



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN AQUAPLASTIC S.A.S, CANTÓN SANTA ELENA, ECUADOR”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTORES:

SUÁREZ APOLINARIO HENRY JASMANI
ORTIZ QUINTEROS JEAN CARLOS

TUTOR:

ING. HERRERA BRUNETT GERARDO ANTONIO., PHD

LA LIBERTAD, ECUADOR

2024

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAL

TEMA:

**“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL
PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN AQUAPLASTIC S.A.S, CANTÓN SANTA
ELENA, ECUADOR”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

SUÁREZ APOLINARIO HENRY JASMANI

ORTIZ QUINTEROS JEAN CARLOS

TUTOR:

ING. HERRERA BRUNETT GERARDO ANTONIO., PHD

LA LIBERTAD, ECUADOR

2024

UPSE

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Suárez Apolinario Henry Jasmani** y **Ortiz Quinteros Jean Carlos**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Industrial**.

TUTOR (A)

F.  _____

Ing. Herrera Brunett Gerardo Antonio, PhD

DIRECTOR (A) DE CARRERA

F.  _____

Ing. Moreno Alcívar Lucrecia Cristina, PhD

La libertad, a los 2 días del mes de diciembre del año 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

Ing. Herrera Brunett Gerardo Antonio, PhD

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor de Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación “PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN AQUAPLASTIC S.A.S, CANTON SANTA ELENA, ECUADOR”, elaborado por los Srs. SUÁREZ APOLINARIO HENRY JASMANI – ORTIZ QUINTEROS JEAN CARLOS estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a obtención del título de Ingenieros Industriales, me permito declarar que luego de haber estudiado y revisado, apruebo en su totalidad el presente trabajo.

La libertad, a los 2 días del mes de diciembre del año 2024

TUTOR (A)

F.  _____

Ing. Herrera Brunett Gerardo Antonio, PhD

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Suárez Apolinario Henry Jasmani

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, “PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN AQUAPLASTIC S.A.S, CANTON SANTA ELENA, ECUADOR” previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente, este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me/nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La libertad, a los 2 días del mes de diciembre del año 2024

AUTOR (A)

f. 
Suárez Apolinario Henry Jasmani.

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Ortiz Quinteros Jean Carlos

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, “PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN AQUAPLASTIC S.A.S, CANTON SANTA ELENA, ECUADOR” previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente, este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me/nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La libertad, a los 2 días del mes de diciembre del año 2024

AUTOR (A)

f. 
Ortiz Quinteros Jean Carlos.

AUTORIZACIÓN

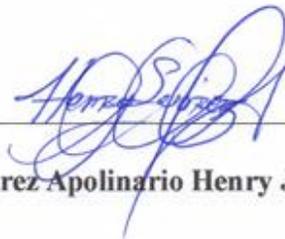
Yo, Suárez Apolinario Henry Jasmani

Autorizo a la Universidad Península de Santa Elena la publicación en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación **“Propuesta de implementación de mantenimiento productivo total para mejorar la productividad en Aquaplastic S.A.S, cantón Santa Elena, Ecuador”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

La libertad, a los 2 días del mes de diciembre del año 2024

AUTOR (A)

f. _____



Suárez Apolinario Henry Jasmani

AUTORIZACIÓN

Yo, Ortiz Quinteros Jean Carlos

Autorizo a la Universidad Península de Santa Elena la publicación en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación **“Propuesta de implementación de mantenimiento productivo total para mejorar la productividad en Aquaplastic S.A.S, Cantón Santa Elena, Ecuador”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

La libertad, a los 2 días del mes de diciembre del año 2024

AUTOR (A)


Ortiz Quinteros Jean Carlos

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado **PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN AQUAPLASTIC S.A.S, CANTON SANTA ELENA, ECUADOR** presentado por los estudiantes, **SUÁREZ APOLINARIO HENRY JASMANI** y **ORTIZ QUINTEROS JEAN CARLOS** fue enviado al Sistema Antiplagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 8%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación



TUTOR

f. _____

Ing. Herrera Brunett Gerardo Antonio, PhD

CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGÍA

Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.

Celular: 0962183538

Correo: bettyruthgomez@educacion.gob.ec

CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

Yo, **BETTY RUTH GÓMEZ SUÁREZ**, en mi calidad de **LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS**, por medio de la presente tengo a bien indicar que he leído y corregido el Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, denominado **“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN AQUAPLASTIC S.A.S, CANTON SANTA ELENA, ECUADOR”**, de los estudiantes: **SUÁREZ APOLINARIO HENRY JASMANI** y **ORTIZ QUINTEROS JEAN CARLOS**.

Certifico que está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones, coherencia en los conceptos e interpretaciones, adecuado empleo en la sinonimia. Además de haber sido escrito de acuerdo a las normas de ortografía y sintaxis vigentes.

En cuanto puedo decir en honor a la verdad y autorizo a los interesados hacer uso del presente como estime conveniente.

Santa Elena, 2 de Diciembre del 2024



Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.

Cl. 0915036529

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS
N° DE REGISTRO DE SENECYT 1050-2014-86052892

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más recóndito agradecimiento antes que nada a Dios, por ser mi guía incesante y otorgarme la sabiduría y la fortaleza en cada paso de este camino hasta llegar a esta meta.

A mis amados padres Grace Apolinario y Henry Suárez, ya que han sido mi fuente de fuerza y motivación en cada peldaño alcanzado, sin su ayuda incondicional no habría culminado este logro.

Deseo mencionar muy exaltadamente al Ing Yovanny Lucas, jefe de producción de la empresa Aquaplastic S.A.S, quien compartió sus conocimientos para llevar a cabo mi investigación. Le agradezco eternamente la ayuda brindada para levantar información de las maquinarias, así como el tiempo y paciencia que tuvo en cada visita realizada a la empresa.

También quiero agradecer encarecidamente a mi primo el Ing Slatter Apolinario, quien sin negación alguna me brindo su inmensurable ayuda antes y durante el desarrollo de este trabajo, a mis compañeros de curso Ariel Escalante, Jean Carlos Ortiz, Bryan Panchana y Jimmy Asencio. Quienes me apoyaron constantemente en todo el proceso de mi carrera universitaria. Realzo la solidaridad y compañerismo que me mostraron.

Culmino con mis más sinceros agradecimientos al Ing Gerardo Herrera Brunett, PhD, tutor de tesis, quien con su experiencia, conocimientos, sabiduría, orientación y motivación constante se logró realizar un trabajo excelente. De igual manera al Ing Richard Muñoz Bravo, Mgtr, por su predisposición al momento de realizar la respectiva revisión técnica del trabajo investigativo. Gracias a las recomendaciones y guías de estos prestigiosos fue posible el desarrollo adecuado de este proyecto.

Suárez Apolinario Henry Jasmani

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, dedico mi más profundo agradecimiento a Dios, por ser mi guía constante y mi fortaleza en todo momento. Su luz iluminó mi camino en los días más oscuros y su amor me dio fuerzas para superar cada desafío. Este logro no habría sido posible sin Su bendición y su presencia en mi vida.

A mis amados padres, quienes han sido el cimiento sobre el cual he construido mis sueños. Gracias por su amor incondicional, por su apoyo inquebrantable y por sus sacrificios que son el motor que me impulsa a dar siempre lo mejor de mí.

A mis docentes, por su paciencia, compromiso y pasión por enseñar. Cada lección impartida y cada consejo ofrecido han sido fundamentales para mi formación. No solo me brindaron conocimiento, sino también inspiración para enfrentar los retos con determinación y confianza.

A mis compañeros, con quienes compartí este viaje lleno de aprendizajes, desafíos y momentos inolvidables. Gracias por su apoyo, por las experiencias compartidas y por demostrarme que el trabajo en equipo y la amistad son pilares esenciales en cualquier logro.

Finalmente, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por abrirme las puertas al conocimiento y aprendizaje. Aquí encontré oportunidades para desarrollar mis habilidades, enfrentar desafíos y descubrir mi verdadero potencial. Gracias por ser el escenario de esta etapa inolvidable de mi vida.

Jean Carlos Ortiz Quinteros

DEDICATORIA

Después de incansables días de trabajo empleados en la elaboración de este trabajo de investigación, me siento en la capacidad de dedicar este merecimiento primeramente a Dios por iluminar mi camino y brindarme la fuerza y sabiduría necesarias para concluir con éxito esta etapa de mi vida universitaria.

A mis amados padres Grace Apolinario y Henry Suárez, por su amor y su apoyo incondicional en la parte moral y económica para poder culminar este proceso, a mis hermanos, Kenneth y Hillary Suarez Apolinario que sin duda me brindaron su apoyo, cariño y por estar a mi lado en todas las adversidades que se presentaron en este proceso, este logro también es de ustedes.

A mis amados abuelitos, mi mami Blanca Apolinario y en especial a mis tres ángeles que están un lugar bonito en el cielo, mi papi Freddy Apolinario, mi mami Maruja Lindao y mi papi Benedicto Suárez, que siempre me apoyaron y confiaron en mí, y que siempre me están protegiendo y guiando, este logro es por ustedes.

A mi compañera Emily, tu apoyo incondicional y motivación brindada han sido sumamente importantes, estuviste a mi lado en todo mi proceso estudiantil, inclusive en momentos y situaciones más turbulentas, me has enseñado y me sigues enseñando muchas cosas en la vida, este logro también es por ti.

Y para finalizar, quiero agradecer a la persona más importante sin ella nada de esto habría sido posible, a mí mismo, gracias por la dedicación, esfuerzo y resiliencia constante. Se cumplió una de las tantas metas que tengo, pasé por muchas adversidades, sin embargo, tuve la madurez de dar lo mejor de mí y no rendirme jamás. Este proceso lo atesorare siempre con gran satisfacción,

Suárez Apolinario Henry Jasmani

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a todos y cada una de las personas que estuvieron apoyándome en este largo camino hacia la obtención de conocimientos y experiencias en mis estudios de tercer nivel.

Primeramente, a Dios, quien ha sido mi guía y mi fortaleza en todo momento. Gracias por ser la luz en mi camino, por darme fuerzas cuando las necesitaba y por recordarme que todo es posible con fe y perseverancia. Este logro es un reflejo de las bendiciones que he recibido y de tu constante presencia en mi vida.

A mis amados padres, Carlos Ortiz y Viviana Quinteros quienes han sido el pilar fundamental de mi vida. Su amor, comprensión y apoyo incondicional me han impulsado a alcanzar cada meta que me he propuesto. Gracias por enseñarme el verdadero significado del esfuerzo, por creer en mí incluso en los momentos en que yo mismo dudaba. Este logro es tan mío como suyo, porque sin ustedes no habría sido posible.

A mis docentes, cuya vocación y dedicación han dejado una huella imborrable en mi formación. Cada enseñanza, cada consejo y cada palabra de aliento han sido fundamentales para forjar el profesional que soy hoy.

A mi universidad, ese espacio que no solo me brindó conocimientos académicos, sino también experiencias, amistades y valores que llevaré conmigo toda la vida. Aquí encontré los desafíos que me hicieron crecer, las lecciones que me moldearon y las oportunidades que me permitieron descubrir mi potencial.

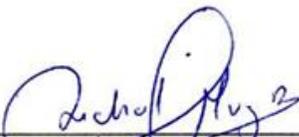
Y, finalmente, a mí mismo, porque sé lo que significó llegar hasta aquí. Porque en los días difíciles, elegí continuar. Este logro es el reflejo del esfuerzo, la constancia y la fe en mis capacidades. Hoy celebro no solo el final de una etapa, sino el comienzo de muchas más.

Jean Carlos Ortiz Quinteros

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

ING. LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCÍVAR, PhD.
DIRECTORA DE LA CARRERA

f. 

ING. RICHARD EDINSON MUÑOZ BRAVO, Mgtr.
DOCENTE ESPECIALISTA

f. 

ING. GERARDO ANTONIO HERRERA BRUNETT, PhD.
DOCENTE TUTOR

f. 

ING. GRACIELA CELEDONIA SOSA BUENO, PhD.
DOCENTE UIC II

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iv
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	v
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	vi
AUTORIZACIÓN	vii
AUTORIZACIÓN	viii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO.....	ix
CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGÍA.....	ix
AGRADECIMIENTOS	xi
AGRADECIMIENTOS	xii
DEDICATORIA.....	xiii
DEDICATORIA.....	xiv
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	xv
ÍNDICE GENERAL	xvi
ÍNDICE DE TABLAS	xx
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xxii
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	xxiii
INDICE DE ANEXOS.....	xxiv
RESUMEN	xxvi
ASBTRACT.....	xxvii
INTRODUCCIÓN	28
CAPÍTULO I	33
MARCO TEÓRICO.....	33

1.1	Antecedentes investigativos	33
1.2	Estado del arte	35
1.2.1	Mapeo sistemático	35
1.1.	Fundamentos teóricos.....	49
1.2.2	Mantenimiento productivo total.....	49
1.2.3	Mantenimiento autónomo	49
1.2.4	Mantenimiento preventivo	49
1.2.5	Mantenimiento proactivo	50
1.2.6	Productividad	50
1.2.7	Paradas no programadas	50
1.2.8	OEE.....	50
CAPITULO II.....		51
MARCO METODOLOGICO.....		51
2.1.	Enfoque de investigación	51
2.2.	Diseño de Investigación	52
2.3.	Procedimiento metodológico.....	52
2.4.	Población	54
2.5.	Muestra.....	54
2.6.	Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos	55
2.6.1	Métodos de recolección de datos	55
2.6.2	Técnicas de recolección de los datos	56
2.6.3	Instrumentos de recolección de datos	57
2.7	Variables de estudio.....	57
2.8.	Procedimiento en la recolección de datos	57
2.9.	Operacionalización de variables.....	58

2.10.	Plan de análisis e interpretación de resultados.	59
CAPITULO III.....		61
MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN		61
3.1	Contexto organizacional.....	61
3.1.1	Generalidades.....	61
3.1.2	Emplazamiento	62
3.1.3	Misión	62
3.1.4	Visión	62
3.1.5	Organigrama de la empresa	63
3.1.6	Mapa de proceso de la empresa	64
3.1.7	Inventario de equipo y maquinas herramientas.	64
3.1.8	Descripción de maquinarias y equipos.	65
3.2	Análisis situacional	70
FASE 1: ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL		70
3.2.1	Descripción de la situación actual.....	70
3.2.2	Análisis crítico de los equipos	70
3.3	Marco de resultados	74
FASE 2: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN		74
3.3.1	Fichas técnicas de registro	74
3.3.2	Análisis de fiabilidad de Cronbach.....	76
3.3.3	Comprobación de hipótesis.....	77
3.4	Propuesta de mejora	80
FASE 3: DISEÑO DE LA ETAPA DE MEJORA.....		80
3.4.1	Tema de la propuesta.	80
3.4.2	Evaluación 5s.....	80

3.4.3	Propuesta 5s	82
3.4.4	Evaluación TPM	93
3.4.5	OEE.....	93
3.4.6	Propuesta TPM.....	98
FASE 4: IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA TPM.....		98
FASE 5: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA PROPUESTA		109
3.4.7	Evaluación final del OEE en la línea de moldeo por extrusión soplado.....	109
3.4.8	Evaluación final del OEE en la línea de moldeo por soplado de preformas PET .	111
3.4.9	Resultado de la propuesta	113
3.5	Análisis económico y financiero	119
3.6	Marco de discusiones	122
CONCLUSIONES		125
RECOMENDACIONES.....		127
BIBLIOGRFÍA		128
ANEXOS		134

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Preguntas de investigación</i>	36
<i>Tabla 2 Descriptores de búsqueda</i>	36
<i>Tabla 3 Criterios de inclusión</i>	37
<i>Tabla 4 Criterios de exclusión</i>	37
<i>Tabla 5 Criterios de evaluación de la calidad</i>	38
<i>Tabla 6 Matriz de artículos más relevantes</i>	39
<i>Tabla 7 Metodologías aplicadas</i>	45
<i>Tabla 8 Número de maquinarias por área y estratificación poblacional</i>	54
<i>Tabla 9 Técnicas de recolección de datos</i>	56
<i>Tabla 10 Variables de estudio</i>	57
<i>Tabla 11 Fases para el procesamiento de datos</i>	58
<i>Tabla 12 Operacionalización de variables</i>	58
<i>Tabla 13 Plan de análisis e interpretación de resultados</i>	59
<i>Tabla 14 Inventario de equipos</i>	65
<i>Tabla 15 Descripción y funcionalidad de las maquinarias y equipos</i>	66
<i>Tabla 16 Estimación de puntajes y criterios para análisis crítico</i>	71
<i>Tabla 17 Resultado de análisis de criticidad</i>	73
<i>Tabla 18 Resumen de las paradas no programadas</i>	74
<i>Tabla 19 Resumen de la disponibilidad de las máquinas</i>	75
<i>Tabla 20 Rango de fiabilidad</i>	76
<i>Tabla 21 Evaluación de fiabilidad Alfa de Cronbach</i>	77
<i>Tabla 22 Interpretación de la magnitud del coeficiente de Pearson</i>	78
<i>Tabla 23 Coeficiente de Pearson</i>	79
<i>Tabla 24 Resumen de la evaluación inicial 5S</i>	80
<i>Tabla 25 Indicadores de la evaluación 5s</i>	81
<i>Tabla 26 Modelo de tarjeta roja</i>	82
<i>Tabla 27 Cuadro de disposición preliminar</i>	83
<i>Tabla 28 Cuadro de disposición final</i>	84
<i>Tabla 29 Criterios para clasificar elementos en la zona de almacenamiento</i>	85

<i>Tabla 30 Ubicación de objetos esenciales según su utilización</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 31 Modelo de tarjeta de mantenimiento</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 32 Resumen de evaluación final 5s</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 33 Evaluaciones Futuras</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 34 Calificación para valores de OEE</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 35 Matriz AMFE de las maquinarias de la empresa AQUAPLASTIC S.A.S.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 36 Plan de mantenimiento de maquinarias</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 37 Resultado de la propuesta 5S.....</i>	<i>113</i>
<i>Tabla 38 Propuesta 5S resultado detallado</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 39 Resultado propuesto de TPM.....</i>	<i>115</i>
<i>Tabla 40 Resultado del nivel de OEE</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 41 Presupuesto del proyecto</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 42 Flujo de fondo</i>	<i>120</i>

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1. Pasos del Mapeo Sistemático</i>	<i>35</i>
<i>Gráfico 2. Ejecución de la búsqueda.....</i>	<i>38</i>
<i>Gráfico 3. Distribución temporal de artículos</i>	<i>44</i>
<i>Gráfico 4. Calificación de Calidad de artículo</i>	<i>45</i>
<i>Gráfico 5. Técnicas utilizadas</i>	<i>46</i>
<i>Gráfico 6. Instrumentos de recolección de datos</i>	<i>47</i>
<i>Gráfico 7. Herramientas de mejora.....</i>	<i>48</i>
<i>Gráfico 8. Esquema del proceso metodológico</i>	<i>52</i>
<i>Gráfico 9. Plan de recolección de datos.....</i>	<i>55</i>
<i>Gráfico 10. Organigrama de la empresa.....</i>	<i>63</i>
<i>Gráfico 11. Mapa de procesos de la empresa.....</i>	<i>64</i>
<i>Gráfico 12. Probabilidad del impacto de criticidad.....</i>	<i>72</i>
<i>Gráfico 13. Nivel de riesgo.....</i>	<i>72</i>
<i>Gráfico 14. Representación gráfica de la evaluación inicial de las 5s</i>	<i>81</i>
<i>Gráfico 15. Matriz de trabajo estandarizado</i>	<i>89</i>
<i>Gráfico 16. Representación gráfica de la evaluación final de las 5s</i>	<i>91</i>
<i>Gráfico 17. Plan de mantenimiento de maquinarias</i>	<i>106</i>
<i>Gráfico 18. Cronograma de futuros mantenimientos</i>	<i>108</i>
<i>Gráfico 19. Resumen de los subindicadores de 5s.....</i>	<i>114</i>
<i>Gráfico 20. Resumen de los subindicadores de OEE en la línea 1.</i>	<i>117</i>
<i>Gráfico 21. Resumen de los subindicadores de OEE en la línea 2.</i>	<i>117</i>

ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen 1. Máquina sopladora de envases Pet</i>	<i>66</i>
<i>Imagen 2. Compresor de pistón</i>	<i>66</i>
<i>Imagen 3. Máquina de moldeo por extrusión y soplado.....</i>	<i>67</i>
<i>Imagen 4. Panel OLC de mando.....</i>	<i>67</i>
<i>Imagen 5. Máquina Chiller.....</i>	<i>68</i>
<i>Imagen 6. Mangueras de circulación de agua refrigerada</i>	<i>68</i>
<i>Imagen 7. Molino triturador</i>	<i>68</i>
<i>Imagen 8. Máquina mezcladora de material.</i>	<i>69</i>
<i>Imagen 9. Máquina elevadora de material.....</i>	<i>69</i>
<i>Imagen 10. Compresor de tornillo.....</i>	<i>69</i>

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Tendencia de artículos publicados.....	134
Anexo 2. Evaluación de calidad de artículos	135
Anexo 3. Herramienta de optimización propuesta.....	136
Anexo 4. Técnicas e instrumentos utilizados.....	137
Anexo 5. Análisis de criticidad de máquina de moldeo por extrusión y soplado	138
Anexo 6. Análisis de criticidad de máquina sopladora de envases Pet.....	139
Anexo 7. Análisis de criticidad de máquina Chiller	140
Anexo 8. Análisis de criticidad de máquina Molino triturador.....	141
Anexo 9. Análisis de criticidad de máquina mezcladora de material	142
Anexo 10. Análisis de criticidad de máquina elevadora de material.	143
Anexo 11. Análisis de criticidad de máquina Compresor de aire por pistón	144
Anexo 12. Análisis de criticidad de máquina Compresor de aire de tornillo	145
Anexo 13. Ficha de registro de VI mes de junio.....	146
Anexo 14. Ficha de registro de VD mes de junio	146
Anexo 15. Ficha de registro de VI mes de julio	146
Anexo 16. Ficha de registro de VD mes de julio	147
Anexo 17. Ficha de registro de VI mes de agosto.	147
Anexo 18. Ficha de registro de VD mes de agosto.....	147
Anexo 19. Datos ingresados en software SPSS	148
Anexo 20. Resultados de software SPSS	148
Anexo 21. Revisión inicial de las 5S	149
Anexo 22. Revisión final de las 5S.....	149
Anexo 23. Análisis económico-financiero.....	150
Anexo 24. Producción de envase 5 litros (JUNIO – JULIO – AGOSTO) 2024.....	150
Anexo 25. Producción envase 1 litro (JUNIO - JULIO - AGOSTO) 2024	151
Anexo 26. Producción de envase 625CC (JUNIO - JULIO - AGOSTO) 2024.....	152
Anexo 27. Producción de galones JUNIO 2024	153
Anexo 28. Producción de galones JULIO 2024.....	154
Anexo 29. Producción de galones AGOSTO 2024.....	155

Anexo 30. Grafica de áreas apiladas producción de galones JUNIO 2024	156
Anexo 31. Grafica de áreas apiladas producción de galones JULIO 2024.....	156
Anexo 32. Grafica de áreas apiladas producción de galones AGOSTO 2024.....	157
Anexo 33. Grafica de áreas apiladas producción de 5 litros JUNIO – JULIO - AGOSTO 2024	157
Anexo 34. Grafica de áreas apiladas producción de envases de 1 litro JUNIO – JULIO - AGOSTO 2024	158
Anexo 35. Grafica de áreas apiladas producción de envases de 625CC JUNIO – JULIO - AGOSTO 2024	158
Anexo 36. Carta de aceptación de trabajo de titulación en AQUAPLASTIC S.A.S, Henry Jasmani Suárez Apolinario.....	159
Anexo 37. Carta de aceptación de trabajo de titulación en AQUAPLASTIC S.A.S, Jean Carlos Ortiz Quinteros.....	160

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN AQUAPLASTIC S.A.S, CANTON SANTA ELENA, ECUADOR”

Autores: Suárez Apolinario Henry Jasmani

Ortiz Quinteros Jean Carlos

Tutor: Ing. Herrera Brunett Gerardo Antonio., PhD.

RESUMEN

La empresa procesadora de plásticos Aquaplastic al igual que muchas empresas de todo ámbito, buscan aumentar su productividad, la producción de plásticos de la empresa se ve afectada por un factor común como son las fallas de las maquinarias lo que ocasiona paradas no programadas resultando en pérdida de producción, aquí surge la necesidad de implementar metodologías que ayuden a controlar estas fallas. Este estudio es direccionado a las fallas de las maquinarias, con el objetivo de mitigar fallas o paradas innecesarias que comprometan la producción de envases plásticos mediante la aplicación de la metodología de Mantenimiento Productivo Total “TPM” para incrementar el rendimiento de las maquinarias en la empresa Aquaplastic S.A.S. Se utiliza un método de investigación que no involucra experimentos, enfocado en encontrar relaciones entre cosas, mientras que se recolectan datos observando directamente y haciendo entrevistas. La información se recopila usando formularios que se basan en investigaciones científicas. Los controles visuales diarios son necesarios para evaluar la limpieza, el orden y la organización en todas las áreas de trabajo. Esta prueba estadística asegura que los datos seguirán una distribución normal, requisito fundamental para interpretar adecuadamente los resultados y dar paso al desarrollo de la propuesta de mejora, empezando por la metodología 5S que dio una mejora del 33% pasando de la categoría “Regular” a “Bueno” obteniendo un resultado de 76.10% en el OEE pasando de la categoría “Inaceptable” a “Aceptable” en la línea de producción de moldeo por extrusión soplado, y en la línea de moldeo por soplado de preformas PET Se logró un resultado del 84.85% en el OEE en comparación con el 51.04% alcanzado previo a la propuesta.

Palabras claves: *productividad, interrupciones no programadas, TPM, evaluación normal, rendimiento, OEE.*

“PROPOSAL FOR THE IMPLEMENTATION OF TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE TO IMPROVE PRODUCTIVITY IN AQUAPLASTIC S.A.S., CANTON SANTA ELENA, ECUADOR”.

Authors: Suárez Apolinario Henry Jasmani

Ortiz Quinteros Jean Carlos

Tutor: Eng. Herrera Brunett Gerardo Antonio, PhD.

ASBTRACT

The plastics processing company Aquaplastic, like many companies in all fields, seeks to increase its productivity. The company's plastic production is affected by a common factor such as machinery failures, which cause unscheduled stops resulting in loss of production. Here, the need arises to implement methodologies that help control these failures. This study is directed to machinery failures, with the objective of mitigating unnecessary failures or stops that compromise the production of plastic containers by applying the Total Productive Maintenance "TPM" methodology to increase the performance of machinery in the company Aquaplastic S.A.S. A quantitative method of non-experimental design is used, focused on a descriptive correlation, while the data collection methods focus on direct observation and interviews. The information is presented using observation forms based on scientific works. The surveys used were useful to collect orderly information based on tests, which facilitated a detailed and precise analysis of the variables analyzed. This statistical test ensures that the data will follow a normal distribution, a fundamental requirement to properly interpret the results and give way to the development of the improvement proposal, starting with the 5S methodology that gave a 33% improvement going from the “Fair” to “Good” category, obtaining a result of 76.10% in the OEE, going from the “Unacceptable” to “Acceptable” category in the extrusion blow molding production line, and in the PET preform blow molding line, a result of 84.85% was achieved in the OEE compared to the 51.04% achieved prior to the proposal. To conclude, the established objectives were successfully achieved, showing that the reduction of unscheduled interruptions not only contributes positively to the OEE, but also to operational stability and failure control in machinery.

Keywords: *productivity, unscheduled interruptions, TPM, normal evaluation, performance, OEE.*

INTRODUCCIÓN

Al nivel global, las empresas enfrentan desafíos debido al entorno difícil y cambiante en el que operan. Estos problemas pueden surgir por cambios en el mercado, avances tecnológicos, impacto en el medio ambiente y cambios en la economía. Para sobrevivir y tener éxito en situaciones como esta, las empresas necesitan utilizar nuevas estrategias y enfoques.(Mendes et al., 2023). En este contexto, las empresas buscan mejorar sus procesos de producción, responder con mayor rapidez y eficacia a las necesidades del mercado, mantener la calidad de los productos y reducir sus costes (Garcia et al., 2022). Para ello, deben buscar nuevas herramientas de gestión y organización y dedicar esfuerzos a las áreas que están bajo su control, empezando por la planta de producción.

En el pasado, las actividades de mantenimiento sólo, se llevaban a cabo cuando fallaba el equipo, siendo vistas por muchos como un «mal necesario». Actualmente, el mantenimiento es un área fundamental para enfrentar cambios, como el fortalecimiento de la competitividad, el aumento de la calidad de los productos o servicios, la flexibilización de los procesos y la capacitación y valorización de sus recursos humanos (Guevara et al., 2022). Así, la función del mantenimiento ha evolucionado en gran escala, principalmente en el desarrollo de diversas estrategias de gestión para proporcionar mayor seguridad y disponibilidad de los activos, menor impacto ambiental y mejor calidad de los productos o servicios a menor costo (Schindlerová et al., 2020).

En correspondencia con lo anterior, el Mantenimiento Productivo Total, *TPM* (una de las herramientas pertenecientes a la metodología Lean Manufacturing) se enfoca en establecer un sistema operativo que el rendimiento de todos los equipos participantes en el proceso de producción de la compañía, garantizando su operatividad adecuada. La El propósito es evitar el derroche debido a las pérdidas de tiempo provocadas por errores en los procesos. Equipos, que podrían llevar a incumplimientos con los clientes y a un incremento en los costos, Para la compañía, es beneficioso para la organización. (Carrillo et al., 2019).

En términos globales, se ha comprobado la efectividad de estas herramientas para optimizar las operaciones, El porcentaje promedio de utilización de la metodología Lean Manufacturing a nivel global es del 54% (Alcántara, 2022). Se espera que las demás empresas puedan adaptarse al mismo proceso, tomando en cuenta que las mejores opciones son las pequeñas y medianas empresas, debido a que tienen un fácil agrado de adaptación en las nuevas

tecnologías, y tienen un aporte importante en los procesos productivos, representando al 90% de las empresas a nivel global (Rodríguez & León, 2023).

Por otro lado, solo el 33% de las empresas en América Latina ha implementado esta metodología para incrementar su competitividad, una cifra considerablemente menor en comparación con otros continentes donde más del 50% lo ha adoptado (Alcántara, 2022). A pesar de ello, las empresas de la región aportan un 7% a la economía global y a la producción industrial mundial (Becker et al., 2020). Las microempresas en América Latina representan el 27% del total global, y en términos porcentuales, el 88.4% de las empresas de la región son microempresas (Rodríguez & León, 2023). Debido a su capacidad de adaptación a la tecnología, estas microempresas son clave para mejorar dichos porcentajes.

En Ecuador, de acuerdo con un estudio realizado por Ortega & Vaca, (2018) en una muestra de 84 empresas del total en el país, se estima que el 78,5% de ellas utilizan la metodología del Lean Manufacturing, siendo más utilizado en actividades como la distribución de áreas y reducción de desperdicios causado por fallas mecánicas. En este sentido, se destaca el TPM como la herramienta idónea para dar solución. De acuerdo con Mendes et al. (2023), justamente El TPM se muestra como una opción a tener en cuenta por las empresas en cuanto a la gestión del mantenimiento, ya que permite la reducción de costes a través de la minimización de la ocurrencia de fallos y la optimización de los recursos y su utilización, ya sean recursos humanos, materiales, de capital, energéticos y de tiempo.

En la provincia de Santa Elena, las empresas suelen operar sin sistemas formalizados, basando sus decisiones en experiencia y conocimientos básicos (Pilay et al., 2019). Muchas no conocen los beneficios del Lean Manufacturing, en especial del TPM, lo que hace necesario cambiar su mentalidad y optimizar procesos eliminando desperdicios. Aunque algunas empresas manufactureras han progresado con este enfoque, su adopción aún es limitada, especialmente en empresas dedicadas a la purificación y embotellado de agua, así como a las que se dedican a fabricar los envases (Curillo et al., 2018). En este contexto, la empresa Aquaplastic S.A.S, una planta dedicada a la fabricación de envases para la posterior purificación y embotellado de agua, se plantea como objeto de estudio, ya que ha operado durante años en un mercado de gran competitividad.

Planteamiento del problema

En el ámbito competitivo de la producción de embalajes plásticos, las compañías necesitan funcionar bajo elevados criterios de productividad y calidad para mantener su

competencia. Según Garcia et al., (2022) la eficacia en las operaciones y la continuidad en las cadenas de producción son elementos cruciales para garantizar la satisfacción del cliente y la observancia de los tiempos de entrega. Cualquier interrupción en la producción, en particular las que no se prevén, puede afectar de manera negativa tanto los rendimientos financieros de la compañía como su prestigio ante los clientes y los procedimientos. No obstante, Aquaplastic S.A.S., una compañía especializada en la fabricación de empaques plásticos, ha empezado a lidiar con graves problemas debido a un aumento en las paradas no planificadas de los equipos que participan en su proceso de producción. Estas interrupciones han afectado directamente la capacidad de la empresa para cumplir con los tiempos de entrega y han puesto en peligro su posición competitiva en el sector comercial. Además, los costos de funcionamiento han subido mucho porque tuvimos que hacer reparaciones urgentes y comprar piezas de repuesto sin planearlo antes. Los clientes están más descontentos, lo que afecta a cómo nos ven los compradores y al negocio en general.

En este escenario, resulta prudente elaborar una propuesta para disminuir las interrupciones no planificadas en la planta, con el objetivo de mejorar el desempeño operativo del proceso de producción. Según los estudios de Vega & Quiroz, (2022) la implementación de un programa de mantenimiento productivo total (TPM) podría no solo disminuir las interrupciones no planificadas, sino también prolongar la duración de los equipos, optimizar los gastos operacionales y aumentar la satisfacción del cliente, posibilitando de esta manera que la compañía retome su posición de competencia en el mercado.

Formulación del problema de investigación

¿Qué impacto tiene el mantenimiento productivo total (TPM) en la optimización de la productividad de AQUAPLASTIC S.A.S?

Alcance de la investigación

El estudio se enfoca en el mantenimiento y operación de los equipos de producción en AQUAPLASTIC S.A.S, una compañía de plásticos. Se llevará a cabo la metodología del Mantenimiento Productivo Total (TPM). Para incrementar la eficacia y fiabilidad de los equipos a través de una administración holística del mantenimiento. El objetivo es crear un plan de mantenimiento que evite problemas, haga que los equipos duren más y mejore la productividad. Primero, se analiza cuidadosamente cómo están los equipos ahora mismo, viendo su condición física, si han tenido problemas antes, cómo se les ha hecho el

mantenimiento y cómo están funcionando. Este estudio ayudará a encontrar áreas de mejora y a establecer un marco para evaluar los resultados y la productividad del equipo.

El estudio se centra en el cuidado de los equipos de la planta de procesamiento de plástico de Aquaplastic S.A.S. de junio a agosto.

Justificación de la investigación

En el mundo empresarial actual, la competencia es fuerte en todo el mundo, y es muy importante ser eficiente en el cumplimiento de las labores de la compañía. Las organizaciones siempre enfrentan grandes desafíos cuando se trata de hacer las cosas de manera eficiente, a su vez cometen errores frecuentes y tienden a causar largos períodos sin trabajar.

La puesta en marcha de Mantenimiento Productivo Total (TPM) se presenta como una respuesta completa para tratar estos problemas, proporcionando una táctica sistemática para incrementar la disponibilidad y el desempeño de los equipos.

Según relata (Jarama et al., 2024) la implementación de TPM ha cobrado mucha relevancia en los últimos años debido a los resultados obtenidos en términos de mejora de la productividad, calidad del producto y reducción de tiempos de inactividad de los equipos. Además, diversos estudios han demostrado que la implementación ha logrado reducir considerablemente los costos de mantenimiento debido al aprendizaje autónomo del personal en temas de mantenimiento. Europa y Asia han demostrado los últimos 5 años liderar en la investigación acerca de TPM y mantenimientos, mientras que Sudamérica y África demuestran una limitada representación de investigaciones acerca del mismo.

La metodología TPM mediante la aplicación de sus 8 pilares fundamentales, genera la posibilidad de cubrir una de las necesidades actuales de Aquaplastic S.A.S la cual es reducir costos de producción y mejorar la baja productividad de la mano de obra a causa de los paros de producción por fallas, averías, desajustes y calibración por calidad.

Objetivo General

Proponer la implementación de Mantenimiento Productivo Total para la mejora de la productividad en la empresa AQUAPLASTIC S.A.S.

Objetivos Específicos

1. Realizar un análisis bibliográfico, a través de una revisión exhaustiva de literatura, para sustentar la correlación entre las variables del modelo de Mantenimiento Productivo Total y la operatividad de los equipos.
2. Establecer un marco metodológico, a través de estudios enfocados en el Mantenimiento Productivo Total, con incidencia en la eficiencia global de los equipos.
3. Presentar la propuesta de implementación de Mantenimiento Productivo Total, que permita incrementar la productividad y la eficiencia global de equipos para optimizar los procesos productivos en la empresa AQUAPLASTIC S.A.S

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

El uso de instrumentos de producción adaptados ha probado ser una táctica efectiva para incrementar la eficiencia y reducir los residuos en los procesos de producción (Haddad et al., 2021). Ramírez et al. (2024)). Mediante el estudio se resaltó la importancia de usar herramientas de Lean Manufacturing en el sector de fabricación. Destacaron aspectos clave como el compromiso de los altos mandos y la cultura de la empresa. Los resultados mostraron que usar técnicas de mejora continua y la filosofía Lean Manufacturing ayuda a mejorar la calidad de los productos y servicios. Se pudo observar un aumento del 24,3% en el tiempo de producción y del 29,22% en actividades que agregan valor. También hubo una reducción del 8,34% en el tiempo de entrega a los clientes.

