo que nos quiere decir que por cada 8 horas de uso de las 8 máquinas botoneras robóticas se debe usar 3.92 horas para su respectivo mantenimiento, del cual solo se invertirán 0.49 horas por máquina, lo que equivale a 29.4 minutos por día, haciendo un total de 14.7 horas al mes.

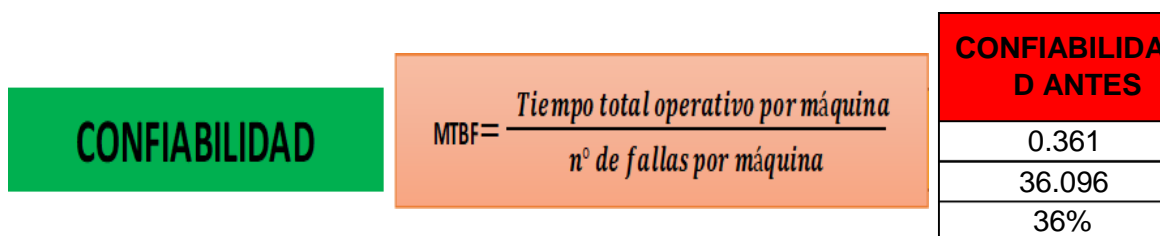


Figura 17: Cálculo de confiabilidad

Lo que concierne a confiabilidad podemos decir que cada 3.04 horas de trabajo de una máquina se produce una falla, es decir una falla cada 195.6 minutos y analizándolo de manera conjunta, en las ocho máquinas cada 24.32 horas se producirá una falla.



Figura 18: Cálculo de disponibilidad

Por último, con respecto a nuestra disponibilidad podemos analizar que de 100 máquinas disponibles solo tendremos 74 a disposición. Adecuándolo a nuestro caso de las 8 máquinas botoneras solo tendremos a disposición 6 máquinas, lo cual es muy perjudicial para la producción.

4.6. Productividad Real – 2018

Habiendo realizado todos los cálculos tanto de eficacia con respecto a la producción de nuestras máquinas en cuanto a la real y la esperada, por otro lado, el de eficiencia en cuanto a los mantenimientos programado y no programado los cuales responden en qué medida afecta el estado óptimo de las máquinas si no se hacen de la manera correcta y por último gracias a los datos brindados por la empresa, llegamos a tener la siguiente productividad:

Tabla 25: *Productividad Real 2018*

EFICIENCIA=	78%
EFICACIA=	79%
PRODUCTIVIDAD ANTES=	62%

Fuente: Elaboración propia

Como bien sabemos que para hallar nuestra productividad se tiene que multiplicar la eficiencia por la eficacia, cuyo resultado nos indica que dichas máquinas tienen una productividad muy baja, los cuales se tendrán que corregir en gran medida aplicando la metodología RCM.

5. Implementación de la Investigación

Actualmente la productividad en el área de producción específicamente en el módulo 24 con respecto a las 8 máquinas botoneras robóticas en la empresa es de 69.810%, este resultado se debe a la baja disponibilidad de los equipos, el cual se encuentra en 74%, y a la baja confiabilidad, la cual se encuentra en un 38%.

También se evaluarán los tiempos promedios de reparación, la confiabilidad y la disponibilidad durante 35 días, conjuntamente se medirá la productividad. Esto con la finalidad de elaborar un diagnóstico previo a la implementación del RCM.

Según los modelos de implementación de la metodología RCM revisadas en el marco teórico, propone implementarla de la siguiente manera:

5.1. Etapas o fases de la implementación según el RCM

El desarrollo de este proyecto se hará en base a la herramienta RCM, para ello respetaremos todas las pautas según el libro, en este caso desarrollaremos las fases de acuerdo a nuestra problemática, ya que con ello lograremos que nuestra productividad se incremente en gran medida. A continuación, el desarrollo de todas las fases del RCM de acuerdo a nuestro problema de investigación:

FASE 1:

Esta fase corresponde a tener la idea clara de lo que se pretende implementando el RCM, en nuestro caso es incrementar la productividad, por ende, los costos de mantenimiento se reducirán. También debemos tener en cuenta la determinación de indicadores y sus valoraciones, tal es el caso que están plasmados en nuestra matriz de operacionalización de variables a la vez muy cuantificables.

- ✓ Mantenibilidad
- ✓ Confiabilidad
- ✓ Disponibilidad
- ✓ Eficiencia
- ✓ Eficacia

FASE 2:

Esta fase nos pide hacer el listado de todos los equipos de planta, para ello nosotros como investigadores teníamos que hallar cual es la máquina más crítica, es decir la que tenía más fallas, a simple observación sabíamos que eran las maquinas botoneras robóticas, pero como investigadores utilizaremos el análisis de criticidad para que nuestros datos sean más confiables y fiables.

Criticidad

Por lo general un índice de criticidad es aquel cuyas fallas en las máquinas generan paralizaciones e interrupciones frecuentes, cuellos de botella, perjuicios a otros dispositivos o infraestructura y demoras o paralizaciones en las labores de los demás centros de actividad de una compañía o corporación. “Indicador numérico de la importancia de la avería. Este indicador será determinado en función de los trastornos y costos que produce la falla”.

$$\text{Críticidad total} = \text{Frecuencia de fallas} \times ((\text{Impacto operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costo mantenimiento} + \text{Impacto Salud y Ambiente})$$

Análisis de criticidad para clasificar las fallas en críticas, semicríticas y no críticas de las máquinas:

Análisis de criticidad

Consiste en categorizar procedimientos, instalaciones y maquinaria, en función de su impacto global, con la finalidad de mejorar el procedimiento de asignación de recursos (económicos, humanos y técnicos). Para ejecutar este estudio se ha tenido presente los siguientes los criterios:

- Frecuencias de fallas.
- Impacto operacional.
- Flexibilidad operacional.
- Costo de mantenimiento.
- Impacto de seguridad y medio ambiente

Aplicación del análisis de la criticidad en la empresa

Esta empresa cuenta con varios tipos de máquinas a lo largo de todos sus módulos de producción. Sin embargo, para temas prácticos y considerando la experiencia de algunos expertos dentro de la empresa se considerarán 5 tipos de máquinas a las cuales se le realizará el análisis de criticidad para el orden de importancia o prioridad entre estos tipos de máquinas, Las maquinas son: cerradora de costado, recta con puller, ojaladora, botonera robótica y multiaguja.

Máquina cerradora de costado

Este tipo de máquina solo lo usan los módulos de camisas y en promedio cada módulo cuenta con 2 máquinas, de las cuales la primera es titular y la segunda de apoyo. Para determinar la frecuencia de falla y la consecuencia (impacto a la producción, flexibilidad operacional, costos de mantenimiento e impacto a la seguridad y medio ambiente) se usarán las tablas siguientes:

Tabla 26: *Tabla de frecuencia de fallas de máquina cerradora*

FRECUENCIA DE FALLA	FACTOR
Frecuente : mayor a 2 fallas	4
Promedio: 1 y 2 fallas al año	3
Bueno : 1 falla al año	2
Excelente: menor a 0.5 fallas al año	1

IMPACTO A LA PRODUCCIÓN	FACTOR
Pérdidas de producción superiores al 75%	10
Pérdidas de producción entre 50% - 74%	7
Pérdidas de producción entre 25% - 49%	5
Pérdidas de producción entre 10% - 24%	3
Pérdidas de producción menores al 10%	1

FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	FACTOR
No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción	4
No se cuenta con unidades de reserva que logren cubrir de forma parcial la producción	2
No se cuenta con unidades de reserva en línea	1

COSTOS DE MANTENIMIENTO	FACTOR
Costos de reparación, materiales y mano de obra superiores a 3000	2
Costos de reparación, materiales y mano de obra entre 1 a 3000	1

IMPACTO A SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	FACTOR
Riesgo alto de pérdida de la vida, daños graves a la salud	8
Riesgo medio de pérdida de la vida, daños importantes a la salud e incidente ambiental	6
Riesgo mínimo de pérdida de la vida y afección a la salud e incidente ambiental menor	3
No existiendo ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños al ambiente	1

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene lo siguiente: Frecuencia de falla: 3, Consecuencia: $(5 \times 2) + 2 + 3 = 15$ → Criticidad = $3 \times 15 = 45$

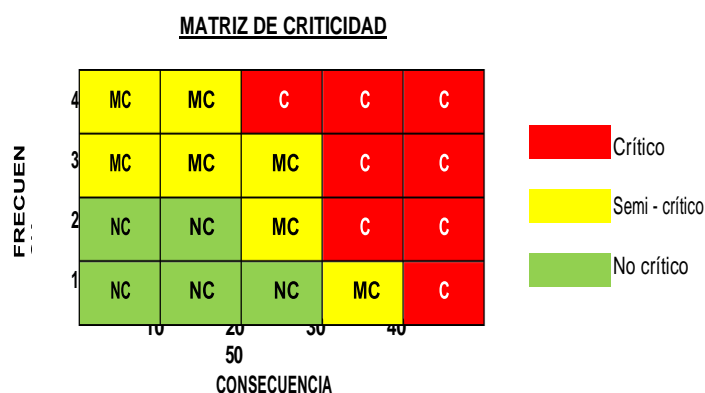


Figura 18: Gráfica de criticidad de frecuencia de fallas de máquina cerradora

Máquina recta con puller

Este tipo de máquina se usan mayormente para operaciones de bastillados de delanteros, pegados de yugos, bastillados de manga, bolsillos, etc. En la planta de producción hay un promedio de 14 máquinas de las cuales 8 se usan en el módulo 24 y el resto repartido en cada módulo, cada una de ellas cumple una función importante por eso determinaremos la frecuencia de falla y la consecuencia (impacto a la producción, flexibilidad operacional, costos de mantenimiento e impacto a seguridad y medio ambiente) según las tablas siguientes:

Tabla 27: *Tabla de frecuencia de fallas de máquina recta con puller*

FRECUENCIA DE FALLA	FACTOR
Frecuente : mayor a 2 fallas	4
Promedio: 1 y 2 fallas al año	3
Bueno : 1 falla al año	2
Excelente: menor a 0.5 fallas al año	1

IMPACTO A LA PRODUCCIÓN	FACTOR
Pérdidas de producción superiores al 75%	10
Pérdidas de producción entre 50% - 74%	7
Pérdidas de producción entre 25% - 49%	5
Pérdidas de producción entre 10% - 24%	3
Pérdidas de producción menores al 10%	1

FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	FACTOR
No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción	4
No se cuenta con unidades de reserva que logren cubrir de forma parcial la producción	2
No se cuenta con unidades de reserva en línea	1

COSTOS DE MANTENIMIENTO	FACTOR
Costos de reparación, materiales y mano de obra superiores a 3000	2
Costos de reparación, materiales y mano de obra entre 1 a 3000	1

IMPACTO A SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	FACTOR
Riesgo alto de pérdida de la vida, daños graves a la salud	8
Riesgo medio de pérdida de la vida, daños importantes a la salud e incidente ambiental	6
Riesgo mínimo de pérdida de la vida y afección a la salud e incidente ambiental menor	3
No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños al ambiente	1

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene lo siguiente: Frecuencia de falla: 3, Consecuencia: $(3*2)+1+3$: 10

→ Criticidad = $3*10=30$

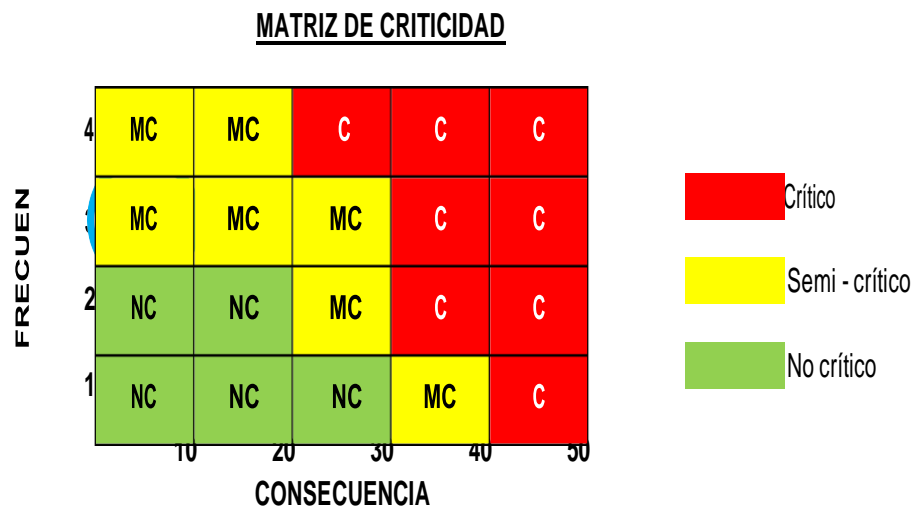


Figura 19: Gráfica de criticidad de frecuencia de fallas de máquina recta con puller

Máquina ojaladora

Esta máquina es muy importante al igual que las botoneras robóticas se usa para hacer los ojales de la pechera izquierda, además son operaciones iniciales que al fallar dichas máquinas y no hacerse los ojales, traería serios atrasos en la producción ya que no se podrían avanzar las demás operaciones, es por eso mismo que esta máquina entró al análisis de criticidad, y se llegó a determinar la frecuencia de falla y la consecuencia (impacto a la producción, flexibilidad operacional, costos de mantenimiento e impacto a seguridad y medio ambiente) según las tablas siguientes:

Tabla 28: *Tabla de frecuencia de fallas de máquina ojaladora*

FRECUENCIA DE FALLA	FACTOR
Frecuente : mayor a 2 fallas	4
Promedio: 1 y 2 fallas al año	3
Bueno : 1 falla al año	2
Excelente: menor a 0.5 fallas al año	1

IMPACTO A LA PRODUCCIÓN	FACTOR
Pérdidas de producción superiores al 75%	10
Pérdidas de producción entre 50% - 74%	7
Pérdidas de producción entre 25% - 49%	5
Pérdidas de producción entre 10% - 24%	3
Pérdidas de producción menores al 10%	1

FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	FACTOR
No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción	4
No se cuenta con unidades de reserva que logren cubrir de forma parcial la producción	2
No se cuenta con unidades de reserva en línea	1

COSTOS DE MANTENIMIENTO	FACTOR
Costos de reparación, materiales y mano de obra superiores a 3000	2
Costos de reparación, materiales y mano de obra entre 1 a 3000	1

IMPACTO A SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	FACTOR
Riesgo alto de pérdida de la vida, daños graves a la salud	8
Riesgo medio de pérdida de la vida, daños importantes a la salud e incidente ambiental	6
Riesgo mínimo de pérdida de la vida y afección a la salud e incidente ambiental menor	3
No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños al ambiente	1

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene lo siguiente: Frecuencia de falla: 4, Consecuencia: $(5 \cdot 4) + 1 + 3$: 24

