



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN
EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO APLICADO A LAS PYMES DEDICADAS A
LA CONFECCIÓN DE VESTIMENTA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Industrial.

AUTOR: SANDRO RAFAEL DIAZ MENDOZA

TUTOR: AUGUSTO VINICIO COQUE PAUCARIMA

Quito – Ecuador

2024

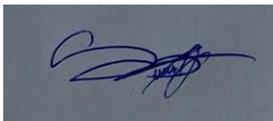
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUDITORIA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Sandro Rafael Díaz Mendoza con documento de identificación N° 1721809240; manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo 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.

Quito, 29 de enero de 2024

Atentamente,



Sandro Rafael Díaz Mendoza

1721809240

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

Yo, Sandro Rafael Díaz Mendoza con documento de identificación N° 1721809240, expreso mi voluntad y por medio del presente documento ceder a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy el autor del Proyecto Técnico: “Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento basado en el mantenimiento predictivo aplicado a las PYMES dedicadas a la confección de vestimenta”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Industrial en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Quito, 29 de enero de 2024

Atentamente,



Sandro Rafael Díaz Mendoza

1721809240

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.

Yo, Augusto Vinicio Coque Paucarima con documento de identificación N° 1718688516, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO APLICADO A LAS PYMES DEDICADAS A LA CONFECCIÓN DE VESTIMENTA**, realizado por Sandro Rafael Díaz Mendoza con documento de identificación N° 1721809240, 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.

Quito, 29 de enero de 2024

Atentamente,



Augusto Vinicio Coque Paucarima

1718688516

DEDICATORIA

Dedico este trabajo mayormente a mis padres y mi abuela que, sin importar los inconvenientes o los tropiezos, siempre han estado dándome su apoyo a que siga superándome y no darme por vencido, dándome los ánimos necesarios para lograr todo lo que me proponga, a mis familiares que no estuvieron conmigo en este tramo final de mi carrera pero que siempre que han tenido la oportunidad me endearon el camino correcto para seguirme desarrollando como una mejor persona de la cual me siento orgulloso ahora.

Por último, dedico esta tesis para mis amigos los cuales han estado acompañándome en mi trayecto universitario, siempre apoyándome y no dejarme solo en todo este camino, demostrándome que soy capaz de lograr lo que sea en este mundo y poder demostrarles a los demás que puedo llegar a ser un buen Ingeniero Industrial.

Atentamente

Sandro Rafael Díaz Mendoza

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a toda mi familia que me dio todo su apoyo y enseñándome que puedo lograrlo siempre y cuando de todo mi esfuerzo. Agradezco a todos mis amigos que han creído y los que no han creído también se los agradezco porque me dieron esas fuerzas necesarias para seguir dando lo mejor de mí y viéndome a mí mismo que puedo realizar mis sueños y metas de vida.

Atentamente,

Sandro Rafael Díaz Mendoza

Lista de contenidos

Capítulo I	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1. El Mantenimiento	1
1.1.1. Definición.....	1
1.2. Las normativas ISO utilizada en los mantenimientos	2
1.2.1. Normativa ISO 55000	2
1.2.2. Normativa ISO 17359	2
1.2.3. Normativa ISO 13380	3
1.3. Las normativas aplicadas en la termografía infrarroja	3
1.3.1. Normativa ASTM E1316-22a	3
1.3.2. Normativa ASTM E1862-14.....	3
1.3.3. Normativa ASTM E1933-14.....	3
1.3.4. Normativa ASTM E1934-99a	4
1.3.5. Normativa ISO 18434-1	4
1.4. Las variantes del mantenimiento.....	4
1.4.1. Elección de estrategias en el mantenimiento.....	5
1.4.2. Mantenimiento Correctivo	5
1.4.3. Mantenimiento Preventivo	6
1.4.4. Mantenimiento Productivo Total	6
1.4.5. Mantenimiento Predictivo	6
1.4.5.1. <i>Indicadores Físicos en el mantenimiento predictivo.....</i>	<i>8</i>
1.4.5.2. <i>Base teórica de la técnica de ensayo no destructivo de termografía infrarroja</i>	<i>9</i>
1.4.5.3. <i>Sistemas de termografía infrarroja activa</i>	<i>10</i>
1.4.5.4. <i>Probabilidad de detección (PoD).....</i>	<i>11</i>
1.4.5.5. <i>Integración de tecnologías en la Industria 4.0 con métodos de ensayos no destructivos.....</i>	<i>12</i>
1.4.5.6. <i>El papel del mantenimiento predictivo en la industria 4.0</i>	<i>13</i>
1.4.5.7. <i>La plataforma en la Nube.....</i>	<i>15</i>
1.4.5.8. <i>Perceptrón multicapa (MLP)</i>	<i>15</i>
1.4.5.9. <i>Live Digital Twin aplicada al mantenimiento predictivo.....</i>	<i>16</i>
1.4.5.10. <i>Análisis predictivo utilizando machine learning y redes neuronales.....</i>	<i>17</i>
1.4.5.11. <i>Técnicas de agrupamiento no supervisado</i>	<i>19</i>
1.4.5.12. <i>Procesamiento de información casi en tiempo real y detección de anomalías</i>	<i>20</i>

1.4.5.13. Control de calidad.....	22
1.4.5.14. El Big Data.....	23
1.4.5.15. Estudio del FODA.....	23
1.5. Pequeñas y medianas empresas (Pymes).....	24
1.5.1. Adams Sports	24
1.5.2. La importancia del mantenimiento en las Pymes.....	25
Capítulo II.....	26
ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA MICROEMPRESA	26
2.1. Procedimiento metodológico empleado en el proyecto	26
2.1.1. Población y muestra	26
2.1.2. Análisis y descripción de las áreas de trabajo	27
2.1.2.1. Áreas de trabajo.....	27
2.1.3. Análisis de maquinaria y equipos.....	28
2.1.3.1. Máquina Overlock de 4 hilos Siruba 700 K.....	28
2.1.3.2. Máquina Recta Siruba L 918	29
2.1.3.3. Máquina Elasticadora 4404 P/UTC	30
2.1.3.4. Máquina Overlock Siruba 700 F.....	31
2.1.3.5. Máquina Recta Juki DDL 8500.....	32
2.1.3.6. Máquina Recubridora Pegasus CW500N	32
2.1.3.7. Máquina Overlock M-1-SF	33
2.1.3.8. Máquina Recta Kansew KS8800DH-4.....	34
2.1.3.9. Máquina Recta Kansew KS8801D4	35
2.2. Herramientas para recopilar y estudiar la información.	36
2.2.1. Resultados de la encuesta realizada a la microempresa Adams Sport	37
2.3. Estudio del FODA de la microempresa.....	51
2.4. Procedimiento de desarrollo para el proyecto	52
2.4.1. Cámara Termográfica.....	52
2.4.1.1. Cámara termográfica Flir TG 297.....	52
2.4.2. Protocolos de prueba	55
2.4.2.1. Preparación anticipada para llevar a cabo la evaluación por termografía... 55	
2.4.2.2. Ejecución del ensayo termográfico en las máquinas.	57
2.5. Mantenimiento de la microempresa	59
Capítulo III	61
ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	61
3.1. Análisis del estado operativo de las máquinas	61
3.2. Condiciones de aceptación	61

3.3. Análisis Termográfico.....	62
3.4. Inspecciones visuales	71
3.5. Elaboración de la propuesta del sistema de gestión de mantenimiento.	75
CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES	86
BIBLIOGRAFÍAS.....	87
ANEXOS	
Anexo 1: Plan de mantenimiento anual.....	
Anexo 2: Encuestas realizadas sobre el estado inicial de la microempresa (Janeth Quemag)	
Anexo 3: Encuestas realizadas sobre el estado inicial de la microempresa (María Cristina Iza).....	
Anexo 4: Encuestas realizadas sobre el estado inicial de la microempresa (Piedad Iza).....	
Anexo 5: Desarrollo del ensayo termográfico.....	

Lista de tablas

<i>Tabla 1. Técnicas de termografía infrarroja.</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 2. Especificaciones de la máquina Overlock de 4 hilos Siruba 700 K.</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 3. Especificaciones de la máquina Recta Siruba L918.</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 4. Especificaciones de la máquina Elasticadora 4404P/UTC.</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 5. Especificaciones de la máquina Overlock Siruba 700 F.</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 6. Especificaciones de la máquina Recta Juki DDL 8500.</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 7. Especificaciones de la máquina Recubridora Pegasus CW500N.</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 8. Especificaciones de la máquina Overlock M-1-SF.</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 9. Especificaciones de la máquina Recta Kansew KS8800DH-4.</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 10. Especificaciones de la máquina Recta Kansew KS8801D4.</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 11. Estilo organizacional jerárquico de la organización.</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 12. Tipo de cultura organizacional en la microempresa.</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 13. El entorno laboral en la microempresa.</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 14. La posición de la microempresa en comparación con los competidores.</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 15. Implementación de tecnologías avanzadas.</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 16. Adaptación a nuevas tecnologías.</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 17. Satisfacción del cliente.</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 18. Auge económico en la microempresa.</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 19. Evaluación sobre el manejo de la gestión financiera.</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 20. Capacidad de afrontar inconvenientes en la microempresa.</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 21. Conocimiento sobre inversión a futuro en la microempresa.</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 22. Visión a largo plazo de la microempresa.</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 23. Existe un control de inventarios.</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 24. Modelo de mantenimiento utilizado en la microempresa.</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 25. Existe un programa de mantenimiento en la microempresa.</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 26. La eficacia del mantenimiento actual en la microempresa.</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 27. Existe una buena relación con los proveedores.</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 28. Manejo de costos de mantenimiento en la microempresa.</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 29. Fallas comunes en los equipos identificadas.</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 30. Disponibilidad de repuestos en la microempresa.</i>	<i>50</i>

<i>Tabla 31. Existen protocolos de emergencia en la microempresa.</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 32. Especificaciones de la cámara termográfica Flir TG 297.</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 33. Mantenimiento actual de la microempresa.</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 34. Condiciones de aceptación ANSI/NETA.</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 35. Ficha térmica de la máquina Juki DDL 8500.</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 36. Ficha térmica de la máquina Kansew KS8801D4.</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 37. Ficha térmica de la máquina M-1-SF.</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 38. Ficha térmica de la máquina 4404 P/UTC.</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 39. Ficha térmica de la máquina Siruba 700 K.</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 40. Ficha térmica de la máquina Pegasus CW500N.</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 41. Ficha térmica de la máquina Kansew KS8800DH-4.</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 42. Resumen de las fichas térmicas.</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 43. Inspección visual de la máquina Juki DDL 8500.</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 44. Inspección visual de la máquina Kansew KS8801D4.</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 45. Inspección visual de la máquina JIN M-1-SF.</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 46. Inspección visual de la máquina Kansew 4404 P/UTC.</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 47. Inspección visual de la máquina JACK Siruba 700K.</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 48. Inspección visual de la máquina Pegasus CW500N.</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 49. Inspección visual de la máquina Kansew KS8800DH-4.</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 50. Actividades periódicas realizadas en las máquinas.</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 51. Repuestos y costos.</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 52. Tiempo estimado de ejecución.</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 53. Resumen de tiempo y costos del mantenimiento predictivo.</i>	<i>84</i>

Lista de figuras

<i>Figura 1. Variantes del mantenimiento.</i>	5
<i>Figura 2. Señales Físicas en el mantenimiento predictivo.</i>	7
<i>Figura 3. Proceso del mantenimiento predictivo.</i>	8
<i>Figura 4. Estructura del mantenimiento predictivo 4.0.</i>	14
<i>Figura 5. Nivel de relevancia del mantenimiento predictivo.</i>	15
<i>Figura 6. Estructura del perceptrón multicapa.</i>	16
<i>Figura 7. Procedimiento del Live TD.</i>	17
<i>Figura 8. Estructura del método ANN [28].</i>	19
<i>Figura 9. Técnicas de agrupamiento no supervisado.</i>	20
<i>Figura 10. Clasificación de anomalías.</i>	21
<i>Figura 11. Tipos de enfoque.</i>	22
<i>Figura 12. Metodologías aplicadas en la detección de anomalías.</i>	22
<i>Figura 13. Proceso del estudio FODA.</i>	24
<i>Figura 14. Área de confección de vestimenta.</i>	27
<i>Figura 15. Máquina Overlock de 4 hilos Siruba 700 K.</i>	28
<i>Figura 16. Máquina Recta Siruba L 918.</i>	29
<i>Figura 17. Máquina Elasticadora 4404P/UTC.</i>	30
<i>Figura 18. Máquina Overlock Siruba 700 F.</i>	31
<i>Figura 19. Máquina Recta Juki DDL 8500.</i>	32
<i>Figura 20. Máquina Recubridora Pegasus CW500N.</i>	33
<i>Figura 21. Máquina Overlock M-1-SF.</i>	34
<i>Figura 22. Máquina Recta Kansew KS8800DH-4.</i>	35
<i>Figura 23. Máquina Recta Kansew KS8801D4.</i>	36
<i>Figura 24. Estilo organizacional jerárquico de la organización.</i>	37
<i>Figura 25. Tipo de cultura organizacional en la microempresa.</i>	38
<i>Figura 26. El entorno laboral en la microempresa.</i>	39
<i>Figura 27. La posición de la microempresa en comparación con los competidores.</i>	39
<i>Figura 28. Implementación de tecnologías avanzadas.</i>	40
<i>Figura 29. Adaptación a nuevas tecnologías.</i>	41
<i>Figura 30. Satisfacción del cliente.</i>	41

<i>Figura 31. Auge económico en la microempresa.</i>	42
<i>Figura 32. Evaluación sobre el manejo de la gestión financiera.</i>	43
<i>Figura 33. Capacidad de afrontar inconvenientes en la microempresa.</i>	43
<i>Figura 34. Conocimiento sobre inversión a futuro en la microempresa.</i>	44
<i>Figura 35. Visión a largo plazo de la microempresa.</i>	45
<i>Figura 36. Existe un control de inventarios.</i>	45
<i>Figura 37. Modelo de mantenimiento utilizado en la microempresa.</i>	46
<i>Figura 38. Existe un programa de mantenimiento en la microempresa.</i>	47
<i>Figura 39. La eficacia del mantenimiento actual en la microempresa.</i>	47
<i>Figura 40. Existe una buena relación con los proveedores.</i>	48
<i>Figura 41. Manejo de costos de mantenimiento en la microempresa.</i>	49
<i>Figura 42. Fallas comunes en los equipos identificadas.</i>	49
<i>Figura 43. Disponibilidad de repuestos en la microempresa.</i>	50
<i>Figura 44. Existen protocolos de emergencia en la microempresa.</i>	51
<i>Figura 45. Estudio del FODA de la microempresa.</i>	52
<i>Figura 46. Cámara termográfica Flir TG 297.</i>	52
<i>Figura 47. Flujograma de los procesos previos al proyecto termográfico.</i>	56
<i>Figura 48. Flujograma del proceso del proyecto termográfico.</i>	58
<i>Figura 49. Ficha térmica de las máquinas.</i>	63
<i>Figura 50. Lista de cotejo de los equipos.</i>	71
<i>Figura 51. Tareas programadas.</i>	76

Resumen

En el presente proyecto técnico se considerará la propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento predictivo aplicado a las PYMES que se dedican a la confección de vestimenta, aumentando la vida útil de las máquinas. Se recolectó información sobre las distintas técnicas de mantenimiento predictivo, se realizó el levantamiento de información sobre el estado inicial de la microempresa y se inspeccionó mediante el uso de la cámara termográfica los diversos equipos con el fin de encontrar anomalías que provoquen averías a futuro, permitiendo conocer el tiempo que se demorará en realizar los cambios de los componentes, el costo que tendrá el realizar dichos cambios y la periodicidad del recambio de piezas. Lo cual ha permitido verificar la diferencia existente entre el mantenimiento realizado actualmente y la propuesta que se desarrolló de mantenimiento predictivo permitiendo reducir tiempos y aumentando la utilidad de los equipos.

Palabras Claves: Mantenimiento predictivo, Termografía, Máquinas de coser, Fractal One. Cámara termográfica.

Abstract

In the current technical project, the proposal of a predictive maintenance management system applied to small and medium-sized enterprises engaged in garment manufacturing will be considered. The aim is to extend the lifespan of machines. Information on various predictive maintenance techniques was gathered, and data on the initial state of the micro-enterprise was collected. The equipment was inspected using a thermal camera to identify anomalies that could lead to future breakdowns. This allows for estimating the time required for component changes, the cost associated with these changes, and the frequency of part replacements. The comparison between the current maintenance practices and the proposed predictive maintenance approach has revealed differences, resulting in reduced downtime and increased equipment efficiency.

Keywords: *Predictive maintenance, Thermography, Sewing machines, Fractal One, Thermal camera.*

Introducción

Antecedentes

Adams Sport empezó siendo el deseo de una joven emprendedora Janeth Quemag el cual anhelaba el empezar con un negocio de confección de vestimenta. La micro – empresa comenzó en el año 1996 con 3 máquinas de coser industriales siendo estas: recta, overlock y de recubrimiento, adquiridas mediante un crédito al local que comercializaba estas maquinarias, actualmente trabajan con 11 máquinas y un máximo de 6 trabajadores si la temporada de confecciones es exigente y un mínimo de 2 trabajadores si la temporada es sutil, la micro – empresa no posee un sistema de gestión de mantenimiento, esto ha llevado a realizar detenimientos en la producción para solucionar las averías de la maquinaria, esto afectando a la micro – empresa por una falta de una mejora continua en base al mantenimiento.

Problema de estudio

La necesidad de un mantenimiento general en las micro – empresas de confección de vestimenta genera inconvenientes en el funcionamiento adecuado de la maquinaria, tiempos en los procesos productivos y costos de la producción. Este inconveniente provoca interrupciones en la línea de fabricación que resultan en pérdidas para la microempresa tanto en costes como en producción.

Justificación

La industria de la confección de vestimenta a nivel mundial se considera como uno de los sectores más relevantes debido a su extensa cantidad de actividades de producción y comercialización, siendo de mayor impacto en la economía mundial [1], esto significa que una buena gestión de los mantenimientos sea de vital importancia, esto debido a su influencia en el comercio internacional y el impacto económico global, permitiendo una sostenibilidad en las pymes de confección de vestimenta a nivel global.

Las pymes de confección de vestimenta en el Ecuador son consideradas uno de los sectores más importantes en la economía, por su enorme contribución con el PIB USD 69,579 millones en el año 2020 [2], recurriendo a una gran cantidad de personal, siendo que el Ecuador exporta una cantidad significativa de vestimentas a nivel internacional, por lo tanto las técnicas de mantenimiento es esencial en el ámbito competitivo y crecimiento de las industrias a nivel nacional, permitiendo que se contribuya en la economía y sostenibilidad del país.

Las pymes de confección de vestimenta en el DTM Quito requieren una adecuada gestión del mantenimiento a fin de prevenir la incurrancia en costos generados por reparaciones urgentes, los impactos en la eficiencia de la producción, la fiabilidad de las máquinas y la competitividad en el mercado.

Por este motivo se propondrá un sistema de gestión de mantenimiento basado en el mantenimiento predictivo que permitirá la obtención eficiente y precisa del estado y duración que operarán las máquinas, así como de cada uno de sus componentes, lo cual tendrá un impacto significativo en la productividad, permitiendo de esta manera llevar un orden adecuado de las operaciones en las máquinas y previniendo posibles fallos que podrían retrasar la producción.

Objetivos

Objetivo General

Proponer un sistema de gestión de mantenimiento basado en el mantenimiento predictivo aplicado a las pymes dedicadas a la confección de vestimenta.

Objetivos Específicos

- Recolectar información relevante del sistema de gestión de mantenimiento revisando artículos académicos y bibliografías con el propósito de desarrollar la base de conocimientos necesarios para llevar a cabo la propuesta de mejoras en el proceso de mantenimiento.
- Elaborar un diagnóstico del estado inicial del mantenimiento que se realiza en las pymes por medio de la recolección de datos, antecedentes y entrevistas para analizar los hallazgos y generar alternativas de mejora utilizando el mantenimiento predictivo.
- Proponer un sistema de gestión de mantenimiento predictivo mediante instrumentos especializados de medición para conservar la eficiencia de las máquinas y la producción.
- Elaborar un sistema de gestión de mantenimiento basado en el mantenimiento predictivo mediante un software computacional para la detección de fallas en las maquinarias de las pymes.

Metodología

Una de las metodologías que empleará es la metodología de investigación bibliográfica la cual permitirá la elaboración y consultas mediante la indagación en libros e internet extrayendo información relevante y desarrollando de esa forma la base del conocimiento sobre la gestión de mantenimiento.

También se utilizará una metodología basada en el enfoque cualitativo el cual proporcionará datos descriptivos y de las experiencias del personal, comprendiendo la situación de las pymes de confección en cuanto al mantenimiento.

También se sustentará mediante una metodología basada en el enfoque cuantitativo permitiendo que la investigación pueda ser analizada mediante tendencia y patrones, las variaciones que existen en las máquinas, identificar con datos los diferentes comportamientos, poder medir los resultados y probar teorías.

Capítulo I

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se explicará sobre el concepto y tipos de mantenimiento existentes, las normativas empleadas, la importancia del mantenimiento predictivo, las diversas estrategias aplicadas para el mantenimiento predictivo, el significado de una microempresa y la microempresa a la cual se le propondrá el mantenimiento predictivo.

1.1. El Mantenimiento

1.1.1. Definición

El mantenimiento es una variedad de tareas las cuales deben ser realizadas por los especialistas en esta área, su objetivo principal es la de asegurarse que los equipos, maquinaria e instalaciones funcionen de manera correcta dentro de un proceso productivo, para el cual se ha diseñado e implementado en funcionamiento.

Permite la conservación los componentes y poder refaccionarlos a un estado óptimo para su posterior utilización en una tarea que sea necesaria [3]. Según la Federación Europea de Asociaciones Nacionales de Mantenimiento (EFNMS), define el mantenimiento como “El conjunto procedimientos administrativos y estratégicos para preservar el servicio. Siendo las máquinas, instalaciones, sistemas o equipos los cuales deben acoger un mantenimiento, para que sean capaces de cumplir su función dentro de un proceso el cual debe llevar a la finalidad de generar un producto” [4].

El mantenimiento que se empleaba antiguamente era el mantenimiento correctivo debido a las limitaciones tales como la disponibilidad de presupuesto y la tecnología. Esto generó en su momento demasiadas pérdidas a la industria no solo en el aspecto económico, también en el humano, esto sin contar el desastre ambiental por la falta de cuidados que las industrias omitían [5].

El desafío principal que enfrenta el mantenimiento es el de crear una secuencia de tareas con un tipo de mantenimiento específico, siendo los más reconocidos: el mantenimiento correctivo, el mantenimiento preventivo, el mantenimiento productivo total y el mantenimiento predictivo donde es indispensable establecer las semanas en las que se implementará el mantenimiento para cada uno de los instrumentos que se utilizan en la industria, de esta forma preestablecida los tiempos de espera de las instalaciones, máquinas o sistemas se reducirán [6].

1.2. Las normativas ISO utilizada en los mantenimientos

Esta organización internacional es una entidad la cual está formada por personal el cual se dedican a elaborar normativas estándar a nivel internacional. Las normativas utilizadas para la inspección de las máquinas, así como también la correcta implementación de los mantenimientos son las siguientes:

1.2.1. Normativa ISO 55000

Esta norma permite introducirse en la parte de gestión de activos y termina relacionándose junto a otras normas las cuales son las ISO 51000 y la ISO 52000, enfocándose principalmente en los bienes activos de una empresa u organización. Se establece definiciones principales que se relacionan con la importancia de los bienes activos en una empresa y la urgencia de gestionarlo de la forma más efectiva posible. Está sustentada por el ciclo de Deming o ciclo PDCA.

1.2.2. Normativa ISO 17359

Se establecen criterios para analizar el estado de la maquinaria conforme a su rendimiento y la calidad que se visualiza en los bienes elaborados. Se enfoca principalmente en el seguimiento del estado del equipo, generando programas que permitan emplearse en cualquier tipo de máquina. Se identifican los equipos de mayor relevancia, elegir la técnica apropiada para supervisar, realizar la auditoría correspondiente, el estudio de los datos obtenidos y que mantenimiento es favorable aplicar. Destaca la relevancia de implementar AMFEC, esta es una metodología que permite determinar el estado de avería de un equipo comparándolo con factores preestablecidos.

1.2.3. Normativa ISO 13380

En conformidad con la normativa explicada anteriormente, el origen mencionado, proporciona directrices para desarrollar un análisis de efectivos de la maquinaria por medio de documentación que contiene información crucial, siendo estos códigos, categorías, puesta en marcha, celeridad, fuerza, día, instante, ubicación, magnitud, medidas, ajuste entre otros. Estos incluyen análisis, valoraciones y conclusiones que involucran una confirmación de las piezas de las máquinas [7].

1.3. Las normativas aplicadas en la termografía infrarroja

1.3.1. Normativa ASTM E1316-22a

La sociedad americana de pruebas y materiales (ASTM), indica en esta normativa la aplicación de ensayos no destructivos con el propósito de interpretar de manera precisa los estándares pertinentes, abarcando la técnica de termografía. La finalidad es la de transmitir los términos asociados a los ensayos no destructivos de manera clara y concisa. Implementado por profesionales, investigadores, entidades regulatorias en diversas empresas. Son de gran importancia en el área de seguridad y confiabilidad para máquinas, estructura o sistemas.

1.3.2. Normativa ASTM E1862-14

Esta normativa permite instaurar un proceso que permita medir de manera precisa la temperatura de un artículo. Adicionalmente, se indaga la rectificación de los efectos que se generan por la temperatura, esto consiste en una herramienta de adquirir imágenes por medio de sensores ópticos, específicamente las cámaras termográficas.

1.3.3. Normativa ASTM E1933-14

La normativa indica que se estandariza la forma de medir la emisividad por medio de tecnología que proporcione imágenes infrarrojas. Es necesario estandarizar debido a la emisividad que

puede ser variada debido al tipo de objeto y superficie bajo análisis. El propósito es poder calcular la emisividad con el uso de la tecnología como cámaras infrarrojas, en base a esta tecnología se permite medir la emisividad con una alta precisión.

1.3.4. Normativa ASTM E1934-99a

La normativa establece un proceso estandarizado para poder revisar equipos electrónicos y mecánicos por medio de la tecnología térmica infrarroja. Esta técnica emplea el uso de cámaras infrarrojas para cuantificar las distintas medidas de temperaturas de los materiales, permitiendo adquirir imágenes térmicas que ejemplifica las fluctuaciones de temperatura que experimenta el objeto en una determinada superficie.

1.3.5. Normativa ISO 18434-1

La normativa se enfoca en vigilar e identificar la condición de la maquinaria en base al uso de cámaras termográficas, permitiendo representar de manera visual la temperatura de las partes de las máquinas, además de medirlas. Ofrece pautas de valoración para estandarizar los criterios de identificación de anomalías, con el fin de monitorear la condición de la maquinaria por medio de esta técnica [8].