Miranda et al. (2022), Se enfocó en estudiar la fabricación de envases flexibles más eficiente usando distintas técnicas en una empresa de tamaño mediano. Los resultados obtenidos positivos. La cantidad de productos producidos aumentó desde el 63,75 % hasta el 79,30 % porque se ha reducido en un 23,13 % el tiempo que se tarda en procesar las órdenes de trabajo. Además, se logró conseguir una reducción del 51,10% y 36,27% en los periodos de preparación de la máquina extrusora y la impresora flexográfica, en su respectivo caso. Además, se disminuyó en un 20,63 % y un 17,55 % el tiempo medio de producción para ambos equipos.

Niekurzak et al., (2023), indican que el estudio se enfocó en crear un modelo que disminuya el tiempo de cambio de máquina y mejore la eficiencia productiva de una compañía del sector automotriz. Se consiguió elevar el uso del tiempo laboral efectivo de la unidad de producción, desde el 63,4% hasta el 84,7%.

La tasa de utilización efectiva de las unidades de producción aumentó del 63,4% al 84,7%. La implementación de acciones correctivas redujo significativamente el tiempo total que el operador dedica a realizar cambios de 899,4 segundos a 473,4 segundos.

De igual manera, Santos et al. (2022) llevaron a cabo un estudio donde mostraron avances en las tareas de conservación de equipos diseñados para la fabricación de neumáticos de gran tamaño. Además, hablamos sobre cómo usar la técnica SMED en la calibración. Esta técnica nos ayuda a mejorar la configuración de las máquinas y reducir el tiempo en que están

detenidas. Después de terminar el estudio, logramos reducir en un 31% el tiempo que se dedicaba a revisar si la máquina podía soportar ciertas condiciones, lo que hizo que el equipo estuviera más disponible.

Aguilar & Salazar (2022). Menciona que un análisis detallado de los registros de productividad, eficiencia y eficacia muestra que la eficiencia del proceso de prensado de PET blanco ha mejorado significativamente. Los primeros resultados (productividad 69.38%, eficiencia 94.84%, efectividad 65.83%) se compararon con los resultados mejorados. La productividad aumentó al 83.99%, la eficiencia al 97.16% y la efectividad al 81.67%. Esto quiere decir que el trabajo se hizo más rápido y mejor. La productividad subió un 14,61%, la eficiencia un 2,32% y la eficacia un 15,83%. Estos resultados no sólo, demuestran el progreso en el desempeño general del proceso, sino que también resaltan la importancia de un análisis cuidadoso y continuo de las métricas clave. Cuando una empresa es más productiva, significa que puede hacer más productos con los recursos que tiene. Por otro lado, si es más eficiente, significa que está utilizando sus recursos de forma más inteligente, las investigaciones enfocadas en la aplicación de herramientas Lean en varios sectores de manufactura contribuyen significativamente a abordar retos críticos como la disminución del tiempo de configuración, el incremento de la eficacia de las máquinas, la optimización de la eficiencia en los procesos de producción y el aumento de la productividad, entre otros factores significativos. Las investigaciones proporcionan datos precisos que se utilizan para ofrecer información de calidad.

Los resultados mostraron que existe un potencial significativo de beneficios económicos y operativos en las organizaciones. Considerando la importancia de un estudio en áreas específicas como la fabricación de envases de plástico y ponerlo en acción. Es importante destacar que, hasta el momento, las técnicas de producción ajustada han tenido un uso significativo en la industria del plástico. Por ende, debido a la constante expansión e innovación en este sector, junto con los retos operativos a los que se enfrenta, su aplicación se torna cada vez más relevante. La implementación de estas herramientas en el sector del plástico podría ofrecer ventajas considerables. Como la disminución y prevención de averías mecánicas, la mejora de los procesos productivos y el incremento de la eficiencia a nivel mundial. Esto, por consiguiente, podría llevar a un incremento de la competitividad en el mercado, además de un incremento en la satisfacción del cliente gracias a la entrega puntual y la calidad constante de los productos.

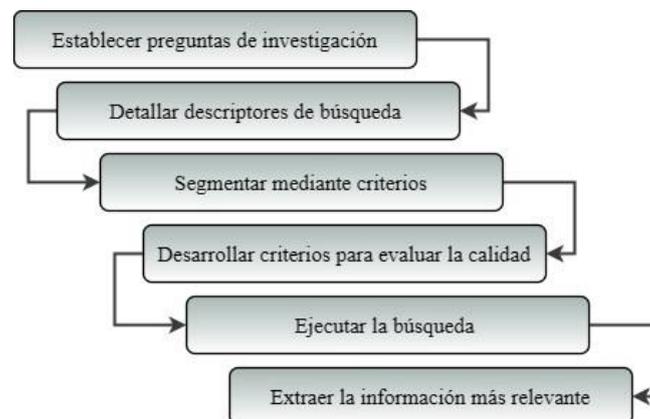
1.2 Estado del arte

El estado del arte es una parte muy importante de la investigación en la que se leen y analizan cuidadosamente documentos académicos para entender bien los estudios anteriores relacionados con un tema específico. Este proceso reúne información importante sobre avances, desafíos y tendencias en el área de estudio, brindando una visión completa del panorama de investigación y dando forma a futuras investigaciones (Rivas, 2023). Se aplicó el método de mapeo sistemático para estudiar en detalle la producción científica en esta área.

Basado en Navarro & Ramírez (2018), el mapeo sistemático es una forma de estudiar un tema específico mediante una revisión exhaustiva de los libros y artículos relevantes. Este método consiste en revisar y resumir información de diferentes investigaciones sobre un tema en particular y preguntas específicas. Siguen un conjunto de pasos organizados que los hacen especiales, Narváez et al. (2023), que respaldó los estándares metodológicos. El diagrama 3 muestra sus fases.

Gráfico 1.

Pasos del Mapeo Sistemático



Nota: Elaborado por autor

1.2.1 Mapeo sistemático

1) Establecer preguntas de investigación

- Se fundamentaron las contribuciones de Narváez et al. (2023) en cuatro cuestiones de investigación. No obstante, se tomó en cuenta únicamente el elemento conceptual para establecer las metas de la revisión y el elemento operativo para reconocer las interrogantes relevantes en los objetivos de búsqueda (OB).
- **OB1:** Organizar de manera sistemática las pruebas con el objetivo de medir el grado de interés científico e investigativo en las variables bajo investigación.

- **OB2:** Evaluar la calidad de cada artículo seleccionado de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión establecidos para la valoración de documentos primarios.
- **OB3:** Recoger datos acerca de definiciones conceptuales, procedimientos, técnicas de investigación y sugerencias, con el objetivo de determinar el nivel de progreso alcanzado por las investigaciones.

La tabla 1, expone las interrogantes de investigación vinculadas a sus OB.

Tabla 1

Preguntas de investigación

Preguntas de investigación	OB
P1: ¿Cuál es la distribución temporal de los artículos elegidos? Exponer una visión general de la literatura a nivel macro entre los años 2020 y 2024.	OB1
P2: ¿Cuál es la calidad de los artículos seleccionados? Determinar la calidad de los artículos seleccionados.	OB2
P3: ¿Qué herramientas se emplearon para la recolección de información? Identificar técnicas y herramientas de evaluación implementadas.	OB3

Nota. Modificado de Narváez et al., (2023)

2) Detallar descriptores de búsqueda

La tabla 2 muestra la técnica de selección de artículos con base en, descriptores de búsqueda. La búsqueda se centró en la elección de artículos de revistas indexadas en motores de búsqueda tales como ScienceDirect, Mendeley y Dimensions. Las bases se seleccionaron por su amplio alcance y reputación establecida en la comunidad científica.

Tabla 2

Descriptores de búsqueda

Base de datos	Descriptores de búsqueda
ScienceDirect	Find articles with these terms: “Total Productive Maintenance”, “Lean Manufacturing”, “plastics industry”, “productivity”, “mechanical failures”. Refine by: Years: 2020 – 2024. Subject areas: Engineering. Access type: Open Access & Open archive.
Mendeley	Search for and add articles to your library: “Total Productive Maintenance”, “Lean Manufacturing”, “plastics industry”, “productivity”, “mechanical failures”. Limited to: Years: 2020-2024. Document type: Journal Access type: Open Access
Dimensions	Search: “Total Productive Maintenance”, “Lean Manufacturing”, “plastics industry”, “productivity”, “mechanical failures”.

Publication year: 2020 – 2024.

Publication type: Article

Nota. Elaborado por autor

3) Segmentar mediante criterios

En las tablas 3 y 4 establecen los criterios de inclusión (CI) y exclusión (CE) para limitar la exploración documental, con el objetivo de obtener resultados que concuerden con los objetivos establecidos para el estudio, en este caso, se plantearon los siguientes CI:

Tabla 3

Criterios de inclusión

Nº	Criterios de Inclusión
CI1	Artículos con “Total Productive Maintenance”, “Lean Manufacturing”, “plastics industry”, “productivity”, “mechanical failures” en el título o resumen.
CI2	Artículos que guardan relación con la mejora de la productividad en diversos procesos de manufactura.
CI3	Artículos que abordan asuntos vinculados con el problema.
CI4	Artículos que contribuyan a la labor de investigación.
CI5	Publicaciones en publicaciones científicas.

Nota. Elaborado por autor

En cambio, se eliminan los artículos que se ajusten a los siguientes CE:

Tabla 4

Criterios de exclusión

Nº	Criterios de Exclusión
CE1	Artículos equivalentes
CE2	Artículos que no sean accesibles de manera gratuita para todo público.
CE3	Artículos que no están relacionados con las variables bajo análisis.
CE4	Publicaciones de artículos anteriores a los últimos cinco años.
CE5	Artículos en lenguas diferentes al español e inglés.

Nota. Elaborado por autor

4) Desarrollar criterios para evaluar la calidad

La tabla 5 presenta los parámetros para valorar la calidad de cada artículo escogido. Para evaluar la calidad de los artículos y establecer su relevancia en relación con las variables en estudio, se elaboró un proceso de evaluación con 9 criterios, expuestos en la tabla 5. Este método concede puntuaciones de tres valores diferentes: No satisface (-1), satisface parcialmente (0) y satisface (+1). El artículo puede recibir una puntuación que oscile entre -7

y +7. Es importante resaltar que, aunque algunos artículos obtengan calificaciones bajas, no pueden ser descartados. La meta es medir la calidad de los datos de cada artículo.

Tabla 5

Criterios de evaluación de la calidad

Nº	Criterios de evaluación	Calificación		
		1	0	-1
1	El artículo se enfoca en investigar el funcionamiento de máquinas en la mejora de la productividad.	Si	Parcialmente	No
2	El artículo proporciona una descripción apropiada del problema en estudio	Si	Parcialmente	No
3	El artículo sigue una metodología de investigación organizada y basada en fundamentos.	Si	Parcialmente	No
4	El texto sugiere definiciones precisas acerca de la herramienta TPM.	Si	Parcialmente	No
5	El artículo sugiere el uso de instrumentos de mejora de procesos.	Si	Parcialmente	No
6	El artículo propone formas de evaluar los programas de mantenimiento en torno a la productividad de la empresa.	Si	Parcialmente	No
7	El artículo presenta de forma precisa y exhaustiva los resultados alcanzados.	Si	Parcialmente	No

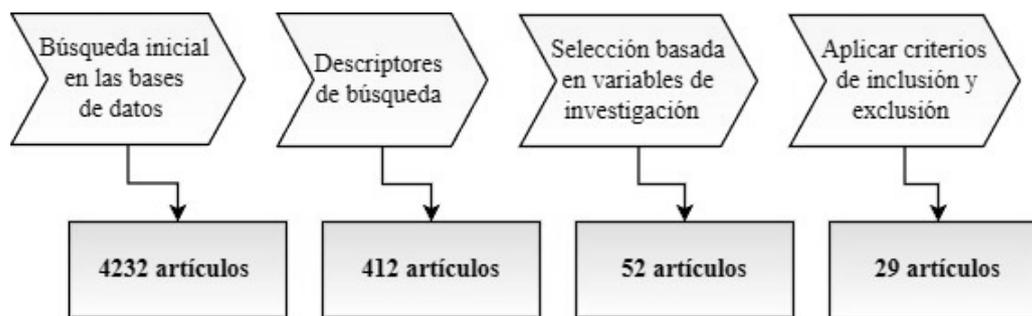
Nota. Modificado de Narváez et al., (2023)

5) Ejecutar la búsqueda

El procedimiento para llevar a cabo la búsqueda comenzó con una investigación preliminar en las bases de datos ScienceDirect, Mendeley y Dimensions, hallándose un total de 4232 publicaciones vinculadas al tema de estudio entre los tres motores de búsqueda. Después de eso, se disminuyó ese número en función de los descriptores de búsqueda previamente establecidos, logrando 412 artículos en las distintas bases de datos. Después, se llevó a cabo un análisis de primer nivel, o sea, contrastando los títulos de los estudios y escogiendo los artículos que estaban relacionados con las variables de búsqueda, lo que resultó en un total de 52 artículos. Por último, se implementaron los criterios de inclusión y exclusión, y cada uno fue evaluado a detalle para seleccionar los artículos más idóneos para la investigación, siendo el número final de artículos de 29.

Gráfico 2.

Ejecución de la búsqueda



Nota: Elaborado por autor

6) Extraer la información relevante

La Tabla 6 presenta los hallazgos del estudio detallado de la revisión bibliográfica, especificando los artículos que ayudaron a reconocer las herramientas de optimización de procesos. En este contexto, se hace referencia a los autores correspondientes de cada investigación, su título y los hallazgos alcanzados en sus estudios. Este estudio se condensa en una matriz de referencia.

Tabla 6

Matriz de artículos más relevantes

Nº	Autores	Título	Resultados
A1	(Canahua, 2021)	Poner en marcha la técnica TPM-Lean Manufacturing con el objetivo de incrementar la eficiencia global de los equipos (OEE) en la fabricación de repuestos en una compañía de metalurgia.	Se incrementó el coeficiente de calidad (de 49.44% a 94.64%), el coeficiente rendimiento (de 76.68% a 93.34%), y, consecuentemente, se elevó el coeficiente disponibilidad (de 86.70% a 96.88%), logrando así el objetivo de alcanzar el 96.88%.
A2	(Shannon et al., 2023)	Un marco de mantenimiento y confiabilidad productivo total para una planta de ingredientes farmacéuticos activos que utiliza el diseño de Lean Six Sigma.	Reducción del 33 % en las actividades de mantenimiento planificadas. El OEE de la centrífuga aumentó en un 20 % y la disponibilidad de la planta aumentó en doscientas 6 h.
A3	(Habib et al., 2023)	Establecimiento de la producción adaptada para optimizar el desempeño operativo en una fábrica de etiquetado y embalaje: Una investigación de caso realizada en Bangladesh.	El método de producción basado en fabricación ajustada incrementa el tiempo de entrega, el ICR y el CCR en un 7,1%, 55% y 83%, respectivamente, lo que señala una producción superior con una calidad superior y menos desechos.
A4	(Kumar et al., 2022)	Disminución del periodo de preparación para incrementar la rapidez de la industria de manufactura a través de Kobetsu Kaizen y SMED:	Una investigación de caso. Disminución en un 79,10% del tiempo de preparación gracias a la implementación del SMED. Las organizaciones ágiles obtienen beneficios de los resultados en su empeño

A5	(Daniyan et al., 2022)	Aplicación de la metodología Lean Six Sigma mediante el enfoque DMAIC para la mejora del proceso de montaje de bogies en la industria de vagones ferroviarios.	Mejora de la eficiencia del ciclo del proceso (46,8%), mediante Kaizen. Una reducción del 27,9% del plazo de entrega, un aumento del 59,3% del tiempo de valor añadido y una reducción del 71,9% del tiempo sin valor añadido.
A6	(Porras et al., 2022)	Modelo de gestión para la aplicación de herramientas Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en una empresa de confección de ropa antiplama de Lima – Perú.	Incremento de la productividad del área de confecciones de la mencionada empresa de 0.10 unidades/hora-hombre a 0.12 unidades/hora-hombre, lo que representa un aumento del 20% respecto al nivel inicial.
A7	(Pinto et al., 2020)	Implantación del TPM y plan estratégico de mantenimiento - Un estudio de caso	Disminución de averías por fallas en un 23% para los tornos CNC y en un 38% para los centros de mecanizado CNC, lo que aumentó la disponibilidad de las máquinas y mejoró la OEE en un 5%.
A8	(Rizky Wicaksono et al., 2021)	Mejora de procesos mediante el uso de mapas de flujo de valor y metodología Lean: aplicación de un estudio de caso en la industria de procesos químicos discontinuos.	Se identificaron mejoras en el proceso siguiendo los principios lean y se presentó un nuevo proceso rediseñado con una reducción del 30% en el plazo de fabricación.
A9	(Lamani et al., 2020)	Implementación de la producción optimizada para disminuir los desechos en la cadena de montaje de básculas.	Disminución del tiempo de transacción (60%). Se disminuyó la fuerza laboral en 2 individuos y la labor en curso en un 40,6%, se incrementó el rendimiento en un 98% y se disminuyó el tiempo de producción en un 29,06%.
A10	(Miranda et al., 2022)	modelador de mejora para incrementar la eficacia del proceso de fabricación de embalajes flexibles mediante la aplicación del método Johnson, SMED y TPM en una pequeña y mediana empresa del sector plástico	. Mejora de la producción del 63,75 % al 79,30% gracias a la disminución del tiempo total de procesamiento de las órdenes laborales, del 51,10% al 36,27% durante el periodo de preparación, y del 20,63 % al 17,55% durante el periodo de preparación, respectivamente.
A11	(Braglia et al., 2023)	Diseño de cambio rápido: una nueva metodología Lean para apoyar el diseño de máquinas en términos de capacidad de cambio rápido.	Al utilizar QCD, los avances técnicos mencionados en la metodología se reflejaron en el tiempo de cambio de formato que se redujo de 51,2 a 13,4 min, lo que representa una disminución global del 74%.
A12	(Hidayat et al., 2020)	Análisis del Mantenimiento Productivo Total (TPM) para la Eficiencia General de los Equipos	El valor de OEE de la fresadora CNC MV40 es de 76,84%, este valor está por debajo del estándar. La causa del bajo

		(OEE) en el Fresado CNC de Malla.	valor es la disponibilidad y el rendimiento que no cumplen con los estándares.
A13	(Oleksiak et al., 2023)	Análisis de la posibilidad de introducir la reducción del tiempo de cambio de máquinas CNC seleccionadas utilizando el método SMED.	Disminución del tiempo (61%) en el primer equipo; 52% en el segundo y un 12% en el tercero. Los lectores de barras en los perfiles facilitaron la carga más veloz de los programas de mecanizado en las máquinas CNC.
A14	(Vega & Quiroz, 2022)	Incremento de la disponibilidad de máquinas en una planta de moldeo por inyección de plásticos mediante la implementación de herramientas de TPM y Lean: Una investigación empírica en Perú.	Un estudio empírico realizado en Perú. Ampliación del 11% en OEE. Adicionalmente, se logró reducir en un 48% el tiempo necesario para el cambio de merma, y se consiguió disminuir en un 0.77% la cantidad de merma producida durante el proceso productivo.
A15	(Santos et al., 2022)	Aplicación de la metodología SMED a los procedimientos de calibrado de neumáticos.	La duración de las actividades de verificación de tolerancia de las máquinas se redujo en un 31%, lo que incrementó la disponibilidad de equipo.
A16	(Oliveira & Lima, 2023)	Reducción del tiempo de preparación de una línea de montaje de piezas de automoción utilizando herramientas Lean y herramientas de calidad.	Incremento del volumen de responsabilidades externas del 1% al 6%. A pesar de que el incremento en el número de tareas externas no fue significativo, constituyó un 5% más del total de tareas que en el pasado.
A17	(Ewnetu & Gzate, 2023)	Mejora de la productividad de las operaciones de montaje en la industria de producción de prendas de vestir mediante la integración de lean y work-study.	Los resultados observados indicaron que las actividades sin valor añadido se minimizaron del 43% al 5%, los cuellos de botella de 3 a 0, y la distancia de transporte de los trabajadores se redujo en 650 m por turno.
A18	(Mercedes et al., 2022)	Impacto del Lean Manufacturing en la Productividad de las Microempresas de Guayaquil.	Las microempresas que aplican lean manufacturing tiene un efecto positivo en la productividad ya que se plantean trabajar desde este enfoque, y mejoran la optimización de los procesos de producción.
A19	(Condo et al., 2022)	Aumento del rendimiento de los equipos en las empresas agroindustriales mediante un modelo de mantenimiento basado en el enfoque TPM.	El modelo sugerido, fundamentado en la metodología TPM, contribuye a elevar el índice de rendimiento del 77,11% al 89,44%, y el OEE se incrementa del 64,66% al 79,69%.
A20	(Haddad et al., 2021)	Mejora de la eficacia global de los equipos (OEE) de la máquina de extrusión mediante un enfoque de fabricación ajustada	El SMED se aplicó a través de métodos experimentales. Su implementación aumentó la OEE en un 3,26% debido al incremento del 4,86% en la disponibilidad de la máquina.

A21	(Ondra, 2022)	El impacto del cambio de troqueles en un solo minuto y el mantenimiento productivo total en la eficacia global de los equipos.	Se reveló que el 20,5 % de las compañías aplicaban SMED, el 26,5 % aplicaban TPM y el 54,0 % no monitoreaban ni evaluaban la OEE.
A22	(Vieira et al., 2020)	Metodología SMED aplicada al proceso de embutición profunda en la industria del automóvil.	Incremento del volumen de responsabilidades externas del 1% al 6%. A pesar del incremento en las tareas, se logró estandarizar la puesta en marcha, disminuyendo el 38% del tiempo total de puesta en marcha de la máquina, el 53% del tiempo interno y elevando el 7,7 % de la disponibilidad OEE.
A23	(Quiroz-Flores & Vega-Alvites, 2022)	Revisión del modelo lean manufacturing de gestión de la producción bajo el enfoque del mantenimiento preventivo para mejorar la eficiencia en la pyme de la industria del plástico: un estudio de caso.	Al realizar un mantenimiento autónomo y preventivo en las líneas, fue posible reducir el porcentaje de pérdida de productos en un 0,77%, y las paradas no programadas se redujeron en un 37%.
A24	(Rathi et al., 2024)	Aplicación de métodos de fabricación ajustada para mejorar la productividad de los trenes de laminación.	Además, la eficiencia general de los equipos mejoró mucho alrededor del 30,30%, subiendo del 56,42% al 73,52%.
A25	(Niekurzak et al., 2023)	Un modelo para reducir el tiempo de cambio de máquina y mejorar la eficiencia de la producción en una organización de fabricación de automóviles.	El tiempo laboral utilizado en la unidad de producción aumentó del 63.4% al 84.7%. Hacer cambios ayudó a los trabajadores a ser más rápidos. Antes usaban 899,4 segundos y ahora solo usan 473,4 segundos.
A26	(Mendes et al., 2023)	Integración de TPM e Industria 4.0 para aumentar la disponibilidad de los activos industriales: Un estudio de caso sobre una cinta transportadora.	Tras la implantación del TPM, se pudo observar que la disponibilidad de la cinta aumentó hasta el 92,7% en una semana laboral de 105 h.
A27	(Tortorella et al., 2021)	Integración de las tecnologías de la Industria 4.0 en las prácticas de Mantenimiento Productivo Total	El TPM genera ventajas y obstáculos asociados a los atributos del DIT (ventaja real, compatibilidad, complejidad), aunque su grado y orientación varían según el atributo.
A28	(Teles et al., 2023)	Obstáculos y beneficios de la implantación del Mantenimiento Productivo Total (TPM): una revisión bibliográfica.	Concienciación sobre la reducción de pérdidas derivadas de averías en los equipos, la reducción de costes al disminuir el tiempo de inactividad y mejorar la eficiencia de uso

A29	(Obeso Alfaro et al., 2020)	Implementación del Mantenimiento Productivo Total en la mejora de la productividad y mantenibilidad del proceso de harina de pescado.	La productividad se incrementó en un 6% (15 a 17 sacos hora), gracias a la disminución de las averías y los periodos de inactividad. El OEE experimentó un crecimiento del 0,68% con una expectativa de un aumento del 16,32% en un año.
-----	-----------------------------	---	--

Nota. Elaborado por autor

Discusión

La matriz de artículos seleccionados funcionó como un instrumento de análisis de escenarios que facilitó la comprensión de las conexiones entre las variables del sistema completo, proporcionando la toma de decisiones acertadas que respalden la mejora en el rendimiento de la fabricación de empaques plásticos y de procesos con mecanismos que mantengan relación.

A la muestra de que implementar TPM puede llevar a una reducción significativa en los costos de mantenimiento y a un aumento en la producción de las máquinas industriales. En 2022, utilizando la metodología TPM logramos mejorar el rendimiento del 77,11% al 89,44%, lo que incrementó la eficiencia operativa del 64,66% al 79,69%, Canahua (2021) aumentó su producción del 63,75 % al 79,30 % debido a la reducción del tiempo total de gestión de las órdenes laborales ha experimentado una disminución del 51,10 % y 36,27 % en el tiempo de preparación, y del 20,63 % y 17,55 % en el tiempo medio de producción. Estos hallazgos destacan la habilidad de TPM para incrementar la eficacia operacional y elevar la productividad en el contexto industrial.

También es importante resaltar que la metodología SMED también ha sido exitosa en varias industrias, tal como lo evidencia la normalización de la puesta a punto, disminuyendo el 38% del tiempo total de puesta a punto de la máquina, el 53% del tiempo interno y elevando el 7,7 % de la disponibilidad. (Vieira et al., 2020). Con la aplicación de SMED y TPM, el tren de laminación mejoró su disponibilidad y productividad en un 11,37% y 5% respectivamente. La eficiencia operativa también aumentó un 30,30%, pasando de 56,42% a 73,52%. Estas herramientas de producción ajustada son muy importantes para hacer que los procesos industriales sean más productivos y eficientes.

No obstante, la mayoría de los hallazgos de la revisión de la literatura muestra la efectividad y relevancia del TPM, lo que respalda la decisión de complementar su implementación en nuestro estudio, ya que se ha comprobado que contribuye a reducir fallas mecánicas, mejorar la eficiencia operativa y aumentar la productividad.

Después de presentar la matriz con la información de los artículos escogidos, se lleva a cabo un análisis fundamentado en las preguntas de investigación previamente establecidas.

P1: ¿Cuál es la distribución temporal de los artículos elegidos?

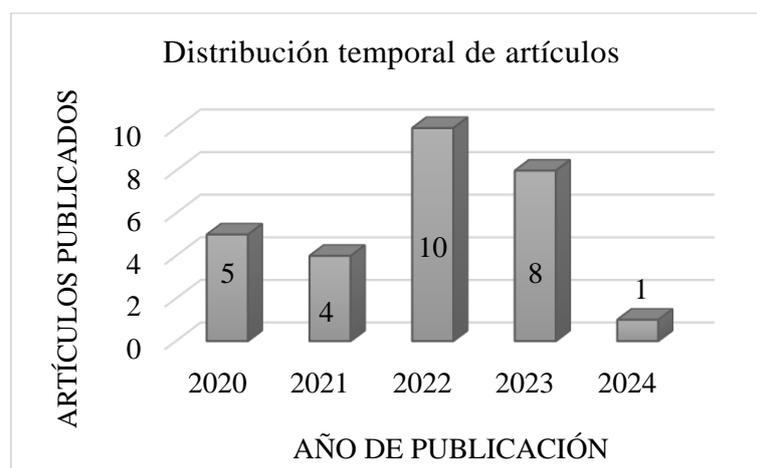
La repartición temporal de los 29 artículos escogidos se muestra de la siguiente forma en términos porcentuales:

1. El 2020 constituye el 17,24% de las investigaciones científicas relacionadas con las variables analizadas. Los números A7, A9, A12 y A29 fueron los de este año.
2. Para el 2021, el 14,29% del total de las publicaciones escogidas correspondió a los artículos, siendo los siguientes: A1, A8, A20 y A27.
3. En 2022 se han hecho muchos artículos imitados, llegando a 10 en total. Los productos que se incluyeron son: A4, A5, A6, A17, A14, A15, A18, A19, A21 y A23. Esto es equivalente a 35.71% de todos los artículos.
4. En 2023 se mostraron muchos artículos importantes, como A2, A11, A16, A17, A25, A26 y A28. Su representación en porcentaje fue del 28,57%.
5. Finalmente, en el año 2024 se encontró solo un estudio relacionado con la investigación, que representa el 3,57%. En el año 2022 hubo más artículos imitados que en cualquier otro año.

En ese sentido, el gráfico 3 presenta la tendencia de los artículos antes ya especificada.

Gráfico 3.

Distribución temporal de artículos



Nota: Elaborado por autor

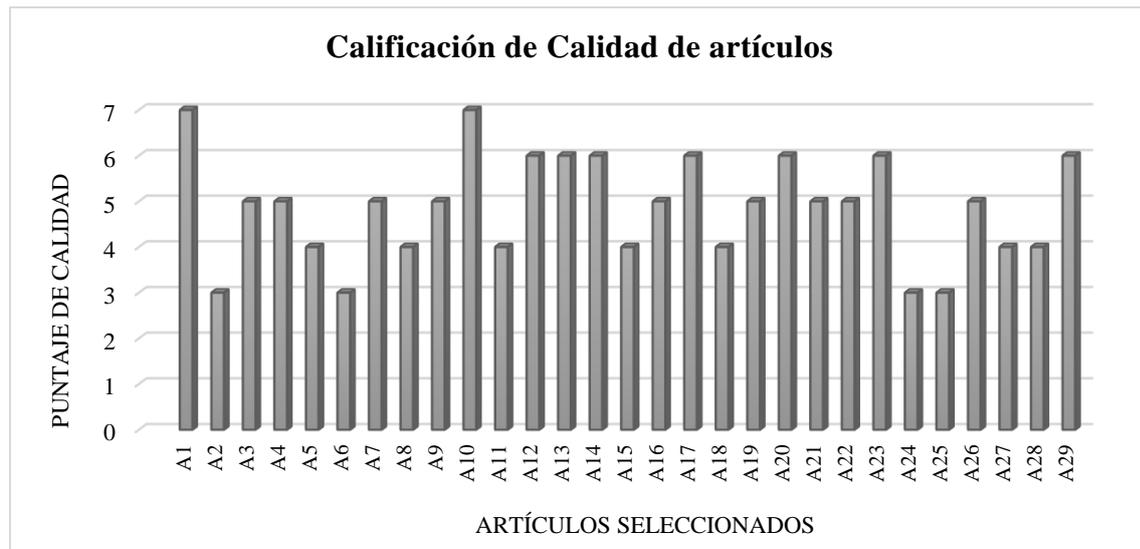
P2: ¿Cuál es la calidad de los artículos elegidos?

Se evaluó la calidad de los artículos de acuerdo con los 7 criterios de calidad previamente definidos, en los que la suma total de los códigos individuales de cada artículo establece su grado de calidad. Las asignaturas con la puntuación más alta fueron A1 y A10,

alcanzando una calificación de 7. Los artículos A12, A13, A14, A17, A20, A23 y A29 se complementan con una calificación de 6. El tercer conjunto incluye los artículos A3, A4, A7, A9, A16, A19, A21, A22 y A26, todos ellos con una puntuación de 5. Luego, con una puntuación de 4, se encuentran A5, A8, A11, A15, A18, A27 y A28. Finalmente, con una calificación de 3, están A2, A6, A24 y A25. Esta información se muestra en el gráfico 4.

Gráfico 4.

Calificación de Calidad de artículo



Nota: Elaborado por autor

P3: ¿Qué herramientas se emplearon para la recolección de información?

Se obtuvieron las cifras correspondientes en la Tabla 7 con el objetivo de identificar la metodología más utilizada por los diferentes autores en los estudios de la matriz referencial. Esta operación de extracción facilitó la estructuración metódica de la información, mejorando la exposición de patrones y tendencias que se podían distinguir con facilidad.

Tabla 7

Metodologías aplicadas

Nº	Técnica	Instrumento
A1	Revisión documental	Diagrama de flujo de procesos, fichas de registro
A2	Revisión documental	Manuales de mantenimiento, fichas de registro
A3	Observación directa	Ficha de observación
A4	Observación directa	Ficha de observación
A5	Observación directa	VSM, Diagrama de Pareto
A6	Observación directa, Estudio de tiempos	Diagrama de espagueti, Ficha de observación
A7	Estudio de tiempos	VSM y Five Why's analysis

A8	Observación directa	Ficha de observación
A9	Revisión documental	VSM, Diagrama de Ishikawa, Five Why's analysis
A10	Revisión documental	Fichas de registro, Matriz de correlación
A11	Revisión documental	Diagrama de espaguete, fichas de registro
A12	Observación directa, entrevistas	Ficha de observación, Diagrama de cauda y efecto
A13	Estudio de tiempos, entrevistas	Análisis de tiempos, entrevistas Diagrama de procesos, formulario de observación
A14	Revisión documental, entrevistas	fichas de registro
A15	Observación directa, entrevistas	Layout
A16	Revisión documental	Layout, diagrama de Gantt, fichas de registro
A17	Observación directa	Diagrama de Gantt
A18	Revisión documental	VSM, diagrama de Pareto
A19	Observación directa	Diagrama de precedencia, Ficha de observación
A20	Observación directa	Diagrama de espaguete, Ficha de observación
A21	Revisión documental	fichas de registro
A22	Estudio de tiempos	Diagrama de flujo de procesos, diagrama de espaguete
A23	Revisión documental	Manuales de mantenimiento
A24	Revisión documental	VSM
A25	Revisión documental	Red de la cadena de suministro
A26	Revisión documental	Diagrama de Pareto
A27	Observación directa	Ficha de observación
A28	Observación directa	Diagrama de Ishikawa, Ficha de observación
A29	Revisión documental	Diagrama de flujo de procesos, fichas de registro

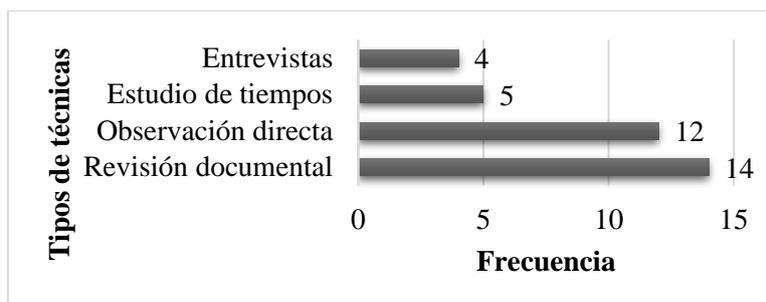
Nota. Elaborado por autor

Análisis e interpretación

Para el caso de las técnicas, se adoptó en mayor cantidad la revisión documental en 14 estudios, lo que representa el 40%. Muy de cerca se ubicó la Observación directa con 12 ejemplares, que sería igual al 34,29% de todos los artículos. La gráfica 5 evidencia estos resultados con todas las técnicas aplicadas.

Gráfico 5.

Técnicas utilizadas

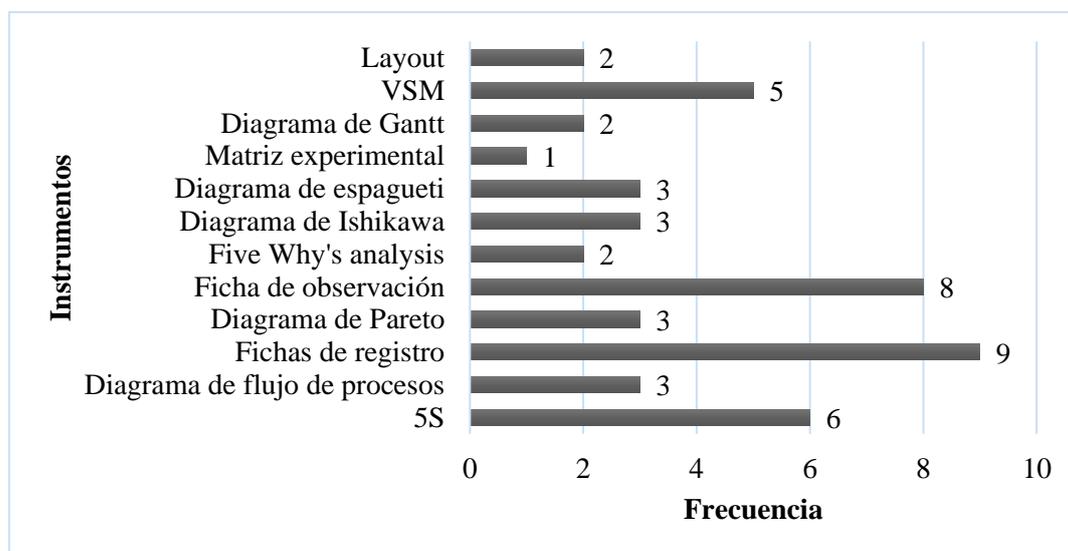


Nota: Elaborado por autor

Al analizar los porcentajes relacionados con los instrumentos de recolección de datos utilizados en los artículos, la ficha de registro fue la más empleada, representando el 19% de los instrumentos metodológicos adoptados, lo que refleja una preferencia por la revisión de registros de actividades operativas. Le siguió la ficha de observación con un 17%. Las 5s ocuparon un 9%, lo que sugiere la viabilidad de optimizar los espacios de trabajo. El VSM alcanzó un 10%, mientras que el Diagrama de Ishikawa, el diagrama de flujo de procesos, el diagrama de espagueti y el Diagrama de Pareto compartieron un porcentaje similar del 6%, destacando la importancia de priorizar las causas potenciales de un problema como punto de partida. De igual forma, el análisis de Five Why's, el Diagrama de Gantt y el Layout obtuvieron un 4%, lo que sugiere un uso moderado de estos métodos. Finalmente, herramientas como la Matriz de correlación y la Matriz experimental se emplearon en un 2% cada una, reflejando un interés más selectivo o específico en el contexto de la investigación, tal como se presenta en la gráfica 6.

