

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN
DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS
EQUIPOS DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA
DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA PARA EL
SEGUNDO CUATRIMESTRE DEL 2023

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA
OPTAR POR LA LICENCIATURA EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL

STARLYN MOREIRA HERRERA

MBA. NAHUM MONTIEL SALAS

HEREDIA, 2023

CARTA DEL TUTOR

Jueves 07 de diciembre 2023

CARTA DEL TUTOR

Registro
Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores

El estudiante **Starlyn Moreira Herrera** cédula número **2-0583-0276**, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación el trabajo de investigación denominado: **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA PARA EL SEGUNDO CUATRIMESTRE DEL 2023"** el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

En mi calidad de tutor, eh verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría, y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación, antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos, conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

A.	ORIGINALIDAD DEL TEMA	10%	10%
B.	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	20%
C.	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	30%	30%
D.	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20%
E.	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEÓRICO	20%	20%
	TOTAL	100%	100%

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura

Afentamente:

NAHUM
MONTIEL SALAS

Digitally signed by
NAHUM MONTEL SALAS
Date: 2023.12.07
16:01:24 -06'00'

Ing. Nahum Montiel Salas MBA.

Cédula: 3030980713

CARTA DEL LECTOR

CARTA DE LECTOR

Universidad Hispanoamericana
Escuela de Ingeniería Industrial

Estimados Señores

El estudiante STARLYN MOREIRA HERRERA, cédula 2-0583-0276, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA PARA EL SEGUNDO CUATRIMESTRE DEL 2023", el cual ha elaborado para obtener su grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atte.

FRANKLIN
ENRIQUE
CARVAJAL
CORDERO (FIRMA)

Firmado digitalmente por
FRANKLIN ENRIQUE
CARVAJAL CORDERO (FIRMA)
Fecha: 2024.02.20 06:53:59
-06'00'

Firma:

Ing. Franklin Carvajal Cordero, M.IOP.

Cédula 7-0143-0830

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

San José, 20/03/2024

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito Starlyn Moreira Herrera con número de identificación 2-0583-0276 autor (a) del trabajo de graduación titulado "Diseño e Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de producción de una empresa de la industria alimentaria para el segundo cuatrimestre del 2023" presentado y aprobado en el año 2024 como requisito para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Industrial; Si autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente


2-0583-0276
Firma y Documento de Identidad

**ANEXO 1 (Versión en línea dentro del Repositorio)
LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y
PERMITIR LA CONSULTA Y USO**

Parte 1. Términos de la licencia general para publicación de obras en el repositorio institucional

Como titular del derecho de autor, confiero al Centro de Información Tecnológico (CENIT) una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, el autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito.
- b) Autoriza al Centro de Información Tecnológico (CENIT) a publicar la obra en digital, los usuarios puedan consultar el contenido de su Trabajo Final de Graduación en la página Web de la Biblioteca Digital de la Universidad Hispanoamericana
- c) Los autores aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) Los autores manifiestan que se trata de una obra original sobre la que tienen los derechos que autorizan y que son ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante el Centro de Información Tecnológico (CENIT) y ante terceros. En todo caso el Centro de Información Tecnológico (CENIT) se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- e) Autorizo al Centro de Información Tecnológica (CENIT) para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- f) Acepto que el Centro de Información Tecnológico (CENIT) pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- g) Autorizo que la obra sea puesta a disposición de la comunidad universitaria en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las "Condiciones de uso de estricto cumplimiento" de los recursos publicados en Repositorio Institucional.

SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DEL CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (CENIT), EL AUTOR GARANTIZA QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.

DECLARACIÓN JURADA

DECLARACIÓN JURADA

Yo Starlyn Moreira Herrera, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 2-0583-0276 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de producción de una empresa de la industria alimentaria para el segundo cuatrimestre del 2023.

es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 07 días del mes de Diciembre del año dos mil veintitres.



Firma del estudiante

Cédula 2-0583-0276

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento por el apoyo incondicional brindado en la realización de mi tesis: "Diseño e Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo para los Equipos de Producción de una Empresa de la Industria Alimentaria para el Segundo Cuatrimestre del 2023".

A Dios por darme la fortaleza, la paciencia, la sabiduría y los medios para concluir mis estudios de ingeniería industrial y a pesar de cada caída, darme las fuerzas día a día para seguir adelante.

A mi madre Blanca Rosa Herrera Hidalgo (QEPD) por haberme entregado siempre todo su amor, su esfuerzo, apoyo y comprensión; a ella que siempre tuvo una frase de motivación y una palabra de aliento en los momentos difíciles y por ser siempre mi mayor orgullo y la persona que más he amado en mi vida.

A mi esposa Kimberly Aguirre Delgado por su amor, su cariño, paciencia y comprensión y apoyo, sin duda es mi soporte para seguir esforzándome cada día y superar cada obstáculo y cada momento difícil que se presenta en mi vida, ahora que no tengo a mi madre.

Espero que este proyecto sea un reflejo de todo lo que he aprendido y de los valores que me han inculcado. Con su ejemplo y enseñanzas, he aprendido a enfrentar los desafíos y a no darme por vencido ante las adversidades. Una vez más, les agradezco de corazón por su dedicación y amor incondicional, que han sido pilares fundamentales en mi formación académica y personal.

DEDICATORIA

Aprovecho esta oportunidad para dedicar mi trabajo a Dios, por bendecirme cada día, darme la oportunidad de vivir y por haberme dado una madre maravillosa. Por haber estado conmigo en todo momento, darme las fuerzas que necesito para levantarme cada vez que he caído y por guiarme para poder realizar este sueño que estoy seguro, me ayudará para mi crecimiento personal y profesional ante la sociedad.

A mi Esposa y a mi madre (QEPD), por el apoyo que me han brindado durante este proceso, su motivación y por la confianza depositada en mí. Resaltando una especial dedicatoria a mi madre, por haber sido siempre mi mentora, mi mayor motivación, mi ejemplo y mi mayor orgullo.

También dedico este trabajo a todos aquellos que confiaron en mí y me brindaron su apoyo incondicional, ayudándome a alcanzar mi meta de concluir mis estudios y aportar con mi trabajo al campo laboral. Espero que este trabajo sea de utilidad para aquellos interesados en el diseño e implementación de planes de mantenimiento preventivo en la industria alimentaria.

I TABLA DE CONTENIDO

CONTENIDO

DECLARACIÓN JURADA	6
AGRADECIMIENTOS	7
DEDICATORIA	8
I TABLA DE CONTENIDO	9
II ÍNDICE DE FIGURAS.....	13
III ÍNDICE DE TABLAS.....	15
IV. ACRÓNIMOS Y SIGLAS.....	17
V. RESUMEN EJECUTIVO	18
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	19
1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	20
1.2. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN	21
1.2.1 Descripción general.....	21
1.2.2 Antecedentes del problema	22
1.2.3 Misión y Visión	24
1.2.4 Estructura organizacional	24
.....	25
1.2.5 Actividad	25
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	28
1.5 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	30

	10
1.5.1 <i>Objetivo General</i>	30
1.5.2 <i>Objetivos Específicos</i>	30
1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	31
1.6.1 <i>Alcances</i>	31
1.6.2 <i>Limitaciones</i>	32
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	34
2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA.....	35
2.1.1 <i>¿Qué es la ingeniería Industrial?</i>	35
2.1.2 <i>Mantenimiento preventivo</i>	36
2.1.3 <i>Producción</i>	37
2.1.4 <i>Tiempos de producción</i>	39
2.1.5 <i>Mantenimiento</i>	40
2.1.6 <i>Industria alimentaria</i>	41
2.1.7 <i>Mantenimiento Productivo Total</i>	42
2.1.8 <i>Los 8 pilares de TPM</i>	44
2.1.9 <i>Las seis grandes pérdidas del TPM</i>	45
2.2 MARCO CONCEPTUAL GENERAL ATINENTE AL PROYECTO	46
2.2.1 <i>Diagrama de Gantt</i>	46
2.2.2 <i>Diagrama de Pareto</i>	47
2.2.3 <i>Diagrama Ishikawa</i>	48
2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO.....	50
2.3.1 <i>Impacto económico del proyecto</i>	50
2.3.2 <i>Impacto ambiental del proyecto</i>	51
2.3.3 <i>Impacto cultural del proyecto</i>	52
2.3.4 <i>La eficiencia como indicador de éxito en la producción de bienes y servicios</i>	52
2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES.....	56

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	59
3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	60
3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO	61
3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA	63
3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	65
3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS	68
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ.....	70
4.1 EQUIPOS DE PLANTA	71
4.2 HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO	72
4.2.1 Gráficas comparativas y de barras	72
4.2.2 Diagrama de Pareto.....	72
4.2.3 Diagrama de Ishikawa o Causa y Efecto	75
4.3 HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	84
4.3.1 Base de Datos de producción.....	84
4.3.2 Encuesta aplicada al personal de la empresa.....	88
CAPÍTULO V. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	99
5.1 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	100
5.1.1 Análisis de Criticidad de los equipos de producción.....	104
5.1.2 Clasificación ABC de los equipos de producción	107
5.1.3 Inventario de repuestos	109
5.1.4 Capacitación sobre Mantenimiento preventivo.....	111
5.2 COSTOS DE LA PROPUESTA	121
5.3 DATOS SOBRE CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DEL ÁREA DE EMPAQUE	124
5.4 COSTOS DE PARO SEGÚN UTILIZACIÓN DE MÁQUINAS EMPACADORAS.....	125

5.5 ANÁLISIS FINANCIERO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
.....	127
5.6 ANÁLISIS FINANCIERO VAN Y TIR.....	130
5.7 BENEFICIOS DE APLICAR LA PROPUESTA.....	130
5.8 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DESARROLLADO.....	131
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	136
6.1 CONCLUSIONES.....	137
6.2 RECOMENDACIONES.....	139
CAPÍTULO VII. BIBLIOGRAFÍA.....	141
VIII. APÉNDICE (S).....	146
IX. GLOSARIO.....	165
X. ANEXOS.....	167

II ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Estructura Organizacional de la empresa en estudio.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 2. Seis pérdidas de TPM.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 3. Diagrama de Gantt.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 4. Diagrama de Pareto.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 5. Guía para elaborar un diagrama de Ishikawa</i>	<i>49</i>
<i>Figura 6 Fórmula utilizada para el cálculo del OEE.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 7. Flujo de disponibilidad</i>	<i>54</i>
<i>Figura 8. Flujo de rendimiento</i>	<i>55</i>
<i>Figura 9. Flujo de calidad.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 10. Costos de Mantenimiento</i>	<i>72</i>
<i>Figura 11. Diagrama de Pareto sobre principales causas de paro en el área de empaque.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 12. Diagrama de Ishikawa sobre principales causas de Falla en los equipos de producción.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 13. Diagrama de Pareto de las principales causas de falla de los equipos</i>	<i>83</i>
<i>Figura 14. Eventos que afectan la operación de la planta de producción.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 15. Tiempo de afectación en la planta por fallas o averías según área.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 16. Porcentaje de afectación por fallas según área</i>	<i>88</i>
<i>Figura 17. Gráfico de resultados sobre pregunta #1 de la encuesta realizada.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 18. Gráfico de resultados sobre pregunta #2 de la encuesta realizada.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 19. Gráfico de resultados sobre pregunta #3 de la encuesta realizada.....</i>	<i>91</i>

<i>Figura 20. Gráfico de resultados sobre pregunta #4 de la encuesta realizada.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 21. Gráfico de resultados sobre pregunta #5 de la encuesta realizada.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 22. Gráfico de resultados sobre pregunta #6 de la encuesta realizada.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 23. Gráfico de resultados sobre pregunta #7 de la encuesta realizada.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 24. Gráfico de resultados sobre pregunta #8 de la encuesta realizada.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 25. Gráfico de resultados sobre pregunta #9 de la encuesta realizada.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 26. Gráfico de resultados sobre pregunta #10 de la encuesta realizada.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 27. Flujo para clasificación ABC de los equipos de producción.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 28. Ejemplo de la matriz de clasificación ABC para equipos de planta de producción.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 29. Etiqueta propuesta para reporte de anomalías</i>	<i>120</i>
<i>Figura 30. Diagrama de Pareto sobre utilización de las máquinas de empaque.....</i>	<i>126</i>

III ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Equipos de Planta</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 2. Valoración de las principales causas generadoras de paros</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 3. Base de datos sobre Paros de producción.....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 4. Tabla modificada con los datos obtenidos del sistema de información de la empresa.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 5. Pregunta #1 de Encuesta realizada al personal de la empresa.....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 6. Pregunta #2 de Encuesta realizada al personal de la empresa.....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 7. Pregunta #3 de Encuesta realizada al personal de la empresa.....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 8. Pregunta #4 de Encuesta realizada al personal de la empresa.....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 9. Pregunta #5 de Encuesta realizada al personal de la empresa.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 10. Pregunta #6 de Encuesta realizada al personal de la empresa.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 11. Pregunta #7 de Encuesta realizada al personal de la empresa.....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 12. Pregunta #8 de Encuesta realizada al personal de la empresa.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 13. Pregunta #9 de Encuesta realizada al personal de la empresa.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 14. Pregunta #10 de Encuesta realizada al personal de la empresa.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 15. Causas identificadas y alternativas de solución</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 16. Etapas para el planteamiento del plan de mantenimiento preventivo.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 17. Criterios de evaluación y clasificación de impactos</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 18. Clasificación ABC de los equipos de producción</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 19. Control de Inventario de repuestos.....</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 20. Formato para estándar de limpieza con inspección</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 21. Formato para estándar de ajustes.....</i>	<i>113</i>

<i>Tabla 22. Formato para estándar de lubricación</i>	114
<i>Tabla 23. Formato de control y verificación de actividades de limpieza</i>	115
<i>Tabla 24. Formato de control y verificación de actividades de ajuste</i>	116
<i>Tabla 25. Formato de control y verificación de actividades de lubricación</i>	117
<i>Tabla 26. Cronograma de implementación de plan de mantenimiento preventivo ..</i>	118
<i>Tabla 27. Posible distribución de actividades de mantenimiento preventivo con TPM</i>	121
<i>Tabla 28. Costos de suministros para implementación de tareas preventivas</i>	122
<i>Tabla 29. Datos comparativos de inventario de repuestos.....</i>	123
<i>Tabla 30. Costos para inicio de ejecución de tareas preventivas</i>	123
<i>Tabla 31. Capacidad productiva del área de empaque</i>	124
<i>Tabla 32. Costo de paro según utilización de las máquinas de empaque</i>	127
<i>Tabla 33. Principales causas de paro en el área de empaque</i>	128
<i>Tabla 34. Causas de paro a reducir en el área de empaque</i>	128
<i>Tabla 35. Datos de tiempo y dinero recuperados con la propuesta</i>	129
<i>Tabla 36. Análisis de la propuesta con respecto a VAN y TIR.....</i>	130
<i>Tabla 37. Ejemplo del Cronograma de Mantenimiento Preventivo Anual.....</i>	132
<i>Tabla 38. Ejemplo del Cronograma de Mantenimiento Preventivo Diario del primer semestre 2024.....</i>	133
<i>Tabla 39. Ejemplo del Cronograma de Mantenimiento Preventivo Diario del segundo semestre 2024.....</i>	134
<i>Tabla 40. Ejemplo de Control y verificación de inspección y ajustes diarios operativos</i>	135

IV. ACRÓNIMOS Y SIGLAS

TPM: Mantenimiento Productivo Total.

ISO: Organización Internacional para la Normalización.

OEE: Eficiencia General de los Equipos.

DMAIC: metodología para la implementación del proyecto que cubre las etapas de definición, medición, análisis, implementación y control de los cambios.

TIR: tasa interna de retorno utilizada para calcular el beneficio económico de un proyecto.

VAN: valor anual neto utilizado para calcular el beneficio económico de un proyecto.

V. RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación fue realizada en el área de producción de una empresa de la industria alimentaria. Esta área fue seleccionada debido a que en ella se generan tiempos improductivos en los equipos de producción, derivados de fallas en los equipos o demoras en los tiempos de resolución de estas fallas debido al tiempo de espera del personal de mantenimiento. Para esto, se espera que la implementación de actividades de Mantenimiento Productivo Total proporcione a la empresa una mayor confiabilidad y disponibilidad de los equipos, minimizando interrupciones no planificadas y optimizando los tiempos de producción.

Esto se traducirá en una mejora significativa en la eficiencia operativa y en la reducción de los costos asociados a las pérdidas de tiempo. Asimismo, la implementación de un Mantenimiento Productivo Total en una empresa es una estrategia clave para minimizar las pérdidas de tiempo en los equipos de producción.

Los resultados esperados son una mayor productividad, eficiencia y rentabilidad para la empresa, además de generar personal operativo más capacitado para realizar sus funciones, para ello se utilizarán técnicas y herramientas modernas de gestión de mantenimiento, como el análisis de modos de falla y efectos de la planificación y programación de mantenimiento, y la capacitación del personal de mantenimiento.

Palabras clave: Mantenimiento Preventivo Total, industria alimentaria, máquinas empacadoras, pérdidas de tiempo.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Este proyecto de graduación consiste en el diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo en una empresa de la industria alimentaria. A través de la aplicación de la metodología del TPM (Mantenimiento Productivo Total), se busca lograr una reducción en los costos de mantenimiento y en los tiempos de paro de los equipos de producción. Que busca llevar a cabo un proceso productivo eficiente en los equipos de producción, que forma parte de las metas de las industrias dedicadas a la producción de bienes o servicio.

A raíz de esto, este proyecto busca implementar estrategias de trabajo que le permitan mejorar considerablemente sus operaciones y debido a esto y en coordinación con la Gerencia de operaciones se ha acordado desarrollar un proyecto que permita mejorar su sistema de mantenimiento y por ende sus procesos de producción mediante un diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo que le permita mejorar su sistema de mantenimiento y mejorar sus procesos operativos y de esta manera lograr mayores niveles de desempeño productivo, mayor involucramiento del personal operativo con el mantenimiento de sus equipos, reducción de averías y tiempos generados por estas.

A continuación, en el primer capítulo de este proyecto se presenta la problemática general que presenta la empresa, los antecedentes del problema y la justificación del proyecto. Además, se determinan los objetivos y la afectación generada debido a la falta de estos en una empresa de la industria alimentaria.

En el desarrollo del segundo capítulo se presenta el marco conceptual fundamental, en el cual se presentan la información bibliográfica de mayor importancia y las

variables relacionadas a la producción y el mantenimiento de los equipos para el desarrollo e implementación de un plan de mantenimiento preventivo.

En el capítulo tres se establece la metodología del proyecto donde se expondrán algunos conceptos y herramientas utilizadas, además de los sujetos y fuentes de información a utilizar para lograr los resultados esperados por las partes involucradas.

Por otra parte, en el cuarto capítulo se mostrará las acciones realizadas para diagnosticar la situación actual que se presenta en la empresa. Además, se presentan las herramientas utilizadas para recolectar información y poder comprender la situación actual y de esta forma determinar las causas más significativas y establecer posteriormente las mejoras requeridas. Además, con la ayuda del personal que labora en las áreas de producción y de mantenimiento se revisan y analizan los diferentes procesos y procedimientos de trabajo con los que se cuenta actualmente en la compañía en busca de las mejores alternativas.

En el quinto capítulo se planteará el plan de mantenimiento preventivo y su implementación en el Departamento de Mantenimiento además de los registros, instructivos y procedimientos necesarios para que el Departamento de Producción pueda realizar las tareas de mantenimiento preventivo necesarias, para lograr reducir los costos de mantenimiento y lo tiempos de paro de máquina mediante la implementación de acciones de Mantenimiento Productivo Total (TPM).

1.2. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

1.2.1 Descripción general

La empresa donde se realizará el presente proyecto de graduación es del sector de producción de la industria alimentaria, especializada en la fabricación y empaqueo de

productos alimenticios. A lo largo de los años, la empresa ha experimentado pérdidas de tiempo innecesarias en su proceso de producción, tanto debido a fallas en los equipos como a demoras en los tiempos de resolución de estas fallas por parte del personal de mantenimiento.

Las máquinas de esta empresa desempeñan un papel crucial en el proceso de producción, ya que son responsables de elaborar y empacar los productos alimentarios de manera eficiente y a alta velocidad. Sin embargo, las fallas inesperadas y las demoras en su reparación han generado interrupciones en la línea de producción, resultando en retrasos en los pedidos y una disminución en la capacidad de cumplir con las demandas del mercado.

A raíz de esto, se ha reconocido la necesidad de abordar estos problemas y mejorar la gestión de mantenimiento de sus máquinas empacadoras. Con el objetivo de reducir las pérdidas de tiempo necesarias y mejorar la eficiencia del proceso de producción, se ha decidido implementar un enfoque de Mantenimiento Productivo Total.

1.2.2 Antecedentes del problema

En el contexto de Costa Rica, se han identificado casos similares que evidencian la relevancia de abordar esta problemática, que son las pérdidas de tiempo necesarias en otros equipos para producción debido a fallas y demoras en su resolución ha sido de atención tanto a nivel nacional como en industrias a nivel mundial. Y en los últimos años se ha presentado un incremento en la puesta en marcha de empresas o industrias de perfil productivo, generado por la globalización, lo cual a su vez ha permitido una mayor apertura económica; de la mano con este crecimiento surge una competitividad implícita.

Inclusive, el Ministerio de Economía, Industria y Comercio de Costa Rica, en su Informe de Competitividad y Productividad (2017), destaca que una de las principales barreras para la competitividad de las empresas en el país es la falta de eficiencia en los procesos productivos. Entre los factores que contribuyen a esta problemática se encuentran las fallas y paradas no programadas de la maquinaria, así como la falta de un mantenimiento preventivo adecuado

Y para lograr cumplir con estas expectativas las empresas buscan apoyarse en diferentes herramientas tecnológicas, de ingeniería moderna u otras metodologías que han probado tener la capacidad de mejorar los procesos en las diferentes industrias o empresas; por estas razones el enfoque se hace en el área de producción de una empresa del sector alimentario, cuyo fin es minimizar pérdidas en sus procesos y maximizar la rentabilidad.

Posteriormente, en el informe realizado por el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), sobre el Estudio del Impacto de los Problemas Relacionados con el Mantenimiento en la Productividad de la Industria Costarricense (2019), se identificaron los problemas relacionados con el mantenimiento y la operación de la maquinaria como una de las principales causas de interrupciones en la producción y retrasos en las entregas. Estas interrupciones pueden deberse a fallas de las máquinas, falta de capacitación del personal de operación y mantenimiento, y demoras en la respuesta del personal de mantenimiento ante las fallas.

Estos antecedentes sugieren que las pérdidas de tiempo necesarias en los equipos de producción son un desafío que enfrentan las empresas de Costa Rica en su búsqueda por mejorar la eficiencia y competitividad. La falta de un mantenimiento

preventivo efectivo y la demora en la resolución de las fallas pueden tener un impacto significativo en los tiempos de producción, los costos operativos y la satisfacción de los clientes.

Por las razones mencionadas anteriormente, es importante resaltar la importancia de las funciones realizadas por el personal operativo en las industrias de producción y manufactura, ya que, al estar laborando directamente con los equipos y productos, toman un papel muy relevante en la afectación de la eficiencia en una empresa, no obstante, otras áreas como mantenimiento, compras, bodega, calidad, entre otras también brindan un aporte considerable para la rentabilidad de la empresa.

1.2.3 Misión y Visión

1.2.3.1 Misión

“Ser una empresa especializada en la producción y comercialización de bebidas a base de sólidos lácteos de alta calidad y proveer excelentes materias primas para el área de alimentos costarricense y centroamericano”.

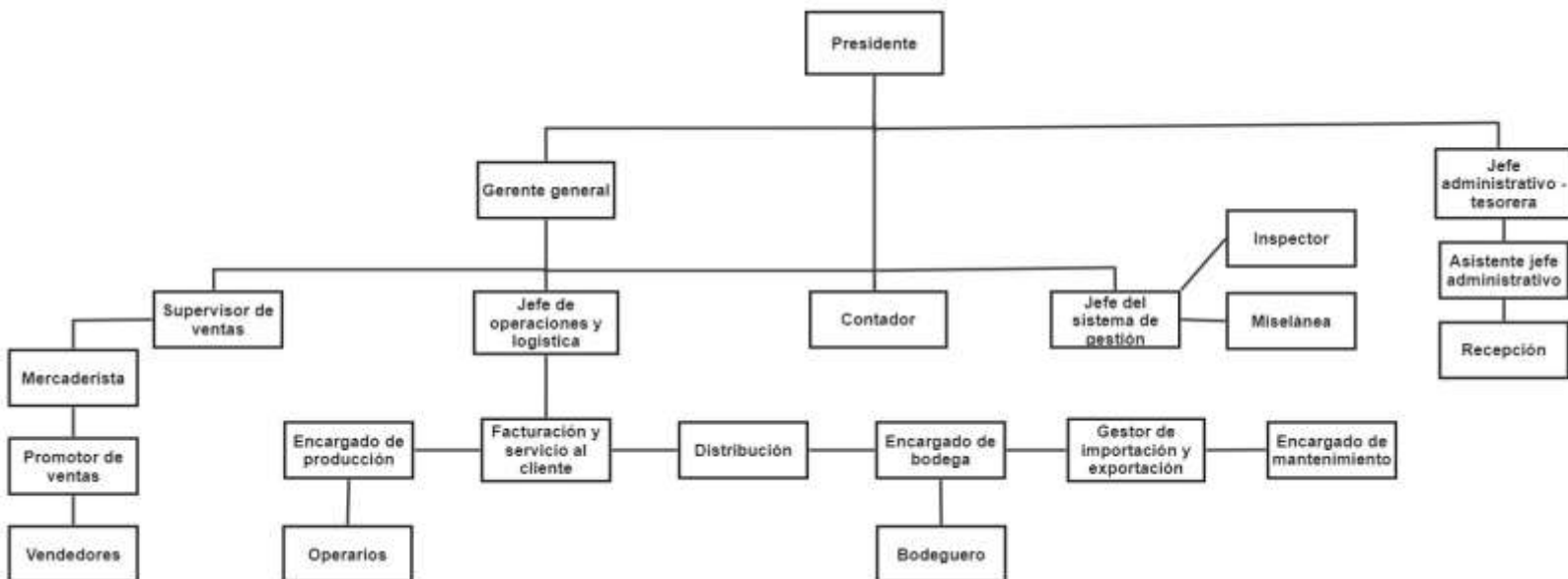
1.2.3.2 Visión

“Ser una empresa rentable y reconocida en el mercado costarricense y centroamericano por ofrecer productos de alta calidad, que satisfagan las expectativas de nuestros clientes, basados en mejoramiento y crecimiento continuo y buscando una mejora socioeconómica de nuestros colaboradores.

