



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO

“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO
PREVENTIVO UTILIZANDO HERRAMIENTAS DEL SISTEMA TPM EN UNA
MÁQUINA EXTRUSORA DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DE PLÁSTICOS

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de INGENIERO ELÉCTRICO

AUTORES: JOHNNY RENATO ALVAREZ SEVILLANO

DAYANNA CRISTINA RAMBAY QUIMIS

TUTOR: ING. PEDRO NÚÑEZ IZAGUIRRE MSC.

GUAYAQUIL – ECUADOR

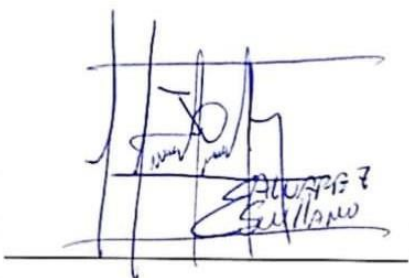
2023

CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TIULACIÓN

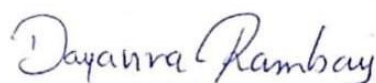
Nosotros, **JOHNNY RENATO ALVAREZ SEVILLANO** con documento de identificación N°0927810358 y **DAYANNA CRISTINA RAMBAY QUIMIS** con documento de identificación N°0955438759 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 25 de agosto de 2023

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'JOHNNY RENATO ALVAREZ SEVILLANO', written over a horizontal line.

Johnny Renato Alvarez Sevillano
0927810358

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Dayanna Rambay', written over a horizontal line.

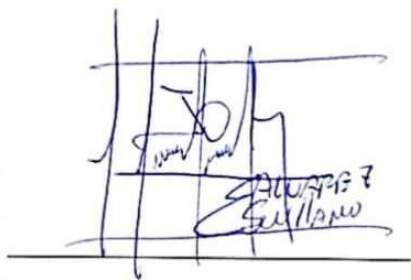
Dayanna Cristina Rambay Quimis
0955438759

**CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

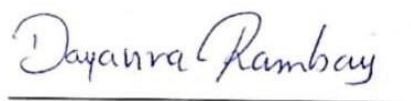
Nosotros, **JOHNNY RENATO ALVAREZ SEVILLANO** con documento de identificación No.0927810358 y **DAYANNA CRISTINA RAMBAY QUIMIS** con documento de identificación No.0955438759, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: **“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PREVENTIVO UTILIZANDO HERRAMIENTAS DEL SISTEMA TPM EN UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DE PLÁSTICOS”** el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO ELÉCTRICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 25 de agosto de 2023



Johnny Renato Alvarez Sevillano
0927810358



Dayanna Cristina Rambay Quimis
0955438759

**CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
SUSCRITO POR EL TUTOR**

Yo, **PEDRO NUÑEZ IZAGUIRRE** con documento de identificación N°0959927153 , docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PREVENTIVO UTILIZANDO HERRAMIENTAS DEL SISTEMA TPM EN UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DE PLÁSTICOS”** realizado por los estudiantes, **JOHNNY RENATO ALVAREZ SEVILLANO** con documento de identificación N°0927810358 y **DAYANNA CRISTINA RAMBAY QUIMIS** con documento de identificación N°0955438759 , obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 25 de agosto de 2023



Ing. Pedro Núñez Izaguirre

0959927153

Dedicatoria

A mi querida Madre que siempre a sido mi apoyo incondicional, gracias por luchar por mí siempre.

“Nadie enciende una lampara y la pone en un sitio oculto, ni bajo el celemín, sino sobre el candelabro, para que los que entren vean el resplandor.” LUCAS 11:33

Dayanna Rambay

Agradecimientos

A Dios por darme esta oportunidad de seguir adelante en mi vida y en mis estudios. A mis padres por ser mis guías durante mi crecimiento y haber confiado siempre en mí. A mi mentor Marcos Millán y a los chicos del coworking .

A mis profesores que día a día estuvieron hay para brindarme su conocimiento y ayudarme a formarme como profesional, y a mi loco compañero Renato.

Dayanna Rambay

Dedicatoria

En el trayecto de mi formación la cual ha sido de mucho esfuerzo y dedicación, deseo en primer lugar dedicar esta tesis a Dios porque me ha dado sabiduría para seguir el buen camino y ser persistente, debido a que ha habido adversidades, pero ha estado siempre en mi vida para guiarme y fortalecerme, a mi Familia los cuales son un pilar fundamental en mi vida y el motivo de seguir esforzándome a ser mejor, dándome fuerzas para lograr un paso importante en mi lapso de vida.

A mi compañera de tesis la que hombro a hombro a trabajado conmigo desde principio de carrera, agradezco su generosidad apoyo y confianza.

Renato Álvarez

Agradecimientos

Agradezco a DIOS por haberme dado el privilegio de estudiar y sobre todo concluir esta meta con bastos conocimientos en lo que compete la Ingeniería Eléctrica, también a mi esposa, a mis hijos, toda mi familia que nunca me abandonaron en este camino dándome aliento, fuerza y seguridad en los momentos difíciles.

A mis maestros, durante el tiempo de estudio en la Universidad Politécnica Salesiana, impartieron sus conocimientos, paciencia y dedicación para formarme y educarme como un profesional eficiente para servir a mi nación, expreso mis más sinceras gratitudes por la formación que indiferentemente me dieron.

Y sobre todo a mi tutor Ing. Pedro Núñez Izaguirre, por su dedicación y paciencia para conmigo al compartir sus conocimientos y amplia experiencia. También a mi compañera de tesis Dayanna Rambay que desde el principio fue un apoyo, trabajando hombro a hombro compartiendo momentos gratos y momentos difíciles durante nuestro periodo de educación.

Renato Álvarez

RESUMEN

El presente proyecto surge con la necesidad de mejorar un sistema de mantenimiento por medio de las herramientas del Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar los procesos y disminuir las fallas en una máquina extrusora de la empresa Trilex S.A ubicada en la ciudad de Guayaquil, el proceso de recolección de información se realizó con la colaboración de los empleados y la gerencia que trabaja en la empresa quienes brindaron el levantamiento de datos técnicos de la maquinaria que se utilizó para esta investigación.

Para el desarrollo del proyecto se realizaron mediciones en los equipos que reportaron un número considerable de fallos y los datos brindados por la empresa para conocer el estado actual de la extrusora, determinando así las causas de los problemas de sus operaciones. Luego siguiendo la consolidación y el desarrollo para las TPM se llevaron a cabo diversas actividades que incluyen: elaboración de ficha técnica de equipos, inventario de equipos y maquinarias, recomendaciones de seguridad para los operadores, entrevistas para recopilar información relevante. y la aplicación de 5 “S” en la empresa, teniendo en cuenta las aportaciones y la participación del personal del área.

Este proyecto tiene como objetivo primordial la reducción de fallas y la optimización de la operación. A través de la identificación precisa de fallas mediante el análisis Pareto, la programación de mantenimientos preventivos específicos y la medición constante del estado de los equipos, se busca garantizar la disponibilidad, confiabilidad y rendimiento óptimo de la maquinaria. Este enfoque proactivo y sistemático allana el camino para una producción fluida y eficiente en el área de extrusión de plástico.

Palabras clave: Mejora continua, Mantenimiento Productivo Total, TPM. mantenimiento preventivo, 5s

ABSTRACT

This project arises from the need to improve a maintenance system through Total Productive Maintenance (TPM) tools to improve processes and reduce failures in an extruder machine of the company Trilex S.A located in the city of Guayaquil, the The information collection process was carried out with the collaboration of the employees and the management that works in the company who provided the survey of technical data of the machinery that was used for this investigation.

For the development of the project, measurements were made on the equipment that reported a considerable number of failures and the data provided by the company to know the current state of the extruder, thus determining the causes of the problems in its operations. Then, following the consolidation and development for the TPM, various activities were carried out, including: preparation of the equipment technical sheet, inventory of equipment and machinery, safety recommendations for operators, interviews to gather relevant information. and the application of 5 "S" in the company, considering the contributions and participation of the staff in the area.

The main objective of this project is the reduction of failures and the optimization of the operation. Through the precise identification of failures through Pareto analysis, the programming of specific preventive maintenance and the constant measurement of the state of the equipment, the aim is to guarantee the availability, reliability and optimal performance of the machinery. This proactive and systematic approach paves the way for smooth and efficient production in the area of plastic extrusion.

Keywords: Continuous improvement, Total Productive Maintenance, TPM. preventive maintenance,5s

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
1. CONSIDERACIONES GENERALES	2
1.1 Tema del trabajo de titulación	2
1.2 Antecedentes	2
1.3 Problemática	2
1.4 Justificación	3
1.5 Delimitación	3
1.5.1 Espacial o geográfico	3
1.5.2 Temporal	3
1.6 Impacto y beneficiarios directos	4
1.7 Beneficiarios indirectos	4
1.8 Objetivos	4
1.8.1 Objetivo general	4
1.8.2 Objetivo específico	4
CAPÍTULO II	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Introducción al Mantenimiento productivo total (TPM)	5
2.2 Pilares principales del TPM	5
2.2.1 Mantenimiento autónomo	6
2.2.2 Mantenimiento planificado	6
2.2.3 Mejora focalizada	8
2.2.4 Mantenimiento de la calidad	8
2.2.5 Formación y entrenamiento	9

2.2.6	Gestión de nuevos equipos	9
2.2.7	TPM en la oficina.....	10
2.2.8	5S.....	10
2.3	<i>Pérdidas que busca eliminar el TPM.....</i>	<i>11</i>
2.4	<i>Factores de eficiencia global de equipos productivos</i>	<i>11</i>
2.4.1	Indicador de rendimiento.....	12
2.4.2	El indicador de disponibilidad.....	12
2.4.3	Indicador de calidad	13
2.5	<i>Las principales perdidas en una planta.....</i>	<i>14</i>
2.6	<i>Árbol de perdidas.....</i>	<i>14</i>
2.7	<i>Árbol FTA.....</i>	<i>15</i>
2.8	<i>Nivel de criticidad.....</i>	<i>16</i>
CAPÍTULO III.....		18
3.	METODOLOGÍA.....	18
3.1	<i>Metodología de la investigación.....</i>	<i>18</i>
3.2	<i>Unidad de análisis</i>	<i>18</i>
3.3	<i>Información General de la empresa Trilex S.A</i>	<i>19</i>
3.4	<i>Técnicas de recolección de datos</i>	<i>19</i>
3.5	<i>Procedimientos para la recolección de datos.....</i>	<i>20</i>
3.6	<i>Metodología del proceso.....</i>	<i>20</i>
3.7	<i>Preguntas de las entrevistas a los empleados y al jefe de mantenimiento de la extrusora 15.....</i>	<i>21</i>
CAPÍTULO IV.....		23
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1	<i>Diagnóstico y situación actual.....</i>	<i>23</i>
4.2	<i>Estructura de trabajo.....</i>	<i>25</i>
4.3	<i>Análisis de costos y mantenimiento de equipos</i>	<i>26</i>
4.4	<i>Revisión de los instrumentos de mantiniemto y equipos</i>	<i>27</i>
4.5	<i>Análisis de las TPM en la empresa.....</i>	<i>31</i>
4.5.1	<i>Árbol de perdidas</i>	<i>32</i>

4.6	<i>Nivel de criticidad</i>	33
4.6.1	<i>Análisis de criticidad</i>	37
4.6.2	<i>Evaluación mensual de fallas</i>	39
4.6.3	<i>Análisis comparativo y costos por mantenimiento</i>	41
4.6.4	<i>Análisis e interpretación de entrevistas a los trabajadores y al jefe de Mantenimiento.</i> 44	
4.7	<i>Breakdown de la extrusora N15</i>	45
4.8	<i>Análisis termográficos en la extrusora 15</i>	48
4.9	<i>Registro de fallas de maquinas</i>	50
4.10	<i>Análisis de cada equipo fallido.</i>	54
4.11	<i>Aplicación del TPM (Plan de Mantenimiento Total)</i>	60
4.12	<i>Periodicidad de mantenimiento en la extrusora N15 empresa Trilex S.A</i>	60
4.12.1	<i>Disponibilidad aplicando el plan de mantenimiento</i>	62
4.13	<i>Implementación y Metodología de la 5'S</i>	63
4.14	<i>Herramientas para abordar los problemas en la extrusora 15</i>	67
4.15	<i>Plan de mantenimiento preventivo utilizando herramientas del sistema TPM</i>	71
	CONCLUSIONES	75
	RECOMENDACIONES	76
	REFERENCIAS	77
	ANEXOS	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica de la empresa Trilex.....	3
Figura 2 Pilares del TPM.....	6
Figura 3 Clasificación de actividades mantenimiento especializado	8
Figura 4 Actividades de 5s	10
Figura 5 Árbol de pérdidas	15
Figura 6 Pautas para la realización de árbol de fallas.....	15
Figura 7 Extrusora n15	18
Figura 8 Organigrama de Trilex	25
Figura 9 Diagrama de costos de mantenimiento en la extrusora 15	27
Figura 10 Medición de voltaje en el motor principal	28
Figura 11 Medición de temperatura en el motor principal	28
Figura 12 Mediciones en el panel de control.....	30
Figura 13 Pruebas del HDMI en el panel de control	31
Figura 14 Árbol de pérdidas de la zona de la extrusora 15	33
Figura 15 Indicador mensual del año 2022.....	40
Figura 16 Tiempo de falla vs número de falla en el 2022	41
Figura 17 Numero de fallas por mes.....	41
Figura 18 Costos de mantenimiento de la extrusora 15.....	42
Figura 19 Comparativa de costos de mantenimiento.....	43
Figura 20 Total de breakdowns en la planta.....	46
Figura 21 Resultados de las encuestas.....	48
Figura 22 Conexiones principales en la extrusora 15.....	48
Figura 23 Análisis termográfico en las conexiones	49
Figura 24 PLC del panel de control.....	49
Figura 25 Análisis termográfico en el PLC	50
Figura 26 Árbol de fallos en la extrusora 15	54

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 PRINCIPALES PERDIDAS EN UNA PLANTA	14
TABLA 2 CATEGORIZACIÓN DE LA CRITICIDAD	16
TABLA 3 EQUIPOS DE LA EXTRUSORA N15.....	24
TABLA 4 COSTOS DE MANTENIMIENTO DE LA EXTRUSORA 15.....	26
<i>TABLA 5 RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE POTENCIA ACTIVA.....</i>	<i>29</i>
<i>TABLA 6 RESULTADOS DEL FACTOR DE POTENCIA DE DESPLAZAMIENTO....</i>	<i>30</i>
<i>TABLA 7 PRINCIPALES PERDIDAS QUE SE DESEA ELIMINAR EN LA EMPRESA</i>	<i>31</i>
TABLA 8 PRINCIPALES PERDIDAS DE LA EMPRESA	32
TABLA 9 NIVEL 1 DE CRITICIDAD.....	34
TABLA 10 NIVEL 2 DE CRITICIDAD.....	35
TABLA 11 NIVEL 3 DE CRITICIDAD.....	36
TABLA 12 NIVELES DE CRITICIDAD	36
<i>TABLA 13 COSTOS, FACTOR Y DETALLES DE MANTENIMIENTO</i>	<i>38</i>
<i>TABLA 14 INDICADOR MENSUAL DE FALLAS EN LA EXTRUSORA 15.....</i>	<i>38</i>
<i>TABLA 15 RESUMEN DE FALLAS DE LA EXTRUSORA 15 EN EL AÑO 2022</i>	<i>39</i>
TABLA 16 REGISTRO HISTÓRICO DEL PROMEDIO DE FALLAS ANUALES ..	40
TABLA 17 FALLAS MENSUALES	40
<i>TABLA 18 COSTOS DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE LA EXTRUSORA</i> <i>15</i>	<i>43</i>
<i>TABLA 19 BREAKDOWN DE LA EXTRUSORA N15</i>	<i>45</i>
<i>TABLA 20 TOTAL DE BREAKDOWNS.....</i>	<i>46</i>
<i>TABLA 21 RESULTADO DE LAS ENCUESTAS</i>	<i>47</i>
<i>TABLA 22 FALLOS MÁS COMUNES DE LA EXTRUSORA 15</i>	<i>51</i>
<i>TABLA 23 CLASIFICACIÓN DE TIPO DE FALLAS EN LA EXTRUSORA 15.....</i>	<i>52</i>
<i>TABLA 24 TIEMPO Y CAUSAS DE PARADAS.....</i>	<i>53</i>
TABLA 25 PORCENTAJE DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE PAROS EN LA EXTRUSORA 15	53
<i>TABLA 26 GRADO DE PUNTUACIONES Y PRIORIDAD.....</i>	<i>55</i>
<i>TABLA 27 ANÁLISIS DEL GRADO DE PRIORIDAD DE LA BOBINADORA.....</i>	<i>56</i>
<i>TABLA 28 ANÁLISIS DEL GRADO DE PRIORIDAD DE LOS</i> <i>ALIPE/SENSORES/SERVOMOTORES.....</i>	<i>56</i>

<i>TABLA 29 ANÁLISIS DEL GRADO DE PRIORIDAD DE LAS TERMOCUPLA, CABEZALES – ZONA DE CALENTAMIENTO</i>	<i>57</i>
<i>TABLA 30 ANÁLISIS DEL GRADO DE PRIORIDAD DE CANASTA – FUNCIONES DE APERTURA, CERRADO, SUBIDA Y BAJADA.....</i>	<i>58</i>
<i>TABLA 31 ANÁLISIS DEL GRADO DE PRIORIDAD DE GRAVÍMETRO/CÁMARA MEZCLADORA/TOLVA/TABLERO ELÉCTRICO/ SENSORES.</i>	<i>59</i>
<i>TABLA 32 RECURSOS DE DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO 1</i>	<i>61</i>
<i>TABLA 33 RECURSOS DE DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO 2.....</i>	<i>61</i>
<i>TABLA 34 SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS LA EXTRUSORA 15</i>	<i>67</i>
<i>TABLA 35 INFORME DE MANTENIMIENTO.....</i>	<i>71</i>
<i>TABLA 36 PLAN DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO.....</i>	<i>74</i>

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>ANEXO 1 TABLERO DE CONTROL ANALIZADO</i>	<i>80</i>
<i>ANEXO 2 LISTAS DE LOS EQUIPOS DE LAS EXTRUSORAS</i>	<i>81</i>
<i>ANEXO 3 MANTENIMIENTO AL MOTOR PRINCIPAL</i>	<i>82</i>
<i>ANEXO 4 ENTREVISTA#1 A LOS EMPLEADOS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</i>	<i>83</i>
<i>ANEXO 5 ENTREVISTA#2 A LOS EMPLEADOS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</i>	<i>84</i>
<i>ANEXO 6 ENTREVISTA#3 A LOS EMPLEADOS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</i>	<i>85</i>
<i>ANEXO 7 ENTREVISTA#4 A LOS EMPLEADOS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</i>	<i>86</i>
<i>ANEXO 8 ENTREVISTA#5 A LOS EMPLEADOS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</i>	<i>87</i>
<i>ANEXO 9 ENTREVISTA#6 A LOS EMPLEADOS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</i>	<i>88</i>
<i>ANEXO 10 ENTREVISTA AL JEFE DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO.....</i>	<i>89</i>

INTRODUCCIÓN

En la gran mayoría de empresas ecuatorianas existe una falta de conciencia a cerca de las ventajas y aplicaciones del Sistema TPM de las siglas de “Mantenimiento Productivo Total”. A pesar de que su efectividad a nivel global ha sido comprobada, son pocos los sectores que han adoptado este enfoque proactivo de mantenimiento. En particular, en las industrias de plásticos con su alta demanda operativa y la complejidad de sus maquinarias, se enfrentan a diversos desafíos como mercados altamente competitivos, altos costes de mantenimiento y producción, las empresas se ven arrastradas a la optimización de sus activos.

El presente trabajo se basa en la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo eléctrico utilizando las herramientas del sistema TPM, centrándose en una máquina extrusora, que es un componente vital en cualquier planta industrial de este sector. Además, se realizaron mediciones técnicas en los equipos del motor principal y se realizó una revisión al panel de control para conocer la realidad del estado de los equipos. Sin embargo, en la empresa debido a la falta de esfuerzos en el mantenimiento preventivo ha contribuido a interrupciones imprevistas y pérdidas considerables, tanto en termino de tiempo como de recursos.

El Sistema TPM, ayuda a mantener un control efectivo sobre las actividades y áreas involucradas en los procesos de manufactura, ofrece una guía hacia la mejora de la disponibilidad, confiabilidad y vida útil para los equipos industriales. Por medio de este sistema se busca optimizar el estado de los equipos, mejorando así la calidad del servicio y lograr un mejor ambiente de trabajo para los empleados de la compañía.

La implementación de este sistema en la maquina extrusora, aspira a arrojar luz sobre el potencial de transformación que puede lograrse en la empresa, junto con el compromiso de la directiva de la empresa, se ha decidido seguir los pasos para la aplicación de este sistema para poder prevenir los posibles fallos y averías en las máquinas, así como parte de los resultados, crear consciencia en los trabajadores acerca de las buenas prácticas en el trabajo, desarrollando una filosofía de orden y productividad con tendencia a la mejora continua.

CAPÍTULO I

1. CONSIDERACIONES GENERALES

1.1 Tema del trabajo de titulación

Elaboración de un plan de mantenimiento eléctrico preventivo utilizando herramientas del sistema TPM en una máquina extrusora de una planta industrial de plásticos.