→ Criticidad = $4 \cdot 24 = 96$

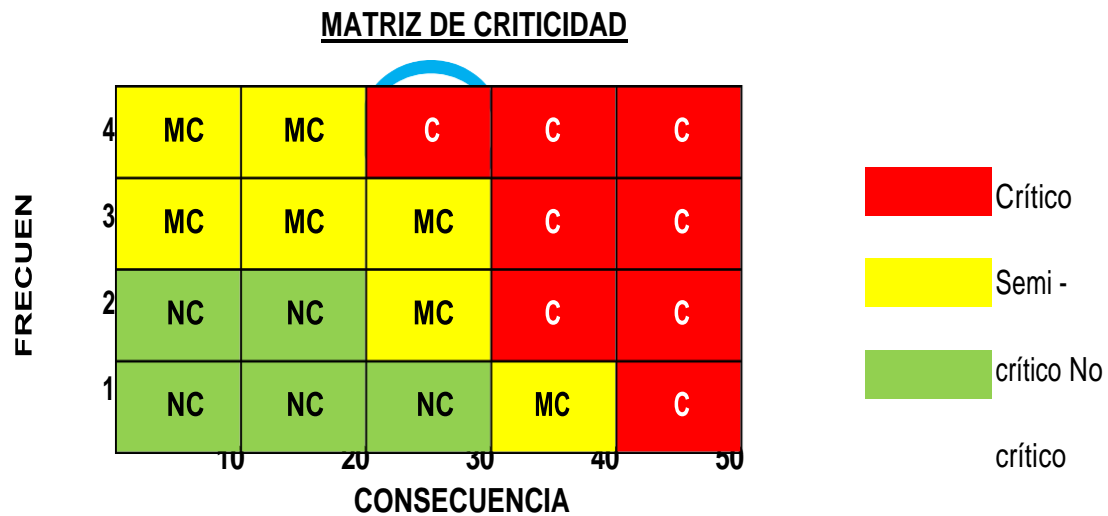


Figura 20: Gráfica de criticidad de frecuencia de fallas de máquina ojaladora

Máquina botonera robótica

Este tipo de máquina a simple observación es la más crítica debido a que es de vital importancia ya que, en este tipo de máquinas se realizan los primeros preparados o pasos para la construcción de una camisa, estas máquinas presentan constantes fallas debido a que tiene más calibraciones que otras máquinas, en el sentido que, al realizar los pegados de botones, estos no son de un solo tipo si no que hay una gran variedad en sus formas, por eso la gran demanda de calibraciones. A continuación, determinaremos la frecuencia de falla y la consecuencia (impacto a la producción, flexibilidad operacional, costos de mantenimiento e impacto a seguridad y medio ambiente) según las tablas siguientes:

Tabla 29: *Tabla de frecuencia de fallas de máquina botonera robótica*

FRECUENCIA DE FALLA	FACTOR
Frecuente : mayor a 2 fallas	4
Promedio: 1 y 2 fallas al año	3
Bueno : 1 falla al año	2
Excelente: menor a 0.5 fallas al año	1

IMPACTO A LA PRODUCCIÓN	FACTOR
Pérdidas de producción superiores al 75%	10
Pérdidas de producción entre 50% - 74%	7
Pérdidas de producción entre 25% - 49%	5
Pérdidas de producción entre 10% - 24%	3
Pérdidas de producción menores al 10%	1

FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	FACTOR
No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción	4
No se cuenta con unidades de reserva que logren cubrir de forma parcial la producción	2
No se cuenta con unidades de reserva en línea	1

COSTOS DE MANTENIMIENTO	FACTOR
Costos de reparación, materiales y mano de obra superiores a 3000	2
Costos de reparación, materiales y mano de obra entre 1 a 3000	1

IMPACTO A SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	FACTOR
Riesgo alto de pérdida de la vida, daños graves a la salud	8
Riesgo medio de pérdida de la vida, daños importantes a la salud e incidente ambiental	6
Riesgo mínimo de pérdida de la vida y afección a la salud e incidente ambiental menor	3
No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños al ambiente	1

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene lo siguiente: Frecuencia de falla: 4, Consecuencia: $(7*4) + 1 + 3$: 32

→ Criticidad = $4*32=128$

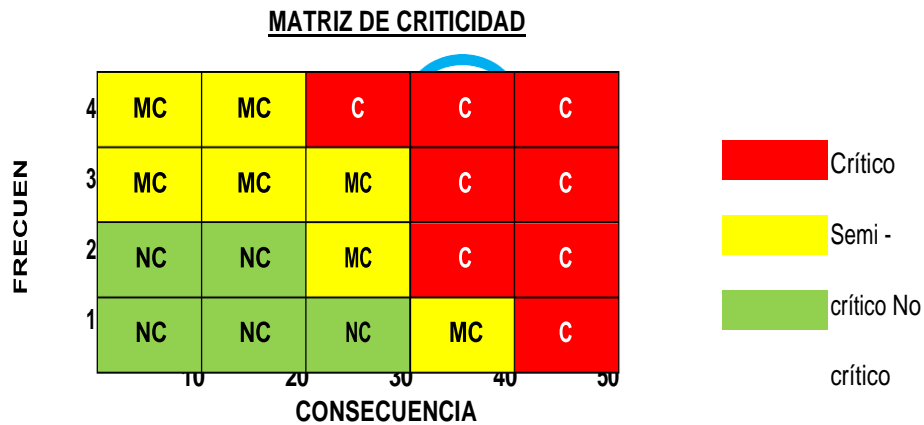


Figura 21: Gráfica de criticidad de frecuencia de fallas de máquina botonera robótica

Haciendo el análisis respectivo a este tipo de máquina nos resultó muy coincidente haciendo una simple observación era la máquina más crítica, ya con los datos y con análisis riguroso los resultados resultaron ser los mismos, es decir resultó ser una máquina muy crítica por ende tomamos la decisión de trabajar en ello en nuestro proyecto de investigación.

Máquina multiaguja

Esta es una máquina muy importante también, debido a que realiza operaciones iniciales para la construcción de una camisa, la ventaja que tiene, es que no tiene dispositivos electrónicos, automatizados, neumáticos, etc. Si bien es cierto que sus calibraciones son complejas pero una bien realizadas, la máquina no tiene tantas fallas como las botoneras robóticas debido al poco contacto con la mano de obra mecánica.

De la misma manera determinaremos la frecuencia de falla y la consecuencia (impacto a la producción, flexibilidad operacional, costos de mantenimiento e impacto a seguridad y medio ambiente) según las tablas siguientes:

Tabla 30: *Tabla de frecuencia de fallas de máquina multiaguja*

FRECUENCIA DE FALLA	FACTOR
Frecuente : mayor a 2 fallas	4
Promedio: 1 y 2 fallas al año	3
Bueno : 1 falla al año	2
Excelente: menor a 0.5 fallas al año	1

IMPACTO A LA PRODUCCIÓN	FACTOR
Pérdidas de producción superiores al 75%	10
Pérdidas de producción entre 50% - 74%	7
Pérdidas de producción entre 25% - 49%	5
Pérdidas de producción entre 10% - 24%	3
Pérdidas de producción menores al 10%	1

FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	FACTOR
No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción	4
No se cuenta con unidades de reserva que logren cubrir de forma parcial la producción	2
No se cuenta con unidades de reserva en línea	1

COSTOS DE MANTENIMIENTO	FACTOR
Costos de reparación, materiales y mano de obra superiores a 3000	2
Costos de reparación, materiales y mano de obra entre 1 a 3000	1

IMPACTO A SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	FACTOR
Riesgo alto de pérdida de la vida, daños graves a la salud	8
Riesgo medio de pérdida de la vida, daños importantes a la salud e incidente ambiental	6
Riesgo mínimo de pérdida de la vida y afección a la salud e incidente ambiental menor	3
No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños al ambiente	1

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene lo siguiente: Frecuencia de falla: 3, Consecuencia: $(5 \times 4) + 1 + 3$: 24

→ Criticidad = $3 \times 24 = 72$

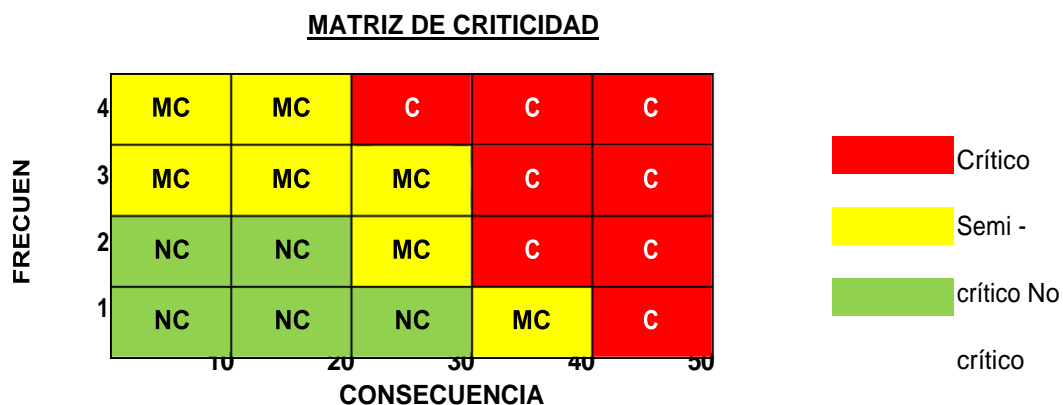


Figura 22: Gráfica de criticidad de frecuencia de fallas de máquina multaguja

Resultado de análisis de criticidad

A partir de los resultados en cada uno de los análisis de criticidad obtenidos se puede jerarquizar por máquina y la prioridad que debemos tener con cada una de estas y usar los recursos necesarios para mantenerla siempre en buenas condiciones con las técnicas de mantenimiento ya conocidas. Así tenemos la siguiente tabla de criticidad:

Tabla 31: Resultado de análisis de criticidad

Máquina	Nivel de criticidad
Máquina botonera robótica	128
Máquina ojaladora	96
Máquina multiaguja	72
Máquina cerradora de costado	45
Máquina recta con puller	30

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de este análisis de criticidad coincidieron con nuestros datos de observaciones, el cual arroja que las máquinas más críticas son las botoneras robóticas la cual, son como el corazón de la planta de producción debido a que realizan la parte principal e inicial de la confección de una camisa que sin ello no se podría avanzar, en el peor de los casos si estas máquinas fallarían no solo afectaría al mismo módulo sino a todos los módulos de camisas que abastece que son en total de 6 a 7.

Después del análisis de criticidad sabiendo que la máquina botonera robótica es la más crítica, tenemos que enumerar todos sus partes principales que lo componen, a continuación, con la ayuda del manual de instrucción y de partes enumeramos los siguientes mecanismos:

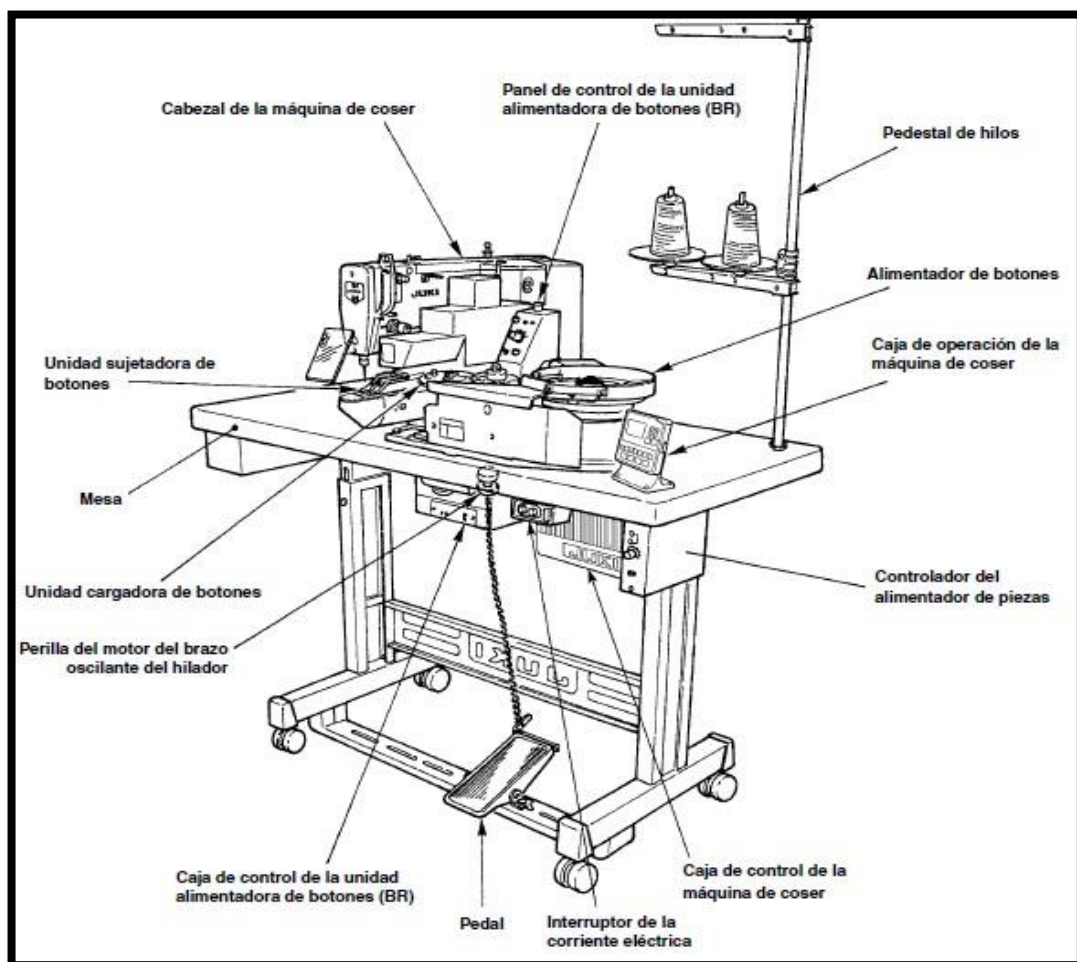


Figura 23: Partes de la máquina botonera robótica

1. Cabezal de la máquina de coser
2. Panel de control de la unidad alimentadora de botones
3. Pedestal de hilos
4. Alimentador de botones
5. Caja de operación de máquina de coser
6. Controlador de alimentador de piezas
7. Unidad sujetadora de botones
8. Perilla del motor del brazo oscilante del hilador
9. Caja de control de unidad alimentadora de botones
10. Pedal
11. Interruptor de corriente eléctrica
12. Caja de control de máquina de coser

FASE 3:

Ahora haremos el estudio detallado del funcionamiento de la máquina botonera robótica y de sus subsistemas en cuanto a funciones principales y funciones secundarias:

Tabla 32: Funciones de la máquina botonera robótica

N°	SISTEMAS	FUNCIÓN	SUBSISTEMAS
1	ALIMENTADOR DE BOTONES	PRINCIPAL: Alimentar botones en un tiempo de 0.5 segundos SECUNDARIA: Hacer solo movimientos horizontales Hacer giros horizontales de solo 45° Transportar los botones de uno en uno	1. Depósito de Fluidez de todos los botones 2. Soporte de botones 3. Activador sistema eléctrico 4. Activador sistema neumático
2	SELECTOR DE BOTONES	PRINCIPAL: Seleccionar botones de acuerdo al tamaño calibrado SECUNDARIA: Seleccionar solo un botón para transportar Seleccionar solo los botones que están derechos Desechar los botones que no son los correctos Hacer las lecturas automáticas	1. Activador sistema eléctrico 2. Activador de sensores ópticos
3	COSEDOR DE BOTONES	PRINCIPAL: Cosé correctamente de acuerdo a los pasos calibrados SECUNDARIA: Cosé el botón con la tensión de hilo correcta Cosé el botón con puntadas parejas Cosé los botones sin romper el hilo	1. Activador sistema eléctrico 2. Activador mecanismo barra de aguja 3. Activador mecanismo de garfio 4. Activador mecanismo de devanador 5. Activador sistema eléctrico 6. Activador sistema neumático
4	MECANISMO DE BARRA DE AGUJA	PRINCIPAL: Hacer los correctos movimientos verticales en el cosido SECUNDARIA: Realizar la posición inferior de barra de aguja Realizar la posición superior de barra de aguja Estar en el tiempo con corte de hilo y prensatelas	1. Sujetador de barra de aguja 2. Sujetador de aguja 3. Sujetador de Porta aguja
5	MECANISMO DE PRENSATELA	PRINCIPAL: Sujetar los botones correctamente SECUNDARIA: Abrir y cerrar las tenazas correctamente Levantar en el tiempo correcto Bajar cuando se necesite coser	1. Ajuste de placas presionadoras de botón 2. Tornillos reguladores de abertura de tenazas 3. Tornillos de sujeción de bloque de prensatela
6	MECANISMO DE GARFIO	PRINCIPAL: Hacer las lazadas correctamente SECUNDARIA: Cosé sin saltar Puntadas Realizar movimientos de 180° Hacer soporte a la bobina	1. Mecanismo de eje de garfio 2. Mecanismo de lubricación de garfio 3. Movimiento de eje horizontal
7	MECANISMO DE TIRA-HILOS	PRINCIPAL: Hacer el ajuste de tensión correctamente SECUNDARIA: Posecionarse en el punto muerto inferior Posecionarse en el punto muerto superior	1. Rodajes de tira- hilo 2. Tornillo sujetador de tapa de rodajes