1.2.4 Estructura organizacional

La estructura organizacional de la empresa en estudio para el área de producción muestra que se cuenta con 5 niveles jerárquicos, los cuales se pueden describir de la siguiente manera: Presidencial, gerencial, profesional 1, profesional 2 y operativo.

Figura 1. Estructura Organizacional de la empresa en estudio



Fuente: Elaboración propia.

1.2.5 Actividad

La empresa en estudio es una organización dedicada a la producción y distribución de alimentos de consumo humano y la importación, almacenamiento, comercialización y distribución de materias primas, comprometida a proporcionar alimentos que no afecten la salud del consumidor, a reducir el impacto ambiental de sus operaciones, a proporcionar a su personal un lugar de trabajo seguro y socialmente responsable.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las fallas inesperadas en las máquinas y equipos auxiliares provocan interrupciones en el proceso de producción, lo que resulta en una disminución de la productividad y un aumento de los costos asociados a la reparación de las máquinas. Además, la falta de un mantenimiento preventivo adecuado impide identificar y corregir posibles causas

de paro antes de que se presenten, lo que incrementa el riesgo de fallas y afecta la confiabilidad de los equipos.

Ante esta problemática, la Gerencia de Operaciones de la empresa en estudio identifica, considera necesario y solicita brindar un enfoque de Mantenimiento Productivo Total, que permita reducir los costos de mantenimiento de los equipos de la planta de producción y garantizar una mayor confiabilidad de estos. Y según Khan & Karim (2017), “el Mantenimiento Productivo Total consiste en la ejecución de la inspección programada, mantenimiento regular, lubricación, calibración y otros procedimientos destinados a prevenir fallas y maximizar la vida útil de los equipos”, y su implementación en el sector de la industria alimentaria, no solo permitirá minimizar las pérdidas de tiempo necesarias en las máquinas empacadoras, sino que también contribuirá a la reducción de costos operativos, la optimización de la eficiencia y la mejora de la confiabilidad de los equipos.

En nuestro país existen varias empresas dedicadas a la producción de productos lácteos y sus derivados, lo cual evidencia la fuerte competencia que hay para hacer productos de alta calidad, satisfacer las necesidades de los clientes y hacerlo al menor costo; actualmente el mayor competidor que tiene la empresa en estudio es la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos, la cual cuenta con una amplia trayectoria en el mercado de lácteos, tanto en Costa Rica como en Centroamérica y el Caribe.

Existen otras empresas que también ofrecen productos similares a los de la empresa en estudio y a menores precios, pero son de menor calidad, estas son algunas de las razones por las cuales la empresa en estudio se encuentra en la búsqueda de mejorar

sus procesos, sin perder la calidad de sus productos y de esa manera seguir manteniéndose firme en el mercado, por esta razón se dará inicio a trabajar en conjunto con el Departamento de Producción y el de Mantenimiento.

En la actualidad la empresa tiene en las áreas de producción y en la de mantenimiento una serie de aspectos en los cuales podría trabajar para mejorar la eficiencia de sus procesos y disminuir los costos, entre ellos están:

- Falta de estándares operativos, lo cual genera que las operaciones de cada máquina se realicen de manera diferente por cada operario.
- Falta de ejecución y seguimiento de un plan de mantenimiento preventivo, el mantenimiento se basa en el tipo correctivo y no en el preventivo, lo cual genera altos costos de mantenimiento, averías o paros en los equipos, que pudieron haberse evitado.
- Mantenimiento centralizado en una persona, lo cual genera un nivel muy bajo de empoderamiento del personal operativo con respecto a sus equipos.
- Poca capacitación del personal operativo sobre los equipos de producción.

Estos aspectos mencionados anteriormente son algunos de los factores que afectan la eficiencia, la capacidad productiva, los costos y las pérdidas del Departamento de producción, es por ello que la implementación de algunas actividades de Gestión Autónoma derivadas del TPM pueden colaborar en mejorar estas situaciones y a la vez agregar valor al trabajo de los operarios, alargar la vida útil de los equipos, reorganizar el mantenimiento y trabajar en la prevención de fallas.

Para lograr alcanzar una mejora de los procesos productivos, reducir los tiempos de paro y los desperdicios es importante hacer una observación de los métodos

operativos y obtener un diagnóstico de los procedimientos que se pueden mejorar y así poder crear estándares que permitan unificar criterios de trabajo e ir en búsqueda de la mejora continua, la cual, sin duda alguna, es hoy en día una enorme ventaja competitiva para cualquier industria.

Una vez obtenido este diagnóstico, se puede realizar el análisis de la situación actual y empezar a plantear alternativas de mejora que le permitan a la empresa realizar los cambios necesarios para mejorar su productividad y reducir desperdicios y costos.

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La presente investigación solicitada por la Gerencia de Operaciones de la empresa en estudio busca abordar el problema de las pérdidas de tiempo innecesarias en los equipos de producción. Estas pérdidas de tiempo se deben a fallas en las máquinas y a demoras en los tiempos de resolución por parte del personal de mantenimiento. Durante el período comprendido entre noviembre de 2022 a julio de 2023 el departamento de producción presentó un total de 8509 minutos (140.15 horas) distribuido entre las áreas de mezcla (producción) y empaque.

Debido a esto, el proyecto de graduación busca implementar un plan de mantenimiento preventivo, que permita detectar y corregir posibles fallas antes de que se conviertan en problemas mayores, impidiendo así costosas reparaciones correctivas y minimizando los tiempos de inactividad en la producción. De esta manera, la empresa podrá reducir significativamente sus gastos de mantenimiento, los cuales en el primer trimestre del año 2023 crecieron en un 49.27% comparado con lo presupuestado.

Si tomamos en cuenta que actualmente nuestro país, se encuentra en una situación de alta competitividad en todos los mercados, se entiende el por qué las tareas preventivas se han convertido en una necesidad inminente para todas las industrias, ya sean de bienes o de servicios. Este cambio ha impulsado directamente a las empresas a estar en la búsqueda constante de la mejora continua y las herramientas que permitan desarrollarla.

Asimismo, uno de los aspectos o características importantes que se busca con este proyecto es que promueva la participación activa del recurso humano del área operativa y de mantenimiento, posteriormente un enfoque en los equipos o maquinaria, pues el recurso humano es el más importante para el alcance de las metas establecidas.

El proyecto se desarrolla en los Departamentos de Producción y Mantenimiento de una empresa de la industria alimentaria, ubicada en Santa Rosa de Santo Domingo de Heredia, y tiene como base la aplicación de sistemas de Gestión Autónoma y de mantenimiento de planta, en busca de mejorar la eficiencia con la reducción de paros innecesarios, la reducción de los costos de mantenimiento y dar un mayor aprovechamiento al recurso humano con el que se cuenta.

La selección de este sector se derivó al observar el incremento en los costos y la generación de paros de los equipos de producción, la falta de cumplimiento de mantenimiento preventivo, y la poca utilidad que se le da a los operarios en tareas de mantenimiento preventivo a pesar de su experiencia y conocimiento. Para esto, el desarrollo de este proyecto permitirá identificar y abordar de manera proactiva posibles causas de paro en los equipos de producción antes de que se presenten. Esto significa

que se podrán realizar acciones preventivas, como el reemplazo de componentes desgastados o la realización de los ajustes necesarios, para evitar interrupciones en la producción. Como resultado, la empresa contará con equipos más confiables, lo que se traducirá en una mayor eficiencia operativa y una disminución de los tiempos de inactividad.

Esto se llevará a cabo mediante la observación directa, conversaciones y entrevistas con los operadores con el fin de obtener un diagnóstico sobre la metodología de trabajo actual y la apertura a la implementación de una metodología nueva. También, se busca que este proyecto pueda servir para estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial que estén interesados en adquirir conocimientos sobre TPM y sus beneficios.

1.5 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.5.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo mediante la aplicación de la metodología de TPM, con el fin de lograr una reducción en los costos de mantenimiento y en los tiempos de paro de los procesos de producción en los equipos de una empresa de la industria alimentaria.

1.5.2 Objetivos Específicos

1. Realizar un diagnóstico de la situación actual de la planta de producción de una empresa de la industria alimentaria, con el propósito de evaluar los problemas que afectan sus costos de mantenimiento y su productividad.
2. Diseñar un plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología de TPM, adaptado a las necesidades y características de los equipos de la empresa,

estableciendo las actividades, frecuencias y responsabilidades necesarias para su ejecución.

3. Brindar una capacitación dirigida al personal encargado del mantenimiento de los equipos de producción, con el objetivo de mejorar sus conocimientos y habilidades en la aplicación de las prácticas de mantenimiento preventivo y en el uso de la metodología de TPM.

1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.6.1 Alcances

El proyecto se llevará a cabo en el segundo cuatrimestre del 2023 en una empresa de la industria alimentaria ubicada en el cantón de Santo Domingo, distrito Santa Rosa, provincia de Heredia.

El proyecto abarca la realización de un diagnóstico exhaustivo de los Departamentos de Mantenimiento y Producción de la empresa, con el propósito de identificar aspectos críticos que requieren mejoras significativas. Se pondrá especial atención en la evaluación de los costos asociados al mantenimiento, las pérdidas ocasionadas por paros o fallas de los equipos de producción, y cualquier otro factor relevante que afecte el rendimiento y la eficiencia de ambas áreas. Este proceso de diagnóstico involucrará activamente al personal de ambas áreas, ya que su experiencia y perspectivas serán fundamentales para comprender a fondo los desafíos y oportunidades existentes.

Para abordar las mejoras identificadas, se llevará a cabo la implementación de aspectos fundamentales de los Pilares de TPM, centrándose específicamente en el Pilar de Mantenimiento de Planta y en el Pilar de Gestión Autónoma. Estas acciones se llevarán a cabo previa aprobación de la alta dirección y la gerencia de operaciones,

y estarán sujetas al tiempo disponible para la ejecución del proyecto. De esta manera, se busca asegurar la viabilidad y el respaldo necesario para implementar eficazmente las prácticas de TPM y lograr mejoras significativas en los procesos de mantenimiento y gestión autónoma de la empresa.

Este proyecto resalta lo importante que son las herramientas de TPM, específicamente la Gestión Autónoma, la cual, mediante la participación de los operarios busca evitar averías, deterioro acelerado de las máquinas, logrando así que se pueda obtener una mejora en la productividad. Entre las tareas más importantes de la Gestión Autónoma se encuentran: la limpieza, la inspección, la lubricación y los ajustes. Una vez que se definan estos conceptos y el personal conozca la importancia de su participación en el desarrollo de la mejora, se definirán los pasos para implementar los aspectos básicos de la Gestión Autónoma.

1.6.2 Limitaciones

- Limitada disponibilidad de información: Para llevar a cabo este proyecto se cuenta con muy poca información, sin embargo, la empresa en estudio ha proporcionado los datos necesarios para desarrollar la propuesta e implementación del plan de mantenimiento preventivo y los fundamentos de Gestión Autónoma.
- Bajo conocimiento y nivel de escolaridad del personal operativo: Se realiza un diagnóstico con el personal operativo para conocer sobre sus experiencias laborales y si poseen algún manejo de conceptos sobre TPM y Gestión Autónoma y se logra determinar que una de las limitaciones es el poco conocimiento sobre el tema y el bajo nivel de escolaridad de los operarios.

- Centralización de conocimientos de las máquinas: Se ha identificado otra limitación relacionada con la centralización de conocimientos de las máquinas, ya que dichos conocimientos se encuentran en manos exclusivas del técnico de mantenimiento. Debido a la poca disposición que se ha tenido a través de los años para transmitir los conocimientos necesarios a los operarios, la cual se adoptó como una especie de cultura laboral.
- Limitación del tiempo: Uno de los desafíos identificados en este proyecto es el plazo limitado disponible para implementar de manera exhaustiva la filosofía del Mantenimiento Productivo Total (TPM, por sus siglas en inglés). La implementación efectiva del TPM requiere un tiempo considerable, que supera el período asignado para el desarrollo de este proyecto. Para abordar esta limitación, será necesario establecer una estrategia adecuada que permita priorizar y focalizar los esfuerzos en las áreas de mayor impacto y en los equipos críticos de la empresa.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA

2.1.1 ¿Qué es la ingeniería Industrial?