Gráfico 6.

Instrumentos de recolección de datos



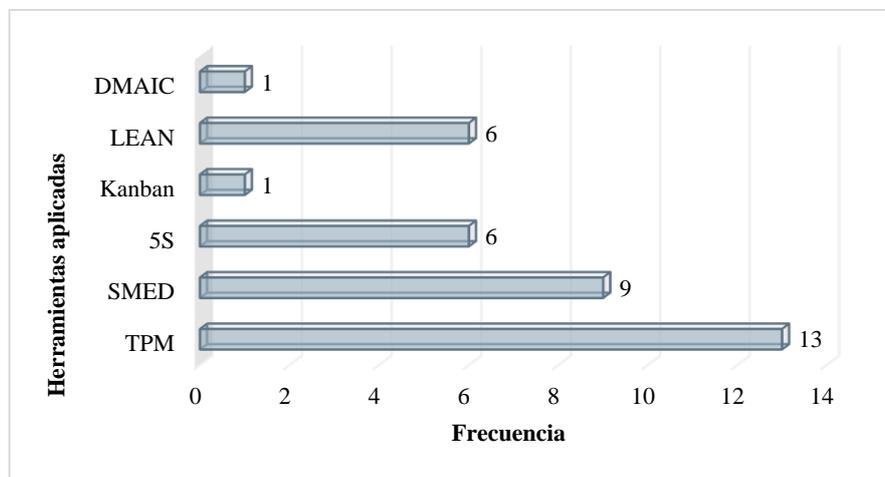
Nota: Elaborado por autor

Discusión

El análisis detallado de la revisión bibliográfica destacó la importancia del TPM como una herramienta eficaz para mejorar la productividad en relación con la problemática del estudio. Esta metodología se implementó en el 36,11% de los proyectos de investigación revisados, es decir, en 13 artículos estudiados; lo que refleja su amplia aplicabilidad y relevancia en diversos contextos industriales. Muy de cerca se ubicó SMED como segunda metodología en mejoras de procesos industriales que manejan procesos similares. Esto se refleja en el gráfico 7, donde se detallan todas las metodologías aplicadas.

Gráfico 7.

Herramientas de mejora



Nota: Elaborado por autor

El TPM es muy efectivo para mejorar procesos y productividad en distintos sectores, según muestran varios estudios. Esto confirma por qué decidimos usar este proceso como parte importante de nuestro plan para mejorar. Estamos seguros de que nos va a ayudar a obtener buenos resultados en nuestra situación en particular.

En cuanto a cómo se recopilaron los datos, en el estudio se identificaron varias tendencias importantes. Las hojas de registro fueron la técnica más común utilizada, representando el 19% de los instrumentos usados. Esto posibilita mantener un registro minucioso de las acciones de mantenimiento llevadas a cabo en una máquina, tales como reparaciones, modificaciones y modificaciones de componentes, favoreciendo la detección de patrones habituales y la organización de futuros mantenimientos. No obstante, aunque la ficha de registro es útil para recopilar datos, tiene la limitación de no capturar las percepciones y criterios subjetivos de los operarios involucrados en los procesos, por lo que se complementó con entrevistas.

Sin embargo, a pesar de que el formulario de registro es útil para recolectar información, tiene la restricción de no reflejar las percepciones y criterios subjetivos de los trabajadores implicados en los procedimientos, razón por la cual se añadieron entrevistas. Las entrevistas aportaron datos específicos de los trabajadores, enriqueciendo y complementando los datos recogidos mediante la observación. Es fundamental entender los procesos desde el punto de vista de quienes los llevan a cabo, detectar áreas de mejora y adquirir una visión más completa de los elementos que influyen en el rendimiento y la eficacia de los procesos. La fusión de la ficha de registro y las entrevistas posibilitó adquirir una perspectiva más integral y balanceada del proceso en análisis, lo que favoreció la adopción de decisiones más fundamentadas. Tanto como el desarrollo de recomendaciones más precisas para mejorar la eficiencia y calidad en el contexto de nuestra investigación.

1.1. Fundamentos teóricos

1.2.2 Mantenimiento productivo total

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) se basa, a través de acciones específicas, en la contribución para el aumento de la eficiencia productiva, reducción de desperdicios, accidentes, defectos, paradas y fallas a lo largo del proceso productivo. El TPM se muestra como una opción a tener en cuenta por las empresas en cuanto a la gestión del mantenimiento, ya que permite la reducción de costes a través de la minimización de la ocurrencia de fallos y la optimización de los recursos y su utilización, ya sean recursos humanos, materiales, de capital, energía y tiempo (Mendes et al., 2023).

1.2.3 Mantenimiento autónomo

El Mantenimiento Autónomo es una característica distintiva del Mantenimiento Productivo Total (TPM), que implica que los operarios asumen la responsabilidad directa de sus equipos mediante actividades de inspección, lubricación y limpieza. Además, los operarios se encargan del cuidado continuo y preventivo de sus máquinas, fomentando un sentido de propiedad y contribuyendo activamente a la prevención de fallos (Enciso et al, 2019).

1.2.4 Mantenimiento preventivo

El Mantenimiento Autónomo es una parte importante del Mantenimiento Productivo Total (TPM). Significa que los trabajadores cuidan sus propios equipos al hacer inspecciones, lubricar y limpiar. Además, los trabajadores se encargan de mantener sus máquinas en buen estado, lo que les hace sentir que son responsables de ellas y ayuda a prevenir averías (Rayme Flores & Diaz Dumont, 2021).

1.2.5 *Mantenimiento proactivo*

El mantenimiento preventivo ayuda a prevenir problemas en los equipos antes de que sucedan. Es un plan de trabajo anticipado para evitar posibles falencias. Se puede programar el mantenimiento según cómo se utilice, cuánto tiempo haya pasado o la condición actual del equipo, para evitar problemas antes de que se conviertan en un problema. De esta manera efectiva se aplica con el fin que duren más tiempo, trabajen mejor y disminuya la posibilidad de que se detengan repentinamente. (Ronald Elicio, 2028).

1.2.6 *Productividad*

Inicialmente, la productividad se consideraba principalmente un concepto de eficiencia. Sin embargo, hoy en día, la productividad mide el rendimiento del sistema, la eficiencia del sistema, la utilización de los recursos y la relación entre la producción real y los insumos. El crecimiento económico de cualquier país suele medirse por un aumento de la producción, que procede de dos fuentes: una mayor cantidad de factores de producción utilizados (insumos) o un aumento de la productividad. Por lo tanto, la productividad es un componente del crecimiento. Para minimizar la pérdida de factores relacionados con la mano de obra, las máquinas y el material proporcionado para aumentar la productividad (Ewnetu & Gzate, 2023).

1.2.7 *Paradas no programadas*

Las paradas no programadas son cuando la máquina se detiene de repente durante la producción, sin estar previsto. Estas paradas ocurren cuando hay problemas en las máquinas, calidad, emergencias o seguridad que requieren detener la producción para prevenir daños graves. (Carrillo Landazábal et al., 2019).

1.2.8 *OEE*

El OEE (Overall Equipment Effectiveness, o Eficiencia General de los Equipos) es un número importante que indica qué tan bien funcionan las máquinas en una fábrica. Nos ayuda a ver si están haciendo bien su trabajo y siendo productivos. Se usa para ver si los equipos funcionan bien en tres cosas importantes: si están disponibles, funcionan correctamente y son de buena calidad. (Carrillo Landazábal et al., 2019).

CAPITULO II

MARCO METODOLOGICO

En este apartado se abordan todos los elementos que se utilizaron para el desarrollo de esta investigación, Cada uno de estos elementos son importantes, estos ayudan a saber qué tipo de investigación se está realizando, partiendo del tema seleccionado.

El marco metodológico en una investigación se ocupa de definir los fundamentos, reconstruir datos y especificar los aspectos esenciales del proyecto. Este proceso responde a la pregunta de cómo se realizará la investigación, especificando con claridad los tipos de datos, los métodos y técnicas que se emplearán para obtener información necesaria (Azuelo, 2019).

En el primer capítulo se realiza un mapeo sistemático de las tecnologías existentes para presentar los métodos a utilizar, donde se visualizan las posibilidades de implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) utilizando técnicas de observación directa complementadas con técnicas de entrevista para obtener una visión más completa y equilibrada del proceso de investigación para dar soluciones a los problemas identificados.

2.1. Enfoque de investigación

Como se mencionó anteriormente, se puede probar la viabilidad de realizar investigaciones utilizando métodos cuantitativos para lograr un alcance de estudio descriptivo y correlacional. Esta decisión se basó en la necesidad de utilizar métodos estadísticos para cuantificar y analizar los datos. En este contexto, la investigación se dirigió hacia un enfoque cuantitativo con el objetivo de seguir un proceso secuencial que emplea datos numéricos para llegar a conclusión.

El enfoque cuantitativo sigue un proceso metódico y ordenado, que abarca desde la concepción de la idea inicial hasta la formulación de hipótesis, la identificación de variables principales, el diseño de pruebas estadísticas con datos numéricos y la obtención de conclusiones fundamentadas en los resultados obtenidos (Hernández-Sampieri, 2019).

2.2. Diseño de Investigación

Definido el enfoque de la investigación y considerando el uso de datos cuantitativos, este estudio adoptó un diseño no experimental. Según (Hernández-Sampieri, 2019), El diseño no experimental se refiere a estudios observacionales en los que no se interviene deliberadamente en las variables; en su lugar, los fenómenos se observan en su contexto natural y luego se analizan para extraer conclusiones. Además, este tipo de investigación puede ser de tipo transversal, caracterizado por la recolección de datos en un solo momento temporal. Debido a la aplicación de mediciones, elegimos un diseño de investigación que no incluya experimental, se recopiló datos de manera transaccional tales como:

Descripción de la investigación: Se presenta la información de forma clara, resaltando los problemas y cómo se relacionan las diferentes cosas que se están estudiando. El objetivo es mostrar cómo los procesos y movimientos ayudan a lograr los objetivos de la investigación.

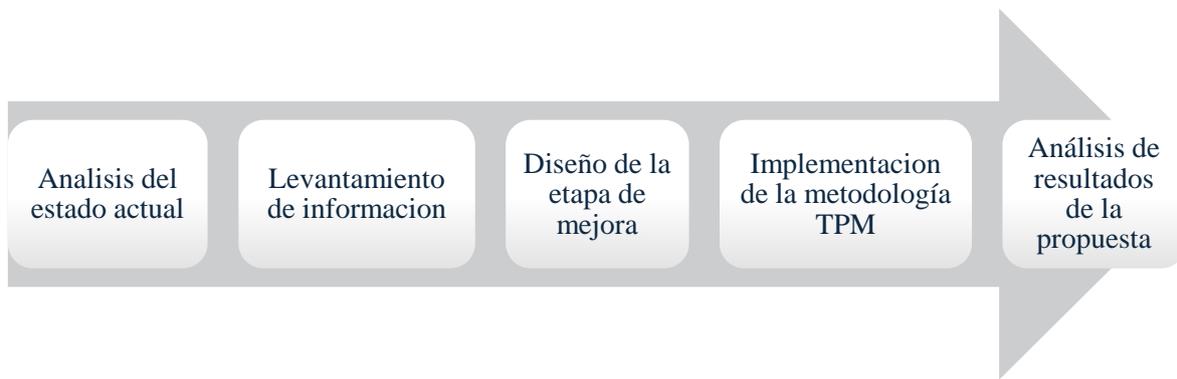
Investigación Correlacional: Se trata de estudiar cómo se conectan dos cosas. Una cosa afecta a la otra y utilizamos estadísticas para ver cómo se relacionan. Se clasificó como una investigación correlacional, ya que pretendía demostrar cuantitativamente el grado de relación entre la variable independiente y la variable dependiente. Es decir, se buscó medir cómo la adopción de principios TPM se relacionaba con la eficiencia operativa, la reducción de daños y la calidad del producto, sin necesidad de establecer una relación causal directa. Este enfoque facilitó una evaluación precisa de la efectividad cuantitativa de la metodología TPM en la reducción de daños y, por consiguiente, el aumento de la productividad de la empresa.

2.3. Procedimiento metodológico

Se realiza una investigación, siguiendo pasos específicos para asegurar que los resultados sean válidos y confiables. Utilizando el método de investigación de Canahua-Apaza (2021) y Ortiz-Porras et al., se sigue el proceso detallado. En el año 2022, se aplicó estudios para hacer el estado del arte en el Capítulo I. Se creó un grupo de pasos a seguir que ayudaron a entender el sistema en la vida real, como se explica en la investigación.

Gráfico 8.

Esquema del proceso metodológico



Nota: Elaborado por autor adaptado a investigaciones de (Apaza, 2021)

Estos pasos son parte del proceso metodológico para la aplicación de la metodología TPM (Mantenimiento Productivo Total) para la mejora de la productividad en la empresa.

i. Análisis del estado actual

Se procedió a un análisis detallado con el objetivo de levantar el análisis crítico de los equipos, junto con el estado actual, fallas y averías de cada uno. Esto permitió identificar factores que afectan tanto la eficiencia global como la disponibilidad frente a averías y los índices de productividad en la operación. La información obtenida brindó una visión integral de la situación actual de la planta AQUAPLASTIC S.A.S.

ii. Levantamiento de información

En esta etapa, se recopilaron diversos datos históricos de los equipos en la producción e información de mantenimientos. Los datos fueron fundamentados en las fichas técnicas obtenidas de la empresa con el objetivo de levantar información sobre el número de paradas no programadas y la disponibilidad de cada equipo de los últimos tres meses.

iii. Diseño de la etapa de mejora

Después de procesar los datos recopilados y analizar minuciosamente la situación actual, se procedió al diseño de mejoras. Se partió de una evaluación 5S, siendo el primer paso en la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), con el fin de optimizar primero el uso y la limpieza de los espacios de trabajo para mejorar la satisfacción de los operarios. Posteriormente, se realizó una evaluación de la eficiencia global de los equipos (OEE), esto con el propósito de establecer una línea base para medir la eficiencia actual de los equipos en el proceso productivo, concediendo la ejecución de los cálculos precisos para reconocer áreas de mejora.

iv. Implementación de metodología TPM

Inicialmente, se desarrolla la matriz de Análisis Modal de Fallos y Equipos (AMFE) para la identificación y comprensión de los fallos ya identificados. Una vez aplicado este paso, lo siguiente fue implementar las actividades delineadas de manera sistemática y ordenada de la metodología TPM, abarcando sus tres tipos principales de mantenimiento: autónomo, preventivo y proactivo.

v. Análisis de los resultados de la propuesta

Finalmente, ya con la propuesta desarrollada, se procede a evaluar los resultados obtenidos mediante una evaluación final del OEE con el propósito de tener visión clara y actualizada del desempeño operativo. De igual manera se realiza la auditoría final tras implementar las 5S. Para finalizar, se evaluó el indicador de productividad para confirmar la optimización respectiva.

2.4. Población

Según (Hernández-Sampieri, 2019) caracterizan a la población como un conjunto o agrupación de casos que cumplen con criterios específicos.

Para este caso, la población del presente estudio está conformada por todos los equipos del área de producción de la planta procesadora de plásticos AQUAPLASTIC S.A.S, siendo este nuestro objeto a estudiar.

2.5. Muestra

La muestra es un subconjunto de la población del cual se obtienen datos, y su representatividad es clave para poder generalizar los resultados, según Hernández y Mendoza (2018). En este caso, se empleó el método de censo para recopilar la muestra, involucrando a las máquinas y equipos del sistema productivo. Así, las muestras utilizadas en esta investigación no son probabilísticas, y las máquinas y equipos son considerados las unidades de análisis. La tabla 8 presenta el número de maquinarias incluidas en la investigación y su distribución porcentual.

Tabla 8

Número de maquinarias por área y estratificación poblacional

AREA	Nº DE OPERADORES	Nº DE MAQUINARIAS	PORCENTAJE
------	------------------	-------------------	------------

SOPLADORA 1 (EXTRUSORA)	2	1	11,11%
SOPLADORA 2 (PET)	2	1	11,11%
MOLINO TRITURADOR	1	1	11,11%
CHILLER 2	2	2	22,22%
MESCLADOR DE MATERIAL	1	1	11,11%
ELEVADOR DE MATERIAL	1	1	11,11%
COMPRESOR DE AIRE	1	1	11,11%
COMPRESOR DE TORNILLO	1	1	11,11%
TOTAL	11	9	100,00%

Nota. Elaborado por autor

De acuerdo con Del Cid et al. (2011) el muestreo no probabilístico se distingue por ser selectivo o no aleatorio, es decir, un análisis de caso singular. Se lo utilizó, ya que en la investigación se pretende indagar detalladamente sobre un tema específico dentro del marco de una única entidad empresarial. Este tipo de muestreo está conformado por los registros de operación de las maquinarias.

2.6. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos

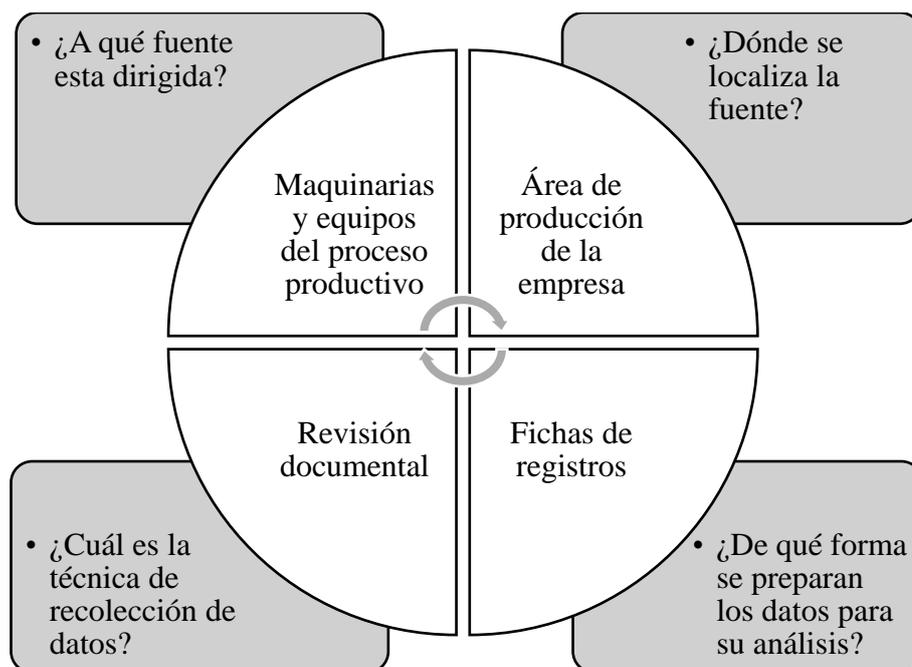
Según Romero et al. (2021), las técnicas e instrumentos de investigación son los procedimientos y herramientas empleadas para recolectar los datos e información necesarios, con el objetivo de verificar o contrastar las hipótesis de la investigación.

2.6.1 Métodos de recolección de datos

Para realizar una recopilación de datos eficaz, es esencial desarrollar un plan que describa las fases necesarias para alcanzar un objetivo particular (Hernández y Mendoza, 2018). Por ello, el gráfico 9 muestra un esquema que detalla el plan de recolección de datos, indicando las fuentes hacia las que se dirigió la investigación, su ubicación, las técnicas empleadas para la recolección de datos y el proceso de análisis que se llevó a cabo.

Gráfico 9.

Plan de recolección de datos



Nota: Modificado de *Hernández & Mendoza, (2018)*

2.6.2 Técnicas de recolección de los datos

Se utilizaron diferentes métodos para recopilar información, como hacer entrevistas y revisar documentos. Estos métodos se conocen como técnicas de investigación de campo y documental (Romero et al., 2021). En esta situación, se aplicó una entrevista a trabajadores de producción para comprender mejor cómo funciona el proceso. El cumplimiento de la entrevista llevó como resultado que no afectó la recopilación de nuestros datos numéricos. A su vez, recopilamos artículos para la base de información requerida. Estas técnicas permitieron obtener información de primera mano de fuentes originales. En la tabla 9 se observan las técnicas que se usaron como ejemplo.

Tabla 9

Técnicas de recolección de datos

Técnica	Justificación	Aplicación
Entrevista	Se pregunta al entrevistado lo que necesita saber y se recopila la información que nos da.	Operarios de producción.
Revisión documental	Facilita encontrar problemas y de dónde se originan. Permite recopilar información numérica sobre cómo se usan los equipos, cómo funcionan y cuándo fallan, además de administrar los tiempos.	Maquinarias y equipos del área de producción

Nota. Elaborado por autor

Por un lado, la entrevista se aplicó antes de analizar datos cuantitativos, con el propósito de realizar un diagnóstico preliminar del funcionamiento de esta etapa de la producción. En lo que respecta a la técnica de revisión documental, se la realizó juntamente con los registros de

operatividad de las maquinarias y equipos facilitados por la empresa, utilizando las fichas de registro para levantar los datos correspondientes para la investigación.

2.6.3 Instrumentos de recolección de datos

El empleo de herramientas para la recopilación de datos en una investigación fue fundamental, ya que influyó significativamente en la progresión de la investigación al evaluar cómo se categorizan las variables. Buckley et al. (2024), manifiesta que los instrumentos utilizados para recopilar datos buscan obtener información relacionada con los fenómenos que se están investigando, con el propósito de lograr los objetivos establecidos en la investigación.

Ficha de registro:

Mediante las fichas, se logra recopilar de manera sistemática la información necesaria sobre la producción efectuada por cada máquina. La ficha de registro posibilita una comprensión detallada de los tiempos de los tiempos de operación y las posibles variaciones, así como sus desperfectos y tiempos sin operar. Además, permite analizar las observaciones documentadas, fluctuaciones inesperadas u otros factores relevantes que pudieran afectar el tiempo de ejecución de las actividades.

2.7 Variables de estudio

Según la investigación de Espinoza (2018), se establece que la clasificación de las variables se describe de la siguiente manera:

Tabla 10

Variables de estudio

Clasificación	Concepto	Variables
Variable independiente (VI)	La variable independiente es controlada por el investigador, quien analiza y describe cuidadosamente el enfoque del estudio durante la investigación. VI: Total Productive Maintenance (TPM)	VI: Mantenimiento Productivo Total (TPM)
Variable dependiente (VD)	A variable dependiente cambia por causa de la variable independiente. VD: Eficiencia en el trabajo	VD: Productividad

Nota. Elaborado por autor

2.8. Procedimiento en la recolección de datos

La fase de procesamiento de la información involucra el análisis, la adherencia a conceptos, la sistematización y la reorganización lógica de los resultados obtenidos a través de las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos en la investigación (Figueredo et al., 2019). La tabla 11 detalla las fases a seguir en el proceso de recolección de

datos. La primera fase se centra en el procesamiento de los datos, mientras que la segunda fase aborda la presentación de los resultados.

Tabla 11

Fases para el procesamiento de datos

Nº	Etapa	Procedimiento
1	Tratamientos de datos	<p>Analizar la información recopilada mediante las fichas de registro.</p> <p>Verificar los datos y constatar que no exista alguna inconsistencia que altere su fiabilidad y validación.</p> <p>Organización de los datos conforme a las variables y aplicación de análisis estadístico para representar los resultados.</p> <p>Presentar los resultados asociados para la aplicación de la metodología TPM.</p>
2	Presentación de datos	<p>Presentar de los resultados mediante herramientas estadísticas, tales como el software Minitab 19 en su versión de prueba.</p> <p>Presentar ilustraciones gráficas para la interpretación y comprensión de los resultados.</p>

Nota. Elaborado por autor

2.9. Operacionalización de variables.

La operacionalización de variables es un conjunto de métodos y técnicas que facilitan la medición de una variable en una investigación, mediante un proceso que descompone y analiza la variable en sus componentes para hacerla medible. Es un término técnico utilizado en la investigación científica para referirse al proceso de convertir una variable de conceptos abstractos a términos concretos, observables y medibles, a través de dimensiones e indicadores (Carvajal, 2023).

Tabla 12

Operacionalización de variables

Variable independiente	Definición conceptual	Determinantes	Indicadores	Técnicas e instrumentos
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	El TPM busca la optimización del uso y la limpieza de los espacios de trabajo, mejorando la satisfacción de los operarios y disminuyendo los errores repetitivos (Quiroz & Vega, 2022).	Registro de tiempo de producción, registro de las paradas no programadas en él proceso de producción	Producción diaria Nº de paradas no programadas Criticidad de las maquinarias	Recolección de análisis de estados y criticidad de los equipos Fichas de registros

Variable dependiente	Definición conceptual	Determinantes	Indicadores	Técnicas e instrumentos
PRODUCTIVIDAD	Manera que se emplean los recursos de producción para crear bienes y servicios, con el propósito de optimizar la eficiencia y la eficacia (Medina 2010).	Rendimiento de los equipos, tiempo de operación y tasa de defectos	Disponibilidad de los equipos Rendimiento	Extracción de resultados de los rendimientos de operación Fichas de registros

Nota: Elaborado por autor

2.10. Plan de análisis e interpretación de resultados.

En esta parte, se revisa si se lograron alcanzar los objetivos específicos del estudio. Sé comenzó con un diseño de un plan para aprender sobre cómo mejorar la eficiencia en la empresa utilizando distintas estrategias y herramientas de forma organizada. Está revisión cumple con el primer objetivo al ayudarnos a comprender los términos clave y explorar las funciones de cada método a través del análisis de las referencias de los artículos seleccionados, utilizando un enfoque analítico de las fuentes bibliográficas elegidas.

Tabla 13

Plan de análisis e interpretación de resultados

Plan de análisis e interpretación de datos				
N.º	Objetivos específicos	Acciones	Herramientas	Resultados
1	Realizar un análisis bibliográfico, a través de una revisión exhaustiva de literatura, para sustentar la correlación entre las variables del modelo de Mantenimiento Productivo Total y la operatividad de los equipos.	Buscar artículos científicos relacionados. Aplicar método para revisión de literatura.	Mapeo sistemático Revisión de base de datos	Matriz de referencia de los artículos seleccionados. Herramientas seleccionadas basadas en la matriz
2	Establecer un marco metodológico, a través de estudios enfocados en el Mantenimiento Productivo Total con incidencia en la eficiencia global de los equipos.	- Establecer un enfoque, método, diseño y el procedimiento a seguir. - Establecer un marco metodológico	- Enfoque cuantitativo, diseño no experimental de tipo transversal y alcance descriptivo correlacional - Datos provenientes de la matriz referencial de artículos	Se determinó la naturaleza y enfoque de la investigación Procedimiento metodológico Elección y análisis de los instrumentos

		- Definir las técnicas e instrumentos para la recolección de datos	- Revisión documental y fichas técnicas de registro	de recolección de datos
3	Presentar la propuesta de implementación de Mantenimiento Productivo Total, que permita incrementar la productividad y la eficiencia global de equipos para optimizar los procesos productivos en la empresa AQUAPLASTIC S.A.S	Ejecución del procedimiento metodológico y aplicar la propuesta de mejora. Análisis de fiabilidad de datos	Propuesta de mejora, 5S y TPM Alfa de Cronbach y correlación de Pearson	Análisis de los resultados obtenidos Fiabilidad de los datos recolectados

Nota: Elaborado por autor

CAPITULO III

MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Contexto organizacional.

3.1.1 Generalidades.

La empresa AQUAPLASTIC S.A.S es una planta procesadora de envases plásticos, esta tiene aproximadamente 2 años en el mercado ofreciendo productos de buena calidad y duraderos, la empresa utiliza procesos de producción basadas en extrusión y soplado, cada proceso está diseñado para tratar la materia prima de acuerdo con sus especificaciones técnicas. Por lo tanto, es necesario operar una serie de maquinarias específicamente diseñadas para cada proceso y para el diseño del producto establecido. Dado que esta industria opera con altos volúmenes de producción, es importante garantizar la disponibilidad de las maquinarias y evitar interrupciones debido a mantenimientos correctivos.

Imagen 1.

Logotipo de la empresa



Nota. Emitido por la empresa Aquaplastic S.A.S.

Tabla 14

Datos de la empresa

TIPO DE INFORMACIÓN	DATOS
Registro único de contribuyente (RUC)	2490403682001
Razón social	AQUAPLASTIC S.A.S.
Actividad económica Principal	Procesadora de plásticos
Tamaño de la empresa	Pequeña
Centro de Trabajo	Cantón Santa Elena - Santa Elena
Dirección	Vía Ancón el Tambo Km.2 - Santa Elena - Ecuador

Nota. Elaborado por autor

3.1.2 Emplazamiento

La imagen 2 muestra la ubicación geográfica detallada de la empresa Aquaplastic S.A.S, Esta se encuentra ubicada en la Vía Ancón - Km. 2 Cantón Santa Elena – Provincia Santa Elena.

Imagen 2.

Ubicación geográfica de la empresa



Nota. Adquirido de Google Maps.

3.1.3 Misión

Producir, comercializar y distribuir envases plásticos, contando con equipos y personal capacitado, que garantice un producto de mayor calidad para la satisfacción de los clientes de la provincia de Santa Elena y de todo el Ecuador.

3.1.4 Visión

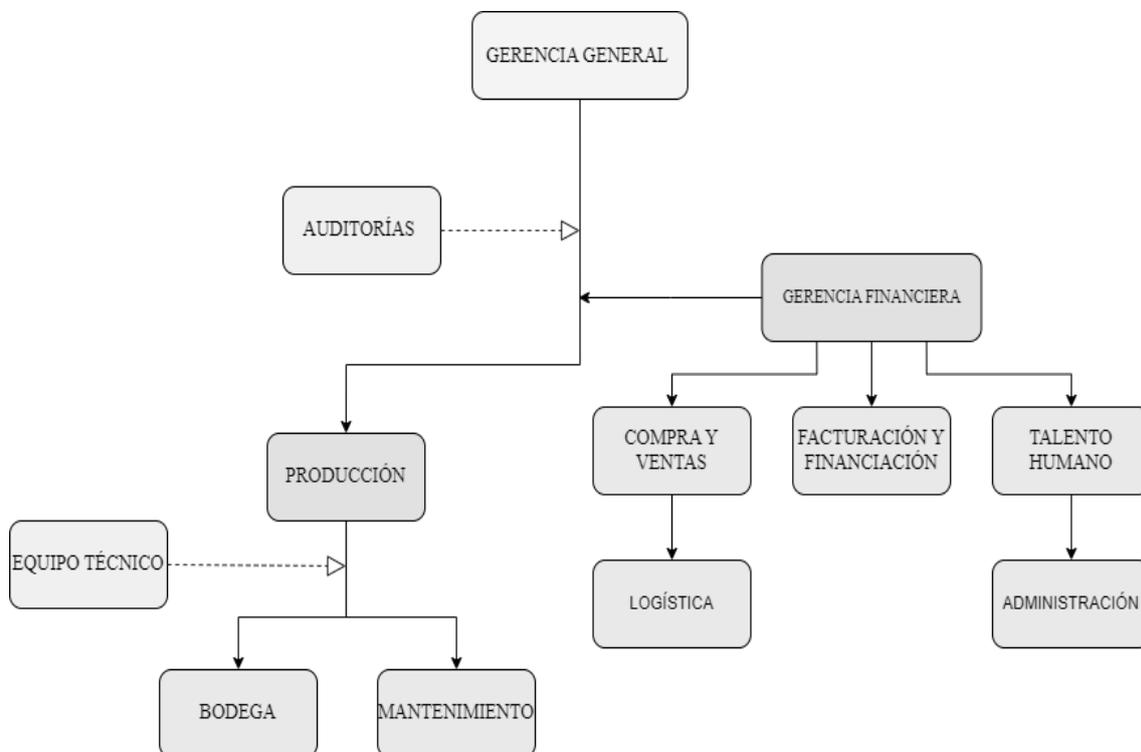
Ser reconocida como líder regional en producción y comercialización en el mercado de envases plásticos, mediante innovación tecnológica de procesos, considerando responsabilidad social y ambiental.

3.1.5 Organigrama de la empresa

En este apartado se presenta la estructura organizacional de la empresa Aquaplastic S.A.S, encabezada por el departamento de Gerencia General, que es la encargada de la toma de decisiones, administrar y direccionar los recursos de la empresa. Como toda empresa esta cuenta con las autorías externas, estas se encargan de justificar las distintas normativas siguiendo la jerarquía de la empresa, tenemos a la Gerencia Financiera, encargada de los recursos económicos de la empresa, también se encarga del departamento de compra y ventas, mismo que está a cargo del área de logística de la empresa, finanzas y facturaciones. Le sigue el talento humano, que es el encargado de controlar y administrar el recurso humano de la empresa para cubrir sus necesidades. Por último, pero no menos importante tenemos el departamento de producción que es responsable de convertir los recursos o materias primas en productos finales o bienes comerciales de la empresa, este departamento se apoya de equipo técnico externo ara reparaciones de maquinarias, también controla el área de bodega y mantenimiento.

Gráfico 10.

Organigrama de la empresa



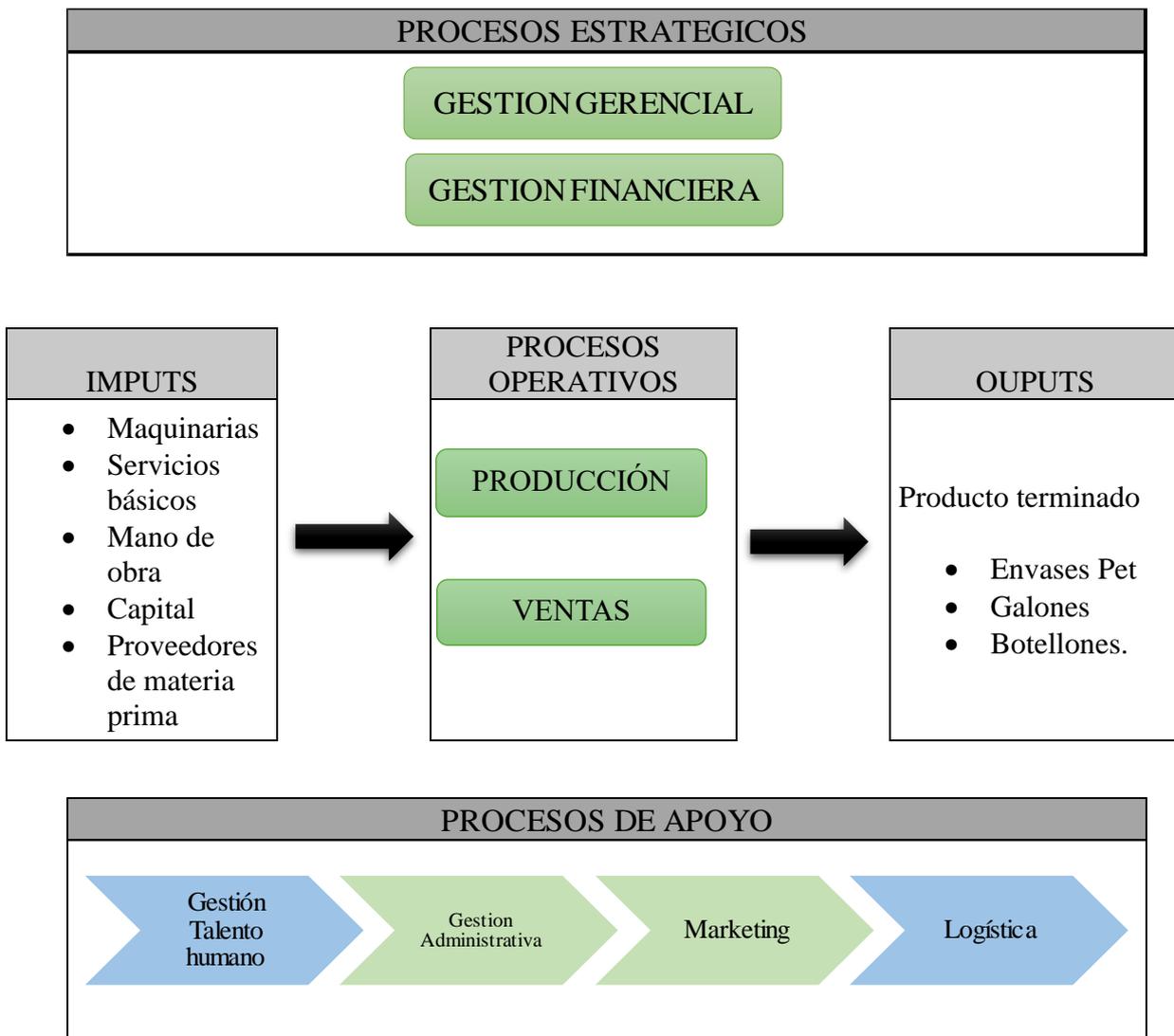
Nota. La información presentada fue facilitada por la empresa *Aquaplastic S.A.S.*

3.1.6 Mapa de proceso de la empresa

El gráfico 11 presenta el mapa de procesos de la empresa en estudio, lo que permite detallar la estructura de los procesos que facilitan tanto el funcionamiento interno de la organización, así como la serie de procesos que conllevan a la fabricación del producto final. Asimismo, el mapa de procesos ayudó a identificar la secuencia lógica de estos y la interrelación entre ellos.

Gráfico 11.

Mapa de procesos de la empresa



Nota. Elaborado por autor

3.1.7 Inventario de equipo y maquinas herramientas.

La planta industrial Aquaplastic S.A.S, cuenta con equipos y máquinas herramientas tales como maquinarias para proceso de plásticos por extrusión y soplado, triturador, mezclador

de material, elevador de material, compresor de pistón, compresor de tornillo, entre otros. En la siguiente tabla 14 se detalla un inventario en general de todos los equipos que fueron tomados en cuenta para el análisis e implementación del TPM.