1.4. Las variantes del mantenimiento

El mantenimiento posee distintas formas de implementación. A continuación, en la Figura 1 se detalla cada una de las variantes que existen.

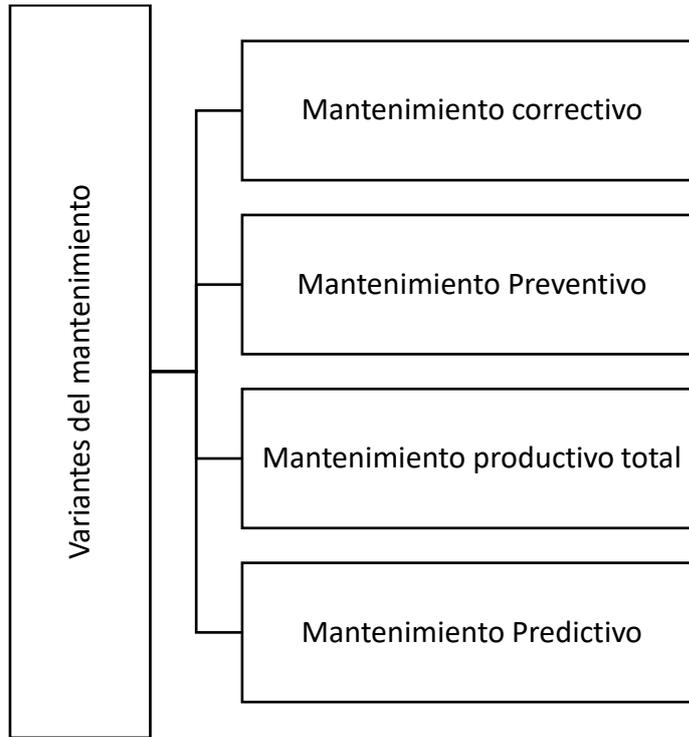


Figura 1. Variantes del mantenimiento.

1.4.1. Elección de estrategias en el mantenimiento

La elaboración de un modelo que permita elegir las estrategias se implementa una vez llevadas a cabo las medidas propuestas ante posibles averías. Esta debe estar relacionada con los parámetros de mantenimiento pertinentes. La elección de estrategias debe alinearse con la misión preestablecida de la industria, para llegar a la consecución de los mencionado, se potenciará la operatividad y la fiabilidad, además de abaratar los costes. Permitiendo a la inteligencia artificial apoyar en la elección de estas estrategias en los bienes activos de la industria, simplificando las labores del trabajador de mantenimiento y producción, permitiendo decidir qué tipo de mantenimiento es el correcto para implementar [9].

1.4.2. Mantenimiento Correctivo

El conjunto de tareas que se desarrolla durante la avería o fallo de los bienes o el deterioro de estos mismos, esto permitiendo desarrollar sus labores provisionalmente, arreglando los puntos

débiles de la maquinaria [10]. Siendo este el primero en desarrollarse solucionando las averías de manera temporal, sin embargo, retrasando la producción y afectando la economía.

1.4.3. Mantenimiento Preventivo

Se define como una consecución de actividades previamente establecidas las cuales tienen como fin el lidiar con el origen de las averías que pueden llegar a suceder en los bienes activos de la industria [11]. Permitiendo a los técnicos desarrollar sus actividades con la correcta detención e los equipos.

1.4.4. Mantenimiento Productivo Total

Es una implicación en la que participa la totalidad del personal, en el intervienen los sistemas, la cultura y creatividad. Trabajando en conjunto, cumpliendo con las actividades del área en mantenimiento, la mejora continua y el correcto funcionamiento de los equipos, evitando el derroche de tiempo que afectan con su objetivo de satisfacer al cliente [12].

1.4.5. Mantenimiento Predictivo

Este tipo de mantenimiento para poder entenderlo es necesario comprender lo que nos describe, según Zambrano et al., explica que "... consiste en la utilización de varias herramientas tecnológicas con el objetivo de identificar y monitorear distintas fallas..."[13]. Las fallas que muestran vienen definidas en manifestaciones físicas. En la Figura 2 se representan las señales que intervienen en este mantenimiento.

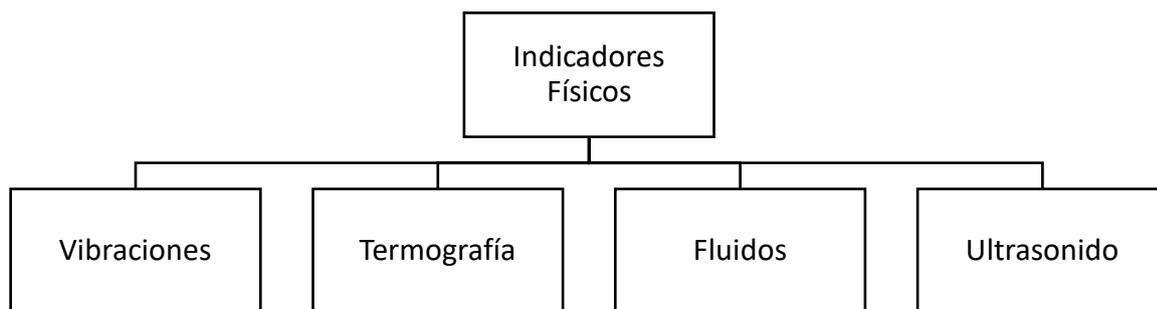


Figura 2. Señales Físicas en el mantenimiento predictivo.

Estas señales permiten visualizar la situación actual de las maquinarias que están realizando sus actividades, las mismas se supervisan en línea y exterior a esta, con las maquinaria encendida o apagada, permitiendo así llevar un control frecuencial de manera real y al detectar un fallo o avería, poder llevar a cabo acciones previstas, de esta forma evitando graves daños que incurrirían en costos elevados de reparación.

Efeoglu et al., indica en su investigación que “El mantenimiento predictivo se basa en técnicas de aprendizaje automático y el análisis de datos para ser empleados en una extensa gama de información, como se fabrican las máquinas, los valores operativos de las máquinas, las condiciones en las que operan y la información del mantenimiento”[14]. Permite obtener información tales como el rendimiento de las máquinas, las posibles averías, el estado actual y planificar un cronograma de mantenimiento para el recambio de piezas. Comparando con otras estrategias de mantenimiento, el mantenimiento predictivo nos permite obtener varias ventajas, siendo estas las que se pueden enumerar a continuación:

- Los equipos se apagarán de manera automática en el momento en que se necesite realizar el mantenimiento.
- Se reduce el tiempo de espera total al momento de realizar el mantenimiento en la maquinaria.
- Reducción de los costos de mantenimiento una vez se halla eliminado la posible falla catastrófica.
- Optimización de tiempos, confiabilidad y aumento de disponibilidad de las máquinas.

- Aumenta la duración del funcionamiento de las máquinas y la producción.
- Tiempo de pasividad en las máquinas reducido.
- Simplificación en la obtención de recambios.
- Asegurar la continuidad de la fabricación de productos.
- El tiempo en la gestión del mantenimiento y la reparación se acorta.

En la Figura 3 se puede observar el proceso que realiza el mantenimiento predictivo

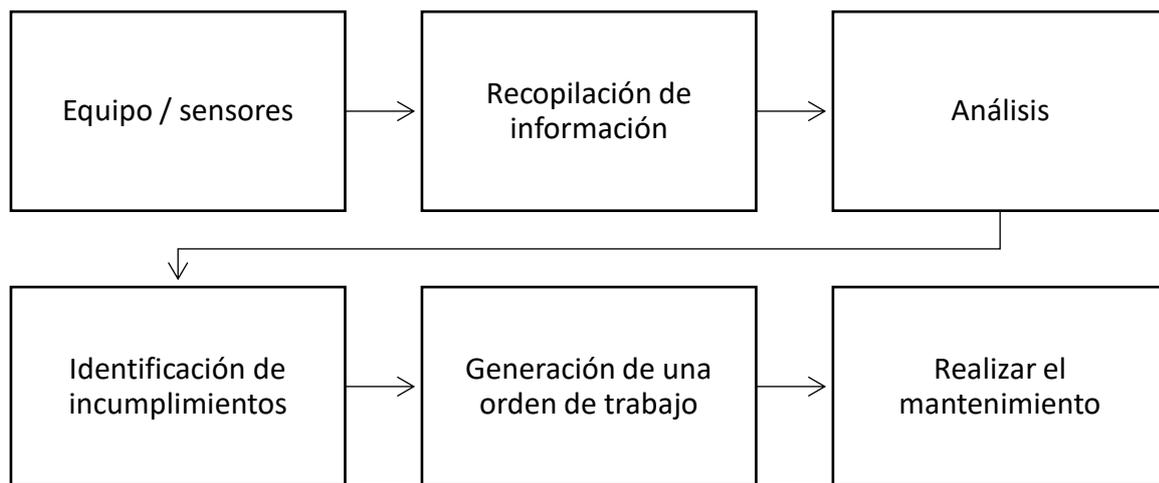


Figura 3. Proceso del mantenimiento predictivo.

1.4.5.1. Indicadores Físicos en el mantenimiento predictivo

Según Ouadah et al., “El mantenimiento predictivo en la industria puede llegar a ser el más efectivo a comparación de los otros mantenimientos y con menos tiempo de inactividad de los sistemas o máquinas” [15]. Las técnicas de monitoreo más aplicadas en este mantenimiento predictivo son:

- **Vibraciones:** Es uno de los análisis de mantenimiento predictivo más recurrentes. Permite la detección de la mayoría de las averías que puedan ocurrir en máquinas de rotación siendo estas: rodamiento dañado, desequilibrio y desalineación.
- **Termografía:** Una avería en la maquinaria siempre lleva consigo un incremento en la temperatura, este incremento se ve reflejado en el análisis infrarrojo. De tal forma que,

la termografía es la tecnología que el mantenimiento predictivo aplica eficazmente para la detección de una avería.

- Fluidos: Basado en el monitoreo en base a muestras proporcionadas por la máquina para determinar los niveles de contaminación, se compara las inspecciones anteriores con la actual y se determina la evolución de los lubricantes para sacar resultados sobre el estado de salud de la maquinaria.
- Ultrasonido: Es empleado para la detección de averías de baja amplitud a altas frecuencias, siendo este el principio del deterioro de los rodamientos.

1.4.5.2. Base teórica de la técnica de ensayo no destructivo de termografía infrarroja

Zhu et al., en su investigación señala que “La técnica de ensayo no destructivo en la termografía infrarroja usa la relación entre la temperatura y la radiación térmica. La estructura heteromórfica del artículo se refleja la diferencia de dispersión temperatura y luego se examina de manera precisa los defectos. El flujo de calor se une a las escalas de temperatura mensurables, sin embargo, estas no se miden de manera directa” [16]. Por ello, una vez visualizada la dispersión de temperatura en un objeto, el flujo de calor de este puede ser calculado de la siguiente forma, en base a la ley de Fourier.

$$q(r, t) = -\lambda \nabla T(r, t) \quad \text{(Ecuación 1).}$$

En la ecuación presentada se puede definir a $q(r, t)$ como la representación del flujo de calor por unidad de tiempo en la superficie isotérmica unitaria en la línea de disminución de temperatura, λ es la conductividad térmica del objeto y $\nabla T(r, t)$ es la gradiente de la temperatura.

La ley de Fourier permite demostrar la relación existente entre el flujo de calor y la gradiente de temperatura, útil en los campos fijos como cambiantes. Por este motivo, la ecuación que representa la relación interna del campo de temperatura en el dominio del tiempo – espacio es:

$$\nabla^2 T(r, t) + \frac{qv}{\lambda} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T(r, t)}{\partial t} \quad \text{(Ecuación 2).}$$

En la ecuación que se presenta donde $\alpha = \lambda/\rho c$ es la difusividad térmica y el qv significa el término de fuente térmica. En base a esto, el modelo de ensayo no destructivo en base a la termografía infrarroja se puede examinar mezclando la ecuación con las condiciones ambientales que lo rodean.

Según lo indica Deng et al., en su investigación “La ley expuesta por Stefan-Boltzmann, indica que la radiación E de la superficie de un artículo, es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura termodinámica T”[17]. Esto permite ser representado en la siguiente ecuación:

$$E = \epsilon\sigma T^4 \quad \text{(Ecuación 3)}.$$

En esta ecuación “E” pasa a ser la radiación (W/m^2), T es la temperatura en grados Kelvin (K), “ σ ” es la constante propuesta por Stefan-Boltzmann y “ ϵ ” es la emisividad de la superficie. La temperatura puede llegar a obtenerse midiendo la radiación infrarroja que emite el artículo utilizando la cámara infrarroja.

1.4.5.3. Sistemas de termografía infrarroja activa

Tran et al., en su investigación indica que “Existen diversas técnicas de termografía infrarroja activa (AIRT), incluyendo las ópticas, mecánicas y electromagnéticas. Caracterizadas por sus ventajas e inconvenientes y donde se aplican” [18]. A continuación, en la Tabla 1 se demuestra las diferentes técnicas de termografía infrarroja.

Tabla 1. Técnicas de termografía infrarroja.

Técnicas	Ventajas	Desventajas
Termografía Pulsada (PT)	Posibilita el poder predecir la profundidad y el tamaño de la avería, recopilación de datos de forma rápida.	Costo relativamente elevado de la adquisición de los equipos, proceso complejo de datos.
Termografía de pulso cuadrado (SPT)	Aplicado a materiales que poseen baja conductividad, prediciendo la profundidad y tamaño de la avería, las fuentes de calor y las cámaras infrarrojas son menos costosas.	Recopilación de manera prolongada, proceso complejo de los datos.

Tabla 1. Técnicas de termografía infrarroja. (Continuación).

Técnicas	Ventajas	Desventajas
Termografía de bloqueo (LT)	Inspección de superficies de mayor tamaño, predecir la profundidad y el tamaño de la avería.	Implementación y procedimiento de datos complicada, costo elevado por la implementación de estimuladores térmicos de frío y calor, además de una cámara infrarroja.
Vibro termografía (VT)	Revelación de información importante sobre la concentración de tensiones en áreas críticas de las estructuras bajo cargas voluminosas.	Difícil producción de carga mecánica necesita contacto físico, los patrones térmicos aparecen en cierto radio de frecuencias específicas.
Termografía inductiva (IT)	Posibilidad de obtención de datos sobre la profundidad y tamaño del daño, revelación importante acerca del nivel de corrosión de las barras de refuerzo en la parte interior del elemento concreto.	Desafiante la implementación técnica en las estructuras reales.

1.4.5.4. Probabilidad de detección (PoD)

Según lo explica D'Accardi et al., en su investigación “Es una medida cuantitativa de una técnica no destructiva y se puede determinar la probabilidad de identificación de averías en base a parámetros que se describen a la geometría del fallo” [19]. Esta metodología permite producir conclusiones que pueden simplificarse en una señal binaria de “acertar/fallar” o una señal cuantitativa representativa “ \hat{a} ”. Por este motivo, antes de que se proporcione una señal de salida, se necesitará un proceso previo siendo esto una señal “ \hat{a} ” o una señal binaria “acertar/fallar” y un parámetro “ a ” siendo las entradas para este tipo de análisis. El PoD se describe como:

$$PoD(a) = \int_{\hat{a}_{dec}}^{\infty} ga(\hat{a})d\hat{a} \quad \text{(Ecuación 4)}.$$

Esta metodología se basa en modelos lineales generalizados, donde es necesario un parámetro de avería “ a ” que guarda relación lineal con la señal “ \hat{a} ” suponiendo que “ $ga(\hat{a})$ ” señala la función de densidad de probabilidad de la “ \hat{a} ” en relación con una avería genérica del atributo

“a”. Con la hipótesis de una relación lineal de “ \hat{a} vs a” con desviaciones distribuidas normalmente, se puede describir:

$$\hat{a}(a) = B_0 + B_1 x a + \varepsilon \quad (\text{Ecuación 5}).$$

En esta ecuación “ ε ” se puede definir como el error estándar, que generalmente sigue una distribución normal con valor medio de cero μ y la desviación estándar $\sigma\varepsilon$ y B_0 y B_1 son los coeficientes de regresión lineal.

1.4.5.5. Integración de tecnologías en la Industria 4.0 con métodos de ensayos no destructivos

Según lo explica Aminzadeh et al., “En la industria 4.0 los métodos de ensayos no destructivos (NDT) no requieren involucrarse físicamente con el objeto del que se está experimentando, esto permite reducir el riesgo de daño a las maquinarias durante la inspección. Involucrar este tipo de métodos con el Internet de las cosas, robótica e inteligencia artificial, puede otorgar una cantidad significativa de beneficios, prolongando la vida útil de las máquinas y reducir la necesidad de reparaciones costosas” [20]. Se mejora la velocidad en los experimentos y reduce los tiempos de estos, mejorando la eficiencia general de los resultados. Proporcionan datos digitales integrados en la Industria 4.0, tecnologías para análisis en tiempo real y supervisión remota. Ayuda en la prevención de tiempos inactivos inesperados y disminución de gastos en el momento de aplicarse el mantenimiento. Sin embargo, existen retos tales como la experiencia con este tipo de tecnologías, los costes que conllevan la aplicación de nuevos instrumentos y necesariamente los métodos de inspección confiables. Esto lleva a que no todo tipo de ensayo no destructivo sea óptimo para aplicarse en base a industrias 4.0, y sea mejor optar por otro tipo de métodos. Con este tipo de ensayos no destructivos se puede obtener las siguientes características:

- Salida de datos digitales: Se producen datos digitales que son recopilados, almacenado y examinados de manera ágil, permitiendo la obtención de la información en tiempo real y permitiendo el ingreso correcto del mantenimiento predictivo.
- Capacidad de automatización: Esto permite la mejora de la velocidad y la precisión de las inspecciones y de esta forma reducir la mano de obra.

- Capacidad de supervisión remota: Tiene la capacidad de ser monitoreadas y reguladas remotamente. Esto permite el control remoto, estudio en tiempo real, y ajustes en el procedimiento de revisión.
- Precisión y sensibilidad: Este método debe ser altamente preciso y sensible, permitiendo detectar las averías diminutas y las discontinuidades, siendo esencial en la detección de averías tempranamente evitando incurrir en costosos tiempos en que la máquina este fuera de servicio.

Integración de los métodos de ensayos no destructivos (NDT) con las tecnologías actuales, posee una gran ventaja los equipos, maquinarias o sistemas, permitiendo mejorar la fiabilidad y la seguridad de estos y reducir significativamente los gastos que se generan por reparaciones.

1.4.5.6. El papel del mantenimiento predictivo en la industria 4.0

Aksa et al., indica que “El mantenimiento en la industria 4.0 permite implementar nuevas tecnologías como el Data Mining y la identificación por radiofrecuencia (RFID), siendo estas una completa necesidad para la detección de fallas en las maquinarias mucho antes de que estas ocurran”[21]. El mantenimiento 4.0 (PM 4.0) se emplea en diferentes ámbitos, como las aerolíneas, transportes, puertos el gas y el petróleo, estos cumpliendo un papel fundamental en esta cuarta revolución industrial, a continuación, se detallarán los puntos clave del PM:

- Anticipación de fallas por medio de recopilación de datos provenientes de diferentes fuentes (sensores, internet de las cosas).
- Configuración de diagramas de fallas por medio de correlaciones entre datos para poder realizar el mantenimiento si ¡n interrumpir la producción.
- Actuar anticipadamente al fallo que pueda detener la máquina, interviniendo efectivamente.
- Desarrollar la inteligencia artificial para generar conocimientos, hallando patrones y las averías que ocurren en la maquinaria, por parte de los técnicos especializados.

En la Figura 4 se puede visualizar la estructura del mantenimiento predictivo 4.0

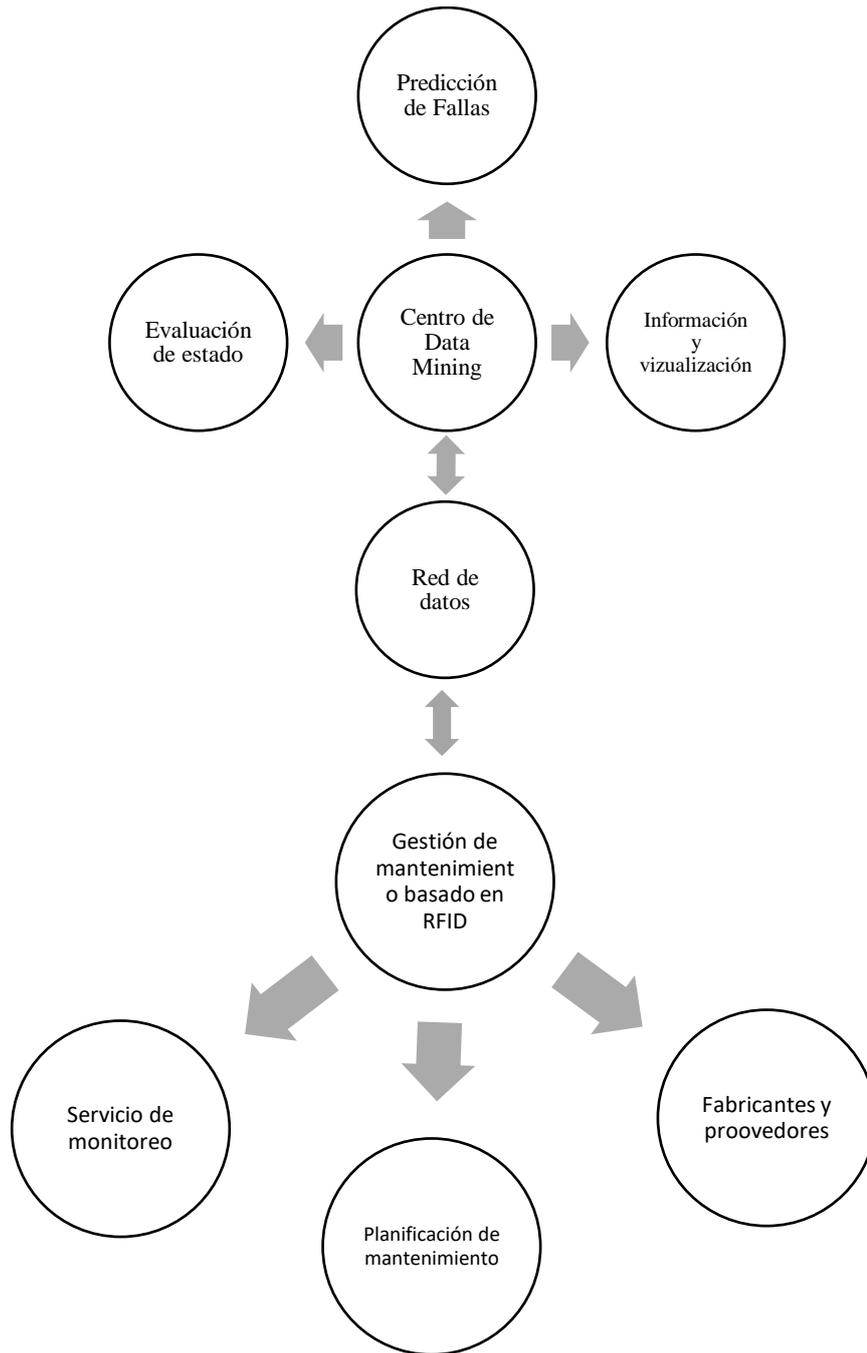


Figura 4. Estructura del mantenimiento predictivo 4.0.

En la Figura 5 se determina la importancia del mantenimiento predictivo para poder detectar las fallas con anticipación.



Figura 5. Nivel de relevancia del mantenimiento predictivo.

1.4.5.7. La plataforma en la Nube

Según Kufinova et al., “La creación de un sistema de diagnóstico y mantenimiento predictivo para los equipos industriales atraviesa por enlazar sensores, análisis y la observación de los datos recopilados, desarrollando algoritmos para el análisis y la predicción, la especificación de parámetros y la resolución de los datos obtenidos a través de informes” [22]. Las tecnologías digitales permiten que sea posible el uso de plataformas en la nube, el internet de las cosas da acceso a herramientas para generar de forma rápida sistemas para el diagnóstico predictivo y permita realizar un correcto mantenimiento de la maquinaria industrial, con inversiones de recursos mínimos.

La plataforma de MindSphere permite generar rápidamente el desarrollo y la puesta en marcha para el seguimiento del funcionamiento de las máquinas, sin necesidad de crear nuevas instalaciones personalizadas ni tampoco empleando un software complejo, permitiendo así evitar que se vuelva obsoleto con el paso del tiempo. Está basado en microservicios que permiten utilizar distintas agrupaciones para generar programas, siendo estos programas específicos en base a la necesidad que lo requiera.

1.4.5.8. Perceptrón multicapa (MLP)

Xu et al., explica en su investigación que “Introduce un método de detección de daños estructurales basado en la impedancia utilizando el perceptrón multicapa Los sensores recopilan las señales de impedancia, después se utilizan los coeficientes cruzados, para predeterminar un índice de daño y para finalizar, se utiliza un modelo de perceptrón multicapa con los valores de

coeficientes cruzados, de esta forma se puede predecir la gravedad del daño en una máquina” [23]. El perceptrón multicapa determina con exactitud donde se ubica la avería, además de calcular la gravedad del daño en la maquinaria, ha sido usado mucho más en estas dos últimas décadas, demostrando ser superior al resto de algoritmos basados en el machine learning. En la Figura 6 se explica la estructura del perceptrón multicapa.