Según Salazar (2019), la Ingeniería Industrial es una disciplina que se enfoca en el diseño, mejora y optimización de sistemas integrados de personas, materiales, energía, información y equipos, con el objetivo de mejorar la productividad, eficiencia y calidad en diversas organizaciones e industrias, y que la Ingeniería Industrial cumple un papel fundamental en la forma en que las personas interactúan con los sistemas, las máquinas y los procesos necesarios para fabricar productos o proporcionar servicios.

Asimismo, Salazar (2019) explica que, la Ingeniería Industrial combina conocimientos técnicos y habilidades de gestión para analizar, diseñar y mejorar sistemas complejos. Los ingenieros industriales aplican principios de matemáticas, física, estadística y ciencias de la computación para resolver problemas y tomar decisiones basadas en datos. Además, también tienen competencias en áreas como la gestión de operaciones, logística, ergonomía, calidad, investigación de operaciones, diseño de procesos, entre otros.

Tomando en cuenta que la ingeniería industrial abarca sectores como la manufactura, servicios, salud, transporte, energía, tecnología, entre otros. Por lo que los ingenieros industriales pueden desempeñarse en roles de gestión de proyectos, mejora continua, diseño de sistemas, planificación y control de la producción, gestión de la cadena de suministro, ergonomía y seguridad laboral, gestión de calidad, entre otros. En resumen, la Ingeniería Industrial es una disciplina multidisciplinaria que busca mejorar la eficiencia, productividad y calidad en las organizaciones, aplicando principios científicos y herramientas de gestión.

En cuanto a sus orígenes, los autores Álvarez y Morales (2015), comparten que la historia de la Ingeniería Industrial se remonta a finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX, cuando surgieron los primeros avances en la organización y gestión de la producción. A medida que la Revolución Industrial avanzaba, se hizo evidente la necesidad de mejorar la eficiencia en las fábricas y optimizar los procesos de producción. Y que posteriormente, en la segunda mitad del siglo XIX, Frederick Winslow Taylor introdujo el concepto de la administración científica, aplicando métodos de observación y análisis para estudiar y mejorar los métodos de trabajo en la industria. Haciendo un enfoque en la estandarización de procesos y la asignación eficiente de tareas, con el objetivo de maximizar la productividad y reducir el desperdicio.

Álvarez y Morales (2015) añadieron que, posteriormente, Henry Ford revolucionó la producción en masa con la introducción de la línea de montaje en la industria automotriz. Su enfoque se centraba en la estandarización de procesos y la producción en serie, lo que permitió una mayor eficiencia y reducción de costos. Y que, a lo largo del siglo XX, la Ingeniería Industrial continuó evolucionando y expandiéndose hacia diferentes áreas, como la gestión de calidad total, la ingeniería de sistemas, la gestión de la cadena de suministro y la ingeniería de procesos.

2.1.2 Mantenimiento preventivo

Según la Organización Internacional de Normalización (2015), el mantenimiento preventivo se puede definir como un conjunto de actividades programadas y sistemáticas realizadas en equipos, maquinaria o sistemas, con el fin de evitar o reducir la posibilidad de fallas, averías o degradación de su funcionamiento. Y estas actividades se llevan a cabo de manera regular, basadas en intervalos de tiempo

establecidos, inspecciones periódicas, pruebas de rendimiento y acciones de mantenimiento planificadas.

Además, la ISO 9000:2015 aborda el mantenimiento preventivo, definiéndolo como "el mantenimiento realizado siguiendo un programa previamente establecido con el objetivo de reducir la probabilidad de fallos o degradaciones funcionales". Su objetivo principal es mantener los equipos en un estado óptimo de funcionamiento y prevenir problemas antes de que ocurran, minimizando así el tiempo de inactividad no planificado y maximizando la vida útil de los activos.

Igualmente, la Organización Internacional de Normalización (2015), detalla que el mantenimiento preventivo es una estrategia fundamental en la gestión de activos y la operación eficiente de equipos, maquinaria y sistemas en una organización. Consiste en realizar actividades planificadas y sistemáticas de inspección, limpieza, lubricación, ajuste y reemplazo de componentes con el objetivo de prevenir fallas y evitar tiempos de inactividad no planificados. Por lo que se puede entender que el mantenimiento preventivo es esencial para garantizar la operación confiable, segura y rentable de los equipos y activos en una organización. Y su implementación adecuada permite evitar fallas catastróficas, reducir costos, maximizar la disponibilidad operativa, prolongar la vida útil de los activos y mejorar la eficiencia global de la empresa.

2.1.3 Producción

Tomando como referencia la Real Academia Española (2020), la producción se puede definir como el proceso mediante el cual se transforman los recursos, como materiales, mano de obra, energía y capital, en bienes o servicios con valor añadido. Es el conjunto de actividades que involucra la planificación, organización, coordinación y

control de los factores de producción para satisfacer las necesidades y demandas de los consumidores.

Y se debe tomar en cuenta que la producción abarca diversos sectores, desde la producción manufacturera, donde se fabrican productos físicos, hasta la producción de servicios, donde se generan intangibles y experiencias. Es un proceso dinámico que implica la utilización eficiente de recursos, la optimización de los procesos, la gestión de la calidad y la búsqueda de la mejora continua.

Y a través de hubspot.es (2023), se puede entender que la productividad es un índice que mide básicamente la relación entre, lo que se produce sobre los recursos que se invierten para dicha producción. Por tal motivo, es posible definir la productividad de varios recursos utilizados tales como el tiempo de mano de obra, costos de manufactura, cantidad de materiales utilizados. Tiempo de máquina, dinero invertido, tiempos de entrega, costos de distribución, entre otros.

Un ejemplo de cómo funciona la productividad, puede resumirse en la siguiente ecuación:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Insumo empleado}}$$

Y en un ejemplo más contextualizado, podemos verlo con datos, si las unidades producidas fueran 100 y las horas-hombre empleadas son 25, entonces:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas-hombre empleadas}} = \frac{100}{25} = 4 \text{ unidades por hora hombre}$$

2.1.4 Tiempos de producción

Según Krajewski et al... (2018), los tiempos de producción se refieren al tiempo que se requiere para completar un proceso o una actividad de producción, desde el inicio hasta la finalización. Estos tiempos son un aspecto crucial en la gestión de la producción, ya que afectan directamente la eficiencia, la productividad y la capacidad de cumplir con los plazos y demandas del mercado.

Los tiempos de producción pueden incluir diferentes componentes, como el tiempo de preparación de la maquinaria, el tiempo de procesamiento o transformación de los materiales, el tiempo de espera entre etapas, el tiempo de inspección y control de calidad, y el tiempo de entrega o despacho de los productos finales. Incluyendo que la medición y gestión adecuada de los tiempos de producción permite identificar oportunidades de mejora, eliminar cuellos de botella, optimizar los recursos y aumentar la eficiencia global de los procesos de producción.

También, Krajewski et al... (2018), incluye que las pérdidas de tiempo de producción se refieren a cualquier interrupción, demora o ineficiencia que afecta negativamente el flujo de trabajo y la productividad en un proceso de producción. Estas pérdidas pueden surgir debido a una variedad de factores, como problemas de maquinaria, falta de suministros, fallos en la planificación, tiempos de espera innecesarios, retrabajos, entre otros.

Algunos ejemplos comunes de pérdidas de tiempo de producción incluyen:

- **Tiempos de inactividad de la maquinaria:** Cuando una máquina se detiene debido a fallas técnicas, mantenimiento programado o ajustes, se producen pérdidas de tiempo que pueden impactar la productividad general.

- Esperas por suministros o materiales: Si hay retrasos en la entrega de materias primas, componentes o suministros necesarios para el proceso de producción, se generan tiempos de espera innecesarios que afectan la continuidad del flujo de trabajo.
- Retrabajos o reparaciones: Si un producto o componente no cumple con los estándares de calidad requeridos, se puede requerir retrabajo o reparación, lo que implica tiempo adicional y recursos.
- Cambios de configuración o ajustes: Cuando se cambia el tipo de producto o la configuración de una máquina, puede ser necesario realizar ajustes o configuraciones adicionales, lo que implica tiempos de parada y pérdida de producción.
- Falta de planificación eficiente: Una mala planificación de la producción, como una asignación incorrecta de recursos o una programación inadecuada de actividades, puede resultar en pérdidas de tiempo y subutilización de los recursos disponibles.

De ahí la importancia de identificar y abordar estas pérdidas de tiempo de producción para mejorar la eficiencia y la productividad. La implementación de prácticas de mejora continua, como el Lean Manufacturing o el Total Productive Maintenance (TPM), puede ayudar a reducir y eliminar estas pérdidas.

2.1.5 Mantenimiento

Montilla (2015) lo define como un conjunto de actividades (planificadas y coordinadas) que propende a mantener los equipos (de diversa índole), en una condición operativa, lo más cercana posible de su estado teórico o nominal, con el mínimo de inversión (económica, tiempo, insumos), de manera segura para el personal y el medio

ambiente, apoyando de manera positiva el cumplimiento de las metas de una organización.

En cuanto a Gallará, y Pontelli (2020), dentro de los procesos productivos el sistema de mantenimiento se inserta como un proceso considerado como un gasto ya que no agrega valor al producto. Es una “carga necesaria” que cobra notoriedad por su ausencia o sus falencias y no por la contribución a los objetivos de la organización. Afortunadamente esta manera de pensar está cambiando porque los avances tecnológicos de los medios productivos y las demandas de productividad y calidad del mercado hacen necesario que quien deba administrar el cuidado de las instalaciones desempeñe un rol de mayor importancia. Hoy es imposible ser competitivo si no se cuenta con el apoyo de un mantenimiento calificado que asista a la producción.

2.1.6 Industria alimentaria

Berkowitz (2020) comparte que, la industria alimentaria se refiere al conjunto de actividades relacionadas con la producción, procesamiento, distribución y comercialización de alimentos y bebidas. Involucra una amplia gama de procesos y actividades que van desde la agricultura, la ganadería y la pesca, hasta la transformación de materias primas en productos alimentarios, su envasado y etiquetado, y su distribución y venta al consumidor final.

Asimismo, Berkowitz (2020) describe que es de vital importancia debido a que suministra los alimentos necesarios para el consumo humano. Además, tiene un impacto significativo en la economía global, generando empleo y contribuyendo al crecimiento de las naciones. Esta industria se rige por estrictas normativas y regulaciones en cuanto a la seguridad alimentaria, la calidad de los productos, el

etiquetado, el control de riesgos y la higiene. La manipulación y procesamiento adecuados de los alimentos son fundamentales para garantizar la inocuidad y la salud de los consumidores.

En la industria alimentaria, el TPM se enfoca en mantener el funcionamiento óptimo de los equipos utilizados en los procesos de producción, envasado y manipulación de alimentos. Esto implica la implementación de estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo para minimizar los tiempos de inactividad no planificados y maximizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

2.1.7 Mantenimiento Productivo Total

De acuerdo con las últimas actualizaciones de la Asociación Japonesa de TPM (2014), el Mantenimiento Productivo Total es una metodología de gestión centrada en el mantenimiento y mejora continua de los equipos, máquinas y activos de una organización. El TPM busca lograr la participación de todos los miembros de la empresa, desde operarios hasta directivos, en la mejora de la eficiencia y la reducción de las pérdidas relacionadas con el mantenimiento y la producción.

Es importante resaltar, que el objetivo principal del TPM es maximizar la eficiencia y la disponibilidad de los equipos, a través de la eliminación de averías, paros no planificados, defectos de calidad y cualquier otra forma de pérdida que afecte la productividad. Para ello, se promueve la participación activa de los operarios en el cuidado y mantenimiento de los equipos, así como la mejora de los procesos y la gestión de la producción.

Por otro lado, Castañeda (2019) considera que el TPM es un programa de mejoramiento permanente de los recursos de producción que permite alcanzar la eficiencia máxima de los equipos, restablecer su estado óptimo de trabajo y entender y anticipar sus fallas. Y

otros autores como Socconini (2019), lo define como una metodología de mejora que permite la continuidad de la operación, en los equipos y plantas, al introducir los conceptos de: prevención, cero defectos ocasionados por maquinas, cero accidentes, cero defectos y participación total de las personas.

Basándonos en estos conceptos podemos decir que TPM está diseñado para maximizar la efectividad de los equipos mediante el establecimiento de un sistema de mantenimiento productivo integral que cubra toda la vida útil de los equipos (máquinas), abarcando todos los campos relacionados con los mismos y con la participación de todos los empleados, desde la alta dirección hasta los trabajadores de la planta. Este sistema también busca la prevención de pérdidas en todas las operaciones de una empresa, se le conoce como “cero pérdidas”.