Tabla 14

Inventario de equipos

PLANTA INDUSTRIAL AQUAPLASTIC S.A.S				
INVENTARIO DE MAQUINARIAS				
Mecánico Industrial				
Sección				Periodicidad
Fecha				ad
Inventario	oct-24			Anual
Maquinarias				
N°	Código	Descripción de activos	Marca	Cantidad
1	AQ001	Máquina de moldeo por extrusión y soplado.	BORMA N	1
2	AQ002	Sopladora de envases PET	BORMA N	1
3	AQ003	Chiller 1		1
4	AQ004	Chiller 2		1
5	AQ005	Molino triturador		1
6	AQ006	Mezclador de material		1
7	AQ007	Elevador de material		1
8	AQ008	Compresor de aire de pistón	SHANG AIR	1
9	AQ009	Compresor de aire de tornillo	SHANG AIR	1

Nota. Elaborado por autor

3.1.8 Descripción de maquinarias y equipos.

La empresa cuenta con 2 máquinas consideradas las principales que son las encargadas de la fabricación y proceso de los envases plásticos, siendo la sopladora de envases PET y la sopladora hueca por extrusión. Los procesos de producción se basan en la extrusión, que según Vandebossche et al., (2019) la extrusión es el método a gran escala más empleado en el sector de la transformación de polímeros. Se emplea en procedimientos especializados, como la formación, fortalecimiento, granulación, separación de fases, entre otros. Este proceso se utiliza para el caso de galones y botellones que son fabricados con HDPE (Polietileno de alta densidad) y por soplado que consiste en calentar un material en bruto en este caso (Preformas de distintas dimensiones) y posteriormente soplarlas con presión de aire.

La tabla 15 ofrece una descripción detallada de la totalidad de las maquinarias y equipos que componen los procesos productivos de la planta. Se describen las especificaciones de cada uno junto con su funcionalidad.

Tabla 15

Descripción y funcionalidad de las maquinarias y equipos

Nº	Descripción	Funcionalidad	Evidencia
1	<p>Máquina sopladora de envases Pet:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Marca: Borman 2. Dimensiones: 1.8 x 0.7 x 1.85 m 3. Marca de PLC: Delta 4. Potencia (kW): 15 Kilovatios. 5. Peso: 1000 Kilos 6. Volumen hueco de la pieza: 20 lt 	<p>Máquina utilizada para soplar envases Pet mediante presión de aire comprimido, las dimensiones de los envases sopladados en la empresa son: 300 cc. 625 cc, 1 lt y 5 lt.</p> <p>Esta máquina es alimentada mediante un compresor de aire de pistón, cuenta con un sistema de enfriamiento por medio de válvulas solenoides, y mangueras que son sustentadas por un Chiller que tiene la función de circular agua a bajas temperaturas al molde de los envases para evitar recalentamiento en el mismo y por consiguiente dañar los envases. La máquina está acompañada de un horno giratorio que le sirve para calentar las preformas a temperaturas elevadas, para luego llevarlas al molde y comenzar el proceso de estiramiento y soplado, transformarla a producto terminado.</p>	 <p><i>Imagen 1. Máquina sopladora de envases Pet</i></p>
2	<p>Compresor de aire de pistón:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Marca: Shangair 2. Número de serie: 9322111979 3. Modelo 09 WM 4. Peso: 468 Kilos 5. Presión de descarga: 3.0 MPa 6. Velocidad de compresor: 670 rpm 7. Potencia del motor: 15 kilovatios. 8. Voltaje: 380 V 9. Frecuencia: 50 HZ 10. Dimensiones: 1750 x 750 x 1020 ml 	<p>Maquinaria utilizada para comprimir aire, mismo que almacena en un tanque especial. Este compresor tiene la función de alimentar a la sopladora de envases Pet. Se le da una revisión técnica cada 3 días, comprobando bandas, motor y nivel de aceite.</p>	 <p><i>Imagen 2. Compresor de pistón</i></p>
		<p>La máquina extrusora tiene la función de procesar galones y botellones que son los productos estrellas de la empresa. Su funcionamiento es bastante</p>	

3

Máquina de moldeo por extrusión y soplado.

1. Modelo: FGB90II
2. N° de serie: 20221104
3. Borman.
4. Fuente de energía:
5. 380V/60 Hz
6. Potencia: 82
7. Kilovatios
8. Dimensiones: 5.2 x 2.0 x 2.6 m
9. Peso: 9000 Kilos
10. Potencia de extrusión: 37 Kw
11. Capacidad Max de producción: 20 L
12. Capacidad de plastificación: 120 KG/H
13. Fuerza de sujeción del molde: 80 KN

complejo dado a los parámetros que se manejan desde el encendido de la máquina hasta ponerla en marcha. Se maneja mediante pantalla OLC que se puede observar en la imagen. Esta maquinaria cuenta con mecanismos neumáticos – hidráulicos. La maquinaria puede trabajar con distintos materiales como son: polipropileno, polietileno de baja densidad y alta densidad con un índice de fluides de adecuado para extrusión. En la parte superior cuenta con una tolva en donde se coloca el material virgen o no virgen, este material se calienta a 210° y luego pasa por el tornillo que se encarga de preparar y transportar el plástico hacia el molde en donde se sopla mediante un pin de soplado y transformarlo en producto terminado. Esta máquina cuenta con un amplio sistema de enfriamiento para evitar recalentamientos en los cilindros hidráulicos y molde.

Actualmente se necesitan 2 operadores para ponerla en funcionamiento. El primer operador se encarga de manipular la manda o merma que sale del tornillo para q ingrese al molde adecuadamente, mientras que el segundo operador se encarga de quitar la merca sobrante de los galones o botellones para después empacarlos y almacenarlos.



Imagen 3. Máquina de moldeo por extrusión y soplado



Imagen 4. Panel PLC de mando

4

Máquina Chiller:

1. Potencia: 1.35 Kw
2. Peso: 135 Kg
3. Voltaje: 380V
4. Frecuencia: 50 Hz
5. Rango de temperatura: 5 °C – 50 °C

El Chiller industrial tiene una función muy importante en los procesos de los envases Pet, galones y botellones, ya que es el encargado de dar enfriamiento a las distingas maquinarias. Es controlado mediante un panel PLC normalmente trabaja a temperaturas de 12 grados, en su interior cuenta con un tanque de aproximadamente 150 litros rodeados por cañerías en donde circula el aire a 12° y enfría el agua, esta es impulsada por una bomba centrífuga a las máquinas. Cuenta con mangueras de salida y retorno para una mejor circulación. La salida de agua se puede controlar por medio de llaves de paso.



Imagen 5. Máquina Chiller



Imagen 6. Mangueras de circulación de agua refrigerada

5

Molino Triturador:

1. Modelo: VGD-20HP
2. Potencia: 20 hp / 15 Kw
3. Producción: 300 / 460 kg/h
4. Cuchillas móviles: 24
5. Dimensión de boca: 480 x 330 mm
6. Peso: 980 kg
7. Dimensiones generales: 137 x 98 x 179 cm

El molino triturador se encarga de moler la merma o galones – botellones que salen con defectos y no son aptos para la distribución, cuenta con 24 cuchillas muy afiladas para mejorar su proceso. Se inserta el material a triturar en la parte superior como se muestra en la imagen, manteniendo un volumen moderado o el molino puede trabarse o en casos extremos romper las cuchillas. En la parte inferior cuenta con cajón en donde almacena el material triturado, aquí se utiliza un operador que es el encargado de colocar el material a triturar, esperar que el cajón este y posteriormente almacenarlos en sacos plásticos para cuando se requiera de este material, cabe recalcar que ese material es únicamente utilizado en la



Imagen 7. Molino triturador

máquina sopladora por extrusión, el material triturado es considerado no virgen ya que es un material para reproceso.

6 **Mezclador de material:**

1. Voltaje: 380 v
2. Frecuencia: 50 Hz
3. Potencia: 7.5 kilovatios
4. Volumen de mezcla: 300 kg
5. Grosor de hoja: 12x 60
6. Dimensiones: 1.32 x 1.22 x 1.53 (m)
7. Peso: 262 kg

El mezclador de material o molino es utilizado para mezclar el material virgen con el material no virgen o que esa triturado, su manejo es muy fácil, cuenta con dos botones: apagado y encendido, en la parte superior se coloca el material a mezclar, y este es expulsado por un ducto en el parte interior listo para almacenar en sacos y subir a la máquina extrusora para procesarlo en nuevos galones o botellones.



Imagen 8. Máquina mezcladora de material.

7 **Elevador de material:**

1. Modelo: 300 GE
2. Potencia de motor: 1200 w
3. Capacidad de transporte: 350 kg/h
4. Capacidad de tolva: 8L
5. Dimensiones: 360 x 260 x 500 cm

Tiene la función de elevar el material desde el suelo hasta la tolva de la máquina extrusora que se encuentra a dos metros del suelo. Esto lo logra gracias a mangueras de 3 pulgadas que están conectadas entre las 2 máquinas, el material es impulsado por una bomba.



Imagen 9. Máquina elevadora de material

8 **Compresor de aire de tornillo.**

1. Marca: Shangair
2. Voltaje: 380V
3. Frecuencia: 50/60 Hz
4. Potencia: 7.5 kw (10 hp)
5. Fases: 3
6. Presión de aire: 174 Psi
7. Flujo de aire: 0.8 sim; 1.2 m³/min

El compresor de tornillo trabaja únicamente para la máquina sopladora por extrusión. Este compresor opera a altas velocidades del eje sin experimentar pérdidas mecánicas o volumétricas que causan desequilibrios. Así, la tecnología de tornillo ofrece un alto caudal junto con un diseño compacto y eficiente en cuanto al espacio. Almacena en aire comprimido en el tanque de alta capacidad que se encuentra a su costado, esto ayuda a evitar que la máquina sufra descompensaciones por falta de aire, cabe que el funcionamiento de la máquina es neumático – hidráulico. Es fácil de manejar, sin embargo, cuenta con tiempo límite de operacionalizad de 5000 horas.



Imagen 10. Compresor de tornillo.

Nota. Elaborado por autor

3.2 Análisis situacional

FASE 1: ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL

3.2.1 Descripción de la situación actual

La empresa Aquaplastic S.A.S, dedicada a la fabricación de envases plásticos para el envasado de agua, en función con el planteamiento del problema expuesto, está atravesando por constantes paradas en su producción debido a fallos no esperados en las máquinas que componen cada una de las líneas de producción. Estas interrupciones se han vuelto frecuentes, afectando la capacidad de la empresa para cumplir con sus compromisos de producción y entrega.

Actualmente, en Aquaplastic S.A.S solventan problemáticas esté al alcance de las compañías, por otra parte, se brindó un plan de mantenimiento para evitar daños. el desgaste rápido de los equipos. Además, si no se les da mantenimiento regular, los equipos se gastan más rápido de lo que se espera. Piezas como rodamientos, motores y sistemas de control en extrusoras y moldes de inyección pueden sufrir tensiones por el uso prolongado sin revisiones y ajustes regulares. Esto puede causar problemas graves que podrían haberse evitado con revisiones constantes y cuidado adecuado.

Los problemas sorpresivos están haciendo que la producción se detenga por mucho tiempo, ya que arreglarlos toma más tiempo y es más complicado que hacer mantenimiento preventivo como estaba planeado (Anexo 30, 31, 32). Constantemente, la empresa no consta con herramienta necesarias del día a día, por lo que el problema empeora. En la mayoría de las veces, el mantenimiento correctivo se realiza de forma reactiva y sin planificación. Esto quiere decir que cuando se necesita comprar repuestos o contratar técnicos en situaciones de emergencia, constantemente se contrata un especialista, pero la compañía invierte una cantidad considerable de dinero, los operarios internos hacen intervenciones no planificadas, provocando la ineficiencia del departamento de manteamiento y con eso conlleva costo adicional a la empresa.

3.2.2 Análisis crítico de los equipos

Establecer planes de mantenimiento efectivos es importante en la industria para asegurar que los procesos de producción sigan funcionando de manera segura y eficiente. Para hacer esto, es importante mejorar o crear planos que se centren en los procesos, sistemas y equipos más importantes de la producción, usando un enfoque llamado análisis de criticidad.

(Cedeño-Moreira & Gorozabel-Chata, 2021). La metodología utiliza una matriz de puntos para evaluar la criticidad de fallas y permite analizar comportamientos, modos de deterioro y condiciones de procesos y mantenimiento.

Las directrices para calcular los estados críticos de los equipos se organizan en cinco aspectos clave. Cada uno de estos criterios tiene un valor asignado que facilita la evaluación de los equipos. A continuación, se presentan los aspectos establecidos:

- I. Frecuencia de fallas
- II. Niveles de producción
- III. Tiempo promedio para reparar
- IV. Costos de reparación
- V. Impacto en la seguridad
- VI. Impacto ambiental

En este contexto, la tabla 16 presenta los criterios en el análisis crítico de los equipos, donde cada uno tiene sus alternativas y descripción correspondiente junto con su puntaje. Esto con el objetivo de determinar el nivel crítico de cada equipo. Vale mencionar que, mientras más alta sea la calificación, mayor es el riesgo.

Tabla 16

Estimación de puntajes y criterios para análisis crítico

Criterios para análisis de criticidad de equipos		
Frecuencia de fallas		
Criterios	Descripción	Puntaje
Interrupciones	A: Una interrupción trimestral	1
	B: Una interrupción mensual	2
	B: Una interrupción por cada dos semanas	3
	C: Una interrupción semanal	4
	D: Más de una interrupción semanal	5
Impacto relacionado con las fallas		
Criterios	Descripción	Puntaje
Nivel de producción	A: 0 – 1000 envases plásticos /día	1
	B: 1001 – 2000 envases plásticos /día	2
	C: 2001 – 5000 envases plásticos /día	4
	D: Más de 5000 envases plásticos /día	6
Tiempo promedio de reparación	A: Menos de 4 horas	1
	B: Entre 4 y 8 horas	2
	C: Entre 8 y 24 horas	4
	D: Más de 24 horas	8
Costo de reparación	A: Menos de \$500	2
	B: Entre \$500 y \$1000	4
	C: Entre \$1000 y \$3000	8

	D: Más de \$3000	12
Impacto en la seguridad	A: Si	20
	B: No	0
Impacto ambiental	A: Si	20
	B: No	0

Nota: Elaborado por autor

En el gráfico 12 se presenta la probabilidad para determinar la criticidad de cada equipo. Estos valores se obtuvieron por medio de la tabla de criterios ya detallada.

Gráfico 12.

Probabilidad del impacto de criticidad

		PROBABILIDAD DE CRITICIDAD				
Frecuencia (Puntos)	5					
	4					
	3					
	2					
	1					
		0 - 15	16 - 30	31 - 45	46 - 60	61 - 75
		Impacto total (Puntos)				

Nota: Elaborado por autor

De acuerdo a la gráfica anterior, el gráfico 13 representa el significado de cada color según su nivel de riesgo.

Gráfico 13.

Nivel de riesgo

NIVEL DE RIESGO	
BAJO	
MEDIO	
MEDIO ALTO	
ALTO	

Nota: Elaborado por autor

Detallado lo anterior, la fórmula para determinar el impacto total es:

$$Impacto\ total = (NP \times TR) + CR + IS + IA$$

Donde:

NP: Nivel de producción

TR: Tiempo de reparación

CR: Costo de reparación

IS: Impacto de seguridad

IA: Impacto de ambiente

Para el análisis de criticidad se tomaron en cuenta las 8 máquinas de la planta industrial Aquaplastic S.A.S, considerando los criterios de la tabla 16, dicho esto en la tabla 17 se determina el cálculo de criticidad de las máquinas estudiadas junto con su nivel de riesgo (Anexo 5).

Tabla 17

Resultado de análisis de criticidad.

Resultados de análisis de criticidad										
Nº	Código	Descripción de activos	F. Falla	NP	TR	CR	IS	IA	Impacto	Riesgo
1	AQ001	Máquina de moldeo por extrusión soplado	4	4	2	4	20	0	32	Alto
2	AQ002	Máquina sopladora de envases PET	4	6	1	2	20	0	34	Alto
3	AQ003	Chiller	2	1	1	4	0	0	5	Bajo
4	AQ004	Molino triturador	2	2	1	4	20	0	26	Bajo
5	AQ005	Mezclador de material	2	1	1	4	0	0	5	Bajo
6	AQ006	Elevador de material	2	1	1	4	0	0	5	Bajo
7	AQ007	Compresor de aire por pistón	2	1	1	4	0	0	5	Bajo
8	AQ008	Compresor de aire de tornillo	2	1	1	4	0	0	5	Bajo

Nota. Elaborado por autor

Según los resultados del análisis de criticidad, se pudo establecer que la sopladora hueca por extrusión presentó una frecuencia de fallas de 4 y un nivel de impacto de 32, de igual manera la sopladora de envases PEP con la misma frecuencia de fallas, pero con un nivel de impacto de 34, esto representa un nivel de riesgo medio alto en ambos equipos, lo que manifiesta que los equipos están funcionando y operando de forma ineficiente a diferencia de los otros 6 que mantiene un nivel de riesgo bajo. En este sentido, se busca cambiar este escenario desfavorable y se vuelve prudente intervenir con propuestas para minimizar las irregularidades de estos equipos.

3.3 Marco de resultados

En el capítulo II se explicó la metodología empleada en este estudio, la cual sigue un enfoque cuantitativo y utiliza un diseño no experimental de tipo transversal, con un alcance descriptivo-correlacional. Además, se resaltó la relación entre las variables dependientes e independientes mediante un enfoque correlacional. Esto llevó a la presentación del procedimiento metodológico, donde se eligieron los métodos, técnicas e instrumentos para la recolección de datos. Ya establecido el instrumento de recolección de datos, obtenido por información proporcionada por la empresa Aquaplastic S.A.S. Se empleó la recolección de datos tomados del área de producción siguiendo un estudio estratificado. Esto nos ayudó a obtener resultados que fueron tomados en cuenta para determinar la metodología TPM que contribuirán a mejorar la productividad de la empresa.

FASE 2: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

Para la recopilación de datos, se empleó la técnica de revisión documental, este proceso implica una selección y evaluación sistemática de las fuentes documentales, con el objetivo de extraer datos útiles, identificar patrones o antecedentes, y contextualizar el fenómeno investigado (Del Cid et al. 2011). Bajo esta óptica, la recopilación de datos se obtuvo de la información directa de fichas técnicas propias de la empresa.

3.3.1 Fichas técnicas de registro

Es importante tener en cuenta que, para poseer un resultado confiable en la investigación, no solo se necesita tener instrumentos bien delineados, elegir las técnicas apropiadas y precisar claramente los sujetos de estudio, es fundamental que la selección de la información sea de manera eficiente y exhaustiva (Del Cid et al. 2011). En este caso, se recabó información de los registros de las fichas técnicas de las máquinas, considerando una muestra de tres meses, comprendiendo junio, julio y agosto. Los datos detallados en las fichas de registro son el número de paradas diarias no programadas de cada equipo. Se toma en cuenta que las máquinas operan los 7 días de la semana, lo cual con la totalidad de 30 días laborables al mes. Dicho eso, la tabla 18 se presenta la sumatoria de las paradas no programadas en cada mes.

Tabla 18

Resumen de las paradas no programadas

Nº	Descripción de activos
----	------------------------

	Paradas no programadas junio	Paradas no programadas julio	Paradas no programadas agosto	Promedio de paradas registradas
1 Máquina de moldeo por extrusión y soplado.	8	6	12	8,67
2 Máquina sopladora de envases Pet	7	5	10	7,33
3 Molino triturador	3	4	7	4,67
4 Chiller	2	3	4	3,00
5 Mezclador de material	2	3	2	2,33
6 Elevador de material	3	4	1	2,67
7 Compresor de aire de pistón	4	2	4	3,33
8 Compresor de aire de tornillo	3	2	2	2,33
Total, paradas registradas	32	29	42	34,33

Nota. Elaborado por autor

En la tabla 18 se resumió las paradas no programadas registradas durante los meses de junio, julio y agosto del presente año, dando como resultado que en el mes de junio se registraron 32 paradas; en julio se registraron 29 paradas y en agosto 42 paradas, teniendo un promedio total de paradas no programadas de 34,33 por la totalidad de máquinas de la planta en el periodo de tiempo registrado.

Por otro lado, la tabla 19 evidencia un resumen del índice de disponibilidad calculado de cada equipo en el periodo respectivo con el objetivo de analizar el tipo de correlación que conserva con los datos ya recolectados. (*Anexo 14*).

Tabla 19

Resumen de la disponibilidad de las máquinas

N°	Descripción de activos	Disponibilidad de Junio	Disponibilidad de Julio	Disponibilidad Agosto	Promedio de disponibilidad
1	Máquina de moldeo por extrusión y soplado.	75,56%	76,11%	68,89%	73,52%
2	Máquina sopladora de envases Pet	75,83%	76,39%	70,28%	74,17%
3	Molino triturador	83,89%	83,33%	77,78%	81,67%
4	Chiller	84,72%	85,28%	86,39%	85,46%
5	Mezclador de material	85,00%	84,44%	88,06%	85,83%
6	Elevador de material	85,00%	85,00%	87,78%	85,93%
7	Compresor de aire de pistón	83,89%	85,28%	87,50%	85,56%
8	Compresor de tornillo	84,17%	85,00%	88,33%	85,83%
	Promedio mensual	82,26%	82,60%	81,88%	82,25%

Nota. Elaborado por autor

La tabla 19 sintetizó la disponibilidad durante los meses de junio, julio y agosto del presente año, dando como resultado que en el promedio mensual de junio de 82,26%, por su parte, julio aumentó a 82,6% y agosto disminuyó nuevamente a 81,88%, teniendo un promedio total de disponibilidad de 82,25%. Vale destacar que la sopladora 1 y 2 alcanzaron la disponibilidad más baja de todas, siendo de 73,52% y 74,17% respectivamente. Estos resultados van ligados a la cantidad de paradas no programadas que ambas tienen y por tal razón su disponibilidad es menor al resto de los equipos.

3.3.2 *Análisis de fiabilidad de Cronbach.*

El coeficiente alfa de Cronbach se utiliza para medir la confiabilidad o consistencia de una escala de medición. Este indicador es valioso porque facilita el análisis de la interrelación entre los diferentes elementos que componen un concepto o constructo mediante una prueba única. Crear y usar herramientas para medir cosas es común en la investigación sobre la sociedad y la educación., Revisar si el instrumento de validación. (Julio, 2020). En la tabla muestra cuán confiables son las escalas de medición según sus números y descripciones. Estos rangos muestran qué tan exactos y consistentes son los datos obtenidos en las mediciones cuantitativos. Las categorías de la tabla se clasifican desde “Excelentes” (0.93 – 0.94) hasta “Bajos” (0.11). Cada nivel representa la fiabilidad de la información o datos. Los valores del coeficiente alfa varían, en la siguiente tabla se consideran los rangos:

Tabla 20

Rango de fiabilidad.

Descripción	Rango de fiabilidad
Excelentes	(0,93 - 0,94)
Fuertes	(0,91 - 0,93)
Confiables	(0,81 - 0,90)
Robustos	0,81
Bastante altos	(0,76 - 0,95)
Altos	(0,73 - 0,95)
Buenos	(0,71 - 0,91)
Relativamente altos	(0,70 - 0,77)
Ligeramente altos	0,68
Razonables	(0,67 - 0,87)
Moderados	(0,61 - 0,65)
Satisfactorios	(0,58 - 0,97)
Aceptables	(0,45 - 0,98)
Suficientes	(0,45 - 0,96)

No suficientes	(0,45 - 0,55)
Bajos	0,11

Nota: Elaborado por el autor basado de (Julio, 2020).

La tabla 20 muestra los resultados obtenidos en el software SPSS comprendiendo los 30 días de los meses de junio, julio y agosto. Estos resultados son basados en los datos recogidos a través de nuestro instrumento de recolección de datos. Se realizó una matriz en el software Excel en donde se ingresaron 90 datos de forma vertical y 16 datos de forma horizontal, esto se realizó antes de importarlos al software SPSS, una vez cargados al programa se identificaron las variables dependientes e independientes para luego aplicar el análisis de Cronbach, el cual evidencio una alta confiabilidad de 0.851.

Tabla 21

Evaluación de fiabilidad Alfa de Cronbach.

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,851	16

Nota: Elaborado por software *IBM SPSS*

Mediante los datos obtenidos durante los meses comprendidos desde junio a agosto del año 2024. Al ingresarlos en el software SPSS y analizarlos, resultó en un coeficiente Alfa de Cronbach de 0.851 que redondeado queda de 0.85, permitiendo una comparación precisa con respecto al valor referencial de la escala establecida. Según estándares definidos para este análisis, el valor indica que los datos presentan una consistencia interna robusta y confiable.

3.3.3 Comprobación de hipótesis

El coeficiente de evaluación de Pearson es una medida ampliamente utilizada en múltiples campos científicos, que van desde estudios técnicos, econométricos o de ingeniería, hasta investigaciones en ciencias sociales, del comportamiento o de la salud. Esta amplia difusión es, en parte, responsable del uso inadecuado que a menudo se le da, particularmente en situaciones donde su correcta interpretación es crucial o cuando es necesario verificar las suposiciones matemáticas que lo respaldan (Espinoza Castro, 2018).

Según (Garcia, 2019) la correlación de Pearson es un indicador que se utiliza para describir cuantitativamente la fuerza y dirección de la relación entre dos variables cuantitativas con distribución normal. Además, ayuda a identificar la tendencia de ambas variables a variar de manera conjunta, lo que se conoce como covarianza.

Como indican los autores, la correlación de Pearson también conocida como “coeficiente producto – momento”, se utiliza para analizar relaciones entre variables cuantitativas, en el siguiente trabajo se emplearon datos normales y anticipadamente verificados por su fiabilidad aptos para la aplicación del coeficiente de correlación de Pearson, esto nos sirve para determinar la relación entre las variables utilizadas para el análisis.

En este sentido, para la comprobación y comprensión de las hipótesis, se utilizó el software IBM SPSS Statistics 25. El análisis se apoyó en los resultados de las fichas de observación y en la relación entre las variables de estudio mediante el método del coeficiente de correlación de Pearson.

Variable Independiente (VI): Mantenimiento Productivo Total.

Variable Dependiente (VD): Productividad.

Obteniendo de esta manera las hipótesis nula y alternativa.

Hipótesis nula (Ho)

Ho: La propuesta de implementación de mantenimiento productivo total no ayudará para mejorar la productividad en Aquaplastic S, A, S, cantón Santa Elena, Ecuador.

Hipótesis alternativa (Ha)

Ha: La propuesta de implementación de mantenimiento productivo total ayudará para mejorar la productividad en Aquaplastic S, A, S, cantón Santa Elena, Ecuador.

Para poder comprender y comprobar la hipótesis, se optó por utilizar el software IBM SPSS Statistics 25, el estudio se basó en los resultados recopilados de la ficha de observación y en las variables relacionadas mediante el método de correlación de Pearson. Según Hernández (2018), se deben tener en cuenta rangos de valores, estos ayudan a tener una mejor interpretación de los coeficientes. La tabla 22 detalla los rangos de valores junto con su equivalencia interpretativa en la determinación del coeficiente de Pearson.

Tabla 22

Interpretación de la magnitud del coeficiente de Pearson

Rangos de valores	Interpretación
$0,00 \leq xy < 0,10$	correlación nula
$0,10 \leq xy < 0,30$	correlación débil

$0,30 \leq xy < 0,50$	correlación moderada
$0,50 \leq xy < 1,00$	correlación fuerte

Nota: Realizado por autor basado en *Hernández (2018)*.

A continuación, en la tabla 23 se muestran los resultados obtenidos del software SPSS al correlacionar las variables de este estudio.

Tabla 23

Coefficiente de Pearson.

		Correlaciones	
		VI	VD
VI	Correlación de Pearson	1	,797**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	90	90
VD	Correlación de Pearson	,797**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	90	90

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota. Realizada por software *SPSS*

Al correlacionar nuestras variables en el software SPSS nos dio como resultado un coeficiente de 0.797, que según el rango de valores nos indica que nuestro coeficiente de Pearson tiene una correlación fuerte, por otro lado, el valor de significancia es menor a 0.05 lo que evidencia una buena correlación entre las variables de estudio.

Con los resultados obtenidos, evidenciamos una correlación primordial entre las variables estudiadas, las mismas que se respaldan por un nivel de confianza numéricamente bueno que autentican esta correlación de variables en estudio. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alternativa (Ha) siendo esta “*La propuesta de implementación de mantenimiento productivo total ayudará para mejorar la productividad en Aquaplastic S, A, S, cantón Santa Elena, Ecuador.*”, dando lugar a la elaboración de la propuesta para la mejora situacional.

3.4 Propuesta de mejora

FASE 3: DISEÑO DE LA ETAPA DE MEJORA

3.4.1 Tema de la propuesta.

Propuesta de implementación de mantenimiento productivo total para mejorar la productividad en Aquaplastic S.A.S, cantón Santa Elena, Ecuador.

3.4.2 Evaluación 5s

La técnica de las 5'S, vinculada a la calidad total, surgió en Japón bajo la influencia de E. Deming hace más de 40 años y forma parte del concepto de mejora continua. Su objetivo principal es eliminar las barreras que dificultan la eficiencia laboral, además de mejorar la higiene y la seguridad en los puestos y líneas de trabajo dentro de los procesos productivos. Esta metodología es aplicable tanto en un puesto de una línea de ensamblaje de automóviles como en el escritorio de una secretaría administrativa (Ángel et al., 2017). Siendo este el para la implementación de la metodología TPM (Mantenimiento Productivo Total), reduciendo daños, desperdicios, todo esto muy fundamental para la metodología TPM. Esta estrategia metodológica está diseñada para crear un sistema operativo que optimice la eficiencia de todos los equipos involucrados en el proceso productivo de la empresa, asegurando su adecuado funcionamiento. Al hacerlo, se evita el desperdicio de tiempo causado por fallos en los equipos, lo que podría resultar en incumplimientos con los clientes y un aumento en los costos para la empresa (Carrillo Landazábal et al., 2019).

Para confirmar los resultados esperados de la metodología 5S, se comienza con la coordinación con la alta dirección, ya que su participación y compromiso son esenciales para el éxito de la metodología. Después, se realizó un análisis de la situación actual del área a través de una revisión interna. En la tabla 24 se presenta el resumen de la evaluación inicial de las 5S.

Tabla 24

Resumen de la evaluación inicial 5S

Clasificar	55%
Ordenar	45%
Limpiar	55%
Estandarizar	55%
Disciplina	52%
Promedio	52%

Nota. Elaborado por autor

La evaluación preliminar de la metodología 5S revela que el área se encuentra en condiciones inadecuadas, alcanzando solo el 52% de los elementos evaluados. Esto indica que la estandarización es el aspecto más deficiente, reflejado en la puntuación más baja.

Tabla 25

Indicadores de la evaluación 5s

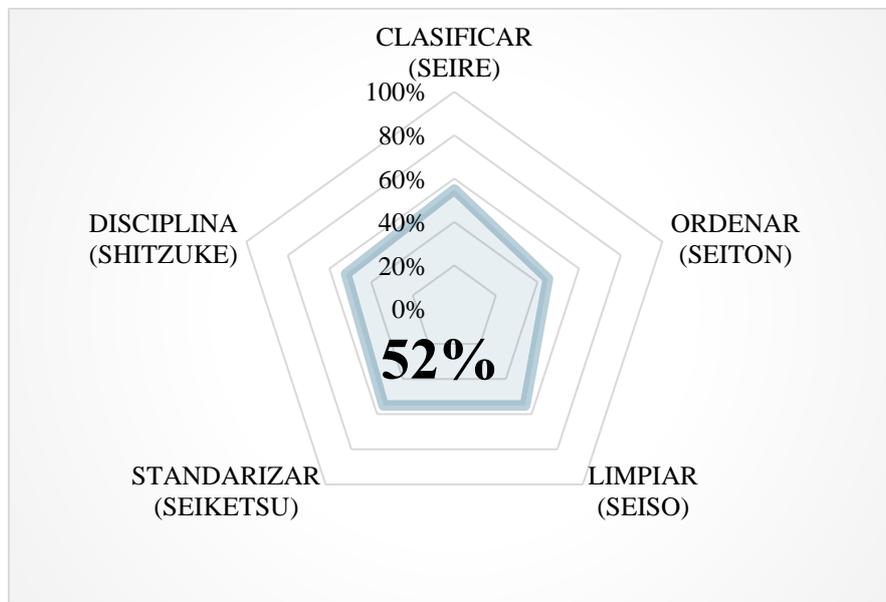
Muy alto	Malo	Regular	Bueno	Excelente
≥10	≥30	≥50	≥70	≥90

Nota. Elaborado por autor

En base al estado actual de la empresa, el resultado se clasifica en una categoría "regular", lo que ofrece una buena base para comprender la situación inicial de las prácticas 5S en la empresa. En el gráfico 14 se complementa la información de la Tabla 25 por medio de un gráfico radial que muestra de manera clara el nivel de implementación inicial de las 5S. Esta representación gráfica proporciona una visión sencilla y precisa de los indicadores evaluados, lo que facilita su análisis e interpretación.

Gráfico 14.

Representación gráfica de la evaluación inicial de las 5s



Nota. Elaborado por autor

En la tabla 22 mostrada, se muestra el resumen de la evaluación 5s y el gráfico 14 representa en forma radar la interpretación del estado actual de las prácticas 5s, esto nos da

continuación a establecer un soporte robusto para las posteriores etapas del proceso de mejora continua en la empresa Aquaplastic S.A.S.

3.4.3 Propuesta 5s

Es necesario comenzar con una correcta selección del personal, el cual debe estar capacitado para operar las maquinarias. Esto permitirá que los operadores tengan la habilidad suficiente para realizar el mantenimiento de sus equipos, ya sea de forma autónoma o en coordinación con el personal de mantenimiento, contribuyendo a reducir las pérdidas que afectan la productividad de la empresa. Por esta razón, se desarrollaron las 5S.

3.4.3.1 Clasificar / Seiri.

Se enfocó en herramientas obsoletas en mal estado, usando el método de tarjetas rojas. Con este método, se coloca para eliminar movimientos y objetos que no son necesarios en el trabajo, para poder tomar decisiones acertadas y a su vez corregir errores y el "etiquetado en rojo" te ayuda a identificar lo que hay que desechar.

Efectivamente, se coloca una tarjeta roja (de expulsión) en cada artículo que se considera innecesario para la operación. Luego, estos artículos se trasladan a un área de almacenamiento temporal. Posteriormente, si se confirma que no son esenciales, se clasifican en dos categorías: los que pueden ser útiles para otras operaciones y los que se desecharán por ser inútiles. Este paso de ordenamiento es una excelente manera de liberar espacio en el área de trabajo, eliminando elementos como herramientas rotas, aditamentos o herramientas obsoletas, recortes y excedentes de materia prima (*Página Editorial*, n.d.).

Como se muestra en la tabla 26, la persona a cargo de usar la tarjeta roja tiene que observar constantemente el funcionamiento de máquinas en todas sus etapas de producción. Su principal objetivo es identificar y grabar cuando las cosas se detienen o se mueven sin necesidad. Después, debes planificar, sacar estos objetos para reducir el tiempo que no se está trabajando y tener un lugar de trabajo más organizado y eficaz.

Tabla 26

Modelo de tarjeta roja

TARJETA ROJA			
Fecha de identificación		N° de tarjeta	
Nombre del operador			
Nombre del instalador			

Nombre del artículo			
Acción			
Observación de la instalación			
Categoría			
Herramienta		Limpieza	
Materia Prima		Producto en proceso	
Material		Equipo o Mobiliario	
Maquinaria		Objetos personales	
EPP		Material gastable	
Producto terminado		Otros	
Desechos			
Motivo			
No se necesita		Material de desperdicio	
Defectuoso		Contaminantes.	
No se necesita pronto		Otros	
Uso desconocido			
Acción sugerida			
Reubicar		Agrupar por separado	
Reparar		Eliminar	
Comentario		Fecha concluir acción	

Nota. Elaborado por autor

Al identificar los artículos, maquinaria, herramientas o materiales, el operador encargado del puesto de trabajo está autorizado de marcar con una tarjeta roja dicho elemento, siguiendo las directrices especificadas en la tabla 27. A continuación, se evaluarán los artículos marcados para decidir si serán eliminados, ordenar o transferidos a otras áreas, según sea necesario.

Tabla 27

Cuadro de disposición preliminar.

Nº	Artículo	Cantidad	Disposición preliminar
1	Gavetas	14	Inspeccionar
2	Pallets	20	Inspeccionar
3	Canastas metálicas	7	Transferir
4	Fundas usadas	6	Eliminar
5	Cintas	5	Transferir
6	Cartones	7	Eliminar
7	Todo tipo de llaves	35	Inspeccionar

Nota. Elaborado por autor

La tabla 28 representa los elementos observados en el área de producción y alrededor de las maquinarias, se reflejan 14 gavetas distribuidas entre las 2 máquinas principales, 6 gavetas en la sopladora de envases Pet, estas son utilizadas para transportar preformas desde las canastas metálicas hasta el horno de la máquina Pet, 8 gavetas se encuentran en la máquina extrusora utilizada para clasificar la merma que sale de más en los galones o botellones para su posterior reproceso, son esenciales para el proceso, sin embargo, 2 gavetas se encuentran en mal estado, por lo tanto, son sujetas a eliminarlas. Los pallets se consideran necesarios, ya que, los bultos de envases de todas las presentaciones son productos que en su futuro tendrán contactos con alimentos, por esto los pallets se someten a inspección. Las canastas metálicas llegan a la planta con materia prima (preformas) para la máquina de envases Pet, habitualmente se mantienen 3 canastas de preformas selladas, una canasta se encuentra en el área de la máquina sopladora por extrusión, es utilizada para almacenar los galones o botellones que salen con defectos, 2 canastas obstaculizan el paso de los montacargas o de los operarios, por esto se ha decidido trasladarlas al área de almacenamiento.