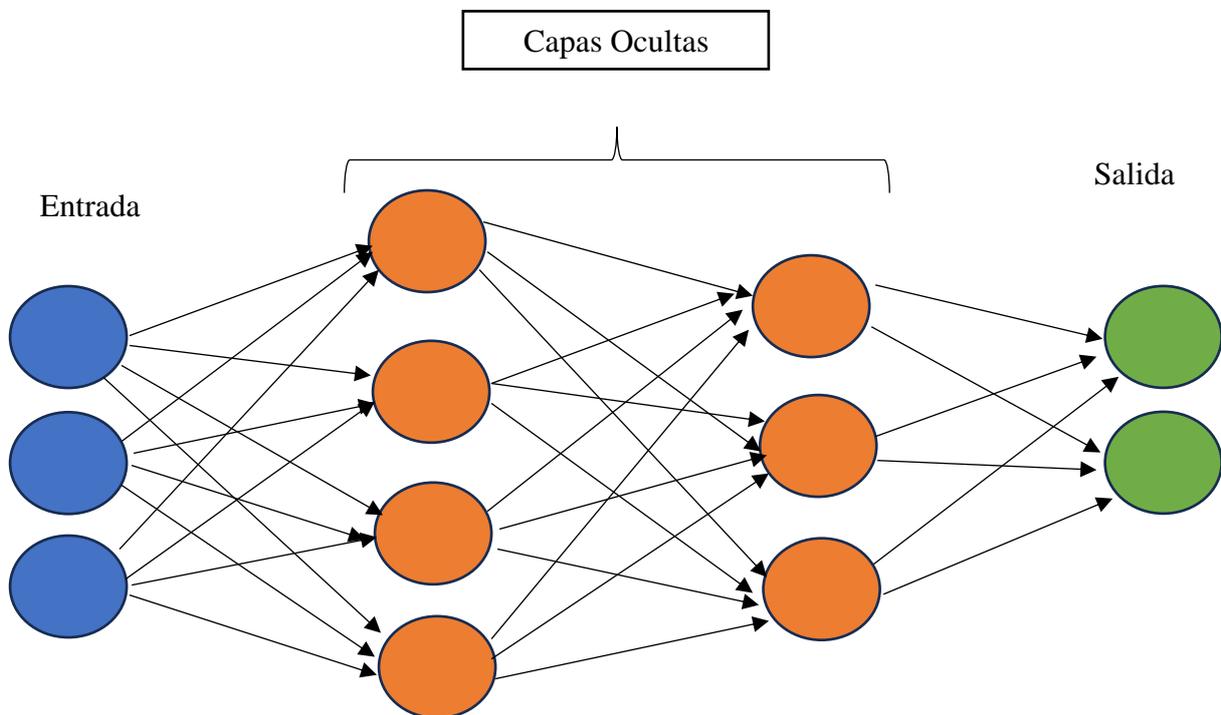


Figura 6. Estructura del perceptrón multicapa.

1.4.5.9. Live Digital Twin aplicada al mantenimiento predictivo

El Live Digital Twin (DT), es esencial para poder establecer de una manera inteligente, la gestión para los bienes activos en una empresa. Para que sea efectiva en la aplicación de un mantenimiento, debe existir tres componentes: historial de fallos, historial de reparaciones o mantenimientos y la condición de la maquinaria. Según lo explica Bondoc et al., “... se desarrolla en el campo de la industria 4.0, con el fin de lograr pronósticos y diagnósticos inteligentes. Introducido en el proyecto Apolo de la NASA y se puede describir como la integración de información entre espacios físicos y cibernéticos”[24]. En base a sensores permite tener una supervisión óptima de las operaciones y gestionar los bienes activos, estos sensores analizan el tiempo que le resta de vida útil a la maquinaria, logrando monitorear en

tiempo presente. El Live DT sigue un procedimiento separado por 4 fases siendo estas: aprender, identificar, verificar y extender. En la Figura 7 se puede identificar el procedimiento de los Live TD.

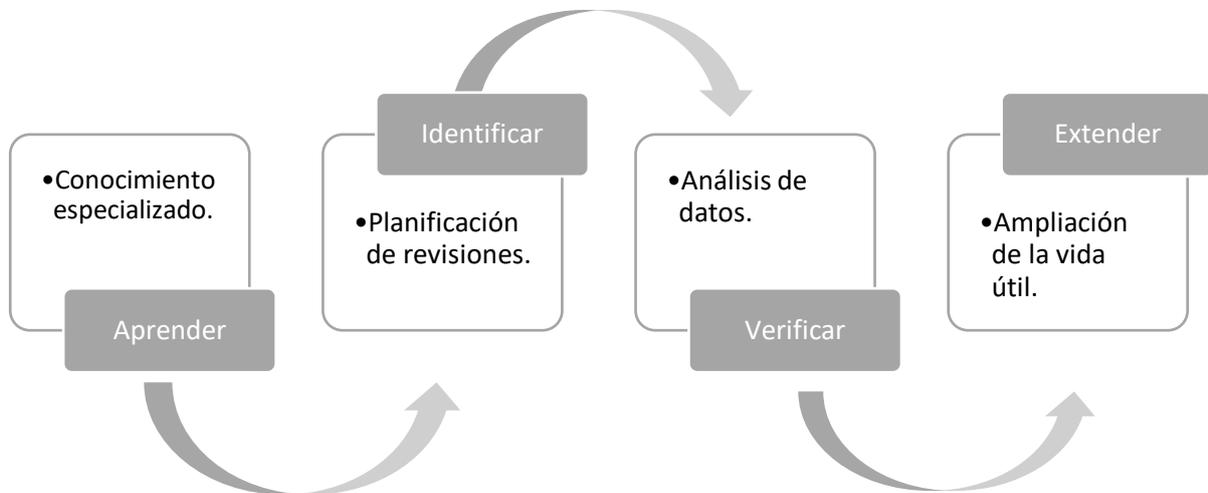


Figura 7. Procedimiento del Live TD.

1.4.5.10. Análisis predictivo utilizando machine learning y redes neuronales

Farooq et al., indica que “Los datos preprocesados contiene numerosas características redundantes, esto supone una carga para el respectivo cálculo de la red de predicción de fallos, lo que provoca una dificultad frente al proceso de producción” [25]. El método analítico es utilizado para disminuir la dimensionalidad de las características que los datos preprocesados nos indican y permite elegir las características fundamentales para el ingreso en la red neuronal de retro propagación. Este método permite efectuar la mejora eficiente en las operaciones bajo una premisa que asegura con exactitud de la red.

Según Wu et al., “Una red neuronal recurrente (RNN) es una de las redes más utilizadas en el aprendizaje profundo (DL), por su gran capacidad de tratar los datos de series temporales. Una variante avanzada de RNN, es la memoria a corto plazo (LSTM), utilizada ampliamente en problemas de predicción de secuencias” [26]. Se construyó este sistema para la salud de los equipos basados en el LSTM-RNN de esta manera predecir el tiempo de vida restante de los rodamientos, patrones de degradación de la maquinaria y los pronósticos de estado de la

maquinaria bajo ciertas circunstancias operativas. Se los ha considerado una técnica vanguardista en el mantenimiento predictivo, esto conllevó a que sus resultados predictivos sean complejos de seguir. Como consecuencia un RNN no permite un detalle completo para tomar una decisión concreta.

Xu et al., en su investigación indica que "... es un tipo de red neuronal artificial de retroalimentación, siendo variantes de perceptrón multicapa. Utilizado para el reconocimiento de contenido visual y audiovisual" [27]. Siendo utilizado en estos años por universitarios para implementarlo en maquinaria mecánica, este método identifica fallas, sin embargo, es de un costo elevado y tiende a fallar por errores humanos. Utiliza capas convolucionales donde distintos filtros se desplazan a través de contenido visual, percibiendo patrones, reconociéndolos en cualquier lugar que se encuentre en la imagen. Se pueden aplicar varias capas esto permitirá obtener más información acerca de los posibles fallos que puedan existir.

Según Meddaoui et al., "Es un modelo de aprendizaje automático inspirado de la estructura y función de los organismos biológicos. Consiste en varias capas de nodos interconectados, que se diseñan simulando el comportamiento de las neuronas del cerebro. Recibiendo la entrada de datos, pasando por diferentes capas secretas para procesar en base a cálculos matemáticos que implican la dirección que se asignan estos nodos. Las capas secretas permiten la extracción e instrucción de atributos además de los patrones destacados de los datos ingresados" [28].

Se usa frecuentemente en el mantenimiento predictivo debido a que permite analizar la información obtenida de sensores en la maquinaria y se predice en qué momento será indispensable aplicar el mantenimiento. La Red Neuronal Artificial (ANN) es importante porque permite obtener una extensa cantidad de datos en los sistemas de supervisión de la condición del producto, facilitando la predicción de las alternativas factibles. Un método que permite eficazmente la optimización del mantenimiento es el integrar el ANN el cual se utilizará como una herramienta, con el Aircraft Health Monitoring (AHM). Usar la ANN forma parte de la estrategia "previo a la detección de una avería". En la Figura 8 se puede visualizar la estructura que posee un ANN.

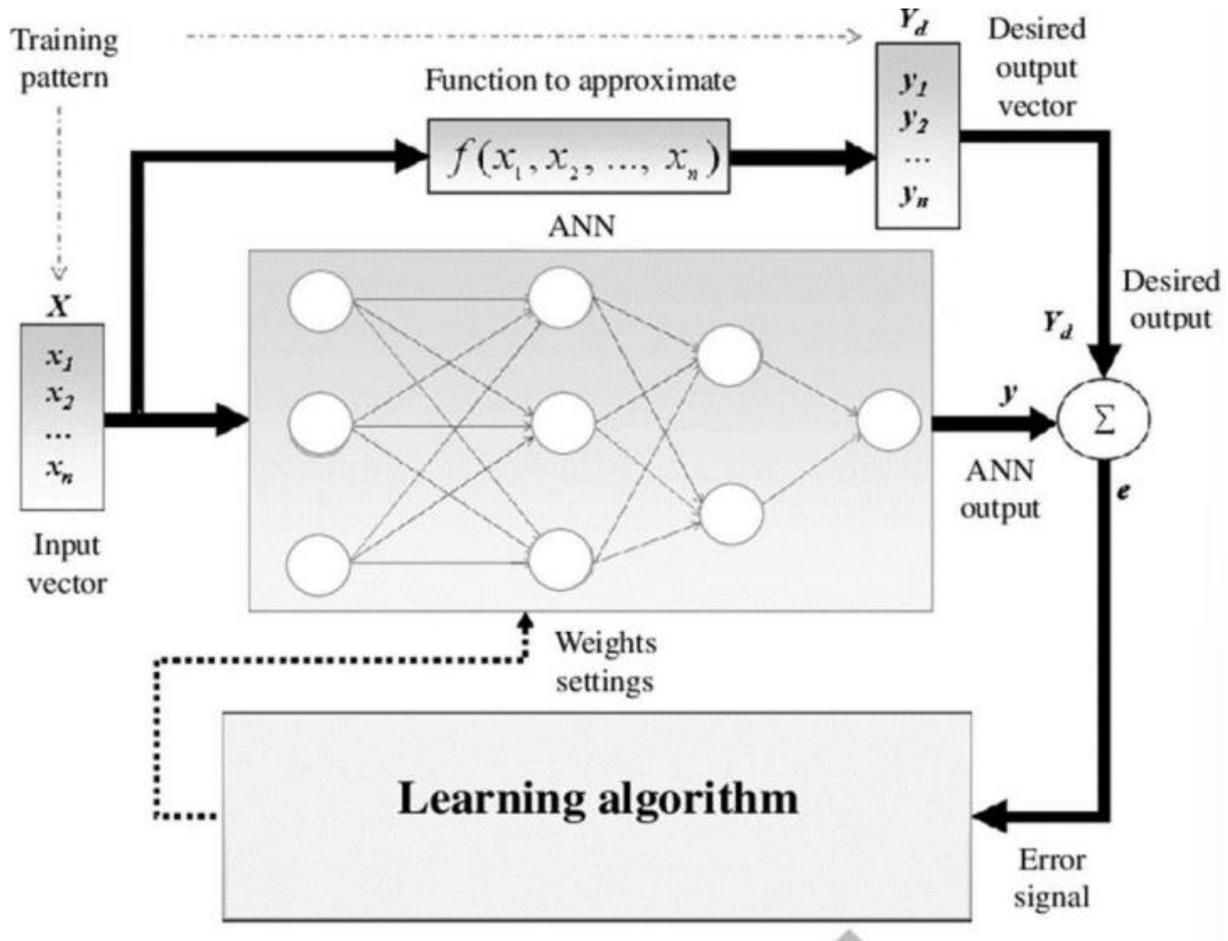


Figura 8. Estructura del método ANN [28].

1.4.5.11. Técnicas de agrupamiento no supervisado

Buabeng et al., explica que “La agrupación de datos de gran magnitud ha evidenciado ser una técnica eficaz para unir datos en diversas características y también como una fase de preprocesamiento para la mayoría de los machine learning, especialmente en el mantenimiento predictivo” [29].

Las técnicas de agrupación son las basadas en jerarquías, basadas en particiones, basadas en distribución y las basadas en redes neuronales. Sin embargo, se implican varios factores que trabajan sobre unas grandes magnitudes, mientras gestionan datos incompletos. Por este motivo, el elegir una técnica para agrupar los datos adecuadamente es esencial para poder separar los datos en diversos grupos. En la Figura 9 se puede identificar las diversas técnicas de agrupamiento no supervisado.

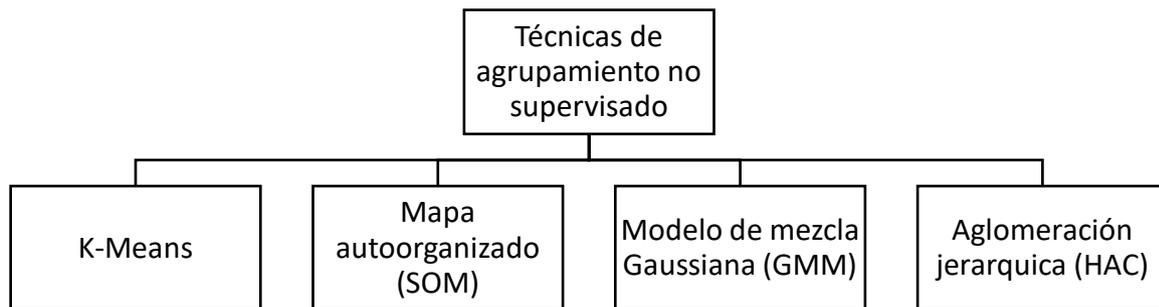


Figura 9. Técnicas de agrupamiento no supervisado.

- K-means: Considerado un método iterativo empleada para dividir los datos en un número determinado de conjuntos.
- Mapa autoorganizado (SOM): Es una red neuronal que agrupa información de gran magnitud, formando mapas de datos en una cuadrícula generada en 2D, esto permite modificar las características complicadas y no lineales de un área de magnitudes superior, a una de magnitudes inferior conservando la estructura de la información.
- Modelo de mezcla gaussiana: Es un algoritmo fundamentado en probabilidades que implica que la agrupación de información se cree a partir de una combinación de funciones de densidad K de partes, siendo K una suma ponderada de densidades de probabilidad gaussiana.
- Aglomeración jerárquica: Utilizado ampliamente para juntar objetos en base a grupos jerárquicos, iniciando con que cada objeto es un grupo e ir agrupándolos según su similitud hasta llegar a formar un gran conjunto de datos.

1.4.5.12. Procesamiento de información casi en tiempo real y detección de anomalías

Según la investigación de Henning et al., “... describe enfoques en los que los datos se procesan inmediatamente después de ser registrados. Suele ser más difícil de diseñar e implementar, produce resultados rápidamente, permitiendo reaccionar inmediatamente a las respuestas obtenidas” [30]. Este proceso respalda la optimización de detección de averías y el mantenimiento predictivo, cuanto más anticipado se detecte una avería, más inmediatamente se puede actuar sobre ella, siendo esencial en el mantenimiento predictivo debido a que requiere

conocer la información supervisada en tiempo real, caso contrario, el tiempo que deba emplearse en el mantenimiento se definirá después de ya haber realizado dicho mantenimiento.

Según Nunes et al., indica que “La detección de las anomalías se ocupa distinguir los valores de datos que se separan significativamente de un comportamiento habitual” [31]. Esto se puede deber a diversos factores, pudiendo ser un mal desempeño del sensor, errores en la adquisición de datos, bajo nivel de carga, mientras que otro tipo de anomalías se puede deber a un mal desempeño de la maquinaria, siendo esta última la que posee información importante para el técnico. En la Figura 10 se puede visualizar la clasificación de anomalías.

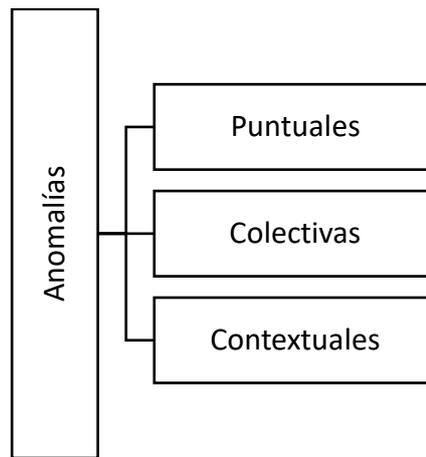


Figura 10. Clasificación de anomalías.

- Puntuales: es cuando un punto de datos se diferencia de los otros de manera significativa.
- Colectivas: es cuando un modelo de información varía su comportamiento habitual.
- Contextuales: es cuando se anticipa un patrón de datos, pero en contextos diferentes

Existen dos enfoques en los que se puede dirigir las anomalías de información en relación con la estructura de la respuesta. En la Figura 11 se puede visualizar los tipos de enfoque.

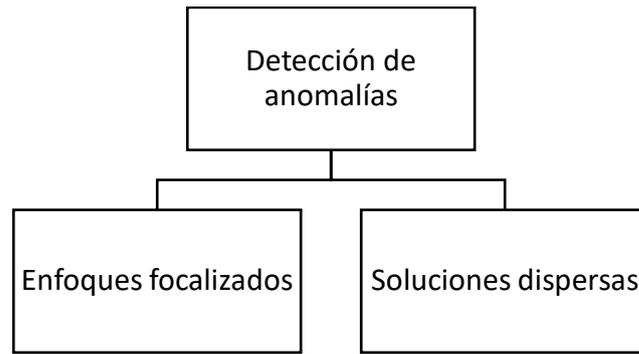


Figura 11. Tipos de enfoque.

- Enfoques focalizados: El proceso informático es ejecutado en la misma máquina por completo.
- Soluciones dispersas: Las diversas etapas en el proceso informático son efectuadas en distintos componentes.

Al momento de la aplicación de metodologías para poder detectar las anomalías se puede dividir en dos conjuntos destacados. En la Figura 12 se visualiza estas metodologías aplicadas a la detección de anomalías.

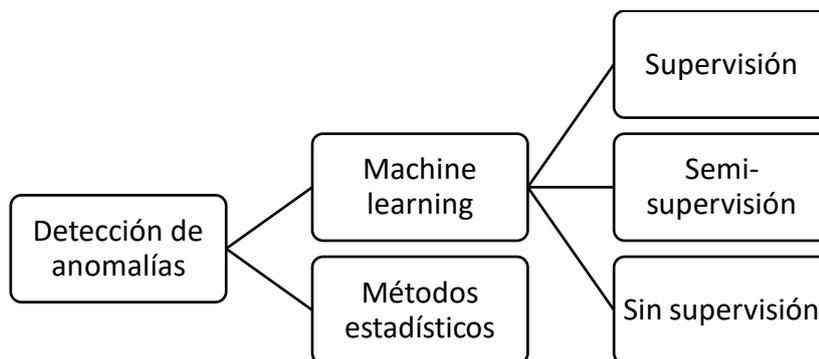


Figura 12. Metodologías aplicadas en la detección de anomalías.

1.4.5.13. Control de calidad

Soori et al., explica en su investigación que “El internet de las cosas (IoT), brinda una herramienta fundamental para el proceso de control de calidad de los componentes, detectando en tiempo real las averías permitiendo obtener una fecha exacta para poder solucionar cualquier

problema y reducir riesgos de que productos defectuosos ingresen al mercado” [32]. Aplicándolas al mantenimiento predictivo, permite la monitorización de las máquinas verificando su estado de funcionamiento en tiempo real. Esto permitirá predecir en base a fechas preprogramadas, cuando realizar un mantenimiento, previniendo el tiempo de reposo de la máquina y no afectar a la calidad de los artículos.

1.4.5.14. El Big Data

Según Hussain et al., “Una de las principales aplicaciones del mantenimiento predictivo es el big data, para la evaluación del estado de las máquinas. Analiza y gestiona una gran cantidad de información para mejorar el rendimiento de los bienes activos, prever irregularidades, entender el estado actual del equipo, reducir el costo de mantenimiento, reducir peligros en el área laboral y optimizar la toma de decisiones” [33]. Se reducirán los tiempos en parada, la seguridad se perfeccionará y el desembolso en mantenimiento bajará, recopilando datos de varios recursos, permitiendo una evaluación exacta para proceder a tomar una decisión con los datos obtenidos.

1.4.5.15. Estudio del FODA

El estudio del FODA se puede describir como el conjunto de métodos y procesos que permitirán conocer cómo se encuentra actualmente una situación o inconveniente dentro de un lugar específico, así como las causas que lo presiden y las consecuencias que suceden o que pueden llegar a suceder.

FODA se puede describir como: fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, los cuales permiten describir la situación tanto externa como interna de una industria o empresa, generando alternativas de solución y llegar a escoger la decisión más acorde a los objetivos que desena las organizaciones.

El procedimiento que emplea el estudio del FODA se describe a continuación en la Figura 13.

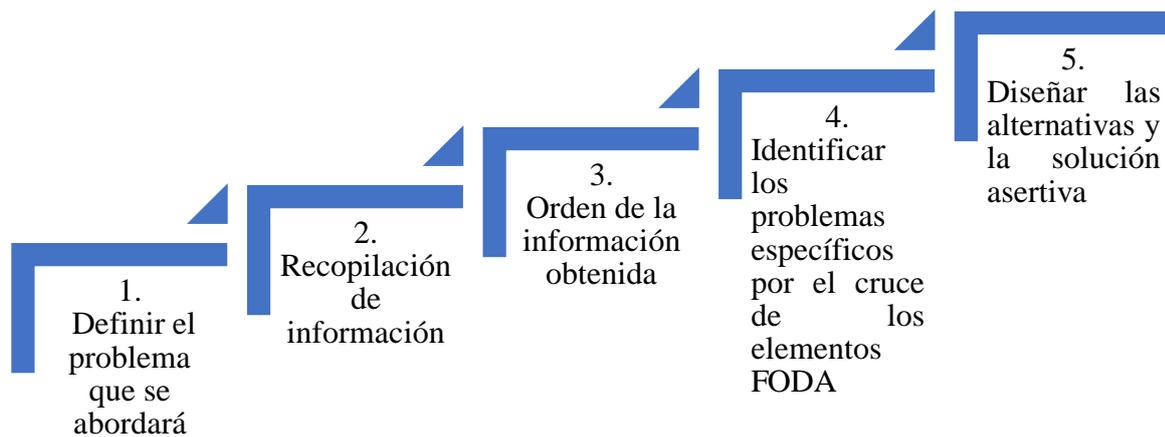


Figura 13. Proceso del estudio FODA.

1.5. Pequeñas y medianas empresas (Pymes)

Las pequeñas y medianas empresas se distinguen por el tamaño más compacto a comparación de las grandes corporaciones, siendo la causa principal los recursos económicos y la disposición de personal, esto lleva consigo a enfrentar importantes amenazas que pongan en riesgo la situación de las pymes [34]. Las pymes el sector textil abarcan la fabricación de prendas de vestir y accesorios, esto implica la elección de telas, cortes y costura de vestimenta, la calidad de los productos y competencia en el mercado.

1.5.1. Adams Sports

Adams Sports es una microempresa dedicada a la confección de vestimenta que empezó en el año 1996, por la emprendedora Janeth Quemag, se encuentra ubicada en el sector de la Loma de Puengasí en el sector Eloy Alfaro, empezando con tres máquinas de coser siendo estas: recta, overlock y recubrimiento, con el paso del tiempo se ha ido acrecentando el negocio esto conlleva a una expansión del mismo con una adquisición de 11 máquinas así como también llevo a la contratación de personal para llevar a cabo la producción de vestimenta, el máximo de personal contratado fue de 6 personas por las temporadas altas de producción, sin embargo, en temporadas bajas en la microempresa laboran 2 personas. La producción va empleada específicamente para ropa deportiva. La microempresa tiene planes de expandirse y crear su propia marca, sin embargo, su inconveniente principal es el financiamiento y el atraer clientes lo cual ha impedido que se lleve a cabo esta ampliación.

El objetivo de la micro - empresa es la de fabricar vestimenta para las grandes industrias como con la adquisición de materia prima proveniente de una empresa de Textilería el cual provee con tela de calidad, siendo la más utilizada la tela de punto y en menor medida las telas de 100 % de algodón y la de 60 % algodón y 40 % poliéster.

El proceso de mantenimiento que se realiza en la microempresa es correctivo, permitiendo arreglar la avería de una máquina solo si los componentes de esta llegan a fallar o desgastarse, esto genera una pérdida de tiempo porque se necesita llamar al técnico de mantenimiento y los costos en los que se incurren son elevados por la cantidad de máquinas que se operan, la competencia es otro factor que impacta de forma directa debido a los precios que ofertan.

1.5.2. La importancia del mantenimiento en las Pymes

El mantenimiento aplicado a las pymes es de gran importancia debido a diferentes aspectos que pueden afectar de manera directa a los procesos productivos y al rendimiento en general. Se puede llegar a destacar la confianza en las máquinas, la disponibilidad para realizar las actividades, disminuir los gastos permitiendo abaratar las reparaciones de los equipos, la vida útil de estos equipos llegará a prolongarse creando un entorno laboral más seguro y la calidad de los productos permitirán asegurar la confianza y satisfacción de los clientes.

Se concluye que el mantenimiento predictivo aplicado a las pymes, permitirán visualizar de manera significativa la eficiencia de las máquinas, los costos que pueden incurrir y la competencia con el resto del mercado. Al adoptar este mantenimiento a las máquinas se podrá anticipar mediante la recopilación de información, el estado actual en el que las máquinas se encuentran, la seguridad de los trabajadores se ve aumentada debido a la identificación prematura de las fallas en los equipos, permitiendo solucionar el inconveniente, la eficiencia se ve aumentada por la disminución de interrupciones en el proceso productivo, esto generando beneficios inmediatos. Por lo tanto, el mantenimiento predictivo se puede considerar como un punto clave que puede llegar a ser el éxito de las pymes, siendo una estrategia de inversión necesaria.

Capítulo II

ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA MICROEMPRESA

El desarrollo de este capítulo estará basado sobre la situación actual de la microempresa, siendo estas las áreas de trabajo y los equipos que se utilizan, además de los métodos que se emplearán en las diversas fases de adquisición de datos y el procedimiento que se seguirá para convertir los datos obtenidos en una propuesta de implementación de mantenimiento predictivo.

2.1. Procedimiento metodológico empleado en el proyecto

El presente proyecto desarrollará de manera detallada los procesos metodológicos para la recolección de información en base a cuestionarios y la utilización de la cámara termográfica Flir TG297, con el fin de realizar el proyecto de manera exacta. Siguiendo la línea previamente presentada desde el capítulo 1, se elaborará una planificación que engloba desde el principio con los objetivos propuestos en el diseño de trabajo de titulación, hasta la elección de los instrumentos para recopilar datos esenciales. Estos métodos que se presentan son la base sobre la cual se sustentará la obtención de resultados y las conclusiones que el presente proyecto desarrollará, asegurando su confiabilidad y validez en los hallazgos alcanzados.

2.1.1. Población y muestra

El grupo poblacional serán las máquinas de coser industriales, específicamente aquellas que operan en la microempresa mencionada en el capítulo 1. Es relevante ahondar en aspectos que impactan directo en el desempeño de las máquinas, el conocimiento del personal usando estas máquinas y analizar los posibles inconvenientes en su uso rutinario.