8	MECANISMO DE CONJUNTO TENSOR PRINCIPAL	PRINCIPAL: Dar la tensión correcta al hilo SECUNDARIA: Abrir correctamente en el momento de corte de hilo Cerrar correctamente en el momento de cosido	1. Tomillo sujetador de conjunto tensor 2. Pin de abertura de conjunto tensor
9	CAJA DE CONTROL PRINCIPAL(TARJET A MANDO)	PRINCIPAL: Realizar las funciones automáticas en orden SECUNDARIA: Controlar la parte eléctrica Controlar la parte electrónica Controlar la seguridad de los componentes	1. Diodos 2. Transistores 3. Memoria 4. Fusibles 5. Resistencias 6. Potenciadores, etc
10	CAJA DE CONTROL PRINCIPAL(TARJET A FUERZA)	PRINCIPAL: Controlar la parte eléctrica correctamente SECUNDARIA: Entrada de 220 voltios Salidas de acuerdo a los componentes: 220,110,20,10 voltios	1. Fusibles de sobrecargas eléctricas 2. Fusibles de cortos circuitos 3. Llaves térmicas
11	MECANISMO DE CONTROL AUTOMÁTICO DE ALIMENTACIÓN DE BOTONES	PRINCIPAL: Alimentar botones en un tiempo de 0.5 segundos SECUNDARIA: Alimentación manual Alimentación automática	1. Activador de sensores 2. Activación del motor
12	VENTILACIÓN DE CIRCUITOS	PRINCIPAL: Ventilar circuitos internos SECUNDARIA: Evitar recalentamientos de componentes Evitar cortes circuitos Evitar derretimiento de cables	1. Ventilador pequeño
13	PANEL DE CONTROL DE CALIBRACIONES	PRINCIPAL: Calibración de acuerdo a patrones SECUNDARIA: Calibraciones de distintas medidas Almacenaje de patrones en memoria Visualizaciones de alertar de errores	1. Leds de iluminación de panel 2. Sistema eléctrico 3. Sistema de programación 4. Puertos de ingresos: usb, hdmi, etc
14	MECANISMO DE RETIRA HILOS (WIPER)	PRINCIPAL: Retirar el hilo correctamente SECUNDARIA: No dejar excedente de hilo en costuras Esconder excedente de hilo en costura e evitar sobresalir	1. Sistema eléctrico 2. Motor electromecánico 3. Tomillos sujetadores de wiper 4. Tomillos sujetadores de motor
15	MECANISMO DE PLACA DE AGUJA	PRINCIPAL: Dar el soporte correcto para los movimientos de prensatela SECUNDARIA: Proteger partes internas del mecanismo de garfio Tener la cavidad correcta para la formación de puntadas Dar soporte a cuchilla y contracuchilla de corte de hilo	1. Mecanismo de cuchilla fija 2. Mecanismo de cuchilla móvil
16	MECANISMO DE PRESIÓN DE PRENSATELA	PRINCIPAL: dar presión necesaria a pie-prensatela SECUNDARIA: Presión al momento que el prensatela se encuentra en el PMI Presión al momento que el prensatela se encuentra en el PMS	1. Resorte de presión 2. Pin de soporte de resorte 3. Bloque de soporte de PIN
17	MECANISMO DE IMPULSOR DE GARFIO	PRINCIPAL: Proteger la aguja SECUNDARIA: Dar soporte al garfio Girar junto al garfio, es decir 180°	1. Mecanismo del eje horizontal de impulsor 2. Fajas sincronizadoras

18	MECANISMO DE PORTA AGUJA	PRINCIPAL: Proteger la aguja SECUNDARIA: También funciona como guía-hilo	1. Tornillos de sujeción de porta-aguja
19	MECANISMO DE RECORRIDO DE DE BRAZO ALIMENTADOR DE BOTONES	PRINCIPAL: Transportar los botones de uno en uno SECUNDARIA: Colocar los botones en la tenazas Coger los botones de uno en uno Soltar los botones de uno en uno	1. Eje de soporte de brazo alimentador 2. Bloque de pista de recorrido de brazo 3. Sensores activadores de brazo alimentador
20	MECANISMO DE CONTRACUCHILLA (CUCHILLA FIJA)	PRINCIPAL: Cortar hilo por rozamiento SECUNDARIA: Tener contacto con cuchilla móvil	1. Tornillo sujetador de contracuchilla
21	MECANISMO DE CORTE HILO (CUCHILLA MÓVIL)	PRINCIPAL: Cortar el hilo correctamente SECUNDARIA: Realizar movimientos horizontales perfectos Realizar el rozamientos perfecto con la contracuchilla	1. Biela de movimiento horizontal 2. Tornillo de sujeción de cuchilla móvil
22	MECANISMO DE DEVANADOR DE HILO	PRINCIPAL: Llenado correcto de hilo en la bobina SECUNDARIA: Llenado máximo Llenado mínimo	1. PIN de soporte de devanador 2. Engranaje de giro de pin de devanador
23	MECANISMO DE ABERTURA DE TENAZAS	PRINCIPAL: Dar la abertura de acuerdo a diámetro de botones SECUNDARIA: Máximo abertura Mínima abertura	1. Tornillo especial de soporte de abridor 2. Eje horizontal de movimiento de abridor 3. Activador de abridor
24	MECANISMO LEVANTADOR DE PRENSATELA	PRINCIPAL: Levantar el prensatela SECUNDARIA: Altura máxima de altura de presnatela Altura mínima de altura de presnatela	1. Motor de activación de prensatela 2. Biela de levantamiento mecánico
25	MECANISMO SELECCIONADOR DE ACTIVACIÓN DE SENSORES	PRINCIPAL: Seleccionar botones de acuerdo al tamaño calibrado SECUNDARIA: Seleccionar solo los botnes calibrados Eliminar los botones no calibrados Calibración de mínimo y máximo diámetro	1. Sensor de reconocimiento de boton 2. Sensor de posecionador de boton 3. Activdor de selenoides

26	MECANISMO DE LUBRICACIÓN	PRINCIPAL: Lubricar partes con más fricción SECUNDARIA: Dar la cantidad correcta de aceite Dar la cantidad correcta de grasa Lubricar por mechas	1. Mangueas de plástico 2. Mechas de pavilo
27	MECANISMO DE MOVIMIENTOS EN "X" DEL SUJETADOR DE BOTONES	PRINCIPAL: Movimientos horizontales de prensatela SECUNDARIA: Máximo recorrido horizontal Mínimo recorrido horizontal Hacer los movimientos coordinados por calibración	1. Sensor de movimiento del bloque "X" 2. Motor de activación del bloque
28	MECANISMO DE MOVIMIENTOS EN "Y" DEL SUJETADOR DE BOTONES	PRINCIPAL: Movimientos verticales de prensatela SECUNDARIA: Máximo recorrido vertical Mínimo recorrido vertical Hacer los movimientos coordinados por calibración	1. Sensor de movimiento del bloque "Y" 2. Motor de activación del bloque
29	MACANISMO REGULADOR DE VIBRACIÓN DE DEPÓSITO DE BOTONES	PRINCIPAL: Trasladar el boton correctamente SECUNDARIA: Vibración máxima Vibración mínima	1. Potenciómetro 2. Tarjeta de mando de potenciómetro
30	MECANISMO POSESIONADOR DE BOTONES	PRINCIPAL: Posecionar el boton correctamente en el brazo SECUNDARIA: Altura máxima de posecionador Altura mínima de posecionador	1. Motor de activación de posecionador
31	MECANISMO DE MOTOR ALIMENTADOR DE BOTONES	PRINCIPAL: Activar el plato alimentador de botones SECUNDARIA: Activar motor Desactivar motor	1. Motor alimentador 2. Resistencia
32	MECANISMO DE PARADA DE EMERGENCIA	PRINCIPAL: Parar la máquina SECUNDARIA: Para la máquina por razones mecánicas Para la máquina por razones eléctricas Para la máquina por razones neumáticas	1. Switch de parada 2. Sensores de reconocimiento de fallas

Fuente: elaboración propia

FASE 4 y 5:

En esta fases determinaremos los fallos funcionales y los modos de fallo de las máquinas botoneras robóticas, ya que son ellos los que determinan con qué frecuencia se dan las fallas y si estos fallos son totales o parciales, en muchas ocasiones se vio que una falla funcional puede ocasionar más de un problema, por ende también desarrollaremos los modos de fallos los que estos nos indicaran cuales son las consecuencias, si verdaderamente hay paradas de máquina o si se puede trabajar aun faltando alguna pieza,

cabe resaltar que solo nos enfocaremos en las fallas más frecuentes y las que demandan más tiempo en reparar la máquina. A continuación, haremos la descripción con respecto a todo lo indicado:

Tabla 33: Identificación de fallos y modos de fallo de la máquina botonera robótica

Nº	SISTEMAS	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLO
1	ALIMENTADOR DE BOTONES	Atascamiento por botones Roptura Motor averiado Cable roto	Cambio de brazo Parada de máquina Pérdida de producción Parada de máquina
2	SELECTOR DE BOTONES	Sensores no hacen los reconocimientos Cable roto Atascamiento por botones Roptura de biela	Acumulación de botones Parada de máquina Baja la producción Parada de máquina
3	COSEDOR DE BOTONES	Roptura de barra Doblatura de barra Fuego de barra Aguja despuntada	Cambio de repuesto Parada de máquina Baja la producción
4	MECANISMO DE BARRA DE AGUJA	Roptura de barra de aguja Fuga de aceite por barra de aguja Endurecimiento de barra de aguja Salto de puntada	Parada de máquina Manchas de prendas Parada de máquina Composturas Reprocesos
5	MECANISMO DE PRENSATELA	Prensatela no levanta Prensatela no baja Prensatela hace solo un movimiento Prensatela con fuego Presnatela no presiona bien la tela	Parada de máquina Parada de máquina Roptura de aguja Roptura de aguja Roptura de aguja y mala tensión
6	MECANISMO DE GARFIO	Garfio despuntado Garfio con rebabas Garfio oxidado Garfio con aceite Garfio pequeño	Salto de puntada Roptura de hilo Manchas de prendas Manchas de prendas Salto de puntada
7	MECANISMO DE TIRA-HILOS	Roptura de tira-hilos Desgaste de tira-hilos Fuentes sonidos de rodamientos	Parada de máquina Roptura de hilo Parada de máquina Cambio de repuesto
8	MECANISMO DE CONJUNTO TENSOR PRINCIPAL	Conjuto tensor no abre Conjuto tensor no cierra Conjunto tensor no tensiona hilo Roptura de PIN	Roptura de hilo Tensión suelta Parada de máquina

9	CAJA DE CONTROL PRINCIPAL(TARJETA A MANDO)	Varias funciones no se activan Falta de energía eléctrica	Parada de máquina Parada de máquina
10	CAJA DE CONTROL PRINCIPAL(TARJETA A FUERZA)	La máquina no prende cables rotos tarjeta averiada	Parada de máquina Parada de máquina Parada de máquina
11	MECANISMO DE CONTROL AUTOMÁTICO DE ALIMENTACIÓN DE BOTONES	Boton de dispensador manual no activa Luz roja parpadea Sensor averiado cables rotos	Solo cose la máquina manualmente Parada de máquina Parada de máquina Parada de máquina
12	VENTILACIÓN DE CIRCUITOS	Ventilador no funciona Corto circuito	Calentamiento de componenets Parada de máquina
13	PANEL DE CONTROL DE CALIBRACIONES	Panel oscuro Paramétros no se graban Los datos no se modifican	Diodos quemados Parada de máquina Demoras en reseteos
14	MECANISMO DE RETIRA HILOS (WIPER)	Wiper roto wiper no se acciona Cables rotos	Hilos largos en prenda Hilos largos en prenda Hilos largos en prenda
15	MECANISMO DE PLACA DE AGUJA	Placa con rebabas Movimiento de placa	Roptura de hilo Roptura de aguja
16	MECANISMO DE PRESIÓN DE PRENSATELA	Pin roto Resorte roto Bloque de soporte de Pin con desgaste	Parada de máquina Parada de máquina Parada de máquina
17	MECANISMO DE IMPULSOR DE GARFIO	Impulsor con rebabas Impulsor desgastado	Parada de máquina Parada de máquina
18	MECANISMO DE PORTA AGUJA	Porta-aguja con desgaste Porta-aguja con roptura	Roptura de hilo Roptura de hilo

19	MECANISMO DE RECORRIDO DE BRAZO ALIMENTADOR DE BOTONES	Brazo alimentador con roptura Brazo alimentador hace doble recorrido El brazo alimentador no se acciona El brazo alimentador se bloquea El brazo alimentador es lento El brazo alimentador hace 3/4 de recorrido	Parada de máquina Parada de máquina Parada de máquina Parada de máquina Parada de máquina Parada de máquina
20	MECANISMO DE CONTRA CUCHILLA (CUCHILLA FIJA)	Cuchilla con desgaste Cuchilla fuera de tiempo	No corta hilo No corta el hilo
21	MECANISMO DE CORTE HILO (CUCHILLA MÓVIL)	Cuchilla no se acciona Cuchilla fuera de tiempo Cuchilla con desgaste	No corta hilo No corta el hilo No corta el hilo
22	MECANISMO DE DEVANADOR DE HILO	Devanador no llena Devanador de hilo llena poco hilo Devanador de hilo llena demasiado hilo	Falta de hilo (paradas de máquina) Consumo muy rápido Invertir tiempo en votar exceso
23	MECANISMO DE ABERTURA DE TENAZAS	Tornillo roto Abridor con desgaste El abridor de llega abrir con facilidad	Parada de máquina No fluyen los botones totalmente Rompe aguja por mala colocación
24	MECANISMO LEVANTADOR DE PRENSATELA	Prensatela no levante Prensatela se queda arriba Fuego de prensatela Fuego de bloque de prensatela	Parada de máquina Parada de máquina Roptura de botones Roptura de botones
25	MECANISMO SELECCIONADOR DE ACTIVACIÓN DE SENSORES	Sensor averiado Cables rotos Suciedad en los sensores Sensores fuera de rango	Botones no fluyen Botones no fluyen Sensores no hacen lecturas No selecciona los botones

26	MECANISMO DE LUBRICACIÓN	Endurecimiento de piezas Desgaste con mayor frecuencia	Cambio de piezas Cambio de piezas
27	MECANISMO DE MOVIMIENTOS EN "X" DEL SUJETADOR DE BOTONES	Sensor no hace lecturas correctas Prensatela hace movimientos incorrectos	Roptura de aguja Roptura de aguja
28	MECANISMO DE MOVIMIENTOS EN "Y" DEL SUJETADOR DE BOTONES	Sensor no hace lecturas correctas Prensatela hace movimientos incorrectos	Roptura de aguja Roptura de aguja
29	MACANISMO REGULADOR DE VIBRACIÓN DE DEPÓSITO DE BOTONES	Vibraciones inadecuadas Botones no fluyen Tarjeta de regulador de botones averiada Potenciometro averiado	Botones no fluyen a velocidad Parada de máquina Parada de máquina Parada de máquina
30	MECANISMO POSECIONADOR DE BOTONES	Pin no hace los movimientos correctos Falla del posecionador Se posecionan mas de 1 boton Posecionador no atrapa ningún boton Posecionador fuera de tiempo	Botones no fluyen Botones no encajan Demoras en los cosidos Demoras en los cosidos Posecionador atrapa varios botones
31	MECANISMO DE MOTOR ALIMENTADOR DE BOTONES	Motor no funciona Cables rotos	Parada de máquina Parada de máquina
32	MECANISMO DE PARADA DE EMERGENCIA	Boton de emergencia roto Cables rotos	Pérdidas de tiempo en emergencias Pérdidas de tiempo en emergencias

Fuente: elaboración propia

FASE 6:

En esta fase se realizó un estudio riguroso sobre las consecuencias o modos de fallo desarrollados en la etapa anterior, para ello tuvimos que clasificarlo en: críticos, significativos, tolerables e insignificantes. Nosotros como investigadores y con el objetivo de reducir las paradas de máquina, le otorgamos más importancia a los críticos, ya que este conlleva a tener paradas de máquina, bajas de productividad, etc.