En el área de producción se han identificado fundas plásticas en el suelo considerados desechos, estas se procederán a eliminar, las cintas de embalaje son utilizadas en casos de que los bultos se rompan o las fundas se rasguen, por lo que serán transferidas a un cajón del escritorio principal, y utilizarlas solo cuando sea necesario. Los cartones, en su mayoría, son considerados desechos, otros se utilizan en casos de daños en las máquinas, para asentar piezas u otros objetos, su utilidad es poca y obstaculizan el paso, por lo que serán eliminados. Con respecto a las llaves, son muy esenciales en la planta, ya que las máquinas al trabajar las 24 horas tienden a sufrir daños leves, tornillos que se aflojan, entre otros, y las llaves sin utilizadas constantemente, por esto se sujetan únicamente a inspección.

Tabla 28

Cuadro de disposición final.

Nº	Artículo	Cantidad	Disposición final.
1	Gavetas	14	Eliminar
2	Pallets	20	Ordenar
3	Canastas metálicas	7	Colocar en otra área
4	Fundas usadas	6	Eliminar
5	Cintas	5	Colocar en otra área

6	Cartones	7	Eliminar
7	Todo tipo de llaves	35	Ordenar

Nota. Elaborado por autor

Una vez identificados los artículos innecesarios, se etiquetan con tarjetas rojas, luego se analizará el cuadro de disposición preliminar para dar paso a la disposición final de cada elemento.

Es fundamental realizar un seguimiento minucioso de los elementos etiquetados con tarjetas rojas, de esta forma podemos garantizar su proceso de traslado o eliminación apropiados según lo que se requirió en la disposición preliminar, caso contrario, la reducción de elementos no esenciales no será efectiva y no será visible.

3.4.3.2 Ordenar / Seiton

Una vez clasificados los artículos, se procederá a identificarlos en el área de trabajo o almacenamiento para asegurar su rápida y sencilla localización, para continuar con este proceso, se toman en cuenta los siguientes pasos.

- I. Organizar cada objeto en un lugar específico según la frecuencia con la que se utiliza, definiendo secciones y cantidades adecuadas para cada uno.
- II. Supervisar la disponibilidad de los objetos para prevenir la escasez de suministros, asegurando la organización de todos los elementos necesarios, como repuestos, herramientas y otros.
- III. Analizar la frecuencia de uso de cada artículo para identificar si se emplea diariamente, semanalmente o con menor regularidad.
- IV. Mantener las superficies despejadas y los elementos ordenados para evitar distracciones visuales y facilitar el acceso.
- V. Establecer una rutina para verificar que cada objeto esté en su lugar después de cada uso y motiva a todo el equipo a mantener el orden.

Tabla 29

Criterios para clasificar elementos en la zona de almacenamiento.

Frecuencia de uso	Ubicar
A cada momento	Ubicar lo más cerca posible
Varias veces al día	Ubicar cerca del usuario

Algunas veces por semana	Ubicar cerca del espacio de trabajo
Algunas veces al mes	Ubicar en áreas compartidas
Algunas veces al año	Ubicar en el almacén o en los archivos
No se usa, pero podría usarse.	Almacenar etiquetado en un archivo inactivo

Nota. Elaborado por autor

Después de eliminar los elementos innecesarios del área, se procederá a establecer la ubicación, de los elementos esenciales. Estos deben situarse en un espacio accesible, lo que garantizará un flujo productivo continuo y reducirá al mínimo el tiempo de búsqueda. Además, facilitará el regreso de los artículos a su lugar de origen una vez utilizados. Para alcanzar este objetivo, es fundamental llevar a cabo una adecuada organización de los artículos.

Tabla 30

Ubicación de objetos esenciales según su utilización.

Nº	Artículo	Frecuencia de uso	Destino
1	Pallets	A cada momento	Ubicar lo más cerca posible
2	Canastas metálicas	Varias veces al día	Ubicar cerca del usuario
3	Cintas	Algunas veces por semana	Ubicar cerca del espacio de trabajo
4	Todo tipo de llaves	Algunas veces por semana	Ubicar cerca del espacio de trabajo

Nota. Elaborado por autor

En la tabla 29 se planifica la ubicación de los objetos según su utilidad, esto nos permite a los operarios y a la empresa tener una mejor organización, esto contribuye a mejorar el flujo de trabajo y conservar un entorno laboral más eficiente y ordenado.

3.4.3.3 Limpiar / Seiso

La palabra "Seiso" significa "limpieza", pero también incluye otras cosas, además de solo limpiar. Significa quitar la suciedad para evitar que cause daños o un ambiente de trabajo no seguro. La limpieza no solo es tener cosas limpias, también es tener una actitud de cuidado y responsabilidad. Significa encontrar de dónde viene la suciedad y cómo se contamina para tomar medidas que resuelvan el problema desde la raíz. Mantener el lugar de trabajo limpio es muy importante para trabajar bien y de manera segura. También afecta la ética de los trabajadores y cómo se sienten respecto a hacer cambios para mejorar. Dicho esto, en la tabla 31 se presenta un modelo de tarjeta de mantenimiento para controlar este eslabón muy importante de las 5S.

Tabla 31*Modelo de tarjeta de mantenimiento.*

Tarjeta de mantenimiento		
Fecha:		
Área de trabajo:		
Responsable de la limpieza:		
Frecuencia:	Código:	
Descripción de las actividades realizadas	Si	No
Los pisos se encuentran limpios.		
Las maquinarias se encuentran limpias		
Los pallets se encuentran limpios.		
Las herramientas se encuentran limpias.		
Los EPP se encuentran limpios.		
Se realizan barridos y trapeados.		
Se eliminan desperdicios.		
Otros:		

Nota. Elaborado por autor

Es fundamental hacer mantenimiento los artículos y el lugar donde laboral, para mantener en buen estado los espacios, equipos y herramientas y poder usarlos rápidamente. También, es crucial mantener las áreas donde los clientes interactúan limpias y ordenadas. Con el objetivo que las áreas de labor sean eficientes, se aplicará tarjetas de mantenimiento que indicarán quién las va a hacer, con qué frecuencia se deben mantener el área con su debida limpieza.

Como parte de este proceso, se fomentará una cultura de limpieza entre los operarios, promoviendo así la responsabilidad individual en cada uno de sus puestos de trabajo. Esta iniciativa no solo mejorará la presentación de las áreas, sino que también contribuirá a un entorno laboral más eficiente y agradable para todos. Por esto se implementaron las siguientes prácticas realizadas a diario:

La planta está operativa las 24 horas del día, divididas en 3 turnos de 8 horas cada uno.

Al inicio de la jornada o turno: Cada operador al iniciar su jornada de trabajo debe comprobar y asegurarse que su área de trabajo este limpia, ordenada y lista para iniciar la producción, el operario debe eliminar cualquier residuo perceptible.

Durante la jornada: Los operarios tienen el compromiso de mantener limpia su área de trabajo, eliminar toda clase de residuos generados en el proceso de los productos y así mantener su espacio ordenado, logrando una mejor movilización y eficiencia en sus actividades.

Al final de la jornada: Así como inicio su jornada, el operario debe dejar su lugar de trabajo en buenas condiciones, realizando limpiezas en el área, recogiendo herramientas u objetos utilizados, de esta forma asegura que todo esté en su lugar y haciendo valides de la tarjeta de mantenimiento.

3.4.3.4 Estandarizar / Seiketsu

La cuarta “S” conocida como SEIKETSU, que se traduce como Estandarización o Control Visual, esta fase implica la aplicación, replicación y mantenimiento de los procesos y prácticas que se han establecido hasta el momento. Se aplica varias veces, sino algo que tienes que mantener constantemente.

Se menciona que “S” es la más creativa porque se centra en innovar y mejorar constantemente de manera organizada y estandarizada.

La implementación “SEIKETSU” significa mantener y mejorar los estándares de calidad y eficiencia en el trabajo con el tiempo. Se establecieron estándares para garantizar este objetivo.

Primer estándar: Los empleados necesitan recibir charlas sobre cómo usar bien los equipos de protección personal (EPP). Es muy importante. Estas sesiones deben mostrar por qué es importante usar el equipo de protección personal de la manera correcta en diferentes trabajos, usando ejemplos fáciles de entender. Es importante dar tareas específicas a cada miembro del equipo para crear una cultura de seguridad y responsabilidad juntos. Ayuda a proteger a los trabajadores y hace el lugar de trabajo más seguro y consciente de los riesgos.

Segundo paso: los operarios deben saber la utilización de cada máquina, se debe tener una tarjeta de operación y un formato de mantenimiento actualizado. Hacer esto nos garantizará que las herramientas necesarias funcionen bien. Al cumplir esta regla, asegura que las máquinas se usen de forma segura y eficiente, evitando problemas o accidentes causados por un mantenimiento incorrecto. Los operarios deben cumplir el requisito obligatorio para el trabajo.

Tercer estándar: Debes revisar cada día si todo está limpio, ordenado y organizado en tu área de trabajo. Esto significa tener un plan claro para encontrar y arreglar cualquier problema que aparezca. Cuando usamos estos controles en el trabajo, hacemos que sea más seguro y eficiente, y también motivamos a los empleados a trabajar juntos de manera responsable. Estos pasos te ayudarán a mantener tu trabajo limpio y ordenado, y a resolver problemas rápidamente para que todos puedan trabajar mejor.

Cuarto estándar: Hay que pedir que se llenen los formularios de registro para apuntar todas las tareas de mantenimiento y limpieza. Este proceso asegura que se pueda seguir el rastro de cada acción que se hace y se cumplan los procedimientos que se han establecido. Con una documentación detallada, es posible seguir de cerca si las actividades se están haciendo de manera consistente y efectiva. Así se puede identificar dónde se pueden mejorar las cosas y administrar de forma más controlada y responsable las tareas de mantenimiento y limpieza. En la tabla 32, se presenta un modelo de registro para documentar y controlar todo el trabajo que demandan las 5S en el ámbito de estandarizar.

Gráfico 15. *Matriz de trabajo estandarizado*

		AQUAPLASTIC S.A. S		Código	
				Página	
		Ruta de orden, limpieza y mantenimiento de los equipos-		Fecha	
				Versión	
Sección		Equipo			
Fecha de inicio		Marca			
Fecha de cierre		Modelo			
Serie		Código			
PARTE	ACTIVIDAD A REALIZAR	REPUESTO	CANTIDAD		
ENTORNO DE TRABAJO					
PARTE	ACTIVIDAD A REALIZAR	MATERIALES	CANTIDAD		
EVIDENCIA (FOTOGRAFÍA)					

OBSERVACIONES			
TIPO DE MANTENIMIENTO	LOGISTICA	PROVEEDORES	PRESUPUESTO APROXIMADO
Responsable de la ejecución			

Nota. Elaborado por autor

3.4.3.5 Disciplina / Shitsuke

La quinta “S” Se integró la estandarización en las actividades diarias de la planta, reforzando la implementación del método de las 5S. Este pilar final se enfocó en promover un cambio cultural que buscará transformar la clasificación, el orden y la limpieza en hábitos profundamente arraigados para los trabajadores, considerando estos elementos como necesidades fundamentales en el entorno laboral. En este proceso, el personal compromete a participar activamente, promoviendo la responsabilidad compartida. Este enfoque ayudó a crear una estructura clara y fomentó un ambiente de trabajo limpio y organizado de forma constante y voluntaria.

El objetivo de esta etapa final era garantizar que los cambios realizados perduraran y siguieran mejorando con el tiempo. Se llevó a cabo una revisión al final del plan de implementación de las 5S para ver cómo resultaron las cosas. Con el fin de mejorar el ambiente laboral anterior. Este método de revisión nos ayudó a comprobar si las prácticas que implementamos están funcionando bien y tienen un impacto positivo. Se requiere seguir mejorando y mantener la calidad del trabajo, para seguir creciendo con el tiempo.

3.4.3.6 Evaluación final

Después de revisar las áreas de almacenamiento y producción de Aquaplastic S.AS, se hizo un resumen detallado en la tabla 32. Donde se ofrece una visión completa de los diferentes cambios y mejoras observados en los aspectos evaluados durante la revisión. Con esta tabla queremos mostrar de manera clara los cambios que hemos hecho. Queremos resaltar lo que hemos logrado hasta ahora y también señalar las áreas que necesitan mejorar para tener un lugar de trabajo más eficiente y ordenado.

Tabla 32

Resumen de evaluación final 5s

Clasificar	85%
Ordenar	85%
Limpiar	85%
Estandarizar	80%
Disciplina	88%
Promedio	85%

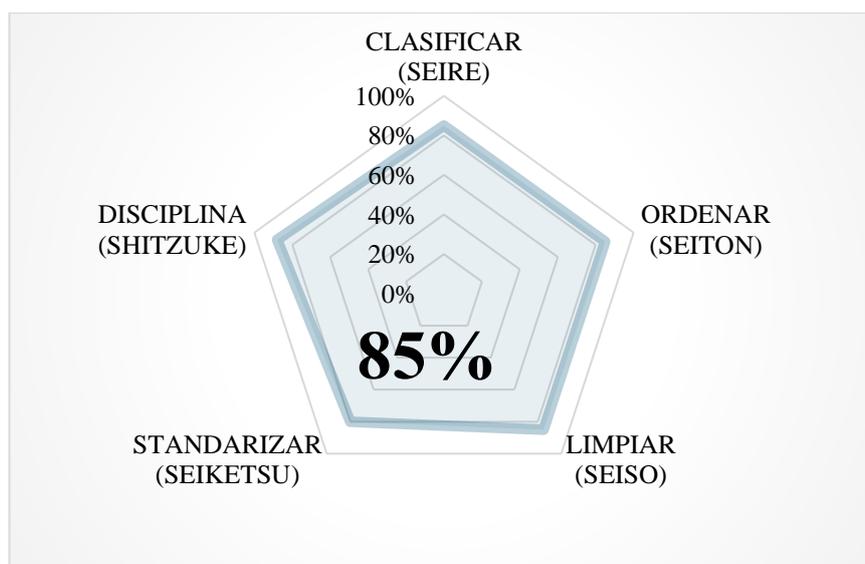
Nota. Elaborado por autor

Los porcentajes obtenidos tras la auditoría final reflejan una estabilización y un incremento en el cumplimiento de los ítems evaluados, logrando un promedio del 85%. Como se observa en la Tabla 25, el resultado de la revisión final se clasifica en la categoría de "bueno", lo que evidencia que la implementación de la metodología 5S ha generado una mejora significativa en el desempeño general. Este resultado reafirma la efectividad de la propuesta, destacando el impacto positivo de la metodología.

El gráfico 16 muestra una representación en formato de radar que complementa la información resumida en la Tabla 32 de la evaluación final. Este enfoque visual ofrece una representación clara y concisa de los resultados que se obtendrán, proporcionando la interpretación de los indicadores evaluados. Al emplear esta visualización, se busca simplificar la comprensión de los datos, permitiendo una rápida identificación de áreas destacadas y aspectos que requieren atención, lo cual contribuye a una evaluación más completa.

Gráfico 16.

Representación gráfica de la evaluación final de las 5s



Nota. Elaborado por autor

3.4.3.7 Cronograma de futuras evaluaciones.

Para finalizar, se integró una matriz que servirá como guía para programar evaluaciones futuras de la metodología 5S, con la periodicidad establecida a mitad de cada semana. Esta planificación facilitará un monitoreo continuo y sistemático de las mejoras implementadas en cuanto a orden y limpieza en el área de almacenamiento. Mediante esta estructura, se busca mantener un control regular que refuerce los estándares alcanzados y permita realizar ajustes oportunos, asegurando la sostenibilidad de los avances logrados en el entorno de trabajo.

Tabla 33

Evaluaciones Futuras

Auditoria	Fecha de inicio	Fecha final	Auditor
1	3 – julio - 2025		
2	10 – julio - 2025		
3	17 – julio - 2025		
4	24– julio - 2025		
5	31 – julio - 2025		
6	7 agosto - 2025		
7	14 agosto - 2025		
8	21 agosto - 2025		

Nota. Elaborado por autor

3.4.4 Evaluación TPM

El mantenimiento productivo total (TPM, por sus siglas en inglés) es un conjunto de iniciativas estratégicas enfocadas en mantener y optimizar los sistemas de producción y calidad mediante el uso eficiente de máquinas, equipos, procesos y el compromiso de los empleados que aportan valor a la organización, disminuir errores y mejorar la eficiencia, además de involucrar a todos los empleados en el cuidado y la mejora de los recursos de la empresa.

El enfoque principal se dirigió hacia la maquinaria de la planta Aquaplastic S.A.S, con el fin de fomentar un ambiente de trabajo en equipo, es importante cuidar y mantener todas las partes de las máquinas en buen estado para que funcionen correctamente. Para el diseño del plan, se observa cuidadosamente las maquinarias para ver su estado, Esta revisión inicial permitió identificar las áreas críticas y definir las necesarias para asegurar un rendimiento constante y eficiente, promoviendo así un ambiente de trabajo basado en la responsabilidad compartida y el cuidado preventivo de los equipos.

3.4.5 OEE

El éxito de las metodologías de fabricación modernas, como Lean Manufacturing o el Mantenimiento Productivo Total (TPM), depende en gran medida de la precisión en la medición y el análisis de los datos de producción. El éxito de las formas modernas de hacer cosas en una fábrica, como Lean Manufacturing y el TPM, depende mucho de medir y analizar con exactitud la información sobre la producción. El OEE es un indicador importante que se usa en TPM para mejorar la producción. El OEE es útil porque combina la medición de disponibilidad, rendimiento y calidad en un solo porcentaje, lo que lo hace diferente a otros indicadores en la producción industrial. Este enfoque completo nos ayuda a ver claramente qué tan bien están funcionando las cosas, lo que facilita la toma de decisiones sobre cómo seguir mejorando en el área de producción. (Díaz Contreras 2020).

La primera evaluación del OEE mostró el funcionamiento de las máquinas en cuanto al tiempo que están en uso, lo bien que están trabajando y la calidad de lo que producen. Su análisis inició una guía para medir qué tan bien funcionan las máquinas en el proceso de producción y proporciona los datos necesarios para determinar dónde se pueden realizar mejoras. Con esta base de datos, podemos concentrarnos en mejorar la productividad, disminuir pérdidas y hacer que la calidad sea mejor. Así podemos seguir mejorando en la fábrica.

Los tres elementos del OEE se pueden calcular de con siguientes formulas:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inactividad})}{\text{Tiempo total disponible}} \quad (1)$$

$$\text{Calidad} = \frac{(\text{Número de unidades producidas} - \text{Número de defectos})}{\text{Número de unidades producidas}} \quad (2)$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Número de unidades producidas}}{\text{Posible número de unidades}} \quad (3)$$

3.4.5.1 Evaluación de OEE antes de aplicación TPM en la línea de moldeo por extrusión - soplado

Con el fin de evaluar el rendimiento operativo inicial de la planta Aquaplastic S.A.S, se realizó el cálculo preliminar de la Eficiencia General de los Equipos (OEE) para obtener una visión del desempeño actual de los indicadores preestablecidos y determinar cuáles requieren intervención. Para calcular el OEE antes de implementar la metodología TPM, se evaluarán todos los componentes del indicador OEE aplicando las ecuaciones (1), (2) y (3).

Basándonos en los datos de los reportes de producción que comprenden los meses de junio, julio y agosto, sabiendo que la empresa trabaja las 24 horas del día, procedemos al cálculo el tiempo disponible para producción.

$$\text{Tiempo total disponible} = \frac{91 \text{ días}}{\text{año}} * \frac{24h}{\text{día}} = 2184 h$$

$$\text{Tiempo de inactividad} = \text{Tiempo total disponible} - \text{horas de producción}$$

$$\text{Tiempo de inactividad} = 2184 h - 1792h = 392 h$$

Índice de disponibilidad

Se aplica la fórmula de disponibilidad con los datos obtenidos.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inactividad})}{\text{Tiempo total disponible}} \quad (1)$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{2184 h - 392 h}{2184 h}$$

$$\text{Disponibilidad} = 0.8205 * 100 = 82.05\%$$

Índice de calidad

Conforme a la información obtenida en la empresa por el área de producción correspondiente a los meses antes mencionados, se tienen los siguientes datos.

Número de unidades producidas = 205720 u

Número de defectos = 44779 u

$$Calidad = \frac{(Número\ de\ unidades\ producidas - Número\ de\ defectos)}{Número\ de\ unidades\ producidas} \quad (2)$$

$$Calidad = \frac{(205720\ u - 44779\ u)}{205720\ u}$$

$$Calidad = 0.7823 * 100 = 78.23\%$$

Índice de rendimiento

Vale mencionar que para este subindicador se requiere el posible número de unidades producidas. Siendo así que, la producción esperada de cada día es aproximadamente 2880 unidades, este valor se obtiene del tiempo de ciclo de la máquina FGB90II, el cual ofrece una unidad por cada 30 segundos.

$$Rendimiento = \frac{Número\ de\ unidades\ producidas}{Posible\ número\ de\ unidades} \quad (3)$$

$$Posible\ número\ de\ unidades = \frac{(91\ días * 24\ \frac{h}{día} * 60\ \frac{min}{h} * 60\ \frac{sg}{min})}{30\ \frac{sg}{u}} = 262080\ u$$

$$Rendimiento = \frac{205720\ u}{262080\ u}$$

$$Rendimiento = 0.7850 * 100 = 78,50\%$$

Para obtener un valor total del OEE, se multiplican los 3 valores obtenidos de los subindicadores.

$$**OEE = Disponibilidad * Calidad * Rendimiento**$$

$$**OEE = 0.8205 * 0.7823 * 0.7850 = 0.5039**$$

$$**OEE = 0.5039 \times 100 = 50.39\%**$$

Discusión

El OEE que se obtuvo de la línea de moldeo por extrusión - soplado fue del 50.39%, clasificándose como "Inaceptable" de acuerdo con la métrica de calificación mostrada en la Tabla 34. Esta categorización indica que el rendimiento no es aceptable, para lo cual es necesario tomar acciones inmediatas. Este resultado sugiere que existen oportunidades significativas para

optimizar la eficiencia y la calidad, las acciones correctivas deben enfocarse en fortalecer los puntos críticos para elevar el desempeño hacia niveles superiores de calidad y rendimiento.

Tabla 34

Calificación para valores de OEE

OEE	Métrica de calificaciones
<65%	Inaceptable
65% ≤ OEE < 75%	Regular
75% ≤ OEE < 85%	Aceptable
85% ≤ OEE < 95%	Buena
≤95	Excelente

Nota. Elaborado por autor

Los datos indican que el principal desafío radica en los subindicadores de calidad y rendimiento, que registran valores de 78.23% y 78.50% respectivamente. En consecuencia, las estrategias futuras se centran en abordar esta área problemática, partiendo del OEE inicial. Para ello, se llevará a cabo un análisis detallado utilizando la matriz AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos), lo cual permitirá identificar y priorizar las causas raíz de las fallas, estableciendo acciones correctivas específicas para mejorar la calidad y el rendimiento y, en última instancia, elevar la eficiencia global del proceso.

3.4.5.2 Evaluación de OEE antes de aplicación TPM en la línea de moldeo por soplado de preformas PET

La línea de moldeo por soplado de preformas PET cuenta con una máquina principal que es la máquina sopladora de preformas PET, la cual cuenta con un sistema semiautomático de operación, es decir, pone en virtud del operador el tiempo de ciclo de producción.

Nuevamente, basándonos en los datos proporcionados por AQUAPLASTIC S.A.S acerca de sus reportes de producción de envases PET que comprenden los meses de junio, julio y agosto, y sabiendo que la empresa trabaja las 24 horas del día, obtenemos el tiempo total disponible.

$$\text{Tiempo total disponible} = \frac{91 \text{ días}}{\text{año}} * \frac{24h}{\text{día}} = 2184 h$$

$$\text{Tiempo de inactividad} = \text{Tiempo total disponible} - \text{horas de producción}$$

$$\text{Tiempo de inactividad} = 2184 h - 1408 = 776 h$$

Índice de disponibilidad

Se aplica la fórmula de disponibilidad con los datos obtenidos.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inactividad})}{\text{Tiempo total disponible}} \quad (1)$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{2184 \text{ h} - 776 \text{ h}}{2184 \text{ h}}$$

$$\text{Disponibilidad} = 0.6447 * 100 = 64.47\%$$

Índice de calidad

Conforme a la información obtenida en la empresa por el área de producción correspondiente a los meses antes mencionados en producción de preformas PET, se tienen los siguientes datos.

$$\text{Número de unidades producidas} = 817012 \text{ u}$$

$$\text{Número de defectos} = 24480 \text{ u}$$

$$\text{Calidad} = \frac{(\text{Número de unidades producidas} - \text{Número de defectos})}{\text{Número de unidades producidas}} \quad (2)$$

$$\text{Calidad} = \frac{(817012 \text{ u} - 24480 \text{ u})}{817012 \text{ u}}$$

$$\text{Calidad} = 0.97 * 100 = 97.00\%$$

Índice de rendimiento

Para el cálculo de este subindicador es necesario tener en cuenta el promedio de producción de la línea el cual es de 11000 u/día.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Número de unidades producidas}}{\text{Posible número de unidades}} \quad (3)$$

$$\text{Posible número de unidades} = 11000 \text{ u/día}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{817012 \text{ u}}{91 \text{ días} * 11000 \frac{\text{u}}{\text{día}}}$$

$$\text{Rendimiento} = 0.8162 * 100 = 81,62\%$$

Multiplicando los valores obtenidos de los subindicadores, obtenemos el OEE.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Calidad} * \text{Rendimiento}$$

$$OEE = 0.6417 * 0.97 * 0.8162 = 0.5104$$

$$OEE = 0.5104 \times 100 = 51.04\%$$

Discusión

El rendimiento de la línea de producción de preformas PET fue del 51.04%, calificándose como "Inaceptable" según la tabla de métricas. Esta categorización nos muestra que el desempeño no es aceptable, por lo que debemos tomar acciones para mejorar este resultado. Este resultado indica que hay maneras de mejorar cómo funcionan las máquinas en la línea. Deberíamos concentrarnos en arreglar los lugares más críticos para lograr que las máquinas estén disponibles y funcionen mejor.

Los datos del OEE muestran que la mayor parte del problema está en cómo mantener las máquinas trabajando y en la eficiencia de producción. La disponibilidad está en un 64.17% y el rendimiento en un 81.62%. Vamos a usar la matriz AMFE para analizar con detalle y encontrar las causas principales de las fallas. Así podremos tomar medidas para mejorar la calidad y rendimiento del proceso y, en definitiva, hacer que sea más eficiente.

3.4.6 Propuesta TPM

FASE 4: IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA TPM

3.4.6.1 Matriz AMFE

Una de las herramientas más empleadas en la gestión de riesgos es el Análisis de Modos de Fallo y Efectos (AMFE), que es un enfoque sistemático y proactivo para identificar debilidades potenciales o resaltar puntos críticos en los procesos. Este método facilita la priorización, implementación y adopción de medidas correctivas para prevenir la recurrencia o la materialización de fallos. El AMFE se fija en tres cosas importantes: la gravedad del error y su impacto, la probabilidad de que ocurra el error, y la probabilidad de detectarlo antes de la problemática. Con la información se calcula un número que indica qué problemas deben ser arreglados primero. El objetivo es corregir o prevenir errores para asegurar que los procesos funcionen bien y sean seguros, sobre todo en áreas importantes como los procesos de salud.(Lorena Orozco, 2024).

Se observó las maquinarias, estableciendo, encontrar y entender posibles problemas. Se asignó un nivel de gravedad. Este enfoque ayudará a priorizar las acciones correctivas necesarias para mejorar la calidad y confiabilidad del producto final. El Análisis de Modo y

Efecto de Falla se usa para revisar y mejorar la confiabilidad y seguridad de productos o procesos. Su principal objetivo es reducir el riesgo de fallos en etapas tempranas del diseño o producción, lo que ayuda a mejorar la calidad y reducir costos.

A continuación, en la Tabla 36, se presenta la matriz de Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE).

Tabla 35

Matriz AMFE de las maquinarias de la empresa AQUAPLASTIC S.A.S

Área: Producción Elaborado por: Henry Suárez Apolinario F. de elaboración: 19/10/24 F. de revisión:			Acuaplastic S.A.S					MATRIZ AMFE				
Máquina	Falla Potencial	Efecto Potencial	Causa Potencial	Severidad (SEV)	Ocurrencia (OCC)	Detección (DET)	Nº prioridad de riesgo (RPN)	Acciones Propuestas	SEV	OCC	DET	RPN
Máquina de moldeo por extrusión y soplado	Desperfectos con la temperatura del sistema	Galones con residuos de plástico carbonizado	Fallo en el sistema de control de temperatura	6	8	4	192	Implementar limpieza y mantenimiento regular	6	2	3	36
Máquina sopladora de envases Pet	Fallas en las resistencias del horno	Inconsistencia en la formación de envases	Movimientos bruscos en el sistema	5	7	5	175	Revisión periodica antes de procesar	5	2	2	20
Molino triturador	Obstrucción en el proceso de molienda	Daños en el plástico reprocesado	Exceso de material	5	2	2	20	Instruir correctamente a los operarios	5	2	2	20
Chiler	Desperfectos con el sistema de refrigeración	Galones con defectos	Problemas con la bomba centrífuga	5	3	2	30	Sustituir la bomba centrífuga	5	2	2	20
Máquina mezcladora de material	Obstrucción en el proceso de mezclado	Retraso en la cadena productiva	Exceso de material	3	1	1	3	Instruir correctamente a los operarios	3	2	2	12
Maquina de elavador de material	Fallas mecánicas durante el proceso	Retraso en la cadena productiva	Exceso de polvos plásticos	4	2	1	8	Implementar limpieza y mantenimiento regular	4	2	2	16
Compresor de aire de piston	Fallas en los filtros de aires	Bajas presiones de aire	Exceso de polvo	2	3	1	6	Revisión periodica de los filtros	2	2	2	8
Compresor de aire de tornillo	Aumento excesivo de temperatura	Paradas no programadas	Falta de ventilación	2	1	1	2	Control periodico de la temperatura	2	2	2	8

Nota. Elaborado por autor

En la matriz de factores externos se aplicó una calificación de 1 al 10 para evaluar la gravedad, la frecuencia y la detección de los factores. En esta escala, un valor de 1 significa que el impacto en el producto es muy pequeño, y un valor de 10 significa que es muy grave. En cuanto al factor de ocurrencia, un valor de 1 significa que es muy poco probable que falle, el valor de 10 indica que es casi seguro que falle. Si el valor es 1, la falla se detecta fácilmente antes de causar problemas. Un valor de 10 indica que es difícil detectar la falla antes de afectar el producto final.

Estos valores se multiplican para obtener el Número de Prioridad de Riesgo (RPN), que se utiliza para identificar y priorizar las fallas más críticas en el proceso. Este método le ayuda a abordar y reducir los riesgos de forma estructurada.

En la empresa tenemos diversos factores que afectan la producción, en esta matriz damos a conocer la mayoría y evaluarlos. En la máquina de moldeo por extrusión y soplado una de las fallas potenciales es el desperfecto con las temperaturas del sistema esto nos causa un fallo en el sistema de control y temperatura, dando como resultado galones con residuos de plástico carbonizado reflejando en la matriz un número de prioridad de riesgo (RPN) de 192 indicando un riesgo alto, para mitigar este riesgo se propuso implementar limpiezas y mantenimientos regulares. La máquina sopladora de envases Pet tienen una falla potencial en las resistencias del horno que es fundamental para su proceso, esto se ocasiona por los movimientos bruscos del sistema, que los operarios causan en momentos de fallas o daño de las mismas, teniendo como efecto inconsistencia en la formación de los envases al momento de procesarlos, este tiene un RPN de 175 considerado un riesgo alto, se propuso realizar una revisión periódica antes de procesar o encender los equipos, el molino triturador no se queda atrás en las fallas siendo una de estas la obstrucción en el proceso de molienda causado por el exceso de material introducido, teniendo como efecto daños en el plástico reprocesado, en algunos casos salen pequeños trozos de metal que afectan al proceso con un RPN de 20 como acción propuesta se indicó instruir correctamente a los operadores.

El Chiller tiene como causa potencial, desperfectos con el sistema de refrigeración esto es causado por la baja presión que ejerce la bomba centrífuga, afectando directamente con la producción, los galones salen defectuosos, dando como resultado un RPN de 30, para mitigar esta causa se propuso sustituir la bomba centrífuga por una de más potencia. La máquina mezcladora de material tiene como falla potencial obstrucción en los procesos de mezclado esto es causado por exceso de material y dando como efecto retraso en la cadena productiva,

con un RPN de 3 situándose en un riesgo leve, sin embargo, se propuso una acción para esta falla que es instruir correctamente a los operadores, otro proceso es permitido por la máquina elevadora de material, su falla potencial son daños mecánicos en el proceso causado por el exceso de polvos plásticos y retrasando la cadena productiva, esta tiene un RPN de 8 y para mitigar esta falla se debe implementar limpiezas y mantenimientos regulares.

El compresor de aire de pistón es utilizado en la máquina sopladora de envases Pet una de sus fallas radica en los filtros de aire, misma que es causada por el exceso de polvo, teniendo como efecto bajas presiones de aire, con un RPN de 6, para mitigar esta causa se propuso realizar revisiones periódicas de los filtros de aire. Por último, tenemos al Compresor de aire de tornillo que es indispensable el proceso de la máquina sopladora por extrusión, este tiene como falla un aumento excesivo de temperaturas, causada por la falta de ventilación y tienen como efecto paradas no programadas de la maquinaria, determinando un RPN de 2 siendo leve, pero sin ser importante para la empresa, para mitigar esta causa se propuso un control periódico de la temperatura.

3.4.6.2 Plan de mantenimiento de las máquinas.

Después de hacer la matriz AMFE, encontramos los problemas que podrían ocurrir en las máquinas de Aquaplastic y se creó plan para evitar problemáticas. Debido a la importancia de los problemas encontrados, se decidió utilizar un enfoque completo que incluye diferentes tipos de mantenimiento, de la cual se diseñó un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en las máquinas de la empresa. El plan de la Tabla 36 busca que los equipos funcionen mejor para asegurar una producción estable y controlada.

Después de poner en marcha el plan de mantenimiento, haremos una lista especial para llevar un registro de cada mantenimiento que tengamos programado. Esta tabla nos ayudará a registrar y controlar de forma organizada todas las acciones que se realicen, para garantizar que se sigan los procesos correctos de mejora.

Tabla 36

Plan de mantenimiento de maquinarias

Área:

Mantenimiento

Elaborado por: Henry Suárez
Apolinario

F. de elaboración: 19/10/24

F. de revisión:

**Plan de mantenimiento de maquinarias de
Aquaplastic S.A.S**

N°	Máquina	Cantidad	Tipo de mantenimiento	Actividad	Frecuencia	Responsable
1	Máquina de moldeo por extrusión y soplado	1	Autónomo	Limpieza de molde y resistencias	Diario	Operador
			Proactivo	Monitorio de temperaturas	Cada 2 semanas	Operador
			Preventivo	Revisión de resistencias y aceite	Cada 3 semanas	Operador
			Autónomo	Ajuste de resistencias	Diario	Operador
2	Máquina sopladora de envases Pet	1	Proactivo	Monitorio de movimientos	Cada 2 semanas	Operador
			Preventivo	Revisión de resistencias y temperatura	Cada 3 semanas	Operador
			Autónomo	Limpieza de residuos	Diario	Operador
			Proactivo	Monitorio de carga	Cada 3 semanas	Operador
3	Molino triturador	1	Preventivo	Inspección de cuchillas	Mensual	Operador
			Autónomo	Cambio de agua	Diario	Operador
			Proactivo	Monitorio de la presión de la bomba	Mensual	Operador
4	Chiller	2	Preventivo	Limpieza de bomba centrifuga	Trimestral	Operador
			Autónomo	Limpieza de cuchillas	Diario	Operador
			Proactivo	Monitoreo de carga	Mensual	Operador
5	Máquina mezcladora de material	1	Preventivo	Inspección de cuchillas	Trimestral	Operador
			Autónomo	Limpieza de polvo plástico	Diario	Operador
6	Máquina de elevador de material	1	Proactivo	Inspección de residuos	Mensual	Operador

			Preventivo	Limpieza y ajuste de componentes	Trimestral	Operador
			Autónomo	Limpieza de filtros	Diario	Operador
7	Compresor de aire de pistón	1	Proactivo	Monitoreo de filtros y nivel de aceite	Mensual	Operador
			Preventivo	Cambio de aceite y filtros	Trimestral	Operador
			Autónomo	Limpieza de filtros	Diario	Operador
8	Compresor de aire de tornillo	1	Proactivo	Monitoreo de temperaturas	Mensual	Operador
			Preventivo	Ventilar áreas	Trimestral	Operador

Nota. Elaborado por autor

Dentro del contexto del Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM), se pondrá en marcha una estrategia completa y estructurada cuyo propósito es garantizar tanto la eficiencia como la confiabilidad operativa de toda la maquinaria utilizada. Esta estrategia implica planificar y llevar a cabo tres tipos principales de mantenimiento.

Capacitación en mantenimiento: Se brindará capacitación especializada para que los operadores puedan encargarse del mantenimiento básico de sus propias máquinas. Tienen como objetivo de enseñar la información precisa para resolver las problemáticas, así como también de limpiar, lubricar y ajustar las cosas para prevenir futuros daños. Al aceptar estas responsabilidades, los trabajadores ayudarán a prevenir problemas y mantener el equipo en buenas condiciones.

Prevención de problemas: Se plantea tareas para evitar daños en las maquinarias y su función sin problemas. Estas acciones se llevarán a cabo siguiendo las instrucciones de los fabricantes para asegurar el cumplimiento de las especificaciones técnicas de las maquinarias.