1.2 Antecedentes

En la actualidad las empresas dedicadas al sector industrial están optando por mejorar los procedimientos de producción por medio de la implementación de sistemas, al cual se asocia el mantenimiento de las maquinarias debido al alto coste que suponen, conservando una política en la que se busca obtener cero pérdidas y a su vez reducir las fallas de las maquinas, se suelen aplicar estrategias, que enfocan el TPM. [1]

La clave del trabajo es elevar la mantenibilidad y mejorar las condiciones óptimas y disponibilidad en los equipos. El enfoque debe ser siempre planificar y optimizar los tiempos de trabajo y cumplir a través de la recolección de datos generales y recientes, garantizando la disponibilidad de los equipos.

En una industria cambiante en la cual se avanza tecnológicamente a pasos agigantados y las exigencias que tiene una economía globalizada, llena mercados altamente competitivos en donde que la velocidad de cambios hacia nuevas propuestas sobrepasa en mucho la capacidad de respuesta. En este contexto vale la pena tomar en cuenta propuestas que suplan la necesidad de redimensionar la empresa, esto implica adoptar medidas para realizar el mantenimiento que pueden alargar la vida de las maquinarias, además de mantener el buen estado de los productos finales y reducir los tiempos de fallas.[1]

1.3 Problemática

La empresa TC Transcontinental – Trilex se enfrenta a una problemática crítica en su área de extrusión de plástico, específicamente en la máquina extrusora n°15 Carnevalli H 90, la cual cuenta únicamente con mantenimiento correctivo donde el impacto y la frecuencia de las fallas eléctricas en esta maquinaria están causando interrupciones no planificadas en la producción, lo que resulta en pérdida de tiempo y recursos. Así mismo, la falta de

un plan de mantenimiento estructurado y la ausencia de una cultura de mejora continua contribuyen a que estas fallas continúen.

1.4 Justificación

Con el propósito de aportar con excelencia a la formación continua de los estudiantes y profesionales que se han dedicado al plan de mantenimiento eléctricos preventivos, es necesario aplicar el proyecto presentara la herramienta TPM en la industria. Se hará uso de los equipos necesario, el cual nos ayudará a tener valores más confiables del trabajo que se realizará durante el tiempo establecido, así mismo se explicará el uso del equipo y sobre todo los valores referenciales que se maneja para indicar la confiabilidad del mantenimiento.

1.5 Delimitación

El proyecto se llevará a cabo en las Instalaciones de la empresa TC TRASCONTINETAL – TRILEX.

1.5.1 Espacial o geográfico

La empresa se encuentra situado en la ciudad de guayaquil en la dirección Eucaliptos, y, Vía a Daule, Guayaquil.



FIGURA 1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA EMPRESA TRILEX

Fuente: Google Maps (2023).

1.5.2 Temporal

El proyecto planteado a continuación se realizará en el periodo de 2023-2023 durante un lapso de 6 meses en los que se recopilaran los datos, información y elaboración del diagnóstico en general para un plan de mantenimiento preventivo eléctrico.

1.6 Impacto y beneficiarios directos

Los principales beneficiarios es la empresa TC TRILEX, ya que el proyecto se enfocará en el mantenimiento eléctrico preventivo mejorando la eficacia de la producción en los procesos industriales a través de la herramienta TPM.

1.7 Beneficiarios indirectos

Este proyecto busca explicar el uso de las herramientas de TPM en los procesos productivos de las industrias para que los estudiantes la apliquen en su área de trabajo.

1.8 Objetivos

1.8.1 Objetivo general

Elaborar un plan de mantenimiento mediante el método del TPM, utilizando herramientas de mejora continua y aplicarlo a los equipos eléctricos de una maquina extrusora n°15 Carnevalli H 90 del área de extrusión de plástico en la empresa TC Transcontinental – Trilex para reducir el número de fallas.

1.8.2 Objetivo específico

- Identificar mediante el arboles de perdidas las principales fallas eléctricas detectadas en las maquinas extrusoras mediante el Pareto.
- Definir actividades específicas con periodicidad para correcto mantenimiento preventivos de las principales fallas detectadas.
- Realizar mediciones de equipos para conocer su estado actual.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEORICO

2.1 Introducción al Mantenimiento productivo total (TPM)

El sistema TPM es un proyecto que nació en Japón, en 1969 a través de la compañía fabricante de componentes automotrices japonesa Nippon Denso asociada al grupo Toyota y se expandió por Japón durante los años 70, ellos fueron los primeros en aplicar el mantenimiento preventivo en un esfuerzo donde los trabajadores especializados realizaban un mantenimiento regular de las máquinas. Pero al observar el aumento de automatización en sus plantas, se dieron a la tarea de abordar las tareas de mantenimiento de manera más sostenible, formando a los operarios de las fábricas para que puedan dar mantenimiento a la maquinaria, además de identificar los posibles problemas que pudieran surgir con estas, reduciendo los costes y minimizando las fallas en el proceso de producción.

Según el presidente de Japan Institute of Plant Maintenance, son diversos los factores que fuerzan a las industrias a organizarse más eficazmente para ser más competitivos en los mercados, entre los principales factores están: la disminución en los precios de productos, la subida de los precios de las materias primas y materiales intermedios. Para resolver problemas internos en la empresa y hacer frente ante turbulencias económicas en el mercado, muchas empresas han empezado a adoptar las herramientas de TPM. Antes de tomar la decisión de adoptar el sistema la alta directiva debe considerar diversos puntos de la aplicación, además de estar comprometidos a finalizar el programa de TPM.[2]

El mantenimiento no es una función sin importancia, el realizarlo a tiempo produce un bien real que afecta a la vida útil de la maquinaria. Las técnicas del TPM afectan a 3 puntos importantes en la producción: la capacidad para generar productos de calidad, la seguridad de los empleados y la rentabilidad de la empresa. Estas técnicas son necesarias para hacer frente a las exigencias de una economía globalizada, el mercado sumamente competitivo y a un entorno en constante cambio.[3]

2.2 Pilares principales del TPM

Para que la implementación de las herramientas tenga éxito se deben conocer los 8 pilares de TPM que son la base de esta metodología, en donde cada uno de los pilares brinda una

guía para poder lograr los objetivos de reducir o eliminar las pérdidas en la producción. Al interiorizarlos, no sólo permite una implementación exitosa de esta estrategia, sino que también garantiza que se mantendrá a lo largo del tiempo [4]. En la siguiente imagen se visualiza los 8 pilares que contempla el TPM:

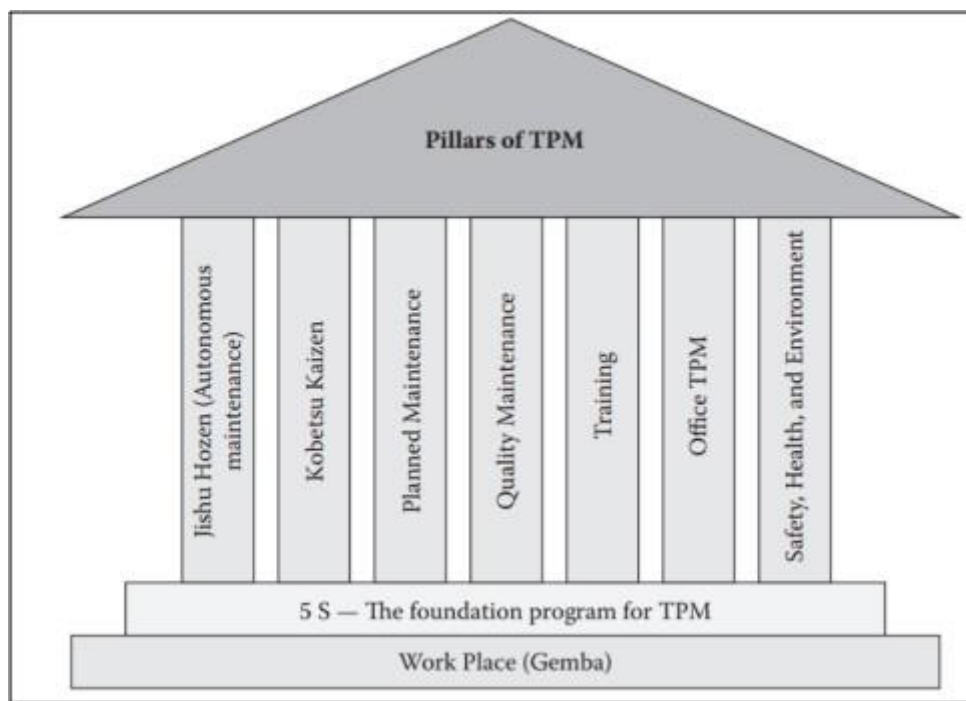


FIGURA 2 PILARES DEL TPM

Fuente:[5]

2.2.1 Mantenimiento autónomo

Es un enfoque de gestión donde se realizan operaciones básicas de mantenimiento por el personal operativo, al capacitar a los operarios para que puedan detectar fallas o averías, realizar correcciones y alertar a los equipos especializados, con la cual se logra una mayor eficiencia de operación; aumenta su seguridad en su entorno laboral, son más capaces de predecir problemas mayores, además de adquirir mayor conciencia sobre su impacto en el proceso industrial.

2.2.2 Mantenimiento planificado

Según Suzuki [6] en su libro describe que la meta de este pilar es buscar "cero averías", para llegar esta meta es necesario avanzar gradualmente, siendo la mejor manera de evitar el downtime y las paradas imprevistas para una planta industrial.

El Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas por sus siglas (JIPM) sugiere que el pilar de Mantenimiento Planificado debe implantarse en los siguientes seis pasos:

Identificar el estado actual de los equipos: Se recoge la información disponible para crear una base de datos históricos, la cual será usada para identificar los problemas de los equipos.

Eliminar el deterioro de los equipos y mejorarlo: Se toman medidas necesarias para eliminar los problemas anteriormente detectados y también con equipos similares para evitar este tipo de fallas.

Mejorar el sistema para gestionar la información: Se crea una base de datos para gestionar la información, en caso de existir una se debe determinar si es adecuada, caso contrario se debe mejorar. Antes de implementar un sistema para gestionar la información es necesario crear modelos donde se recoja información de fallas y averías, se aspira a erradicar los principales breakdown inesperados mejorando así la operación de la planta.

Establecer un sistema de Mantenimiento Periódico: Se establecen actividades de mantenimiento como: planificar la preparación de mantenimientos periódicos, identificación de equipos, piezas, desarrollar un sistema de mantenimiento contratado y definir estrategias de mantenimiento.

Desarrollar un sistema de Mantenimiento Predictivo: Para introducir correctamente un sistema de Mantenimiento Predictivo, es importante contar con lo siguiente: realizar formación al personal de la planta, diseñar flujos de trabajo, seleccionar tecnología para el diagnóstico de equipos, una correcta identificación de los equipos a utilizar para aplicar la tecnología predictiva y mejorar la toma de información.

Desarrollo de un sistema de Mantenimiento Periódico: Se toma en cuenta el punto de vista técnico, organizativos y humanos.

Con respecto al enfoque de las actividades de mantenimiento. En la figura 3 se muestra la clasificación de actividades de mantenimiento.



FIGURA 3 CLASIFICACIÓN DE ACTIVIDADES MANTENIMIENTO ESPECIALIZADO

Fuente: [5]

2.2.3 Mejora focalizada

Este pilar parte de realizar ajustes y mejoras del proceso en cada oportunidad en todos los sectores principales de la planta (jefaturas) para mejorar los procesos y eliminar breakdown.

Las mejoras focalizadas incluyen a diferentes áreas que intervienen en el proceso productivo, su objetivo principal es maximizar la eficiencia de los equipos, plantas y procesos; a través de que el trabajo en equipo se centre en eliminar las pérdidas de la planta.

Las técnicas del TPM ayudan a planificar, hacer, verificar y actuar ante posibles fallas ayudando a eliminar sosteniblemente averías en las maquinas, siguiendo el Ciclo Deming o PHVA que es un sistema de mejora continua el cual se basa en: Planificar, Hacer, Verificar, Actuar, y volver a planificar.[7]

2.2.4 Mantenimiento de la calidad

Con las técnicas TPM el mantenimiento de la calidad va más allá de asegurar una buena calidad del producto final de los bienes producidos, sino que también debe ayudar a garantizar la calidad final de los productos como el resultado de la condición de operación de los equipos.

El mantenimiento de la calidad se basa en formar a los operarios para que puedan hacer funcionar las máquinas y además de mantenerlas en un estado óptimo. Las acciones van

dirigidas a minimizar los daños, prever posibles problemas y reducir su reparación, es decir, analizar la causa de raíz facilita las tareas de los operarios, aumenta su seguridad y mantiene la calidad de los productos.[5]

2.2.5 Formación y entrenamiento

Para poder utilizar las habilidades de forma correcta es necesario tener nociones sobre lo que se necesita realizar y como realizarlo. Estas competencias se desarrollan a través de la experiencia, la correcta formación y el trabajo en equipo. Donde se requiere de un equipo con capacidades para identificar problemas que surgen en los equipos y es necesario que comprendan la relación de tener en buen estado los equipos con la calidad final del producto. [7]

Según Agustiad y [8] los pasos que conforman este pilar son:

- Establecer políticas y actividades que permiten verificar el estado actual de los conocimientos de los operarios.
- Implementar un sistema de formación para mejorar las habilidades del personal.
- Capacitar por medio de cursos a los operadores y al personal de planta para que puedan realizar actividades básicas de mantenimiento.
- Elaborar una agenda y registro sobre las actividades a realizar.
- Usar entrenamientos prácticos para capacitar al personal.

2.2.6 Gestión de nuevos equipos

Las experiencias obtenidas por los TPM se aplican también al proceso de diseño de mantenimiento para nuevas maquinarias usando la información y conocimientos adquiridos. Esto significa que al añadir una nueva maquinaria a la planta de producción el equipo ya estará preparado para resolver problemas comunes. también para continuar con el programa y seguir con sus prácticas habituales de mantenimiento

Esto permite a la nueva maquinaria aportar valor con mayor rapidez y fiabilidad, y que ese requiera un menor tiempo de preparación para el momento de su llegada. La información y las sugerencias brindadas por los operarios se usarán para planificar el mantenimiento de las nuevas máquinas.

2.2.7 TPM en la oficina

El mantenimiento de la planta no puede terminar dentro de la planta; debido a que el proceso de producción depende de varias funciones administrativas como: la logística, la planificación de distribución, pedidos de material, planificación del flujo de trabajo. El TPM aplicado en la oficina significa que hay que trabajar para: fomentar la mejora continua en todos los departamentos, disminuir actividades burocráticas y racionalizar los procesos que no tengan que ver con la producción.

2.2.8 5S

La metodología 5s fue creada por Toyota en los sesenta, la metodología es de origen japones y es denominada 5s debido a que la inicial de cada etapa es la letra “s”. Esta metodología agrupa una serie de actividades que tienen como objetivo realizar el trabajo de manera más organizada, ordena y limpia, creando un entorno de trabajo más eficiente y productivo; tales objetivos se logran reforzando buenos hábitos de comportamiento y de interacción social.[7]

A continuación, se muestra en la figura 4 las diferentes actividades que se realizan para implementar exitosamente la metodología 5s.



FIGURA 4 ACTIVIDADES DE 5S

Fuente: [9]

2.3 Pérdidas que busca eliminar el TPM

Según la tesis de Salazar [10], el TPM indica como improductivas a las maquinas que generan perdidas a las empresas; maquinas averiadas, maquinas paradas por cambios de componentes, maquinas que no trabajan a su máxima capacidad, maquinas que generan productos en mal estado. En estos casos se deberán tomar medidas para que la empresa no pierda capacidad productiva

Tiempos muertos y de vacío (Disponibilidad): Generada debido a fallas, errores o averías, ya sea ocasionales o crónicas, en las maquinas, resultando en tiempo gasto en preparar o ajustar las maquinas.

Pérdidas de velocidad del proceso (Efectividad): El funcionamiento de los equipos a velocidades reducidas y tiempos vacío y de paradas cortas, que son momentos en los que el equipo debe realizar cortas paradas por desajustes.

Productos defectuosos (Calidad): Producción con defectos ocasionales o crónicos en las partes procesadas, en consecuencia, al producto final.

2.4 Factores de eficiencia global de equipos productivos

Uno de los indicadores más efectivos para potenciar los procesos de fabricación es la Eficiencia Global debido a que proporciona información sobre: costos de producción, pérdidas, cuellos de botella y el desempeño general en las operaciones industriales. Las proyecciones anuales permiten anticipar las necesidades de planificación. Esta medida de eficiencia global, conocida como OEE (Eficiencia Global del Equipo), complementa los requisitos de calidad estipulados por la norma ISO 9000:2000. Un aspecto crucial en estos parámetros es alcanzar un valor elevado en el análisis para determinar la mejora eficiente en la maquinaria. El valor de OEE está dado por la ecuación.[11]

$$OEE = (Disponibilidad) \times (Rendimiento) \times (Calidad) \times 100\% [11]$$

Al aplicar esta fórmula, se obtiene una visión de la efectividad total de cada máquina (% de rendimiento, % de disponibilidad y % de calidad). El resultado del rendimiento describe cómo se buscan reducir las pérdidas generadas en los equipos, la velocidad de los procesos, así como los indicadores de calidad de los productos finales. [4]

2.4.1 Indicador de rendimiento

La producción estándar se refiere a la capacidad por la que está diseñada la planta y representa la capacidad de las instalaciones. La tasa de producción se calcula como un promedio que expresa la tasa de producción en términos porcentuales de la producción estándar. [5]

Según indica la tesis de Castro [12] en la que se refiere a que el indicador de rendimiento deriva de los tiempos en que los equipos están en paro durante la preparación, configuración y ajustes. También se consideran los bloqueos por material, los fallos en la producción y la disminución de velocidad de producción. Para obtener el valor del rendimiento se usa la siguiente relación:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Tiempo estándar de producción}}{\text{Tiempo productivo real}} \times 100\%$$

El rendimiento se ve afectado por dos causas: las pequeñas pérdidas de velocidad y las reducciones significativas de velocidad. Así es como se determina la cantidad de productos que se producen realmente en la planta.[4]

2.4.2 El indicador de disponibilidad

En el libro de Suzuki [5] se describe como la disponibilidad impacta en la eficiencia de la planta y se consideran como pérdidas las averías y los fallos, los cuales pueden ser crónicos e incidir en la reducción del tiempo y la disponibilidad del equipo, también se contabiliza el tiempo utilizado en la preparación y para realizar ajustes.

La disponibilidad se define como el tiempo de operación expresado en porcentaje del tiempo. Para su cálculo, se resta el tiempo perdido por las paradas planificadas y se suma el tiempo perdido por paradas imprevistas, que incluyen fallos de equipos y procesos[4]; en su tesis se trata el tema de la teoría de la medición que expresa la siguiente relación:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo operativo (TO)}}{\text{Tiempo disponible (TD)}} \times 100\%$$

Donde:

TO = Tiempo promedio operativo

TD = Tiempo disponible

El indicador de disponibilidad contribuye a reflejar los períodos en el que el equipo está generando productos. Un resultado inferior al 100% señala la existencia de pérdidas temporales, principalmente ocasionadas por fallos, períodos de espera y limitaciones en las líneas de producción. El cálculo del tiempo de operación se deriva de la diferencia entre el tiempo de detención programada y el tiempo total disponible en un día. El tiempo de detención programada se basa en la duración prevista en el plan de producción. [5]

2.4.3 Indicador de calidad

Las compañías buscan fabricar productos bajo sus estándares de calidad que indica el estado de sus productos; sin embargo. Eso no siempre resulta así, lo que deriva en tener que estimar el tiempo en el que las maquinas podrían fabricar productos en mal estado, por lo que deberá tener en cuenta y sumarlo al tiempo de paradas. Debido a esto la pérdida de calidad en que los equipos han producido unidades defectuosas[11].A continuación se muestra la ecuación usada para calcular el indicador de calidad:

$$Calidad = \frac{TOR}{TOE} \times 100\%$$

En donde:

TOR = Tiempo operativo real

TOE= Tiempo operativo eficiente

Según la tesis de Molina [2] donde se muestra una clasificación para identificar las causas más comunes de perdidas en los procesos de fabricación. Estas se agrupan en paradas de disponibilidad, paradas de rendimiento y pérdidas de calidad. [13]

2.5 Las principales pérdidas en una planta

Según el artículo de Liev [14] en el cual se describen las principales pérdidas de una planta muestra en la tabla 1 las 8 principales pérdidas que son las causantes de impedir obtener la máxima eficacia en la planta.

Pérdidas	Índice sobre el que afecta directamente
Preparación y Ajustes de maquinarias	Disponibilidad
Averías	
Reducción de velocidad	Rendimiento
Tiempo muerto y paradas menores	
Pérdidas de puesta en marcha	Calidad
Defectos de calidad y repetición de trabajos	

TABLA 1 PRINCIPALES PERDIDAS EN UNA PLANTA

Fuente: [14]

2.6 Árbol de pérdidas

Para complementar a el indicador de OEE que muestra la eficiencia global de los equipos, pero no brinda ninguna señal sobre las acciones para mejorarlo, el árbol de pérdidas sirve como un complemento al OEE. El árbol de pérdidas permite tener una mejor visión del lugar y la razón por la que se está produciendo con una menor efectividad. En la figura 5 se muestra un ejemplo de un árbol de pérdidas focalizada den una planta de producción de lima.