La relación empresa-TPM también puede generar una serie de objetivos que de acuerdo con los planteado por Rajadell y Sánchez (2010), que los podemos clasificar en estratégicos y operativos. A continuación, se presenta la reseña de cada uno de ellos:

1. Desde una perspectiva estratégica, los objetivos más destacados del TPM son los siguientes:
 - Implicar en la implantación del TPM a todos los departamentos que planifican, diseñan, utilizan o mantienen los equipos (ingeniería y diseño, producción expedición y mantenimiento).
 - Promover el TPM mediante actividades autónomas en pequeños grupos, fortaleciendo el trabajo en equipo, el incremento de la moral del trabajador y la creación de un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, con el fin de conseguir un entorno creativo de trabajo, seguro y agradable.

- Construir en la empresa capacidades competitivas sostenibles en el tiempo gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, la flexibilidad y la reducción de los costes operativos.
2. Desde una perspectiva operativa, los objetivos del TPM son:
- Maximizar la eficacia del equipo y de las instalaciones, eliminando o reduciendo los tiempos muertos debidos a averías, preparaciones y ajustes.
 - Desarrollar un sistema de mantenimiento idóneo para toda la vida útil del equipo de producción, que incluya la implicación activa y la participación de todas las personas (diseñadores, montadores, usuarios, etc.) para conseguir una mayor disponibilidad de las instalaciones.
 - Mejorar la fiabilidad de máquinas, instalaciones y equipos industriales.

2.1.8 Los 8 pilares de TPM

Según Hernández (2017) el mantenimiento productivo total o TPM busca lograr cero averías, cero defectos, cero accidentes y el involucramiento del personal en la eliminación de desperdicios, además se fundamenta en 8 pilares de aplicación:

1. Mejoras enfocadas. Definir la situación actual, la meta alcanzable y los pasos para lograrla. Busca eliminar pérdidas en procesos productivos como fallas de máquinas, paros menores tiempo de ocio y pérdidas de velocidad.
2. Mantenimiento autónomo. El personal debe poder realizar tres tipos de acciones: operativa habitual + mantenimiento básico de su equipo + inspección de calidad.
3. Mantenimiento planeado. El equipo de mantenimiento realiza labores de mantenimiento preventivo, orientadas a reducir las averías.

4. Control inicial. Aplicar lo aprendido, asegurando que los equipos funcionan adecuadamente desde el principio y son fáciles de mantener. Busca la mejora desde las etapas de diseño para reducir costos de mantenimiento a futuro.
5. Mantenimiento de la calidad. Realizar acciones para lograr cero defectos y reducir la variabilidad de los procesos.
6. Entrenamiento de los equipos de trabajo sobre las tareas de cada persona, para buscar aumentar las habilidades del personal.
7. TPM en oficinas. Implementar TPM en todos los puntos en la administración.
8. Seguridad y medio ambiente. Realizar acciones para lograr cero accidentes.

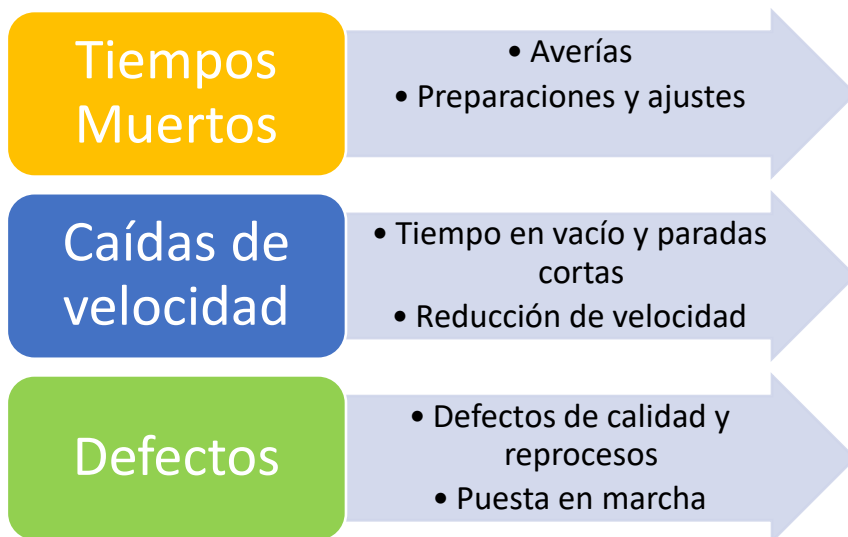
2.1.9 Las seis grandes pérdidas del TPM

Para Socconini (2019) las seis limitantes de los equipos que finalmente afectarán los resultados de la empresa son:

- Tiempos muertos por paros inesperados.
- Tiempos muertos por cambio de productos.
- Paros menores.
- Reducciones de velocidad.
- Defectos en el proceso.
- Defectos por arranque y cambio de productos.

Sumando que según Cuatrecasas (2010), las seis grandes pérdidas se pueden agrupar de la siguiente manera:

Figura 2. Seis pérdidas de TPM



Fuente: Elaboración Propia

2.2 MARCO CONCEPTUAL GENERAL ATINENTE AL PROYECTO

2.2.1 Diagrama de Gantt

Según la Guía del PMBOK (2017), el Diagrama de Gantt es una herramienta de gestión y planificación ampliamente utilizada en proyectos y actividades que involucran la programación de tareas a lo largo del tiempo. Este diagrama proporciona una representación visual de las actividades, su duración y su secuencia lógica en un eje de tiempo. En el cual cada tarea se representa mediante una barra horizontal cuya longitud representa la duración de la tarea. Las barras se colocan en el tiempo correspondiente según su inicio y finalización planificados.

Este tipo de diagrama permite a los gestores y equipos de proyectos visualizar de manera clara y concisa el plan de trabajo, identificar las interdependencias entre las tareas, gestionar los recursos necesarios y realizar un seguimiento del progreso del proyecto. Y para Monsalve, (2019) este diagrama es una herramienta que tiene por objetivo resolver el problema de programación de actividades, es decir, su distribución con respecto a un

calendario, de manera tal que se puedan visualizar el período de duración, de cada actividad, sus fechas de inicio y finalización y por ende el tiempo requerido para llevar a cabo el trabajo.

En cada proyecto es de suma importancia poder establecer una secuencia de actividades u objetivos a cumplir e igualmente importante es el seguimiento al avance de estos objetivos, el Diagrama de Gantt facilita en gran medida el poder brindar este orden, seguimiento y control a nuestros proyectos de una manera sencilla y fácil comprensión para los usuarios, ya que cuenta con una barra horizontal en donde se representa gráficamente el tiempo o calendario del proyecto y una barra vertical en la cual se describen secuencialmente las actividades u objetivos del trabajo o proyecto.

Figura 3. Diagrama de Gantt

Tiempo		Enero					Febrero					Marzo					Abril					Costo	Observaciones	
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
Actividad 1	P	[Barra horizontal desde inicio de Enero hasta inicio de Febrero]											↑ Adelantado											
	R																							\$500
Actividad 2	R																							\$800
	P																							\$700
	R																							\$1.000

Fuente: Palacios (2019)

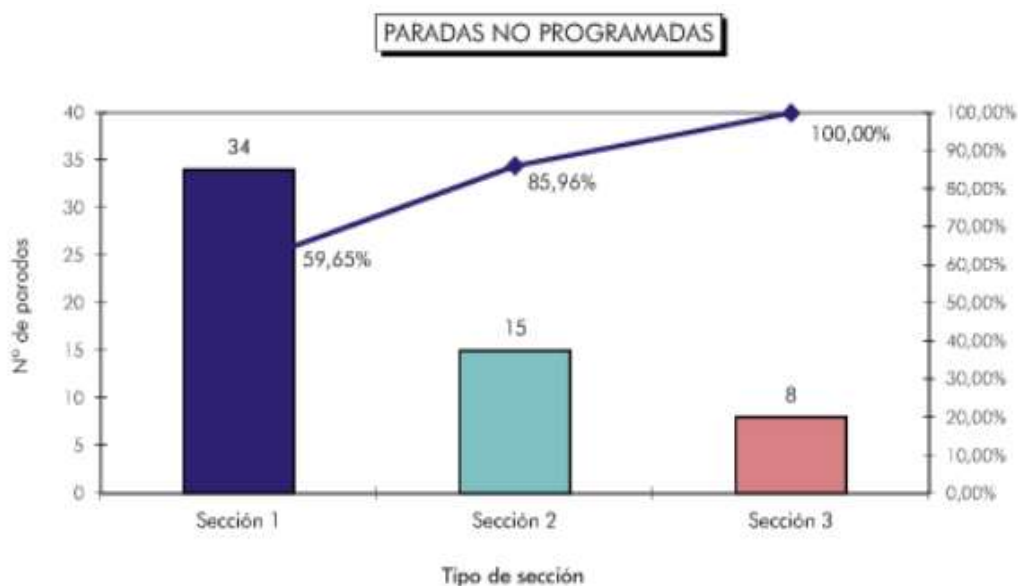
2.2.2 Diagrama de Pareto

El manual Diagrama de Pareto (2021), explica que este esta es una herramienta gráfica utilizada para identificar y priorizar los problemas o causas que generan la mayor parte de los efectos no deseados o problemas en un proceso o sistema. Esta técnica se basa

en el principio conocido como la "regla del 80/20", que establece que aproximadamente el 80% de los problemas son causados por el 20% de las causas.

Bajo la misma línea, en el manual Diagrama de Pareto (2021), se describe que esta herramienta se presenta en forma de gráfico de barras, donde las barras representan las categorías o causas de los problemas, y se ordenan de mayor a menor según su frecuencia o impacto. Además, el diagrama incluye una línea acumulativa que muestra el porcentaje acumulado de los problemas a medida que se recorren las barras. Permitiendo visualizar de manera clara y concisa cuáles son las causas más significativas y contribuye a la toma de decisiones informadas sobre las áreas en las que se debe enfocar la mejora.

Figura 4. Diagrama de Pareto



Fuente: Pardo (2017).

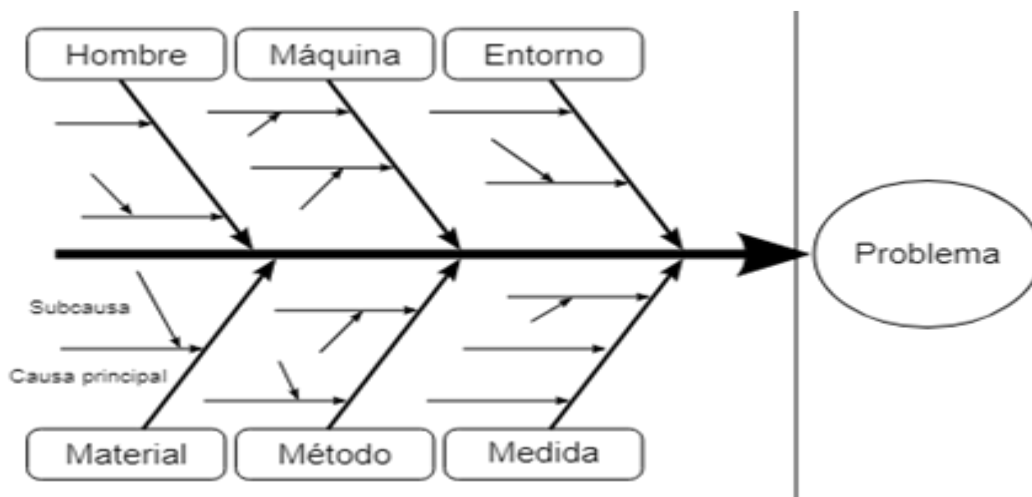
2.2.3 Diagrama Ishikawa

Tomando como referencia el artículo Causa y Efecto (2021), el diagrama de Ishikawa, o diagrama de espina de pescado, es una herramienta utilizada para identificar y visualizar las diferentes causas que pueden estar contribuyendo a un problema o

efecto no deseado. Fue desarrollado por el ingeniero japonés Kaoru Ishikawa en la década de 1940 y se utiliza ampliamente en la gestión de la calidad y la resolución de problemas.

Por otro lado, siguiendo lo explicado en el artículo Causa y Efecto (2021), en el diagrama de Ishikawa, el problema o efecto se coloca en el extremo derecho del diagrama, y las causas potenciales se representan como ramas que se extienden hacia la izquierda. Estas ramas se dividen en categorías principales, como personal, procesos, máquinas, materiales, métodos y entorno, dependiendo del contexto específico. A su vez, cada categoría se puede desglosar en causas más detalladas. Por lo que podemos decir que el diagrama de Ishikawa ayuda a visualizar y analizar las múltiples causas que pueden contribuir a un problema, lo que facilita la identificación de las causas raíz y la toma de acciones correctivas efectivas. Además, promueve la participación y el trabajo en equipo, ya que se pueden involucrar a diferentes personas con conocimientos y experiencia en cada categoría de causa.