Mantenimiento proactivo: La estrategia se centrará en encontrar y solucionar las principales razones detrás de los problemas operativos antes de que se conviertan en fallas del sistema. Este enfoque proactivo nos ayudará a analizar a fondo los factores que causan el

desgaste de los componentes, para que podamos programar intervenciones en el mejor momento.

El plan de mantenimiento se realizó con el fin de que las maquinarias trabajen sin problemas, evitando tiempos muertos. Los operadores deben recibir entrenamiento constante en técnicas de mantenimiento y en cómo usar equipos de monitoreo, ya que serán responsables de hacer todas las tareas de mantenimiento. Esta capacitación garantizará que usted esté bien preparado para detectar problemas y abordarlos de manera efectiva.

Con el fin de observar el funcionamiento correcto de las máquinas y asegurar que todas las tareas de mantenimiento se ejecuten. Este sistema hará más fácil controlar y manejar las acciones, y también permitirá revisar el plan de mantenimiento regularmente.

A través de estas revisiones, se podrán adaptar las estrategias a nuevas necesidades operativas o avances tecnológicos, asegurando así que el plan se mantenga actualizado y efectivo a lo largo del tiempo.

El gráfico 17 se muestra la propuesta de un registro conocido como Bitácora de Mantenimientos, que se considera una herramienta fundamental para la implementación del mantenimiento productivo total (TPM). El objetivo de este registro es anotar las tareas de mantenimiento que se hacen en las máquinas de la planta. Con el fin de prevenir problemas e identificar las acciones que tomamos, están mejorando la eficiencia de las máquinas.

Este registro se encarga de recolectar datos y de asegurarse de que se cumplan las leyes, manteniendo una base de datos con información tanto numérica como descriptiva, ya sea físico o en formato digital. Este cumplimiento, hará más factible la decisión con información clara y promoverá una mejor comunicación en la organización. Así, la Bitácora de Mantenimientos se vuelve muy importante para controlar el mantenimiento, ya que ayuda a organizar y analizar mejor cómo funcionan las máquinas.

La Bitácora de Mantenimientos es un registro donde se apunta todo lo que se hace en cada observación de comportamiento de las maquinarias. Este documento muestra claramente qué máquinas se usan y cuándo se usan, con las fechas de cada vez que se usan. También se indica qué tipo de mantenimiento, lo cual existen dos tales como; anticipado o preventivo. Esto da una idea clara de qué tan bien funcionan estas acciones para prevenir problemas y usar de manera adecuada el mantenimiento productivo total (TPM). Además, la Bitácora guarda con mucho detalle quién es responsable de hacer o revisar cada tarea de mantenimiento.

3.4.6.3 Cronograma de mantenimientos propuestos

La propuesta de mantenimiento ha animado a los operadores a ser más responsables en su trabajo, promoviendo un enfoque preventivo para cuidar mejor las máquinas y que funcionen mejor. Estas tácticas de mantenimiento juntas han ayudado a que los equipos funcionen mejor y han hecho que los operadores se sientan más seguros y comprometidos con el cuidado de las máquinas. Al participar en el mantenimiento preventivo y correctivo, los operadores pueden prever problemas antes, lo que hace que el lugar de trabajo sea seguro y eficiente. Con el fin que los equipos se mantengan.

Como se ve en el gráfico 18, hemos creado un plan para asegurarnos de que las máquinas de la planta funcionen mejor y se mantengan en buen estado. Al implementar esta estrategia de mantenimiento, se busca no solo mejorar la eficiencia y confiabilidad de los equipos, sino también anticiparse a posibles problemas futuros que puedan comprometer su funcionamiento.

Gráfico 18. Cronograma de futuros mantenimientos

CRONOGRAMA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL DE AQUAPLASTIC S.A.S																																																	
Descripción		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
Máquinas	Tipo de Mantenimiento	Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas											
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
Totalidad de máquinas	Autónomo	[Yellow]																																															
Moldeo por extrusión y soplado	Proactivo	[Green]																																															
	Preventivo	[Dark Blue]																																															
Sopladora de envases Pet	Proactivo	[Green]																																															
	Preventivo	[Dark Blue]																																															
Molino triturador	Proactivo	[Green]																																															
	Preventivo	[Dark Blue]																																															
Chilers	Proactivo	[Green]																																															
	Preventivo	[Dark Blue]																																															
Mezcladora de material	Proactivo	[Green]																																															
	Preventivo	[Dark Blue]																																															
Elevador de material	Proactivo	[Green]																																															
	Preventivo	[Dark Blue]																																															
Compresor de aire de piston	Proactivo	[Green]																																															
	Preventivo	[Dark Blue]																																															
Compresor de aire de tornillo	Proactivo	[Green]																																															
	Preventivo	[Dark Blue]																																															

Nota. Elaborado por autor.

Después de llevar a cabo las ideas del Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) del Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE), se aplica la importancia de agendar actividades futuras al cronograma que tiene el objetivo de mantener las mejoras y garantizar que la planta continúe funcionando sin problemas y de manera eficiente. El gráfico muestra cómo están organizados los planes de mantenimiento de la cual se centran en evitar problemas antes de que ocurran, mejorar el funcionamiento de las maquinarias. Esta forma de prevenir ayuda a evitar problemas futuros y disminuir la posibilidad de que las máquinas se rompan.

FASE 5: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA PROPUESTA

3.4.7 Evaluación final del OEE en la línea de moldeo por extrusión soplado

Evaluación final del rendimiento en la línea de producción de soplado del plástico. El Plan de Mantenimiento Productivo Total y formularios especiales tendrá como objetivo de recopilar información las problemáticas de la máquina y su vez la solución inmediata, el equipo de mantenimiento se estableció mejorar. Durante esta etapa, monitoreos de desempeño general de los equipos para confirmar que las mejoras sugeridas están funcionando como se esperaba.

Los nuevos resultados nos ayudarán a ver cómo está funcionando la planta ahora y nos permitirán comparar de manera precisa. Con el objetivo de hacer los cálculos de OEE, mirando la disponibilidad, rendimiento y calidad de los equipos. Considerando un tiempo de 2 horas diarias de actividades de mantenimiento, entre actividades de mantenimiento autónomo, preventivo y proactivo, obtenemos un total de 14h semanales de inactividad y sin tener en cuenta las paradas por mantenimiento correctivo tenemos.

$$\text{Tiempo total disponible} = \frac{365 \text{ días}}{\text{año}} * \frac{24\text{h}}{\text{día}} = 8760 \text{ h/año}$$

$$\text{Tiempo total inactividad} = \frac{14 \text{ h}}{\text{sem}} * \frac{52 \text{ sem}}{\text{año}} = 728 \text{ h/año}$$

Índice de disponibilidad

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inactividad})}{\text{Tiempo total disponible}} \quad (1)$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{8760 \frac{\text{horas}}{\text{año}} - 728 \frac{\text{horas}}{\text{año}}}{8760 \frac{\text{horas}}{\text{año}}}$$

$$\text{Disponibilidad} = 0.9168 * 100 = 91.68\%$$

Índice de calidad

Para este caso, con la propuesta del TPM se pronostica al menos un incremento del 10% con respecto al número de unidades producidas inicialmente. Por lo tanto, el número de unidades producidas será de 3168 u siendo el tiempo de ciclo de producción de galón de 27.27 sg. Así mismo, para el caso de los defectos se pronostica una reducción considerable del 30%, esto se debe a los componentes del plan de mantenimiento que incluyen el mantenimiento autónomo, proactivo y preventivo. Por ende, el nuevo valor por defecto al día será de 340 u/día.

$$\text{Número de unidades producidas} = \frac{3168 \text{ u}}{\text{día}} * \frac{30 \text{ días}}{\text{mes}} * \frac{12 \text{ mes}}{\text{año}} = 1140480 \text{ unid/año}$$

$$\text{Número de defectos} = \frac{340 \text{ u}}{\text{día}} * \frac{30 \text{ días}}{\text{mes}} * \frac{12 \text{ mes}}{\text{año}} = 122400 \text{ unid/año}$$

Estos valores ya hacen posible el nuevo cálculo de la calidad:

$$\text{Calidad} = \frac{(\text{Número de unidades producidas} - \text{Número de defectos})}{\text{Número de unidades producidas}} \quad (2)$$

$$\text{Calidad} = \frac{\left(1140480 \frac{\text{uni}}{\text{año}} - 122400 \frac{\text{uni}}{\text{año}}\right)}{1140480 \frac{\text{uni}}{\text{año}}}$$

$$\text{Calidad} = 0.8926 * 100 = 89.26\%$$

Índice de rendimiento

Teniendo en cuenta las horas de inactividad del año por actividades de mantenimiento, obtenemos un tiempo disponible de producción de 8032 h/año

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Número de unidades producidas}}{\text{Posible número de unidades}} \quad (3)$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\left(8032 \text{ h} * 60 \frac{\text{min}}{\text{h}} * 60 \frac{\text{sg}}{\text{min}}\right) / 27.27 \text{ sg/u}}{1140480 \frac{\text{uni}}{\text{año}}}$$

$$\text{Rendimiento} = 0.9297 * 100 = 92.97\%$$

Finalmente, el nuevo OEE es:

$$\text{OEE} = 0.9168 * 0.8926 * 0.9297 = 0.7608$$

$$\text{OEE} = 0.7608 * 100 = 76.08\%$$

El índice de Eficiencia Global de los Equipos (OEE) alcanzado en la evaluación final fue del 76.08%, lo que se clasifica como "aceptable" de acuerdo con la escala de calificación especificada en la Tabla 35. Esta categorización indica un rendimiento satisfactorio y confirma que las mejoras implementadas en la propuesta han tenido un impacto positivo en la eficiencia operativa. Un OEE del 76.08% refleja que los equipos están funcionando de manera óptima en cuanto a disponibilidad, rendimiento y calidad, y sugiere que las estrategias de mantenimiento adoptadas han sido efectivas para reducir tiempos de inactividad, mejorar la productividad y mantener los estándares de calidad de producción en la planta. En líneas generales y según los resultados calculados tenemos un aumento del 33.76% en la OEE.

3.4.8 Evaluación final del OEE en la línea de moldeo por soplado de preformas PET

Siguiendo con la proyección de resultados tras la implementación de TPM en la empresa AQUAPLASTIC S.A.S, consideramos de igual manera un tiempo de 2 horas diarias de actividades de mantenimiento entre actividades de mantenimiento autónomo, preventivo y proactivo para los cuales obtenemos un total de 14h semanales de inactividad y sin tener en cuenta las paradas por mantenimiento correctivo tenemos.

$$\text{Tiempo total disponible} = \frac{365 \text{ días}}{\text{año}} * \frac{24\text{h}}{\text{día}} = 8760 \text{ h/año}$$

$$\text{Tiempo total inactividad} = \frac{14 \text{ h}}{\text{sem}} * \frac{52 \text{ sem}}{\text{año}} = 728 \text{ h/año}$$

Índice de disponibilidad

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inactividad})}{\text{Tiempo total disponible}} \quad (1)$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{8760 \frac{\text{horas}}{\text{año}} - 728 \frac{\text{horas}}{\text{año}}}{8760 \frac{\text{horas}}{\text{año}}}$$

$$\text{Disponibilidad} = 0.9168 * 100 = 91.68\%$$

Índice de calidad

Para este caso, con la propuesta del TPM se pronostica al menos un incremento del 25% con respecto al número de unidades producidas inicialmente. Por lo tanto, el número de unidades producidas será de 15000 u/día, para el caso de los defectos de los envases PET se pronostica una reducción del 25% del promedio de preformas dañadas por mes en los datos analizados del mes de junio, julio y agosto, esta mejora se debe a las actividades contempladas en el plan de

mantenimiento en la línea de soplado de preformas PET, incluyen el mantenimiento autónomo, proactivo y preventivo. Por ende, el nuevo valor por defecto al día será de 68 u/día.

$$\text{Número de unidades producidas} = \frac{12650 \text{ u}}{\text{día}} * \frac{30 \text{ días}}{\text{mes}} * \frac{12 \text{ mes}}{\text{año}} = 5\,400\,000 \text{ unid/año}$$

$$\text{Número de defectos} = \frac{68 \text{ u}}{\text{día}} * \frac{30 \text{ días}}{\text{mes}} * \frac{12 \text{ mes}}{\text{año}} = 24480 \text{ unid/año}$$

Estos valores ya hacen posible el nuevo cálculo de la calidad:

$$\text{Calidad} = \frac{(\text{Número de unidades producidas} - \text{Número de defectos})}{\text{Número de unidades producidas}} \quad (2)$$

$$\text{Calidad} = \frac{\left(5\,400\,000 \frac{\text{uni}}{\text{año}} - 24480 \frac{\text{uni}}{\text{año}}\right)}{5\,400\,000 \frac{\text{uni}}{\text{año}}}$$

$$\text{Calidad} = 0.9954 * 100 = 99.54\%$$

Índice de rendimiento

Teniendo en cuenta las horas de inactividad del año por actividades de mantenimiento, obtenemos un tiempo disponible de producción de 8032 h/año, sabiendo que la producción durante las 24 horas del día es de 12650 unidades, entonces.

$$\text{tiempo de ciclo} = \frac{24 \text{ h} * 60 \frac{\text{min}}{\text{h}} * 60 \frac{\text{sg}}{\text{min}}}{15000 \frac{\text{u}}{\text{día}}} = 5.76 \text{ sg/u}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Número de unidades producidas}}{\text{Posible número de unidades}} \quad (3)$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\left(8032 \text{ h} * 60 \frac{\text{min}}{\text{h}} * 60 \frac{\text{sg}}{\text{min}}\right) / 5.76 \text{ sg/u}}{5\,400\,000 \frac{\text{uni}}{\text{año}}}$$

$$\text{Rendimiento} = 0.9296 * 100 = 92.96\%$$

Finalmente, el nuevo OEE es:

$$\text{OEE} = 0.9168 * 0.9954 * 0.9296 = 0.8476$$

$$\text{OEE} = 0.8476 * 100 = 84.83\%$$

El índice de Eficiencia Global de los Equipos (OEE) alcanzado en la evaluación final fue del 76.08%, lo que se clasifica como "aceptable" de acuerdo con la escala de calificación

especificada en la Tabla 35. Esta categorización indica un rendimiento satisfactorio y confirma que las mejoras implementadas en la propuesta han tenido un impacto positivo en la eficiencia operativa. Un OEE del 76.08% refleja que los equipos están funcionando de manera óptima en cuanto a disponibilidad, rendimiento y calidad, y sugiere que las estrategias de mantenimiento adoptadas han sido efectivas para reducir tiempos de inactividad, mejorar la productividad y mantener los estándares de calidad. En la producción en la planta. En líneas generales y según los resultados calculados, tenemos un aumento del 33.76% en la OEE.

3.4.9 Resultado de la propuesta

3.4.9.1 Resultados de las 5S

Para la propuesta de implementación de la metodología 5S, se llevaron a cabo dos auditorías que permitieron evaluar su efectividad en el entorno de trabajo. La primera auditoría se realizó para analizar la situación inicial antes de la aplicación de las 5S, mientras que la segunda auditoría se llevó a cabo al finalizar la implementación, permitiendo comparar los resultados y medir los avances obtenidos. La Tabla 37 presenta un resumen de los resultados de ambas auditorías, destacando las mejoras en organización, limpieza y orden que se lograron mediante la aplicación de esta metodología.

Tabla 37

Resultado de la propuesta 5S

	INICIAL	PROPUESTO
5S	52%	85%
Diagnostico	Regular	Bueno

Nota. Elaborado por autor

Durante la primera evaluación, el nivel de organización 5S estaba en un 52%, lo que significa que fue considerado como "regular". Después de hacer algunos cambios recomendados, mejoramos bastante y ahora tenemos un Nivel 5S del 85%, lo que es considerado "bueno". Este cambio muestra cómo las 5S pueden mejorar el orden, la limpieza y la organización en el trabajo.

La mejor muestra de que se está laborando de una manera más eficiente y segura, y que nuestra cultura laboral ahora se enfoca en seguir mejorando siempre. Con este logro, estamos listos para seguir mejorando en un ambiente laboral positivo y mantener la calidad a largo plazo.

Para examinar más a fondo estos números, la Tabla 38 muestra los resultados en cada paso de la metodología 5S en las dos evaluaciones: al principio y al final, después de ejecutar cambios. En esta tabla se visualiza el progreso en cada etapa, desde clasificar y organizar hasta limpiar, estandarizar y disciplina. Los datos reflejan las mejoras específicas logradas en cada etapa.

Tabla 38

Propuesta 5S resultado detallado

	INICIAL	FINAL
Selección	55%	85%
Orden	45%	85%
Limpieza	55%	85%
Estandarización	55%	80%
Disciplina	52%	88%

Nota. Elaborado por autor

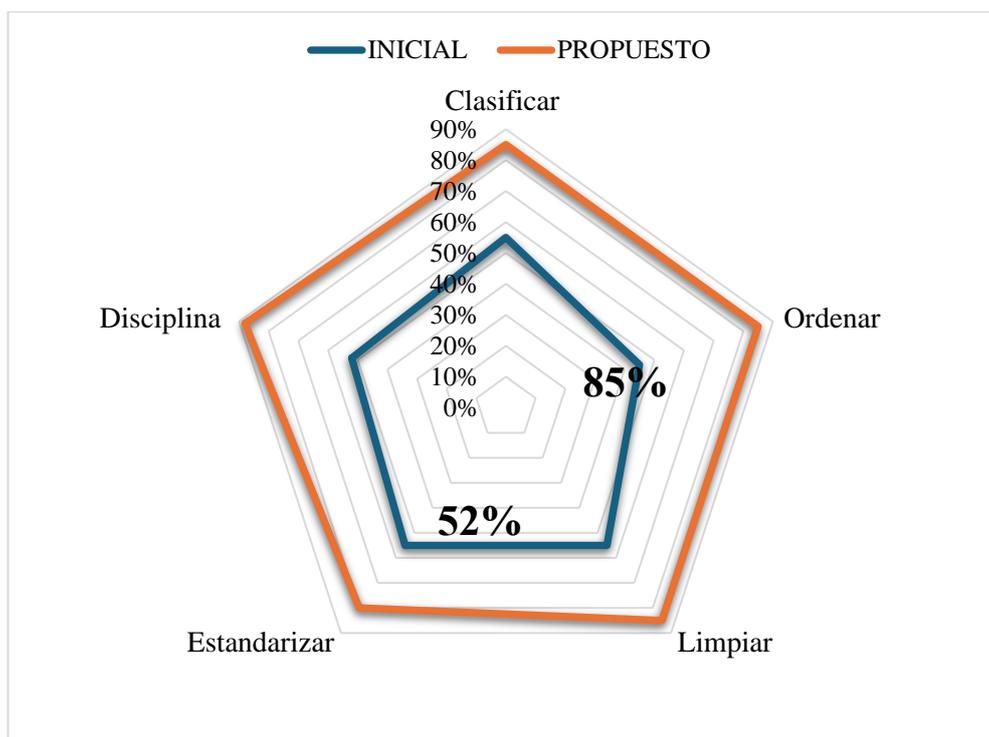
Al examinar de cerca cada parte del sistema 5S, se observan grandes mejoras en cada área analizada. El porcentaje de selección aumentó de 55% a 85%, lo que significa que se mejoró mucho en encontrar y quitar cosas que no son necesarias. La organización también mejoró mucho, aumentando del 45% al 85%, lo que significa que el trabajo se hace de manera más eficiente y organizada.

En cuanto a la estandarización, se logró un 80%, que es mucho mejor que el 55% inicial. Esto significa que se está trabajando duro para hacer que todo se haga de la misma manera. La limpieza mejoró del 55% al 85%, demostrando la importancia de mantener un ambiente de trabajo seguro y limpio. Finalmente, la disciplina se situó en un sólido 88%, demostrando que los empleados han adoptado y mantenido los nuevos estándares de manera consistente.

En el gráfico 19 se presenta una gráfica de radar que permite visualizar de forma clara las mejoras alcanzadas en cada una de las fases de la metodología 5S. Este gráfico radial compara los porcentajes obtenidos en la evaluación inicial y final para cada fase: selección, orden, limpieza, estandarización y disciplina. La diferencia entre los datos de la primera auditoría y la última muestra cómo ha mejorado cada aspecto. Se destaca que la implementación de las 5S ha tenido un impacto positivo en la eficiencia y en la seguridad en el trabajo.

Gráfico 19.

Resumen de los subindicadores de 5s



Nota. Elaborado por autor

La Figura muestra los resultados de las evaluaciones antes y después de usar la metodología 5S, resaltando la mejora alcanzada de forma clara y detallada. **Gráfico 19.** Comparación de los resultados de las 5S. El análisis gráfico de estas mejoras confirma el cumplimiento del objetivo de la metodología: crear un ambiente de trabajo más eficiente y organizado, donde las operaciones se realizan con mayor fluidez y productividad.

3.4.9.2 Resultados del TPM

En la etapa final de la propuesta, se incorporó la herramienta de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la disponibilidad, el rendimiento y calidad de los equipos. Para evaluar su efectividad, se realizaron a cabo dos análisis: uno antes de la implementación del TPM y otro después. Los resultados de estos análisis se reflejan en el Índice de Eficiencia Global de los Equipos (OEE), cuyas mediciones iniciales y finales están resumidas en la tabla 39.

Tabla 39

Resultado propuesto de TPM

INICIAL	FINAL
---------	-------

OEE LINEA 1	51.04%	76.08%
OEE LINEA 2	50.39%	84.83%
Diagnostico	Inaceptable	Aceptable

Nota. Elaborado por autor

El uso de TPM ha marcado una gran diferencia en los indicadores OEE en ambas líneas de producción. En el inicio, el OEE estaba en 51.04%, considerado como "Inaceptable". Pero, después de implementar el plan de TPM, hubo una gran mejora. El OEE aumentó al 76.08%, por lo que se considera "Aceptable". De igual manera, en la línea de producción 2, donde de 50.39% en el OEE inicial, se pasó a 84.03% con la implementación de la propuesta.

Para facilitar la comparación de los subindicadores del Índice de Eficiencia Global de los Equipos, se presenta a continuación la tabla 40, que proporciona un resumen exhaustivo de cada subindicador.

Tabla 40

Resultado del nivel de OEE

SUBINDICADOR	INICIAL	FINAL
LINEA 1		
Disponibilidad	82.05%	91.69%
Rendimiento	78.50%	92.97%
Calidad	78.23%	89.27%
LINEA 2		
Disponibilidad	64.47%	91.69%
Rendimiento	81.62%	92.96%
Calidad	97.00%	99.55%

Nota. Elaborado por autor

Se analiza el Índice de Eficiencia Global del Equipo, que obtuvo una gran mejora en todas las áreas de análisis. línea 1 converge al tiempo más largo, pasando del 82.05% al 91.69%. Da como resultado que la maquinaria, tiene menos tiempo sin trabajar y funciona de manera más eficiente, Adjunto, el desempeño ha mejorado de 78.50% a 92.97%, mostrando que el proceso se está volviendo más productivo. Dando como resultado un mejoramiento de un 78.23% a un 89.27%, manteniendo en niveles aceptables. El gráfico muestra esta información de manera detallada y clara. El color rojo indica cómo estaba antes de la mejora, y el color verde muestra los resultados después de la mejora.

Gráfico 20.

Resumen de los subindicadores de OEE en la línea 1.

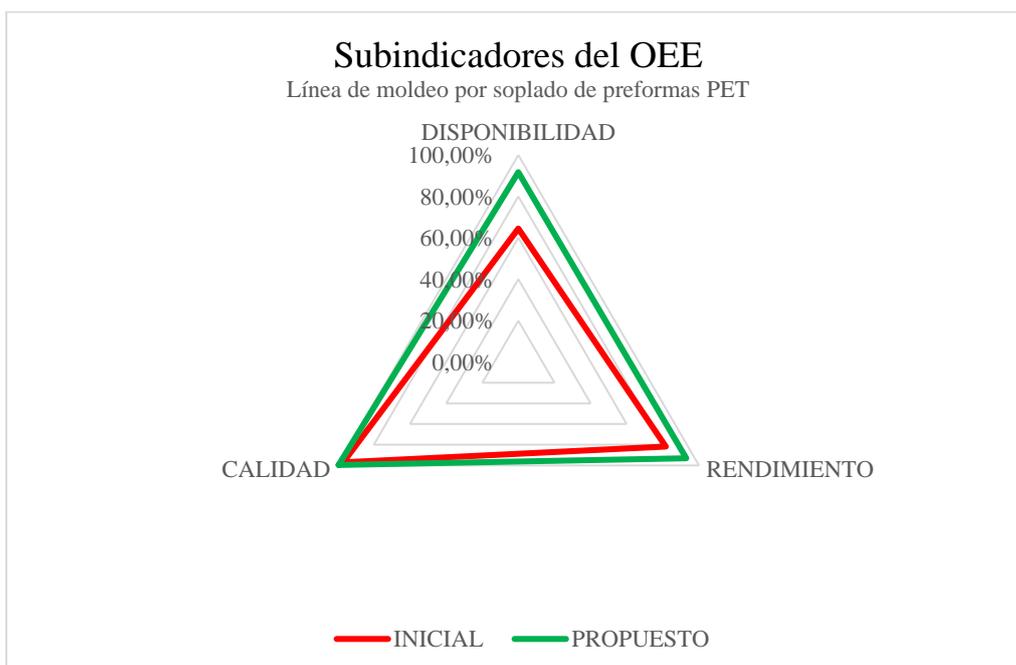


Nota. Elaborado por autor

Por otro lado, en la línea 2 se evidencia una mejora igual de significativa en todas las áreas estudiadas. La disponibilidad de la línea 2 incrementó, elevándose del 64.47% al 91.69%, lo que indica una reducción de los tiempos de inactividad y una mejor eficiencia en el funcionamiento de la maquinaria. El rendimiento aumentó del 81.62% al 92.96%, y la calidad se ha mantenido en niveles muy aceptables, aumentando del 97.00% al 99.55%. El gráfico que se muestra a continuación ilustra esta información consolidada para una visión general de los subindicadores iniciales y los propuestos.

Gráfico 21.

Resumen de los subindicadores de OEE en la línea 2.



Nota. Elaborado por autor

Estos resultados subrayan que la implementación del plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) ha tenido un impacto positivo en la eficiencia operativa, logrando una reducción en los tiempos de inactividad y mejorando la calidad del proceso productivo.

3.4.9.3 Productividad

Se evalúa la producción final tras la implementación de la propuesta para confirmar la mejora de la productividad en la línea de producción de moldeo por extrusión soplado. Como primer paso, se considera el número de unidades producidas antes y después del TPM, considerando que antes se produjeron un total de 160941 unidades entre los meses de junio, julio y agosto y con la propuesta se aumentó la producción diaria de razón de un 10%, es decir, 3168 unidades diarias. En este sentido, se vuelve prudente calcular el índice de productividad antes y después de la propuesta de implementación.

De acuerdo con el departamento de producción, se conoce que para la producción de envases de galones se requieren 2 operarios, con un tiempo de trabajo disponible de 8 horas por turno, siendo 3 turnos al día. La planta labora la totalidad de los días del mes. Por lo cual, se obtiene lo siguiente:

$$Producción_{horas-hombre} = 2 \times 8 * 3 \times 30 = \mathbf{1440\ h - h}$$

De tal modo, se procede a calcular la variación de la producción horas-hombre:

$$Productividad_{horas-hombre\ (inicial)} = \left(\frac{160941\ u}{(1792 * 2\ h - h)} \right) = 44.90\ u/h - h$$

$$Productividad_{horas-hombre\ (final)} = \left(\frac{3168\ \frac{u}{día} * 30\ \frac{día}{mes}}{1440\ h - h} \right) = 66.00\ u/h - h$$

$$\Delta Productividad_{horas-hombre} = \frac{66.00 - 44.90}{44.90} = 0.4699$$

$$\Delta Productividad_{horas-hombre} = 0.4699 * 100 = 46.99\%$$

Finalmente, se pudo determinar el cálculo de la productividad en términos de horas-hombre en los escenarios inicial y final, lo que reflejó un incremento del 46.99% en la productividad. La eficiencia ganada mediante el aumento de las unidades producidas se traduce directamente en la optimización de las paradas no programadas, así como la reducción del

tiempo de inactividad de los equipos en el flujo productivo, esto gracias al programa TPM. Esto deja en evidencia que la propuesta no solo ha beneficiado las actividades de la empresa al optimizar el número de unidades producidas, sino que también ha aumentado la productividad de la producción, pasando de 44.90 u/h-h a 66.00 u/h-h.

En la línea de moldeo por soplado de preforma PET se obtuvo una mejora óptima que refleja la efectividad de la aplicación de TPM en los procesos de producción.

$$Producción_{horas-hombre} = 2 \times 8 * 3 \times 30 = \mathbf{1440 h - h}$$

De tal modo, se procede a calcular la variación de la producción horas-hombre:

$$Productividad_{horas-hombre} (inicial) = \left(\frac{792532 u}{(1408 * 2 h - h)} \right) = 281.43 u/h - h$$

$$Productividad_{horas-hombre} (final) = \left(\frac{15000 \frac{u}{día} * 30 \frac{día}{mes}}{1440 h - h} \right) = 312.5 u/h - h$$

$$\Delta Productividad_{horas-hombre} = \frac{312.5 - 281.43}{281.43} = 0.1140$$

$$\Delta Productividad_{horas-hombre} = 0.1140 * 100 = 11.40\%$$

La productividad tuvo un aumento del 11.40 % respecto a la productividad obtenida durante los meses de junio, julio y agosto.

3.5 Análisis económico y financiero

Por medio de la tabla 41 se presenta un desglose de los costos referenciales de cada uno de los elementos fundamentales necesarios para ejecutar la propuesta de mejora. En este análisis, se incluye la inversión que conlleva el recurso humano, materiales y herramientas en las diversas máquinas.

Tabla 41

Presupuesto del proyecto

Presupuesto del proyecto				
Rubro	Descripción	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total
5S	Capacitación y formación del personal	1	\$350,00	\$350,00
	Suministros de Limpieza	1	\$100,00	\$100,00

	Herramientas de limpieza y mantenimiento	1	\$250,00	\$250,00
	Materiales de etiquetado, normalización y señalización	1	\$100,00	\$100,00
	Mantenimiento y seguimiento	1	\$150,00	\$150,00
	Contenedores para desechos	3	\$20,00	\$60,00
	Capacitación sobre TPM	1	\$400,00	\$400,00
	Mantenimiento autónomo	1	\$200,00	\$200,00
	Repuestos y materiales de mantenimiento	1	\$800,00	\$800,00
	Máquina de moldeo por extrusión y soplado			
	Limpieza y lubricación	1	\$200,00	\$300,00
	Materiales de uso frecuentes	1	\$250,00	\$250,00
	Señalización visual	1	\$100,00	\$100,00
	Sensores y monitoreo de condiciones	1	\$600,00	\$600,00
	Revisión de motores	1	\$1.200,00	\$1.200,00
TPM	Repuestos críticos (Resistencias, sensores y válvulas)	1	3.500,00	\$3.500,00
	Materiales y papelería para registros	1	\$30,00	\$30,00
	Máquina sopladora de envases Pet			
	Limpieza y lubricación	1	\$150,00	\$200,00
	Herramientas básicas	1	\$100,00	\$100,00
	Papelería y suministros	1	\$40,00	\$40,00
	Materiales de uso frecuente	1	\$200,00	\$200,00
	revisión de motores	1	\$500,00	\$500,00
	Herramientas críticas (Sensores, resistencias, válvulas, otros)	1	\$2.000,00	\$2.000,00
	Subtotal			\$11.430,00
	14% de imprevistos			\$1.600,200
	15% de reajuste			\$1.714,50
	TOTAL			\$14.744,70

Nota. Elaborado por autor

Para llevar a cabo la propuesta planteada, se realizó una inversión total de \$14.744,70 USD en activos fijos. Este proyecto generó flujos de efectivo anuales de \$6.411,09 USD durante un periodo de cinco años, a una tasa del 21%. Además, se emplearon herramientas financieras como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Periodo de Recuperación (PR) para analizar la viabilidad de la inversión en el proyecto. A partir de los datos presentados y las herramientas utilizadas, se obtuvieron los resultados reflejados en la tabla 42.

Tabla 42

Flujo de fondo

Cálculos del flujo de fondo						
	0	1	2	3	4	5
Flujo Fondo	-\$14.744,70	\$6.411,09	\$6.411,09	\$6.411,09	\$6.411,09	\$6.411,09
Saldo						
Actual de	-\$14.744,70	\$5.298,42	\$4.378,86	\$3.618,89	\$2.990,82	\$2.471,75
21%						
Saldo						
Actualizado	-\$14.744,70	-\$9.446,28	-\$5.067,42	-\$1.448,53	\$1.542,29	\$4.014,04
Acumulado						

Nota. Elaborado por autor

En consecuencia, se calculan los indicadores complementarios:

TASA (%) = Valor por definición.

TASA (%) = **21%**

VNA (\$) = VNA (Interés; flujo de caja) + desembolso inicial

VNA (\$) = **\$24.303,06**

VAN (\$) = Beneficio Neto Actualizado – Inversión inicial.

VAN (\$) = **\$9.558,36**

TIR (%) = La diferencia entre el valor inicial (costo) y el valor final (retorno de la inversión) se divide por el valor inicial, y el resultado se multiplica por 100.

TIR (%) = **33,05%**

PR (t) = Es la proporción entre la inversión inicial y el flujo de efectivo generado por periodo.

PR = **3 años 5 meses y 24 días**

En este sentido, el beneficio neto actual de \$24.303,06 indica que la propuesta generó un excedente de \$9.558,36, lo cual representa un retorno positivo sobre la inversión inicial, considerando una tasa de interés establecida del 21%. Como resultado, la tasa de retorno obtenida se sitúa en 33,05%, superando la tasa propuesta y demostrando la rentabilidad del proyecto con base en la metodología TPM. Esto es especialmente favorable si se aplican las técnicas establecidas durante la implementación. Adicionalmente, según el análisis del Periodo de Recuperación (PR), se espera recuperar la inversión en el tercer periodo, es decir, al cabo de 3 años, específicamente el 24 de mayo. Este análisis subraya la eficacia de la propuesta, no solo en términos de rentabilidad, sino también en la recuperación no tan prolongada de la inversión, lo cual fortalece la viabilidad del proyecto.

3.6 Marco de discusiones

El desarrollo de un modelo de mantenimiento productivo total es crucial para la eficiencia de la cadena productiva en una organización, dado su vínculo directo con el rendimiento operativo y la maximización de los recursos. Bajo esta perspectiva, por medio del análisis de las exploraciones que abordan y sustentan las herramientas de producción ajustada, se estableció el siguiente cuestionamiento: ¿Cómo el mantenimiento productivo total (TPM) incide en la mejora de la productividad de la empresa AQUAPLASTIC S.A.S? Dicho esto, por medio de una rigurosa indagación respaldada por referencias investigativas de los últimos 5 años, se demostró la viabilidad de herramientas para la mejora de procesos destinadas en diversas industrias manufactureras a nivel global.

El punto de partida fue realizar una investigación exhaustiva sobre los antecedentes relacionados con la mejora de la productividad en cuanto a maquinarias y equipos. Para que esto sea posible fue necesario implementar un mapeo sistemático, donde se obtuvo una comprensión detallada sobre las diversas aplicaciones del Mantenimiento Productivo Total (TPM), subrayando su hegemonía en investigaciones que abordan varios sectores manufactureros, sustancialmente las industrias del plástico. Mayormente, los autores plantearon el método TPM como una herramienta integral para mejorar los niveles de productividad y el número de fallas no programadas de los equipos, logrando un mayor beneficio en cuanto a disponibilidad de tiempo y esfuerzo físico.

Bajo esta óptica, se adquirieron los mecanismos precisos para elaborar la metodología del proyecto, y fundamentalmente la estructura del procedimiento metodológico, y que de acuerdo con Canahua-Apaza (2021) y Ortiz-Porras et al. (2022) se lo estableció en 5 etapas, permitiendo estructurar la investigación de manera sistemática. Por otra parte, se utilizó un enfoque cuantitativo con el propósito de recabar y analizar numéricamente los datos. Así mismo, se utilizó un diseño descriptivo- transversal, permitiendo obtener la información en un periodo de tiempo determinado, y un enfoque correlacional que suministró la identificación de relaciones entre las variables investigadas.

Para recopilar y registrar la información necesaria para el estudio, se utilizó la técnica de revisión documental y se clasificó la información de manera estructurada en fichas de registro enfocadas en el número de fallas no programadas y la disponibilidad de cada equipo en un determinado periodo de tiempo. Por lo tanto, para la validez de los instrumentos se calculó la fiabilidad de la escala mediante el coeficiente Alfa de Cronbach con el software IBM

SPSS Statistics 25, siendo el valor obtenido de 0.851, que significa una consistencia interna robusta y confiable. Y, para la comprobación y comprensión de las hipótesis, también fue necesario el uso del software IBM SPSS Statistics 25, haciendo posible el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson, el cual reflejó como resultado un coeficiente de 0.797, que indicó una correlación fuerte. Estos resultados de las pruebas estadísticas fortalecieron la credibilidad de la investigación tanto como la confiabilidad del instrumento.

Bajo dicho contexto, la propuesta presentada se fundamentó mediante la aplicación de la metodología Total Productive Maintenance (TPM) que incluyó el análisis de la totalidad de las maquinarias y equipos responsables de la fabricación de envases plásticos. Tras su implementación, los resultados de la propuesta partieron de la mejora en el entorno de trabajo representado por la metodología 5S. Inicialmente, la auditoría inicial registró un valor del 52%, siendo el valor antes de aplicar 5S, y con su aplicación y posterior auditoría logró escalar a un 85%. Esta optimización evidencia un impacto positivo en el lugar de trabajo, así como para el mantenimiento autónomo de la planta, ya que, inicialmente se clasificaba como categoría “regular” y dio el salto de calidad hacia la categoría “buena”.