FIGURA 5 ÁRBOL DE PERDIDAS

Fuente:[15]

2.7 Árbol FTA

El Análisis de Árbol de Fallos (FTA) posibilita la identificación y el análisis de las causas detrás de eventos no deseados en un sistema. El árbol de fallos adopta la forma de un diagrama en estructura de árbol. En la cúspide se describen los escenarios no deseados, mientras que los factores o escenarios causales se identifican y se conectan de manera deductiva a partir de este punto. Los escenarios causales están relacionados con aquellos de niveles superiores. [16] A continuación, se visualizan las pautas de un árbol lógico de fallas.

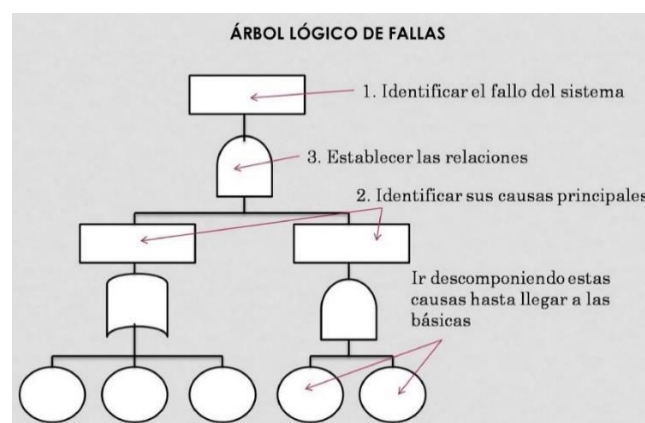


FIGURA 6 PAUTAS PARA LA REALIZACIÓN DE ÁRBOL DE FALLAS

Fuente:[17]

2.8 Nivel de criticidad

El concepto de criticidad se define como un enfoque que nos facilita establecer una jerarquía entre equipos, sistemas y procesos, y para construir una estructura que facilite tomar decisiones informadas y viables. Esto nos permite dirigir, asignar recursos y personal de manera más enfocada en las áreas y grupos con mayor demanda, fortaleciendo la fiabilidad operativa de la empresa.[12]

Uno de los métodos empleados para definir la criticidad o prioridad en el ámbito del mantenimiento es la metodología ABC. Esta metodología busca categorizar cada variable, Así como se indica en la TABLA 2.

Tipo de criticidad	Definición	Categoría
A	Altamente critico	
B	Moderadamente critico	
C	Baja criticidad	

TABLA 2 CATEGORIZACIÓN DE LA CRITICIDAD

Fuente:[12]

De acuerdo con la tesis de Castro [12] para alcanzar este resultado se analizan la frecuencia y el número total de fallas, junto con la relevancia del equipo en cuestión. Cada equipo deberá ser evaluado con los siguientes criterios, descritos por orden de importancia:

A. Seguridad: Es necesario inspeccionar el estado de las máquinas más peligrosas debido a su mayor nivel de criticidad, ya que su mal funcionamiento podría afectar la vida y la salud de los operadores.

B. Calidad del Producto: Debido a la complejidad de los procesos en los que participan, los componentes que influyen en la calidad del producto final tienen un mayor grado de prioridad.

C. Impacto en la Producción: Cualquier tipo de falla que cause atrasos, paros parciales o totales de la producción se clasificará en el nivel A debido a su naturaleza crítica.

D. Confiabilidad de la Máquina: Indica el intervalo de tiempo entre las fallas de una misma máquina.

E. Tiempo y Recursos de Reparación: Es una medida promedio de tiempo el cual es requerido para cambiar o reparar una pieza, Si el tiempo y los recursos requerido son mayores, se aumenta su grado de criticidad.

F. Costos de Mantenimiento: El aspecto financiero es esencial para determinar el nivel de prioridad de una máquina. Tendrá mayor grado de prioridad a mayor costo de mantenimiento.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 Metodología de la investigación

Este proyecto se basará en un estudio tipo cuantitativo, utilizando datos estadísticos recolectados y se realizarán mediciones del área de mantenimiento, además se realizará un el plan de mantenimiento total para que pueda ser implementado en la actualidad con bases en teorías existentes para la mejora continua.

3.2 Unidad de análisis

El tema de la investigación se basa en aplicar de los pilares TPM, recopilando y analizando información obtenida por la empresa. Para el desarrollo del trabajo fue necesaria la identificación de la maquinaria con deficiencia de un plan de mantenimiento adecuado. La unidad de análisis seleccionada fue la maquina Carnevalli H 90 de la extrusora n15, debido a su gran número de fallas, este equipo se dedica a producir: fundas plásticas tanto para el sector de banano como industrial. A continuación, se observa una figura en la cual se visualiza la máquina.



FIGURA 7 EXTRUSORA N15

Fuente: [Autores]

3.3 Información General de la empresa Trilex S.A

La empresa se dedica a la producir de etiquetas y fundas plásticas tanto para el sector bananero como industrial. Es una empresa perteneciente al Grupo Berlín que empezó sus operaciones en el año 1969, se crea diferentes tipos de fundas en de varios tamaños y colores, de acuerdo con las necesidades de los clientes, ya sea fundas de alta densidad, baja densidad, lineales o sus combinaciones.

Misión:

Ser la empresa líder ofreciendo maquinaria, servicios e insumos para brindar el mayor aporte a la competitividad y eficiencia del sector agropecuario, satisfaciendo las necesidades de los agricultores pequeños, medianos y grandes.

Visión:

Ser la compañía más integral e innovadora en el abastecimiento de maquinaria, insumos y servicios silvoagropecuarios para apoyar el desarrollo del sector.

Valores:

Responsabilidad. Eficiencia. Ética. Agilidad. Innovación. Actitud de servicio y conocimiento.

3.4 Técnicas de recolección de datos

Se usaron las siguientes técnicas para recopilar datos en la investigación:

- Observación de las actividades realizadas en la planta y actividades de mantenimiento.
- Entrevistas dirigidas a los responsables de procesos.
- Mediciones en los equipos eléctricos.

Los siguientes instrumentos fueron usados para recolectar datos:

- Encuestas.
- Revisión de formatos de mantenimiento.
- Levantamiento de análisis de críticos encontrados en los equipos.
- validación de instrumentos.

3.5 Procedimientos para la recolección de datos

Primero se realizó un recorrido por la planta para conocer todos los procesos y sus subprocesos procesos de la producción, un reconocimiento de los equipos y procesos utilizados. Además, se realizó un análisis de críticos de los equipos y se realizaron mediciones en el motor principal y se realizaron revisiones del panel de control. Lo siguiente que se realizó fue un levantamiento de datos históricos de mantenimiento y de las áreas de producción. Por último, se realizaron encuestas a los jefes encargados de áreas de extrusión y los empleados con el fin de obtener la información más precisa.

Durante la visita se detectó un sonido anormal en el motor principal, esto podría indicar problemas en la operación del motor, como desequilibrios en las fases, cortocircuitos o problemas de conexiones eléctricas, para lo cual se realizó una medición de voltajes para identificar fluctuaciones inusuales en los valores, lo que puede ayudar a determinar si el sonido anormal está relacionado con problemas eléctricos, también se le realizaron mediciones de temperatura y se detectaron altos niveles de temperatura, lo cual podría ser indicativo de resistencias elevadas en conexiones o componentes eléctricos. La medición de la resistencia al aislamiento es especialmente importante ya que altos niveles de temperatura pueden acelerar el deterioro del aislamiento del motor, aumentando el riesgo de fallos eléctricos y cortocircuitos.

3.6 Metodología del proceso

Obtener la documentación técnica del fabricante de la extrusora, que incluya manuales de usuario, manuales de mantenimiento y diagramas eléctricos. Estos recursos te ayudarán a comprender mejor el equipo y sus componentes eléctricos.

- **Identificación de los componentes eléctricos:** Hacer un inventario de los componentes eléctricos de la extrusora, como motores, interruptores, relés, sensores, fusibles, contactores, etc. Identifica también los puntos de control y medición relevantes.
- **Medir parámetros del motor principal** para verificar su estado actual, revisar el panel principal para verificar el correcto funcionamiento de los equipos conectados al sistema.
- **Análisis de modos de falla:** Realizar un análisis de los modos de falla potenciales para cada componente eléctrico. Determinar las posibles causas de falla y los efectos que podrían tener en la operación de la extrusora.

- **Definición de tareas de mantenimiento:** Basándose en el análisis de modos de falla, establecer una lista de tareas de mantenimiento preventivo que deben llevarse a cabo periódicamente. Esto puede incluir inspecciones visuales, pruebas eléctricas, limpieza, lubricación, calibración, apriete de conexiones, etc.
- **Establecimiento de frecuencias de mantenimiento:** Determinar la frecuencia con la que se deben realizar las tareas de mantenimiento preventivo para cada componente eléctrico. Esto puede basarse en las recomendaciones del fabricante, las buenas prácticas de la industria y la experiencia previa con el equipo.
- **Desarrollo de instrucciones de trabajo:** Elaborar instrucciones de trabajo detalladas para cada tarea de mantenimiento. Estas instrucciones deben incluir los pasos a seguir, las herramientas necesarias, las precauciones de seguridad y cualquier otra información relevante.
- **Mejora continua:** Utiliza las herramientas del TPM, como el análisis de causa raíz y el análisis de pérdidas, para identificar oportunidades de mejora en el mantenimiento eléctrico. Busca reducir los tiempos de paro, optimizar los intervalos de mantenimiento y mejorar la confiabilidad y vida útil de los componentes eléctricos.

3.7 Preguntas de las entrevistas a los empleados y al jefe de mantenimiento de la extrusora 15

Preguntas de las entrevistas a los trabajadores

Realizar entrevistas a los trabajadores en el área de mantenimiento de la extrusora 15 es una herramienta que sirve para obtener información directa y específica sobre el funcionamiento de los equipos y los desafíos que hay que afrontar, mediante las siguientes preguntas:

¿Qué tipo de mantenimiento se debe realizar para evitar fallas? Con esta pregunta se busca comprender el nivel de conocimiento que los trabajadores tienen sobre las prácticas preventivas y correctivas necesarias para garantizar un funcionamiento óptimo de los equipos.

Nombre 3 fallas eléctricas más comunes: El objetivo de esta pregunta es identificar los patrones de problemas eléctricos recurrentes y la eficacia de los protocolos de la respuesta inicial.

¿Qué es lo primero que revisa en una falla eléctrica? Para esta pregunta se busca obtener información sobre las acciones que se realizan ante una falla eléctrica.

¿Tras una falla eléctrica indique que tipo de mantenimiento se realiza? Esta pregunta permite evaluar la eficiencia de las acciones tomadas después de un incidente eléctrico

¿Qué equipos deben utilizar mantenimiento eléctrico? Demuestra la disponibilidad en la empresa de los recursos necesarios para llevar a cabo un mantenimiento adecuado.

Preguntas de las entrevista al jefe de mantenimiento

La entrevista con el jefe de mantenimiento brinda una mayor perspectiva sobre el área de mantenimiento eléctrico y sus implicaciones en la producción, se realizaron preguntas que permiten identificar los problemas más urgentes, sus repercusiones y sugerencias clave para mejorar la confiabilidad y eficiencia de la maquinaria.

¿Cuáles son las causas de paradas eléctricas más comunes que afectan a la producción? Donde se busca identificar patrones y tendencias de interrupciones que podrían ser recurrentes. Esta información permite tomar medidas preventivas específicas para abordar estos problemas y reducir el tiempo de inactividad no planificado.

¿Qué impacto han tenido las fallas eléctricas? Permite identificar las consecuencias directas e indirectas de las interrupciones eléctricas en el proceso de producción

Recomendaciones para reducir el número de falla eléctricas. Proporciona una oportunidad para aprovechar la experiencia y conocimientos del jefe de mantenimiento en la identificación de soluciones preventivas y mejoras en los procedimientos. La retroalimentación del jefe de mantenimiento contribuye directamente a la formulación de estrategias proactivas para mitigar los riesgos y optimizar la confiabilidad del sistema eléctrico.



CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Diagnóstico y situación actual

Trilex SA es una empresa que se dedica a la fabricación de diferentes tipos de fundas plásticas. Dentro de las diferentes áreas de encuentra una gran cantidad de maquinaria que recibe únicamente mantenimiento correctivo, lo que detiene la producción; Con el uso de los pilares de la TPM se busca mejorar la productividad y la vida útil los equipos, también mejorar la seguridad de los empleados.

Para realizar esta investigación se ha creado una tabla 3 donde se muestran los distintos equipos que forman parte en el proceso productivo en la extrusora n15.

Equipo	Imagen referencial
<p>Conjunto de sopladores de ring de aire ventilador de aire de entrada y salida</p>	
<p>Motor principal</p>	

<p>Reductor principal</p>	
<p>Conjunto de cuchillas de corte</p>	
<p>Variador del motor principal</p>	
<p>Unidad de bobinado</p>	

TABLA 3 EQUIPOS DE LA EXTRUSORA N15

Fuente: [Autores]

4.2 Estructura de trabajo

En el siguiente organigrama se muestra que la continuidad de los procesos dentro de la empresa es realizada por personal competente, donde se muestra la estructura de trabajo y se detallan los diferentes niveles de jerarquía:

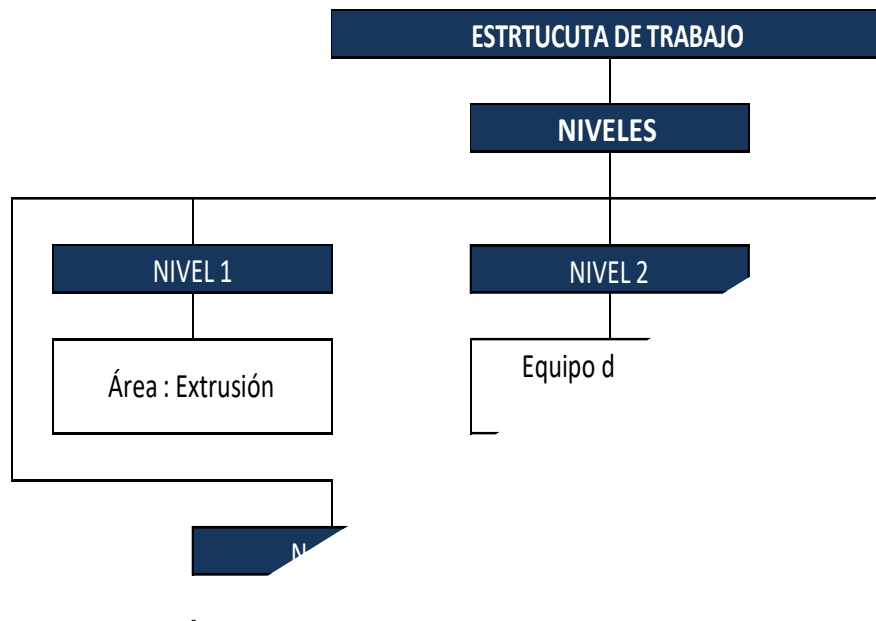


FIGURA 8 ORGANIGRAMA DE TRILEX

Fuente: [Autores]

El mercado de plásticos es altamente competitivo debido a la gran cantidad de compañías existentes. En consecuencia, se han implementado a lo largo de la historia diferentes herramientas y técnicas con el fin de mejorar la productividad de la organización. Con la herramienta TPM se busca desarrollar un sistema de mantenimiento integrado que sirva para mejorar el rendimiento de los equipos existentes sin generar más costos de mantenimiento, logrando reparaciones y mantenimientos programados por parte de los propios operadores. A continuación, se realiza un análisis de las áreas de la empresa donde se quiere implementar el sistema TPM.

4.3 Análisis de costos y mantenimiento de equipos

Se procedió a realizar un análisis de los datos brindados por la empresa Trilex donde muestran los costes de mantenimiento por contratación externa; Este análisis también arrojó como información importante que a la gran mayoría de equipos de la extrusora solamente se les aplica mantenimiento correctivo. En la tabla 4 muestra el costo de mantenimiento de cada uno de los equipos que conforman la extrusora 15 en el año 2022.

Subconjunto	Costo mantenimiento
Motor Principal	\$ 2,248.51
Reductor de accionamiento principal	\$ 4,492.22
Gravimétrico	\$ 2,439.93
Túnel/Tornillo	\$ 1,055.90
Porta Filtro	\$ 793.63
Bloque Fijo o Zona Giratoria	\$ 34.96
Cabezal	\$ 1,048.01
Sistema de Enfriamiento	\$ 5,090.16
Canasta	\$ 611.64
Giratorio	\$ 99.35
Rodillo de Tiro	\$ 966.00
Sistema reversible	\$ 16.94
Tratador	\$ 2,185.74
Impresión en línea	\$ 429.04
Alineador de película	\$ 53.76
Pre-arrastre	\$ 1,653.14
Bobinador	\$ 8,294.67
Tablero Eléctrico	\$ 6,669.35
Total	\$ 38,182.95

TABLA 4 COSTOS DE MANTENIMIENTO DE LA EXTRUSORA 15

Fuente: [Autores]

A continuación, se muestran un diagrama comparativo de los costos de mantenimiento de la extrusora 15 en el año 2022.



FIGURA 9 DIAGRAMA DE COSTOS DE MANTENIMIENTO EN LA EXTRUSORA 15

Fuente: [Autores]

4.4 Revisión de los instrumentos de mantenimiento y equipos

Se realizó una revisión completa de la instrumentación para realizar el trabajo; Lo que se encontró:

- Instructivo de trabajo
- Actividades que realizar
- Frecuencia de las actividades a realizar (Mensuales y Trimestrales)

Lo que no se encontró;

- Clasificación de las actividades a realizar por partes de la extrusora (Motor Principal, Caja reductora... etc.)
- Tiempo que se debe emplear en cada actividad
- Los recursos para cada actividad (Personal, herramientas, repuestos)

Visita a la empresa TRILEX

Durante la visita a la empresa TRILEX se realizaron mediciones para conocer el estado actual de los equipos que reportaban altas incidencias en la extrusora 15, en ellas se encontró con el motor principal, en el cual se realizaron mediciones con un multímetro digital y un medidor de temperatura. Como se muestra en las mediciones de la siguiente figura:

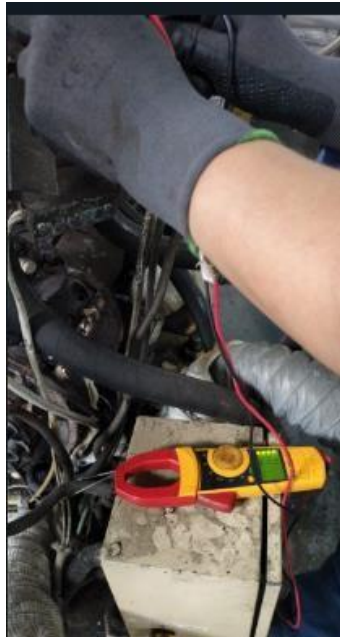


FIGURA 10 MEDICIÓN DE VOLTAJE EN EL MOTOR PRINCIPAL

Fuente: [Autores]

En el cual se encontraron con niveles elevados de temperatura que rondan los 63.3°C cuando la temperatura normal del motor debería ser de 55 a 60°C , este problema fue causado por una falla de rodamiento debido a la falta de lubricación en el equipo. A continuación, se muestra las mediciones de temperatura que se realizaron.



FIGURA 11 MEDICIÓN DE TEMPERATURA EN EL MOTOR PRINCIPAL

Fuente: [Autores]

Además, durante la visita se realizó un estudio de energía del motor trifásico principal conectado en estrella, el cual se realizó en un plazo de 4 horas con intervalos de medición cada 4 minutos para determinar su estado en operaciones normales. En la siguiente tabla se pueden ver el resultado de la medición constando de los valores máximos, medios y mínimos de la potencia activa capturados durante el tiempo de revisión;

Potencia Activa (kW)	A	B	C	Total
Max.	15.370 kW	16.392 kW	16.804 kW	47.672 kW
	10/08/2023 12:15:00	10/08/2023 15:25:00	10/08/2023 12:00:00	10/08/2023 12:00:00
Media	12.945 kW	14.939 kW	130832 kW	41.708 kW
Min.	12.220 kW	13.329 kW	12.165 kW	38.142 kW
	10/08/2023 12:50:00	10/08/2023 13:20:00	10/08/2023 12:45:00	10/08/2023 13:25:00

TABLA 5 RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE POTENCIA ACTIVA

Fuente: [Autores]

También siguiendo el proceso anterior se recogieron datos sobre el factor de potencia de desplazamiento, como se muestra a continuación:

Factor de potencia de desplazamiento (i)	A	B	C	Total
Max	0.98 ind	0.99 ind	0.98 ind	0.98 ind
	10/08/2023 11:35:00	10/08/2023 11:35:00	10/08/2023 11:45:00	10/08/2023 11:35:00
Media	0.98 ind	0.99 ind	0.98 ind	0.98 ind
min	0.98 ind	0.99 ind	0.98 ind	0.98 ind

	10/08/2023	10/08/2023	10/08/2023	10/08/2023
	13:40:00	15:05:00	14:10:00	13:40:00

TABLA 6 RESULTADOS DEL FACTOR DE POTENCIA DE DESPLAZAMIENTO

Fuente: [Autores]

También se decidió revisar el panel de control para verificar su estado y que todo funcionara correctamente, como se muestra en la figura 12 se realizaron mediciones en las conexiones y se determinó que las conexiones funcionaban correctamente y se mantenía dentro de los límites aceptables.