Figura 5. Guía para elaborar un diagrama de Ishikawa



Fuente: Lean (2014).

2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO

2.3.1 Impacto económico del proyecto

El impacto económico de este proyecto puede evaluarse mediante diferentes aspectos, como el análisis de costos y otros enfoques económicos y financieros.

2.3.1.1 Reducción de costos de mantenimiento

Dado que del TPM se centra en el mantenimiento proactivo y en la prevención de averías, beneficia en la una disminución de los costos de reparación y reemplazo de equipos, debido a las inspecciones regulares, lubricación adecuada de las maquinas, limpieza y ajustes, que evitarán evitan fallos inesperados y costosos. Además, que el mediante el mantenimiento preventivo, se pueden identificar y abordar tempranamente los problemas potenciales antes de que afecten el funcionamiento de los equipos. Esto permite reducir los tiempos de inactividad no planificados y garantizar una mayor disponibilidad de los equipos para la producción.

2.3.1.2 Costos de mantenimiento

Se deberá considerar el costo de las reparaciones, que es una parte más del costo final del producto. Independientemente de la gestión del mantenimiento, siempre será un gasto que se debe asumir. Por lo tanto, se considerarán los costos de mantenimiento desde la perspectiva general de la empresa.

Desde el punto de vista de mantenimiento, se trata de un gasto que asegura el estado de la instalación a mediano y largo plazo. La disminución de los gastos en este concepto supone un ahorro para la empresa. Este ahorro implica una mayor

incertidumbre sobre el estado de la instalación y, por tanto, de su capacidad productiva real. A continuación, los diferentes costos detectables del proyecto:

- **Costos Fijos:** Estos costos fijos de mantenimiento están compuestos, principalmente, por la mano de obra y materiales necesarios para realizar el mantenimiento preventivo y predictivo.
- **Costos variables:** Estos costos son proporcionales a la producción realizada. Entre los más importantes se destacan: mano de obra directa, materia prima y materiales directos, embalajes, energía, etc. y los gastos variables de mantenimiento.
- **Costos financieros:** Los costos financieros que se originan por mantenimiento se deben al capital inmovilizado para almacenamiento de repuestos y al originado por exceso de maquinarias para asegurar la producción. repuestos. Un exceso de repuestos no genera ningún beneficio a la empresa.
- **Costo de fallas:** El costo de fallas o por averías se refiere al costo o pérdida de beneficio que la empresa soporta por causas relacionadas con mantenimiento.
- **Costo Integral:** La suma de los cuatro costos permite obtener el costo total. Este costo permite apreciar la gestión de mantenimiento, un análisis de cada costo por separado puede llevar a conclusiones erróneas.

2.3.2 Impacto ambiental del proyecto

El mantenimiento preventivo ayuda a prevenir fallas y averías en los equipos, lo que reduce la generación de residuos y desperdicios asociados con la producción de alimentos. Al mantener los equipos en condiciones óptimas de funcionamiento, se minimiza la necesidad de desechar productos defectuosos o no conformes.

Tomando en cuenta que, al evitarse averías y fallos, el mantenimiento preventivo contribuirá a un uso más limpio de los recursos naturales. Puesto que los equipos que funcionan de manera eficiente y sin problemas consumen menos energía y recursos, lo que ayuda a reducir el impacto ambiental asociado con la extracción y producción de esos recursos.

Además, la implementación del TPM y el mantenimiento preventivo adecuado ayudan a garantizar el cumplimiento de las regulaciones ambientales en materia de seguridad y protección ambiental.

2.3.3 Impacto cultural del proyecto

Es importante resaltar que TPM fomenta la participación de los empleados en el mantenimiento de los equipos. Esto implica capacitar a los trabajadores para que realicen tareas de mantenimiento básico, como inspecciones y lubricación. Al promover una cultura de responsabilidad y propiedad, se generará un mayor compromiso y sentido de pertenencia por parte de los empleados hacia los equipos y su funcionamiento óptimo. Asimismo, la implementación del TPM y un plan de mantenimiento preventivo en una industria alimentaria pueden tener un impacto cultural positivo al promover una cultura de responsabilidad, colaboración, mejora continua, calidad, seguridad y excelencia en toda la organización.

2.3.4 La eficiencia como indicador de éxito en la producción de bienes y servicios.

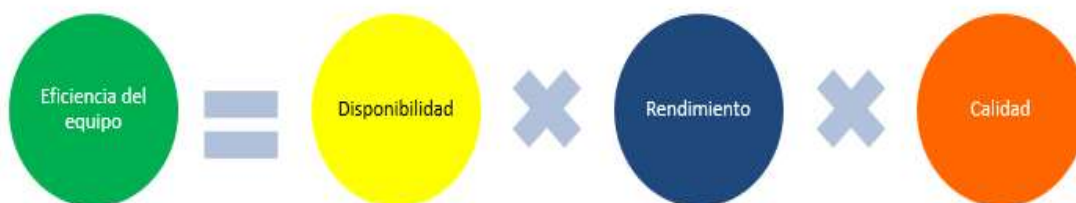
Podemos encontrar muchas definiciones de eficiencia, generalmente eficiencia se define como el aprovechamiento óptimo de los recursos utilizados, por ejemplo, para Castañeda (2019), la eficiencia es un índice de la velocidad en que trabaja una

máquina respecto a un máximo posible. Si la tasa de eficiencia es baja, quiere decir que el equipo trabajó a una velocidad inferior a su máximo posible durante gran parte del tiempo de producción.

Como herramienta de medición la eficiencia nos indicará cómo se hicieron las tareas y el rendimiento porcentual de los recursos utilizados por un proceso productivo y mientras más altos se encuentren los índices de eficiencia más claridad se tiene sobre si verdaderamente los procedimientos se están realizando de la forma correcta. Generalmente TPM utiliza un indicador para medir la eficiencia o efectividad de los equipos y se le conoce con el nombre de OEE por sus siglas en inglés (Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia General de los Equipos).

Este es un indicador que mide la eficiencia productiva de la maquinaria involucrando factores como la disponibilidad, rendimiento y calidad y con esto ayudar a orientar el tipo de acciones que se deben tomar dentro de las organizaciones en la aplicación del TPM y a conocer la eficiencia real de los equipos.

Figura 6 Fórmula utilizada para el cálculo del OEE



$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Tasa de rendimiento} * \text{Tasa de Calidad}$$

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se presentan las fórmulas para realizar el cálculo de la disponibilidad, la eficiencia y la calidad.

$$\text{Disponibilidad (\%)} = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo de Producción neto}}$$

Tiempo operativo= Tiempo de producción neto – Tiempo de paros por Averías y ajustes

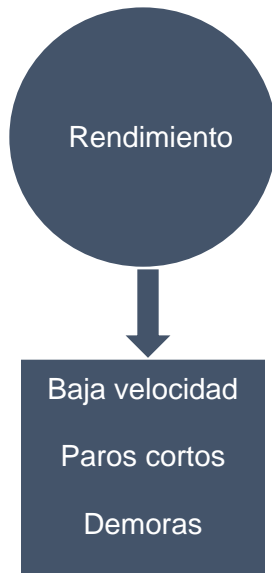
Tiempo de producción neto= Horas de trabajo – descansos y mantenimientos planificados.

Figura 7. Flujo de disponibilidad



Fuente: Elaboración Propia

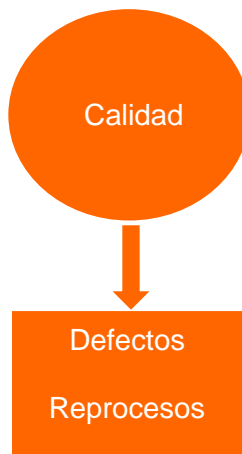
$$\text{Tasa de Rendimiento o Eficiencia (\%)} = \frac{\text{Tiempo operativo eficiente}}{\text{Tiempo operativo}}$$

Figura 8. Flujo de rendimiento

Fuente: *Elaboración Propia*

Tiempo operativo eficiente = Tiempo operativo – paros por baja velocidad – paros cortos

$$\text{Tasa de Calidad (\%)} = \frac{\text{Total piezas producidas} - \text{piezas para muestras y defectuosas}}{\text{Total piezas producidas}}$$

Figura 9. Flujo de calidad

Fuente: *Elaboración Propia*

2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES

Se realizó una investigación preliminar en la empresa en la que se aplicará el proyecto de graduación, para determinar si previamente se habían llevado a cabo proyectos similares, y se encontró que este es el primer proyecto de investigación de esta naturaleza en la empresa. Para fundamentar el presente proyecto, se consideraron investigaciones relevantes que guardan relación con el tema.

A nivel nacional, se encontró un estudio realizado en el año 2021 por el estudiante Jerry Rocha Corea, de la Universidad Hispanoamericana, titulado "Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas del área de empaque de Sigma Alimentos Costa Rica". Esta investigación se enfocó en la implementación de un plan de mantenimiento preventivo que busca reducir al menos un 10% los paros no programados de las máquinas de empaque. Además, identifica las principales causas de falla en dichas máquinas, destacando las causas mecánicas seguidas por las fallas eléctricas, electrónicas y neumáticas.

Y abordando investigaciones internacionales relacionadas al tema del proyecto de graduación, se llevó a cabo un estudio por Cáceres Roa y Gámez Puchuri en la Universidad Ricardo Palma de Perú en el año 2019. Su investigación titulada "Aplicación de la herramienta de TPM para mejorar la productividad en el proceso de granallado de la empresa JCB estructuras S.A.C" tiene como objetivo principal aplicar la metodología de TPM para mejorar la eficiencia y eficacia de uno de los procesos de la empresa. Utilizando herramientas como recolección de datos, encuestas, mapeo de procesos y equipos, entre otras, demostraron la necesidad de implementar un programa de TPM y

cómo su implementación condujo a un incremento en la eficiencia y eficacia del equipo. Esto demuestra que la implementación del TPM no solo beneficia al área de mantenimiento, sino también a otras áreas de la empresa, siempre y cuando se brinde capacitación adecuada al personal, considerado como la base del TPM.

En otro estudio realizado por Valderrama Lombana y Salazar Casas en la Universidad Antonio Nariño de Colombia en 2021, titulado "Propuesta de un plan de mantenimiento basado en TPM para la planta de asfalto de la empresa Agretol", se buscó mejorar la confiabilidad, disponibilidad y correcto funcionamiento de los equipos de la empresa, los cuales se encontraban bajo un plan de mantenimiento correctivo en lugar de uno preventivo.

Este proyecto destaca por presentar una metodología para implementar el mantenimiento preventivo y el mantenimiento autónomo, mediante un análisis de la situación actual e identificación de los problemas más relevantes para el desarrollo de un plan de mantenimiento enfocado en los equipos de la organización, con la participación del personal operativo.

Por otro lado, García Cabello llevó a cabo su investigación en la Pontificia Universidad Católica del Perú en 2018, con el título "Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en una empresa de elaboración de alimentos balanceados, mediante el Mantenimiento Productivo Total (TPM)". El objetivo principal fue desarrollar una propuesta que mejorara la capacidad de producción de la planta al reducir los paros de las máquinas y estandarizar las actividades de producción y mantenimiento, utilizando como base la metodología de TPM y la metodología 5S.

Este proyecto consistió en investigar las posibles causas de las fallas de los equipos en el área de producción, clasificar dichas fallas y proponer pasos importantes para reducir los paros no programados, disminuir costos y mejorar la organización de las actividades de mantenimiento.

Estas investigaciones previas brindan una base sólida para el presente proyecto, al proporcionar conocimientos y enfoques relacionados con la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la industria alimentaria.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

A continuación, se presenta una breve descripción de las distintas etapas clave de la metodología que se implementará, considerando las características particulares de la empresa y las limitaciones identificadas, de manera que se logre una implementación exitosa y coherente de las acciones propuestas en los capítulos anteriores.

3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La determinación de los problemas es un aspecto fundamental para el establecimiento y desarrollo de un análisis y posteriormente el planteamiento de posibles alternativas de solución. En este capítulo, se presenta el proceso metodológico para determinar las afectaciones del área de producción relacionadas directamente con los tiempos improductivos de los equipos de la planta de producción de la industria alimentaria correspondiente, con la finalidad de proponer alternativas acordes a las características de la organización.

Para el caso de este proyecto de investigación se realizó una reunión con el Gerente de Operaciones para poder determinar cuáles son las principales deficiencias que tiene la planta y se lograron establecer como principales problemas el incremento generado en el primer trimestre del año en curso en el costo de mantenimiento y la cantidad de paros que afectan la operación de la planta desde que la nueva administración tomó las riendas de la empresa.

En este momento, se realiza un acercamiento entre el personal de los Departamentos de Mantenimiento y Producción de la empresa de la industria alimentaria. El objetivo de esta etapa es identificar de manera precisa y sistemática los problemas y desafíos que afectan los costos de mantenimiento, las pérdidas ocasionadas por paros y cualquier otro factor relevante que impacte en la eficiencia operativa.