A continuación, el cuadro detallado de todos estos:

Tabla 34: Clasificación de fallos de la máquina botonera robótica

N°	SISTEMAS	MODO DE FALLO	CLASIFICACIÓN DE FALLOS
1	ALIMENTADOR DE BOTONES	Cambio de brazo Parada de máquina Pérdida de producción Parada de máquina	CRÍTICO
2	SELECTOR DE BOTONES	Acumulación de botones Parada de máquina Baja la producción Parada de máquina	CRÍTICO
3	COSEDOR DE BOTONES	Cambio de repuesto Parada de máquina Baja la producción	CRÍTICO
4	MECANISMO DE BARRA DE AGUJA	Parada de máquina Manchas de prendas Parada de máquina Composturas Reprocesos	SIGNIFICATIVO
5	MECANISMO DE PRENSATELA	Parada de máquina Parada de máquina Roptura de aguja Roptura de aguja Roptura de aguja y mala tensión	SIGNIFICATIVO

6	MECANISMO DE GARFIO	Salto de puntada Roptura de hilo Manchas de prendas Manchas de prendas Salto de puntada	CRÍTICO
7	MECANISMO DE TIRA-HILOS	Parada de máquina Roptura de hilo Parada de máquina Cambio de repuesto	TOLERABLE
8	MECANISMO DE CONJUNTO TENSOR PRINCIPAL	Roptura de hilo Tensión suelta Parada de máquina	TOLERABLE
9	CAJA DE CONTROL PRINCIPAL(TARJETA A MANDO)	Parada de máquina Parada de máquina	CRÍTICO
10	CAJA DE CONTROL PRINCIPAL(TARJETA A FUERZA)	Parada de máquina Parada de máquina Parada de máquina	CRÍTICO
11	MECANISMO DE CONTROL AUTOMÁTICO DE ALIMENTACIÓN DE BOTONES	Solo cose la máquina manualmente Parada de máquina Parada de máquina Parada de máquina	SIGNIFICATIVO
12	VENTILACIÓN DE CIRCUITOS	Calentamiento de componenetes Parada de máquina	TOLERABLE
13	PANEL DE CONTROL DE CALIBRACIONES	Diodos quemados Parada de máquina Demoras en reseteos	CRÍTICO

14	MECANISMO DE RETIRA HILOS (WIPER)	Hilos largos en prenda Hilos largos en prenda Hilos largos en prenda	TOLERABLE
15	MECANISMO DE PLACA DE AGUJA	Roptura de hilo Roptura de aguja	SIGNIFICATIVO
16	MECANISMO DE PRESIÓN DE PRENSATELA	Parada de máquina Parada de máquina Parada de máquina	SIGNIFICATIVO
17	MECANISMO DE IMPULSOR DE GARFIO	Parada de máquina Parada de máquina	CRÍTICO
18	MECANISMO DE PORTA AGUJA	Roptura de hilo Roptura de hilo	TOLERABLE
19	MECANISMO DE RECORRIDO DE DE BRAZO ALIMENTADOR DE BOTONES	Parada de máquina Parada de máquina Parada de máquina Parada de máquina Parada de máquina Parada de máquina	CRÍTICO
20	MECANISMO DE CONTRA CUCHILLA (CUCHILLA FIJA)	No corta hilo No corta el hilo	SIGNIFICATIVO
21	MECANISMO DE CORTE HILO(CUCHILLA MÓVIL)	No corta hilo No corta el hilo No corta el hilo	SIGNIFICATIVO
22	MECANISMO DE DEVANADOR DE HILO	Falta de hilo(paradas de máquina) Consumo muy rápido Invertir tiempo en votar exceso	TOLERABLE

23	MECANISMO DE ABERTURA DE TENAZAS	Parada de máquina No fluyen los botones totalmente Rompe aguja por mala colocación	CRÍTICO
24	MECANISMO LEVANTADOR DE PRENSATELA	Parada de máquina Parada de máquina Roptura de botones Roptura de botones	CRÍTICO
25	MECANISMO SELECCIONADOR DE ACTIVACIÓN DE SENSORES	Botones no fluyen Botones no fluyen Sensores no hacen lecturas No selecciona los botones	CRÍTICO
26	MECANISMO DE LUBRICACIÓN	Cambio de piezas Cambio de piezas	TOLERABLE
27	MECANISMO DE MOVIMIENTOS EN "X" DEL SUJETADOR DE BOTONES	Roptura de aguja Roptura de aguja	CRÍTICO
28	MECANISMO DE MOVIMIENTOS EN "Y" DEL SUJETADOR DE BOTONES	Roptura de aguja Roptura de aguja	CRÍTICO
29	MACANISMO REGULADOR DE VIBRACIÓN DE DEPÓSITO DE BOTONES	Botones no fluyen a velocidad Parada de máquina Parada de máquina Parada de máquina	SIGNIFICATIVO
30	MECANISMO POSESIONADOR DE BOTONES	Botones no fluyen Botones no encajan Demoras en los cosidos Demoras en los cosidos Posecionador atrapa varios botones	CRÍTICO
31	MECANISMO DE MOTOR ALIMENTADOR DE BOTONES	Parada de máquina Parada de máquina	CRÍTICO
32	MECANISMO DE PARADA DE EMERGENCIA	Pérdidas de tiempo en emergencias Pérdidas de tiempo en emergencias	TOLERABLE

Fuente: elaboración propia

FASE 7:

En esta fase se determinaron todas las medidas preventivas que atenúen estos efectos y/o consecuencias que tengan las fallas, enfocándonos con mayor rigurosidad en las críticas:

MODO DE FALLO	CLASIFICACIÓN DE FALLOS	ACCIONES CORRECTIVAS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Cambio de brazo Parada de máquina Pérdida de producción Parada de máquina	CRÍTICO	Cambiar las piezas averiadas	El personal debe avisar en caso observe algún desgaste y el personal de mantenimiento debe cumplir con las revisiones programadas
Acumulación de botones Parada de máquina Baja la producción Parada de máquina	CRÍTICO	Cambiar las piezas averiadas	El personal de mantenimiento debe hacer las pruebas respectivas de los sensores en el momento del mantenimiento
Cambio de repuesto Parada de máquina Baja la producción	CRÍTICO	Cambiar las piezas averiadas	El personal de mantenimiento debe probar la máquina en tela con la cual se va a trabajar para evitar fallas: salto de puntada, tensiones sueltas, etc.
Parada de máquina Manchas de prendas Parada de máquina Composturas Reprocesos	SIGNIFICATIVO	Hacer las lubricaciones correspondientes a todos los sistemas	El personal de mantenimiento debe hacer los cambios de aceite en caso de contaminación
Parada de máquina Parada de máquina Ruptura de aguja Ruptura de aguja Ruptura de aguja y mala tensión	SIGNIFICATIVO	Hacer las lubricaciones correspondientes para el buen accionamiento de los distintos mecanismos	El personal de mantenimiento debe hacer las pruebas de los mecanismos de accionamiento

Salto de puntada Ruptura de hilo Manchas de prendas Manchas de prendas Salto de puntada	CRÍTICO	Hacer los cambios de piezas y/o las correcciones debidas	El personal de mantenimiento debe hacer las correcciones en el tiempo programado del mantenimiento
Parada de máquina Ruptura de hilo Parada de máquina Cambio de repuesto	TOLERABLE	Cambiar los tira- hilos con desgaste	El personal de mantenimiento debe corregir desgastes de tira-hilos y/o cambiarlos en su momento
Ruptura de hilo Tensión suelta Parada de máquina	TOLERABLE	Cambiar los conjuntos tensores en mal estado	El personal de mantenimiento debe hacer las pruebas de apertura y cierre de los conjunto tensores en su momento
Parada de máquina Parada de máquina	CRÍTICO	Cambiar los dispositivos de seguridad de la máquina(fusibles)	El personal debe dejar la máquina operativa haciendo las pruebas de encendido y apagado
Parada de máquina Parada de máquina Parada de máquina	CRÍTICO	Cambiar los cables en mal estado	El personal debe hacer las pruebas de ingreso de corriente eléctrica a las máquinas.
Solo cose la máquina manualmente Parada de máquina Parada de máquina Parada de máquina	SIGNIFICATIVO	Cambiar los botones averiados	El personal de mantenimiento debe probar la máquina tanto manual como automáticamente
Calentamiento de componentes Parada de máquina	TOLERABLE	Cambiar dispositivos de enfriamiento	El personal de mantenimiento debe dejar ok. Los dispositivos de enfriamiento

Diodos quemados Parada de máquina Demoras en reseteo	CRÍTICO	Resetear la máquina	El personal de mantenimiento también debe de verificar el sistema de programación de cada máquina.
Hilos largos en prenda Hilos largos en prenda Hilos largos en prenda	TOLERABLE	Cambiar wiper	El personal debe verificar wiper para evitar excedentes de hilos en costuras
Ruptura de hilo Ruptura de aguja	SIGNIFICATIVO	Cambiar placa de aguja	El personal debe revisar que el movimiento del placa de aguja no sufra desgaste alguno
Parada de máquina Parada de máquina Parada de máquina	SIGNIFICATIVO	Cambiar pin y/o resorte	El personal debe hacer las pruebas de resistencia de los resortes
Parada de máquina Parada de máquina	CRÍTICO	Cambiar impulsor de garfio	El personal de mantenimiento debe corregir cualquier rebaba en los impulsores para evitar problemas en las tensiones
Ruptura de hilo Ruptura de hilo	TOLERABLE	Cambiar porta-aguja	El personal de mantenimiento debe verificar el correcto funcionamiento de la barra de aguja y sus partes.
Parada de máquina Parada de máquina Parada de máquina Parada de máquina	CRÍTICO	Cambiar motor de alimentador	El personal de mantenimiento debe hacer mantenimiento al motor en los tiempos programados

Parada de máquina			
No corta hilo No corta el hilo	SIGNIFICATIVO	Cambiar cuchilla	El personal de mantenimiento de hacer las prueba de corte de la cuchilla
No corta hilo No corta el hilo No corta el hilo	SIGNIFICATIVO	Programar altura correcta de cuchilla	El personal mantenimiento debe hacer la prueba de los accionamientos
Falta de hilo(paradas de máquina) Consumo muy rápido Invertir tiempo en votar exceso	TOLERABLE	Regular devanador	El personal de mantenimiento debe hacer los ajustes correspondiente en los devanadores
Parada de máquina No fluyen los botones totalmente Rompe aguja por mala colocación	CRÍTICO	Cambiar tornillo	El personal de mantenimiento debe hacer los ajuste adecuados
Parada de máquina Parada de máquina Ruptura de botones Ruptura de botones	CRÍTICO	Cambiar prénsatela, barra de pie-prénsatela y/o motor de accionamiento	El personal de mantenimiento debe calibrar el prénsatela con la altura y accionamiento correcto
Botones no fluyen Botones no fluyen Sensores no hacen lecturas No selecciona los botones	CRÍTICO	Cambiar sensor y/o hacer mantenimiento	hacer los mantenimientos de todos los sensores de manera correcta en el tiempo dado
Cambio de piezas Cambio de piezas	TOLERABLE	Lubricar los mecanismos	El personal debe hacer las lubricaciones y pruebas de

			accionamiento en su momento de mantenimiento
Ruptura de aguja Ruptura de aguja	CRÍTICO	Cambiar sensor	El personal a cargo debe hacer el mantenimiento y /o cambiar los sensores en mal estado.
Botones no fluyen a velocidad Parada de máquina Parada de máquina Parada de máquina	TOLERABLE	Cambiar tarjeta de alimentador	El personal a cargo debe hacer las pruebas de la fluidez de los botones en el alimentador
Botones no fluyen Botones no encajan Demoras en los cosidos Demoras en los cosidos Posecionador atrapa varios botones	CRÍTICO	Cambiar suplex de posecionador	El personal debe hacer las pruebas del posecionador en la cual todos los botones deben ser posecionados correctamente
Parada de máquina Parada de máquina	CRÍTICO	Cambiar motor y/o cables	El personal debe probar todos los motores en el momento programado
Pérdidas de tiempo en emergencias Pérdidas de tiempo en emergencias	TOLERABLE	Cambiar botón de emergencia	Hacer las pruebas de todos los mecanismos de emergencia de la máquina para evitar accidentes

FASE 8:

En esta fase agrupamos las medidas preventivas desarrolladas en la etapa anterior en sus diferentes categorías, para poder dar prioridad a cada una de ellas de acuerdo a su nivel de criticidad o urgencia. También desarrollamos un plan de mantenimiento mucho más detallado al que se tiene debido a que el plan actual, no tiene en cuenta la complejidad de las máquinas, desarrollaremos una lista de mejoras a tener en cuenta, procedimientos de operación de máquina, procedimientos de mantenimiento, listado de repuestos de mayor frecuencia de uso para mantenerlo en stock y no hacer los trámites cuando falla la máquina, por último, mencionaremos algunas medidas provisionales a tener en cuenta.

PLAN DE MANTENIMIENTO:

Dentro del plan de mantenimiento, realizaremos algunas modificaciones con el objetivo de reducir los paros de máquinas no programados, también se hará el uso correcto de los manuales de instrucción y partes, ya que se observó que la mayoría de veces se resuelven los problemas empíricamente y no se acude a los respectivos manuales, estos manuales nos brindan ventajas como:

- ✓ Conocer cuáles son las normas de seguridad para el operador y la máquina
- ✓ Como garantizar el tiempo de vida útil de una máquina
- ✓ Conocer características técnicas como: tipo de lubricante a usar, tipo de lubricación, rangos de velocidad, tipos de sistemas de aguja a usar, etc.
- ✓ Secuencia como hacer correctas regulaciones y sincronizaciones, límites de ajuste en sus diferentes sistemas mecánicos.
- ✓ Diagramas de partes en explosión para los desmontajes y montajes de las respectivas pizas y/o partes.

También debemos tener en cuenta que el plan de mantenimiento para las máquinas botoneras robóticas debe ser programado y planificado, no debe ser una actividad improvisada, y debe elaborarse en función del tipo de máquinas, turnos y horas de trabajo de cada máquina, respetando las especificaciones técnicas del fabricante el cual indica que cada máquina se debe programar su mantenimiento en función de sus horas de trabajo ya establecidas de acuerdo a la complejidad de la máquina en el manual de cada máquina.

Para lograr que el mantenimiento de cada máquina botonera robótica es importante involucrar al operario quien convive con la máquina todos los días y quien cuidará de ella de la misma manera, entonces el operario es la persona indicada para realizar las limpiezas rutinarias, verificación de niveles de aceite, quien de dar la alerta de ruidos extraños el cual nos permitirá tener una mejor conservación de la máquina y actuar antes que se produzcan las fallas evitando problemas mayores.

El mantenimiento más indicado que aplicaremos a las máquinas botoneras robóticas es el preventivo el cual se realiza con el objetivo de anticiparnos a las fallas en el cual se realizan muchas tareas entre las principales: Ajustes, limpieza, calibraciones, cambios de pieza, lubricación, reparación, etc. El mantenimiento a las máquinas robóticas lo realizaremos una vez por semana con el objetivo de evitar paros imprevistos, altos costos por reparación incrementando la vida útil de cada máquina botonera robótica.

En definitiva, un buen plan de mantenimiento nos asegura tener las máquinas botoneras en óptimas condiciones reduciendo al mínimo las paradas no programadas minimizando los costos de producción mediante un eficiente programa de mantenimiento.