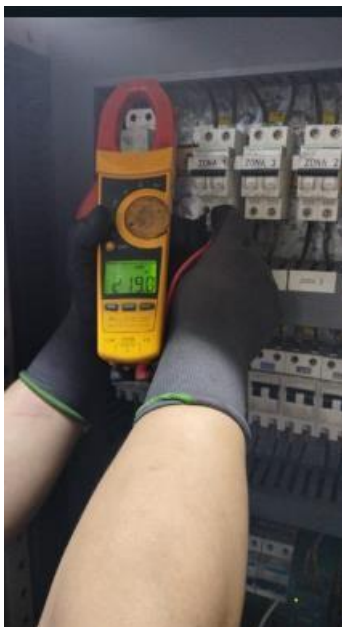


FIGURA 12 MEDICIONES EN EL PANEL DE CONTROL

Fuente: [Autores]

En el anexo 1 se muestra una visión general del panel de control donde se pueden observar sus conexiones eléctricas. Además de esto se realizaron diversas pruebas con el panel HDMI donde se mostró que los sensores funcionaban correctamente, Como se observa a continuación:

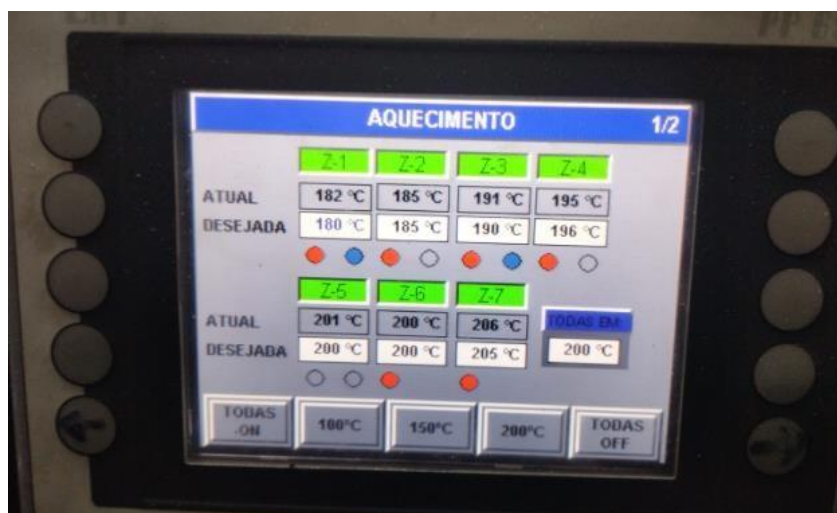


FIGURA 13 PRUEBAS DEL HDMI EN EL PANEL DE CONTROL

Fuente: [Autores]

4.5 Análisis de las TPM en la empresa

Durante el análisis y evolución de la situación actual de la empresa se procede a realizar un plan para implementar los pilares propuestos, esto debido a la mayor cantidad de breakdowns o fallas presentadas a continuación:

PRINCIPALES PERDIDAS A ELIMINAR	
Causa reportada	Suma de Item
Breakdowns en equipos principales	23,06%
Cambios y ajustes no programados.	12,33%
Breakdowns menores	2,30%
Pérdidas de arranque	18,23%
Defectos en el proceso.	22,24%
Reducción de velocidad	2,30%
Falla en el variador	17,23%
Total general	100,00%

TABLA 7 PRINCIPALES PERDIDAS QUE SE DESEA ELIMINAR EN LA EMPRESA

Fuente: [Autores]

Cabe recalcar que las paradas en el proceso de producción se debieron a fallas en los que equipos, por lo que fue necesario realizar mantenimiento correctivo para continuar con la producción.

4.5.1 Árbol de pérdidas

Para la correcta evaluación se procedió a realizar el respectivo arboles de pérdidas, para ello se recolectaron los datos sobre las principales pérdidas en la empresa.

El propósito principal del proyecto es crear un método de trabajo que se pueda aplicar a cualquier proceso productivo, lo que resultara en una mayor eficiencia de los equipos, una mejor utilización de los activos y, por ende, una mayor oferta y reducción de costos, sin afectar la calidad ni el precio del producto ofrecido. Se recolectaron los datos de las principales pérdidas de la empresa en la tabla 8.

Pérdidas (80/20)	N°	%
Falla de bobinador	14	25,23%
Apagado Motor Pincipal	5	9,00%
Falla de tratador	4	6,93%
Falla de breaker de cabezal	3	5,53%
Falla electrica en cabezal	3	5,38%
Falla variador del rodillo de tiro	3	5,37%
Saturación material en filtro	2	3,61%
Falla de variadores	2	3,56%
Falla de gravímetro	2	3,56%
Falla de Bomba generadora de Vacío	2	3,47%
Falla de cadena en bobinador	1	1,85%
Falla compresor de aire	1	1,84%
Falla zona giratorio	1	1,82%
Falla de Sistema de Aspiración	1	1,77%
Falla de canasta	1	1,76%

TABLA 8 PRINCIPALES PERDIDAS DE LA EMPRESA

Fuente: [Autores]

En base a los datos brindados por la empresa, se realizó, en la figura 14 un árbol de pérdidas que contiene las principales pérdidas que tiene la extrusora 15.

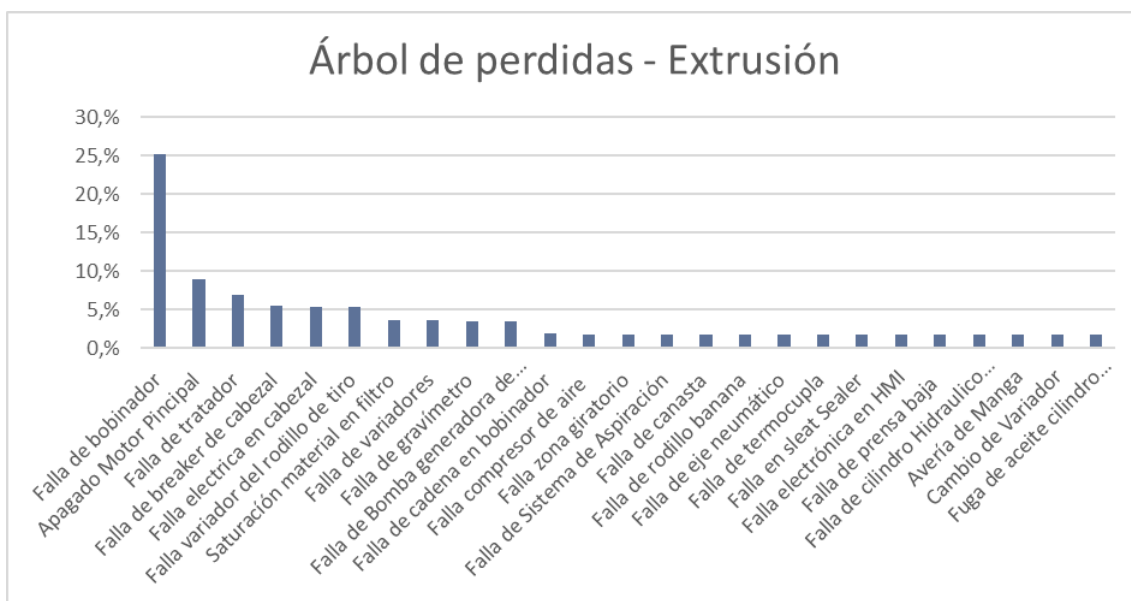


FIGURA 14 ÁRBOL DE PÉRDIDAS DE LA ZONA DE LA EXTRUSORA 15

Fuente: [Autores]

4.6 Nivel de criticidad

Según los datos otorgados por la empresa Trilex se realizaron diferentes clasificaciones para facilitar el análisis del nivel de criticidad, se dividen en los siguientes niveles.

Nivel 1 (Nivel Alto): Afecta directamente a seguridad (Atenta con la vida humana) Afecta directamente a la calidad (Aumento elevado del RPNC) Afecta directamente a la producción (Pérdida de productividad mayor al 150) Afecta directamente a mantenimiento (Poca probabilidad de obtener el repuesto apropiado).

			Criticidad Nivel 1 (ALTO)
Motor Principal	---	---	5
Reductor de accionamiento principal	Sistema de Enfriamiento	---	4
Tunel/Tornillo	Zona de Calentamiento 1	Resistencias (550W)	7
Tunel/Tornillo	Zona de Calentamiento 1	Termocupla	5
Tunel/Tornillo	Zona de Calentamiento 1	Blower	6
Tunel/Tornillo	Zona de Calentamiento 2	Resistencias (550W)	6
Tunel/Tornillo	Zona de Calentamiento 2	Termocupla	4
Tunel/Tornillo	Zona de Calentamiento 2	Blower	5
Tunel/Tornillo	Zona de Calentamiento 3	Resistencias (550W)	6
Tunel/Tornillo	Zona de Calentamiento 3	Termocupla	4
Tunel/Tornillo	Zona de Calentamiento 3	Blower	5
Porta Filtro	Zona de calentamiento	Resistencias (1000W)	6
Porta Filtro	Zona de calentamiento	Termocupla	4
Bloque Fijo o Zona Giratoria	Zona de calentamiento	Resistencias (750W)	5
Bloque Fijo o Zona Giratoria	Zona de calentamiento	Termocupla	4
Cabezal	Zona de Calentamiento 1	Resistencias (1350W)	7
Cabezal	Zona de Calentamiento 1	Termocupla	5
Cabezal	Zona de Calentamiento 2	Resistencias (1650W)	7
Cabezal	Zona de Calentamiento 2	Termocupla	5
Cabezal	Sistema de control	Termocontroles	5
Bobinador	Bobinador Superior	Motor-Reductor	5
Bobinador	Variador	---	5
Tablero Eléctrico	---	---	8
Tratador	Rodillos	Rodillo de Silicona	5
Tratador	Rodillos	Rodillos libres	4
Tratador	Transformador	---	5
Tratador	---	---	6
Rodillo de Tiro	Sistema Neumatico	---	8
Rodillo de Tiro	Motor-Reductor	---	8
Rodillo de Tiro	Rodillos	Rodillo cromado	7
Rodillo de Tiro	Rodillos	Rodillo de	6

TABLA 9 NIVEL 1 DE CRITICIDAD

Fuente: [Autores]

Nivel 2 (Nivel Medio) Producción: Afecta a la productividad en un valor que no supere al establecido. Calidad: Afecta alguna variable del proceso, pero se puede contrarrestar modificando otra variable, donde la calidad puede mantenerse, pero la productividad no. Mantenimiento: Mano de obra que no sobrepase las 8 horas de trabajo.

			Criticidad Nivel 2 (MEDIO)
Tolva	---	---	1
Sistema de Aspiracion	---	---	4
Bloque Fijo o Zona Giratoria	Zona de Giratorio	---	5
Sistema de Enfriamiento	Intercambiador de Calor	---	6
Sistema de Enfriamiento	Intercambiador de Calor	Canales de distribucion	5
Sistema de Enfriamiento	Intercambiador de Calor	Motor-Turbi na	5
Sistema de Enfriamiento	Ring de aire	---	5
Bobinador	Sistema Neumatico	Manometro/ Regulador	5
Bobinador	Sistema Neumatico	Válvulas	5
Bobinador	Sistema Neumatico	Cilindros Neumáticos	5
Bobinador	Sistema Neumatico	Mangueras de aire	5
Bobinador	Rodillos	Chumaceras	5
Bobinador	Rodillos	---	5
Bobinador	Cadenas	Transmisión	4
Bobinador	Cadenas	Porta rollo	4
Canasta	Motor-Reductor	---	4
Tratador	Sistema Neumatico	---	4
Tratador	Sensores	---	4
Rodillo de Tiro	Chumaceras	---	5

TABLA 10 NIVEL 2 DE CRITICIDAD

Fuente: [Autores]

Nivel 3 (Nivel Bajo) Seguridad: No afecta al equipo ni a las personas. Calidad: Variable del proceso que esta ligeramente desviada pero no llega a afectar a la producción ni calidad. Producción: Afecta el funcionamiento del equipo, pero no llega a afectar la productividad. Mantenimiento: No llega a tomar mucho tiempo, en búsqueda del repuesto y en el taller.

			Criticidad Nivel 3 (BAJO)
Tolva	---	---	8
Porta Filtro	Transductor de masa	---	4
Cabezal	Sistema de control	Visor analogico	5
Bobinador	Sensores	---	4
Impresión en línea	Sistema Neumatico	Manometr o/Regulad or	6
Impresión en línea	Sistema Neumatico	Manguera s de aire	5
Impresión en línea	Sistema Neumatico	Válvulas	5
Canasta	Sensores	---	5
Canasta	Cadenas de Transmision	---	4

TABLA 11 NIVEL 3 DE CRITICIDAD

Fuente: [Autores]

A continuación, se muestra en la tabla 12 un resumen del nivel de criticidad de los niveles vistos anteriormente.

Nivel de Criticidad	
Nivel 1	Alto
Nivel 2	Medio
Nivel 3	Bajo

TABLA 12 NIVELES DE CRITICIDAD

Fuente: [Autores]-TC Trilex.

4.6.1 Análisis de criticidad

4.6.1.1 Criticidad del plan de mantenimiento

Mediante los diagramas de Pareto mostraremos los niveles críticos que ha venido arrastrando la empresa desde el año 2022 hasta el 2023 en base a las fallas, paradas, gastos externos por mantenimiento.

Las gráficas son la representación más confiable para evaluar las condiciones de la fábrica Trilex S.A. Como es de conocimiento por lo antes mencionada Trilex S.A, está dividida por secciones de extrusoras y en la que nos hemos enfocado en la extrusora N°15, la gran mayoría de los equipos trabajan a una tensión de 380VAC y 440VAC, también algunos equipos trabajan en una tensión más inferior como 220VAC Y 110VAC.

Por otro punto los equipos que trabajan a 220VAC en su gran mayoría tienen arranque estrella triangulo sistema el cual ya se encuentra obsoleto, por lo que se contempla a futuro reemplazarlo por variadores de frecuencia o arrancadores suaves que permitan disminuir el estrés del equipo y de ser posibles aumentar la tensión a 440VAC.

Durante el año 2022 hubo eventos que provocaron mantenimientos correctivos, ocasionando gastos emergentes para la empresa entre ellos, la gran parte del sistema eléctrico, debido a la falta de mantenimientos preventivos. A continuación, mostramos las gráficas que indican los eventos antes mencionados.

COSTO O FACTOR	DETALLES
Servicio por asistencia externa	Comprende a la ayuda o apoyo de una empresa externa que se lucra de su asistencia profesional.
Cantidad de repuestos eléctrico	Es la cantidad de repuestos a ocupar, para la reparación de cualquier evento que haya acontecido un periodo de tiempo.
Costo unitario de repuesto eléctrico	Es el costo de cada uno de los repuestos eléctricos usados en el mantenimiento.
Costo total de repuestos eléctricos	Es el costo total de todos los repuestos eléctricos utilizados.

Totalidad	Incluimos los costos de servicio por asistencia externa y los costos de los repuestos eléctricos.
-----------	---

TABLA 13 COSTOS, FACTOR Y DETALLES DE MANTENIMIENTO

Fuente: [Autores]

Dada la tabla de costo y factor, podemos comparar en una balanza los problemas que estén surgiendo en la empresa con respecto a problemas eléctricos que será aplicable para todos los equipos, acometidas, primarias y secundarias. A continuación, se muestran un indicador promedio de fallas mensuales en la extrusora 15.

Maquina	Datos		
	N° de Fallas	Tiempo de falla (min)	%
Extrusora 15	9	1.665	100,00%
Total general	9	1665	100,00%

TABLA 14 INDICADOR MENSUAL DE FALLAS EN LA EXTRUSORA 15

Fuente: [Autores]

Durante el año 2022 la extrusora 15 reporto un promedio de 9 fallas mensuales. Los datos anuales brindados por parte de la empresa, se muestran los registros de fallas que han sido reportadas a lo largo del año 2022, en la tabla:

Mes	(Todas)
Semana	(Todas)
Año	2022
Cuenta de Ítem	Total
Causa reportada	
Avería de Manga	1
Falla de bobinador	13
Falla de gravímetro	1

Falla de prensa baja	1
Falla de Sistema de Aspiración	1
Falla de termocupla	1
Falla de tratador	2
Falla de variadores	2
Falla eléctrica en cabezal	3
Falla electrónica en HMI	1
Falla variador del rodillo de tiro	3
Falla zona giratoria	1
(en blanco)	9
Fuga de aceite cilindro Hidráulico	1
Falla de Bomba generadora de vacío	2
Cambio de Variador	1
Falla de cilindro hidráulico	
Bobinador	1
Saturación material en filtro	2
Falla de breaker de cabezal	1
Apagado Motor Principal	1
Falla de compresor de aire	1
Total general	49

TABLA 15 RESUMEN DE FALLAS DE LA EXTRUSORA 15 EN EL AÑO 2022

Fuente: [Autores]

4.6.2 Evaluación mensual de fallas

Trilex S.A otorgó detalles históricos de fallas del que abarcan desde el año 2014 hasta el año 2022, debido a información de parte de los supervisores, las fallas se han mantenido a lo largo de 4 años, se muestra el promedio de fallas mensuales de cada año en la planta en la tabla 16.

	FY 2014	FY 2015	FY 2016	FY 2017	FY 2018	FY 2019	FY 2020	FY 2021	YD 2022
BreakDown	6.628	3.492	2.123	3.369	6.613	11.303	2.585	1.566	1.071
Máximo(2000min)									

TABLA 16 REGISTRO HISTÓRICO DEL PROMEDIO DE FALLAS ANUALES

Fuente: [Autores]

Al comparar las fallas generadas del año 2022 con el año 2023 y el tiempo que llevó en solucionar el problema, se observa como los resultados no han cambiado. En la siguiente tabla observamos las fallas mensuales que ha tenido la extrusora.

	nov-21	dic-21	ene-22	feb-22	mar-22	abr-22	may-22	jun-22	jul-22	ago-22	sep-22	oct-22
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
BreakDown(min)	3.132	550	2.030	1.275	120	145	3.540	985	1.069	0	0	0
Nº Falla	18	3	7	6	1	5	5	10	10	0	0	0
Nº Falla max	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24

TABLA 17 FALLAS MENSUALES

Fuente: [Autores]

Con los datos obtenidos anteriormente tenemos un diagrama donde se visualiza las fallas históricas en la maquinaria de la empresa, de hecho, con los datos obtenidos, podemos calcular como hay perdidas a causa de las paradas.

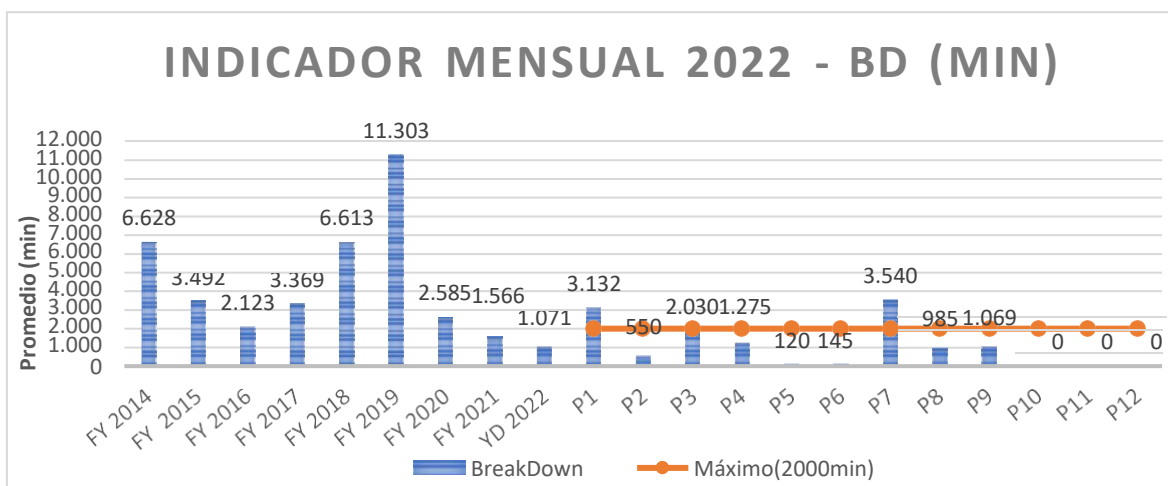


FIGURA 15 INDICADOR MENSUAL DEL AÑO 2022

Fuente: [Autores]

Observamos que el nivel crítico de los equipos tiene antecedentes de años anteriores, los índices de productividad crecen y decrecen en siguiente grafica representara el menos y tiempo que nos genera una perdida considerable.

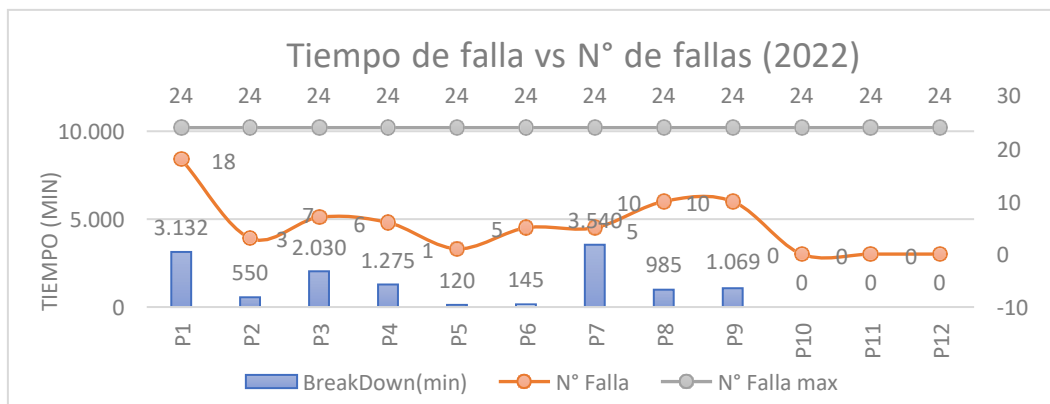


FIGURA 16 TIEMPO DE FALLA VS NÚMERO DE FALLA EN EL 2022

Fuente: [Autores]

Durante los meses de noviembre, enero, febrero, mayo, junio y julio vemos que en el análisis la baja producción de la extrusora, esto va en relación con las paradas por falla y mantenimiento que aumentan, en el anexo 2 se muestran todos los equipos referentes a la extrusora n15.