Esta estrategia de selección empleada posibilitará obtener hallazgos representativos de manera más exacta sobre la situación de las máquinas en el contexto de la microempresa objeto de estudio, proporcionando de esta forma la base fundamental al momento de realizar el análisis correspondiente y las respectivas conclusiones del proyecto.

2.1.2. Análisis y descripción de las áreas de trabajo

En la etapa de análisis se representa un elemento fundamental para el desarrollo del proyecto, proporcionando una guía sobre la cual se detallará bajo supervisión y anotaciones los diferentes campos laborales en los cuales las máquinas desarrollan sus funciones. El proceso llevado a cabo inició de manera presencial teniendo a disposición el equipo con el cual los trabajadores desarrollan sus actividades, así como también la disponibilidad de interactuar con los trabajadores sobre el entorno laboral que los rodea.

2.1.2.1. Áreas de trabajo

- **Área de confección de vestimenta**

La microempresa Adams Sport posee un área donde se desarrollan sus actividades siendo denominada el área de confección de vestimenta, donde se transforma la materia prima obtenida en vestimenta que posteriormente se distribuirá a las empresas afiliadas. Todo este contexto es desarrollado en base a las habilidades artesanales y el uso de maquinaria para llevar a cabo el proceso de manufactura eficiente y con estándares de excelencia.

Las personas que se encuentran laborando en esta área son profesionales que ejercen un rol fundamental para la fabricación de vestimenta. Este procedimiento empieza desde la elección minuciosa de los materiales tales como los hilos, telas y pasando por el proceso de personalización, generando de esta forma la satisfacción de los clientes y a su vez asegurando el éxito de la microempresa. En la Figura 14 se visualiza el área de confección de vestimenta.



Figura 14. Área de confección de vestimenta.

2.1.3. Análisis de maquinaria y equipos

2.1.3.1. Máquina Overlock de 4 hilos Siruba 700 K

En la Figura 15 se visualiza la máquina Overlock de 4 hilos Siruba 700 K, en la Tabla 2 se observa las especificaciones que posee la maquinaria.



Figura 15. Máquina Overlock de 4 hilos Siruba 700 K.

Tabla 2. Especificaciones de la máquina Overlock de 4 hilos Siruba 700 K.

Especificaciones de la máquina	
Modelo	700 K
Velocidad máxima de puntada	7500 spm (Método de impulso de choque)
Nivel de ruido	Debajo de 82 Db
Longitud de la puntada	4/5/6 mm
Recorrido de la barra de aguja	24,3 ± 0,2 mm
Altura de prensatelas	5,5 mm
Presión del prensatelas	5 kg
Altura de dientes de arrastre (sobre la placa de aguja)	0,7 – 0,9 mm
Aguja que utilizar	DCX 27
Transmisión de arrastre	Biela excéntrica
Ancho de los dientes de arrastre	1,6 mm
Dispositivo de ajuste de puntada	Ajuste con botón
Dispositivo de prensatelas	Tipo de resorte, tipo de ajuste con perilla
Llenado de aceite	Tipo de almacenamiento en tanque de aceite, suministro automático de aceite mediante filtro, acción capilar del hilo de algodón.
Solución de retorno de aceite	Bomba excéntrica
Aceite que utilizar	Proporcionar aceite específico (Mobil #10)

2.1.3.2. Máquina Recta Siruba L 918

En la Figura 16 se visualiza la máquina Recta Siruba L918, en la Tabla 3 se observa las especificaciones que posee la maquinaria.



Figura 16. Máquina Recta Siruba L 918.

Tabla 3. Especificaciones de la máquina Recta Siruba L918.

Especificaciones de la máquina			
Modelo	L918		
Materiales	Ligero	Peso medio	Pesado
Velocidad de costura	4000 r.p.m	Máx: 5000 r.p.m Normal: 4500 r.p.m	Máx: 4000 r.p.m Normal: 3500 r.p.m
Longitud de puntada (mm)	0 a 4	0 a 5	0 a 6
Recorrido de la barra de aguja	29 mm	30,7 mm	35 mm
Aguja	9 o 10	11 o 14	20 o 23
Presión del prensatelas	4 – 5 kgs	5 – 7 kgs	5 – 7 kgs
Elevador del prensatelas	Accionado por rodilla Accionado a mano	Estándar: 10 mm (Máx: 13 mm) 5,5 mm	
Prensatelas	Prensatelas ajustable		
Dientes de arrastre	Fila de 3 dientes o fila de 4 dientes La pendiente de los dientes de arrastre es ajustable		
Altura de prensatelas	0,7 – 0,8 mm	MIA 0,9 – 1,1 0,75 – 0,85 mm	1,0 – 1,2 mm
Alimentación	Alimentación inferior oscilante hacia arriba/ abajo y adelante/ atrás		
Palanca tensora del hilo	Varilla de conexión		
Recorrido de la palanca tensora del hilo	59,2 ± 1 mm		59,5 ± 1 mm
Lubricación	Lubricación totalmente automática		

Tabla 3. Especificaciones de la máquina Recta Siruba L918. (Continuación).

Especificaciones de la máquina	
Reciclaje de aceite Lubricante	Bomba de tapón de pilar Proporciona lubricante especificado (dispositivo opcional)
Dispositivo limpiador de hilo	(dispositivo estándar)
Dispositivo de retroceso automático de puntada	Salida regulada: 400 W (1/2 HP), Máx, salida: 550 W (3/4 HP)
Motor	3 fases/ monofásico
Potencia	DC – 24V
Potencia de accionamiento electromagnético	Tipo de recorte horizontal involucrado
Tipo de recorte	

2.1.3.3. Máquina Elasticadora 4404 P/UTC

En la Figura 17 se visualiza la máquina Elasticadora 4404 P/UTC, en la Tabla 4 se observa las especificaciones que posee la maquinaria.



Figura 17. Máquina Elasticadora 4404P/UTC.

Tabla 4. Especificaciones de la máquina Elasticadora 4404P/UTC.

Especificaciones de la máquina
Motor silencioso
Ahorro del 70% de energía
Regulación de velocidad
Lubricación automática
Contiene un puller para mejorar el arrastre de las prendas
Cortador de hilo automático
Levantador automático de prensatelas

2.1.3.4. Máquina Overlock Siruba 700 F

En la Figura 18 se visualiza la máquina Overlock Siruba 700 F, en la Tabla 5 se observa las especificaciones que posee la maquinaria.



Figura 18. Máquina Overlock Siruba 700 F.

Tabla 5. Especificaciones de la máquina Overlock Siruba 700 F.

Especificaciones de la máquina		
Modelo	700 F	
Velocidad de costura máxima	Estándar 7500 spm (Método de impulso de choque)	Recorrido alto 7500 spm (Método de impulso de choque)
Nivel de ruido	Debajo de 80 dB	Debajo de 82 dB
Extensión de costura (mm)	3	4
Trayectoria de la aguja (mm)	24,7	26,6
Altura del pie prensatelas (mm)	5	5,5
Presión de prensatelas		5 kg
Altura de los dientes de arrastre (cobre la placa de aguja)		1,0 mm
Aguja que se utiliza		DCX27
Transmisión de los dientes de arrastre	Excéntrico, varilla de conexión	
Ancho de los dientes de arrastre		1,8 mm
Dispositivo de ajuste de puntada		Ajuste con botón
Dispositivo de prensatelas		Tipo de resorte, tipo de ajuste con perilla Tipo de almacenamiento en tanque de aceite, suministro automático de aceite mediante filtro, acción capilar del hilo de algodón
Llenado de aceite		Bomba excéntrica
Solución de retorno de aceite		Bomba excéntrica
Aceite que se utiliza	Proporcionar aceite específico (Mobil #10)	

2.1.3.5. Máquina Recta Juki DDL 8500

En la Figura 19 se visualiza la máquina Recta Juki DDL 8500, en la Tabla 6 se observa las especificaciones que posee la maquinaria.



Figura 19. Máquina Recta Juki DDL 8500.

Tabla 6. Especificaciones de la máquina Recta Juki DDL 8500.

Especificaciones de la máquina			
	Modelo	Modelo	Modelo
Aplicación	Para materiales de peso medio	Para materiales pesado	Para ganchos grandes pesados
Velocidad de costura	Máx: 5500 spm	Máx: 3500 spm	Máx: 3000 spm
Longitud de puntada (mm)	5	5	7
Elevación del prensatelas (mm)		Estándar: 10 a 13	
Aguja DBX1	9 a 18	18 a 22	18 a 23
Aceite lubricante		Aceite blanco 10	

2.1.3.6. Máquina Recubridora Pegasus CW500N

En la Figura 20 se visualiza la máquina Recubridora Pegasus CW500N, en la Tabla 7 se observa las especificaciones que posee la maquinaria.



Figura 20. Máquina Recubridora Pegasus CW500N.

Tabla 7. Especificaciones de la máquina Recubridora Pegasus CW500N.

Especificaciones de las series de máquinas								
Aplicación	Subclase	Número de agujas	Número de hilos	Espacio entre agujas (mm)	Longitud máxima de puntada (mm)	Proporción de avance diferente	Elevación del prensatelas (mm)	Velocidad máxima (rpm)
Versátil	CW562N-01GB	2	4	4	4,4	0,5 – 1,3	6,3	6000
		3	5	4,8 – 6,4	4,4	0,5 – 1,3	5	6000
Cinta opaca	CW562N-02GB	2	4	3,2 – 4	4,4	0,5 – 1,3	6,3	6000
		3	5	4,8 – 6,4	4,4	0,5 – 1,3	5	6000
Adjuntar encaje elástico	CW562N-05GB	2	4	3,2 – 4	4,4	0,5 – 1,0	5,3	5500
		3	5	4,8 – 6,4	4,4	0,5 – 1,0	5	5500
Tipo de puntada						602 – 605		
Tamaño de la aguja						UY128GAS #9S UY128GAS #10S		
Tamaño de la máquina (W x D x H)						W: 495 mm D: 280 mm H: 414 mm		
Peso neto (solo la cabeza)						41,5 kg		
Peso bruto (con accesorios)						47,5 kg		
Nivel de ruido en trabajo						LpA ≤ 82 dB		

2.1.3.7. Máquina Overlock M-1-SF

En la Figura 21 se visualiza la máquina Overlock M-1-SF, en la Tabla 8 se observa las especificaciones que posee la maquinaria.

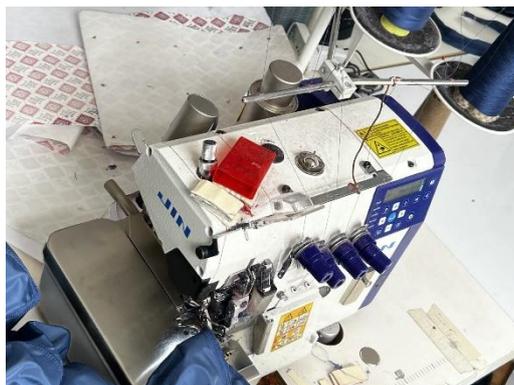


Figura 21. Máquina Overlock M-1-SF.

Tabla 8. Especificaciones de la máquina Overlock M-1-SF.

Especificaciones de la máquina	
Variedad de costura	Doble aguja
Materiales	L – M
Número de agujas	2
Número de hilos	4
Calibre de aguja	2,0 mm
Ancho de sobrehilado	4,0 mm
Número de filas de dientes de arrastre	3
Longitud de puntada	3,8 mm
Proporción de avance diferencial inferior	1:0,7 – 1:2
Sistema de agujas	DCX27 #11
Velocidad máxima de costura	7000 sti/min
Trayectoria de la aguja (mm)	23,0
Elevación máxima del pie prensatelas	5,0 mm
Lubricación	Automática
Aceite lubricante	Aceite para maquinaria JUKI #18
Filtro de aceite en cartucho	Incluido estándar
Requisitos de energía	Monofásico 220v / Monofásico 110v
Consumo de energía	1,51 kwh

2.1.3.8. Máquina Recta Kansew KS8800DH-4

En la Figura 22 se visualiza la máquina Recta Kansew KS8800DH-4, en la Tabla 9 se observa las especificaciones que posee la maquinaria.



Figura 22. Máquina Recta Kansew KS8800DH-4.

Tabla 9. Especificaciones de la máquina Recta Kansew KS8800DH-4.

Especificaciones de la máquina
Inclusión de un mecanismo para elevar automáticamente del pie prensatelas
Control eléctrico de la tensión el hilo
Corte automático del hilo
Arranque suave para iniciar la confección
Sistema automático de posición de la aguja
Ajuste del motor por medio de una pantalla
Iluminación acoplada
Nivel de sonoridad bajo
Oscilación baja
Eficiencia notable en parte por la velocidad
Utilizable en materiales de diverso grosor, delgados, mediano o pesado
Adecuado para vestimenta de punto, camisas, vaqueros, trajes
Altura de la aguja entre 5 – 15 mm
Longitud máxima de puntada 8 mm
Motor con ahorro de energía
Velocidad máxima de costura 5000 sti/min

2.1.3.9. Máquina Recta Kansew KS8801D4

En la Figura 23 se visualiza la máquina Recta Kansew KS88001D4, en la Tabla 10 se observa las especificaciones que posee la maquinaria.



Figura 23. Máquina Recta Kansew KS8801D4.

Tabla 10. Especificaciones de la máquina Recta Kansew KS8801D4.

Especificaciones de la máquina
Iluminación acoplada
Nivel de sonoridad bajo
Oscilación baja
Puntada de lanzadera
Longitud de puntada 5 mm
Aguja aplicable DBX1
1 aguja acoplada
2 hilos acoplados
Altura de prensatelas de 5,5 – 13 mm
Velocidad máxima de costura 5000 sti/mi
Motor de ahorro de energía
Arranque suave para iniciar la confección
Eficiencia notable en parte por la velocidad
Utilizable en materiales de diverso grosor, delgados, mediano o pesado

2.2. Herramientas para recopilar y estudiar la información.

Durante la etapa de recopilación de información, se usó la herramienta de la encuesta a los diversos trabajadores, la finalidad es la de conseguir información relevante sobre los distintos aspectos tanto del lugar de trabajo como de las máquinas de coser empleadas en la producción de vestimenta. Este método permite asegurar la validez de resultados, tomando en cuenta aspectos fundamentales, tales como la eficiencia de las máquinas, la plenitud de los empleados, los desafíos que pueden afrontar como una microempresa, los planes a futuro que tienen y las áreas en donde se necesite emplear mejoras.

La selección que se tuvo al momento de realizar la encuesta fue realizada en base a todo el personal que se encuentre vinculado al área de producción, debido al reducido tamaño del personal que cuenta la microempresa. Realizando esta encuesta sobre el análisis situacional actual del lugar, se obtuvo los siguientes resultados:

2.2.1. Resultados de la encuesta realizada a la microempresa Adams Sport

Acorde con la apreciación de la Figura 24, basado en los hallazgos extraídos de la Tabla 11, el personal reconoce el estilo organizacional jerárquico al que pertenece la organización.

- ¿Podrías describir que estilo organizacional jerárquico pertenece la organización?

Tabla 11. Estilo organizacional jerárquico de la organización.

Opciones	Resultados	Proporción porcentual (%)
Jerárquica	0	0%
Matricial	0	0%
Funcional	0	0%
Circular	3	100%
Total	3	100%

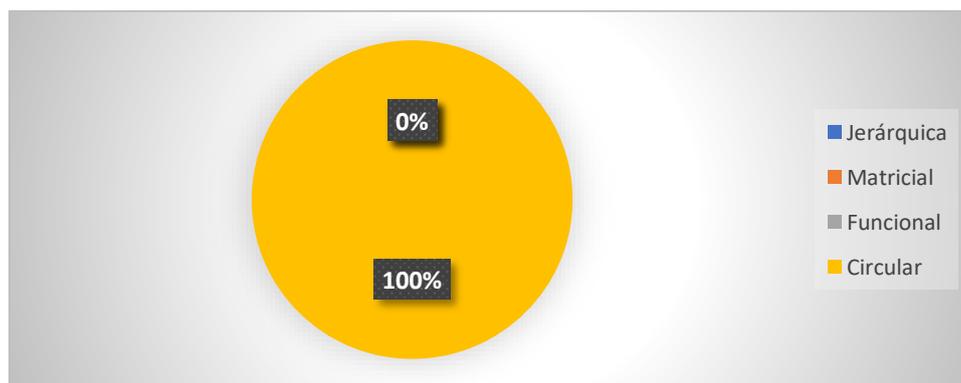


Figura 24. Estilo organizacional jerárquico de la organización.

Acorde con la apreciación de la Figura 25, basado en los hallazgos extraídos de la Tabla 12, el personal reconoce el tipo de cultura organizacional empleado en la microempresa.

- ¿Cómo podrías describir la cultura que predomina en la organización de la microempresa?

Tabla 12. Tipo de cultura organizacional en la microempresa.

Opciones	Resultados	Proporción porcentual (%)
Innovadora	0	0%
Tradicional	3	100%
Colaborativa	0	0%
Total	3	100%

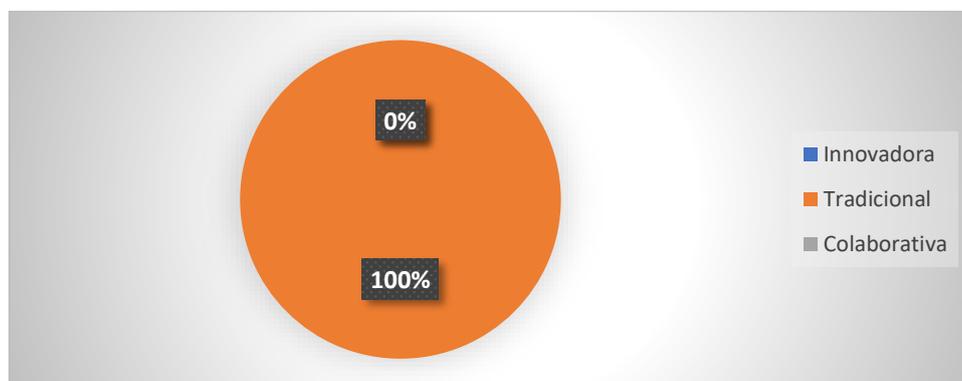


Figura 25. Tipo de cultura organizacional en la microempresa.

Acorde con la apreciación de la Figura 26, basado en los hallazgos extraídos de la Tabla 13, Se identifica que el entorno laboral en la microempresa es alentador y positivo, permitiendo que el rendimiento y el bienestar de sus trabajadores sea satisfactorio.

- ¿Cuál es su evaluación con respecto al entorno laboral de la microempresa?

Tabla 13. El entorno laboral en la microempresa.

Opciones	Resultados	Proporción porcentual (%)
Excelente	2	67%
Bueno	1	33%
Regular	0	0%
Necesita mejorar	0	0%
Total	3	100%

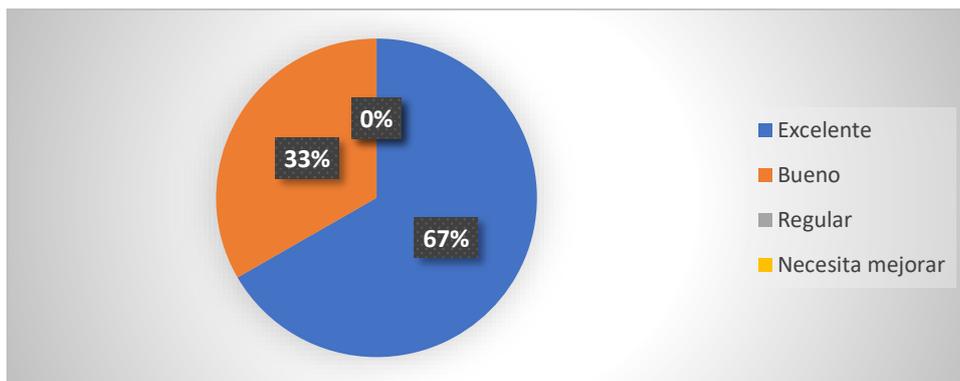


Figura 26. El entorno laboral en la microempresa.

Acorde con la apreciación de la Figura 27, basado en los hallazgos extraídos de la Tabla 14, se puede concluir que la microempresa se mantiene de manera estable en comparación al mercado que lo rodea, esto puede llegar a mejorar si se realiza estrategias de mejora aplicada a las áreas con mayor oportunidad.

- ¿Cómo se percibe la posición de la microempresa en comparación con sus competidores?

Tabla 14. La posición de la microempresa en comparación con los competidores.

Opciones	Resultados	Proporción porcentual (%)
Líder de mercado	0	0%
Competidor sólido	0	0%
Competidor promedio	3	100%
Necesita mejorar	0	0%
Total	3	100%

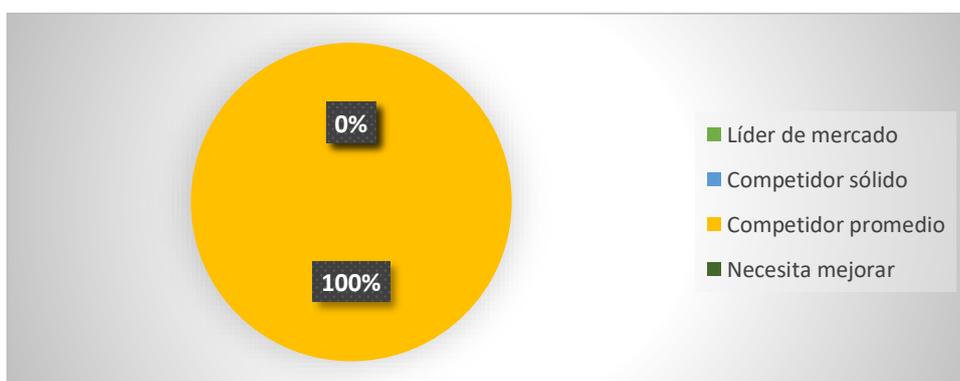


Figura 27. La posición de la microempresa en comparación con los competidores.

Acorde con la apreciación de la Figura 28, basado en los hallazgos extraídos de la Tabla 15, en la microempresa no se ha implementado el uso de tecnología avanzada para sus maquinarias, esto puede representar en oportunidades de mejora y optimización de los procedimientos.

- ¿Emplea en la microempresa tecnologías avanzadas en el funcionamiento de sus operaciones?

Tabla 15. Implementación de tecnologías avanzadas.

Opciones	Resultados	Proporción porcentual (%)
Sí	0	0%
No	3	100%
Total	3	100%

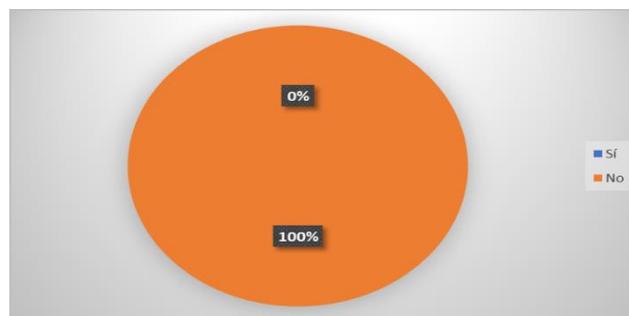


Figura 28. Implementación de tecnologías avanzadas.

Acorde con la apreciación de la Figura 29, basado en los hallazgos extraídos de la Tabla 16, indica que la microempresa puede disponer de una adaptación a la innovación hacia nuevas tecnologías.

- ¿Cuál es su perspectiva sobre la capacidad de la microempresa para poder incorporar y ajustarse a nuevas tecnologías?

Tabla 16. Adaptación a nuevas tecnologías.

Opciones	Resultados	Proporción porcentual (%)
Muy adaptable	0	0%
Moderadamente Adaptable	3	100%
Poco adaptable	0	0%
Total	3	100%

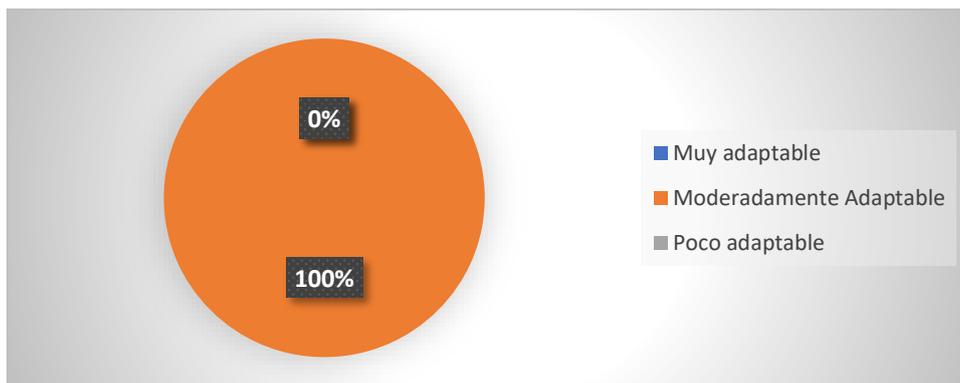


Figura 29. Adaptación a nuevas tecnologías.

Acorde con la apreciación de la Figura 30, basado en los hallazgos extraídos de la Tabla 17, los clientes que reciben los productos provenientes de la microempresa cumplen con los estándares requeridos para su posterior comercialización.

- ¿Cómo describirías la satisfacción del cliente con respecto a los productos que provee la microempresa?

Tabla 17. Satisfacción del cliente.

Opciones	Resultados	Proporción porcentual (%)
Muy satisfechos	1	33%
Satisfechos	2	67%
Neutrales	0	0%
Insatisfechos	0	0%
Muy insatisfechos	0	0%
Total	3	100%

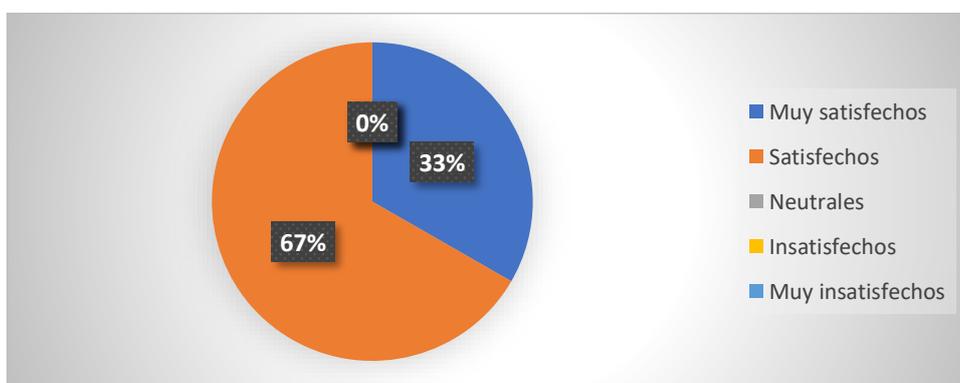


Figura 30. Satisfacción del cliente.

Acorde con la apreciación de la Figura 31, basado en los hallazgos extraídos de la Tabla 18, se concluye que la microempresa si ha generado un aumento en su economía estos últimos años.