Para un mejor mantenimiento y seguimiento de las máquinas botoneras robóticas se hará uso de las siguientes plantillas tanto la ficha de mantenimiento preventivo como la ficha de programación del mantenimiento a las mencionadas máquinas.

➤ **PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN DE MÁQUINA**

ACCIONES QUE SE DEBEN DE CUMPLIR ANTES DE PONER EN FUNCIONAMIENTO LAS MÁQUINAS BOTONERAS ROBÓTICAS:

- ✓ Verifique visualmente el estado de todos los componentes de la máquina robótica (informar si existe alguna anomalía).
- ✓ Verifique las conexiones eléctricas (informar si existe alguna anomalía).
- ✓ Verifique conexiones sueltas o defectuosas (comunique si no hay agua en el sistema).
- ✓ Verifique el nivel de aceite (comunique para su llenado).
- ✓ accione el interruptor de encendido.
- ✓ compruebe el funcionamiento realizando pruebas
- ✓ Empezar a producir

DESPUÉS DE HABER UTILIZADO LAS MÁQUINAS BOTONERAS ROBÓTICAS:

- ✓ Apague el interruptor
- ✓ Quitar la presión del sistema
- ✓ limpie, enrolle y guarde las conexiones
- ✓ cierre la válvula de conexión y bloquee interruptores
- ✓ Tapar las máquinas para evitar contacto con el polvo, pelusa, etc.

PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

- ✓ Contar con el espacio libre para las acciones de mantenimiento
- ✓ Verificar a que máquina le toca el mantenimiento según plan de mantenimiento
- ✓ Llevar la máquina a taller
- ✓ Tener las herramientas ordenadas a usarse
- ✓ Tener a la mano el manual de partes
- ✓ Tener a la mano el manual de Instrucciones
- ✓ Tener los productos de limpieza a la mano (bencina, thinner, etc.)
- ✓ Hacer el desmontaje de acuerdo a manual de partes
- ✓ Dar la mantenibilidad a los distintos mecanismos
- ✓ Hacer los cambios de piezas en caso de haberlo
- ✓ Hacer los cambios de aceite
- ✓ Hacer las correcciones a garfios, guiadores, trabas, etc.
- ✓ Hacer los montajes de acuerdo a manual de partes
- ✓ Hacer las pruebas correspondientes
- ✓ Dejar la máquina OK.

Tabla 35: Ficha de Mantenimiento Preventivo

Razón social	CRONOGRAMA DE INSPECCIONES				Máquinas de costura
ACTIVIDADES	Frecuencia				
	Diario	Semanal	Mensual	Semestral	
1. Revisión de sistemas de lubricación	X				
2. Revisión de fugas de aceite	X				
3. Revisión de fajas y pernos flojos		X			
4. Limpieza de cabezal y motor		X			
5. Revisión de sistemas neumáticos			X		
6. Revisión de ajustes eléctricos				X	
7. Calibración de embragues y frenos			X		

8. Otros				
----------	--	--	--	--

Fuente: (Elaboración Propia, 2019)

RESPUESTOS A MANTENER EN STOCK DEBIDO A SU MAYOR USO E IMPORTANCIA:

- Garfio
- Barra de aguja
- Barra de pie- prénsatela
- Impulsor de garfio
- Tira-hilos
- Conjunto tensor
- Sensores de proximidad
- Cuchilla fija
- Cuchilla Móvil
- Motor de alimentador de botones
- Suplex de posicionador de botones
- Tornillos de tenazas, placas de aguja, etc.
- Guía-hilos
- Motor de accionamiento de prénsatela
- Motor de vibraciones de alimentador de botones
- Tarjeta de alimentador de botones
- Fusibles de seguridad
- Resistencias
- Etc.

FORMATOS PARA REGISTRO DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO:

Estos formatos los usaremos para tener mayor efectividad y eficiencia en los trabajos de mantenimiento.

<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">CI</div> A	CONTROL DEL PROCESO DE REPARACIÓN - SUPERVISIÓN					Código: SER-FOR-083 Versión: 02 F. Emisión: 02/12/19
JOB: _____ MÁQUINA N°: _____ PERSONAL ENCARGADO: _____ FECHA: _____						
TIPO DE TRABAJO: _____ CLIENTE: _____						
It.	ACTIVIDAD A SUPERVISAR	CHECK K	Fecha	Nombre Técnico	VºBº Supervisor	Observaciones
1	Ajuste de espárragos de bancada					
2	Ajuste tapas de bancada					
3	Ajuste pernos de Contrapeso					
4	Verificar compartición segmentos de pistón					
5	Verificar ajuste pernos de biela y juego axial					
6	Instalación y Ajuste de Seguidores					
7	Ajuste Pernos de Engranaje de Levas y Sincronización de Motor					
8	Instalación y Ajuste Bomba de Aceite					
9	Prueba Dinamométrica					
10						
11						
12						
13						
14						
15						
Nota: Una vez realizadas las actividades, colocar un check (a) en la casilla y nombre del técnico responsable. En caso que el técnico Encargado cambie, colocar en el campo de observaciones el nombre del nuevo técnico Encargado y la fecha.						
Fecha y Firma Encargado: _____						
Fecha y Firma Supervisor: _____						

Fuente: (Elaboración Propia, 2019)

	HOJA DE RUTA DE REPARACIÓN	Código: SER-FOR-082 Versión:02 F. Emisión: 02/12/2019
---	-----------------------------------	---

JOB: _____ MÁQUINA N°: _____ PERSONAL ENCARGADO: _____ FECHA: _____

TIPO DE TRABAJO: _____ CLIENTE: _____

It.	ACTIVIDAD	CHECK	Código(s) de Instrumento(s) utilizado(s)	Nombre Técnico Responsable	Observaciones
1	Fecha y Firma del Inventario				
2	Verificar agujeros roscados, cajas termostáticas, nivel de aceite y housing posterior				
3	Verificar canales de poleas, cañerías y sus soportes				
4	Vericar estado de rodamientos				
5	Verificar cableado eléctrico				
6	Verificar funcionamiento de motor				
7	Verificar Bomba de aceite				
8	Revisión de engranajes Intermedios				
9	Verificar tipo de metales: Biela y escalón				
10	Verificar Tipo de Biela y horas de operación en bujes	<input type="checkbox"/>			
11	Verificar Block con encaje de camisas estándar (E) o en escalón (S)	E <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/>			
12	Verificar tipo de metales de Bancada y escalón: Moderno (M), Antiguo (A) o Escalón (S)	M <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/>			
13	Revisión del Túnel de Bancada y Árbol de Levas				
14	Evaluación del diámetro interno de metales de Bancada instalados				
15	Instalación del cigüeñal				
16	Ajuste de pernos de contrapesa				
17	Evaluación de diámetro interno de camisas instaladas				
18	Evaluación del diámetro de metales de Bielas Instaladas				
19	Armado de Pistones				
20	Armado de Biela y Pistón				
21	Instalación de Pistón y Biela a la camisa				
22	Verificar axial de Biela				
24	Sincronización de Motor				
26	Prueba Neumática				
29	Instalación de enfriadores				
30	Instalación de Accesorios				
31	Afinamiento				
33	Instalación de Carter				
34	Prueba dinamométrica; revisión de pernos y abrazaderas de escape				
35	Antes del pintado, muestra aceite, axial e instalación abrazaderas "Y" de escape				
36	Revisión y archivo de Informes de reparación, culatas y Accesorios				

Nota: Una vez realizada las actividades, colocar un check (✓) en la casilla y nombre del técnico responsable. En caso que el Técnico encargado cambie, colocar en el campo de observaciones el nombre del nuevo Técnico encargado y la fecha. En el campo de código de instrumento colocar N/A (No Aplica), en caso de que en la actividad no se haya utilizado un instrumento de medición.

Firma Supervisor: _____

Fecha: _____

Fuente: (Elaboración, propia 2019)

PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO – 2019

Empresa de Confecciones
Dpto. de Ingeniería - Mantenimiento

MOD.	24	MÁQUINA		FRECU ENCIA xMES	PROCES OS						FECHA 1		FECHA 2	
DISCO	Tipo de Maq.	MARCA	MODELO		INSP.Y LIMPIEZA DE		LUBRICACION		CONTROL DE		MECANICO	FECHA	MECANICO	FECHA
					F	F2	F1	F2	F1	F2				
1	Botonera Robótica c/	JUKI	LK-1903B/BR35	2	1/01/2020	15/01/2020	1/01/2020	15/01/2020	1/01/2020	15/01/2020	CARLOS	1/01/2020	JUAN	15/01/2020
2	Botonera Robótica c/	JUKI	LK-1903B/BR35	2	2/01/2020	16/01/2020	2/01/2020	16/01/2020	2/01/2020	16/01/2020	CARLOS	2/01/2020	JUAN	16/01/2020
3	Botonera Robótica c/	JUKI	LK-1903B/BR35	2	3/01/2020	17/01/2020	3/01/2020	17/01/2020	3/01/2020	17/01/2020	CARLOS	3/01/2020	JUAN	17/01/2020
2	Botonera Robótica c/	JUKI	LK-1903B/BR35	2	4/01/2020	18/01/2020	4/01/2020	18/01/2020	4/01/2020	18/01/2020	CARLOS	4/01/2020	JUAN	18/01/2020
4	Botonera Robótica c/	JUKI	LK-1903B/BR35	2	5/01/2020	19/01/2020	5/01/2020	19/01/2020	5/01/2020	19/01/2020	CARLOS	5/01/2020	JUAN	19/01/2020
5	Botonera Robótica c/	JUKI	LK-1903B/BR35	2	6/01/2020	20/01/2020	6/01/2020	20/01/2020	6/01/2020	20/01/2020	CARLOS	6/01/2020	JUAN	20/01/2020
3	Botonera Robótica c/	JUKI	LK-1903B/BR35	2	7/01/2020	21/01/2020	7/01/2020	21/01/2020	7/01/2020	21/01/2020	CARLOS	7/01/2020	JUAN	21/01/2020
6	Botonera Robótica c/	JUKI	LK-1903B/BR35	2	8/01/2020	22/01/2020	8/01/2020	22/01/2020	8/01/2020	22/01/2020	CARLOS	8/01/2020	JUAN	22/01/2020
7	Botonera Robótica c/	JUKI	LK-1903B/BR35	2	9/01/2020	23/01/2020	9/01/2020	23/01/2020	9/01/2020	23/01/2020	CARLOS	9/01/2020	JUAN	23/01/2020
8	Botonera Robótica c/	JUKI	LK-1903B/BR35	2	10/01/2020	24/01/2020	10/01/2020	24/01/2020	10/01/2020	24/01/2020	CARLOS	10/01/2020	JUAN	24/01/2020

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

FASE 9:

En esta fase se pone en práctica todo lo desarrollado en las fases anteriores.

FASE 10:

Esta es la última fase donde se harán las evaluaciones correspondientes de todas las fases y para tener un resultado óptimo haremos uso de nuestros indicadores citados en la fase uno, para cuantificar en números los resultados

Según la revisión de los antecedentes, la aplicación de la metodología RCM incrementa la productividad. Ello se evidencia en los siguientes párrafos:

Coz (2013, p.111) después de implementar el RCM en el equipo de virado de red Net stacker Petrel en la flota pesquera de Tasa, mejoró la disponibilidad de 96,6% a 98.75%. El tiempo medio entre fallas de 84.46 d/falla a 113 d/falla.

Por otro lado, Palomares (2015, 124) concluye que luego de un año de aplicación del RCM, se verificó que el costo de mantenimiento se redujo de \$33000 a \$22000. Así también luego de aplicar el RCM se está ahorrando \$42 379 mensuales, en consecuencia, en un año se ahorra \$508,551 en sobreproducción.

Al respecto, Olazo (2017, p. 123) afirma que aplicando el RCM, mediante la validación de simulación Montecarlo, en la línea de producción de xantatos la disponibilidad de los equipos se incrementa de 87,9% a 89,6%.

Mejía (2017, p. 190) concluye que el RCM mejora la disponibilidad de los equipos en un 81% a 97%, así mismo mediante la aplicación del RCM incrementó la productividad en un 7%, con una producción de 24000 lt./ mes de alcohol, generando una utilidad de S/43,200 mensuales.

El autor recomienda que para incrementar la productividad debe involucrarse a todas las áreas de la empresa a través de grupos de trabajo que realicen determinadas funciones que contribuyan a la aplicación de la metodología RCM. Así también la empresa debe mejorar los ambientes de trabajo de los equipos, con temperaturas adecuadas, humedad, exentos de agentes que los puedan dañar.

Finalmente, Roa (2017, p. 146) sostiene que la aplicación del mantenimiento preventivo mejora la productividad de un 0.5761 a 0.7511 en el área de prensas hidráulicas en la

Empresa Cerámica San Lorenzo S.A.C. Así también la aplicación de dicho mantenimiento mejora la eficiencia, de 0.6171 a 0.7811, mejorando un 27,08% respecto al porcentaje de eficiencia promedio antes de la implementación. Así mismo, la aplicación de dicho mantenimiento mejora la eficacia de 0.8018 a 0.9581, es decir alcanzando una mejora de 20,01% después de su implementación.

El investigador también recomienda que para mejorar la productividad se debe recurrir a la tecnología con la finalidad de automatizar los registros de producción, así como de los planes de mantenimiento.

Por otro lado, para mejorar la eficiencia se recomienda aplicar la metodología 5's con el propósito de elevar el nivel de seguridad en el área, reducir las averías de los equipos, realizar actividades que prolonguen la vida útil de los equipos, aumentar las horas efectivas de producción. Igualmente, se recomienda implementar la misma metodología para incrementar la eficacia, ya que reduce el número de productos defectuosos.

Aplicando la metodología RCM se lograría mejorar en gran medida nuestra productividad en el caso del mantenimiento no programado se reducirán las horas de 33.09 a 25.10 en las 8 máquinas durante los 35 días en los mantenimientos correctivos, por ende, los números de fallas promedio de 13.13 a 7.63 por máquina en 35 días hábiles.

En la siguiente tabla detallaremos todos los datos mencionados:

MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO – 2019

Tabla 36: *Mantenimiento no programado*

TexGroup S.A.																													
Dpto. de Ingenieria - Mantenimiento																													
MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO																													
EFICIENCIA ACTUAL DE DEMORAS EN REPARACIONES DE MÁQUINAS BOTONERAS MES OCTUBRE - NOVIEMBRE																													
# MÁ .	MOD	2	DEMORAS EN REPARACIÓN DE 01 OCTUBRE- 09																								TOTA	T/DISP	
	DISC	TIPO de Máq.	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18	19	20	22	23	24	25	26	27	por S.		
1	126	Botonera	480	0	0	28.57	480	0	60.45	0	34.46	0	0	0	28.85	0	0	51.76	0	28.46	0	0	30.42	0	48.64	0	48.65	280	13
2	146	Botonera	30.01	0	0	33.32	0	0	480	480	480	480	480	480	480	0	0	30	0	0	34.32	0	0	0	33.7	0	77.82	280	16.00
3	148	Botonera	0	34.68	0	0	0	49.56	0	0	32.35	0	0	0	0	59.1	0	0	28.34	0	35	0	0	0	75.34	0	7.39	280	11.00
4	149	Botonera	0	0	0	32.23	0	0	29.43	0	0	33.29	0	0	0	0	32.01	0	0	0	0	31.33	0	0	0	31.44	36.55	280	12.00
5	182	Botonera	34.79	0	480	34.77	0	0	0	32.54	0	0	33.12	0	0	0	0	32.12	0	0	0	34.07	0	0	32.11	0	14.12	280	11.00
6	183	Botonera	0	0	26.76	0	0	0	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	0	34.55	0	0	29.34	0	105.65	280	19.00
7	192	Botonera	0	0	35.6	0	0	0	31.3	0	0	0	243.3	0	0	0	0	82.46	0	0	0	0	45.54	0	0	0	20.75	280	10.00
8	204	Botonera	27	480	0	323.6	480	480	0	0	35.21	0	0	0	0	33.01	0	0	27	0	480	480	480	480	387.3	480	96.25	280	13.00
			4	4	3	5	2	2	5	3	5	3	4	2	3	3	2	5	3	2	3	4	3	3	6	2	50.90	280	13.13

$$I.D = \frac{Hrs. operat. - hrs. inop.}{Hrs. operativas}$$

IBILID 82%

Fuente: (Elaboración Propia (2019))

Con respecto al mantenimiento programado se aplicará el RCM empezando con un buen plan de mantenimiento para prevenir futuras fallas y dar las revisiones correctas a este tipo de máquinas, en la actualidad se invierte mucho tiempo en mantener estas máquinas lo que queremos reducir a la mitad invirtiendo 8 horas por máquina en los 35 días hábiles, pero capacitándolo al personal, ya que actualmente se realiza sólo por cumplimiento más no hay un control, seguimiento, monitoreo de las respectivas actividades más aún el personal que hace este tipo de actividades no se encuentra capacitado y/o orientado para hacer un correcto trabajo.