Con los resultados que se obtiene, se considera que la extrusora trabaja durante el año a un 94% de su capacidad nominal del 100%, ya que por están razones se ha considerado de manera urgente implementar el TPM.

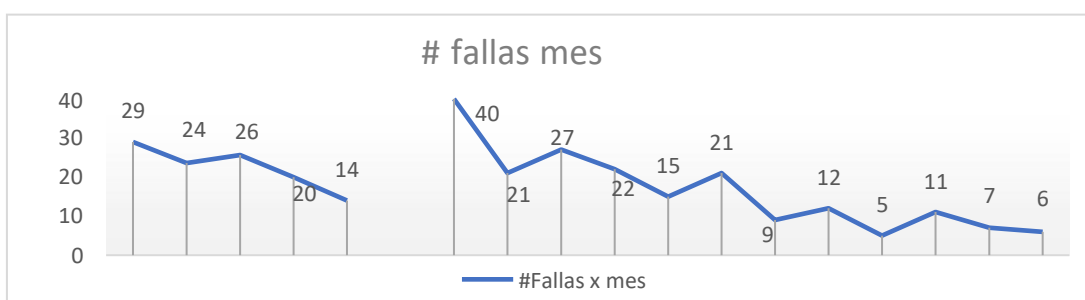


FIGURA 17 NUMERO DE FALLAS POR MES

Fuente: [Autores]

4.6.3 Análisis comparativo y costos por mantenimiento

Mediante análisis comparativo, procedemos a ver si existe mejoría por los trabajos realizados anteriormente por los técnicos; los planes de mantenimiento que se llevaron a

cabo durante los años 2021 y 2022 no presentan mejora alguna, es más siguen en el mismo deterioro y los e incrementan tanto los daños como los costos.

El análisis comparativo de costos es una herramienta que sirve para comparar y evaluar los costos asociados con diferentes opciones, productos o servicios. Permite a las organizaciones tomar decisiones informadas al considerar aspectos económicos y financieros. Aquí se presentan los pasos generales para realizar un análisis comparativo de costos:

- **Recopilar datos:** Reúne la información necesaria para evaluar los costos de cada opción. Puedes obtener datos de proveedores, investigaciones de mercado, registros internos u otras fuentes confiables. Asegúrate de obtener información precisa y actualizada sobre los costos asociados con cada opción.
- **Realizar el análisis:** Utiliza herramientas y técnicas adecuadas para analizar los costos. Algunas técnicas comunes incluyen análisis de costo y beneficio, análisis de costo y efectividad, el análisis de valor presente neto (VPN). Estas herramientas te ayudarán a evaluar y comparar los costos de manera cuantitativa.

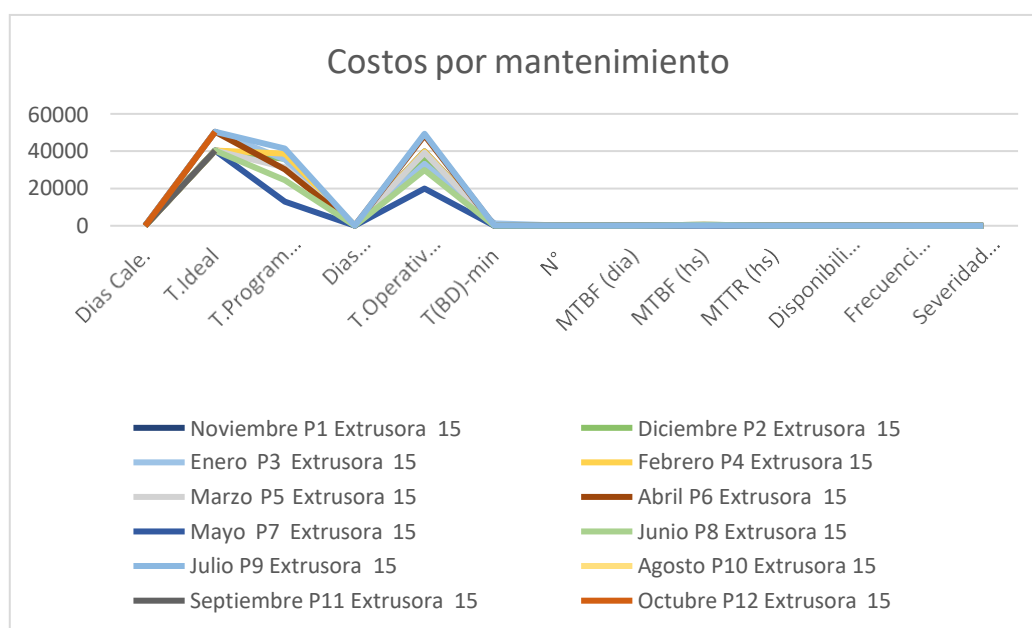


Figura 18 Costos de mantenimiento de la extrusora 15

Fuente: [Autores]

Trilex sa brindo datos sobre los costos de mantenimiento que tienen las maquinas que conforman la extrusora 15, en ella podemos ver el costo de mantenimientos correctivos separado en periodos.

Máquinas	P03		P04		P05		Total (\$)	Total (min)
	\$ Rep.	BD (min)	\$ Rep.	BD (min)	\$ Rep.	BD (min)		
Cortadora XL	\$ -	840	\$ -	269	\$ -	0	\$ -	1109
Perforadora 1	\$ -	0	\$ -	0	\$ 380,00	5760	\$ 380,00	5760
PRENSA								
HIDRÁULICA	\$ -	0	\$160,16	480	\$ -	0	\$ 160,16	480
Selladora 1	\$ -	0	\$ -	1140	\$ 280,00	2220	\$ 280,00	3360
Selladora 2	\$ -	3285	\$ -	0	\$1.237,00	30240	\$1.237,00	33525
Selladora 3	\$ -	3150	\$350,00	9426	\$ -	0	\$ 350,00	12576
Selladora 4	\$ -	3120	\$ -	8628	\$ -	0	\$ -	11748
Selladora 7	\$ -	0	\$ -	8515	\$ -	0	\$ -	8515
Total general	\$ -	10395	\$510,16	28458	\$1.897,00	38220	\$2.407,16	77073

TABLA 18 COSTOS DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE LA EXTRUSORA

15

Fuente: [Autores]

En base a los datos arrojados por la empresa se procedido a la realización de un gráfico con el objetivo de visualizar palpablemente el impacto del costo de mantenimiento en cada equipo.

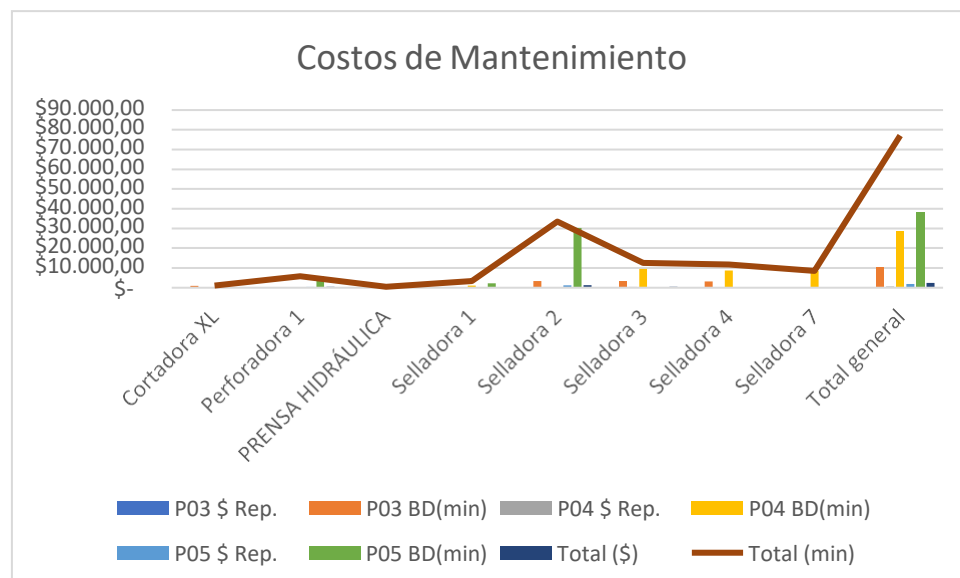


FIGURA 19 COMPARATIVA DE COSTOS DE MANTENIMIENTO

Fuente: [Autores]

4.6.4 Análisis e interpretación de entrevistas a los trabajadores y al jefe de Mantenimiento.

En el proceso de recopilación de información en un entorno industrial, las encuestas a empleados y al jefe de mantenimiento desempeñan un papel crucial. Estas encuestas permiten obtener perspectivas tanto desde la base operativa como desde la gestión, lo que enriquece la comprensión global de los desafíos y oportunidades en el área de mantenimiento de la extrusora 15, las respuestas de las entrevistas se encuentran en los anexos 4 -10.

Resultados de las entrevistas

El resultado de las entrevistas a los empleados muestra que ellos sí tienen nociones básicas sobre la importancia de realizar mantenimiento preventivo pero esto no se ha podido llevar a cabo debido a la falta de un plan de mantenimiento preventivo, la entrevista también arrojó que los principales fallos eléctricos de la extrusora 15 son: variaciones de voltaje, daños en los relés térmicos, daño en termo conductos, falsos contactos, cortocircuitos en algunos equipos, sobrecarga eléctrica y recalentamiento en los cables.

Las revisiones al momento de detectar las fallas eléctricas fueron realizar mediciones de voltaje y la revisión en las protecciones eléctricas. Sin embargo, las acciones tomadas al momento de detectar fallas es realizar mantenimiento correctivo resultando en elevados costos de mantenimiento, la empresa consta de algunos equipos básicos necesarios para realizar las mediciones eléctricas necesarias.

Mediante la entrevista realizada al jefe de Mantenimiento, nos indicó que, al ver una falla eléctrica en los equipos, cuentan con un personal Técnico, para las reparaciones, pero que al ver que el personal no tiene el conocimiento absoluto de dicha falla, optan por contratar una empresa externa que ayude a la solución de cualquier daño que este afectando la producción.

Al ver que los trabajadores no están capacitados y tampoco cuentan con los implementos necesarios, el jefe de Mantenimiento propuso la capacitación de los empleados para el desarrollo técnico y tener los conocimientos para la solución de los problemas más frecuentes del sistema eléctrico. Y así dar efecto a un plan de mantenimiento estable y que reduzca las paralizaciones que existen dentro de la empresa Trilex S.A.

4.7 Breakdown de la extrusora N15.

Al hablar de breakdown (avería o ruptura), indicamos que son los daños que sufre algún equipo de las extrusora N15, en este caso de las fallas eléctricas, entre las más comunes son las siguientes:

Ítem	Causa reportada	Total general
1	Falla de gravímetro	1
2	Falla de termocupla	1
3	Fallas eléctricas en el cabezal	3
4	Falla de bobinador	13
5	Falla de sistema de aspiración	1
6	Falla de variadores de frecuencia	2
7	Falla eléctrica en el cabezal	3
8	Falla eléctrica en HMI	1
9	Falla de variador en rodillo de tiro	3
10	Falla de zona giratoria	1
11	Cambio de variador	1
12	Falla de breaker de cabezal	1

TABLA 19 BREAKDOWN DE LA EXTRUSORA N15

Fuente: Datos obtenidos de la empresa Trilex S.A

Los doce puntos que se presentan en la tabla son las fallas más comunes, por lo que son causantes de las paradas que tiene la empresa afectando su producción, hay eventos como los atascamientos en los rodillos los cuales causan que exista un calentamiento en el motor, cables y demás componentes por lo que al forzar el motor sube su amperaje ocasionando falla en el equipo.

Total de Breakdowns en planta

Mes	N° de Fallas	Σ Tiempos [min]
Nov	18	3132
Dic	3	550
Ene	13	12425
Feb	16	29733
Mar	10	57695
Abr	13	21275
May	9	20235
Jun	8	1070
Jul	14	26749
Ago	0	0
Sep	0	0
Oct	0	0
Σ Total	104	172864

Tabla 20 Total de Breakdowns

Fuente: [Autores]

A continuación, podremos observar un diagrama de Pareto donde se visualizan el número total de breakdowns que existen en las máquinas de la planta.

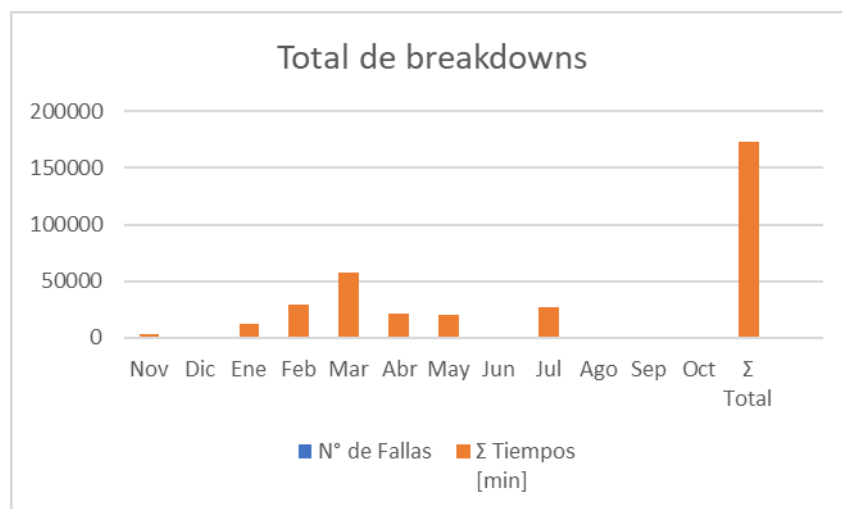


FIGURA 20 TOTAL DE BREAKDOWNS EN LA PLANTA

Fuente: [Autores]

Principales motivos de Breakdown

En el transcurso de las visitas a la empresa Trilex S.A, realizamos una breve encuesta tanto a los jefes encargados de áreas de extrusión y a los empleados acerca de los principales índices de paralización en la fábrica y pudimos concretar los siguiente:

Detalles	Total	Porcentaje
Falta de mantenimiento eléctrico preventivo	4	31%
Falta de herramientas	3	23%
Escasez de un plan de mantenimiento	6	46%
Total	13	100%

TABLA 21 RESULTADO DE LAS ENCUESTAS

Fuente: [Autores]

La finalidad de identificar desde su perspectiva la razón de las paralizaciones en la fábrica son para ponderar las posibles causas de mayor a menor prioridad en las líneas de producción A continuación, se muestra un gráfico donde se visualizan los resultados de las encuestas.

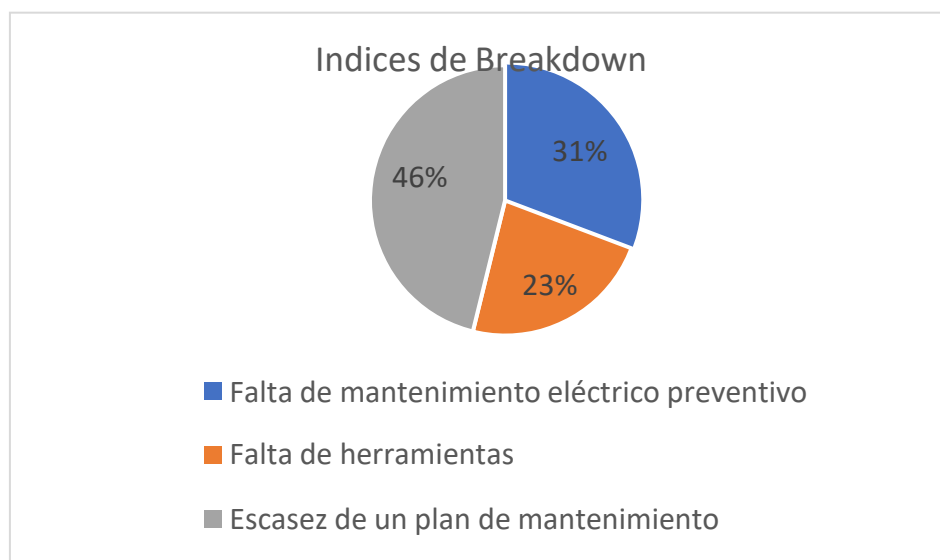


FIGURA 21 RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

Fuente: [Autores]

Podemos observar que el 46% de las personas que trabajan en Trilex S.A nos indican que la producción se paraliza debido a que hay una escasez de un plan de mantenimiento que genere las fallas eléctricas antes mencionadas, el 31% señalo como la falta de mantenimiento eléctrico preventivo en los equipos ya que va de la mano con la escasez de un plan de mantenimiento, ciertos equipos se encuentran con partículas de polvo los cuales son causantes de las avería en los variadores y otros equipos y sobre todo la sobre corriente. Y uno de los motivos también en la falta de herramientas que se encuentra con el 23% de esta encuesta, es importante el uso de herramientas y equipos certificados ya que son los principales en garantizar el trabajo que se realice en cualquier tipo de mantenimiento.

4.8 Análisis termográficos en la extrusora 15

Un análisis termográfico exhaustivo fue llevado a cabo en la extrusora 15, centrándose en las conexiones clave de la máquina principal. A continuación, se muestra el lugar de análisis:



FIGURA 22 CONEXIONES PRINCIPALES EN LA EXTRUSORA 15

Fuente: [Autores]

En la figura 23 los resultados revelaron un rango de temperaturas entre un mínimo de 36°C y un máximo de 57°C en estas áreas específicas. Estas temperaturas, aunque dentro de los límites operativos, indican una variabilidad térmica que merece atención. Las conexiones con temperaturas más elevadas pueden señalar posibles puntos de fricción o

resistencia eléctrica, lo que podría desencadenar problemas futuros. Con base en esta evaluación termográfica, se tomarán en cuenta para realizar el plan de mantenimiento y un seguimiento continuo para detectar cualquier posible incremento en las temperaturas.

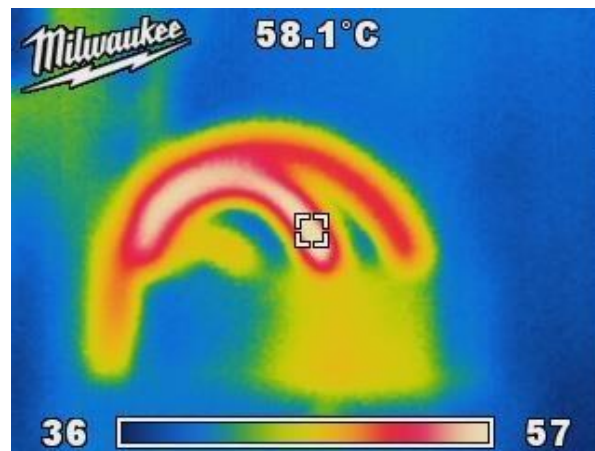


FIGURA 23 ANÁLISIS TERMOGRÁFICO EN LAS CONEXIONES

Fuente: [Autores]

Así mismo, se llevó a cabo un análisis termográfico en el PLC que se encuentra ubicado en el interior del panel de control.



FIGURA 24 PLC DEL PANEL DE CONTROL

Fuente: [Autores]

Como se muestra en la figura 25 las mediciones indican que las temperaturas se mantienen en un rango operativo saludable, con valores mínimos de 27°C y máximos de 38°C. Estas temperaturas son consistentes con las condiciones operativas normales y no presentan riesgos. Sin embargo, es crucial monitorear estas temperaturas de manera

continua para asegurarse de que no haya variaciones ni aumentos bruscos que puedan indicar un mal funcionamiento o problemas de enfriamiento. Mantener el PLC dentro de estos rangos térmicos contribuirá a prolongar su vida útil y a garantizar su rendimiento óptimo en el sistema de automatización.

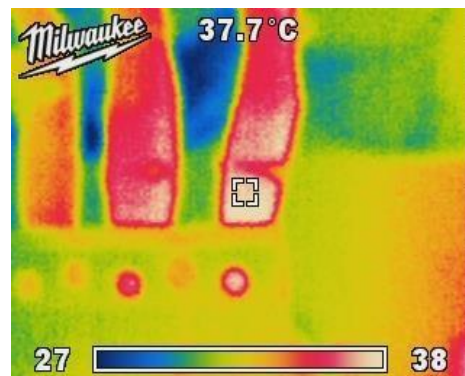


FIGURA 25 ANÁLISIS TERMOGRÁFICO EN EL PLC

Fuente: [Autores]

4.9 Registro de fallas de maquinas

La empresa Trilex S.A, nos suplió de un registro histórico de fallas de los equipos que se encuentran dentro de la extrusora N15, quisimos las facturas de mantenimiento realizada por proveedores externos, pero no fue posible ya que por ese medio se mide el grado de mantenimiento y los gastos por el mismo.

A continuación, presentamos la tabla de fallos más comunes en la extrusora N15.