- ¿Ha atravesado un desarrollo financiero en tiempos recientes en la microempresa?

Tabla 18. Auge económico en la microempresa.

Opciones	Resultados	Proporción porcentual (%)
Sí	3	100%
No	0	0%
Total	3	100%

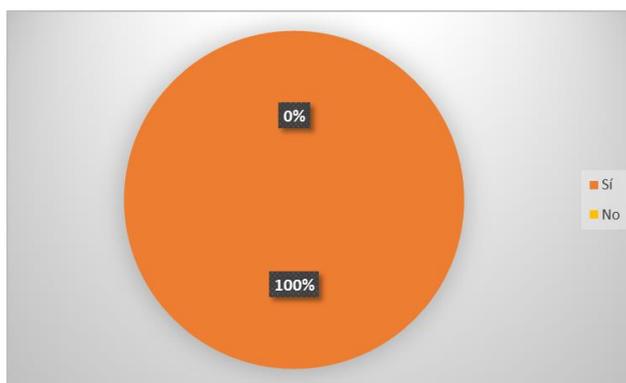


Figura 31. Auge económico en la microempresa.

Acorde con la apreciación de la Figura 32, basado en los hallazgos extraídos de la Tabla 19, indica el manejo de la situación financiera en la microempresa por parte de la persona encargada es buena.

- ¿Qué evaluación darías acerca de cómo se maneja la gestión financiera en la microempresa?

Tabla 19. Evaluación sobre el manejo de la gestión financiera.

Opciones	Resultados	Proporción porcentual (%)
Excelente	0	0%
Bueno	3	100%
Regular	0	0%
Necesita mejorar	0	0%
Total	3	100%

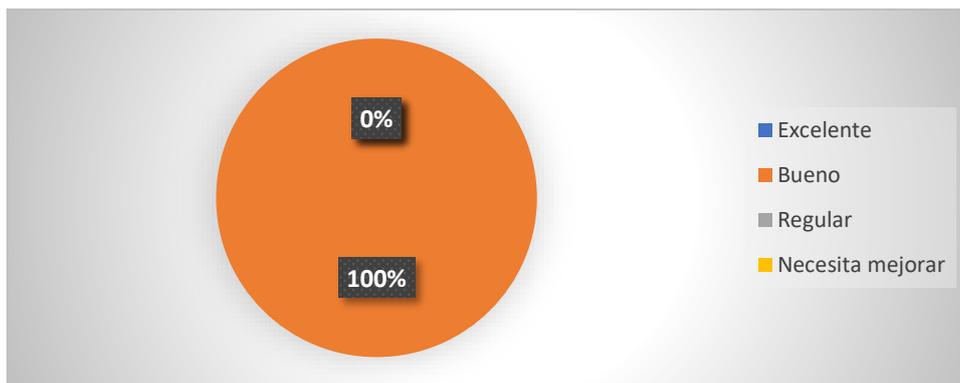


Figura 32. Evaluación sobre el manejo de la gestión financiera.

Acorde con la apreciación de la Figura 33, basado en los hallazgos extraídos de la Tabla 20, la microempresa cuenta con el personal capacitado ante cualquier situación que llegase a suceder en el área de producción.

- ¿Cuál es tu evaluación sobre la capacidad de la microempresa para encarar posibles dificultades?

Tabla 20. Capacidad de afrontar inconvenientes en la microempresa.

Opciones	Resultados	Proporción porcentual (%)
Muy preparada/o	0	0%
Preparada/o	3	100%
Poco preparada/o	0	0%
No preparada/o	0	0%
Total	3	100%

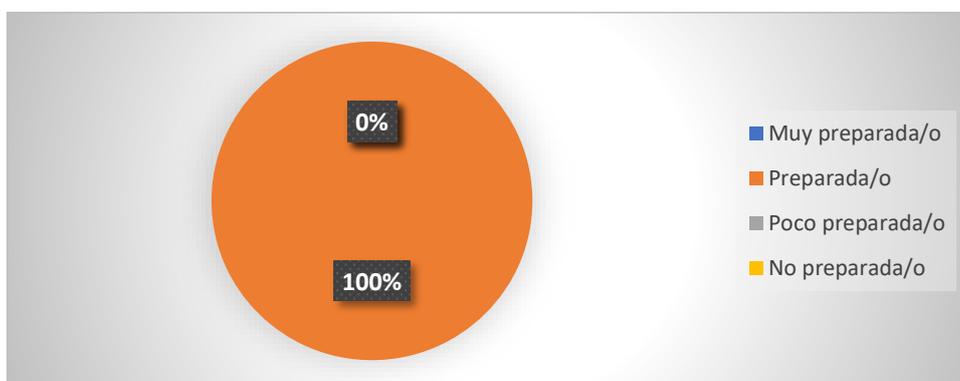


Figura 33. Capacidad de afrontar inconvenientes en la microempresa.

Acorde con la apreciación de la Figura 34, basado en los hallazgos extraídos de la Tabla 21, se concluye que en la microempresa pocas personas poseen la visión acerca de un plan de inversión futura.

- ¿Existen planes de inversión a futuro para la microempresa?

Tabla 21. Conocimiento sobre inversión a futuro en la microempresa.

Opciones	Resultados	Proporción porcentual (%)
Sí	1	33%
No	0	0%
Desconozco la información	2	67%
Total	3	100%

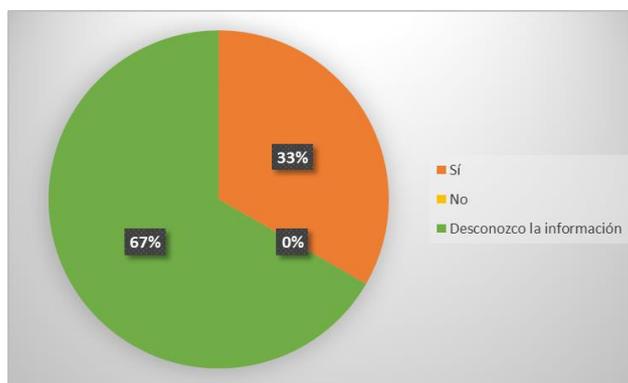


Figura 34. Conocimiento sobre inversión a futuro en la microempresa.

Acorde con la apreciación de la Figura 35, basado en los hallazgos extraídos de la Tabla 22, indica que la mayoría de los trabajadores no poseen una visión clara acerca del futuro de la microempresa.

- ¿Cómo describirías el desarrollo de la microempresa a largo plazo?

Tabla 22. Visión a largo plazo de la microempresa.

Opciones	Resultados	Proporción porcentual (%)
Clara y definida	0	0%
Moderadamente clara	1	33%
No está clara	2	67%
Total	3	100%

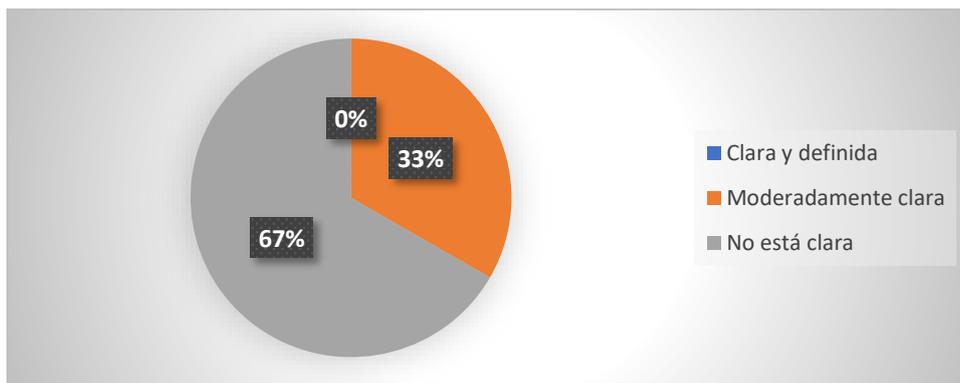


Figura 35. Visión a largo plazo de la microempresa.

Acorde con la apreciación de la Figura 36, basado en los hallazgos extraídos de la Tabla 23, expone que en la microempresa no existe un control de los inventarios de sus activos.

- ¿La microempresa posee un registro actual del inventario de sus equipos?

Tabla 23. Existe un control de inventarios.

Opciones	Resultados	Proporción porcentual (%)
Sí	0	0%
No	3	100%
Total	3	100%

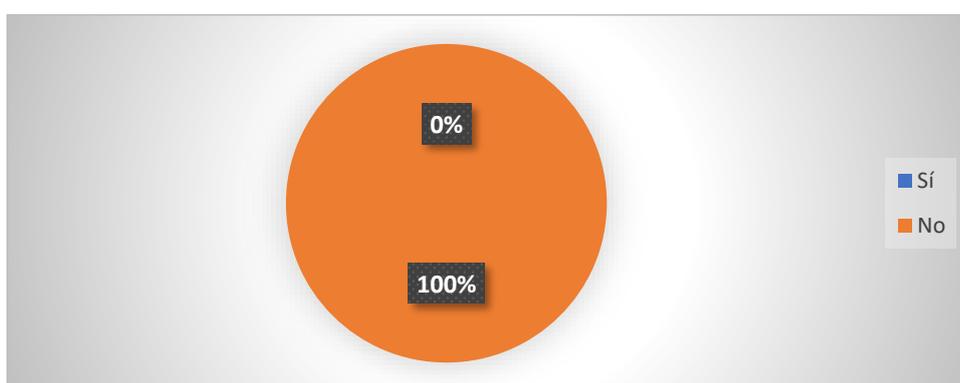


Figura 36. Existe un control de inventarios.

Acorde con la apreciación de la Figura 37, basado en los hallazgos extraídos de la Tabla 24, conocen el mantenimiento que se realiza a las máquinas de coser industriales.

- ¿Qué tipo de mantenimiento se implementa en los equipos de la microempresa?

Tabla 24. Modelo de mantenimiento utilizado en la microempresa.

Opciones	Resultados	Proporción porcentual (%)
Correctivo	3	100%
Preventivo	0	0%
Predictivo	0	0%
Total	3	100%

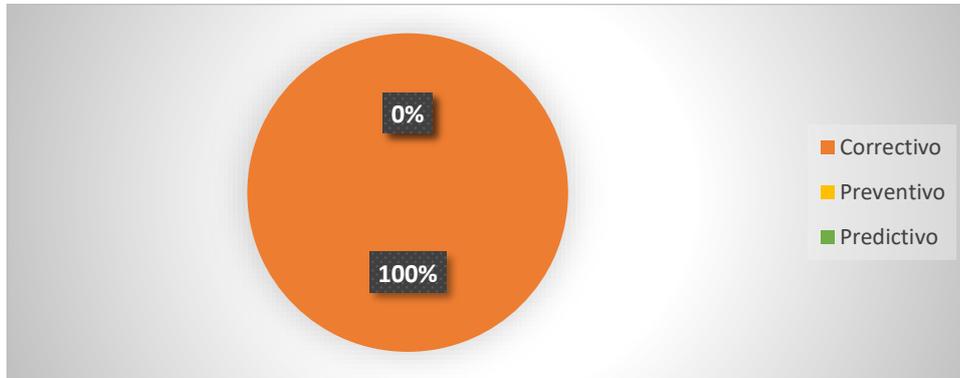


Figura 37. Modelo de mantenimiento utilizado en la microempresa.

Acorde con la apreciación de la Figura 38, basado en los hallazgos extraídos de la Tabla 25, se visualiza que la microempresa no tiene un programa definido para realizar el mantenimiento respectivo.

- ¿La microempresa cuenta con un programa de mantenimiento programado para sus equipos?

Tabla 25. Existe un programa de mantenimiento en la microempresa.

Opciones	Resultados	Proporción porcentual (%)
Sí	0	0%
No	3	100%
Total	3	100%

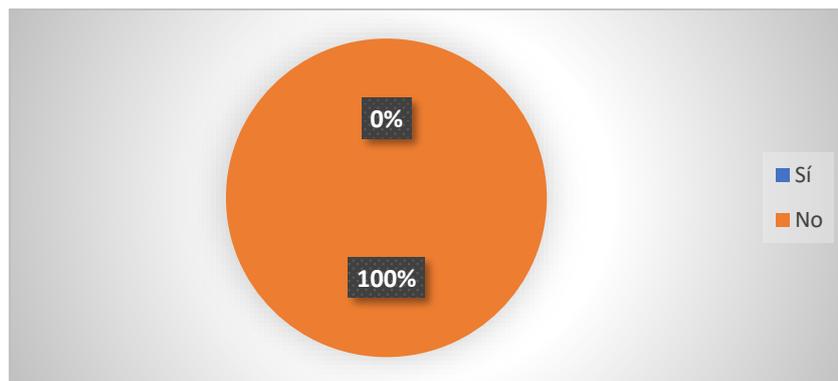


Figura 38. Existe un programa de mantenimiento en la microempresa.

Acorde con la apreciación de la Figura 39, basado en los hallazgos extraídos de la Tabla 26, el mantenimiento empleado actualmente demuestra ser eficaz.

- ¿Cuál es la percepción de la microempresa acerca de los procesos de mantenimiento que se utilizan actualmente?

Tabla 26. La eficacia del mantenimiento actual en la microempresa.

Opciones	Resultados	Proporción porcentual (%)
Efectivo	3	100%
Moderadamente efectivo	0	0%
No tan efectivo	0	0%
Total	3	100%

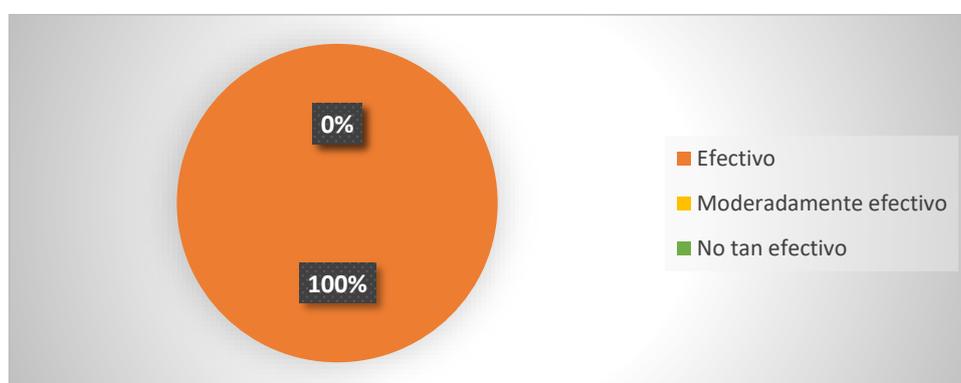


Figura 39. La eficacia del mantenimiento actual en la microempresa.

Acorde con la apreciación de la Figura 40, basado en los hallazgos extraídos de la Tabla 27, indica que la microempresa se lleva de una manera positiva con su proveedor de repuestos.

- ¿Cómo describirías la relación existente entre la microempresa y los proveedores de repuestos?

Tabla 27. Existe una buena relación con los proveedores.

Opciones	Resultados	Proporción porcentual (%)
Sí	3	100%
No	0	0%
Total	3	100%

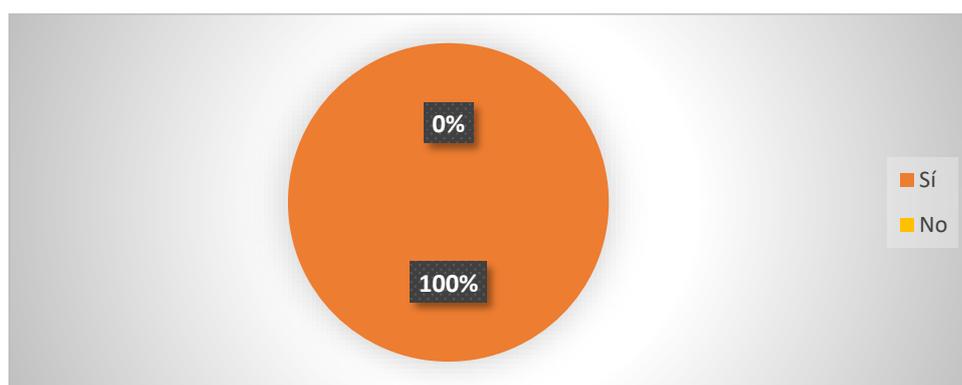


Figura 40. Existe una buena relación con los proveedores.

Acorde con la apreciación de la Figura 41, basado en los hallazgos extraídos de la Tabla 28, expresa que los gastos que existen al momento de realizar el actual mantenimiento son eficientes y no afecta a la economía.

- ¿Cuál es tu evaluación sobre la habilidad en la administración de costos de mantenimiento?

Tabla 28. Manejo de costos de mantenimiento en la microempresa.

Opciones	Resultados	Proporción porcentual (%)
Eficiente	3	100%
Regular	0	0
No tan eficiente	0	0
Total	3	100%

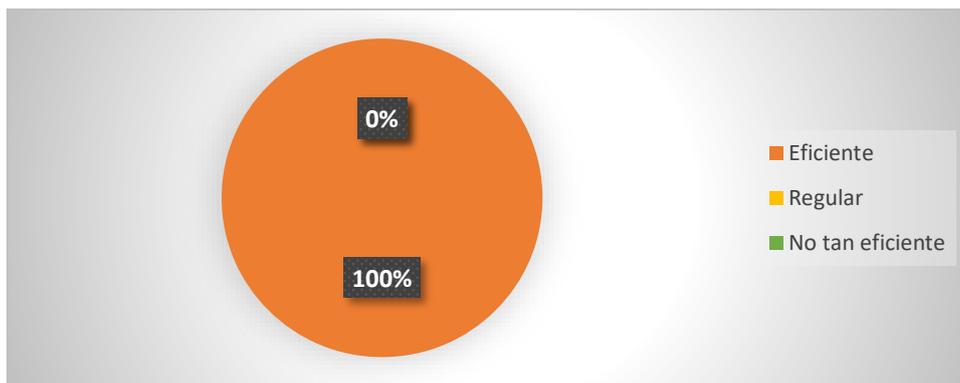


Figura 41. Manejo de costos de mantenimiento en la microempresa.

Acorde con la apreciación de la Figura 42, basado en los hallazgos extraídos de la Tabla 29, concluye que la mayoría de las averías habituales que suceden en los equipos ya han sido identificadas.

- ¿Se ha identificado las averías más usuales en los equipos de la microempresa?

Tabla 29. Fallas comunes en los equipos identificadas.

Opciones	Resultados	Proporción porcentual (%)
Sí	3	100%
No	0	0%
Total	3	100%

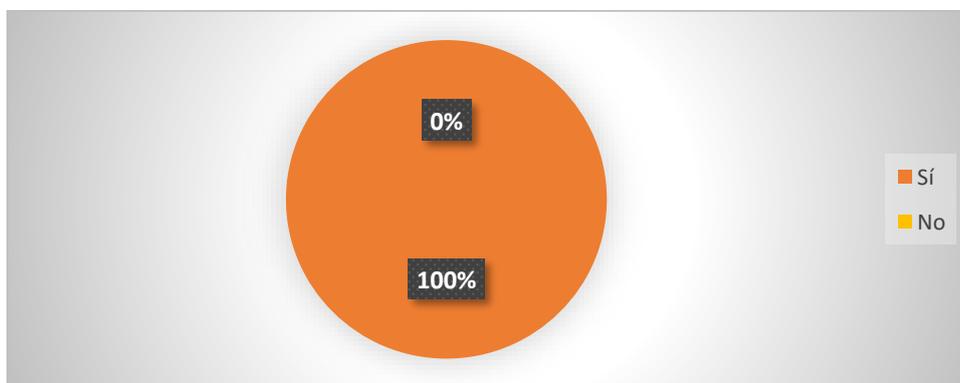


Figura 42. Fallas comunes en los equipos identificadas.

Acorde con la apreciación de la Figura 43, basado en los hallazgos extraídos de la Tabla 30, en la microempresa existe la disponibilidad en los repuestos requeridos para cada máquina.

- ¿Dispone la microempresa de los repuestos adecuados para realizar el mantenimiento eficientemente?

Tabla 30. Disponibilidad de repuestos en la microempresa.

Opciones	Resultados	Proporción porcentual (%)
Sí	3	100%
No	0	0%
Total	3	100%

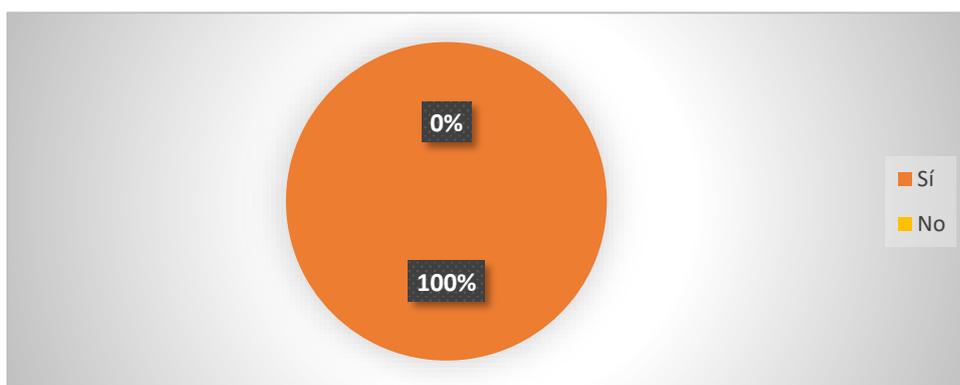


Figura 43. Disponibilidad de repuestos en la microempresa.

Acorde con la apreciación de la Figura 44, basado en los hallazgos extraídos de la Tabla 31, expresa que los protocolos ante la situación de aplicar un mantenimiento han sido elaborados.

- ¿La microempresa posee protocolos de emergencia ante de realizar el respectivo mantenimiento?

Tabla 31. Existen protocolos de emergencia en la microempresa.

Opciones	Resultados	Proporción porcentual (%)
Sí	3	100%
No	0	0%
Total	3	100%

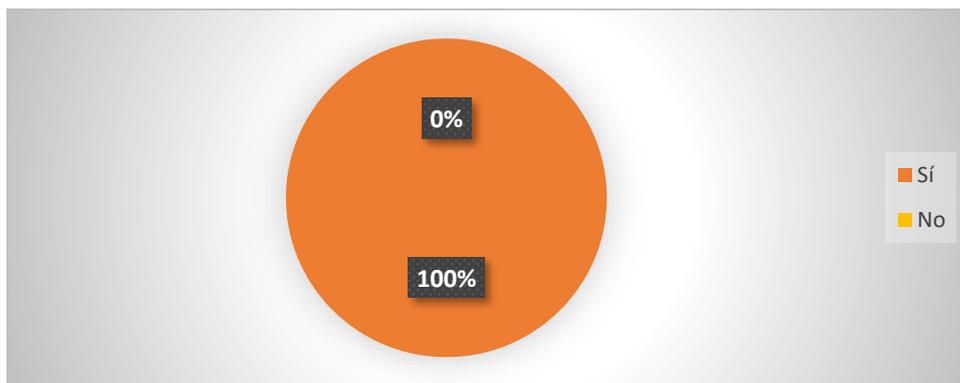


Figura 44. Existen protocolos de emergencia en la microempresa.

2.3. Estudio del FODA de la microempresa

Se ha optado por el estudio del FODA para identificar mediante esta matriz puntos clave que serán de mayor relevancia para la microempresa. En la Figura 45 se puede observar el estudio del FODA de la microempresa, esta matriz se realizó considerando las contestaciones extraídas de los trabajadores, mediante la encuesta realizada.

	Fortalezas	Debilidades
Estudio Interno Estudio Externo	<ul style="list-style-type: none"> - No es necesaria una excesiva inversión inicial. - Buena relación con proveedores de repuestos. - Aumento de la longevidad de la maquinaria. 	<ul style="list-style-type: none"> - Actualización constante de los conocimientos debido a nuevas tecnologías. - Escasez de personal cualificado para realizar este servicio.
Oportunidades	Estrategia (F vs O)	Estrategia (D vs O)
<ul style="list-style-type: none"> - Optimización de la calidad de los bienes. - Distinción en el mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diferenciarse de los competidores, destacando la calidad, la eficiencia y satisfacción del cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Propuesta de un plan gradual para su implementación, esto evitará incurrir en gastos elevados. - Proponer el ciclo de Deming, por medio de los datos adquiridos identificando las máquinas que requieren mayor atención.
Amenazas	Estrategia (F vs A)	Estrategia (D vs A)

<ul style="list-style-type: none"> - Abstenerse a la transformación. - Rivalidad de mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Al tener buena relación con proveedores de repuestos, permite llegar a acuerdos en base a costos. - Permite que el personal sea capacitado, aprendiendo acerca de los beneficios de un mantenimiento predictivo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conocer el estado actual de la competencia acerca de las tecnologías de mantenimiento que emplean en sus equipos. - Emplear comunicación nítida y abierta, fomentando un ambiente favorable para los trabajadores.
--	---	---

Figura 45. Estudio del FODA de la microempresa.

2.4. Procedimiento de desarrollo para el proyecto

En el marco de desarrollo del proyecto, se efectuará el ajuste a las normativas y estándares internacionales analizadas en el capítulo 1, esto relacionado con la técnica que de mantenimiento predictivo que se propondrá, específicamente relacionada a la termografía infrarroja. Siguiendo las pautas que las normativas indica para poder obtener los resultados requeridos.

2.4.1. Cámara Termográfica

2.4.1.1. Cámara termográfica Flir TG 297

En la Figura 46 se visualiza una cámara termográfica, En la Tabla 32 se observa las especificaciones de este instrumento de medición.



Figura 46. Cámara termográfica Flir TG 297.

Tabla 32. Especificaciones de la cámara termográfica Flir TG 297.

Especificaciones de la cámara termográfica	
Código de la cámara termográfica	80042000629696
Universidad Politécnica Salesiana	
Información óptica y visual	
Nitidez infrarroja (Pixels)	160 x 120
Procedimiento Digital	Afirmativo
Capacidad de detección calórica (mK)	< 70
Cobertura de vista	57° X 44°
Punto cercano para enfocar (m)	0,3
Proporción de la distancia respecto al punto	30:1
Emulación de doble rango	Alcance 1 < 400 °C. Alcance 2 >400 °C
Velocidad de fotogramas (hercios)	8,7 H
Detalles del sensor	
Rango de frecuencia (µm)	Sensor térmico no enfriado/ De 7,5 a 14
Momento de captura (µm)	De 12
Presentación de la imagen	
Nitidez visual (Pixels)	320 x 240
Intensidad de luz (cd/m ²)	400
Medida de visualización (in)	2,4
Perspectiva de observación (ángulo)	80°
Amplitud cromática (bits)	24
Formato visual	4:3
Visualización tecnológica	Transistor delgado de filmación
Sustancia de recubrimiento del cristal	Silicio de grado óptico
Calibración visual	Autoajustable
Configuración visual	Gráficos visuales en varios espectros Información de temperatura visual
Medición	
Intervalo térmico del artículo	Rango en grados Celsius -25 a 1030, Rango en grados Celsius -25 a 0, Confiabilidad ±3 °C
	Rango en grados Celsius 0 a 50, Confiabilidad ±2,5 °C
Variación y fidelidad térmica del artículo (Nivel térmico ambiental 15 a 35 °C)	Rango en grados Celsius 50 a 100, Confiabilidad ±1,5 °C
	Rango en grados Celsius 100 a 500, Confiabilidad ±2,5 %
	Rango en grados Celsius 500 a 1030, Confiabilidad ±3 %

Tabla 32. Especificaciones de la cámara termográfica Flir TG 297. (Continuación).