A continuación, se detallan los resultados en el cual las 16 horas invertidas por máquina en los 35 días hábiles se verán reducidas en 8 horas.

MANTENIMIENTO PROGRAMADO – 2019

Tabla 37: *Mantenimiento Programado-2019*

MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE 01 OCTUBRE- 09 NOVIEMBRE 2018

# MÁQ.	MOD. 24		MÁQUIN A	FECUEN CIA POR MES	PROCESOS						FECHA 1	FECHA 2	HRS. 2 FECHA S	T. DISP.	EFI C.
	DISC O	Tipo de Maq.	MARC A		INSP. Y		BRICAC IO		C. DE		FECHA 1	FECHA 2			
					F1	F2	F1	F2	F1	F2					
1	126	Botonera	JUK I	2	16	31	16	31	16	31	15/10/2018	30/10/2018	16	280	6%
2	146	Botonera	JUK I	2	16	31	16	31	16	31	15/10/2018	30/10/2018	16	280	6%
3	148	Botonera	JUK I	2	16	31	16	31	16	31	15/10/2018	30/10/2018	16	280	6%
4	149	Botonera	JUK I	2	16	31	16	31	16	31	15/10/2018	30/10/2018	16	280	6%
5	182	Botonera	JUK I	2	16	31	16	31	16	31	15/10/2018	30/10/2018	16	280	6%
6	183	Botonera	JUK I	2	16	31	16	31	16	31	15/10/2018	30/10/2018	16	280	6%
7	192	Botonera	JUK I	2	16	31	16	31	16	31	15/10/2018	30/10/2018	16	280	6%
8	204	Botonera	JUK I	2	16	31	16	31	16	31	15/10/2018	30/10/2018	16	280	6%
												TOTAL	16	280	
												DISP. PROG.		94%	

I.D=

Hrs.opera.-Hrs.inop.

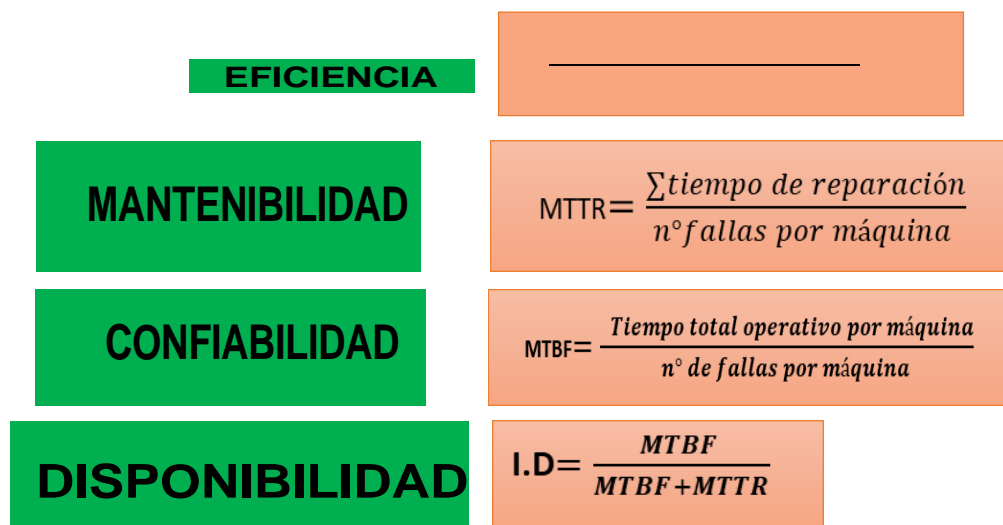
Hrs.operativas

$$I.D = \frac{\text{Hrs. opera.} - \text{Hrs inop.}}{\text{Hrs. operativas}}$$

Fuente: Elaboración Propia, 2019

Con los datos anteriores podemos obtener los siguientes resultados en los cuales se incrementará: eficiencia (78%-84%), mantenibilidad (49%-43%), confiabilidad (36%-40%) y disponibilidad (74%-80%).

Figura 24: Indicadores - 2019



Después

DIAS	EFICACIA DESPUÉS	EFICIENCIA DESPUÉS	MANTEN DESPUÉS	DISPON DESPUÉS	CONFIAB DESPUÉS
PROM	0.877	0.841	0.432	0.805	0.399
	87.707	84.124	43.194	80.465	39.869
	88%	84%	43%	80%	40%

EFICIENCIA=	84%
EFICACIA=	88%
PRODUCTIVIDAD DESPUES=	74%

INCREMENTO DE LA
11.38%

EFICACIA DESPUÉS	EFICIENCIA DESPUÉS	MANTEN DESPUÉS	DISPON DESPUÉS	CONFIAB DESPUÉS
9	6	-5%	7	4

Al aumentar la eficiencia (78% a 84%) en las máquinas es más que obvio que aumentará nuestra producción con una eficacia de 79% a 88% como se muestra en la siguiente tabla:

6. REPORTE DE PRODUCCIÓN DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN

SETIEMBRE-OCTUBRE 2019

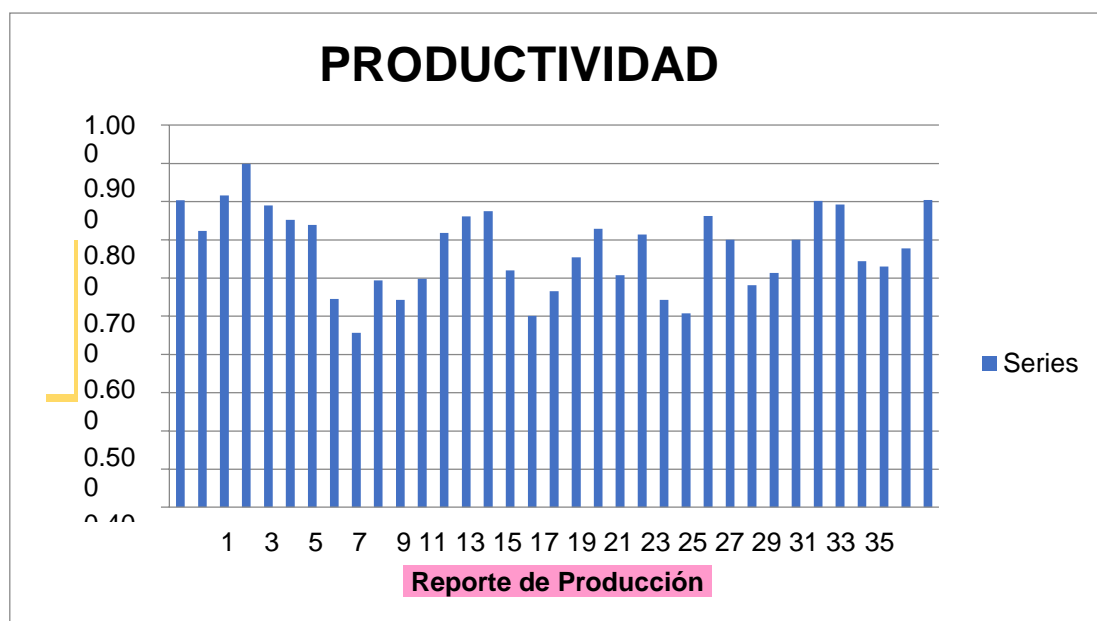
Tabla 38: Reporte de Producción 2019

DÍA	FECHA	HORAS PROGRAMA DA S DE PRODUCCIÓN	HORAS UTILIZADA S DE PRODUCCIÓN	TIEMPO EN PARADA S (MIN)	TIEMPO EN PARADA S (HORA S)	EFICIENC IA	PRODUCCIÓN PROGRAMA DA	FRECUE CIA DE USO	PRODUCCI ÓN REAL	PRODUCCI ÓN NO PRODUCID A	EFICACI A	PRODUCTIVID AD
1	2/09/2019	9.46	8.55	54.60	0.91	0.904	3200	0.942	3014	186	0.942	0.851
2	3/09/2019	9.46	8.33	67.80	1.13	0.881	3200	0.927	2967	233	0.927	0.816
3	4/09/2019	9.46	8.98	28.80	0.48	0.949	3200	0.975	3120	80	0.975	0.926
4	5/09/2019	9.46	9.13	19.80	0.33	0.965	3200	0.987	3158	42	0.987	0.952
5	6/09/2019	9.46	8.65	48.60	0.81	0.914	3200	0.953	3051	149	0.953	0.872
6	7/09/2019	9.46	8.95	30.60	0.51	0.946	3200	0.975	3120	80	0.975	0.922
7	9/09/2019	9.46	8.57	53.40	0.89	0.906	3200	0.945	3025	175	0.945	0.856
8	10/09/2019	9.46	7.24	133.20	2.22	0.765	3200	0.802	2567	633	0.802	0.614
9	11/09/2019	9.46	6.57	173.40	2.89	0.695	3200	0.736	2356	844	0.736	0.511
10	12/09/2019	9.46	7.33	127.80	2.13	0.775	3200	0.818	2619	581	0.818	0.634
11	13/09/2019	9.46	7.17	137.40	2.29	0.758	3200	0.802	2567	633	0.802	0.608
12	14/09/2019	9.46	7.64	109.20	1.82	0.808	3200	0.845	2704	496	0.845	0.682
13	16/09/2019	9.46	8.13	79.80	1.33	0.859	3200	0.894	2862	338	0.894	0.769
14	17/09/2019	9.46	8.48	58.80	0.98	0.896	3200	0.942	3015	185	0.942	0.845
15	18/09/2019	9.46	8.33	67.80	1.13	0.881	3200	0.920	2944	256	0.920	0.810
16	19/09/2019	9.46	7.64	109.20	1.82	0.808	3200	0.842	2695	505	0.842	0.680
17	20/09/2019	9.46	6.94	151.20	2.52	0.734	3200	0.770	2465	735	0.770	0.565
18	21/09/2019	9.46	7.3	129.60	2.16	0.772	3200	0.800	2560	640	0.800	0.617
19	23/09/2019	9.46	8	87.60	1.46	0.846	3200	0.872	2791	409	0.872	0.738
20	24/09/2019	9.46	8.06	84.00	1.4	0.852	3200	0.889	2845	355	0.889	0.757
21	25/09/2019	9.46	7.55	114.60	1.91	0.798	3200	0.833	2667	533	0.833	0.665
22	26/09/2019	9.46	8.13	79.80	1.33	0.859	3200	0.895	2865	335	0.895	0.769
23	27/09/2019	9.46	7.01	147.00	2.45	0.741	3200	0.796	2548	652	0.796	0.590
24	28/09/2019	9.46	7.56	114.00	1.9	0.799	3200	0.826	2644	556	0.826	0.660
25	30/09/2019	9.46	9.21	15.00	0.25	0.974	3200	0.989	3165	35	0.989	0.963
26	1/10/2019	9.46	8.22	74.40	1.24	0.869	3200	0.902	2887	313	0.902	0.784
27	2/10/2019	9.46	8.32	68.40	1.14	0.879	3200	0.901	2884	316	0.901	0.793
28	3/10/2019	9.46	8.01	87.00	1.45	0.847	3200	0.874	2798	402	0.874	0.740
29	4/10/2019	9.46	7.445	120.90	2.015	0.787	3200	0.826	2644	556	0.826	0.650
30	5/10/2019	9.46	7.22	134.40	2.24	0.763	3200	0.807	2583	617	0.807	0.616
31	7/10/2019	9.46	8.21	75.00	1.25	0.868	3200	0.903	2889	311	0.903	0.784
32	8/10/2019	9.46	7.56	114.00	1.9	0.799	3200	0.838	2681	519	0.838	0.670
33	9/10/2019	9.46	7.76	102.00	1.7	0.820	3200	0.857	2743	457	0.857	0.703
34	10/10/2019	9.46	7.89	94.20	1.57	0.834	3200	0.873	2794	406	0.873	0.728
35	11/10/2019	9.46	8.45	60.60	1.01	0.893	3200	0.936	2995	205	0.936	0.836

Fuente: (Elaboración Propia, 2019)

En cuanto a productividad, primero hagamos una comparación para ver en cuanto estamos incrementando tanto en eficiencia como en eficacia:

Figura 25: Productividad antes



Resultados:

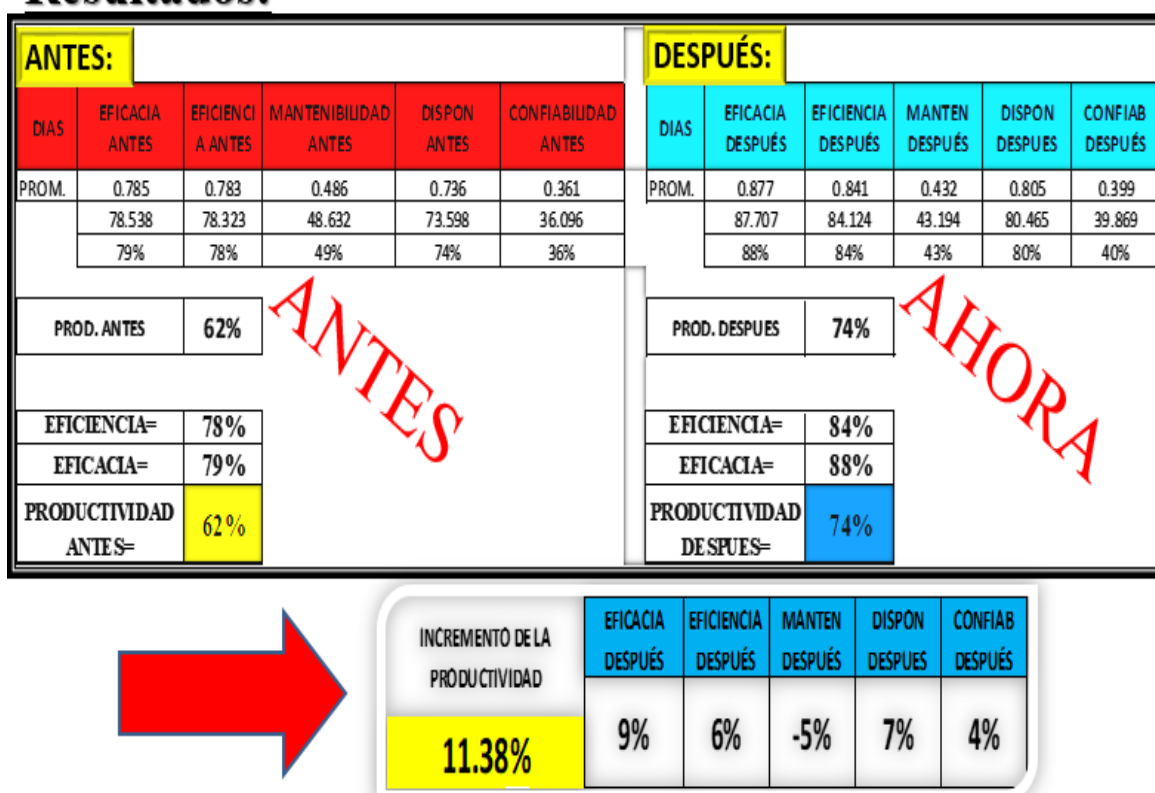


Figura 26: Comparación de productividad

COMPARACIÓN DE PRODUCTIVIDAD ANTES Y DESPUÉS

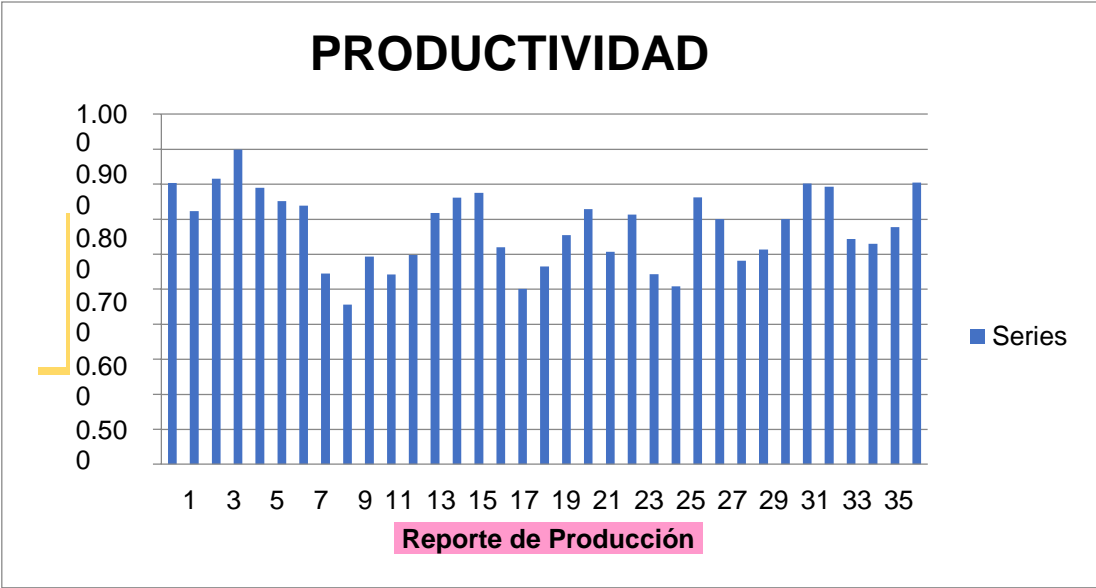


Figura 27: Productividad antes

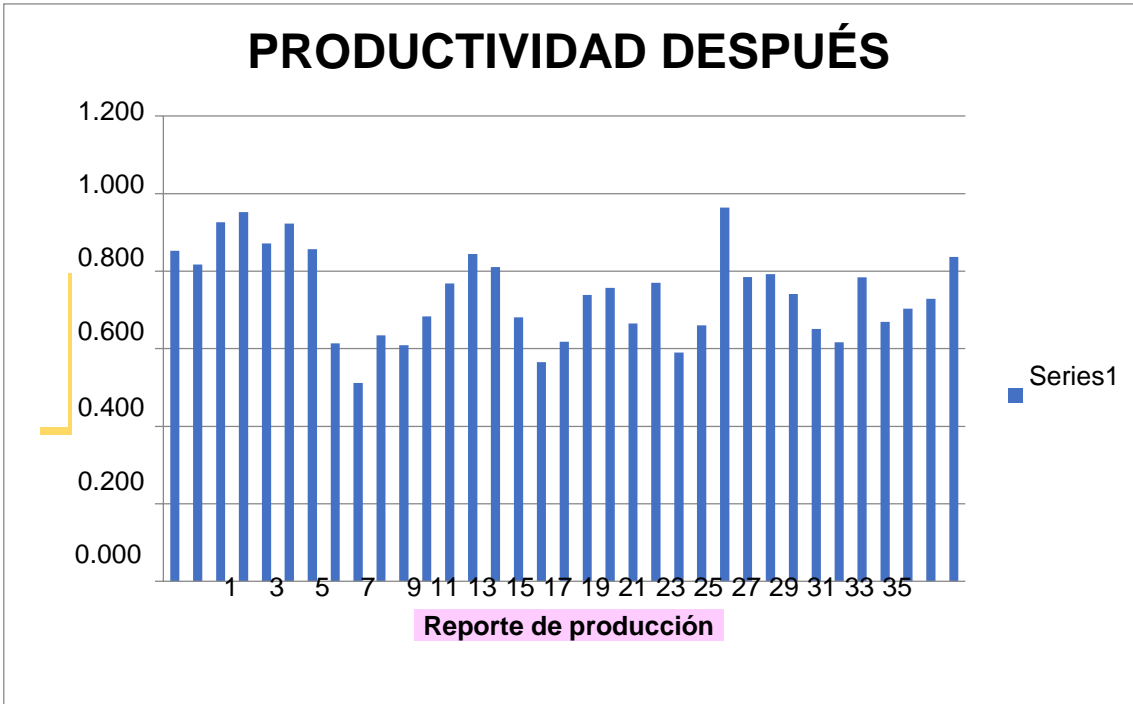


Figura 28: Productividad después

7.1. REPORTE DE MANTENIBILIDAD DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN

SETIEMBRE OCTUBRE 2019

Tabla 39: Reporte de Mantenibilidad 2019

MANTENIBILIDAD DE ÁQUINAS BOTONERAS												
MAQUINAS BOTONERAS ROBÓTICAS												
DIA	FECHA	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL MIN DE REPARACIÓ N	NRO DE FALLAS	MANTEN
1	2/09/2019	0	20	0	0	0	34	0	0	54	2	27.00
2	3/09/2019	25	15	0	0	0	0	27.2	0	67.2	3	22.40
3	4/09/2019	0	0	0	28.8	0	0	0	0	28.8	1	28.80
4	5/09/2019	0	0	0	0	19.8	0	0	0	19.8	2	9.90
5	6/09/2019	0	37	0	0	0	0	11.6	0	48.6	2	24.30
6	7/09/2019	0	0	30.6	0	0	0	0	0	30.6	1	30.60
7	9/09/2019	0	0	0	52.8	0	0	0	0	52.8	1	52.80
8	10/09/2019	0	0	60	0	0	0	0	73.2	133.2	2	66.60
9	11/09/2019	79.8	0	0	0	93	0	0	0	172.8	2	86.40
10	12/09/2019	0	48.4	0	0	75	26	0	0	149.4	3	49.80
11	13/09/2019	0	0	41.2	0	0	55	0	37	133.2	3	44.40
12	14/09/2019	20.6	0	0	52	0	36	0	0	108.6	3	36.20
13	16/09/2019	0	50.3	0	0	0	0	29.5	0	79.8	2	39.90
14	17/09/2019	0	30	0	0	0	0	0	28.8	58.8	2	29.40
15	18/09/2019	0	0	0	0	0	67.2	0	0	67.2	1	67.20
16	19/09/2019	0	0	60	48.6	0	0	0	0	108.6	2	54.30
17	20/09/2019	0	70	0	0	40	0	40.2	0	150.2	2	75.10
18	21/09/2019	60	0	0	69	0	0	0	0	129	1	129.00
19	23/09/2019	0	42	0	45	0	0	0	0	87	2	43.50
20	24/09/2019	0	50	0	0	0	0	0	34	84	2	42.00
21	25/09/2019	0	0	0	0	55.6	0	59	0	114.6	2	57.30
22	26/09/2019	0	0	51	0	0	0	0	28.8	79.8	2	39.90
23	27/09/2019	56	46	0	0	0	45	0	0	147	2	73.50
24	28/09/2019	0	0	0	35	0	33	46	0	114	3	38.00
25	30/09/2019	0	0	0	0	14.4	0	0	0	14.4	1	14.40
26	1/10/2019	52.4	0	0	0	0	0	0	21.4	73.8	2	36.90
27	2/10/2019	0	40	0	0	0	0	28.4	0	68.4	2	34.20
28	3/10/2019	0	0	40.4	0	0	46	0	0	86.4	2	43.20
29	4/10/2019	0	48	37	0	0	0	0	35.6	120.6	3	40.20
30	5/10/2019	68.4	0	0	32	0	0	0	34	134.4	3	44.80
31	7/10/2019	0	43	0	0	0	0	31.4	0	74.4	2	37.20
32	8/10/2019	0	0	53	0	61	0	0	0	114	2	57.00
33	9/10/2019	0	36	0	0	0	0	46	20	102	3	34.00
34	10/10/2019	0	0	0	0	0	55.2	0	0	55.2	1	55.20
35	11/10/2019	0	0	0	30	0	0	0	36.6	66.6	2	33.30

Fuente: (Elaboración Propia, 2019)

7.2. REPORTE DE DISPONIBILIDAD DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN

SETIEMBRE OCTUBRE 2019

Tabla 40: *Reporte de Disponibilidad 2019*

DISPONIBILIDAD DE MÁQUINAS BOTONERAS												
MAQUINAS BOTONERAS ROBÓTICAS												
DI A	FECHA	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL MIN INOPERATIVOS	MINUTOS OPERATIVOS	DISPONIBILIDAD
1	2/09/2019	0	20	0	0	0	34	0	0	54	513.6	0.895
2	3/09/2019	25	15	0	0	0	0	27.2	0	67.2	500.4	0.866
3	4/09/2019	0	0	0	28.8	0	0	0	0	28.8	538.8	0.947
4	5/09/2019	0	0	0	0	19.8	0	0	0	19.8	547.8	0.964
5	6/09/2019	0	37	0	0	0	0	11.6	0	48.6	519	0.906
6	7/09/2019	0	0	30.6	0	0	0	0	0	30.6	537	0.943
7	9/09/2019	0	0	0	52.8	0	0	0	0	52.8	514.8	0.897
8	10/09/2019	0	0	60	0	0	0	0	73.2	133.2	434.4	0.693
9	11/09/2019	79.8	0	0	0	93	0	0	0	172.8	394.8	0.562
10	12/09/2019	0	48.4	0	0	75	26	0	0	149.4	418.2	0.643
11	13/09/2019	0	0	41.2	0	0	55	0	37	133.2	434.4	0.693
12	14/09/2019	20.6	0	0	52	0	36	0	0	108.6	459	0.763
13	16/09/2019	0	50.3	0	0	0	0	29.5	0	79.8	487.8	0.836
14	17/09/2019	0	30	0	0	0	0	0	28.8	58.8	508.8	0.884
15	18/09/2019	0	0	0	0	0	67.2	0	0	67.2	500.4	0.866
16	19/09/2019	0	0	60	48.6	0	0	0	0	108.6	459	0.763
17	20/09/2019	0	70	0	0	40	0	40.2	0	150.2	417.4	0.640
18	21/09/2019	60	0	0	69	0	0	0	0	129	438.6	0.706
19	23/09/2019	0	42	0	45	0	0	0	0	87	480.6	0.819
20	24/09/2019	0	50	0	0	0	0	0	34	84	483.6	0.826
21	25/09/2019	0	0	0	0	55.6	0	59	0	114.6	453	0.747
22	26/09/2019	0	0	51	0	0	0	0	28.8	79.8	487.8	0.836
23	27/09/2019	56	46	0	0	0	45	0	0	147	420.6	0.650
24	28/09/2019	0	0	0	35	0	33	46	0	114	453.6	0.749
25	30/09/2019	0	0	0	0	14.4	0	0	0	14.4	553.2	0.974
26	1/10/2019	52.4	0	0	0	0	0	0	21.4	73.8	493.8	0.851
27	2/10/2019	0	40	0	0	0	0	28.4	0	68.4	499.2	0.863
28	3/10/2019	0	0	40.4	0	0	46	0	0	86.4	481.2	0.820
29	4/10/2019	0	48	37	0	0	0	0	35.6	120.6	447	0.730
30	5/10/2019	68.4	0	0	32	0	0	0	34	134.4	433.2	0.690
31	7/10/2019	0	43	0	0	0	0	31.4	0	74.4	493.2	0.849
32	8/10/2019	0	0	53	0	61	0	0	0	114	453.6	0.749
33	9/10/2019	0	36	0	0	0	0	46	20	102	465.6	0.781
34	10/10/2019	0	0	0	0	0	55.2	0	0	55.2	512.4	0.892
35	11/10/2019	0	0	0	30	0	0	0	36.6	66.6	501	0.867

Fuente: (Elaboración Propia, 2019)

7.3. REPORTE DE CONFIABILIDAD DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN SETIEMBRE OCTUBRE 2019

Tabla 41: Reporte de Confiabilidad 2019

CONFIABILIDAD DE MÁQUINAS BOTONERAS																
MAQUINAS BOTONERAS ROBÓTICAS																
DI A	FECHA	1	2	3	4	5	6	7	8	NRO FALL AS	TOTAL MIN INOOPERATI VOS	MINUTOS OPERATIVOS	HOR AS OPERATI VAS	CONFIABILIDAD		%
1	2/09/2019	0	30	0	0	20	0	32	0	3	82	486.6	8.11	2.70	0.027	,432
2	3/09/2019	45.7	0	0	0	0	34.6	0	0	2	80.23	477	7.95	3.98	0.040	,443
3	4/09/2019	0	0	54.6	0	0	0	0	0	1	54.56	510	8.5	8.50	0.085	,821
4	5/09/2019	18	0	0	0	0	0	0	0	1	18	549.6	9.16	9.16	0.092	,963
5	6/09/2019	0	38	0	0	0	0	0	0	1	38	498	8.3	8.30	0.083	,453
6	7/09/2019	0	33	0	0	0	23	0	0	2	56	483.6	8.06	4.03	0.040	,421
7	9/09/2019	35	0	0	0	0	0	46.6	0	2	81.56	477	7.95	3.98	0.040	,425
8	10/09/2019	0	34.4	65.8	0	0	0	0	43.2	3	143.413	399.6	6.66	2.22	0.022	,345
9	11/09/2019	65.9	0	49.9	51.1	0	0	0	0	3	166.91	373.8	6.23	2.08	0.021	,234
10	12/09/2019	0	43.7	0	0	65.3	22	0	0	3	130.95	418.2	6.97	2.32	0.023	,244
11	13/09/2019	0	0	56.1	0	0	40.1	0	51.1	3	147.29	400.8	6.68	2.23	0.022	,235
12	14/09/2019	40.1	0	0	50.3	0	0	39.9	0	3	130.31	427.2	7.12	2.37	0.024	,251
13	16/09/2019	0	40.3	0	0	0	0	40.5	0	2	80.77	473.4	7.89	3.95	0.039	,401
14	17/09/2019	0	28.8	0	0	0	0	0	38.9	2	67.61	487.2	8.12	4.06	0.041	,423
15	18/09/2019	0	0	0	0	36.5	0	28.9	0	2	65.44	489.6	8.16	4.08	0.041	,435
16	19/09/2019	28.6	0	36.8	44.3	0	0	0	0	3	109.66	439.2	7.32	2.44	0.024	,465
17	20/09/2019	21.2	32.7	0	56.4	0	0	45.7	0	3	155.97	386.4	6.44	2.15	0.021	,234
18	21/09/2019	40.2	0	45.2	0	0	0	0	43.7	3	129.11	419.4	6.99	2.33	0.023	25,4
19	23/09/2019	0	0	0	0	56.9	42.1	0	0	2	98.98	453.6	7.56	3.78	0.038	,398
20	24/09/2019	0	30	0	34	0	26	0	0	2	90	467.4	7.79	3.90	0.039	,445
21	25/09/2019	0	0	0	0	65.3	0	50	0	2	115.34	433.2	7.22	3.61	0.036	,389
22	26/09/2019	0	0	40	0	0	0	50	0	2	90	459.6	7.66	3.83	0.038	,400
23	27/09/2019	34	45	30	0	0	0	20	0	3	129	406.8	6.78	2.26	0.023	,245
24	28/09/2019	0	46.6	0	55.7	0	0	0	42.8	3	145.01	393	6.55	2.18	0.022	,236
25	30/09/2019	43.3	0	0	0	37.7	0	0	0	2	80.97	478.8	7.98	3.99	0.040	,435
26	1/10/2019	45.8	0	0	0	0	56.4	0	0	2	102.19	453.6	7.56	3.78	0.038	,410
27	2/10/2019	0	50	0	45	0	0	24	0	3	119	427.2	7.12	2.37	0.024	,257
28	3/10/2019	0	0	26.8	0	45.9	36.9	0	0	3	109.53	435	7.25	2.42	0.024	,267
29	4/10/2019	0	42.2	45.8	0	0	0	0	0	2	87.98	459.6	7.66	3.83	0.038	,390
30	5/10/2019	32.6	0	0	0	27	0	0	0	2	59.54	499.2	8.32	4.16	0.042	,436
31	7/10/2019	0	0	0	26.9	0	0	27.9	0	2	54.78	505.8	8.43	4.22	0.042	,267
32	8/10/2019	43.2	0	0	24.3	48	0	0	0	3	115.53	432.6	7.21	2.40	0.024	,278
33	9/10/2019	0	43.8	0	20.1	0	0	0	54.3	3	118.19	424.2	7.07	2.36	0.024	,278
34	10/10/2019	0	0	0	19.6	0	35.9	0	0	1	55.5	535.2	8.92	8.92	0.089	,901
35	11/10/2019	0	0	18.5	0	0	0	0	40.8	2	59.23	499.2	8.32	4.16	0.042	,443