Item	Area	Maquina	Sistema	Subsistema	Componente
701	EXTRUSION	Extrusora 15	Tratador		soporte rodillo tratador
712	EXTRUSION	Extrusora 15	Bobinador	Panel de control HMI	
719	EXTRUSION	Extrusora 15	Rodillo de tiro	N/A	variador
719	EXTRUSION	Extrusora 15	Canasta		
721	EXTRUSION	Extrusora 15	Motor Principal	N/A	motor
737	EXTRUSION	Extrusora 15	Gravimétrico	Gravimétrico	
740	EXTRUSION	Extrusora 15			
747	EXTRUSION	Extrusora 15			
749	EXTRUSION	Extrusora 15	Gravimétrico	Gravimétrico	válvulas

TABLA 22 FALLOS MÁS COMUNES DE LA EXTRUSORA 15

Fuente: Datos obtenidos de la empresa Trilex S.A

Como podemos analizar hemos clasificado las fallas eléctricas y las fallas mecánicas, ya que simultáneamente van acompañadas de la mano, lo que podemos sacar en conclusión que las fallas mecánicas dependen de una falla eléctrica y viceversa.

Tipo de parada	Causa reportada	año	Fecha	Mes	Semana	Turno
Mecánico	Falla de tratador	2023	16-05-23	P03	19	T1
Electrónico	Falla electrónica en HMI	2023	16-05-23	P05	8	T1
Eléctrico	Falla variador del rodillo de tiro	2023	17-05-23	P05	15	T2
Mecánico		2023	20-05-23	P05	15	T2
Eléctrico		2023	02-06-23	P05	16	T3
Mecánico	Saturación material en filtro	2023	02-06-23	P08	25	T2
	Falla de bobinador	2023	11-06-23	P09	26	T1

	Falla de bobinador	2023	11-06-23	P09	26	T1
Eléctrico	Falla de Gravímetro	2023	11-06-23	P09	29	T2

TABLA 23 CLASIFICACIÓN DE TIPO DE FALLAS EN LA EXTRUSORA 15

Fuente: [Autores]

A continuación, se muestra una tabla que contiene los datos de los tiempo y causas de parada sen la extrusora 15, esta incluye lo que observaros los operadores y la solución que tuvo está parada.

Tiempo de parada	¿Qué observa el operador?	Factores de causa	Solución
1320	Soportes laterales de rodillo tratador, genera arco por fisura.	Punto débil de diseño	Por decisión enfocado a la seguridad, se decide paralizar máquinas, se realiza el cambio de soporte de material acrílico, la máquina se entrega a las 20H00 (24-01-2022).
15	calibración de tovet bobinadores	Condiciones Operacionales	Falla de calibración en el HMI
10	Rodillo de tiro paralizado	Deterioro Natural	Máquina paralizada por rodillo de tiro, se queda inhibido, se resetea variador de frecuencia. Paralizada desde las 12H45 hasta las 13H45
50		Deterioro Natural	Ajuste y calibración de brazos en canasta. Paralizada desde las 12H45 hasta las 13H45
10	Motor principal se apaga	Condiciones Operacionales	Motor principal paraliza por presión de masa que supera el seteo de seguridad por causa de saturación en el filtro. Paralizada desde las 21H30 (20-04-22) hasta las 21H40 (20-04-22)
90		Deterioro Natural	
15			
10			

145	Otros	Deterioro Natural	La máquina paralizada por falla en el gravimétrico, se realiza mantenimiento preventivo, se revisa conjunto de válvulas y se calibra celdas de balanza 250 minutos
-----	-------	-------------------	--

TABLA 24 TIEMPO Y CAUSAS DE PARADAS

FUENTE: LA EMPRESA Y ELABORACIÓN PROPIA

En base a la clasificación mostrada anteriormente, se muestra una comparación de las principales causas que provocaron la parada de la extrusora 15.

Tipo de parada	%
Eléctrico	52,83%
Mecánico	41,51%
Electrónica	3,77%
Lubricación	1,89%

TABLA 25 PORCENTAJE DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE PAROS EN LA EXTRUSORA 15

Fuente: [Autores]

Donde podemos observar que las principales causas de paradas en la extrusora se deben a problemas eléctricos (52,83%) lo que significa que se encuentra en la zona de máxima prioridad para tener en cuenta al momento de realizar el plan de mantenimiento. Seguido de problemas mecánicos que también tienen un gran impacto (41,51%) que deberán tener un plan de mantenimiento estricto. Y terminando con causas que requieren una mínima prioridad como Electrónica (3,27%) y lubricación (1,89%) que a pesar de tener un bajo impacto en las causas de paradas de la extrusora 15, dichas causas serán tomadas en consideración al momento de realización del plan de mantenimiento.

Árbol de fallos

Se desarrolló un árbol de fallas que consta de las principales fallas de la extrusora 15, para facilitar el análisis se incluyeron datos de las paradas eléctricas, mecánicas, electrónicas y de lubricación. Como se muestra en la figura 26.

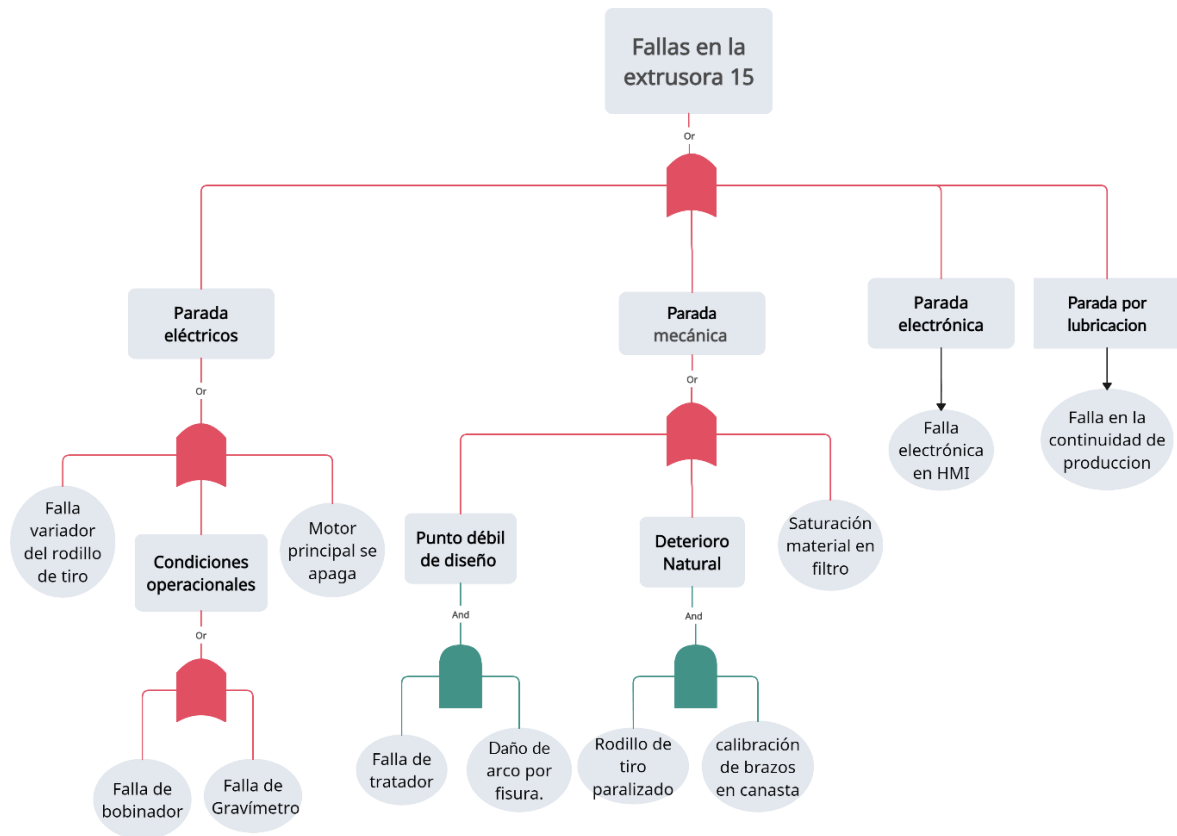


FIGURA 26 ÁRBOL DE FALLOS EN LA EXTRUSORA 15

Fuente: [Autores]

4.10 Análisis de cada equipo fallido.

Todo se basa a la utilización del equipo, es por eso por lo que evaluaremos el plan de mantenimiento de acuerdo con el grado puntuaciones y prioridades.

PUNTUACION	PRIORIDAD	DESCRIPCION
≥ 30	Prioridad 1	Se tendrán en cuenta un plan te mantenimiento estricto del sistema eléctrico de los equipos importantes.
29 a 20 puntos	Prioridad 2	Mantenimiento eléctrico con normalidad, de los equipos.

≤ 20 puntos	Prioridad 3	Mantenimiento eléctrico de menor importancia, sin descuido.
------------------	-------------	---

TABLA 26 GRADO DE PUNTUACIONES Y PRIORIDAD

Fuente: [Autores]

Como podemos observar, aquí encontramos que tipo de parada representa la falla (eléctrica o mecánica), comúnmente son fallas de bobinador al momento de que el variador detecta un atascamiento, manda directamente a falla lodo el equipo, este atascamiento puede ser por falta de mantenimiento, aunque también existen fallos en las zonas de Alipe que consta de Sensores y Servomotores, la zona de calentamiento que consta de Termocupla y Cabezales, la zona de canasta que se encarga de funciones de apertura, cerrado, subida y bajada, y por último las zonas de las mezcladoras que consta de Gravímetro, tolva, tablero eléctrico y sensores.

Bobinadora

La bobinadora es una maquina muy importante ya que es complemento de la extrusora, en ella nos encargamos de enrollar el pastico que será utilizado para las fundas para el banano, tiene un alto grado de producción.

Factor	Puntuación
Tasa de uso	5
Impacto en la línea de producción.	5
Volumen mensual de productos desperdiciados debido a incumplimientos en los estándares de calidad	5
Influencia en calidad del producto	5
Costos de mantenimiento	3
Cantidad de horas de inactividad debido a fallos	2
Nivel de competencia requerido	4

Efecto de las averías sobre la seguridad	3
TOTAL	32

TABLA 27 ANÁLISIS DEL GRADO DE PRIORIDAD DE LA BOBINADORA

Fuente: [Autores]

Se obtiene un puntaje de análisis de la BOBINADORA de 32 puntos, por lo tanto, se lo considera equipo de prioridad 1.

Alípe/Sensores/Servomotores

Como todos los componentes, el alípe, los sensores y el servomotor están ligados al sistema eléctrico, la zona de los sensores es primordial ya que se encargan de detectar que la película ingresa a la zona extrusión, su falla depende de que sus conexiones se encuentren en buen estado al igual que los cables y terminales de igual manera con el servomotor.

Factor	Puntuación
Tasa de uso	5
Impacto en la línea de producción.	5
Volumen mensual de productos desperdiciados debido a incumplimientos en los estándares de calidad	3
Influencia en calidad del producto	5
Costos de mantenimiento	4
Cantidad de horas de inactividad debido a fallos	2
Nivel de competencia requerido	5
Efecto de las averías sobre la seguridad	4
TOTAL	33

TABLA 28 ANÁLISIS DEL GRADO DE PRIORIDAD DE LOS ALIPE/SENSORES/SERVOMOTORES

Fuente: [Autores]

Después de finalizar con el análisis del alipe, sensores y servomotor se obtiene un puntaje de 33 ubicando a estos equipos en prioridad 1.

Termocupla, Cabezales – Zona de calentamiento

Se encuentra dividido por zonas, dentro de la extrusora 15 las termocuplas son las zonas 7 y 8 dentro un bloque fijo o zona giratoria, son de los componentes más importantes y se encargan de dar flexibilidad al material y darle forma al plástico ya que el calor lo hace maleable.

El cabezal los encontramos en la zona 9 y 10 aquí las resistencias son mucho mayores ya el calor se intensifica (zona 9 con 1700w – 380v) y (zona 10 con 3700w – 380v).

Factor	Puntuación
Tasa de uso	5
Impacto en la línea de producción.	5
Volumen mensual de productos desperdiciados debido a incumplimientos en los estándares de calidad	3
Influencia en calidad del producto	4
Costos de mantenimiento	1
Cantidad de horas de inactividad debido a fallos	1
Nivel de competencia requerido	3
Efecto de las averías sobre la seguridad	2
TOTAL	24

- *TABLA 29 ANÁLISIS DEL GRADO DE PRIORIDAD DE LAS TERMOCUPLA, CABEZALES – ZONA DE CALENTAMIENTO*

Fuente: [Autores]

Después de finalizar con el análisis de termocuplas – zonas de calentamiento se obtiene un puntaje de 24 ubicando a estos elementos en prioridad 2.

A diferencias con otros elementos las termocuplas deben estar siempre en constantes supervisión ya que si se altera puede ocasionar problemas de quemaduras del material, al momento de su inspección debe estar a una resistencia nominal de un $\pm 20\%$, es decir su estado de conexión eléctrico debe ser verificada, mucho más si procedemos a implementar el TPM.

Canasta – funciones de apertura, cerrado, subida y bajada.

Con ayuda de los sensores la canastilla tiene la capacidad de realizar funciones con grados de libertad como son: abrir, cerrar, subir y bajar todo esto gracias a los sensores que se localizan en ella y sobre todo las configuraciones que se han ingresado en PLC, podemos calificar que es esencial la función de este elemento ya que también contiene tanto sistema eléctrico como electrónico que permite el desempeño de su función.

Factor	Puntuación
Tasa de uso	5
Impacto en la línea de producción.	3
Volumen mensual de productos desperdiciados debido a incumplimientos en los estándares de calidad	2
Influencia en calidad del producto	2
Costos de mantenimiento	3
Cantidad de horas de inactividad debido a fallos	1
Nivel de competencia requerido	3
Efecto de las averías sobre la seguridad	1
TOTAL	20

TABLA 30 ANÁLISIS DEL GRADO DE PRIORIDAD DE CANASTA – FUNCIONES DE APERTURA, CERRADO, SUBIDA Y BAJADA.

Fuente: [Autores]

Después de finalizar con el análisis de la canasta se obtiene un puntaje de 20 ubicando a este elemento en prioridad 3.

Gravímetro/cámara mezcladora/tolva/tablero eléctrico/ sensores

El gravímetro es el encargado de sensar la gravedad de daños que se encuentren en cada componente que este anexo a él, en el caso de Trilex S.A, está la cámara mezcladora, la tolva, el tablero eléctrico, sensores y también el sistema de absorción.

Estos equipos al estar enlazados en el gravímetro su mantenimiento es unánime, es decir si algún componente necesita un ajuste de bornes, este proceso debe ser para todos al igual que su inspección eléctrica.

Factor	Puntuación
Tasa de uso	5
Impacto en la línea de producción.	5
Volumen mensual de productos desperdiciados debido a incumplimientos en los estándares de calidad	5
Influencia en calidad del producto	5
Costos de mantenimiento	5
Cantidad de horas de inactividad debido a fallos	2
Nivel de competencia requerido	4
Efecto de las averías sobre la seguridad	5
TOTAL	36

TABLA 31 ANÁLISIS DEL GRADO DE PRIORIDAD DE GRAVÍMETRO/CÁMARA MEZCLADORA/TOLVA/TABLERO ELÉCTRICO/ SENSORES.

Fuente: [Autores]

Después de finalizar el análisis del área de la canasta obtiene una puntuación de 36 ubicando a estos elementos en prioridad 1.

Se puede decir que es la parte más importante de la extrusora, por su gran enlace a los equipos antes mencionados, donde seremos muy reacios para aplicar el plan de mantenimiento y así evitar paradas por averías.

4.11 Aplicación del TPM (Plan de Mantenimiento Total)

El TPM es una herramienta que implementa la mejora continua como un pilar importante el cual se dejó de usar debido al cambio de jefatura la cual no tenía los conocimientos específicos en el uso del TPM.

A partir del año 2022 de empresa Trilex S.A, implemento el Departamento de mejora continua, el cual se encuentra en funcionamiento no en su totalidad ya que existe aún falencias en él mismo, dando como resultados el no mejoramiento de la extrusora N15 donde daremos nuestro plan de mantenimiento preventivo de manera estratégica.

Los empleados en su gran mayoría no tienen conocimiento sobre el TPM (Plan de Mantenimiento Total) es decir no han recibido capacitación de esta herramienta fundamental, esto compromete a todas las áreas como, mecánica, eléctrica, electromecánica entre otro.

4.12 Periodicidad de mantenimiento en la extrusora N15 empresa Trilex S.A

En base a lo expuesto por los trabajadores, laboran mediante una programación laboral esta puede ser diaria, semanal o mensual. Aunque no es algo rutinario, ya que existe la escasez de información en TPM, y la falta de plan de mantenimiento.

Gracias a la ayuda de la empresa pudimos acceder a la tabla de periodicidad con que organizan fechas de mantenimiento y de los trabajos a realizar y el tiempo en que se debe ejecutar, material que nos ayudara para mejorar mucho un plan de mantenimiento total, en dicho cuadro podemos observar cómo se organiza los mantenimientos a base de códigos tanto de los equipos como las áreas a trabajar.

CÓDIGO 1	(Todas)	▼
PERIODICIDAD (DIAS)	(Todas)	▼
Etiquetas de fila		Suma de TIEMPO(MIN)
● APHD90180		80
Inspección del servomotor		30
Inspección rodillos		20
Verificar funcionamiento		30
● APHD9030		25
Inspeccion de la Baliza		5
Inspección de sensores		20
● APHD9090		15
Inspección del tablero de control		15
● BFZGHD9090		120
Revisión de estado de Resistencia y sus conexiones.		90
Revisión de termocuplas en zona 8		10
Revisión de termocuplas zona 6		10
Revisión de termocuplas zona 7		10
● BOHD90180		210
Inspección de cilindros neumáticos lineal		180
Inspección mecanismo leva seguidor		30
● BOHD9030		730

Tabla 32 Recursos de departamento de mantenimiento 1

Fuente: Trilex SA

A continuación, se muestran el resto de los recursos de área de mantenimiento.

Inspeccion de fuga de aceite en caja reductora del bobinador interior y exterior	30
Inspeccion de la Baliza	300
Inspeccion de nivel de aceite en caja reductora del bobinador interior y exterior	30
Inspección del tablero eléctrico	
Limpieza interna del variador del bobinador interior y exterior	
Lubricacion de cadena	20
Revisar el buen funcionamiento	
Revisar el buen funcionamiento de cilindros neumáticos	120
Revisar el correcto funcionamiento y conexión del sensor que sensa el eje al ser bajado por los brazos para el cambio de eje	
Revisar el correcto funcionamiento y conexión del sensor ubicado en el mecanismo de leva seguidor	
Revisar el correcto funcionamiento y conexión del sensor ubicado en los brazos baja rollos	
Revisar que no exista ninguna falla de manera visual de las chumaceras y sus rodamientos ubicados en RX15-036	10
Revisar que no exista ninguna falla de manera visual de las chumaceras y sus rodamientos ubicados en RX15-040	10
Revisar que rodillo banana ubicado en RX15-035 gire con facilidad	10
Revisar que rodillo banana ubicado en RX15-039 gire con facilidad	10
Revisar que rodillos libres del bobinador interior y exterior giren con facilidad	180
Verificación del buen funcionamiento del variador de frecuencia del bobinador interior y exterior	
Verificar el estado de los ejes porta rollo.	10
● BOHD90360	120
Cambio de cadenas de transmisión ubicada en el motor-reductor sistema de cambio de eje porta rollo	120
● BOHD9090	725
Cambio de aceite a caja reductora del bobinador interior y exterior	90
Inspección de funcionamiento	30
Inspección de conexión eléctrica	180
Revisar el buen funcionamiento de las electroválvulas del bobinador interior y exterior	40
Revisar el buen funcionamiento del Manómetro/Regulador (Porta eje abajo) del bobinador interior y exterior	35
Revisar el buen funcionamiento del Manómetro/Regulador (Porta eje arriba) del bobinador interior y exterior	35
Revisar el buen funcionamiento del Manómetro/Regulador (Tensión 2A) del bobinador interior y exterior	35
Revisar el buen funcionamiento del Manómetro/Regulador (Tensión 2B) del bobinador interior y exterior	35
Revisar el buen funcionamiento del Manómetro/Regulador de la entrada principal del bobinador interior y exterior	35
Revisar que no exista fuga en mangueras de aire de 10 mm	180
Verificar estado y funcionamiento de los brazos tensionadores	30

TABLA 33 RECURSOS DE DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO 2

Fuente: Trilex SA

Entre los ítems que se observan tenemos mantenimientos programados, con su respectivo tiempo, podemos observar que hay mantenimiento tanto eléctrico como mecánico. Mediante las ejecuciones de trabajos se pudo observar que de los fallos más recurrentes se presentaron en distintas ocasiones y en diferentes zonas de las extrusora.

Por ejemplo, se paralizó la máquina por falla en el gravímetro, recién en el momento se procede a realizar un mantenimiento preventivo eléctrico, se revisa el conjunto de válvulas y se calibra la celda de balanzas 240 min.

Lo que significa que no se puede dejar que el equipo sufra un daño para recién en ese momento percatarnos que necesita mantenimiento en sus componentes, ya que estos aumentan los costos y significan un deterioro en la vida útil de la maquinaria.

Terminado ya el proceso de análisis, como los de fallas, tiempo de fallas, pérdidas y el análisis comparativo de costo, ahora mediante la metodología podemos presentar un plan de mantenimiento eléctrico preventivo.