Especificaciones de la cámara termográfica	
Claridad térmica en infrarrojo	0,1 Celsius
Persistencia de medición	± 1 % de medición o ± 1 °C, el más elevado
Velocidad de reacción (ms)	150
Lectura térmica del termómetro	Supervisión constante
Límite mínimo de medición	0,26
Estudio de las mediciones	
Dispositivo de medidor localizado	Núcleo central encender / apagar
	Hierro
	Arcoíris
Esquema cromático	Blanco cálido
	Negro cálido
	Ártico
	Lava
Ajustes	
Directrices de ajuste	Ajuste personalizable, fecha, lenguaje y horario local.
	Niveles lumínicos en pantalla
	Gestión de galería y descarte de imágenes.
Ajustes del factor de emisión	4 configuraciones preestablecidas con personalización de 0,1 – 0,99
Lenguaje	El instrumento viene predefinido con 19 lenguas, facilitando el entendimiento al momento de utilizar la cámara
Archivado de imágenes	
Espacio del equipo (GB)	4
Capacidad de almacenaje	50000 ilustraciones
Extensiones de la imagen	JPEG
Capturadora digital	
Definición (Pixels)	2 MP (1600 x 1200)
Focalización	Estática
Perspectiva de visión	71° x 56°
Linterna	
Linterna	LED
Espectro cromático del LED	6226,85 °C
Capacidad de fidelidad cromática del LED	70
Extensión del ángulo del haz	$\pm 20^\circ$
Energía específica	0,5 W
Emisión de luz (lúmenes)	100
Puntero láser	
Indicador de haz de luz	Dimensión de la zona de medición
Haz de luz	Primera clase
Vías para intercambio de información	
Conexión	Puerto USB segunda generación, enlace bluetooth
Terminal USB	Tipo C: Intercambio de información

Tabla 32. Especificaciones de la cámara termográfica Flir TG 297. (Continuación).

Especificaciones de la cámara termográfica	
USB Básico	USB de segunda generación
Conexión inalámbrica	Bluetooth estándar de bajo consumo
Dispositivo de alimentación	
Categoría de la fuente de energía	Fuente de energía renovable de litio
Potencia (V)	3,6
Almacenamiento de energía (mAh)	3000
Duración de operación	5 horas estándar
Ciclo de vida de la fuente de energía	4 horas y media usando el haz de luz
Método de alimentación	Un mes mínimo
Periodo de recarga	Carga interna
Grado térmico mientras se recarga	Con 90 % se usa por 4 horas, con 100 % se utiliza por 6 horas
Control del consumo de carga	Rango en grados Celsius 0 a 45
	Modo suspensión: 30, 15, 5 minutos, apagado
Información medioambiental	
Intervalo térmico para operar	Rango en grados Celsius -10 a 45
Intervalo térmico de almacenaje	Rango en grados Celsius -30 a 55
	0 – 90 % humedad ambiente
	Rango en grados Celsius 0 a 37
	0 – 65 % humedad ambiente
Nivel de humedad en almacenaje y funcionamiento	Rango en grados Celsius 37 a 45
	0 – 45 % humedad ambiente
	Rango en grados Celsius 45 a 55

2.4.2. Protocolos de prueba

La estrategia que se empleó mediante el método de recolección de información en base a la termografía se fundamenta en la normativa que se mencionó en el capítulo 1, además de los datos recopilados de las máquinas. La planificación de las actividades está sustentada en dos fases: la preparación anticipada mediante fases para la evaluación por termografía y la ejecución del ensayo termográfico en las máquinas.

2.4.2.1. Preparación anticipada para llevar a cabo la evaluación por termografía

En la Figura 47 se identifica las actividades previas al desarrollo de la evaluación termográfica, una vez seleccionada la zona donde se aplicará el estudio termográfico

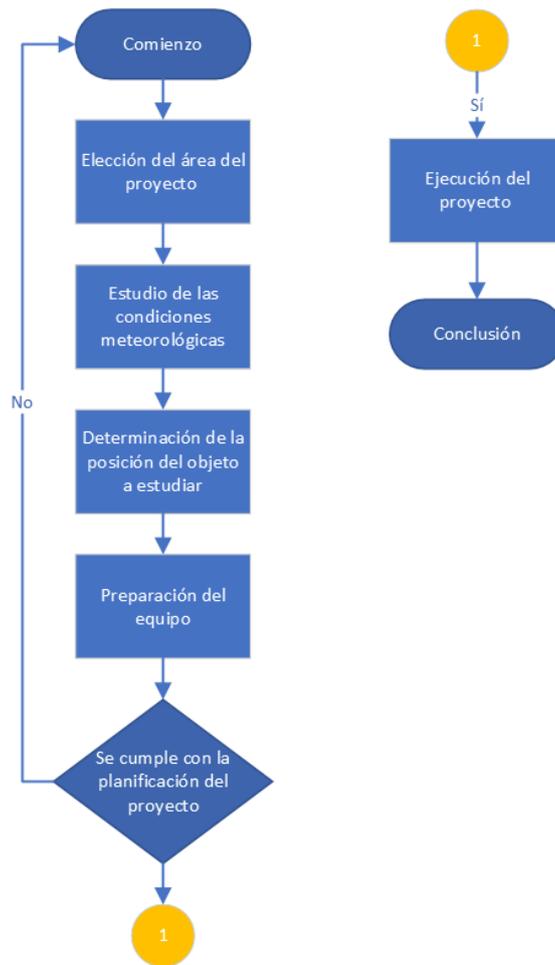


Figura 47. Flujograma de los procesos previos al proyecto termográfico.

Elección del área del Proyecto

El lugar donde se realizará el proyecto está ubicado en la Loma de Puengasí, en el sector Eloy Alfaro, siendo el área específica una microempresa dedicada a la confección, contando con un espacio cerrado evadiendo de esta forma las lluvias, vientos correntosos, entre otro tipo de factores que llegarían a afectar las mediciones de las máquinas.

Estudio de las condiciones meteorológicas

La meteorología es un parámetro importante en el instante de realizar la termografía, esto se debe a los parámetros ambientales/meteorológicos que están sujetos a la norma ISO 28434-1 la

cual afirma que los datos adquiridos serán validados siempre que sean consistentes en base a las condiciones de operación de las máquinas y las circunstancias medioambientales que los rodean.

Determinación de la posición del objeto a estudiar

Se deberá cerciorar que las máquinas a la cuales se les aplicará el uso de la cámara termográfica estén ubicadas en una posición factible para realizar las respectivas mediciones, siendo en lugares donde no se refleja la luz solar, debido a que produce una alteración de temperatura, además de aplicar en un ángulo de 45° a la cámara para que las mediciones sean más exactas.

Preparación del equipo

Antes de empezar con la recopilación de información de las máquinas, se necesita preparar el equipo con antelación, se puede detallar a continuación los pasos a seguir:

- Extraer la cámara termográfica de su empaque y encenderla.
- Ajustar las configuraciones de la cámara a las especificaciones que deseamos.
- Elegir la escala de arcoíris, visualizando la imagen térmica con mayor contraste.
- Apuntar y enfocar la cámara con el ángulo correcto para medir la temperatura de las máquinas sin cambiarles su posición inicial.
- Enlazar la cámara termográfica con la aplicación requerida para extraer las imágenes térmicas y los datos necesarios obtenidos en tiempo real.

2.4.2.2. Ejecución del ensayo termográfico en las máquinas.

En la siguiente Figura 48 se puede ilustrar los pasos que son necesarios seguir para llevar a cabo el ensayo termográfico

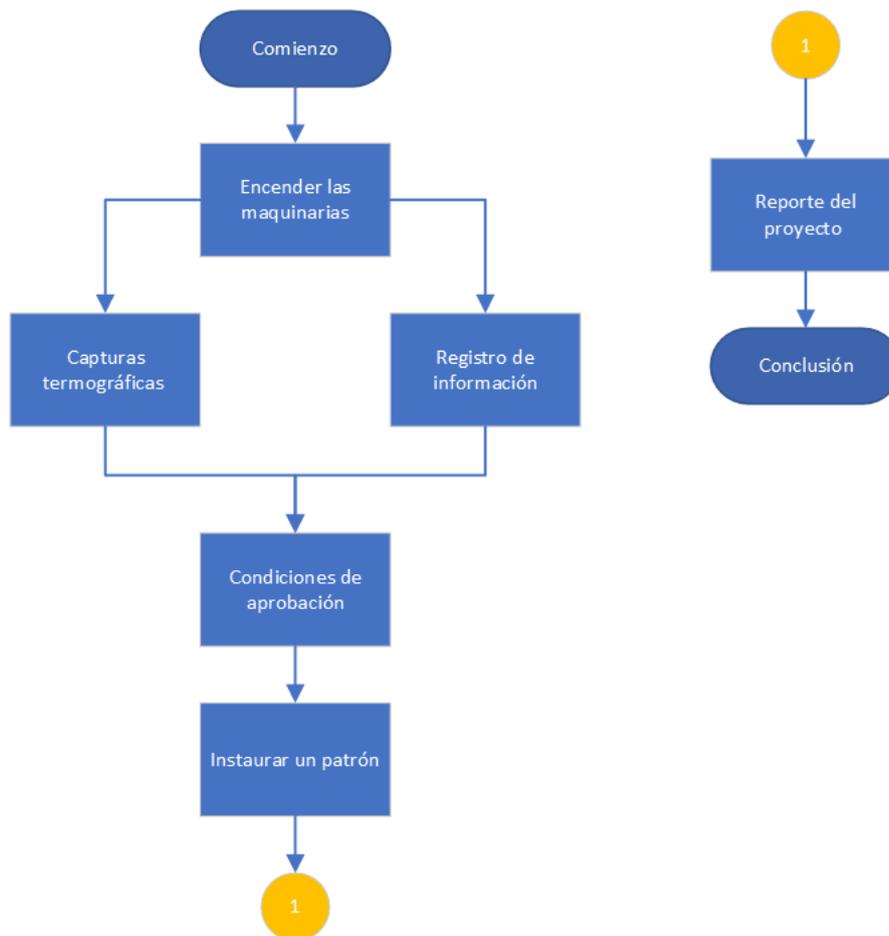


Figura 48. Flujograma del proceso del proyecto termográfico.

Acciones llevadas a cabo durante la aplicación de la termografía

Desde este momento en adelante se empieza a recolectar información acerca de las máquinas y la adquisición de las imágenes térmicas, se seguirá una serie de pasos a continuación:

- Verificar el estado operativo de las máquinas mediante la inspección visual.
- Encender las máquinas y esperar un lapso considerable hasta que alcance la temperatura normal con la que realiza sus actividades.
- Verificar los puntos críticos de las máquinas en donde se acumule la mayor concentración de temperaturas elevadas durante el proceso funcional.
- Por medio de la cámara termográfica, capturar las imágenes térmicas en los puntos críticos previamente visualizados.
- Proporcionar una visualización clara de las imágenes obtenidas.

- Identificar la serie de patrones térmicos o las áreas donde sucedan irregularidades en la operación de las máquinas.
- Utilizar el software correspondiente a la cámara termográfica Flir TG297, esto permitirá extraer las imágenes de la cámara y adquirir los datos necesarios para el mantenimiento predictivo.
- Documentar los resultados obtenidos en las mediciones de las máquinas, integrando la hora en que se realizó, la temperatura del ambiente y alguna otra observación relevante.
- Comparar las diversas imágenes térmicas obtenidas en los diferentes tiempos que se realizó a cada máquina para su posterior evaluación.
- Proporcionar conclusiones preliminares basado en el proceso termográfico realizado.
- Identificar las áreas donde se necesite mayor atención, para el correspondiente mantenimiento fundamentado en base a la información obtenida de manera concreta.
- Elaboración de un informe detallando la metodología que se empleará, los resultados de cada máquina y las conclusiones pertinentes.

2.5. Mantenimiento de la microempresa

La microempresa desarrolla el mantenimiento de los equipos de forma correctiva, esto lleva a contemplar retrasos cuando sucede alguna avería inesperada por lo que se para la producción de las vestimentas y se necesita la llamada de un técnico especializado en mantenimiento así como también la adquisición de repuestos en ese momento, por lo que el tiempo que estarán los equipos sin operar puede llegar a ser extenso, perjudicando la producción. El tiempo que se demora el técnico puede llegar a ser de 1 hora, además que la adquisición de los repuestos puede ser de 1 hora, debido a que la microempresa se encuentra en un área alejada de los locales de venta de componentes para máquinas de coser industriales.

En la Tabla 33 se puede apreciar los mantenimientos que se realizan a las máquinas actualmente en la microempresa.

Tabla 33. Mantenimiento actual de la microempresa.

Máquina	Componente	Tipo de mantenimiento	Tiempo de ejecución	Costos
Juki DDL 8500	Motor	Preventivo	04:48	\$ 45
	Cabezal Industrial	Correctivo		
Kansew	Motor	Preventivo	04:33	\$ 40,50
KS8801D4	Cabezal Industrial	Correctivo		
Kansew	Motor	Preventivo	04:33	\$ 40,50
KS8800DH-4	Cabezal Industrial	Correctivo		
JIN M-1-SF	Motor	Preventivo	04:48	\$ 45
	Cabezal Industrial	Correctivo		
JACK Siruba	Motor	Preventivo	04:48	\$ 45
700 K	Cabezal Industrial	Correctivo		
Kansew 4404	Motor	Preventivo	04:48	\$ 45
P/UTC	Cabezal Industrial	Correctivo		
Pegasus	Motor	Preventivo	04:48	\$ 45
CW500N	Cabezal Industrial	Correctivo		

En este capítulo se abordó el análisis actual de la microempresa, la obtención de información para proseguir a la ejecución del proyecto, detectar el estado de las máquinas y el mantenimiento que se realiza actualmente en la microempresa, de esta forma proponer un sistema de mantenimiento predictivo, con la finalidad de poder detectar las posibles averías que llegasen a suceder, de esta forma programar de manera efectiva cuando realizar el cambio de los respectivos compuestos.

Capítulo III

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

La elaboración de este capítulo se centrará en presentar los resultados derivados del ensayo termográfico aplicado a las máquinas de coser industriales de la microempresa Adams Sport, Al analizar estos resultados se formulará una propuesta de mantenimiento predictivo.

3.1. Análisis del estado operativo de las máquinas

Tras el análisis del proceso termográfico en las máquinas y no a detectar alguna anomalía, el estudio refleja que el estado térmico de estos equipos es óptimo para seguir realizando sus operaciones. Esto implica que no se constataron puntos críticos de elevada temperatura en los rodamientos y ejes de las máquinas o en los elementos eléctricos, esto señala que el funcionamiento de los equipos entra en el parámetro de óptimo o aceptable.

La ausencia de problemas de temperatura indica que los componentes más importantes de las máquinas trabajan de manera eficiente, debido a que no está excediendo la generación de calor por fallos. Sin embargo, se debe indicar ensayos realizados tuvieron un tiempo limitado por lo cual se realizaron pocas mediciones y se trabajó con los datos recolectados.

Se combinó el procedimiento termográfico con las inspecciones visuales con la finalidad de evaluar la integridad de los equipos. Esto conlleva examinar el deterioro de las piezas móviles debido a que la cámara termográfica no permite visualizar estas averías con su infrarrojo por lo que estos fallos mecánicos sutiles pueden llegar a incurrir en una avería en el futuro.

3.2. Condiciones de aceptación

Las temperaturas adquiridas por medio de la ejecución del ensayo termográfico aplicado a las máquinas de coser industriales, empleando la metodología cualitativa, haciendo uso de condiciones de aceptación para analizar y concluir los resultados de los ensayos termográficos. En base a la normativa ISO 18434-1 se aplicó con la finalidad de establecer condiciones de aceptación o rechazo, los cuales se fundamentan en las temperaturas recolectadas por medio de

las cámaras termográficas. En la Tabla 34 se visualiza las condiciones de aceptación en base a lo propuesto por ANSI/NETA.

Tabla 34. Condiciones de aceptación ANSI/NETA.

Con respecto a la categoría de la avería, los siguientes estándares que se manejan según la ANSI/NETA

Variación de temperatura °C	Categoría	Situación
1-10 o/A	Buen estado	Correcto
11-20 o/A	Posible falencia	Aprobado
21-40 o/A	Insuficiencia	Inaceptable
>40 o/A	Fallo significativo	Riesgo / Inseguro

3.3. Análisis Termográfico

El análisis termográfico se llevó a cabo en todas las máquinas de la microempresa, obteniendo las imágenes térmicas de los equipos con la información detallada. Para la realización de este ensayo termográfico no destructivo, se siguió las indicaciones presentadas en el capítulo 2, utilizando la cámara termográfica Flir TG297 como la principal herramienta de recolección de información, así como también de la adquisición de las imágenes térmicas, permitiendo observar las diferentes temperaturas de las máquinas y las áreas con mayor aumento de calor durante su operación habitual.

A continuación, en la Figura 49 se presenta la ficha utilizada para recolectar por medio de la cámara Flir TG 297 los diferentes equipos de la microempresa.

Entidad:			
Localización:		Fecha:	
Máquina:		Gama cromática:	
Tipo de evaluación:		Cámara termográfica:	
Imagen de la Máquina:	Imagen Térmica:		
Temperatura Ambiente:			
Categorización de la avería	Elementos Evaluación		
Δt o/A Estado Humedad Relativa	Emisividad Separación Imagen 1 Imagen térmica		
Nota:	Con respecto a la categoría de la avería, los siguientes estándares que se manejan según la ANSI/NETA		
	Variación de temperatura °C	Categoría	Situación
	1-10 o/A	Buen estado	Correcto
	11-20 o/A	Posible falencia	Aprobado
	21-40 o/A	Insuficiencia	Inaceptable
>40 o/A	Fallo significativo	Riesgo / Inseguro	

Figura 49. Ficha térmica de las máquinas.

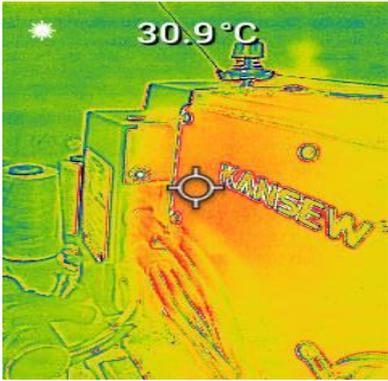
En la Tabla 35 se puede observar la ficha térmica de la máquina Juki DDL 8500, el cual describe la temperatura que posee la máquina con respecto a la temperatura ambiente del área laboral.

Tabla 35. Ficha térmica de la máquina Juki DDL 8500.

Entidad:	Universidad Politécnica Salesiana				
Localización:	La Loma de Puengasí - sector Eloy Alfaro	Fecha:	23/12/2023		
Máquina:	Juki DDL 8500	Gama cromática:	Arcoíris		
Tipo de evaluación:	Evaluación termográfica	Cámara termográfica:	Flir TG297		
Imagen de la Máquina:		Imagen Térmica #1:			
					
Temperatura Ambiente: 20.0 °C					
Categorización de la avería		Elementos		Evaluación	
Δt o/A	3,8 °C	Emisividad		0,95	
Estado	Correcto	Separación		1,00 m	
Humedad Relativa	50%	Imagen 1		20.0 °C	
		Imagen térmica		23.8 °C	
Nota:		Con respecto a la categoría de la avería, los siguientes estándares que se manejan según la ANSI/NETA			
Se puede visualizar que la Máquina recta Juki DDL 8500 permanece en un estado óptimo de funcionamiento, esto se debe a que permanece en el rango de “buen estado” proporcionado según la tabla de ANSI/NETA, permitiendo desarrollar sus actividades de manera habitual sin llegar a incurrir en contratiempos por un componente en mal estado.		Variación de temperatura °C	Categoría	Situación	
		1-10 o/A	Buen estado	Correcto	
		11-20 o/A	Posible falencia	Aprobado	
		21-40 o/A	Insuficiencia	Inaceptable	
		>40 o/A	Fallo significativo	Riesgo / Inseguro	

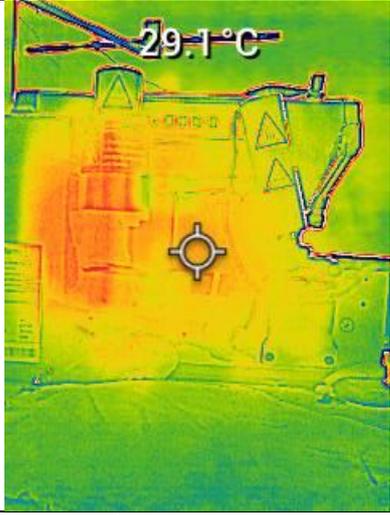
En la Tabla 36 se puede observar la ficha térmica de la máquina Kansew KS8801D4, el cual describe la temperatura que posee la máquina con respecto a la temperatura ambiente del área laboral.

Tabla 36. Ficha térmica de la máquina Kansew KS8801D4.

Entidad:	Universidad Politécnica Salesiana		
Localización:	La Loma de Puengasí - sector Eloy Alfaro	Fecha:	23/12/2023
Máquina:	Kansew KS8801D4	Gama cromática:	Arcoíris
Tipo de evaluación:	Evaluación termográfica	Cámara termográfica:	Flir TG297
Imagen de la Máquina:		Imagen Térmica #1:	
			
Temperatura Ambiente: 20.0 °C			
Categorización de la avería		Elementos	Evaluación
Δt o/A	10,9 °C	Emisividad	0,95
Estado	Correcto	Separación	1,00 m
Humedad Relativa	50%	Imagen 1	20.0 °C
		Imagen térmica	30,9 °C
Nota: Se puede visualizar que la Máquina recta Kansew KS8801D4 permanece en un estado aprobado para funcionar, esto se debe a que permanece en el rango de "Posible falencia" proporcionado según la tabla de ANSI/NETA, la máquina puede realizar sus actividades, sin embargo, es necesario estar pendiente del equipo debido a que puede llegar a presentar una avería a futuro.		Con respecto a la categoría de la avería, los siguientes estándares que se manejan según la ANSI/NETA	
		Variación de temperatura °C	Categoría
		1-10 o/A	Buen estado
		11-20 o/A	Posible falencia
		21-40 o/A	Insuficiencia
		>40 o/A	Fallo significativo
			Situación
			Correcto
			Aprobado
			Inaceptable
			Riesgo / Inseguro

En la Tabla 37 se puede observar la ficha térmica de la máquina M-1-SF, el cual describe la temperatura que posee la máquina con respecto a la temperatura ambiente del área laboral.

Tabla 37. Ficha térmica de la máquina M-1-SF.

Entidad:	Universidad Politécnica Salesiana				
Localización:	La Loma de Puengasí - sector Eloy Alfaro	Fecha:	23/12/2023		
Máquina:	M-1-SF	Gama cromática:	Arcoíris		
Tipo de evaluación:	Evaluación termográfica	Cámara termográfica:	Flir TG297		
Imagen de la Máquina:		Imagen Térmica #1:			
					
Temperatura Ambiente: 20.0 °C					
Categorización de la avería		Elementos		Evaluación	
Δt o/A	9,1 °C	Emisividad		0,95	
Estado	Correcto	Separación		1,00 m	
Humedad Relativa	50%	Imagen 1		20.0 °C	
		Imagen térmica		29.1 °C	
Nota: Se puede visualizar que la Máquina overlock M-1-SF permanece en un estado óptimo de funcionamiento, esto se debe a que permanece en el rango de “buen estado” proporcionado según la tabla de ANSI/NETA, sin embargo, se puede visualizar una temperatura moderadamente elevada por lo cual se recomienda llevar a cabo una revisión precavida del equipo.		Con respecto a la categoría de la avería, los siguientes estándares que se manejan según la ANSI/NETA			
		Variación de temperatura °C	Categoría	Situación	
		1-10 o/A	Buen estado	Correcto	
		11-20 o/A	Posible falencia	Aprobado	
		21-40 o/A	Insuficiencia	Inaceptable	
		>40 o/A	Fallo significativo	Riesgo / Inseguro	

En la Tabla 38 se puede observar la ficha térmica de la máquina 4404 P/UTC, el cual describe la temperatura que posee la máquina con respecto a la temperatura ambiente del área laboral.

Tabla 38. Ficha térmica de la máquina 4404 P/UTC.

Entidad:	Universidad Politécnica Salesiana																	
Localización:	La Loma de Puengasí - sector Eloy Alfaro	Fecha:	23/12/2023															
Máquina:	4404 P/UTC	Gama cromática:	Arcoíris															
Tipo de evaluación:	Evaluación termográfica	Cámara termográfica:	Flir TG297															
Imagen de la Máquina:		Imagen Térmica #1:																
																		
Temperatura Ambiente: 20.0 °C																		
Categorización de la avería		Elementos	Evaluación															
Δt o/A	8 °C	Emisividad	0,95															
Estado	Correcto	Separación	1,00 m															
Humedad Relativa	50%	Imagen 1	20.0 °C															
		Imagen térmica	28,0 °C															
Nota: Se puede visualizar que la Máquina Elasticadora 4404 P/UTC permanece en un estado óptimo de funcionamiento, esto se debe a que permanece en el rango de “buen estado” proporcionado según la tabla de ANSI/NETA, permitiendo desarrollar sus actividades de manera habitual sin llegar a incurrir en contratiempos por un componente en mal estado.		<p>Con respecto a la categoría de la avería, los siguientes estándares que se manejan según la ANSI/NETA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Variación de temperatura °C</th> <th>Categoría</th> <th>Situación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1-10 o/A</td> <td>Buen estado</td> <td>Correcto</td> </tr> <tr> <td>11-20 o/A</td> <td>Posible falencia</td> <td>Aprobado</td> </tr> <tr> <td>21-40 o/A</td> <td>Insuficiencia</td> <td>Inaceptable</td> </tr> <tr> <td>>40 o/A</td> <td>Fallo significativo</td> <td>Riesgo / Inseguro</td> </tr> </tbody> </table>		Variación de temperatura °C	Categoría	Situación	1-10 o/A	Buen estado	Correcto	11-20 o/A	Posible falencia	Aprobado	21-40 o/A	Insuficiencia	Inaceptable	>40 o/A	Fallo significativo	Riesgo / Inseguro
Variación de temperatura °C	Categoría	Situación																
1-10 o/A	Buen estado	Correcto																
11-20 o/A	Posible falencia	Aprobado																
21-40 o/A	Insuficiencia	Inaceptable																
>40 o/A	Fallo significativo	Riesgo / Inseguro																

En la Tabla 39 se puede observar la ficha térmica de la máquina Siruba 700 K, el cual describe la temperatura que posee la máquina con respecto a la temperatura ambiente del área laboral.