Posteriormente se realiza una sesión con el equipo de colaboradores para llevar a cabo una lluvia de ideas, para poder establecer posibles causas de un problema generador, un listado de ideas sobre posibles variables que afectan la continuidad de las operaciones, luego esas ideas se unen y se organizan para crear causas más estructuradas las cuales se pueden utilizar en la realización de otras herramientas como por ejemplo en el análisis de causa y efecto.

3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO

En este apartado se presenta la información sobre las mediciones realizadas y las herramientas utilizadas para este fin. Primeramente, se realiza un inventario de los equipos pertinentes al área de producción y se genera una ficha técnica con las principales características de cada uno de ellos.

Posteriormente según la información almacenada en el sistema de información de la compañía se realiza una medición y clasificación mediante una gráfica de barras de los principales eventos que reducen la continuidad de la operación, según el tiempo de afectación, por ejemplo, fallas o averías, paros planeados, cambios de formato o paros externos. Además, se realizó una clasificación basada en el tiempo de afectación de cada uno de los tipos de eventos mencionados anteriormente, mediante el uso de una gráfica de barras. Una vez determinado cual es el tipo de evento que más afecta las operaciones se realiza una clasificación por área (producción o empaque) para determinar cuál de ellas presenta la mayor cantidad de tiempo improductivo, para esto se utiliza una gráfica de pastel.

Seguidamente se realiza un despliegue o una gráfica de barras la cual muestra la descripción de las principales fallas que se presentan en el área con mayor tiempo improductivo.

Para la medición de los costos de mantenimiento se utiliza la información brindada por el Gerente de Operaciones y se logra determinar mediante una gráfica de barras comparativas el comportamiento del gasto por mantenimiento realizado en el primer trimestre del año 2023 en comparación del gasto proyectado o presupuestado.

Con la aplicación de una encuesta al personal de producción, mantenimiento y los colaboradores de otras áreas como bodega de suministros y calidad que tienen alto nivel de interacción en el área de producción se determinan aspectos como el uso de procedimientos operativos para la ejecución de las tareas del personal de producción, la participación del personal operativo en tareas de mantenimiento preventivo, la frecuencia de capacitación al personal de la compañía, conocimiento si se aplica un plan de mantenimiento preventivo a las máquinas de producción, satisfacción con el servicio de mantenimiento actual o si se debe mejorar.

Posterior a la encuesta se realiza una lluvia de ideas con el mismo personal para determinar las posibles causas que generan las fallas en los equipos de la planta, las cuales luego son representadas en un Diagrama de Ishikawa.

Una vez determinadas estas causas se procede a solicitar al personal realizar una valoración o puntuación de 1 a 10 teniendo en cuenta que 10 sea la opción que se considera que es la mayor causa de fallas y 1 la menor causa de fallas y los datos brindados se colocan en una tabla de datos para determinar cuál es la mayor posible causa de falla en los equipos de la planta.

Cuando se obtiene el total de puntos asignados a cada una de las posibles causas de falla de los equipos de planta, se determinan los porcentajes que representa cada una del total y luego se presentan en un Diagrama de Pareto.

3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA

En esta sección se presenta una propuesta de implementación que sea manejable para la organización y que permita disminuir el impacto en la productividad desde el punto de vista de paros de máquina por fallas de estos y en los costos de mantenimiento asociados a los equipos de producción. A continuación, se presentan algunas de las herramientas que fueron utilizadas para recolectar datos e información para establecer la propuesta de mejora:

- **Reunión:** Se lleva a cabo una reunión con el Gerente de operaciones con el fin de compartir y establecer información importante para abordar sobre las principales oportunidades de mejora y definir los temas prioritarios a tratar en la planta de producción.
- **Lluvia de ideas:** la cual es una de las herramientas utilizadas en la Ingeniería industrial para poder establecer posibles causas de una situación, esta técnica se utiliza frecuentemente cuando se hacen trabajos de grupo y consiste en que los miembros del grupo generan un listado de ideas sobre posibles alternativas que afectan la ejecución de las operaciones, luego esas ideas se unen y se organizan para crear causas más sólidas y concisas. El uso de esta herramienta pretende fomentar la participación del personal operativo de la empresa mediante el aporte de su experiencia para explicar o determinar las causas que afectan las operaciones de producción.

- **Encuesta:** Esta herramienta es muy útil ya que permite contar con información cualitativa de las personas que están relacionadas directa e indirectamente en el proceso de producción, lo cual permite obtener información muy cercana a la situación, estado y oportunidades de mejora de los equipos de producción y del sistema de mantenimiento actual que se brinda en la organización. Esta encuesta será dirigida al personal de producción, mantenimiento, calidad y bodega.
- **Base de datos de producción:** La base de datos o sistema de información que se utiliza actualmente en la empresa será un insumo de mucha utilidad para llevar a cabo recolección de datos. Con esta información se podrá llevar a cabo análisis correspondientes a fallas de los equipos y principales causas detectadas, fechas, duración de los eventos, entre otros.
- **Representaciones gráficas:** Se presentan una serie de gráficos comparativos y de barras creados a partir de los datos recolectados con el fin de permitir una fácil visualización del estado actual de la situación productiva, las principales fallas de los equipos, su impacto en la organización, para la búsqueda de mejoras tanto en el sistema operativo como en el de mantenimiento.
- **Diagrama de Ishikawa:** Con los datos obtenidos de la lluvia de ideas se realiza un diagrama de causa y efecto o diagrama de Ishikawa (que se mostrará en el capítulo correspondiente al análisis de resultados) el cual permite agrupar o clasificar las causas anteriormente establecidas en diferentes factores conocidos como las 6M los cuales se presentan a continuación: máquina, material, mano de obra, método, medio ambiente y medición. Una vez que se

clasifican las posibles causas en cada factor se analiza la información y se puede determinar una posible o varias causas raíz.

3.4 METODOLOGÍA PARA LA MPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Luego de definir el problema, medir los datos, y analizar las causas, se plantean una serie de acciones que permitan establecer mejoras a las afectaciones actuales que presenta la empresa, por lo tanto, a continuación, se presentan una serie de actividades para generar una propuesta:

- **Estándares operativos:** para esta actividad se trabaja en la elaboración de procedimientos estándar para la realización de las actividades operativas de limpieza, inspección, ajuste y lubricación básicas, de fácil comprensión para los operadores y auxiliares de producción, con el fin de establecer uniformidad en dichas actividades para reducir el deterioro y las afectaciones a la productividad de la planta.
- **Inventario de equipos:** Como parte del proceso de aprendizaje y familiarización con los procesos, se realiza el inventario de los equipos de la planta de producción mediante la observación y verificación física, además, este informe se presenta a la gerencia de operaciones. Cabe resaltar que dicho inventario de equipos solamente contempla la maquinaria que está directamente relacionada al área de producción, tanto para la sección de mezclado como para la de empaque.
- **Diagrama de Pareto:** El Diagrama de Pareto se utilizará para representar gráficamente la información recopilada de las fallas de los equipos, como tiempo de duración, cantidad de fallas y mostrar de una manera más sencilla la

situación actual de estas y su impacto en la operación y productividad de la planta. Para este fin se solicitan los datos del sistema desde noviembre de 2022, hasta julio 2023, para poder realizar una clasificación de los eventos que afectan la productividad de la planta según algunos de los criterios establecidos en TPM y poder realizar un diagrama de Pareto y determinar cuáles son las principales causas de paro en los equipos de producción.

- **Análisis de criticidad y clasificación ABC:** se ha llevado a cabo un análisis de criticidad a los equipos de producción, asignando categorías de Tipo A, Tipo B y Tipo C a cada equipo en función no solamente ligadas directamente al tema de mantenimiento como por ejemplo la frecuencia de fallas y la mantenibilidad, sino también involucrando otros factores importantes de factores como el impacto ambiental, la seguridad, la calidad, el tiempo de trabajo y las afectaciones en las entregas. Posterior a este análisis se realiza un listado o una clasificación ABC de los equipos de producción.
- **Inventario de repuestos:** uno de los problemas detectados previamente son los costos de mantenimiento, por lo tanto, se considera que una de las alternativas para contrarrestar estos problemas es realizar un inventario de repuestos en la bodega de mantenimiento y de este modo iniciar de una mejor manera la gestión de repuestos, lo cual ayudaría considerablemente a manejar de mejor manera el dinero a utilizar para la compra de repuestos, además de agilizar las labores de mantenimiento correctivo y preparar a la organización para dar inicio a un sistema de mantenimiento preventivo en el cual se pueda dar seguimiento al stock de repuestos con el que se cuenta y garantizar que

siempre se cuente con los repuestos y con las cantidades necesarias para la continuidad de las operaciones en la planta de producción.

- **Diagrama de Gantt:** El uso de esta herramienta se utiliza como complemento del plan de implementación, ya que en esta etapa se tienen definidas las tareas y las frecuencias para la elaboración de cada una de las labores de mantenimiento preventivo asignadas a los responsables.

En términos generales la metodología de implementación del proyecto está enfocada en la búsqueda de generar y poner en marcha estrategias de mantenimiento específicas, asignar responsabilidades y roles en la gestión del mantenimiento preventivo, asegurando así que cada equipo reciba la atención necesaria para maximizar el rendimiento y durabilidad, todas sugeridas por los Pilares de Gestión y Mantenimiento Autónomo de la metodología de TPM. Mediante la adaptación de los Pilares, se busca realizar un trabajo que se basa en “volver a integrar el trabajo del operador con el de operario de mantenimiento, para lograr disminuir desperdicios. El operador está listo para hacer cambios de formato o algunos mantenimientos básicos, pero básicamente es el que reporta las fallas adecuadamente, junto a realizar ajustes, lubricación y mantenimientos básicos”. (BSG Institute, 2020)

Además, se espera que este proyecto innovador fomente la participación y la colaboración continua entre los equipos de producción y mantenimiento, permitiendo una adaptación ágil a los desafíos emergentes y un enfoque constante en la optimización de la eficiencia operativa, para que de esta manera se establezca un ciclo de mejora continua que asegure la maximización de los beneficios a lo largo del tiempo.

3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS

Para esta etapa de verificación, aseguramiento, control y seguimiento de la implementación de las propuestas, se establecerán estrategias para los procesos de evaluación y seguimiento, con el fin de que se pueda dar continuidad a la implementación del proceso y garantizar la sostenibilidad de las mejoras logradas. Como parte de lo anteriormente mencionado se pondrá en marcha la implementación de unas pizarras con registros tipo check list, basadas en los estándares operativos, con la finalidad de que mediante un control visual, la jefatura de producción y la Gerencia operativa puedan verificar que las actividades de cada tipo, ya sean de limpieza, inspección-ajuste o lubricación, se estén ejecutando y de no ser así poder realizar los cuestionamientos pertinentes y mantener vigente la realización de estas actividades de mantenimiento preventivo.

Para el área de mantenimiento se trabaja en conjunto con el Gerente de Operaciones y el encargado de mantenimiento en el diseño de estándar de mantenimiento preventivo y posteriormente se desarrolla un programa de mantenimiento preventivo utilizando la herramienta denominada diagrama de Gantt, con la cual se podrá brindar una revisión frecuente a las actividades preventivas cuya responsabilidad recae en el área de mantenimiento.

La capacitación del personal operativo desempeña un papel fundamental en la implementación exitosa del plan de la gestión autónoma, la formación adecuada del equipo garantiza que estén equipados con los conocimientos y habilidades necesarios

para ejecutar eficazmente las prácticas de mantenimiento autónomo y planificado, así como para participar en la mejora continua de los procesos.

La capacitación será un proceso continuo y se adaptará a las necesidades cambiantes de la organización. Se programarán sesiones de actualización y refuerzo para asegurarse de que el personal mantenga un alto nivel de competencia en las prácticas de TPM y esté preparado para contribuir de manera efectiva a la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ

El objetivo de este capítulo se centra en presentar las principales causas que impactan en el problema establecido a lo largo de la investigación. Para ello, fue necesario recolectar información de diferentes fuentes, obtenidos a partir de datos cuantitativos. Este apartado responde a las interrogantes del planteamiento de la investigación.

4.1 EQUIPOS DE PLANTA

Como primer paso, se realiza un inventario físico de los equipos existentes en la planta de producción, se evalúan sus características y su codificación para crear una tabla con la información que fue recolectada y facilitarlo a la empresa para su seguimiento. Adjunto se muestra un ejemplo de la tabla realizada, la tabla completa se adjunta en el apartado de Apéndices.