Considerando la magnitud de la empresa el proceso llevara un tiempo considerable, sin embargo, el objetivo es que se presente la idea, el plan de mantenimiento y que proceda a ejecutarse, así tendremos mejor eficiencia de nuestros equipos eléctricos y mejor desempeño laboral.

4.12.1 Disponibilidad aplicando el plan de mantenimiento.

Como objetivo principal aplicando el plan de mantenimiento, es evitar la paralización de trabajo en la extrusora N15, sobre todo reducir considerablemente el tiempo de reparación (mantenimiento correctivo). Por lo que establecemos tiempos en los cuales realizaremos los mantenimientos eléctricos preventivos para evitar dichas paradas de trabajo y reducir el tiempo de reparación.

Cabe indicar que dentro de la extrusora N15 se cuenta con algunas maquinarias, es decir que se efectuara un plan de mantenimiento total por cada zona de trabajo, el cual se efectuara metas y un plan de funciones a realizar

Además, todos los integrantes de la empresa deberán ser capacitados incluyen, jefes Departamentales, jefes de área, técnicos eléctricos y el personal que se encarga de operar las maquinarias.

Considerando los cimientos del TPM, los cuales se basan en la 5's, estas bases son fundamentales y de carácter estricto para poder solidificar conocimientos y un buen desarrollo del Mantenimiento Productivo Total.

4.13 Implementación y Metodología de la 5'S

El presente trabajo se basa estrictamente en un plan de mantenimiento eléctrico preventivo dentro del sistema eléctrico, esta metodología 5'S la cual será implementada, dará como resultados: primero la mejoría de un ambiente laboral adecuado, agradable y normado, segundo a tomar mejores decisiones en seleccionar de manera prioritaria cual será la mejor inversión a nuestro plan de mantenimiento dentro de la empresa.

Clasificación (Seiri). – La primera etapa como se indica es la clasificación, aquí nos encargaremos de desechar lo innecesario, esto representa equipos viejos que se encuentren obsoletos, cables en mal estado o cualquier otro elemento que obstaculice el trabajo y evita dar más fluidez al sistema laboral.

Orden (Seiton). – Muy importante después de aplicar SEIRE (Clasificación), viene un asunto muy importante que es el orden, en nuestro caso el área de la extrusora N15 empieza a tener un orden estricto lo que ubica cada equipo en su área sin mezclarse con otra, cada equipo con su sistema eléctrico bien organizado, marquillado y con cables bien peinados para ubicar mejor cada elemento eléctrico, sobre todo ayuda a encontrar cualquier anomalía con mucha facilidad, también cada máquina con su respectivo tablero de control estrictamente normado.

Limpieza (Seiso). – Esto implica tener un área impecable, totalmente aseada, tanto en el área de maquinaria como el sistema eléctrico, esto ayuda mucho al desarrollo porque tenemos muchos equipos electrónicos como: variadores de frecuencias, PLC, HMI, contactores, guardamotors, entre otros equipos electrónicos y eléctricos. Al ser invadidos de impurezas como polvo, tierra, gases, pueden provocar daños en su sistema y por ende paralizando la producción y ocasionando gastos a la empresa de lo cual podemos evitar.

Estandarización (Seiketsu). – Todas las etapas y metodología 5'S son importantes, pero esta etapa de estandarización tiene un sentido muy importante con cualquier empresa ya que aplica en la humanidad de trabajador, en donde el obrero se acoja al trabajo como si

fuera un hogar en el cual es participe y su presencia sea importante y eficiente y por lo tanto motivado a desarrollar más su capacidad dentro del área laboral.

Disciplina y mantenimiento (Shitzuke). – La disciplina a decir verdad siempre es un reto en las personas, a unos se les dificulta más que otros, en el sistema eléctrico es importante este pilar aun que es el más difícil de cumplir, pero en la electricidad es de sebera importancia la disciplina ya que de eso depende la vida. Ya que al incumplir cualquier pilar de 5'S o alguna norma puede ocasionar grandes daños tanto económicos como un accidente que atente con la vida.

Adoctrinamiento del plan 5's: Dentro del World Class Manufacturing, se encuentran los pilares de 5's los cuales son los siguientes.

Son los cimientos fundamentales, donde la empresa Trilex S.A lograra efectuar el TPM, mediante programaciones de mantenimiento preventivo dentro de cualquier área, como se menciona en los puntos que anteceden se requiere de estricta disciplina para una empresa productiva.

- a. **Mejora continua:** La mejora continua con TPM es un enfoque integra que requiere un esfuerzo contante y el compromiso de toda la organización (Trilex S.A). Al implementar esta práctica, se puede lograr mejoras significativas en la eficiencia, la calidad y confiabilidad de los equipos y procesos de la empresa. Esta función requiere mucho de la tecnología un buen uso y explotación de esta.
- b. **Mantenimiento autónomo:** Los operarios de la maquinas industriales, deben realizar las tareas de mantenimiento rutinarias, inspecciones, limpieza, ajuste de todos los equipos. Esto ayudara a tener los equipos en óptimas condiciones y evitando averías.
- c. **Mantenimiento preventivo:** Este punto ya es un programa de mantenimiento basado en datos, análisis y sobre todo la experiencia en los equipos. La implementación exitosa del TPM requiere un fuerte compromiso de alta dirección y organización, proporcionar los recursos necesario para su implementación como

lubricantes, calibración, respaldos de piezas desgastadas y sistema eléctrico averiado.

- d. Mantenimiento planificado:** Se refiere a las actividades programadas y predefinidas que se llevan a cabo en un sistema, equipo o instalación con el fin de mantener su funcionamiento óptimo, prevenir fallas y maximizar su vida útil. Este tipo de mantenimiento se realiza de manera regular y periódica, siguiendo un plan establecido.

- e. Mantenimiento de calidad:** Se refiere a las actividades y procesos implementados para asegurar la realización de actividades de mantenimiento de manera efectiva, eficiente y cumplan con los estándares de calidad de la empresa. El objetivo principal del mantenimiento de calidad es garantizar que los sistemas, equipos o instalaciones se mantengan en óptimas condiciones de funcionamiento y que cumplan con los requisitos de rendimiento y fiabilidad.

- f. Trabajo administrativo:** El trabajo administrativo abarca una amplia gama de actividades y responsabilidades que se llevan a cabo en un entorno de oficina o empresa para garantizar un funcionamiento eficiente y ordenado. Los profesionales en roles administrativos desempeñan una variedad de funciones, que pueden incluir: gestión de documentos, comunicación, coordinación de agendas y programación, apoyo a la gestión, gestión de suministro y recursos, procesamiento de datos y tareas contables.

- g. Desarrollo y formación del personal:** El desarrollo y la formación del personal son componentes esenciales para el crecimiento y éxito de una organización. Estas actividades se centran en mejorar las habilidades, conocimientos y competencias de los empleados, permitiéndoles alcanzar su máximo potencial y contribuir de manera efectiva al logro de los objetivos organizacionales. Aquí hay algunas áreas clave relacionadas con el desarrollo y la formación del personal: Evaluación de necesidades, planificación de desarrollo, capacitación y talleres, mentorías y tutorías, aprendizaje en el trabajo, evaluación y seguimiento, oportunidades de crecimiento y promoción.

- h. Seguridad y entorno:** La seguridad y el entorno laboral son aspectos críticos para el bienestar de los empleados y el éxito de una organización. Al establecer medidas de seguridad, cumplir con las regulaciones, proporcionar formación y concienciación, promover una cultura de seguridad y realizar mejoras continuas, se puede crear un entorno laboral seguro y saludable.

4.14 Herramientas para abordar los problemas en la extrusora 15

Problema	Herramientas para aplicar	Solución	Objetivo estratégico	Recursos	Tiempo	Costos
Déficit de capacitación al personal técnico	5'S	Implementación y metodología de 5'S	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación del personal • Llevar un estricto control y organización de los equipos eléctricos • Crear un plan de mantenimiento con la metodología TPM 	Formatos sobre implementación en 5'S Manuales donde estén los procedimientos 5'S	4 meses 180 horas	\$2300.00
Falta de control de equipos eléctricos.						
Deficiencia de un plan de mantenimiento						
Fallas eléctricas constantes	Implementación y de gestión mantenimiento mediante TPM	TPM	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar una buena gestión de mantenimiento • Manejo y buen uso de las herramientas básicas. 	Plan estratégico de mantenimiento eléctrico preventivo	8 meses 360 horas	\$3800.00
Falta de mantenimiento eléctrico preventivo						
Constantes mantenimientos correctivos						
Falta herramientas de medición eléctrica.						


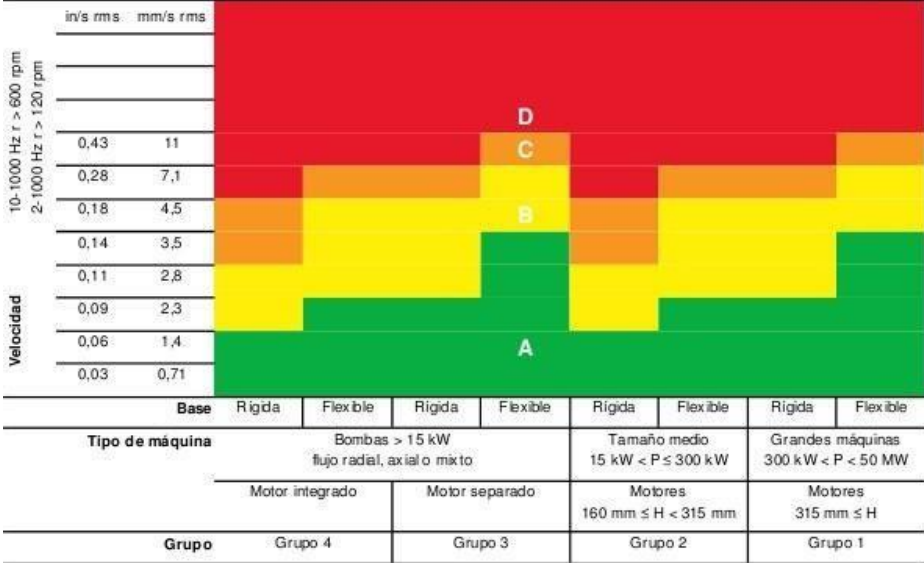
TABLA 34 SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS LA EXTRUSORA 15

Fuente: [Autores]

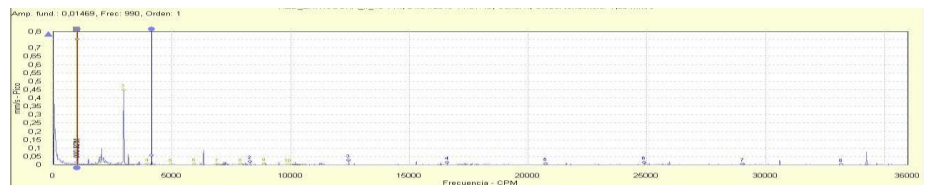
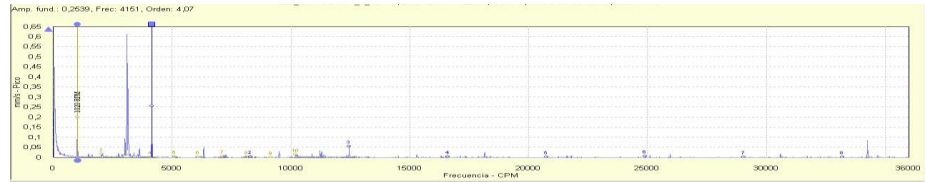
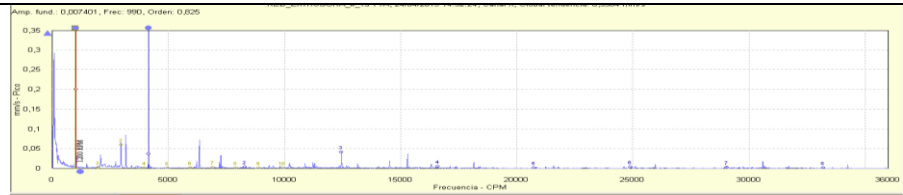
Informe de asistencia técnica debido a un ruido anormal en la caja reductora en la extrusora 15

En el motor principal que se muestra en el anexo 3, se detectó un sonido anormal en el motor, esto podría indicar problemas en la operación del motor, como desequilibrios en las fases, cortocircuitos o problemas de conexiones eléctricas. La medición de voltajes permitirá identificar fluctuaciones inusuales en los valores, lo que puede ayudar a determinar si el sonido anormal está relacionado con problemas eléctricos.

Además, se detectaron altos niveles de temperatura, un aumento excesivo de la temperatura en el motor podría ser indicativo de resistencias elevadas en conexiones o componentes eléctricos. La medición de la resistencia al aislamiento es especialmente importante ya que altos niveles de temperatura pueden acelerar el deterioro del aislamiento, aumentando el riesgo de fallos eléctricos y cortocircuitos.

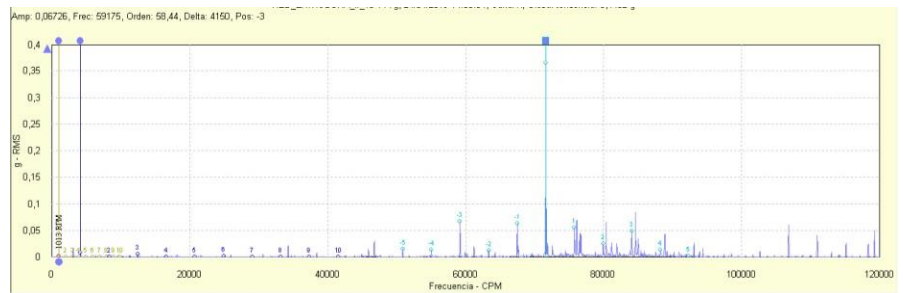
<p>Planta</p> 	<p>Transmisión Extrusora # 15:</p> <p style="text-align: center;">Esquema de Equipo</p>
<p>Antecedente:</p>	<p style="text-align: center;">Ruido anormal en motor de caja reductora</p>
<p style="text-align: center;"><i>Severidad de la vibración según la norma ISO 10816-3</i></p>	 <p>Tabla 5: Severidad de la vibración según la norma ISO 10816-3.</p>

	<p>Evaluación</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Zona A: Valores de vibración de máquinas recién puestas en funcionamiento o reacondicionadas. ■ Zona B: Máquinas que pueden funcionar indefinidamente sin restricciones. ■ Zona C: La condición de la máquina no es adecuada para una operación continua, sino solamente para un período de tiempo limitado. Se deberían llevar a cabo medidas correctivas en la siguiente parada programada. ■ Zona D: Los valores de vibración son peligrosos, la máquina puede sufrir daños.
<p>Vibraciones</p>	<p>Los criterios de vibración de esta NORMA ISO 10816-3 se aplican a un conjunto de máquinas con potencia superior a 15 kW y velocidad entre 120 RPM y 15.000 RPM.</p> <p>Los criterios de vibración solamente son aplicables para vibraciones producidas por la máquina y no son aplicables para vibraciones transmitidas hacia el equipo de fuentes externas.</p> <p>El valor recomendado para estos análisis es la RAIZ MEDIA (RMS) de la velocidad de la vibración se utilizada para determinar la condición de la máquina. Este valor está determinado con el analizador de vibraciones.</p>
<p>Análisis de condición</p>	<p>Se realiza el estudio de vibraciones a motor y caja reductora, siendo este equipo un motor de 4 polos que gira 1024 RPM durante la medición realizada.</p> <p>Para el análisis de condición del motor consideraremos la referencia indicada en la tabla # 5 y evaluaremos nuestras recomendaciones basadas en la norma ISO 10816-3.</p>
<p>Vibración</p>	<p>Análisis Espectral.</p> <p>Al realizar el análisis de vibraciones se puede indicar que la mayor amplitud de vibraciones encontradas son en lado acople horizontal a frecuencia de giro con 1.37 mm/s. esta frecuencia nos indica que la base es ligeramente flexible sin embargo no indica que sea una falla crítica.</p>



Espectro vibraciones

Por el histórico de mediciones realizadas se recomienda continuar seguimiento de amplitudes de vibraciones.



Frecuencia de fallo rodamiento en alta frecuencia

Análisis-Fallo de rodamientos

Al evaluar en espectros de vibraciones por posibles indicios de fallo de rodamientos de motor se puede indicar que a frecuencia de 4151 CPM (4.07X) con amplitud de 0.25 mm/s se evidencia tono asíncrono, por daño en los elementos rodantes (bolas).

Esta amplitud de vibraciones de 0.25 mm/s nos indica un daño incipiente el cual amerita seguimiento o cambio de los mismos si no se cuenta con un plan de mantenimiento predictivo donde se evalué la evolución en el tiempo de la falla.

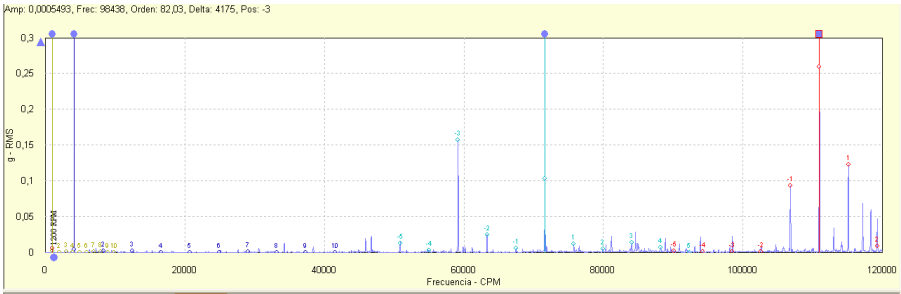
	<p>En las imágenes se muestra la presencia de la falla de rodamiento en muy alta frecuencia con bandas laterales de 4157 CPM</p>  <p style="text-align: center;">Frecuencia de fallo rodamiento en alta frecuencia</p>
<p>Conclusión.</p>	<p>Existe daño de rodamiento en una etapa inicial en los elementos rodantes de motor.</p> <p>Programar seguimiento de evolución de falla y/o extender periodo de cambio mediante seguimiento de falla.</p>

TABLA 35 INFORME DE MANTENIMIENTO

4.15 Plan de mantenimiento preventivo utilizando herramientas del sistema TPM

En base a los datos mostrados anteriormente se elaboró un plan de mantenimiento en el que se abordan distintos tipos de zonas que necesitan una inspección cada cierto tiempo, en este se detallan las actividades a realizar de manera mensual y trimestral para tener a los equipos en un estado optimo.

Frecuencia	Actividad
Mensual	<i>Limpe los filtros para aire del intercambiador de calor (blower)</i>
	<i>Verifique la calibración del sensor para aire, limpie el sistema y reajuste de ser necesario.</i>
	<i>Limpe el Filtro del tanque de la bomba de vacío del gravimétrico</i>
	<i>Limpe los tableros de control eléctrico usando aire comprimido.</i>
	<i>Limpe los motores usando aire comprimido.</i>
	<i>Verifique y/o reemplace cuchilla de corte y sello</i>

	<p>Limpie y lubrique la canasta guía de la película. Luego de la lubricación se procederá a recolectar los desechos originados por esta labor ubicándolos en los lugares de recepción de desechos contaminados con tintas e hidrocarburos.</p>
	<p>Verifique el estado del tratador de corona, si lo tuviese, repare y/o cambie partes si es necesario.</p>
	<p>Realice limpieza y/o reparación de la turbina de la bomba de vacío (succión) de las llenadoras de los gravímetros.</p>
	<p><i>Reportar al jefe inmediato si hay condiciones subestándares en la maquina o riesgo alguno de accidente.</i></p>
	<p><i>Verificar estado de carbones de bomba de vacío gravimétrico (Extrusora#15). Realizar limpieza de mallas separadoras de partículas que se encuentran dentro de bombas de vacío del gravimétrico (Extrusora#15).</i></p>
	<p>Cambie el aceite en la caja reductora de la Extrusora, de acuerdo a la (ET-630-CLE) Cuadro de Lubricantes y equivalentes Posterior a esto se recolectará el aceite cambiado y será depositado en el centro de acopio y los desechos originados por esta labor ubicarlos en los lugares de recepción de desechos contaminados con tintas e hidrocarburos.</p>
	<p>Limpie el sistema de enfriamiento por agua, de la tolva, y caja reductora principal, use aire comprimido y recolectar el agua obtenida de esta limpieza para su destino final en el desagüe.</p>
	<p>Reajuste líneas de fuerza y control en los tableros eléctricos.</p>
	<p>Verifique el estado de contactores, SSR, termo controles y termocuplas. Reemplace si es necesario.</p>
	<p>Verifique el estado de las resistencias, ajuste y/o reemplace de ser necesario.</p>

Trimestral	<i>Realizar ajustes, limpieza y calibración de pesos en gravimétrico.</i>
	Lubrique los rodamientos y chumaceras en rodillos de arrastre, rodillo de tracción y bobinador. Luego de esto recolectar los desechos originados por esta labor ubicándolos en los lugares de recepción de desechos contaminados con tintas e hidrocarburos.
	Verifique el nivel de aceite en los reductores de rodillos de arrastre, bobinador y prensa baja. Complete de ser necesario. Si llega a ocurrir derrames dejar limpia el área y esto recolectar los desechos originados por esta labor ubicándolos en los lugares de recepción de desechos contaminados con tintas e hidrocarburos.
	Verifique el funcionamiento de la calandra giratoria (Rodillo de Tiro). Limpie, lubrique y reajuste sus partes de ser necesario. Si existe lubricación esto recolectar los desechos originados por esta labor ubicándolos en los lugares de recepción de desechos contaminados con tintas e hidrocarburos.
	Verificar el buen funcionamiento de los dispositivos de seguridad si lotuviese
	Inspecciones los sistemas neumáticos, calibre. Corrija fugas de aire y prepare de ser necesario.
	Limpieza del sistema de enfriamiento de aire (ring de aire) ductos y motores.
	<i>Lubrique cadenas de arrastre y rodillos bobinadores Posterior a esto recolectar los desechos originados por esta labor ubicándolos en los lugares de recepción de desechos contaminados con tintas e hidrocarburos.</i>
	<i>Verifique estado de rodamientos en los motores y cajas reductoras y reemplácelos si es necesario.</i>

	<p><i>Verifique el estado del tratador de corona, repare y/o cambie partes si es necesario. Asegúrese que el control del tratador esté funcionando correctamente, revise sensores (película y rodillo) reemplace elementos si es necesario.</i></p>
	<p><i>Reportar al jefe inmediato si hay condiciones subestándares en la maquina o riesgo alguno de accidente.</i></p>

TABLA 36 PLAN DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO

CONCLUSIONES

En conclusión, la implementación de un Plan de Mantenimiento utilizando la metodología del TPM en los equipos eléctricos de la máquina Carnevalli H 90 demostró ser una herramienta efectiva para maximizar la disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria. La utilización de estas herramientas ha permitido identificar, abordar y prevenir de manera proactiva las principales fallas en los equipos, reduciendo el tiempo de inactividad no planificado. Este enfoque integrado ha contribuido a optimizar y mejorar la confiabilidad operativa en la producción de la extrusora 15 empresa Trilex.