Tabla 39. Ficha térmica de la máquina Siruba 700 K.

Entidad:	Universidad Politécnica Salesiana																	
Localización:	La Loma de Puengasí - sector Eloy Alfaro	Fecha:	23/12/2023															
Máquina:	Siruba 700 K	Gama cromática:	Arcoíris															
Tipo de evaluación:	Evaluación termográfica	Cámara termográfica:	Flir TG297															
Imagen de la Máquina:		Imagen Térmica #1:																
																		
Temperatura Ambiente: 20.0 °C																		
Categorización de la avería		Elementos	Evaluación															
Δt o/A	4,4 °C	Emisividad	0,95															
Estado	Correcto	Separación	1,00 m															
Humedad Relativa	50%	Imagen 1	20.0 °C															
		Imagen térmica	24,4 °C															
Nota: Se puede visualizar que la Máquina overlock Siruba 700 K permanece en un estado óptimo de funcionamiento, esto se debe a que permanece en el rango de “buen estado” proporcionado según la tabla de ANSI/NETA, permitiendo desarrollar sus actividades de manera habitual sin llegar a incurrir en contratiempos por un componente en mal estado.		<p>Con respecto a la categoría de la avería, los siguientes estándares que se manejan según la ANSI/NETA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Variación de temperatura °C</th> <th>Categoría</th> <th>Situación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1-10 o/A</td> <td>Buen estado</td> <td>Correcto</td> </tr> <tr> <td>11-20 o/A</td> <td>Posible falencia</td> <td>Aprobado</td> </tr> <tr> <td>21-40 o/A</td> <td>Insuficiencia</td> <td>Inaceptable</td> </tr> <tr> <td>>40 o/A</td> <td>Fallo significativo</td> <td>Riesgo / Inseguro</td> </tr> </tbody> </table>		Variación de temperatura °C	Categoría	Situación	1-10 o/A	Buen estado	Correcto	11-20 o/A	Posible falencia	Aprobado	21-40 o/A	Insuficiencia	Inaceptable	>40 o/A	Fallo significativo	Riesgo / Inseguro
Variación de temperatura °C	Categoría	Situación																
1-10 o/A	Buen estado	Correcto																
11-20 o/A	Posible falencia	Aprobado																
21-40 o/A	Insuficiencia	Inaceptable																
>40 o/A	Fallo significativo	Riesgo / Inseguro																

En la Tabla 40 se puede observar la ficha térmica de la máquina Pegasus CW500N, el cual describe la temperatura que posee la máquina con respecto a la temperatura ambiente del área laboral.

Tabla 40. Ficha térmica de la máquina Pegasus CW500N.

Entidad:	Universidad Politécnica Salesiana			
Localización:	La Loma de Puengasí - sector Eloy Alfaro	Fecha:	23/12/2023	
Máquina:	Pegasus CW500N	Gama cromática:	Arcoíris	
Tipo de evaluación:	Evaluación termográfica	Cámara termográfica:	Flir TG297	
Imagen de la Máquina:		Imagen Térmica #1:		
				
Temperatura Ambiente: 20.0 °C				
Categorización de la avería		Elementos	Evaluación	
Δt o/A	7 °C	Emisividad	0,95	
Estado	Correcto	Separación	1,00 m	
Humedad	50%	Imagen 1	20.0 °C	
Relativa		Imagen térmica	27,0 °C	
Nota:		Con respecto a la categoría de la avería, los siguientes estándares que se manejan según la ANSI/NETA		
Se puede visualizar que la Máquina recubridora Pegasus CW500N permanece en un estado óptimo de funcionamiento, esto se debe a que permanece en el rango de “buen estado” proporcionado según la tabla de ANSI/NETA, permitiendo desarrollar sus actividades de manera habitual sin llegar a incurrir en contratiempos por un componente en mal estado.		Variación de temperatura °C	Categoría	Situación
		1-10 o/A	Buen estado	Correcto
		11-20 o/A	Posible falencia	Aprobado
		21-40 o/A	Insuficiencia	Inaceptable
		>40 o/A	Fallo significativo	Riesgo / Inseguro

En la Tabla 41 se puede observar la ficha térmica de la máquina Kansew KS8800DH-4, el cual describe la temperatura que posee la máquina con respecto a la temperatura ambiente del área laboral.

Tabla 41. Ficha térmica de la máquina Kansew KS8800DH-4.

Entidad:	Universidad Politécnica Salesiana		
Localización:	La Loma de Puengasí - sector Eloy Alfaro	Fecha:	23/12/2023
Máquina:	Kansew KS8800DH-4	Gama cromática:	Arcoíris
Tipo de evaluación:	Evaluación termográfica	Cámara termográfica:	Flir TG297
Imagen de la Máquina:		Imagen Térmica #1:	
			
Temperatura Ambiente: 20.0 °C			
Categorización de la avería		Elementos	Evaluación
Δt o/A	7,8 °C	Emisividad	0,95
Estado	Correcto	Separación	1,00 m
Humedad		Imagen 1	20.0 °C
Relativa	50%	Imagen térmica	27,8 °C
Nota: Se puede visualizar que la Máquina recta Kansew KS8800DH-4 permanece en un estado óptimo de funcionamiento, esto se debe a que permanece en el rango de "buen estado" proporcionado según la tabla de ANSI/NETA, permitiendo desarrollar sus actividades de manera habitual sin llegar a incurrir en contratiempos por un componente en mal estado.		Con respecto a la categoría de la avería, los siguientes estándares que se manejan según la ANSI/NETA	
		Variación de temperatura °C	Categoría
			Situación
		1-10 o/A	Buen estado
			Correcto
		11-20 o/A	Posible falencia
			Aprobado
		21-40 o/A	Insuficiencia
			Inaceptable
		>40 o/A	Fallo significativo
			Riesgo / Inseguro

En la Tabla 42 se observa el resumen de las diferencias térmicas entre las máquinas y la temperatura ambiente, observando el estado en que las máquinas desarrollan sus actividades,

se puede evidenciar que los equipos realizan sus funciones con una temperatura correcta, permaneciendo en la categoría de rango óptimo proporcionado por los estándares que manejan ANSI/NETA.

Tabla 42. Resumen de las fichas térmicas.

Máquina	Temperatura ambiente	Temperatura de la máquina	Diferencia de temperatura
Juki DDL 8500	20.0 °C	23.8 °C	3.8 °C (Correcto)
Kansew KS8801D4	20.0 °C	30.9 °C	10.9 °C (Aprobado)
JIN M-1-SF	20.0 °C	29.1 °C	9.1 °C (Correcto)
Kansew 4404 P/UTC	20.0 °C	28.0 °C	8.0 °C (Correcto)
JACK Siruba 700 K	20.0 °C	24.4 °C	4.4 °C (Correcto)
Pegasus CW500N	20.0 °C	27.0 °C	7.0 °C (Correcto)
Kansew KS8800DH-4	20.0 °C	27.8 °C	7.8 °C (Correcto)

3.4. Inspecciones visuales

La inspección visual realizada a las máquinas de coser ha permitido verificar de manera superficial el estado actual de los equipos con el propósito de desarrollar una lista de cotejo para documentar y evaluar los diferentes componentes, en la Figura 50 se visualiza la lista de cotejo empleada en los diversos equipos de la microempresa.

Máquina	Componentes	Calidad		
		Bueno	Aceptable	Pésimo
	Estructura y cubierta			
	Superficie de trabajo			
	Prensatelas			
	Luz de trabajo			
	Cortahílos			
	Pedal de accionamiento			
	Placa de costura			
	Rueda de mano			

Figura 50. Lista de cotejo de los equipos.

En Tabla 43 se aprecia la lista de cotejo empleada en la máquina Juki DDL 8500, el cual permite visualizar como se encuentra el equipo de manera superficial.

Tabla 43. Inspección visual de la máquina Juki DDL 8500.

Máquina	Componentes	Bueno	Inspección Aceptable	Pésimo
Juki DDL 8500	Estructura y cubierta		X	
	Superficie de trabajo		X	
	Prensatelas	X		
	Luz de trabajo	X		
	Cortahílos	X		
	Pedal de accionamiento			X
	Placa de costura	X		
	Rueda de mano	X		
	Calibración	X		
	Tensiones	X		

En Tabla 44 se aprecia la lista de cotejo empleada en la máquina Kansew KS8801D4, el cual permite visualizar como se encuentra el equipo de manera superficial.

Tabla 44. Inspección visual de la máquina Kansew KS8801D4.

Máquina	Componentes	Bueno	Inspección Aceptable	Pésimo
Kansew KS8801D4	Estructura y cubierta		X	
	Superficie de trabajo		X	
	Prensatelas	X		
	Luz de trabajo	X		
	Cortahílos	X		
	Pedal de accionamiento			X
	Placa de costura	X		
	Rueda de mano	X		
	Calibración	X		
	Tensiones	X		

En Tabla 45 se aprecia la lista de cotejo empleada en la máquina JIN M-1-SF, el cual permite visualizar como se encuentra el equipo de manera superficial.

Tabla 45. Inspección visual de la máquina JIN M-1-SF.

Máquina	Componentes	Bueno	Inspección Aceptable	Pésimo
JIN M-1-SF	Estructura y cubierta		X	
	Superficie de trabajo		X	
	Prensateles	X		
	Luz de trabajo	X		
	Cortahilos	X		
	Pedal de accionamiento		X	
	Placa de costura	X		
	Rueda de mano	X		
	Calibración	X		
	Tensiones	X		

En Tabla 46 se aprecia la lista de cotejo empleada en la máquina Kansew 4404 P/UTC, el cual permite visualizar como se encuentra el equipo de manera superficial.

Tabla 46. Inspección visual de la máquina Kansew 4404 P/UTC.

Máquina	Componentes	Bueno	Inspección Aceptable	Pésimo
Kansew 4404 P/UTC	Estructura y cubierta		X	
	Superficie de trabajo		X	
	Prensateles	X		
	Luz de trabajo	X		
	Cortahilos	X		
	Pedal de accionamiento		X	
	Placa de costura	X		
	Rueda de mano	X		
	Calibración	X		
	Tensiones	X		

En Tabla 47 se aprecia la lista de cotejo empleada en la máquina JACK Siruba 700K, el cual permite visualizar como se encuentra el equipo de manera superficial.

Tabla 47. Inspección visual de la máquina JACK Siruba 700K.

Máquina	Componentes	Bueno	Inspección Aceptable	Pésimo
JACK Siruba 700K	Estructura y cubierta		X	
	Superficie de trabajo		X	
	Prensatelas	X		
	Luz de trabajo	X		
	Cortahílos	X		
	Pedal de accionamiento			X
	Placa de costura	X		
	Rueda de mano	X		
	Calibración	X		
	Tensiones	X		

En Tabla 48 se aprecia la lista de cotejo empleada en la máquina Pegasus CW500N, el cual permite visualizar como se encuentra el equipo de manera superficial.

Tabla 48. Inspección visual de la máquina Pegasus CW500N.

Máquina	Componentes	Bueno	Inspección Aceptable	Pésimo
Pegasus CW500N	Estructura y cubierta		X	
	Superficie de trabajo		X	
	Prensatelas	X		
	Luz de trabajo	X		
	Cortahílos	X		
	Pedal de accionamiento			X
	Placa de costura	X		
	Rueda de mano	X		
	Calibración	X		
	Tensiones	X		

En Tabla 49 se aprecia la lista de cotejo empleada en la máquina Kansew KS8800DH-4, el cual permite visualizar como se encuentra el equipo de manera superficial.

Tabla 49. Inspección visual de la máquina Kansew KS8800DH-4.

Máquina	Componentes	Inspección		
		Bueno	Aceptable	Pésimo
Kansew KS8800DH-4	Estructura y cubierta		X	
	Superficie de trabajo		X	
	Prensatelas	X		
	Luz de trabajo	X		
	Cortahilos	X		
	Pedal de accionamiento		X	
	Placa de costura	X		
	Rueda de mano	X		
	Calibración	X		
Tensiones	X			

3.5. Elaboración de la propuesta del sistema de gestión de mantenimiento.

La termografía y la inspección visual ha permitido obtener información, siendo un paso fundamental para realizar la propuesta de mantenimiento, se inspeccionó con la cámara termográfica los motores de los equipos, siendo estos la parte más importante y donde mayor concentración de calor existe, la inspección visual permitió observar las máquinas superficialmente. Estas estrategias de mantenimiento se complementaron con la información proporcionada por la microempresa, donde resalta que los equipos no han recibido ningún mantenimiento en la parte de los motores, esto ha permitido realizar la propuesta de mantenimiento enfocada en los motores de las máquinas.

Se utilizará el software Fractal One, el cual presenta una respuesta para la administración de activos en una empresa, integrando sus ventajas que proporciona por medio de un software de gestión de mantenimiento asistido por computadora (GMAO), permitiendo otorgar un control de los activos funcionales de la empresa en un entorno centralizado. Fractal One se encuentra en consonancia con la normativa ISO 55000 y engloba las prácticas adecuadas para incorporarlas en las PYMES o grandes empresas de los sectores dedicados a la producción.

En la Figura 51 se puede visualizar las tareas que se programó en el software.

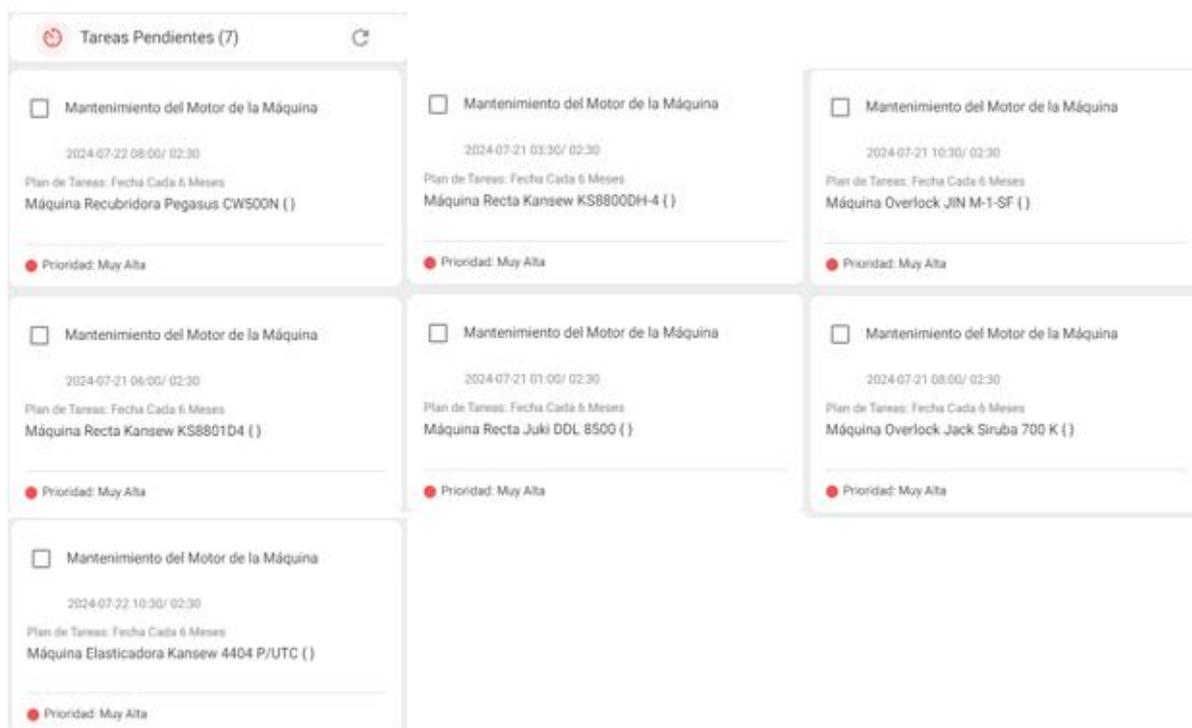


Figura 51. Tareas programadas.

Los motores de los equipos, al no haber recibido ningún mantenimiento, se procederá con la propuesta de realizar el mantenimiento predictivo con una periodicidad de 6 meses, esto fundamentado por la frecuencia que emplean las máquinas de coser, siendo de 8 horas diarias, durante 6 días, provocando un desgaste interno en los subcomponentes de los motores por su uso constante, por lo cual el mantenimiento permitirá que se reduzcan costos a largo plazo esto debido a que solo se cambiarán los subcomponentes y no el motor completo, esto generará una consistencia en la calidad de los productos fabricados.

En la Tabla 50 se visualiza las actividades periódicas que se realizarán a las máquinas de la microempresa.

Tabla 50. Actividades periódicas realizadas en las máquinas.

Máquina	Componente	Subcomponente	Cantidad	Actividad	Periodicidad
Juki DDL 8500	Motor	Rodamientos	2	Recambio y lubricación	6 meses
		Corcho	1	Recambio y lubricación	
		Condensador	1	Recambio	
		Switch	1	Recambio y lubricación	
		Banda	1	Recambio	
	Cabezal Industrial	Plancha de aguja	1	Recambio	Correctivo
		Dientes impelentes	1	Recambio	
		Bobina	1	Recambio	
		Pie prensatelas	1	Recambio	
		Rodamientos	2	Recambio y lubricación	
Kansew KS8801D4	Motor	Corcho	1	Recambio y lubricación	6 meses
		Condensador	1	Recambio	
		Switch	1	Recambio y lubricación	
		Plancha de aguja	1	Recambio	
		Dientes impelentes	1	Recambio	
	Cabezal Industrial	Bobina	1	Recambio	Correctivo
		Pie prensatelas	1	Recambio	
		Rodamientos	2	Recambio y lubricación	
		Corcho	1	Recambio y lubricación	
		Condensador	1	Recambio	
Kansew KS8800DH-4	Motor	Switch	1	Recambio y lubricación	6 meses
		Plancha de aguja	1	Recambio	
		Dientes impelentes	1	Recambio	
		Bobina	1	Recambio	
		Pie prensatelas	1	Recambio	
	Cabezal Industrial	Rodamientos	2	Recambio y lubricación	Correctivo
		Corcho	1	Recambio y lubricación	
		Condensador	1	Recambio	
		Switch	1	Recambio y lubricación	
		Plancha de aguja	1	Recambio	
JIN M-1-SF	Motor	Pie prensatelas	1	Recambio	6 meses
		Rodamientos	2	Recambio y lubricación	
		Corcho	1	Recambio y lubricación	

Tabla 50. Actividades periódicas realizadas en las máquinas. (Continuación).

Máquina	Componente	Subcomponente	Cantidad	Actividad	Periodicidad
Jack Siruba 700 K	Cabezal Industrial	Condensador	1	Recambio	Correctivo
		Switch	1	Recambio y lubricación	
		Banda	1	Recambio	
		Plancha de aguja	1	Recambio	
		Dientes impelentes	1	Recambio	
		Bobina	1	Recambio	
		Pie prensatelas	1	Recambio	
	Motor	Rodamientos	2	Recambio y lubricación	
		Corcho	1	Recambio y lubricación	
		Condensador	1	Recambio	6 meses
		Switch	1	Recambio y lubricación	
		Banda	1	Recambio	
		Plancha de aguja	1	Recambio	
		Dientes impelentes	1	Recambio	
Bobina	1	Recambio			
Pie prensatelas	1	Recambio			
Kansew 4404 P/UTC	Cabezal Industrial	Rodamientos	2	Recambio y lubricación	Correctivo
		Corcho	1	Recambio y lubricación	
		Condensador	1	Recambio	
		Switch	1	Recambio y lubricación	
		Banda	1	Recambio	
	Motor	Plancha de aguja	1	Recambio	
		Dientes impelentes	1	Recambio	
		Bobina	1	Recambio	
		Pie prensatelas	1	Recambio	
		Rodamientos	2	Recambio y lubricación	
Pegasus CW500N	Motor	Corcho	1	Recambio y lubricación	6 meses
		Condensador	1	Recambio	
		Switch	1	Recambio y lubricación	

Tabla 50. Actividades periódicas realizadas en las máquinas. (Continuación).

Máquina	Componente	Subcomponente	Cantidad	Actividad	Periodicidad
	Cabezal Industrial	Banda	1	Recambio	Correctivo
		Plancha de aguja	1	Recambio	
		Dientes impelentes	1	Recambio	
		Bobina	1	Recambio	
		Pie prensatelas	1	Recambio	

En la tabla 51 se visualiza los repuestos que necesitarán los motores de cada máquina y el costo que tendrá cada uno de estos repuestos.

Tabla 51. Repuestos y costos.

Máquina	Repuesto	Costo
Juki DDL 8500	Rodamientos	\$ 4
	Corcho	\$ 4
	Condensador	\$ 8
	Switch	\$ 8
	Banda	\$ 4,50
	Plancha de aguja	\$ 4,50
	Dientes impelentes	\$ 4,50
	Bobina	\$ 3
	Pie prensatelas	\$ 4,50
	Rodamientos	\$ 4
Kansew KS8801D4	Corcho	\$ 4
	Condensador	\$ 8
	Switch	\$ 8
	Plancha de aguja	\$ 4,50
	Dientes impelentes	\$ 4,50
	Bobina	\$ 3
	Pie prensatelas	\$ 4,50

Tabla 51. Repuestos y costos. (Continuación).

Máquina	Repuesto	Costo	
Kansew KS8800DH-4	Rodamientos	\$ 4	
	Corcho	\$ 4	
	Condensador	\$ 8	
	Switch	\$ 8	
	Plancha de aguja	\$ 4,50	
	Dientes impelentes	\$ 4,50	
	Bobina	\$ 3	
	Pie prensatelas	\$ 4,50	
	Rodamientos	\$ 4	
	Corcho	\$ 4	
	Condensador	\$ 8	
	Switch	\$ 8	
	Banda	\$ 4,50	
	Plancha de aguja	\$ 4,50	
JIN M-1-SF	Dientes impelentes	\$ 4,50	
	Bobina	\$ 3	
	Pie prensatelas	\$ 4,50	
	Rodamientos	\$ 4	
	Corcho	\$ 4	
	Condensador	\$ 8	
	Switch	\$ 8	
	Banda	\$ 4,50	
	Plancha de aguja	\$ 4,50	
	Dientes impelentes	\$ 4,50	
	Bobina	\$ 3	
	Pie prensatelas	\$ 4,50	
	Jack Siruba 700 K	Rodamientos	\$ 4
		Corcho	\$ 4
Condensador		\$ 8	
Switch		\$ 8	
Banda		\$ 4,50	
Plancha de aguja		\$ 4,50	
Dientes impelentes	\$ 4,50		
Bobina	\$ 3		
Pie prensatelas	\$ 4,50		

Tabla 51. Repuestos y costos. (Continuación).

Máquina	Repuesto	Costo
Kansew 4404 P/UTC	Rodamientos	\$ 4
	Corcho	\$ 4
	Condensador	\$ 8
	Switch	\$ 8
	Banda	\$ 4,50
	Plancha de aguja	\$ 4,50
	Dientes impelentes	\$ 4,50
	Bobina	\$ 3
	Pie prensatelas	\$ 4,50
	Rodamientos	\$ 4
Pegasus CW500N	Corcho	\$ 4
	Condensador	\$ 8
	Switch	\$ 8
	Banda	\$ 4,50
	Plancha de aguja	\$ 4,50
	Dientes impelentes	\$ 4,50
	Bobina	\$ 3
	Pie prensatelas	\$ 4,50
	Tarro de grasa Liviana	\$ 1

En la tabla 52 se puede visualizar el tiempo de ejecución estimado para realizar el recambio de cada subcomponente de los motores de las máquinas.

Tabla 52. Tiempo estimado de ejecución.

Máquina	Subcomponente	Tiempo de ejecución estimado (Minutos)	
Juki DDL 8500	Rodamientos	0:45	
	Corcho	0:45	
	Condensador	0:15	
	Switch	0:30	
	Banda	0:15	
	Plancha de aguja	0:05	
	Dientes impelentes	0:05	
	Bobina	0:05	
	Pie prensatelas	0:03	
	Rodamientos	0:45	
	Corcho	0:45	
	Condensador	0:15	
	Switch	0:30	
Kansew KS8801D4	Plancha de aguja	0:05	
	Dientes impelentes	0:05	
	Bobina	0:05	
	Pie prensatelas	0:03	
	Rodamientos	0:45	
	Corcho	0:45	
	Condensador	0:15	
	Switch	0:30	
	Kansew KS8800DH-4	Plancha de aguja	0:05
		Dientes impelentes	0:05
		Bobina	0:05
		Pie prensatelas	0:03

Tabla 52. Tiempo estimado de ejecución. (Continuación).

Máquina	Subcomponente	Tiempo de ejecución estimado (Minutos)
JIN M-1-SF	Rodamientos	0:45
	Corcho	0:45
	Condensador	0:15
	Switch	0:30
	Banda	0:15
	Plancha de aguja	0:05
	Dientes impelentes	0:05
	Bobina	0:05
	Pie prensatelas	0:03
	Rodamientos	0:45
Jack Siruba 700 K	Corcho	0:45
	Condensador	0:15
	Switch	0:30
	Banda	0:15
	Plancha de aguja	0:05
	Dientes impelentes	0:05
	Bobina	0:05
	Pie prensatelas	0:03
	Rodamientos	0:45
	Corcho	0:45
Kansew 4404 P/UTC	Condensador	0:15
	Switch	0:30
	Banda	0:15
	Plancha de aguja	0:05
	Dientes impelentes	0:05
	Bobina	0:05
	Pie prensatelas	0:03

Tabla 52. Tiempo estimado de ejecución. (Continuación).

Máquina	Subcomponente	Tiempo de ejecución estimado (Minutos)
Pegasus CW500N	Rodamientos	0:45
	Corcho	0:45
	Condensador	0:15
	Switch	0:30
	Banda	0:15
	Plancha de aguja	0:05
	Dientes impelentes	0:05
	Bobina	0:05
	Pie prensatelas	0:03

En la Tabla 53 permite visualizar un resumen del mantenimiento predictivo que se aplicará a las máquinas de la microempresa Adams Sport.

Tabla 53. Resumen de tiempo y costos del mantenimiento predictivo.