Por otro lado, los resultados del TPM se evaluaron mediante el índice de Eficiencia Global de los Equipos (OEE), el cual brindó una visión completa del desempeño de las máquinas en términos de tiempo efectivo, rendimiento real y calidad de la producción. Este análisis indicó una línea de referencia para medir la eficiencia actual y final de las máquinas dentro del proceso de producción. En efecto, registró un valor inicial de 66.18% (regular) y tuvo un aumento del 12.9%, es decir, se logró una mejora sustancial, elevando el OEE al 78.47%, lo que lo sitúa en la categoría "Aceptable". Este resultado se debe al incremento en sus 3 subindicadores: Disponibilidad, que pasó de 87.53% a 91.09%; Rendimiento, que inicialmente se ubicó en 83.08% y alcanzó un 91.38% final; y finalmente, el subindicador de Calidad, aumentando de 91% hasta un 94.27%.

Finalmente, con base en estos resultados se puso determinar la influencia que tuvo el trabajo investigativo en la productividad del proceso productivo ya que reflejó un incremento del 10.31% en términos de horas-hombre, creciendo de 2.23 u/h-hasta a 2.46 u/h-h, dejando en evidencia que la propuesta también ha beneficiado las actividades de la empresa al optimizar el número de unidades producidas. En efecto, la eficiencia ganada mediante el aumento de las unidades producidas se traduce directamente en la optimización de las paradas no programadas, así como la disminución del tiempo de inactividad de los equipos en el flujo productivo, esto

gracias a la propuesta del TPM. Por ende, se puede determinar que los resultados obtenidos con la propuesta de optimización tienen el sustento necesario y garantizan un mayor desempeño operativo para la empresa.

CONCLUSIONES

Cumpliendo con el objetivo general de la investigación, y respondiendo a las interrogantes planteadas en la problemática, se concluye lo siguiente:

1. La metodología de Mantenimiento productivo total constituye una herramienta muy estratégica para incrementar la productividad y optimización de los equipos de producción de una empresa, reduciendo fallas y aumentando su vida útil. El análisis bibliográfico nos ayudó a identificar formas de como esta metodología TPM tiene un impacto directamente en la eficiencia global de los equipos de producción, pasando de un OEE de 51.04% a 76.08% en la línea 1 y en la línea 2 de un OEE de 50.39% a 84.83% pasando de un diagnóstico inaceptable a aceptable, convirtiendo a esta metodología en una herramienta muy eficaz para enfrentar diferentes desafíos como fallas no programadas, tiempos de inactividad y de la misma forma ayudar a aumentar la disponibilidad de los equipos y calidad de sus productos.
2. El marco metodológico diseñado en este trabajo investigativo nos brinda un enfoque más práctico para la adaptación del Mantenimiento Productivo Total en la empresa Aquaplastic S.A.S, alineándose a las características, necesidades y capacidades actuales de la empresa, la implementación de esta propuesta TPM permitirá a la empresa aumentar su productividad en sus 2 líneas de producción incrementando un 46.99% en la línea 1 de galones y 11.40% en la línea 2 de envases PET. Esto también ayuda a incrementar su competitividad en el mercado garantizando procesos productivos más sostenibles.
3. La aplicación de la propuesta para el mantenimiento preventivo total en la planta de plásticos AQUAPLASTIC S.A.S. permitió que el OEE de las 2 líneas de producción aumentó en la línea 1 un 76.07%, frente al 51.04% inicial, logrando así una mejora significativa que permitió que el rendimiento pasara de un estado "inaceptable" a uno

"aceptable" mientras que en la línea 2 aumentó un 84.83%, frente a 50.39% inicial. Esta optimización refleja el impacto positivo de las estrategias implementadas en la disponibilidad, rendimiento y calidad del equipo, contribuyendo a una mayor eficiencia en la operación y una reducción de tiempos de inactividad no planificados además se determinó que el enfoque de la investigación es válido, ya que se proyecta un ritmo de trabajo más dinámico, con metas definidas orientadas a reducir costos y aumentar la producción. Se estimó un presupuesto de **\$14.744,70** con un tiempo de recuperación de **3 años 5 meses y 24 días**

RECOMENDACIONES

Con los resultados obtenidos de la propuesta de implementación del Mantenimiento productivo total, en la empresa Aquaplastic S.A.S. Provincia Santa Elena – Ecuador. Se demuestra una mejora en la productividad, para asegurar una ejecución efectiva de esta metodología se recomienda lo siguiente.

1. El desarrollo de un análisis de la literatura o análisis bibliográfico debe ser desarrollado mediante una búsqueda específica y aplicándose criterios que permitan obtener investigaciones con información actual y que permitan obtener información relevante que sirva como guía para el desarrollo de un trabajo de titulación y que brinden herramientas y metodologías innovadoras en pro de una investigación especializada.
2. En el marco metodológico es recomendable establecer metodologías específicas que permitan obtener datos significativos y cuantificables que ofrezcan un análisis más profundo del objeto de estudio para este caso en el sector del mantenimiento preventivo, de la mano con la guía de revisiones literarias de investigaciones anteriores y a su vez permitan brindar una solución efectiva y eficaz de la problemática que gira en torno a la investigación realizada.
3. La propuesta de mejora implementada en la planta de fabricación de botellas plásticas enfocada en el mantenimiento productivo total enfocada en la eficiencia productiva y la eficiencia global de la maquinaria operativa puede ser aplicada por cualquier tipo de empresa dedicadas a la producción en este mercado, pero es recomendable que esta sea adecuada a las necesidades de presentadas por la planta por lo que debe obtener un estudio previo que determine las apartadas de mejorar y así modificar a un plan de mantenimiento que cumpla con las necesidades de la planta que desea implementarla.

BIBLIOGRFÍA

- Aguilar, F., & Salazar, A. (2022). *Aplicación del estudio del trabajo para mejorar la productividad en el proceso de prensado de pet blanco en la empresa Marbel Pachas, Juliaca, Puno, 2022*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/94274>
- Ángel, M., Kido-miranda, I., & Carlos, J. (2017). Revista de Investigaciones Sociales Metodología de la aplicación 5'S. In *Junio* (Vol. 3, Issue 8). www.ecorfan.org/republicofnicaragua
- Braglia, M., Di Paco, F., Frosolini, M., & Marrazzini, L. (2023). Quick changeover design: a new Lean methodology to support the design of machines in terms of rapid changeover capability. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 34(9). <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2022-0430>
- Buckley, J., Araujo, J. A., Aribilola, I., Arshad, I., Azeem, M., Buckley, C., Fagan, A., Fitzpatrick, D. P., Garza Herrera, D. A., Hyland, T., Imtiaz, M. B., Khan, M. B., Lanzagorta Garcia, E., Moharana, B., Mohd Sufian, M. S. Z., Osterwald, K. M., Phelan, J., Platonava, A., Reid, C., ... Zainol, I. (2024). How transparent are quantitative studies in contemporary technology education research? Instrument development and analysis. *International Journal of Technology and Design Education*, 34(2), 461–483. <https://doi.org/10.1007/S10798-023-09827-9/METRICS>
- Canahua Apaza, N. M., & Canahua Apaza, N. (2021). Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica. *Industrial Data*, 24(1), 49–76. <https://doi.org/10.15381/idata.v24i1.18402>
- Canahua, N. (2021). Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica. *Industrial Data*, 24(1), 49–76. <https://doi.org/10.15381/IDATA.V24I1.18402>
- Carrillo Landazábal, M. S., Alvis Ruiz, C. G., Mendoza Álvarez, Y. Y., & Cohen Padilla, H. E. (2019). Lean manufacturing: 5 s y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmecánica en Cartagena, Colombia. *SIGNOS - Investigación En Sistemas de Gestión*, 11(1), 71–86. <https://doi.org/10.15332/s2145-1389-4934>

Cedeño-Moreira, W. J., & Gorozabel-Chata, F. B. (2021). Análisis de criticidad del equipamiento industrial de la línea de bovinos de un centro de faenamiento. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 4(8 Edición especial septiembre), 49–65. <https://doi.org/10.46296/ig.v4i8edesep.0029>

Cómo citar el artículo. (n.d.). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33962773006>

Condo, R., Cruz, L., & Quiroz, J. (2022). Increased equipment performance in agro-industrial companies through a maintenance model based on the TPM approach. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2022-July*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.77>

Daniyan, I., Adeodu, A., Mpofo, K., Maladzhi, R., & Kana-Kana Katumba, M. G. (2022). Application of lean Six Sigma methodology using DMAIC approach for the improvement of bogie assembly process in the railcar industry. *Heliyon*, 8(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09043>

De Medicina, F. (n.d.). *PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR*.

Del Cid, A., Méndez, R., & Sandoval, F. (2011). *Investigación. Fundamentos y metodología*. <https://josedominguezblog.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/06/investigacion-fundamentos-y-metodologia.pdf>

Diego Hernández, J. (2018). *Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones On the proper use of the Pearson correlation coefficient: definitions, properties and assumptions* (Vol. 37). <https://orcid.org/0000-0003->

Enciso, R., Suasaca, W. ;, Pág, P. J., Raúl, W., Suasaca, J. W., Asesor, P., Bravo, M. I. M., & Lima - Perú, O. (n.d.). *Ingeniero Industrial*.

Espinoza, E. (2018, October). *Las variables y su operacionalización en la investigación educativa. Parte I*. *Revista Pedagógica de La Universidad de Cienfuegos*. https://www.researchgate.net/publication/328268666_Las_variables_y_su_operacionalizacion_en_la_investigacion_educativa_Parte_I

Ewnetu, M., & Gzate, Y. (2023). Assembly operation productivity improvement for garment production industry through the integration of lean and work-study, a case study on Bahir Dar textile share company in garment, Bahir Dar, Ethiopia. *Heliyon*, 9(7), e17917. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17917>

- Figueredo, A. L. F., Aguilar, R. F. L., & Roselló, M. M. M. (2019). Procedimiento para el procesamiento de información científica en la DPI de la carrera Ingeniería Forestal. *Biblios Journal of Librarianship and Information Science*, 0(75), 46–61. <https://doi.org/10.5195/biblios.2019.473>
- Garcia, G., Singh, Y., & Jagtap, S. (2022). Optimising Changeover through Lean-Manufacturing Principles: A Case Study in a Food Factory. *Sustainability (Switzerland)*, 14(14). <https://doi.org/10.3390/su14148279>
- Guevara, A., Zapata, A., & Medina, D. (2022). *Lean Manufacturing Modelos y herramientas*.
- Habib, M. A., Rizvan, R., & Ahmed, S. (2023). Implementing lean manufacturing for improvement of operational performance in a labeling and packaging plant: A case study in Bangladesh. *Results in Engineering*, 17. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100818>
- Haddad, T., Shaheen, B. W., & Németh, I. (2021). Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) of Extrusion Machine Using Lean Manufacturing Approach. *Manufacturing Technology*, 21(1), 56–64. <https://doi.org/10.21062/mft.2021.006>
- Hidayat, D., Hardono, J., & Argi Wahyu. (2020). Analisa Total Productive Maintenance (TPM) Menggunakan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Pada Mesin CNC Milling. *Jurnal Teknik*, 9(2). <https://doi.org/10.31000/jt.v9i2.3689>
- Jarama, J. L. V., Moscoso, V. H. O., & Flores, R. R. (2024). Tendencias actuales en mantenimiento productivo total. *E-Revista Multidisciplinaria Del Saber*, 2. <https://doi.org/10.61286/E-RMS.V2I.60>
- Kumar, R., Singh, K., & Jain, S. K. (2022). Setup time reduction to enhance the agility of the manufacturing industry through kobetsu kaizen and SMED: a case study. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, 12(5), 631–656. <https://doi.org/10.1504/IJPMB.2022.125320>
- Lamani, E., Ahmad, A. N. A. Bin, & Ahmad, M. F. Bin. (2020). Lean manufacturing implementation to reduce waste on weighing scale assembly line. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 8(1 1.2 Special Issue). <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/0781.22020>
- Mendes, D., Gaspar, P. D., Charrua-Santos, F., & Navas, H. (2023). Integrating TPM and Industry 4.0 to Increase the Availability of Industrial Assets: A Case Study on a Conveyor Belt. *Processes*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/pr11071956>

- Mercedes, C., Donoso, H., Andrés, I. R., & Armijos, C. (2022). Impacto del Lean Manufacturing en la Productividad de las Microempresas de Guayaquil. *E-IDEA Journal of Engineering Science*, 4(9), 1–13. <https://doi.org/10.53734/ESCI.VOL4.ID223>
- Miranda, Y., Toledo, F., & Altamirano, E. (2022). Optimization model to increase the efficiency of the flexible packaging production process applying the Johnson Method, SMED and TPM in a SME in the Plastics Sector. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2022-July*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.748>
- Narváez, J., Pardo, C., & Orozco, C. (2023). Deuda de la documentación en el desarrollo ágil de software: mapeo sistemático de la literatura. *Revista Científica*, 46(1), 107–121. <https://doi.org/10.14483/23448350.19670>
- Niekurzak, M., Lewicki, W., Coban, H. H., & Bera, M. (2023). A Model to Reduce Machine Changeover Time and Improve Production Efficiency in an Automotive Manufacturing Organisation. *Sustainability (Switzerland)*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/su151310558>
- Obeso Alfaro, A. P., Yaya Sarmiento, J. J., & Chucuya Huallpachoque, R. (2020). Implementación del Mantenimiento Productivo Total en la mejora de la productividad y mantenibilidad del proceso de harina de pescado. *INGnosis Revista de Investigación Científica*, 5(2), 126–138. <https://doi.org/10.18050/ingnosis.v5i2.2334>
- Oleksiak, B., Ciecńska, B., Ołów, P., & Hordyńska, M. (2023). Analysis of the Possibility of Introducing the Reduction of Changeover Time of Selected CNC Machines Using the SMED Method. *Production Engineering Archives*, 29(1). <https://doi.org/10.30657/pea.2023.29.10>
- Oliveira, C., & Lima, T. M. (2023). Setup Time Reduction of an Automotive Parts Assembly Line Using Lean Tools and Quality Tools. *Eng*, 4(3). <https://doi.org/10.3390/eng4030134>
- Ondra, P. (2022). The Impact of Single Minute Exchange of Die and Total Productive Maintenance on Overall Equipment Effectiveness. *Journal of Competitiveness*, 14(3). <https://doi.org/10.7441/joc.2022.03.07>
- Página Editorial*. (n.d.). <https://doi.org/10.60968/iaet.3594-035X>
- Pinto, G., Silva, F. J. G., Baptista, A., Fernandes, N. O., Casais, R., & Carvalho, C. (2020). TPM implementation and maintenance strategic plan - A case study. *Procedia Manufacturing*, 51. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.198>

- Porras, J. O., Bacalla, J. S., Palma, L. H., Alva, R. M., Malpartida, E. S., Porras, J. O., Bacalla, J. S., Palma, L. H., Alva, R. M., & Malpartida, E. S. (2022). Modelo de gestión para la aplicación de herramientas Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en una empresa de confección de ropa antífama de Lima - Perú. *Industrial Data*, 25(1), 103–135. <https://doi.org/10.15381/IDATA.V25I1.21501>
- Quiroz-Flores, J. C., & Vega-Alvites, M. L. (2022). REVIEW LEAN MANUFACTURING MODEL OF PRODUCTION MANAGEMENT UNDER THE PREVENTIVE MAINTENANCE APPROACH TO IMPROVE EFFICIENCY IN PLASTICS INDUSTRY SMES: A CASE STUDY. *The South African Journal of Industrial Engineering*, 33(2), 143–156. <https://doi.org/10.7166/33-2-2711>
- Ramírez-Zavala, M. R., López-Guerrero, A., Olivares-Fong, L. del C., Velázquez-Victorica, K. I., & Montoya-Alcaraz, M. (2024). Factors That Impact the Dynamics and Effectiveness of Work Teams during the Implementation of Continuous Improvement Tools in the Manufacturing Industry: A Systematic Literature Review. *Applied Sciences*, 14(3), 1017. <https://doi.org/10.3390/app14031017>
- Rathi, S. S., Sahu, M. K., & Kumar, S. (2024). Implementation of lean manufacturing methods to improve rolling mill productivity. *International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration*, 11(111), 243–256. <https://doi.org/10.19101/IJATEE.2023.10102004>
- Rayme Flores, M. S., & Diaz Dumont, J. R. (2021). Mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en los equipos de medición. *Qantu Yachay*, 1(1), 59–66. <https://doi.org/10.54942/qantuyachay.v1i1.8>
- Rizky Wicaksono, S., Setiawan, R., -, P., Fitri Ikatrinasari, Z., Hasibuan, S., Kosasih -, K., Sri Ngadono, T., Rokhim, M., Fitri Ikatrinasari -, Z., Lie, S. R., & Kusumastuti, R. D. (2021). Process improvement using value stream mapping and lean methodology: a case study application in batch chemical process industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1072(1), 012015. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1072/1/012015>
- Romero, H., Real, J., Ordóñez, J., Gavino, G., & Saldarriaga, G. (2021). *Metodología de la investigación*. <https://www.researchgate.net/publication/356568692>
- Ronal Elicio Moscoso Jácome, I. (n.d.). Proactive maintenance in hydrocarbon transport mechanical equipment in Ecuador. In *Revista científica Ciencia y Tecnología* (Vol. 17). <http://cienciaytecnologia.uteg.edu.ec>

- Santos, V., Sousa, V. F. C., Silva, F. J. G., Matias, J. C. O., Costa, R. D., Pinto, A. G., & Campilho, R. D. S. G. (2022). Applying the SMED Methodology to Tire Calibration Procedures. *Systems*, *10*(6). <https://doi.org/10.3390/systems10060239>
- Schindlerová, V., Šajdlerová, I., Michalčík, V., Nevima, J., & Krejčí, L. (2020). Potential of using TPM to increase the efficiency of production processes. *Tehnicki Vjesnik*, *27*(3). <https://doi.org/10.17559/TV-20190328130749>
- Shannon, N., Trubetskaya, A., Iqbal, J., & McDermott, O. (2023). A total productive maintenance & reliability framework for an active pharmaceutical ingredient plant utilising design for Lean Six Sigma. *Heliyon*, *9*(10), e20516. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2023.E20516>
- Teles, F., Pereira, V. N. C., Pereira, G. S., Teles, H. H. M., Almeida, M. D., Neto, C. A., & Caselli, F. D. R. (2023). Obstacles and benefits of the implementation of Total Productive Maintenance (TPM): a literature review. *Revista De Gestao E Secretariado-Gesec*, *14*(4).
- Tortorella, G. L., Fogliatto, F. S., Cauchick-Miguel, P. A., Kurnia, S., & Jurburg, D. (2021). Integration of Industry 4.0 technologies into Total Productive Maintenance practices. *International Journal of Production Economics*, *240*, 108224. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2021.108224>
- Vandenbossche, V., Candy, L., Evon, P., Rouilly, A., & Pontalier, P. Y. (2019). Extrusion. *Green Food Processing Techniques: Preservation, Transformation and Extraction*, 289–314. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815353-6.00010-0>
- Vega, M., & Quiroz, J. (2022). Increased machine availability in a plastic injection molding plant through the implementation of TPM and Lean Manufacturing tools: An Empirical Research in Perú. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2022-July*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.185>
- Vieira, A., Silva, F., Campilho, R., Ferreira, L., Sá, J., & Pereira, T. (2020). SMED methodology applied to the deep drawing process in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, *51*, 1416–1422. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.197>

ANEXOS

Anexo 1. Tendencia de artículos publicados.

N° Artículos	Tendencia de artículos publicados				
	2020	2021	2022	2023	2024
1		1			
2				1	
3					
4			1		
5			1		
6			1		
7	1				
8		1			
9	1				
10			1		
11				1	
12	1				
13				1	
14			1		
15			1		
16				1	
17				1	
18			1		
19			1		
20		1			
21			1		
22	1				
23			1		
24					1
25				1	
26				1	
27		1			
28				1	
29	1				
TOTAL	5	4	10	8	1
Porcentaje	17,86%	14,29%	35,71%	28,57%	3,57%

Nota: Elaborado por autor.

Anexo 2. Evaluación de calidad de artículos

Evaluación de Calidad de artículos								
N° Artículos	Criterios de evaluación							Calificación total
	C.e.1	C.e.2	C.e.3	C.e.4	C.e.5	C.e.6	C.e.7	
A1	1	1	1	1	1	1	1	7
A2	0	1	1	-1	1	0	1	3
A3	1	1	1	-1	1	1	1	5
A4	1	1	1	-1	1	1	1	5
A5	0	1	1	-1	1	1	1	4
A6	1	1	0	-1	1	1	0	3
A7	1	1	1	-1	1	1	1	5
A8	1	0	1	-1	1	1	1	4
A9	1	1	1	-1	1	1	1	5
A10	1	1	1	1	1	1	1	7
A11	1	0	1	-1	1	1	1	4
A12	1	0	1	1	1	1	1	6
A13	1	1	0	1	1	1	1	6
A14	1	1	1	0	1	1	1	6
A15	1	1	1	-1	1	0	1	4
A16	1	1	1	-1	1	1	1	5
A17	1	1	1	0	1	1	1	6
A18	1	0	1	1	1	-1	1	4
A19	1	1	1	-1	1	1	1	5
A20	1	1	1	0	1	1	1	6
A21	1	1	1	-1	1	1	1	5
A22	1	0	1	0	1	1	1	5
A23	1	1	1	0	1	1	1	6
A24	0	1	1	-1	1	1	0	3
A25	0	1	1	-1	1	0	1	3
A26	-1	1	1	1	1	1	1	5
A27	1	0	1	0	1	0	1	4
A28	0	0	1	0	1	1	1	4
A29	1	1	1	0	1	1	1	6

Nota: Elaborado por autor.

Anexo 3. Herramienta de optimización propuesta

N ° Art.	Herramientas de optimización propuestas					
	TPM	SMED	5S	Kanban	LEAN	DMAIC
A1	1					
A2	1					
A3						1
A4		1				
A5			1			
A6					1	
A7	1					
A8					1	
A9				1		
A10	1	1	1			
A11		1	1			
A12	1					
A13		1				
A14	1					
A15		1				
A16			1		1	
A17			1		1	
A18					1	
A19	1					
A20		1				
A21		1				
A22		1				
A23	1					
A24	1	1				
A25					1	
A26	1					
A27	1		1			
A28	1					
A29	1					
Total	13	9	6	1	6	1
%	36,11%	25,00%	16,67%	2,78%	16,67%	2,78%

Nota: Elaborado por autor.

Anexo 4. Técnicas e instrumentos utilizados

Técnica		
Tipo	Frecuencia	Porcentaje
Revisión documental	14	40,00%
Observación directa	12	34,29%
Estudio de tiempos	5	14,29%
Entrevistas	4	11,43%
Total	35	100%
Herramienta de diagnóstico		
Tipo	Frecuencia	Porcentaje
5S	6	12,77%
Diagrama de flujo de procesos	3	6,38%
Fichas de registro	9	19,15%
Diagrama de Pareto	3	6,38%
Ficha de observación	8	17,02%
Five Why's analysis	2	4,26%
Diagrama de Ishikawa	3	6,38%
Diagrama de espagueti	3	6,38%
Matriz experimental	1	2,13%
Diagrama de Gantt	2	4,26%
VSM	5	10,64%
Layout	2	4,26%
Total	47	134%

Nota: Elaborado por autor.

Anexo 5. Análisis de criticidad de máquina de moldeo por extrusión y soplado

Criterios para análisis de criticidad de equipos			
Equipo:	Máquina de moldeo por extrusión y soplado.	Codigo:	AQP0001-CT
Frecuencia de fallas			
Criterios	Descripción	Puntaje	Selección
Interrupciones	A: Una interrupción trimestral	1	
	B: Una interrupción mensual	2	
	B: Una interrupción por cada dos semanas	3	
	C: Una interrupción semanal	4	X
	D: Más de una interrupción semanal	5	
Impacto relacionado con las fallas			
Criterios	Descripción	Puntaje	
Nivel de producción	A: 0 – 1000 envases plásticos /día	1	
	B: 1001 – 2000 envases plásticos /día	2	
	C: 2001 – 5000 envases plásticos /día	4	X
	D: Más de 5000 envases plásticos /día	6	
Tiempo promedio de reparación	A: Menos de 4 horas	1	
	B: Entre 4 y 8 horas	2	X
	C: Entre 8 y 24 horas	4	
	D: Más de 24 horas	8	
Costo de reparación	A: Menos de \$500	2	
	B: Entre \$500 y \$1000	4	X
	C: Entre \$1000 y \$3000	8	
	D: Más de \$3000	12	
Impacto en la seguridad	A: Si	20	X
	B: No	0	
Impacto ambiental	A: Si	20	
	B: No	0	X

Nota: Elaborado por autor.

Anexo 6. Análisis de criticidad de máquina sopladora de envases Pet

Criterios para análisis de criticidad de equipos			
Equipo:	Máquina sopladora de envases Pet	Codigo:	AQP0003-CT
Frecuencia de fallas			
Criterios	Descripción	Puntaje	Selección
Interrupciones	A: Una interrupción trimestral	1	
	B: Una interrupción mensual	2	
	B: Una interrupción por cada dos semanas	3	
	C: Una interrupción semanal	4	X
	D: Más de una interrupción semanal	5	
Impacto relacionado con las fallas			
Criterios	Descripción	Puntaje	
Nivel de producción	A: 0 – 1000 envases plásticos /día	1	
	B: 1001 – 2000 envases plásticos /día	2	
	C: 2001 – 5000 envases	4	
	D: Más de 5000 envases plásticos /día	6	X
Tiempo promedio de reparación	A: Menos de 4 horas	1	
	B: Entre 4 y 8 horas	2	X
	C: Entre 8 y 24 horas	4	
	D: Más de 24 horas	8	
Costo de reparación	A: Menos de \$500	2	X
	B: Entre \$500 y \$1000	4	
	C: Entre \$1000 y \$3000	8	
	D: Más de \$3000	12	
Impacto en la seguridad	A: Si	20	X
	B: No	0	
Impacto ambiental	A: Si	20	
	B: No	0	X

Nota: Elaborado por autor.

Anexo 7. Análisis de criticidad de máquina Chiller

Criterios para análisis de criticidad de equipos			
Equipo:	Chiller	Codigo:	AQP0003-CT
Frecuencia de fallas			
Criterios	Descripción	Puntaje	Selección
Interrupciones	A: Una interrupción trimestral	1	
	B: Una interrupción mensual	2	X
	B: Una interrupción por cada dos semanas	3	
	C: Una interrupción semanal	4	
	D: Más de una interrupción semanal	5	
Impacto relacionado con las fallas			
Criterios	Descripción	Puntaje	
Nivel de producción	A: 0 – 1000 envases plásticos /día	1	X
	B: 1001 – 2000 envases plásticos /día	2	
	C: 2001 – 5000 envases plásticos /día	4	
	D: Más de 5000 envases plásticos /día	6	
Tiempo promedio de reparación	A: Menos de 4 horas	1	X
	B: Entre 4 y 8 horas	2	
	C: Entre 8 y 24 horas	4	
	D: Más de 24 horas	8	
Costo de reparación	A: Menos de \$500	2	
	B: Entre \$500 y \$1000	4	X
	C: Entre \$1000 y \$3000	8	
	D: Más de \$3000	12	
Impacto en la seguridad	A: Si	20	
	B: No	0	X
Impacto ambiental	A: Si	20	
	B: No	0	X

Nota: Elaborado por autor.

Anexo 8. Análisis de criticidad de máquina Molino triturador

Criterios para análisis de criticidad de equipos			
Equipo:	Molino triturador	Codigo:	AQP0004-CT
Frecuencia de fallas			
Criterios	Descripción	Puntaje	Selección
Interrupciones	A: Una interrupción trimestral	1	
	B: Una interrupción mensual	2	X
	B: Una interrupción por cada dos semanas	3	
	C: Una interrupción semanal	4	
	D: Más de una interrupción semanal	5	
Impacto relacionado con las fallas			
Criterios	Descripción	Puntaje	
Nivel de producción	A: 0 – 1000 envases plásticos /día	1	
	B: 1001 – 2000 envases plásticos /día	2	X
	C: 2001 – 5000 envases plásticos /día	4	
	D: Más de 5000 envases plásticos /día	6	
Tiempo promedio de reparación	A: Menos de 4 horas	1	X
	B: Entre 4 y 8 horas	2	
	C: Entre 8 y 24 horas	4	
	D: Más de 24 horas	8	
Costo de reparación	A: Menos de \$500	2	
	B: Entre \$500 y \$1000	4	X
	C: Entre \$1000 y \$3000	8	
	D: Más de \$3000	12	
Impacto en la seguridad	A: Si	20	X
	B: No	0	
Impacto ambiental	A: Si	20	
	B: No	0	X

Nota: Elaborado por autor.

Anexo 9. Análisis de criticidad de máquina mezcladora de material

Criterios para análisis de criticidad de equipos			
Equipo:	Mesclador de material	Codigo:	AQP0005-CT
Frecuencia de fallas			
Criterios	Descripción	Puntaje	Selección
Interrupciones	A: Una interrupción trimestral	1	
	B: Una interrupción mensual	2	X
	B: Una interrupción por cada dos semanas	3	
	C: Una interrupción semanal	4	
	D: Más de una interrupción semanal	5	
Impacto relacionado con las fallas			
Criterios	Descripción	Puntaje	
Nivel de producción	A: 0 – 1000 envases plásticos /día	1	X
	B: 1001 – 2000 envases plásticos /día	2	
	C: 2001 – 5000 envases plásticos /día	4	
	D: Más de 5000 envases plásticos /día	6	
Tiempo promedio de reparación	A: Menos de 4 horas	1	X
	B: Entre 4 y 8 horas	2	
	C: Entre 8 y 24 horas	4	
	D: Más de 24 horas	8	
Costo de reparación	A: Menos de \$500	2	
	B: Entre \$500 y \$1000	4	X
	C: Entre \$1000 y \$3000	8	
	D: Más de \$3000	12	
Impacto en la seguridad	A: Si	20	
	B: No	0	X
Impacto ambiental	A: Si	20	
	B: No	0	X

Nota: Elaborado por autor.

Anexo 10. Análisis de criticidad de máquina elevadora de material.

Criterios para análisis de criticidad de equipos			
Equipo:	Elevador de material	Código:	AQP0006-CT
Frecuencia de fallas			
Criterios	Descripción	Puntaje	Selección
Interrupciones	A: Una interrupción trimestral	1	
	B: Una interrupción mensual	2	X
	B: Una interrupción por cada dos semanas	3	
	C: Una interrupción semanal	4	
	D: Más de una interrupción semanal	5	
Impacto relacionado con las fallas			
Criterios	Descripción	Puntaje	
Nivel de producción	A: 0 – 1000 envases plásticos /día	1	X
	B: 1001 – 2000 envases plásticos /día	2	
	C: 2001 – 5000 envases plásticos /día	4	
	D: Más de 5000 envases plásticos /día	6	
Tiempo promedio de reparación	A: Menos de 4 horas	1	X
	B: Entre 4 y 8 horas	2	
	C: Entre 8 y 24 horas	4	
	D: Más de 24 horas	8	
Costo de reparación	A: Menos de \$500	2	
	B: Entre \$500 y \$1000	4	X
	C: Entre \$1000 y \$3000	8	
	D: Más de \$3000	12	
Impacto en la seguridad	A: Si	20	
	B: No	0	X
Impacto ambiental	A: Si	20	
	B: No	0	X

Nota: Elaborado por autor.

Anexo 11. Análisis de criticidad de máquina Compresor de aire por pistón

Criterios para análisis de criticidad de equipos			
Equipo:	Compresor de aire por piston	Codigo:	AQP0007-CT
Frecuencia de fallas			
Criterios	Descripción	Puntaje	Selección
Interrupciones	A: Una interrupción trimestral	1	
	B: Una interrupción mensual	2	X
	B: Una interrupción por cada dos semanas	3	
	C: Una interrupción semanal	4	
	D: Más de una interrupción semanal	5	
Impacto relacionado con las fallas			
Criterios	Descripción	Puntaje	
Nivel de producción	A: 0 – 1000 envases plásticos /día	1	X
	B: 1001 – 2000 envases plásticos /día	2	
	C: 2001 – 5000 envases plásticos /día	4	
	D: Más de 5000 envases plásticos /día	6	
Tiempo promedio de reparación	A: Menos de 4 horas	1	X
	B: Entre 4 y 8 horas	2	
	C: Entre 8 y 24 horas	4	
	D: Más de 24 horas	8	
Costo de reparación	A: Menos de \$500	2	
	B: Entre \$500 y \$1000	4	X
	C: Entre \$1000 y \$3000	8	
	D: Más de \$3000	12	
Impacto en la seguridad	A: Si	20	
	B: No	0	X
Impacto ambiental	A: Si	20	
	B: No	0	X

Nota: Elaborado por autor.

Anexo 12. Análisis de criticidad de máquina Compresor de aire de tornillo

Criterios para análisis de criticidad de equipos			
Equipo:	Compresor de aire de tornillo	Codigo:	AQP0008-CT
Frecuencia de fallas			
Criterios	Descripción	Puntaje	Selección
Interrupciones	A: Una interrupción trimestral	1	
	B: Una interrupción mensual	2	X
	B: Una interrupción por cada dos semanas	3	
	C: Una interrupción semanal	4	
	D: Más de una interrupción semanal	5	
Impacto relacionado con las fallas			
Criterios	Descripción	Puntaje	
Nivel de producción	A: 0 – 1000 envases plásticos /día	1	X
	B: 1001 – 2000 envases plásticos /día	2	
	C: 2001 – 5000 envases plásticos /día	4	
	D: Más de 5000 envases plásticos /día	6	
Tiempo promedio de reparación	A: Menos de 4 horas	1	X
	B: Entre 4 y 8 horas	2	
	C: Entre 8 y 24 horas	4	
	D: Más de 24 horas	8	
Costo de reparación	A: Menos de \$500	2	
	B: Entre \$500 y \$1000	4	X
	C: Entre \$1000 y \$3000	8	
	D: Más de \$3000	12	
Impacto en la seguridad	A: Si	20	
	B: No	0	X
Impacto ambiental	A: Si	20	
	B: No	0	X

Nota: Elaborado por autor.

Anexo 13. Ficha de registro de VI mes de junio

		Aquaplastic S.A.S																												F.Elaboracion: 1/10/			
		FICHA DE REGISTRO																												F.Revision			
Departamento: Producción																														Elaborado por: Henry Suárez			
Producto:		N° DE PARADAS NO PROGRAMADAS (PNP)																												Unidad: 1 unidad			
N°	Descripción de activos	FICHAS DE RESGISTRO DEL MES DE JUNIO 2024																												N° total de PNP			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		29	30	
1	SOPLADORA 1 (EXTRUSORA)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	8
2	SOPLADORA 2 (PET)	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	7
3	MOLINO TRITURADOR	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	
4	CHILLER	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	
5	MESCLADOR DE MATERIAL	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	
6	ELEVADOR DE MATERIAL	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	
7	COMPRESOR DE AIRE	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4	
8	COMPRESOR DE TORNILLO	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	
Observaciones:		Total de PNP de junio																												32			

Nota: Elaborado por autor.

Anexo 14. Ficha de registro de VD mes de junio

		Aquaplastic S.A.S																												F.Elaboracion: 1/10/24		
		FICHA DE REGISTRO																												F.Revision		
Departamento: Producción																														Elaborado por: Henry Suárez		
Producto:		INDICE DE DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS																												Revisado por:		
N°	Descripción de activos	FICHAS DE RESGISTRO DEL MES DE JUNIO 2024																												PROMEDIO DE DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		29	30
1	SOPLADORA 1 (EXTRUSORA)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,83	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,83	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	75,56%
2	SOPLADORA 2 (PET)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,83	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,83	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,83	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	75,83%
3	MOLINO TRITURADOR	0,92	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	83,89%
4	CHILLER	0,92	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	84,72%
5	MESCLADOR DE MATERIAL	0,92	0,83	0,92	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	85,00%
6	ELEVADOR DE MATERIAL	0,92	0,92	0,92	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	85,00%
7	COMPRESOR DE AIRE	0,92	0,83	0,92	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	83,89%
8	COMPRESOR DE TORNILLO	0,92	0,83	0,92	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	84,17%
Observaciones:		Total de PNP de junio																												82,26%		

Nota: Elaborado por autor.