Fuente: (Elaboración Propia, 2019)

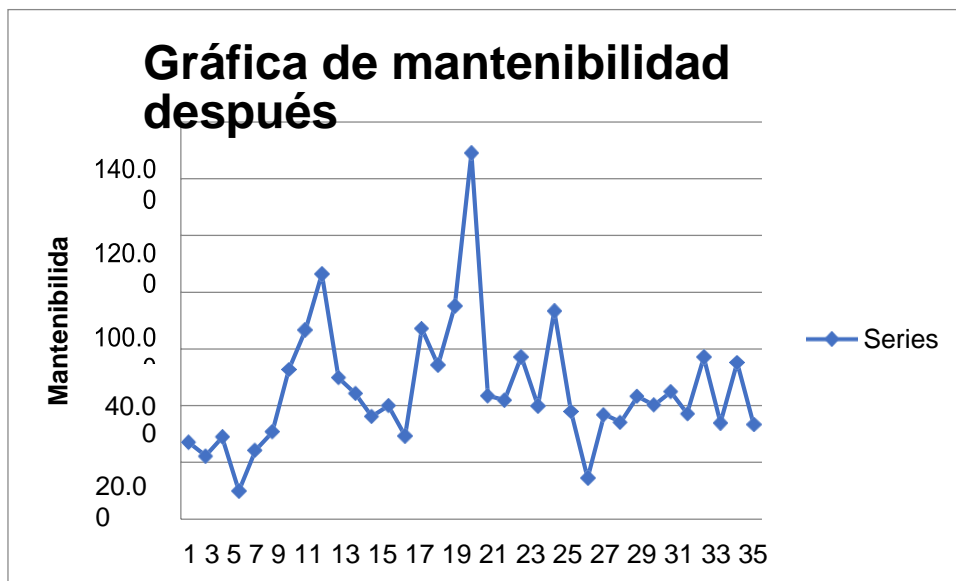


Figura 29: Gráfica de Mantenibilidad antes

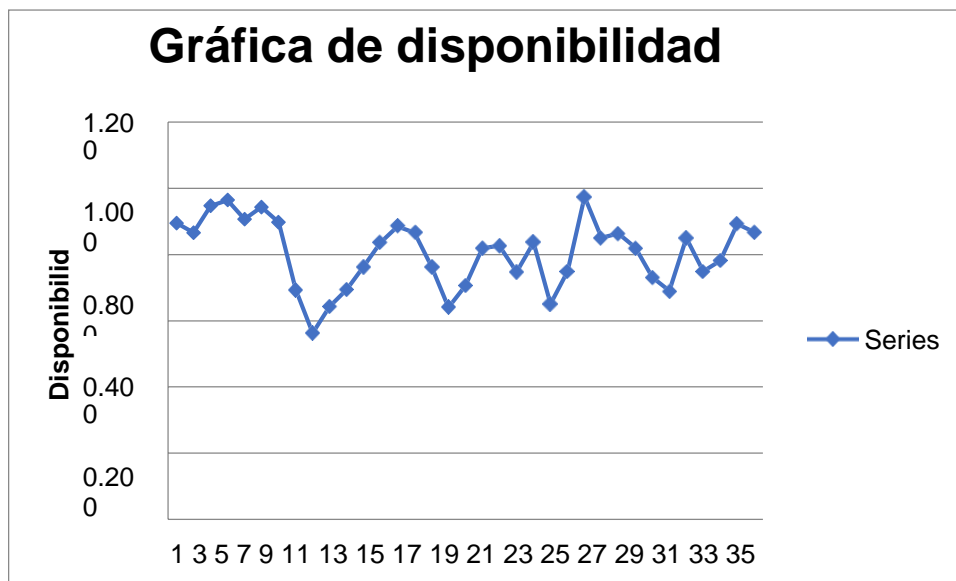


Figura 30: Gráfica de disponibilidad antes

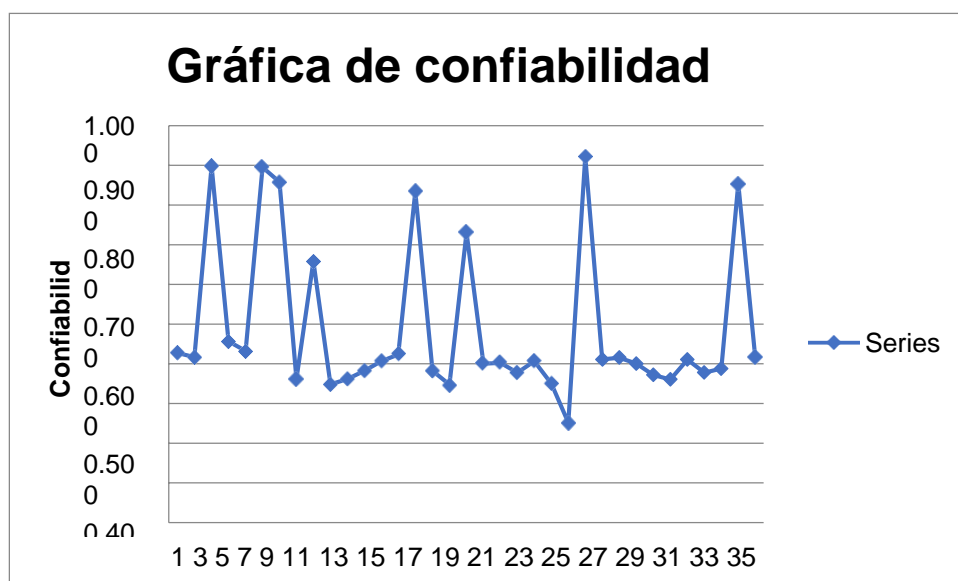


Figura 31: Gráfica de disponibilidad antes

Como vemos nuestra productividad se incrementará en **11.38%** los cuales lo detallaremos a continuación:

PRIMERO: El costo por hacer una camisa es de \$20 equivalente a s/ 67.4 sin quitarle la inversión de materia prima, insumos, mano de obra, maquinaria, energía, etc.

SEGUNDO: La operación de pegado de botón en la pechera tiene un costo de \$0.11 por minuto haciendo un 0.3707 en soles.

Tabla 42: Producción total proyectada

TOTAL PRODUCCIÓN	
PRECIO/CAMISA UNID.(\$)	20
PRECIO CAMISA/UNIDAD (SOLES)	67.4
PRECIO PEG. BOT. PECHERA/UNID/MIN	0.3707
TOTAL CAMISAS EN 35 DÍAS	90000
COSTO TOTAL CAMISA 35 DÍAS(SOLES)	6066000
COSTO TOTAL PEG. BOT. PECHERS 35D	33363

Fuente: Elaboración Propia

TERCERO: La producción actual es de 834.37 camisas por día y por máquina, aplicando RCM incrementaremos en 962.11, es decir se producirá 127 camisas más diario por máquina que equivale a S/.2152.49 y en 8 máquinas será S/.17219.35

CUARTO: La diferencia del costo total de la operación de pegado de botones en pechera del actual con respecto a la propuesta es de S/. 11121 en 35 días hábiles, en una máquina es de S/. 317.74 y en las ocho máquinas es de S/. 2541.94

Tabla 43: *Ingresos proyectados*

PROD. ACTUAL	834.37	
PROD. PROPUESTA	962.11	
CAMISAS POR PRODUCIR/DÍA	127.74	
INGRESO/DÍAPOR PRODUCIR	8609.676	
INGRESO TOTAL/DÍA- INVERSIÓN	2152.419	
INGRESO TOTAL CAMISA 35 DÍAS(S/.)		2022000
INGRESO TOTAL PEG. BOT. PECHERAS 35D		11121

INGRESOS MÁQUINAS	1 MÁQUINA	8 MÁQUINAS
INGRESO TOTAL/DÍA POR CAMISA	2152.42	17219.35
INGRESO TOTAL PEG. BOT. /DÍA	317.74	2541.94

Fuente: Elaboración Propia

Z. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 44: *Matriz de operacionalización de variables*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍNDICES	ESCALAS
VARIABLE INDEPENDIENTE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD	Castillo (2017, p.21) define el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad como una perspectiva de gestión basada en el diseño y planificación de programas que incrementen la confiabilidad de los equipos con el propósito de minimizar costos y riesgos	El Mantenimiento centrado en la confiabilidad se inicia con la identificación de fallas, luego se determinan las causas de dichas fallas así como sus impactos, y finalmente se plantean alternativas de solución y se selecciona la mejor.	Mantenibilidad	Índice de mantenibilidad	$MTTR = \frac{\sum \text{tiempo de reparación}}{n^{\circ} \text{ fallas por máquina}}$ <p>Donde: MTTR: Tiempo medio entre fallas</p>	RAZÓN
			Confiabilidad	Índice de confiabilidad	$MTBF = \frac{\text{Tiempo total operativo por máquina}}{n^{\circ} \text{ de fallas por máquina}}$ <p>Donde: MTBF: Tiempo promedio de fallas</p>	
			Diponibilidad	Índice de dis ponibilidad	$I.D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\%$ <p>MTTR: Tiempo medio entre fallas MTBF: Tiempo promedio de fallas</p>	
VARIABLE DEPENDIENTE PRODUCTIVIDAD	Gutierrez (2014, p.20) define que la productividad son todos los resultados obtenidos mediante el uso de los recursos necesarios dentro de un proceso productivo, es decir, cuando se logran mejores resultados se incrementa la productividad.	La productividad, desde el punto de vista de la ingeniería, se mide de las siguientes maneras: haciendo uso de los mismo recursos para obtener mayor productividad y reduciendo los recursos para obtener la misma productividad.	Eficacia	Índice de eficacia	$I.E = \frac{\text{Producción lograda}}{\text{Producción programada}} \times 100$	RAZÓN
			Eficiencia	Índice de eficiencia	$Efi = \frac{\text{Horas Utilizadas}}{\text{Horas Programadas}} \times 100\%$	

Fuente: Elaboración Propia

8. MATRIZ DE COHERENCIA

Tabla 45: *Matriz de coherencia*

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿Cómo el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la productividad de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019 - II?	Determinar cómo el Mantenimiento Centrado en la confiabilidad incrementa la productividad de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019 - II?	El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la productividad de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019 - II.	VARIABLE INDEPENDIENTE: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad	Nivel de investigación: Aplicada Tipo de investigación: Descriptiva-Explicativa Diseño de investigación: Pre- Experimental Enfoque de investigación: Cuantitativo
¿Cómo el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la eficacia de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019 - II?	Determinar cómo el Mantenimiento Centrado en la confiabilidad incrementa la eficacia de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019 - II?	El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la productividad de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019 - II?	VARIABLE DEPENDIENTE: Productividad	Población: 35 reportes de la producción x máquina botonera Muestra: 35 reportes de la producción x máquina botonera
¿Cómo el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la eficiencia de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019 - II?	Determinar cómo el Mantenimiento Centrado en la confiabilidad incrementa la eficiencia de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019 - II?	El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la productividad de las máquinas botoneras robóticas en una empresa de Confección Textil, Ate 2019 - II.		Muestreo: Intencional Técnica: observación Instrumentos: Ficha de observación, Reporte de producción

Fuente: (Elaboración Propia)

2. EVIDENCIAS DE EXPERTOS

Jefe de Mantenimiento
Wilmer Miraval Leandro
21 Años Laborando en CIA



Supervisor de Mantenimiento
Raúl Palomino Berna
21 Años Laborando en CIA



Trabajador de Mantenimiento
Carlos Limache Flores
21 Años Laborando en CIA



2.11. EVALUACIÓN FINANCIERA Y ECONÓMICA

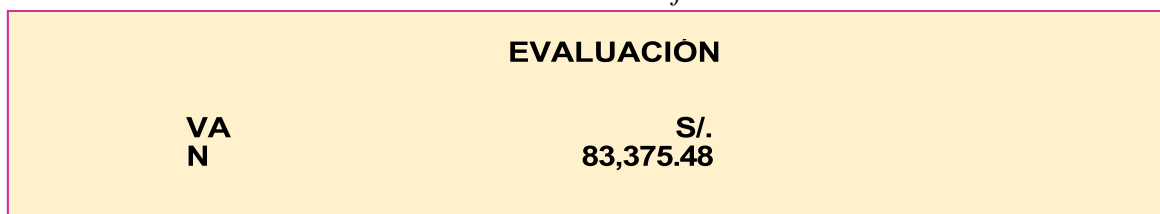
Se considera una tasa de interés del 10%

Tabla 46: *Flujo de caja del proyecto*

CONCEPTO	MES 0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5
INGRESOS						
Aporte	S/. 2,700.00					
Ingresos por producto		S/. 26,058.96	S/. 27,361.91	S/. 28,730.00	S/. 30,166.50	S/. 31,071.50
EGRESOS						
Costo de mantenimiento		S/1,576.67	S/1,576.67	S/1,576.67	S/1,576.67	S/1,576.67
Costo de producción		S/18,600.00	S/19,530.00	S/20,506.50	S/21,531.83	S/22,177.78
Total egresos		S/20,176.67	S/21,106.67	S/22,083.17	S/23,108.50	S/23,754.45
SALDO DE FLUJO DE CAJA	S/. - 2,700.00	S/. 5,882.29	S/. 25,785.24	S/. 27,153.33	S/. 28,589.83	S/. 29,494.83

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 29 *Evaluación financiera*



Fuente: Elaboración Propia

Debido a que el VAN muestra un resultado mayor que 0, el proyecto se muestra viable desde un punto de vista financiero, puesto que cumple con la rentabilidad esperada de 10%. Por otro lado, el proyecto muestra una Tasa de retorno de la inversión de un 375%, lo cual demuestra que es altamente rentable.

Tabla 47: *Análisis Costo- Beneficio*

EVALUACIÓN	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5
ANÁLISIS BENEFICIO/COSTO	1.29	1.30	1.30	1.31	1.31
ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO	77.43 %	77.14 %	76.86 %	76.60 %	76.45%

Fuente: Elaboración Propia

Por cada sol invertido se recupera 1.79 soles en el primer mes, así también presenta un 77,4% de recuperación de la inversión.

2.12. DIAGRAMA DE GANT

Tabla 48: *Diagrama de Gant*

ACTIVIDADES	SEM 01	SEM 02	SEM 03	SEM 04	SEM 05	SEM 06	SEM 07	SEM 08	SEM 09	SEM 10	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14	SEM 15	SEM 16
Toma de datos para cálculo de productividad antes aplicación																
Levantamiento y recopilación de datos.																
Medición de indicadores de productividad																
Medición de indicadores de mantenimiento																
Determinar costos de mantenimiento																
Selección de criterios, materiales y recursos para la implementación																
Aplicación de la implementación																
Medición de indicadores después de la implementación																
Seguimiento de la implementación																
Revisión y levantamiento de observaciones																

Fuente: Elaboración Propia

FOTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