Máquina	Tiempo empleado (Horas)	Costo
Juki DDL 8500	02:48	\$ 45
Kansew KS8801D4	02:33	\$ 40,50
Kansew KS8800DH-4	02:33	\$ 40,50
JIN M-1-SF	02:48	\$ 45
Jack Siruba 700 K	02:48	\$ 45
Kansew 4404 P/UTC	02:48	\$ 45
Pegasus CW500N	02:48	\$ 45
Tarro de grasa liviana		\$ 1

CONCLUSIONES

- Se concluye basándose en el estudio de Zhu et al., sobre la termografía infrarroja, que es un tipo de ensayo no destructivo, que refleja la dispersión de temperatura y luego examina los defectos de manera precisa. La adquisición de estos conocimientos ha posibilitado la ejecución de los ensayos termográficos de manera eficiente y confiable, permitiendo elaborar la propuesta de mantenimiento predictivo aplicada a las PTMES de confección de vestimenta.
- A través de la recopilación de información mediante las encuestas y la revisión de los manuales de los equipos, se ha proporcionado una visión inicial del estado de los equipos que posee la microempresa, esta base sirvió para la generación de la propuesta de mantenimiento predictivo, permitiendo obtener un promedio de temperatura de las máquinas de 26,7 °C entrando en la categoría de buen estado, la máquina que salió de esta categoría a posible falencia fue Kansew KS8801D4, el cual registró una temperatura de 30,9 °C, por lo que el equipo deberá revisarse.
- El software Fractal One ha facilitado el ingreso de datos de los equipos, además de realizar ordenes de trabajo y un plan de tareas en las que se realizará el mantenimiento de los motores, este software se complementará con una hoja de cálculo de Excel donde se podrá llevar la constancia de los mantenimientos a realizar y los componentes que se cambiarán.
- La microempresa al no realizar el mantenimiento de los motores de los equipos se procedió a plasmar los costos de los subcomponentes, el tiempo que se demorará en realizar el recambio de las piezas y la periodicidad con la que se realizará el mantenimiento, el costo final de los subcomponentes para los motores es de \$307, el tiempo de ejecución será 19 horas y la periodicidad de 6 meses debido al uso diario de las máquinas y no realizar el respectivo mantenimiento a los motores.
- El mantenimiento se realizará en dos grupos, los equipos que se utiliza con mayor frecuencia en la microempresa serán los primeros en realizarles el mantenimiento predictivo mientras que los equipos que menos se utilizan se realizará el mantenimiento al día siguiente, lo que permitirá que la producción no se detenga y cumplir con los requisitos de los clientes.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda para futuros seguimientos de los motores de los equipos, el adquirir una cámara termográfica Flir One de tercera generación para uso de Smartphone, debido a que permitirá adquirir la imagen térmica con datos concretos y visualizar a detalle cómo se distribuye el calor, llevando a cabo una supervisión rutinaria de los motores.
- Se recomienda realizar mantenimientos predictivos a las máquinas de coser industriales, cada 6 meses, con el fin de evitar recurrir al mantenimiento correctivo y los elevados costos que estos tendrían para la microempresa.
- Se recomienda adquirir todos los subcomponentes de los motores para realizar el mantenimiento de todos los equipos, de tal forma que realizado el mantenimiento, se mantenga la calidad de los productos fabricados en la microempresa, llevando un registro en las hojas Excel.

BIBLIOGRAFÍAS

- [1] P. Blacker, «Redes de producción global (GPN) y (des) vinculaciones territoriales: La industria textil e indumentaria y sus implicancias en los microbasurales de alto hospicio», 2022.
- [2] S. Lovato, W. Hidalgo, G. Fienco, y J. Buñay, «Incidencia del crecimiento económico del sector manufacturero sobre el Producto Interno Bruto en Ecuador», *Revista Venezolana de Gerencia*, vol. 24, 2019, [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?>
- [3] J. Arcos, A. Lizarzaburu, B. Marín, y A. Arcos, «¿Cómo es la gestión de mantenimiento de una empresa metalmecánica?», *Ingeniar*, vol. 6, n.º 12, 2023.
- [4] J. Caipe, «Diseñar e implementar plan de mantenimiento para metrología, sistematizado en el software de mantenimiento smplus pro cmms. En la empresa industria metálicas S.A. metalgas desempeñando el cargo de planeador de mantenimiento», 2023.
- [5] R. Cárdenas, «Mantenimiento en máquinas de empresa alimentaria con apoyo en soluciones de nuevos proyectos con énfasis en automatización y comunicaciones industriales», 2022.
- [6] M. E. Montoya Arias, J. A. Arango Marín, y S. L. Rosero Otero, «Programación de mantenimiento preventivo usando algoritmos genéticos», *Lámpsakos*, n.º 23, pp. 37-44, may 2020.
- [7] S. López, «Diseño de investigación del plan de mantenimiento, mediante la metoología AMFEC, para dos cortadoras automáticas textiles ubicadas en una maquila en villa nueva», 2022.
- [8] R. Chamba y A. Pineda, «Desarrollo de un método de inspección utilizando termografía como herramienta para mantenimineot predictivo de la batería de alto voltaje de NI-MH de vehículo híbrido tipo sedán», 2023.
- [9] L. Sánchez y P. Tello, «Propuesta de un plan de mantenimiento para la empresa de calzado Luis Carlos», 2021.
- [10] A. Valverde, «Plan de mantenimiento preventivo para maquinaria pesada en minera chinalco Perú S.A.», 2021.

- [11] M. S. Rayme Flores y J. R. Diaz Dumont, «Mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en los equipos de medición», *Qantu Yachay*, vol. 1, n.º 1, pp. 59-66, dic. 2021.
- [12] O. Moreira, «Aplicación de mantenimiento productivo total (TPM) para el mejoramiento de los procesos operativos del taller mecánico industrial en una unidad educativa de la ciudad de Guayaquil», 2022.
- [13] J. A. Zambrano Ascencio y J. N. Pérez Guerrero, «Caracterización del estado de aplicación de las técnicas de mantenimiento predictivo de la flota atunera industrial que opera en el Pacífico Oriental», *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, vol. 4, n.º 8 Edición especial diciembre, pp. 79-95, dic. 2021.
- [14] E. Efeoğlu y G. Tuna, «Machine Learning for Predictive Maintenance: Support Vector Machines and Different Kernel Functions», *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*, vol. 51, n.º 5, pp. 447-456, oct. 2022.
- [15] A. Ouadah, L. Zemmouchi, y N. Salhi, «Selecting an appropriate supervised machine learning algorithm for predictive maintenance», *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 119, n.º 7-8, pp. 4277-4301, abr. 2022.
- [16] J. Zhu *et al.*, «Progress and Trends in Non-destructive Testing for Thermal Barrier Coatings Based on Infrared Thermography: A Review», *Journal of Nondestructive Evaluation*, vol. 41, n.º 3. Springer, 1 de septiembre de 2022.
- [17] L. Deng, H. Zuo, W. Wang, C. Xiang, y H. Chu, «Internal Defect Detection of Structures Based on Infrared Thermography and Deep Learning», *KSCE Journal of Civil Engineering*, vol. 27, n.º 3, pp. 1136-1149, mar. 2023.
- [18] Q. H. Tran, Q. M. Dang, X. T. Pham, y J. Huh, «Impact of Wind Speed on the Use of Active Infrared Thermography», *J Nondestr Eval*, vol. 42, n.º 2, jun. 2023.
- [19] E. D'Accardi, D. Palumbo, V. Errico, A. Fusco, A. Angelastro, y U. Galietti, «Analysing the Probability of Detection of Shallow Spherical Defects by Means of Pulsed Thermography», *J Nondestr Eval*, vol. 42, n.º 1, mar. 2023.
- [20] A. Aminzadeh *et al.*, «Non-Contact Inspection Methods for Wind Turbine Blade Maintenance: Techno–Economic Review of Techniques for Integration with Industry 4.0», *Journal of Nondestructive Evaluation*, vol. 42, n.º 2. Springer, 1 de junio de 2023.

- [21] K. Aksa, S. Aitouche, H. Bentoumi, y I. Sersa, «Developing a Web Platform for the Management of the Predictive Maintenance in Smart Factories», *Wirel Pers Commun*, vol. 119, n.º 2, pp. 1469-1497, jul. 2021.
- [22] N. Kuftinova, A. Ostroukh, O. Maksimych, Y. Vasil'ev, y M. Pletnev, «Predictive Diagnostics and Maintenance of Industrial Equipment», *Russian Engineering Research*, vol. 42, n.º 2, pp. 158-161, feb. 2022.
- [23] D. Xu, X. Xu, M. C. Forde, y A. Caballero, «Concrete and steel bridge Structural Health Monitoring—Insight into choices for machine learning applications», *Construction and Building Materials*, vol. 402. Elsevier Ltd, 26 de octubre de 2023.
- [24] A. E. Bondoc, M. Tayefeh, y A. Barari, «Learning phase in a LIVE Digital Twin for predictive maintenance», *Autonomous Intelligent Systems*, vol. 2, n.º 1, dic. 2022.
- [25] B. Farooq, J. Bao, J. Li, T. Liu, y S. Yin, «Data-Driven predictive maintenance approach for spinning cyber-physical production system», *J Shanghai Jiaotong Univ Sci*, vol. 25, n.º 4, pp. 453-462, ago. 2020.
- [26] H. Wu, A. Huang, y J. W. Sutherland, «Layer-wise relevance propagation for interpreting LSTM-RNN decisions in predictive maintenance», *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, pp. 963-978, 2022, [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00170-021-07911-9>
- [27] X. Xu, X. Huang, H. Bian, J. Wu, C. Liang, y F. Cong, «Total Process of Fault Diagnosis for Wind Turbine Gearbox, from the Perspective of Combination with Feature Extraction and Machine Learning: A Review», *Energy and AI*, nov. 2023.
- [28] A. Meddaoui, M. Hain, y A. Hachmoud, «The benefits of predictive maintenance in manufacturing excellence: a case study to establish reliable methods for predicting failures», *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 128, n.º 7-8, pp. 3685-3690, oct. 2023.
- [29] A. Buabeng, A. Simons, N. K. Frempong, y Y. Y. Ziggah, «A novel hybrid predictive maintenance model based on clustering, smote and multi-layer perceptron neural network optimised with grey wolf algorithm», *SN Appl Sci*, vol. 3, n.º 5, may 2021.
- [30] S. Henning, W. Hasselbring, H. Burmester, A. Möbius, y M. Wojcieszak, «Goals and measures for analyzing power consumption data in manufacturing enterprises», *Journal of Data, Information and Management*, vol. 3, n.º 1, pp. 65-82, mar. 2021.

- [31] P. Nunes, J. Santos, y E. Rocha, «Challenges in predictive maintenance – A review», *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, vol. 40. Elsevier Ltd, pp. 53-67, 1 de febrero de 2023.
- [32] M. Soori, B. Arezoo, y R. Dastres, «Internet of things for smart factories in industry 4.0, a review», *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, vol. 3. KeAi Communications Co., pp. 192-204, 1 de enero de 2023.
- [33] M. Hussain, T. Zhang, y M. Seema, «Adoption of big data analytics for energy pipeline condition assessment», *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, p. 105061, dic. 2023.
- [34] M. Santivañez y L. Saroli, «Propuesta de mejora para reducir los retrasos en la entrega de pedidos en una pyme del sector textil confección a través de herramientas de manufactura esbelta», 2023.

ANEXOS

Anexo 1: Plan de mantenimiento anual

Máquina	Componente	Subcomponente	Cantidad	Tipo de mantenimiento	Actividad	Minutos	Día de inicio	Vencimiento	Alerta de Vencimiento	Frecuencia	dom	
Juki DDL 8498	Motor	Rodamientos	2	Predictivo	Recambio y Lubricación	0:45	21/7/2024	175	Inicia En 175 Dias	Semestral	X	
		Corcho	1	Predictivo	Recambio y Lubricación	0:45	21/7/2024	175	Inicia En 175 Dias	Semestral	X	
		Condensador	1	Predictivo	Recambio	0:15	21/7/2024	175	Inicia En 175 Dias	Semestral	X	
		Switch	1	Predictivo	Recambio y Lubricación	0:30	21/7/2024	175	Inicia En 175 Dias	Semestral	X	
		Banda	1	Predictivo	Recambio	0:15	21/7/2024	175	Inicia En 175 Dias	Semestral	X	
	Cabezal Industrial	Plancha de aguja	1	Correctivo	Recambio	0:05						
		Dientes impelentes	1	Correctivo	Recambio	0:05						
		Bobina	1	Correctivo	Recambio	0:05						
		Pie prensatelas	1	Correctivo	Recambio	0:03						

21/7/2024

Kansew KS8801D4	Motor	Rodamientos	2	Predictivo	Recambio y Lubricación	0:45	21/7/2024	175	Inicia En 175 Dias	Semestral	X	
		Corcho	1	Predictivo	Recambio y Lubricación	0:45	21/7/2024	175	Inicia En 175 Dias	Semestral	X	
		Condensador	1	Predictivo	Recambio	0:15	21/7/2024	175	Inicia En 175 Dias	Semestral	X	
		Switch	1	Predictivo	Recambio y Lubricación	0:30	21/7/2024	175	Inicia En 175 Dias	Semestral	X	
	Cabezal Industrial	Plancha de aguja	1	Correctivo	Recambio	0:05						
		Dientes impelentes	1	Correctivo	Recambio	0:05						
		Bobina	1	Correctivo	Recambio	0:05						
		Pie prensatelas	1	Correctivo	Recambio	0:03						

Kansew KS8800DH-4	Motor	Rodamientos	2	Predictivo	Recambio y Lubricación	0:45	21/7/2024	175	Inicia En 175 Dias	Semestral	X	
		Corcho	1	Predictivo	Recambio y Lubricación	0:45	21/7/2024	175	Inicia En 175 Dias	Semestral	X	
		Condensador	1	Predictivo	Recambio	0:15	21/7/2024	175	Inicia En 175 Dias	Semestral	X	
		Switch	1	Predictivo	Recambio y Lubricación	0:30	21/7/2024	175	Inicia En 175 Dias	Semestral	X	
	Cabezal Industrial	Plancha de aguja	1	Correctivo	Recambio	0:05						
		Dientes impelentes	1	Correctivo	Recambio	0:05						
		Bobina	1	Correctivo	Recambio	0:05						
		Pie prensatelas	1	Correctivo	Recambio	0:03						

JIN M-1-SF	Motor	Rodamientos	2	Predictivo	Recambio y Lubricación	0:45	21/7/2024	175	Inicia En 175 Dias	Semestral	X	
		Corcho	1	Predictivo	Recambio y Lubricación	0:45	21/7/2024	175	Inicia En 175 Dias	Semestral	X	
		Condensador	1	Predictivo	Recambio	0:15	21/7/2024	175	Inicia En 175 Dias	Semestral	X	
		Switch	1	Predictivo	Recambio y Lubricación	0:30	21/7/2024	175	Inicia En 175 Dias	Semestral	X	
		Banda	1	Predictivo	Recambio	0:15	21/7/2024	175	Inicia En 175 Dias	Semestral	X	
	Cabezal Industrial	Plancha de aguja	1	Correctivo	Recambio	0:05						
		Dientes impelentes	1	Correctivo	Recambio	0:05						
		Bobina	1	Correctivo	Recambio	0:05						
		Pie prensatelas	1	Correctivo	Recambio	0:03						

Jack Siruba 700 K	Motor	Rodamientos	2	Predictivo	Recambio y Lubricación	0:45	21/7/2024	175	Inicia En 175 Dias	Semestral	X	
		Corcho	1	Predictivo	Recambio y Lubricación	0:45	21/7/2024	175	Inicia En 175 Dias	Semestral	X	
		Condensador	1	Predictivo	Recambio	0:15	21/7/2024	175	Inicia En 175 Dias	Semestral	X	
		Switch	1	Predictivo	Recambio y Lubricación	0:30	21/7/2024	175	Inicia En 175 Dias	Semestral	X	
		Banda	1	Predictivo	Recambio	0:15	21/7/2024	175	Inicia En 175 Dias	Semestral	X	
	Cabezal Industrial	Plancha de aguja	1	Correctivo	Recambio	0:05						
		Dientes impelentes	1	Correctivo	Recambio	0:05						
		Bobina	1	Correctivo	Recambio	0:05						
		Pie prensatelas	1	Correctivo	Recambio	0:03						

9

22/7/2024
lun

Kansew 4404 P/UTC	Motor	Rodamientos	2	Predictivo	Recambio y Lubricación	0:45	22/7/2024	176	Inicia En 176 Dias	Semestral	X	
		Corcho	1	Predictivo	Recambio y Lubricación	0:45	22/7/2024	176	Inicia En 176 Dias	Semestral	X	
		Condensador	1	Predictivo	Recambio	0:15	22/7/2024	176	Inicia En 176 Dias	Semestral	X	
		Switch	1	Predictivo	Recambio y Lubricación	0:30	22/7/2024	176	Inicia En 176 Dias	Semestral	X	
		Banda	1	Predictivo	Recambio	0:15	22/7/2024	176	Inicia En 176 Dias	Semestral	X	
	Cabezal Industrial	Plancha de aguja	1	Correctivo	Recambio	0:05						
		Dientes impelentes	1	Correctivo	Recambio	0:05						
		Bobina	1	Correctivo	Recambio	0:05						
		Pie prensatelas	1	Correctivo	Recambio	0:03						

Pegasus CW500N	Motor	Rodamientos	2	Predictivo	Recambio y Lubricación	0:45	22/7/2024	176	Inicia En 176 Dias	Semestral	X	
		Corcho	1	Predictivo	Recambio y Lubricación	0:45	22/7/2024	176	Inicia En 176 Dias	Semestral	X	
		Condensador	1	Predictivo	Recambio	0:15	22/7/2024	176	Inicia En 176 Dias	Semestral	X	
		Switch	1	Predictivo	Recambio y Lubricación	0:30	22/7/2024	176	Inicia En 176 Dias	Semestral	X	
		Banda	1	Predictivo	Recambio	0:15	22/7/2024	176	Inicia En 176 Dias	Semestral	X	
	Cabezal Industrial	Plancha de aguja	1	Correctivo	Recambio	0:05						
		Dientes impelentes	1	Correctivo	Recambio	0:05						
		Bobina	1	Correctivo	Recambio	0:05						
		Pie prensatelas	1	Correctivo	Recambio	0:03						

Anexo 2: Encuestas realizadas sobre el estado inicial de la microempresa (Janeth Quemag)

ENCUESTA DEL ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA MICROEMPRESA

Nombre de la microempresa: Adams Sport
Nombre de la persona encuestada: Janeth Quemag
Fecha de la encuesta: 22/11/23

1.- ¿Cómo describirías la estructura organizacional de la microempresa?

- Jerárquica
- Matricial
- Funcional
- Circular

2.- ¿Cómo describirías la cultura organizacional?

- Innovadora
- Tradicional
- Colaborativa

4.- ¿Cómo evalúas el ambiente laboral en la empresa?

- Excelente
- Bueno
- Regular
- Necesita mejorar

5.- ¿Cómo se considera la posición de la microempresa con respecto a la competencia?

- Líder del mercado
- Competidor Sólido
- Competidor promedio
- Necesita mejorar

6.- ¿La microempresa utiliza tecnologías avanzadas en sus operaciones?

- Sí
- No

7.- ¿Cómo evalúas la capacidad de la microempresa para adaptarse a nuevas tecnologías?

- Muy adaptable
- Moderadamente adaptable
- Poco adaptable

8.- ¿Cómo calificarías la satisfacción del cliente con los productos de la microempresa?

- Muy satisfechos
- Satisfecho
- Neutral
- Insatisfecho
- Muy insatisfecho

9.- ¿La microempresa ha experimentado un crecimiento económico en los últimos años?

- Sí
- No

10.- ¿Cómo evaluarías la gestión financiera de la microempresa?

- Excelente
- Bueno
- Regular
- Necesita Mejorar

11.- ¿Cómo evalúas la preparación de la microempresa ante posibles inconvenientes?

- Muy preparada/o
- Preparada/o
- Poco preparada/o
- No preparada/o

12.- ¿La microempresa tiene planes de inversión a futuro?

- Sí
- No
- Desconozco la información

13.- ¿Cómo describirías la visión a largo plazo de la microempresa?

- Clara y bien definida
- Moderadamente clara
- No está clara

14.- ¿La microempresa cuenta con un inventario actualizado de sus equipos?

- Sí
- No

15.- ¿Qué modelo de mantenimiento aplica en su microempresa?

- Correctivo
- Preventivo
- Predictivo

16.- ¿La microempresa posee un programa de mantenimiento establecido?

- Sí
- No

17.- ¿Cómo calificarías la eficacia de los procesos de mantenimiento actuales?

- Efectivos
- Moderadamente efectivos
- No tan efectivos

18.- ¿La microempresa tiene buenas relaciones con proveedores de repuestos?

- Sí
- No

19.- ¿Cómo evalúas la eficiencia en el control de gastos de mantenimiento?

- Eficiente
- Regular
- No tan eficiente

20.- ¿Se ha identificado las fallas más usuales de los equipos?

- Sí
- No

21.- ¿La microempresa cuenta con los recursos necesarios para llevar a cabo el mantenimiento de manera eficiente?

- Sí
- No

21.- ¿La microempresa cuenta con planes de emergencias al momento de realizar un mantenimiento?

- Sí
- No

Anexo 3: Encuestas realizadas sobre el estado inicial de la microempresa (María Cristina Iza)

ENCUESTA DEL ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA MICROEMPRESA

Nombre de la microempresa: Adams Sport

Nombre de la persona encuestada: María Cristina Iza.

Fecha de la encuesta: 22/1/2023.

1.- ¿Cómo describirías la estructura organizacional de la microempresa?

- Jerárquica
- Matricial
- Funcional
- Circular

2.- ¿Cómo describirías la cultura organizacional?

- Innovadora
- Tradicional
- Colaborativa

4.- ¿Cómo evalúas el ambiente laboral en la empresa?

- Excelente
- Bueno
- Regular
- Necesita mejorar

5.- ¿Cómo se considera la posición de la microempresa con respecto a la competencia?

- Líder del mercado
- Competidor Sólido
- Competidor promedio
- Necesita mejorar

6.- ¿La microempresa utiliza tecnologías avanzadas en sus operaciones?

- Sí
- No

7.- ¿Cómo evalúas la capacidad de la microempresa para adaptarse a nuevas tecnologías?

- Muy adaptable
- Moderadamente adaptable
- Poco adaptable

8.- ¿Cómo calificarías la satisfacción del cliente con los productos de la microempresa?

- Muy satisfechos
- Satisfecho
- Neutral
- Insatisfecho
- Muy insatisfecho

9.- ¿La microempresa ha experimentado un crecimiento económico en los últimos años?

- Sí
- No

10.- ¿Cómo evaluarías la gestión financiera de la microempresa?

- Excelente
- Bueno
- Regular
- Necesita Mejorar

11.- ¿Cómo evalúas la preparación de la microempresa ante posibles inconvenientes?

- Muy preparada/o
- Preparada/o
- Poco preparada/o
- No preparada/o

12.- ¿La microempresa tiene planes de inversión a futuro?

- Sí
- No
- Desconozco la información

13.- ¿Cómo describirías la visión a largo plazo de la microempresa?

- Clara y bien definida
- Moderadamente clara
- No está clara

14.- ¿La microempresa cuenta con un inventario actualizado de sus equipos?

- Sí
- No

15.- ¿Qué modelo de mantenimiento aplica en su microempresa?

- Correctivo
- Preventivo
- Predictivo

16.- ¿La microempresa posee un programa de mantenimiento establecido?

- Sí
- No

17.- **¿Cómo calificarías la eficacia de los procesos de mantenimiento actuales?**

- Efectivos
- Moderadamente efectivos
- No tan efectivos

18.- **¿La microempresa tiene buenas relaciones con proveedores de repuestos?**

- Sí
- No

19.- **¿Cómo evalúas la eficiencia en el control de gastos de mantenimiento?**

- Eficiente
- Regular
- No tan eficiente

20.- **¿Se ha identificado las fallas más usuales de los equipos?**

- Sí
- No

21.- **¿La microempresa cuenta con los recursos necesarios para llevar a cabo el mantenimiento de manera eficiente?**

- Sí
- No

21.- **¿La microempresa cuenta con planes de emergencias al momento de realizar un mantenimiento?**

- Sí
- No

Anexo 4: Encuestas realizadas sobre el estado inicial de la microempresa (Piedad Iza)

ENCUESTA DEL ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA MICROEMPRESA

Nombre de la microempresa: Adams Sport
Nombre de la persona encuestada: Piedad Iza
Fecha de la encuesta: 22/11/2023

1.- ¿Cómo describirías la estructura organizacional de la microempresa?

- Jerárquica
- Matricial
- Funcional
- Circular

2.- ¿Cómo describirías la cultura organizacional?

- Innovadora
- Tradicional
- Colaborativa

4.- ¿Cómo evalúas el ambiente laboral en la empresa?

- Excelente
- Bueno
- Regular
- Necesita mejorar

5.- ¿Cómo se considera la posición de la microempresa con respecto a la competencia?

- Líder del mercado
- Competidor Sólido
- Competidor promedio
- Necesita mejorar

6.- ¿La microempresa utiliza tecnologías avanzadas en sus operaciones?

- Sí
- No

7.- ¿Cómo evalúas la capacidad de la microempresa para adaptarse a nuevas tecnologías?

- Muy adaptable
- Moderadamente adaptable
- Poco adaptable

8.- ¿Cómo calificarías la satisfacción del cliente con los productos de la microempresa?

- Muy satisfechos
- Satisfecho
- Neutral
- Insatisfecho
- Muy insatisfecho

9.- ¿La microempresa ha experimentado un crecimiento económico en los últimos años?

- Sí
- No

10.- ¿Cómo evaluarías la gestión financiera de la microempresa?

- Excelente
- Bueno
- Regular
- Necesita Mejorar

11.- ¿Cómo evalúas la preparación de la microempresa ante posibles inconvenientes?

- Muy preparada/o
- Preparada/o
- Poco preparada/o
- No preparada/o

12.- ¿La microempresa tiene planes de inversión a futuro?

- Sí
- No
- Desconozco la información

13.- ¿Cómo describirías la visión a largo plazo de la microempresa?

- Clara y bien definida
- Moderadamente clara
- No está clara

14.- ¿La microempresa cuenta con un inventario actualizado de sus equipos?

- Sí
- No

15.- ¿Qué modelo de mantenimiento aplica en su microempresa?

- Correctivo
- Preventivo
- Predictivo

16.- ¿La microempresa posee un programa de mantenimiento establecido?

- Sí
- No

17.- ¿Cómo calificarías la eficacia de los procesos de mantenimiento actuales?

- Efectivos
- Moderadamente efectivos
- No tan efectivos

18.- ¿La microempresa tiene buenas relaciones con proveedores de repuestos?

- Sí
- No

19.- ¿Cómo evalúas la eficiencia en el control de gastos de mantenimiento?

- Eficiente
- Regular
- No tan eficiente

20.- ¿Se ha identificado las fallas más usuales de los equipos?

- Sí
- No

21.- ¿La microempresa cuenta con los recursos necesarios para llevar a cabo el mantenimiento de manera eficiente?

- Sí
- No

21.- ¿La microempresa cuenta con planes de emergencias al momento de realizar un mantenimiento?

- Sí
- No

Anexo 5: Desarrollo del ensayo termográfico