Anexo 15. Ficha de registro de VI mes de julio

		Aquaplastic S.A.S																												F.Elaboracion: 1/10/		
		FICHA DE REGISTRO																												F.Revision		
Departamento: Producción																														Elaborado por: Henry Suárez		
Producto:		N° DE PARADAS NO PROGRAMADAS (PNP)																												Revisado por:		
N°	Descripción de activos	FICHAS DE RESGISTRO DEL MES DE JULIO 2024																												N° total de PNP		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		29	30
1	SOPLADORA 1 (EXTRUSORA)	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
2	SOPLADORA 2 (PET)	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
3	MOLINO TRITURADOR	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
4	CHILLER	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
5	MESCLADOR DE MATERIAL	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
6	ELEVADOR DE MATERIAL	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
7	COMPRESOR DE AIRE	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
8	COMPRESOR DE TORNILLO	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Observaciones:		Total de PNP de julio																												29		

Nota: Elaborado por autor

Anexo 16. Ficha de registro de VD mes de julio

		Aquaplastic S.A.S																												F.Elaboracion: 1/10/24		
		FICHA DE REGISTRO																												F.Revision		
Departamento: Producción		FICHA DE REGISTRO																												Elaborado por: Henry		
Producto:		INDICE DE DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS																												Revisado por :		
N° Descripción de activos		FICHAS DE REGISTRO DEL MES DE JULIO 2024																												Unidad: 1 unidad		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	PROMEDIO DE DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS
1 SOPLADORA 1 (EXTRUSORA)		0,75	0,75	0,83	0,75	0,75	0,75	0,83	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,83	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	76,11%
2 SOPLADORA 2 (PET)		0,75	0,75	0,83	0,83	0,75	0,75	0,75	0,75	0,83	0,83	0,75	0,75	0,75	0,83	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	76,39%
3 MOLINO TRITURADOR		0,83	0,92	0,75	0,83	0,92	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,92	0,83	0,75	0,83	0,83	0,75	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	83,33%
4 CHILLER		0,83	0,92	0,83	0,83	0,92	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,92	0,83	0,83	0,83	0,83	0,92	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,92	0,92	85,28%
5 MESCLADOR DE MATERIAL		0,83	0,92	0,83	0,83	0,92	0,83	0,92	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,92	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	84,44%
6 ELEVADOR DE MATERIAL		0,83	0,92	0,83	0,83	0,92	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,92	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,92	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	85,00%
7 COMPRESOR DE AIRE		0,92	0,92	0,83	0,83	0,92	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,92	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	85,28%
8 COMPRESOR DE TORNILLO		0,83	0,92	0,83	0,83	0,92	0,83	0,92	0,83	0,92	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,92	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	85,00%
Observaciones:		Total de PNP de julio																												82,60%		

Nota: Elaborado por autor.

Anexo 17. Ficha de registro de VI mes de agosto.

		Aquaplastic S.A.S																												F.Elaboracion: 1/10/24			
		FICHA DE REGISTRO																												F.Revision			
Departamento: Producción		FICHA DE REGISTRO																												Elaborado por: Henry			
Producto:		N° DE PARADAS NO PROGRAMADAS (PNP)																												Revisado por :			
N° Descripción de activos		FICHAS DE REGISTRO DEL MES DE AGOSTO 2024																												N° total de PNP			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		29	30	
1 SOPLADORA 1 (EXTRUSORA)		1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	12
2 SOPLADORA 2 (PET)		1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	10
3 MOLINO TRITURADOR		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	7
4 CHILLER		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	4
5 MESCLADOR DE MATERIAL		0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
6 ELEVADOR DE MATERIAL		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7 COMPRESOR DE AIRE		0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4
8 COMPRESOR DE TORNILLO		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
Observaciones:		Total de PNP de julio																												42			

Nota: Elaborado por autor.

Anexo 18. Ficha de registro de VD mes de agosto.

		Aquaplastic S.A.S																												F.Elaboracion: 1/10/24		
		FICHA DE REGISTRO																												F.Revision		
Departamento: Producción		FICHA DE REGISTRO																												Elaborado por: Henry		
Producto:		INDICE DE DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS																												Revisado por :		
N° Descripción de activos		FICHAS DE REGISTRO DEL MES DE AGOSTO 2024																												Unidad: 1 unidad		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	PROMEDIO DE DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS
1 SOPLADORA 1 (EXTRUSORA)		0,67	0,67	0,67	0,67	0,75	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	68,89%
2 SOPLADORA 2 (PET)		0,67	0,67	0,75	0,83	0,75	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	70,28%
3 MOLINO TRITURADOR		0,83	0,83	0,75	0,75	0,83	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	77,78%
4 CHILLER		0,92	0,92	0,83	0,83	0,83	0,92	0,92	0,83	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,83	0,92	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	86,39%
5 MESCLADOR DE MATERIAL		0,92	0,83	0,92	0,83	0,83	0,92	0,92	0,83	0,92	0,92	0,83	0,92	0,92	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	88,06%
6 ELEVADOR DE MATERIAL		0,92	0,92	0,92	0,83	0,83	0,92	0,83	0,92	0,92	0,92	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	87,78%
7 COMPRESOR DE AIRE		0,92	0,92	0,83	0,83	0,92	0,83	0,92	0,83	0,92	0,92	0,92	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	87,50%
8 COMPRESOR DE TORNILLO		0,83	0,92	0,83	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	88,33%
Observaciones:		Total de PNP de julio																												81,88%		

Nota: Elaborado por autor.

Anexo 19. Datos ingresados en software SPSS

	VAR00001	VAR00002	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006	VAR00007	VAR00008	VAR00009	VAR00010	VAR00011	VAR00012	VAR00013	VAR00014	VAR00015	VAR00016	VAR00017	VAR00018	VAR00019	VI	VD	
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	.75	.75	.92	.92	.92	.92	.92	.92	.92	.92	.92	.92	15.00	8.00	7.00
2	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	6.50	.00	6.50
3	.00	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	7.83	1.00	6.83
4	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	6.50	.00	6.50
5	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	6.50	.00	6.50
6	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	6.50	.00	6.50
7	.00	.00	.00	.00	.00	.00	1.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	7.50	1.00	6.50
8	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	6.50	.00	6.50
9	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	6.50	.00	6.50
10	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	6.50	.00	6.50
11	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	6.50	.00	6.50
12	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	6.50	.00	6.50
13	1.00	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.92	.92	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	8.67	2.00	6.67
14	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	7.50	1.00	6.50
15	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.92	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	7.50	1.00	6.50
16	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	6.50	.00	6.50
17	1.00	1.00	1.00	.00	.00	1.00	1.00	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	12.83	6.00	6.83
18	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	6.50	.00	6.50
19	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	6.50	.00	6.50
20	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	6.50	.00	6.50
21	1.00	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.92	.92	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	8.67	2.00	6.67
22	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	6.50	.00	6.50
23	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	6.50	.00	6.50
24	1.00	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	8.67	2.00	6.67
25	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	6.50	.00	6.50
26	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	6.50	.00	6.50
27	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	.75	.75	.83	.92	.92	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	14.92	8.00	6.92
28	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	6.50	.00	6.50
29	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	6.50	.00	6.50
30	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	6.50	.00	6.50
31	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	6.50	.00	6.50
32	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	.75	.75	.83	.92	.92	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	15.00	8.00	7.00
33	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	6.50	.00	6.50
34	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	6.50	.00	6.50
35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	.75	.75	.83	.92	.92	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	15.00	8.00	7.00
36	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.75	.75	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	.83	6.50	.00	6.50

Nota: Elaborado por autor.

Anexo 20. Resultados de software SPSS

Fiabilidad

Escala: ALL VARIABLES

Resumen de procesamiento de casos

Casos	Válidos	N	%
	90	90	100.0
	Excluidos ^a	0	.0
	Total	90	100.0

^a La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

Método	N de elementos
Cronbach	16

CORRELATIONS

/VAR1=VI VD
/FREQ="MODAL": MODOS
/MISSING="PAZ"ZSE.

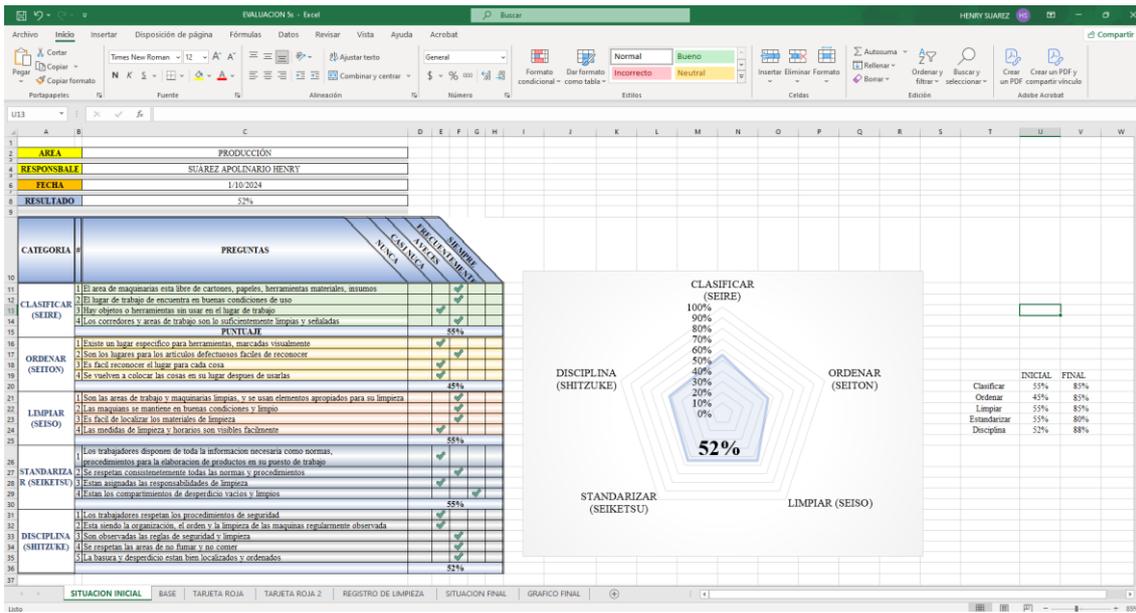
Correlaciones

	VI	VD
VI	1	.797**
	Sig. (bilateral)	.000
	N	90
VD	.797**	1
	Sig. (bilateral)	.000
	N	90

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

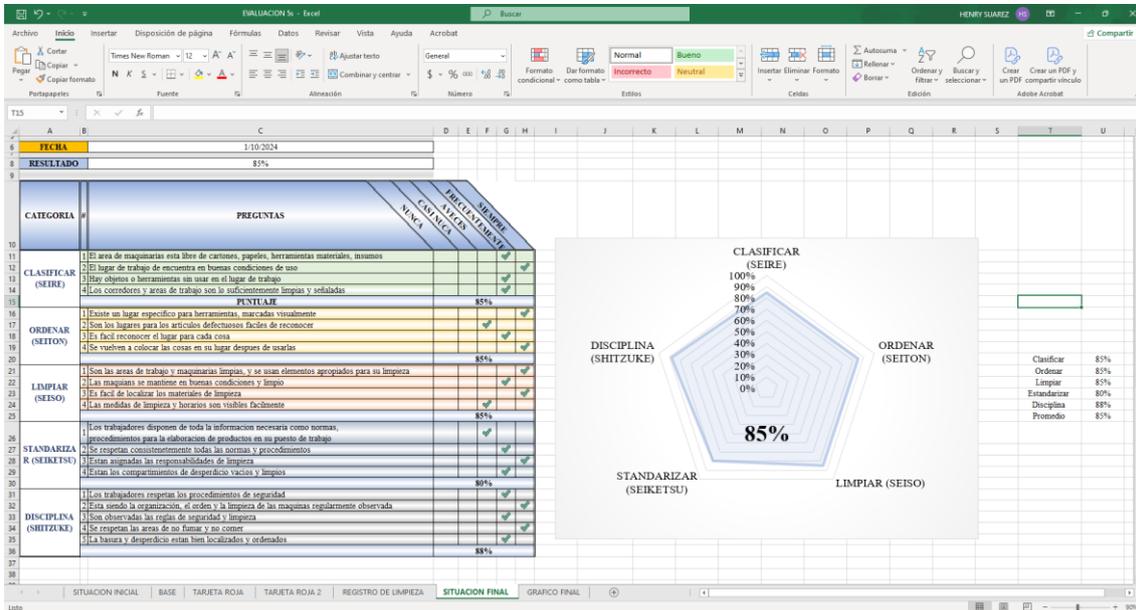
Nota: Elaborado por autor.

Anexo 21. Revisión inicial de las 5S



Nota: Elaborado por autor.

Anexo 22. Revisión final de las 5S



Nota: Elaborado por autor.

Anexo 23. Análisis económico-financiero

INDICADORES COMPLEMENTARIOS	INDICADOR	VALOR
TIR	Tasa Interna de Retorno, que es la tasa de los flujos que quedan invertidos en el proyecto.	21%
VAN	Valor Actual Neto	\$3.096,39
PR	Periodo de Recuperación	3,48 años

CALCULOS DEL FLUJO DE FONDO	0	1	2	3	4	5
Flujo Fondo	-\$14.744,70	\$6.411,09	\$6.411,09	\$6.411,09	\$6.411,09	\$6.411,09
Saldo Actual de 21%	-\$14.744,70	\$5.298,42	\$4.378,86	\$3.618,89	\$2.990,82	\$2.471,75
Saldo Actualizado Acumulado	-\$14.744,70	-\$9.446,28	-\$5.067,43	-\$1.448,53	\$1.542,29	\$4.014,04

CALCULOS DE HERRAMIENTAS FINANCIERAS	TASA	10%
VNA	\$24.303,06	El valor neto actual es igual al valor actual de los flujos financieros actualizados y minados
VAN (\$)	\$9.558,36	El valor de los flujos financieros restados a la inversión inicial. Este proyecto tiene un excedente de \$2.192,57 que quiere decir que el proyecto esta agregando valor.
TIR (%)	33,05%	La tasa interna de retorno es mayor que la tasa que se le esta solicitando al proyecto, por lo tanto se esta obteniendo mayor tasa de la que se esta solicitando en el proyecto.

Anexo 24. Producción de envase 5 litros (JUNIO – JULIO – AGOSTO) 2024

PRODUCCIÓN ENVASE 5 LITROS (JUNIO - JULIO - AGOSTO) 2024

DIA	PRODUCCION (UNIDADES)	PREFORMAS DAÑADAS	BOTELLAS DAÑADAS	TOTAL PREFORMAS DAÑADAS	HORAS DE PRODUCCIÓN
14/6/2024	1116	29	46	75	8
17/6/2024	1332	22	91	113	16
18/6/2024	2628	49	183	232	16
13/8/2024	5328	3	127	130	24
14/8/2024	864	0	27	27	8
15/8/2024	1611	0	137	137	8
TOTAL	12879	103	611	714	80

Nota: Emitido por la empresa AQUAPLASTIC S.A.S

Anexo 25. Producción envase 1 litro (JUNIO - JULIO - AGOSTO) 2024

PRODUCCIÓN ENVASE 1 LITRO (JUNIO - JULIO - AGOSTO) 2024					
DIA	PRODUCCION (UNIDADES)	PREFORMAS DAÑADAS	BOTELLAS DAÑADAS	TOTAL PREFORMAS DAÑADAS	HORAS DE PRODUCCIÓN
1/6/2024	10640	94	77	171	16
2/6/2024	11760	0	100	100	16
3/6/2024	17080	31	135	166	24
4/6/2024	14840	46	266	312	24
5/6/2024	17080	26	124	150	24
6/6/2024	8400	19	468	487	16
12/6/2024	4680	27	39	66	8
13/6/2024	5085	20	30	50	8
19/6/2024	10440	86	959	1045	24
20/6/2024	8860	44	444	488	24
23/6/2024	3240	60	644	704	16
24/6/2024	7820	122	2211	2333	24
25/6/2024	1274	333	1522	1855	8
26/6/2024	9180	67	281	348	16
1/7/2024	4140	35	75	110	8
2/7/2024	14940	123	561	684	24
3/7/2024	11880	133	326	459	24
4/7/2024	14220	119	415	534	24
5/7/2024	3266	5	15	20	8
23/7/2024	2520	185	853	1038	16
25/7/2024	15120	96	760	856	24
26/7/2024	13680	125	777	902	24
27/7/2024	10296	115	323	438	16
16/8/2024	11160	168	1059	1227	24
17/8/2024	12960	89	427	516	24
18/8/2024	3600	28	120	148	8
TOTAL	248161	2196	13011	15207	472

Nota: Emitido por la empresa AQUAPLASTIC S.A.S

Anexo 26. Producción de envase 625CC (JUNIO - JULIO - AGOSTO) 2024

PRODUCCIÓN ENVASE 625CC (JUNIO - JULIO - AGOSTO) 2024					
DIA	PRODUCCION (UNIDADES)	PREFORMAS DAÑADAS	BOTELLAS DAÑADAS	TOTAL PREFORMAS DAÑADAS	HORAS DE PRODUCCIÓN
21/6/2024	12040	43	549	592	24
22/6/2024	12160	8	209	217	24
26/6/2024	2800	0	25	25	8
27/6/2024	11200	43	129	172	24
28/6/2024	16800	43	132	175	24
29/6/2024	14840	33	158	191	24
30/6/2024	9808	8	87	95	16
5/7/2024	4200	0	289	289	16
6/7/2024	9800	3	183	186	16
7/7/2024	10360	2	148	150	16
8/7/2024	1960	14	101	115	8
11/7/2024	10080	10	269	279	16
12/7/2024	15680	51	117	168	24
13/7/2024	15120	33	92	125	24
14/7/2024	16240	14	171	185	24
15/7/2024	10920	24	68	92	16
16/7/2024	18200	4	307	311	24
17/7/2024	4188	153	359	512	16
18/7/2024	5040	10	350	360	16
19/7/2024	11760	3	42	45	16
20/7/2024	12040	7	337	344	24
21/7/2024	16240	30	240	270	24
22/7/2024	17920	19	130	149	24
23/7/2024	3640	0	40	40	8
31/7/2024	7000	2	120	122	16
1/8/2024	16000	11	158	169	24
2/8/2024	18200	18	307	325	24
3/8/2024	17640	20	220	240	24
4/8/2024	17640	22	200	222	24
5/8/2024	17080	16	227	243	24
6/8/2024	15680	12	200	212	24
7/8/2024	11168	0	116	116	16
8/8/2024	4480	10	89	99	8
9/8/2024	18200	13	145	158	24
10/8/2024	16800	5	311	316	24
11/8/2024	18200	20	146	166	24
12/8/2024	17008	16	140	156	24
18/8/2024	7000	37	191	228	16
19/8/2024	18760	29	283	312	24
20/8/2024	15120	16	238	254	24
21/8/2024	12040	5	41	46	16

22/8/2024	4480	0	20	20	8
23/8/2024	10080	2	41	43	16
24/8/2024	5880	11	14	25	16
TOTAL	531492	820	7739	8559	856

Nota: Emitido por la empresa AQUAPLASTIC S.A.S

Anexo 27. Producción de galones JUNIO 2024

PRODUCCIÓN GALONES (JUNIO) 2024			
DIA	PRODUCCION (UNIDADES)	NO CONFORMES (UNIDADES)	HORAS DE PRODUCCIÓN
1/6/2024	0	0	0
2/6/2024	0	0	0
3/6/2024	0	0	0
4/6/2024	1200	600	16
5/6/2024	2400	360	24
6/6/2024	1200	1560	24
7/6/2024	550	2210	24
8/6/2024	0	0	0
9/6/2024	0	0	0
10/6/2024	0	0	0
11/6/2024	50	790	8
12/6/2024	1700	1060	24
13/6/2024	1400	1360	24
14/6/2024	2050	710	24
15/6/2024	2300	460	24
16/6/2024	2200	560	24
17/6/2024	1600	1160	24
18/6/2024	1900	860	24
19/6/2024	1350	1410	24
20/6/2024	1200	1560	24
21/6/2024	1150	1610	24
22/6/2024	1150	1610	24
23/6/2024	1950	810	24
24/6/2024	2405	355	24
25/6/2024	1310	1450	24
26/6/2024	1500	1260	24
27/6/2024	2150	610	24
28/6/2024	1500	1260	24
29/6/2024	1976	784	24
30/6/2024	2100	660	24
TOTAL	38291	25069	552

Nota: Emitido por la empresa AQUAPLASTIC S.A.S

Anexo 28. Producción de galones JULIO 2024

PRODUCCIÓN GALONES (JULIO) 2024			
DIA	PRODUCCION (UNIDADES)	NO CONFORMES (UNIDADES)	HORAS DE PRODUCCIÓN
1/7/2024	2100	660	24
2/7/2024	2050	710	24
3/7/2024	1950	810	24
4/7/2024	2150	610	24
5/7/2024	2000	760	24
6/7/2024	2300	460	24
7/7/2024	1950	810	24
8/7/2024	850	950	16
9/7/2024	2700	60	24
10/7/2024	2550	210	24
11/7/2024	2600	160	24
12/7/2024	2600	160	24
13/7/2024	2700	60	24
14/7/2024	2700	60	24
15/7/2024	2350	410	24
16/7/2024	2700	60	24
17/7/2024	2650	110	24
18/7/2024	2500	260	24
19/7/2024	2700	60	24
20/7/2024	1750	50	16
21/7/2024	0	0	0
22/7/2024	0	0	0
23/7/2024	750	1050	16
24/7/2024	0	0	0
25/7/2024	2600	160	24
26/7/2024	2700	60	24
27/7/2024	2700	60	24
28/7/2024	1650	1110	24
29/7/2024	2500	260	24
30/7/2024	2350	410	24
31/7/2024	2650	110	24
TOTAL	63750	10650	648

Nota: Emitido por la empresa AQUAPLASTIC S.A.S

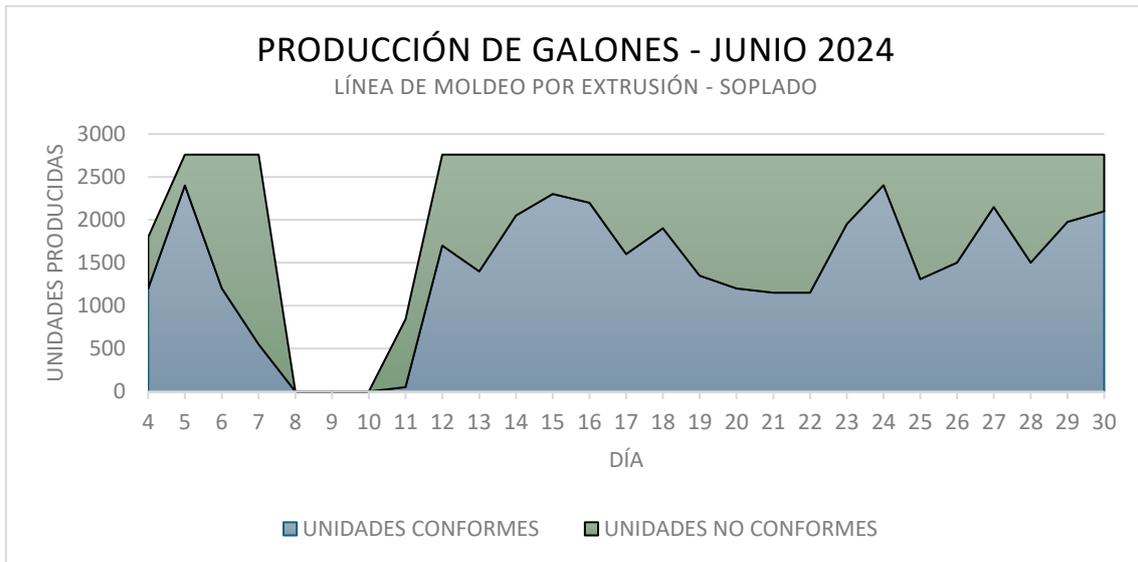
Anexo 29. Producción de galones AGOSTO 2024

PRODUCCIÓN GALONES (AGOSTO) 2024

DIA	PRODUCCION (UNIDADES)	NO CONFORMES (UNIDADES)	HORAS DE PRODUCCIÓN
1/8/2024	2250	510	24
2/8/2024	2800	0	24
3/8/2024	2700	60	24
4/8/2024	2650	110	24
5/8/2024	2600	160	24
6/8/2024	2150	610	24
7/8/2024	2100	660	24
8/8/2024	2700	60	24
9/8/2024	2650	110	24
10/8/2024	2700	60	24
11/8/2024	2650	110	24
12/8/2024	2700	60	24
13/8/2024	2150	610	24
14/8/2024	2050	710	24
15/8/2024	2600	160	24
16/8/2024	2450	310	24
17/8/2024	2350	410	24
18/8/2024	2550	210	24
19/8/2024	200	640	8
20/8/2024	0	0	0
21/8/2024	0	0	0
22/8/2024	0	0	0
23/8/2024	0	0	0
24/8/2024	0	0	0
25/8/2024	700	1100	16
26/8/2024	1950	810	24
27/8/2024	2650	110	24
28/8/2024	1900	860	24
29/8/2024	2550	210	24
30/8/2024	1800	0	16
31/8/2024	2350	410	24
TOTAL	58900	9060	592

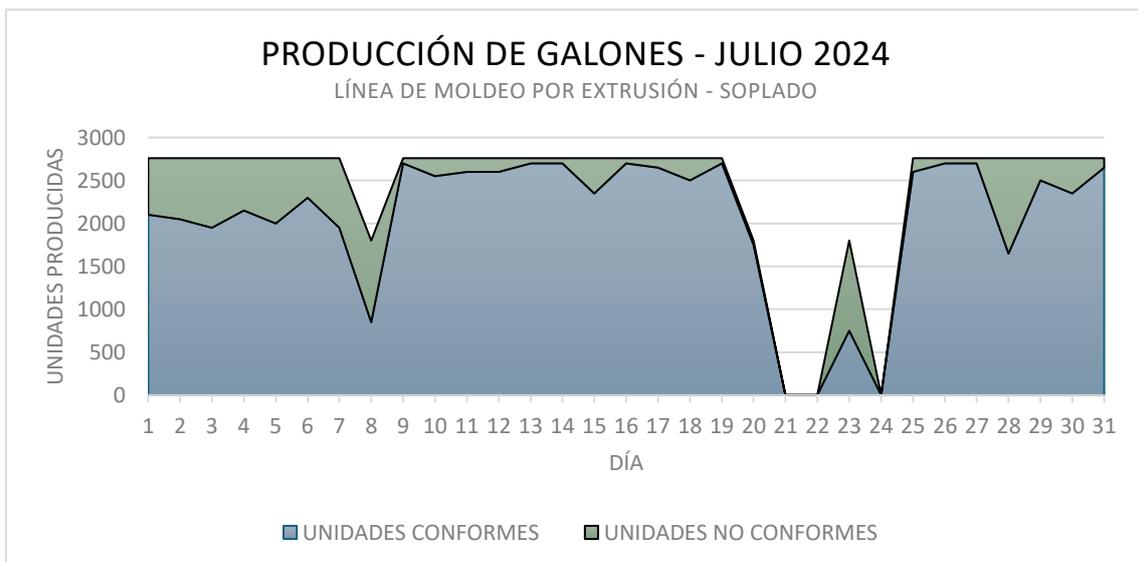
Nota: Emitido por la empresa AQUAPLASTIC S.A.S

Anexo 30. Grafica de áreas apiladas producción de galones JUNIO 2024



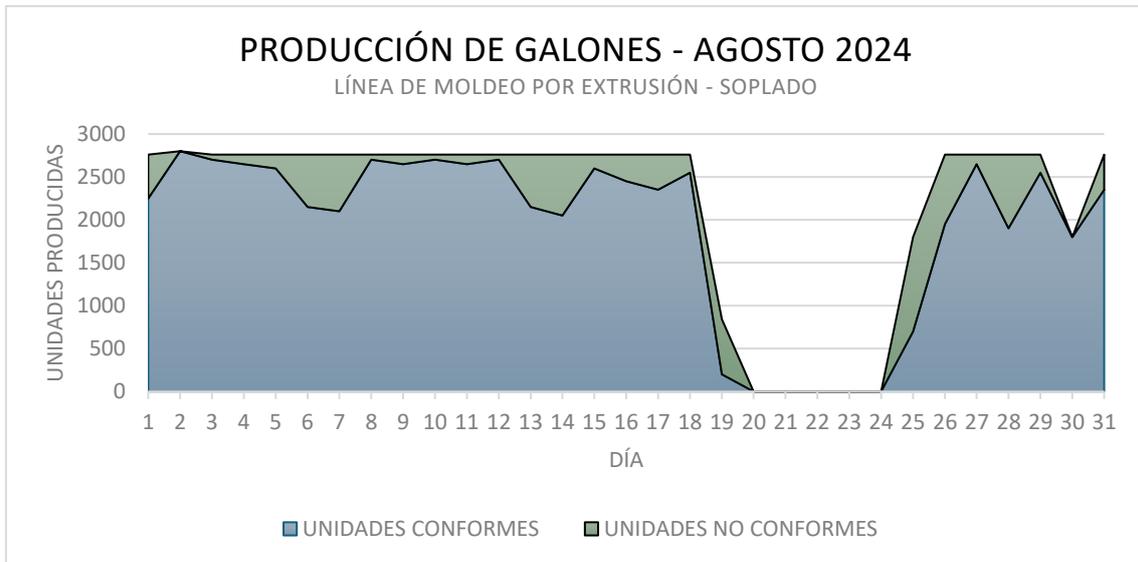
Nota: Emitido por la empresa AQUAPLASTIC S.A.S

Anexo 31. Grafica de áreas apiladas producción de galones JULIO 2024



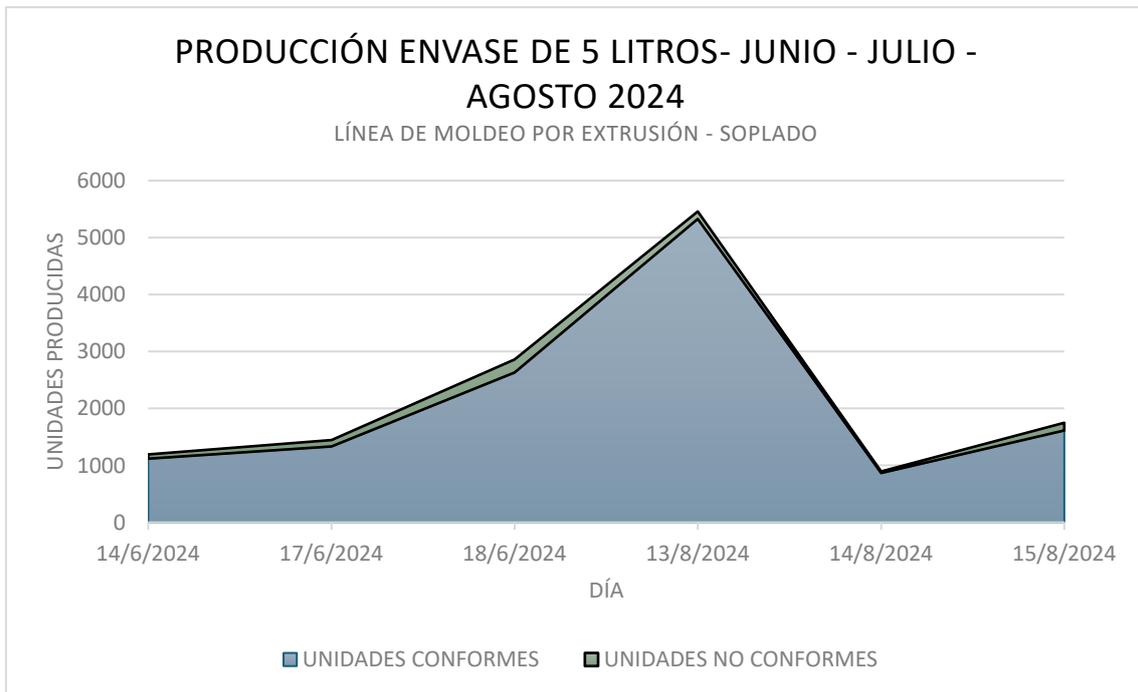
Nota: Emitido por la empresa AQUAPLASTIC S.A.S

Anexo 32. Grafica de áreas apiladas producción de galones AGOSTO 2024



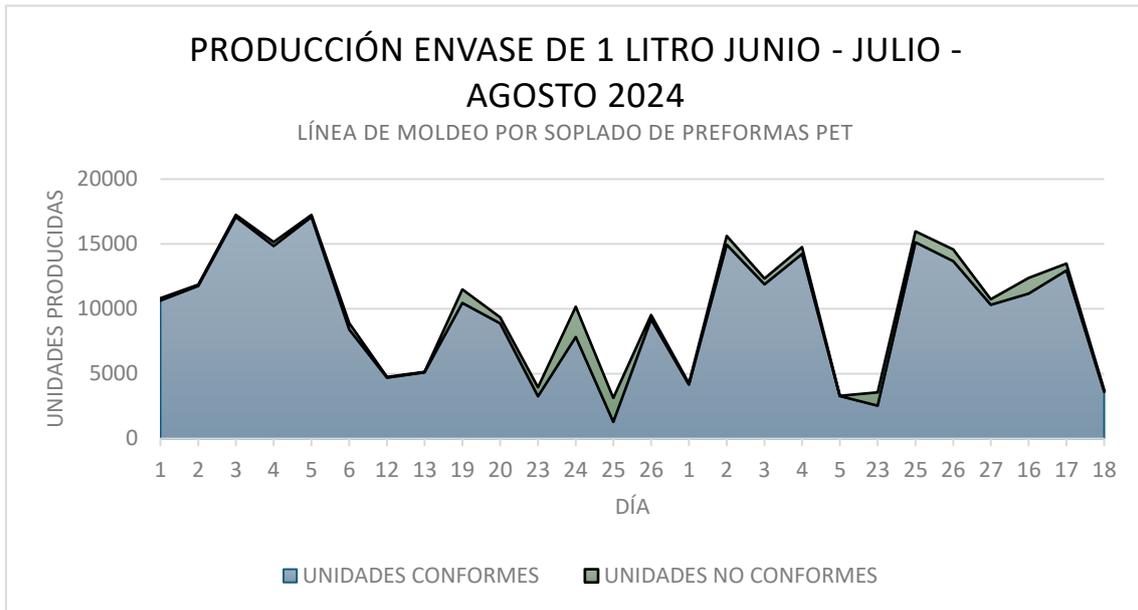
Nota: Emitido por la empresa AQUAPLASTIC S.A.S

Anexo 33. Grafica de áreas apiladas producción de 5 litros JUNIO – JULIO - AGOSTO 2024



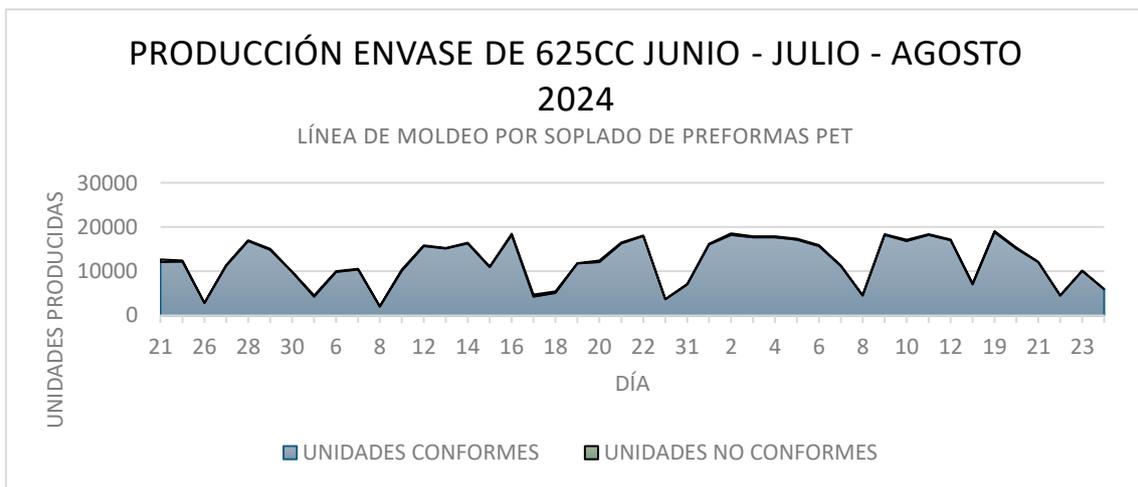
Nota: Emitido por la empresa AQUAPLASTIC S.A.S

Anexo 34. Grafica de áreas apiladas producción de envases de 1 litro JUNIO – JULIO - AGOSTO 2024



Nota: Emitido por la empresa AQUAPLASTIC S.A.S

Anexo 35. Grafica de áreas apiladas producción de envases de 625CC JUNIO – JULIO - AGOSTO 2024



Nota: Emitido por la empresa AQUAPLASTIC S.A.S

Anexo 36. Carta de aceptación de trabajo de titulación en AQUAPLASTIC S.A.S, Henry Jasmani Suárez Apolinario



RUC: 2490403682001

Dirección: Santa Elena, Santa Elena km 2 vía a Ancón

Santa Elena, 27 de mayo del 2024

Ing.
Lucrecia Moreno
DIRECTORA DE LA CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
Presente.-

De mi consideración:

Por medio del presente emito la aceptación del señor **Henry Jasmani Suarez Apolinario** con **C.I: 0928224823** estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que se realice el trabajo de titulación en la empresa AQUAPLASTIC S.A.S con el tema **“Propuesta de implementación de Mantenimiento Productivo Total para mejorar la productividad en AQUAPLASTIC S.A.S cantón Santa Elena, Ecuador”**

Sin otro particular me suscribo sin antes manifestarte mi sentimiento de consideración y estima.

Ing. Elizabeth Pallazhco Diaz

Lider Administrativa Aquaplastic S.A.S

C.I: 0603530379

epallazhco@aquaplastics.com.ec

Nota: Emitido por la empresa AQUAPLASTIC S.A.S

Anexo 37. Carta de aceptación de trabajo de titulación en AQUAPLASTIC S.A.S, Jean Carlos Ortiz Quinteros



RUC: 2490403682001

Dirección: Santa Elena, Santa Elena km 2 vía a Ancón

Santa Elena, 27 de mayo del 2024

Ing.
Lucrecia Moreno
DIRECTORA DE LA CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
Presente.-

De mi consideración:

Por medio del presente emito la aceptación del señor **Jean Carlos Ortiz Quinteros** con C.I: **2450657636** estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que se realice el trabajo de titulación en la empresa AQUAPLASTIC S.A.S con el tema **“Propuesta de implementación de Mantenimiento Productivo Total para mejorar la productividad en AQUAPLASTIC S.A.S cantón Santa Elena, Ecuador”**

Sin otro particular me suscribo sin antes manifestarte mi sentimiento de consideración y estima.

Ing. Elizabeth Pallazhco Diaz

Lider Administrativa Aquaplastic S.A.S

C.I: 0603530379

epallazhco@aquaplastics.com.ec

Nota: Emitido por la empresa AQUAPLASTIC S.A.S