Se realizó el análisis por medio de árbol de pérdidas junto con la técnica de Pareto ha resultado en una identificación precisa de las principales fallas eléctricas detectadas en las máquinas de la zona extrusora 15. Este enfoque ha permitido centrar los esfuerzos en abordar soluciones para las principales causas de las fallas más frecuentes.

Se realizó la definición de actividades específicas con una periodicidad adecuada para el mantenimiento preventivo de las principales fallas eléctricas en las máquinas extrusoras resulta en una prolongación de la vida útil de maquinaria y una mayor eficiencia operativa. Al establecer un cronograma de mantenimiento preventivo estructurado y realizar inspecciones regulares, se provee minimizar el riesgo de fallas imprevistas y reducir los tiempos de inactividad,

Se realizó las mediciones de equipos que no solo permitió identificar los problemas latentes, sino que también brindó la oportunidad de realizar un seguimiento del estado de los componentes a lo largo del tiempo, a través de estas mediciones, se logra obtener una comprensión precisa y cuantitativa de la condición de los componentes eléctricos de la maquinaria. Esta información proporciona una base sólida para la toma de decisiones sobre las acciones de mantenimiento y reparación que deben emprenderse.

RECOMENDACIONES

Ante la implementación de resultados del plan de mantenimiento TPM, se recomienda realizar un seguimiento continuo del programa y control de equipos, es importante mantener en un estado óptimo los equipos y sus componentes, por lo que se recomienda cumplir con las actividades descritas en el plan de mantenimiento.

Seguir proporcionando cursos y capacitación regular para los operarios encargados de la puesta en marcha de los equipos y de las actividades de mantenimiento con la finalidad de cumplir los objetivos.

La mejora continua es esencial para implementar un sistema de calidad, por lo que se recomienda seguir fomentando la participación de todo el personal para identificar y resolver problemas, teniendo en cuenta que esta información resultará valiosa para la aplicación del método y la comparación de resultados.

Se recomienda a la gerencia de la empresa que continúe con la implementación de las herramientas del TPM en las diferentes áreas de trabajo con el fin de potenciar la producción y la reducción de costes de mantenimiento en otras máquinas.

REFERENCIAS

- [1] M. Martínez, «Propuesta y validación de un modelo integrador de implantación del Mantenimiento Productivo Total (TPM). Aplicación en una empresa industrial», mar. 2016, doi: 10.4995/THESIS/10251/61492.
- [2] Keniche. Sekine, «Diseño de células de fabricación : transformación de las fábricas para la producción en flujo», 1993.
- [3] J. Molina, «Mantenimiento y seguridad industrial», *IMU: Ingeniería municipal, ISSN 0213-795X, N.º. 214, 2006, págs. 20-23, n.º 214, pp. 20-23, 2006*, Accedido: 7 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1974443>
- [4] O. Cáceres y A. GAMEZ, «Aplicación de la herramienta TPM para mejorar la productividad en el proceso de granallado, empresa JCB Estructuras S.A.C., 2019», 2019. Accedido: 2 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2619>
- [5] T. Suzuki, «TPM en industrias de proceso - Tokutarō Suzuki», 2017. https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=5IEPEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=tpm+en+entorno+industrial+libro&ots=kmPR480vL4&sig=6Nf_jbqSV7qUjXkFRZG-bflm630&redir_esc=y#v=onepage&q=tpm%20en%20entorno%20industrial%20ibro&f=false (accedido 2 de agosto de 2023).
- [6] J. Guerra, A. Carolina, O. Paucar, y T. Mariela, «ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA IMPLANTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PLANIFICADO DENTRO DEL CONTEXTO DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) Y LA APLICACIÓN EN UNA EMPRESA LOCAL PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO».
- [7] E. Fernández Álvarez y R. González Rodríguez, «ESCUELA SUPERIOR DE LA MARINA CIVIL DE GIJÓN».
- [8] T. Agustiady y E. A. Cudney, *Total productive maintenance : strategies and implementation guide*.

- [9] L. Miguel, V. Velez, y R. E. Franco Zuluaga, «IMPLEMENTACIÓN DE LOS PILARES DE MEJORAS ENFOCADAS Y MANTENIMIENTO AUTÓNOMO DE TPM (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENCE)», 2015.
- [10] J. A. Salazar Litardo, «Desarrollo de un programa de mantenibilidad de locomotoras a vapor basado en la metodología de mantenimiento productivo total (TPM).», jun. 2020, Accedido: 7 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/51423>
- [11] J. Narro y R. Valverde, «Implementación del sistema de eficiencia global de los equipos (OEE) para mejorar la productividad de las máquinas en el chapado mecanizado en una agroindustrial de la región La Libertad», 2020. Accedido: 7 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23694>
- [12] J. Castro, «Desarrollo de un plan de mantenimiento para la línea de producción de la empresa productora lácteos San José de la ciudad de Píllaro, basado en la metodología de mantenimiento productivo total (TPM)», Universidad Técnica de Ambato , 2023. Accedido: 7 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/37097>
- [13] A. Forero, «La gestión del mantenimiento productivo total como herramienta de mejoramiento en empresas del sector manufactura», Fundación Universidad de América, 2020.
- [14] J. Liev y B. Diaz, «Implementación de los pilares TPM (Mantenimiento Total Productivo) mantenimiento autónomo y mantenimiento planeado en la planta de producción de la empresa Alcance Industries», 2022, Accedido: 7 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/28740>
- [15] «03. árbol de pérdidas fi | PPT». <https://www.slideshare.net/ingdiegosg/03-rbol-de-prdidas-fi> (accedido 17 de agosto de 2023).
- [16] N. M. Ortega Aravena, «Configuración de sistemas de monitorización de puentes usando arboles de falla.», Universidad de Concepción, 2020. Accedido: 7 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/609>

- [17] «D RCM. Aprende En 5 Minutos. Mantenimiento Basado En La Confiabilidad. » Lean Componentes». <https://leancomponentes.com/rcm/> (accedido 17 de agosto de 2023).

ANEXOS



ANEXO 1 Tablero de control analizado

Equipos de Extrusión (ET-710-EE)

Ext #	Tipo de Polietileno a procesar	Matriz disponible (mm)	Abertura labios de Matriz (mm)	Ancho de film convencional a extruir de acuerdo a la relación de soplado				Kgs POR HORA - Promedios		Diámetro de tornillo (mm)	Longitud del tornillo (mm)	Ancho útil de bobinadores		Ancho útil de Rodillo de Tiro		Tratador corona disponible (ancho en mm)	Gravime trico disponible	Mezclador de MP	Succionador de MP para tolva
				Mínimo (mm)	Mínimo (pulg)	Máximo (mm)	Máximo (pulg)	Mínimo	Máximo			mm	pulg	mm	pulg				
1	LD	250	1	628	25	848	33	55	80	60	1500	1,016	40	1,016	40	NO	NO	NO	NO
2	HD	150	1.2	942	37	1,295	51	65	85	60	1500	1,092	43	1,092	43	127mm en una cara	NO	NO	SI
3	HD	150	1.2	942	37	1,295	51	75	90	60	1500	1,626	64	1,626	64	127mm en una cara	NO	NO	SI
4	LD	200	0.8	628	25	848	33	60	85	60	1500	1,397	55	1,676	66	102 mm en una cara	NO	NO	NO
	HD	120	1.2	754	30	1,036	41	60	65										
5	LD	250	1	785	31	1,060	42	188	208	90	2160	1,524	60	1,499	59	940 mm en una cara	SI	SI	SI
	LLD	250	1.8	785	31	1,060	42	110	125										
9	LD	200	1	628	25	848	33	65	90	60	1500	1,397	55	1,397	55	NO	NO	NO	SI
	LD	250	1	785	31	1,060	42	100	118										
	HD	175	1.2	1,099	43	1,511	59	85	105										
	HD	125	1.2	785	31	1,079	42	80	105										
10	LD	150	1.2	942	37	1,295	51	85	118	60	1500	1,397	57	1,397	57	1,016 mm ambas caras	SI	NO	SI
	LD	200	1	628	25	848	33	95	110										
	LD	250	1	785	31	1,060	42	100	120										
	HD	175	1.2	1,099	43	1,511	59	85	105										
11	LD	125	1.2	785	31	1,079	42	80	105	60	1500	1,397	55	1,397	55	1,016 mm ambas caras	SI	NO	SI
	LD	200	1	628	25	848	33	95	110										
	LD	250	1	785	31	1,060	42	100	120										
	HD	175	1.2	1,099	43	1,511	59	85	105										
12	LD	150	1.2	942	37	1,295	51	85	118	60	1500	1,397	55	1,397	55	1,016 mm ambas caras	SI	NO	SI
	LD	200	1	628	25	848	33	95	110										
	LD	250	1	785	31	1,060	42	100	120										
	HD	175	1.2	1,099	43	1,511	59	85	105										
13	LD	150	1	471	19	636	25	85	100	90	2700	2,083	82	2,083	82	Todo ancho ambas caras	SI	SI	SI
	HD	275	1.2	1,511	59	1,943	76	200	275										
14	LD	300	1	942	37	1,272	50	120	175	60	1800	1,397	55	1,397	55	1,372 mm ambas caras	NO	NO	SI
	LD	250	1	785	31	1,060	42	130	175										
	LLD	250	1.8	785	31	1,060	42	100	127										
	LLD	175	1.8	550	22	742	29	0	0										
15	LD	300	1.2	1,649	65	2,120	83	225	300	90	2700	2,083	82	2,083	82	Todo ancho ambas caras	SI	SI	SI
	HD	275	1.2	1,511	59	1,943	76	200	275										

(Nota) Para relación de Soplado en film termocontraible LLD, ver ET-710-RSE

ANEXO 2 LISTAS DE LOS EQUIPOS DE LAS EXTRUSORAS



ANEXO 3 MANTENIMIENTO AL MOTOR PRINCIPAL

ENTREVISTA AL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

Instructor DAYANNA RAMBAY
RENATO ALVAREZ

Nombre *Carlos Silvano de la Cruz*
Área *Mantenimiento*
Técnico *Mecánico*

Instrucciones

Lean las preguntas detenidamente

1. ¿QUÉ TIPO DE MANTENIMIENTO SE DEBE REALIZAR PARA EVITAR UNA FALLA?

Mantenimientos preventivos

2. ¿NOMBRE 3 FALLAS ELÉCTRICAS MÁS COMUNES?

*Recalentamiento de cables.
Fuga de voltajes
Cables conectados.*

3. ¿QUÉ ES LO PRIMERO QUE REvisa EN UNA FALLA ELÉCTRICA?

Que los voltajes sean los correctos

4. ¿TRAS UNA FALLA ELÉCTRICA INDIQUE QUE MANTENIMIENTO SE REALIZA?

mantenimiento correctivo

5. ¿QUÉ EQUIPOS SE DEBEN UTILIZAR EN LOS MANTENIMIENTOS ELÉCTRICOS?

*Múltiples
Equipos de protección de acuerdo al trabajo a
realizar.*

ANEXO 4 ENTREVISTA A LOS EMPLEADOS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

ENTREVISTA AL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

Instructor DAYANNA RAMBAY
RENATO ALVAREZ

Nombre Richard Rueda Hinocho
Área Mantenimiento
Técnico Electromecánico

Instrucciones

Lean las preguntas detenidamente

1. ¿QUÉ TIPO DE MANTENIMIENTO SE DEBE REALIZAR PARA EVITAR UNA FALLA?

Mantenimiento Preventivo
Mantenimiento Predictivo

2. ¿NOMBRE 3 FALLAS ELÉCTRICAS MÁS COMUNES?

Variación de voltaje (daños de elementos)
Daño en cable térmico (cables de buses)
Daño en termocoulores (resistencias)

3. ¿QUÉ ES LO PRIMERO QUE REvisa EN UNA FALLA ELÉCTRICA?

Corto circuito
Elementos deteriorados (vidrio, etc)
Daño en conductores
Alimentación respectiva (control)

4. ¿TRAS UNA FALLA ELÉCTRICA INDIQUE QUE MANTENIMIENTO SE REALIZA?

Mantenimiento correctivo
Cambio de elementos control y mando
Verificación visual - verificación por instrumentación

5. ¿QUÉ EQUIPOS SE DEBEN UTILIZAR EN LOS MANTENIMIENTOS ELÉCTRICOS?

Los primeros equipos que deben utilizarse son los equipos de
protección personal EPP y EPI, equipos de instrumentación
amperímetro, voltímetro, medidor de temperatura, vacuómetro
y saber la aplicación de cada uno (precaución no confiarse)

ANEXO 5 ENTREVISTA A LOS EMPLEADOS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

ENTREVISTA AL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

Instructor DAYANNA RAMBAY
RENATO ALVAREZ

Nombre Kevin Fustillos
Área Mantenimiento
Técnico Eléctrico

Instrucciones

Lean las preguntas detenidamente

1. ¿QUÉ TIPO DE MANTENIMIENTO SE DEBE REALIZAR PARA EVITAR UNA FALLA?

Preventivo

2. ¿NOMBRE 3 FALLAS ELÉCTRICAS MÁS COMUNES?

Cortocircuitos
Falso contacto
sobre carga eléctrica.

3. ¿QUÉ ES LO PRIMERO QUE REvisa EN UNA FALLA ELÉCTRICA?

Las protecciones (breakers)

4. ¿TRAS UNA FALLA ELÉCTRICA INDIQUE QUE MANTENIMIENTO SE REALIZA?

Correctivo

5. ¿QUÉ EQUIPOS SE DEBEN UTILIZAR EN LOS MANTENIMIENTOS ELÉCTRICOS?

Amperímetro o multímetro, destornilladores, pinzas,
cortador de aislante, terminales, borneras, limpiador de
contacto, cinta aislante, y los repuestos como componentes
eléctricos o electrónicos a cambiar.

ANEXO 6 ENTREVISTA A LOS EMPLEADOS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

ENTREVISTA AL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

Instructor DAYANNA RAMBAY
RENATO ALVAREZ

Nombre WILSON VILLACRES
Área Mantenimiento
Técnico ELECTRICISTA

Instrucciones

Lean las preguntas detenidamente

1. ¿QUÉ TIPO DE MANTENIMIENTO SE DEBE REALIZAR PARA EVITAR UNA FALLA?

MANTENIMIENTO PREVENTIVOS.
MANTENIMIENTO AUTOPOMO (LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN)

2. ¿NOMBRE 3 FALLAS ELÉCTRICAS MÁS COMUNES?

TERMOCUPIAS AVERIADAS.
RESISTENCIAS ABIERTAS.
FALSO CONTACTOS EN ELEMENTOS

3. ¿QUÉ ES LO PRIMERO QUE REvisa EN UNA FALLA ELÉCTRICA?

EL VOLTAJE DEL EQUIPO; SEGURIDAD DE ACTIVAS.

4. ¿TRAS UNA FALLA ELÉCTRICA INDIQUE QUE MANTENIMIENTO SE REALIZA?

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

5. ¿QUÉ EQUIPOS SE DEBEN UTILIZAR EN LOS MANTENIMIENTOS ELÉCTRICOS?

LOTO; EPP; MULTIMETRO; AMPERIMETRO
CAJA DE ANALIZADOR TERMOGRÁFICO; MEGUER.

ANEXO 7 ENTREVISTA A LOS EMPLEADOS DEL DEPARTAMENTO DE
MANTENIMIENTO

ENTREVISTA AL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

Instructor DAYANNA RAMBAY
RENATO ALVAREZ

Nombre Miguel Martínez
Área Mantenimiento
Técnico Mecatrónica

Instrucciones

Lean las preguntas detenidamente

1. ¿QUÉ TIPO DE MANTENIMIENTO SE DEBE REALIZAR PARA EVITAR UNA FALLA?

Donde de un plan de mantenimiento, para evitar fallas en maquinas se realizan mantenimientos preventivos

2. ¿NOMBRE 3 FALLAS ELÉCTRICAS MÁS COMUNES?

Falso contacto
Desajuste de cables
Cortocircuito

3. ¿QUÉ ES LO PRIMERO QUE REvisa EN UNA FALLA ELÉCTRICA?

Revisión de recalentamiento de maquina, el estado de breakers

4. ¿TRAS UNA FALLA ELÉCTRICA INDIQUE QUE MANTENIMIENTO SE REALIZA?

Se realizan mantenimientos correctivos

5. ¿QUÉ EQUIPOS SE DEBEN UTILIZAR EN LOS MANTENIMIENTOS ELÉCTRICOS?

Multímetro, analizador de redes, amperímetro de gancho, medidor de resistencia

ANEXO 8 ENTREVISTA A LOS EMPLEADOS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

ENTREVISTA AL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

Instructor DAYANNA RAMBAY
RENATO ALVAREZ

Nombre R. Jaramilla
Área MTO
Técnico Eléctrico

Instrucciones

Lean las preguntas detenidamente

1. _____ ¿QUÉ TIPO DE MANTENIMIENTO SE DEBE REALIZAR PARA EVITAR UNA FALLA?

M. preventivo

2. _____ ¿NOMBRE 3 FALLAS ELÉCTRICAS MÁS COMUNES?

• Termocoupler
• Termocontrol
• Resistencias

3. _____ ¿QUÉ ES LO PRIMERO QUE REvisa EN UNA FALLA ELÉCTRICA?

• Termocontrol se revisa la temperatura con pirómetro
• Termocontrol se revisa los contactos
• Resistencias se revisa el Ω .

4. _____ ¿TRAS UNA FALLA ELÉCTRICA INDIQUE QUE MANTENIMIENTO SE REALIZA?

M. correctivo

5. _____ ¿QUÉ EQUIPOS SE DEBEN UTILIZAR EN LOS MANTENIMIENTOS ELÉCTRICOS?

• Blower
• Amperímetros
• Megger
• Sondas

Página 1

ANEXO 9 ENTREVISTA A LOS EMPLEADOS DEL DEPARTAMENTO DE
MANTENIMIENTO

ENTREVISTA AL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

Instructor DAYANNA RAMBAY
RENATO ALVAREZ

Nombre

Alfonso Rojas

Area

Tallas

Técnico/Jefe

Jefe punto

instrucciones

Lean las preguntas detenidamente

1. ____ Causas de paradas eléctricas más comunes que afecten en la producción ?

FAITA Plan Mantenimiento eléctrico
Elementos electricos han cumplido vida útil
FAITA Capacitación especializada a los técnicos
Elementos electricos obsoletos (antiguos)

2. ____ ¿Que impacto han tenido las fallas eléctricas?

Paradas muy seguidas de los equipos
HTTR muy largos
Dificultad conseguir repuestos obsoletos

3. ____ Recomendaciones para reducir el número de fallas eléctricas ?

Ejecutar Plan mantenimiento preventivo
Indicadores gestión mantenimiento
Actualizar los elementos obsoletos por la
nueva tecnología

ANEXO 10 ENTREVISTA AL JEFE DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO

TRILEX

Ahora parte de la familia **tc** • TRANSCONTINENTAL
PACKAGING

CARTA DE ACEPTACIÓN DE PROYECTO

Viernes, 18 de agosto del 2023


Cordial saludo.

Por este medio, ING. Urbano Pizarro - Jefe de Mantenimiento me complace notificarle la aceptación del proyecto **"ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PREVENTIVO UTILIZANDO HERRAMIENTAS DEL SISTEMA TPM EN UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DE PLÁSTICOS"** a llevarse a cabo por Dayanna Rambay y Renato Alvarez de la Universidad Politécnica Salesiana – Carrera de Electricidad.

Estamos seguros de que la culminación de este proyecto se llevará a cabo bajo las condiciones y características estipuladas.

Atentamente,

INDUSTRIAL Y COMERCIAL
TRILEX C.A.



ING URBANO PIZARRO
JEFE DE MANTENIMIENTO
TC. TRILEX TRASCONTINENTAL