Tabla 1. Equipos de Planta

Descripción	Mezcladora	
Activo:	MAQU000069	
Identificación	M1	
Capacidad	600 Kg	
Marca	TIMSA	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Mezcla 32	
Descripción	Mezcladora	
Activo:	MAQU000063	
Identificación	M2	
Capacidad	600 Kg	
Marca	TIMSA	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Mezcla 32	
Descripción	Mezcladora	
Activo:	MAQU000022	
Identificación	M3	
Capacidad	200 Kg	
Marca	NA	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Sabores 32	

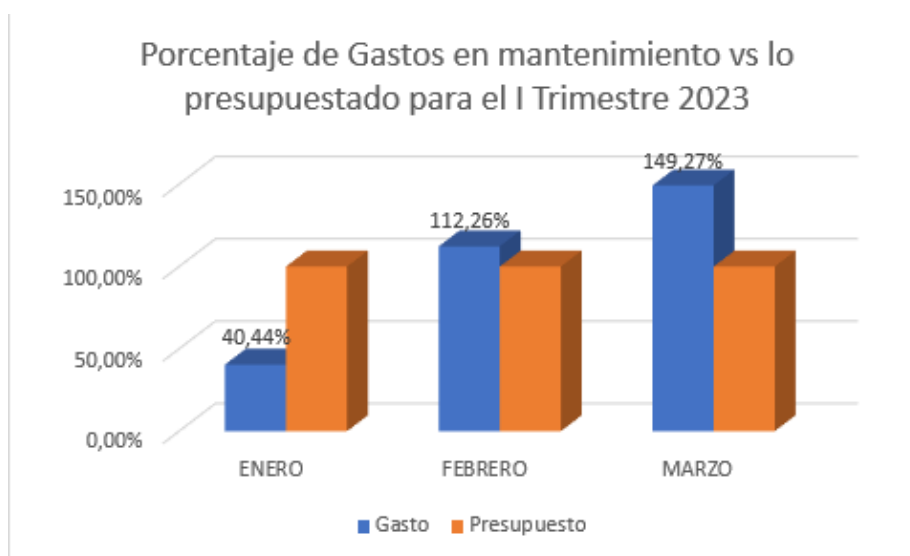
Fuente: Elaboración propia

4.2 HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO

4.2.1 Gráficas comparativas y de barras

Para establecer y describir de una manera simple la problemática general que posee la organización, se utilizaron gráficas comparativas y gráficas de barras, herramientas óptimas para presentar información un poco más compleja y facilitan la comprensión de las variables en estudio. A continuación, se presenta una gráfica comparativa que muestra el comportamiento del gasto (costo) de mantenimiento en el primer trimestre del año 2023 versus el costo presupuestado.

Figura 10. Costos de Mantenimiento



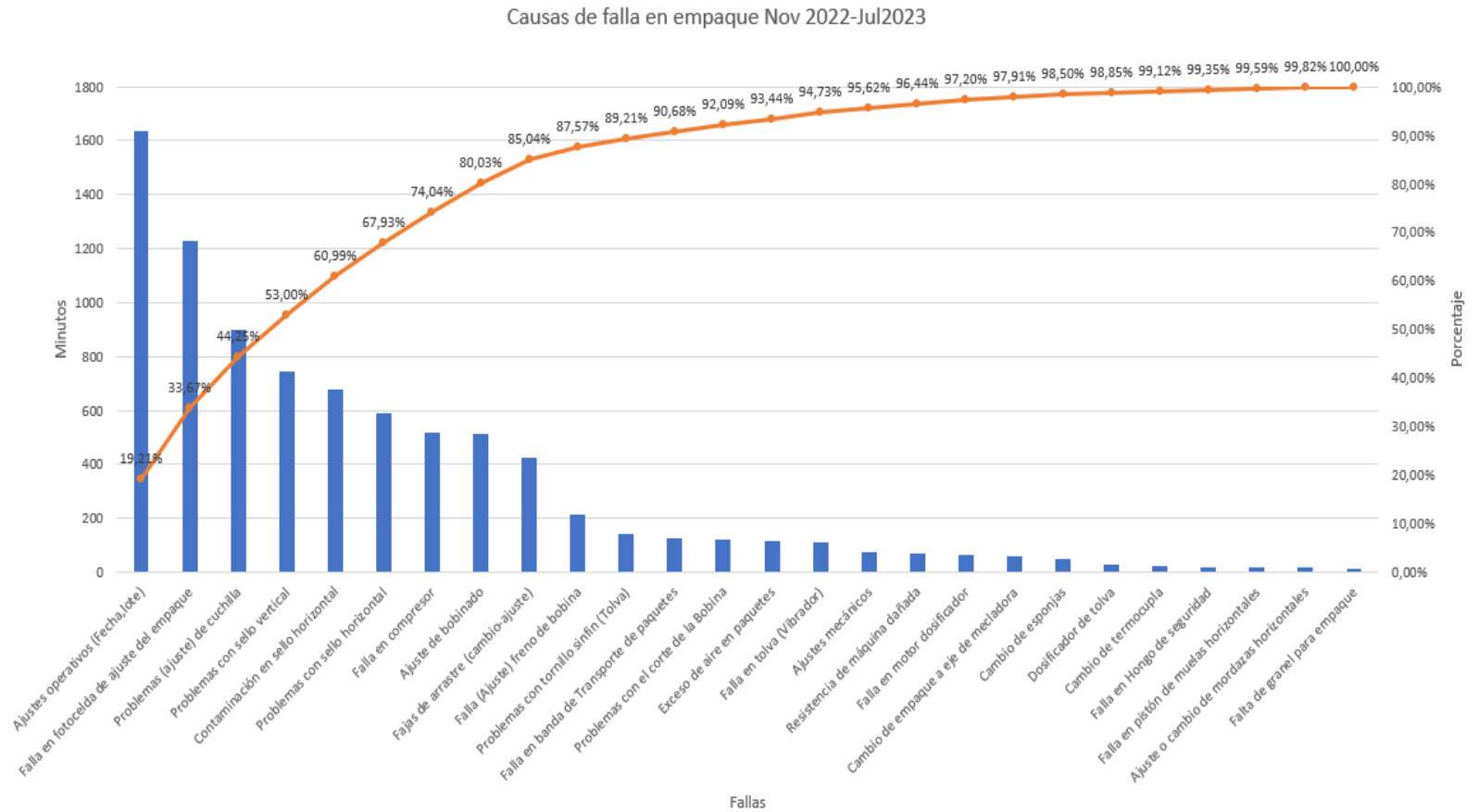
Fuente: Elaboración Propia

4.2.2 Diagrama de Pareto

En el Diagrama de Pareto adjunto se muestra la información más específica de las afectaciones puntuales del área de empaque como, por ejemplo, la descripción de las averías, tiempo total de duración de cada una, de manera que se pueda apreciar la situación actual de su afectación directa a la continuidad de la operación y la

productividad de la planta. Toda esta información ha sido tomada de la base de datos de producción.

Figura 11. Diagrama de Pareto sobre principales causas de paro en el área de empaque



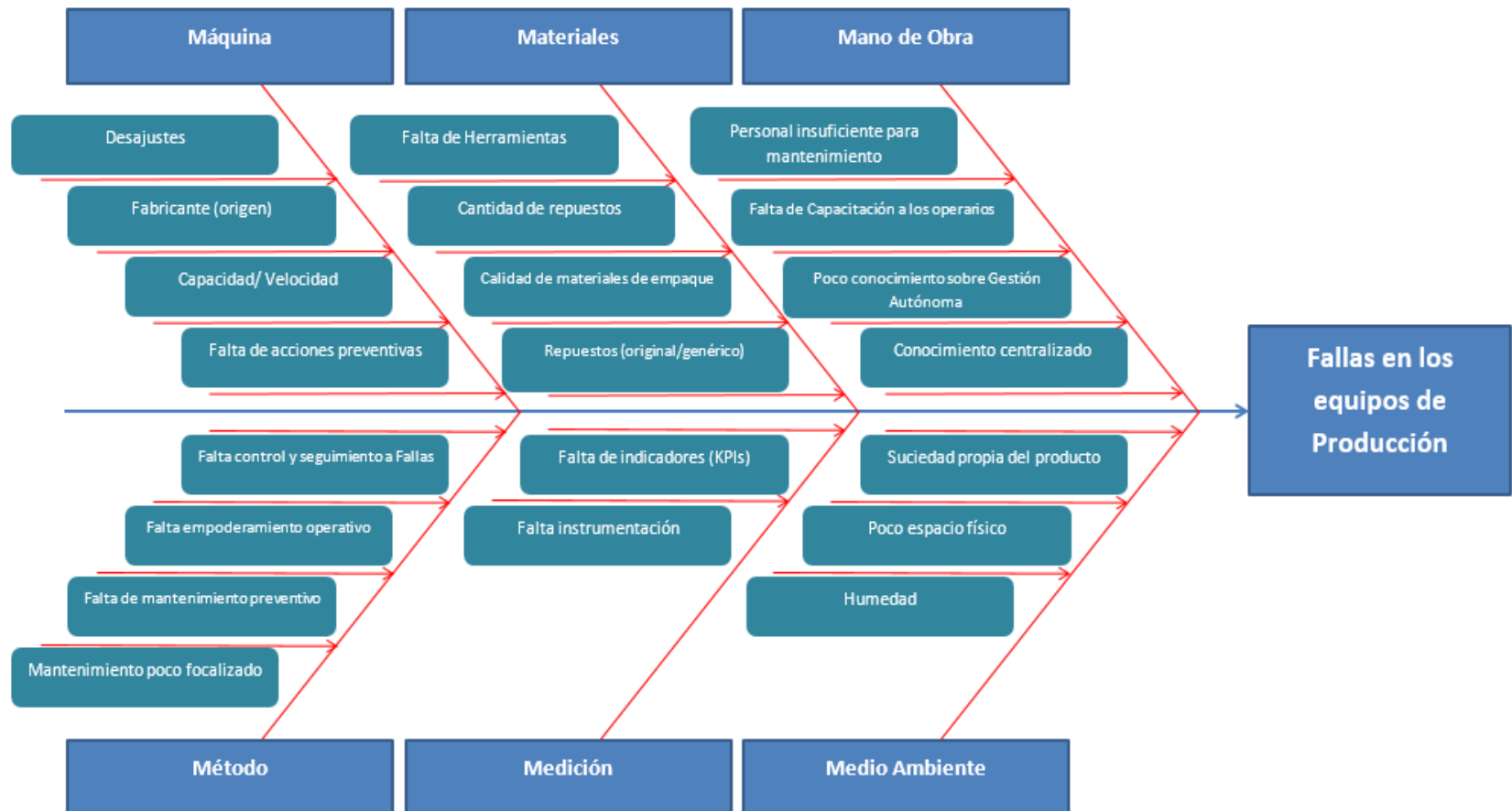
Fuente: Elaboración Propia

En el diagrama de Pareto se puede observar que el 80% del tiempo perdido por fallas está compuesto principalmente por ajustes operativos en la codificación de los empaques, con un 19.21% del porcentaje total de paros, seguidamente un 14.46% fotocelda de empaque, los problemas con la cuchilla constituyen un 10.58%, problemas de sellado vertical representan un 8.75%, mientras que los problemas de contaminación de sello horizontal un 7.99%, otros problemas en el sello horizontal representan un 6.94%, además, las fallas en el compresor son un 6.11% y problemas de ajuste de bobinado un 5.99%. Todas estas causas mencionadas anteriormente conforman el 80.03% de fallas en el área de empaque.

4.2.3 Diagrama de Ishikawa o Causa y Efecto

Tomando como base los aspectos generados con el personal de producción y mantenimiento, mediante la herramienta de la lluvia de ideas, los cuales resultaron en un total de 6 factores o variables con 20 derivaciones o subcausas, se crea el Diagrama de Ishikawa, con la finalidad de establecer los factores principales de las fallas de los equipos de producción de la empresa de la industria de alimentos en estudio, principalmente los equipos del área de empaque, por tanto, se presenta en la siguiente figura el análisis de los factores contemplados bajo la estructura de las 6M: máquina, material, mano de obra, método, medio ambiente y medición.

Figura 12. Diagrama de Ishikawa sobre principales causas de Falla en los equipos de producción



Fuente: Elaboración propia

4.2.3.1 Análisis de Causas o 6M

4.2.3.1.1 Material

Repuestos: Los repuestos juegan un papel muy importante en el funcionamiento de los equipos y es de suma importancia el tipo de repuestos que se le estén incorporando a los equipos porque si los repuestos son originales presentan una mayor vida útil que los repuestos genéricos.

Calidad de materiales de empaque: Dentro de las industrias se pueden encontrar diferentes calidades de materiales sin duda alguna este aspecto influye en la operación continua de los equipos.

Cantidad o stock de repuestos: Contar con la cantidad necesaria de repuestos para los equipos beneficia en la reducción de los tiempos de reparación y el tiempo asignado a falla, lo cual representa mayor continuidad de las operaciones.

Falta de herramientas: para lograr generar un aporte desde la parte operativa para poder evitar tiempos de paro o en su defecto disminuirlos, es importante que el personal operativo cuente con las herramientas necesarias para intervenir los equipos.

4.2.3.1.2 Mano de Obra

Conocimiento centralizado: esta es una de las principales barreras para la implementación de la Gestión Autónoma que se deriva de TPM, ya que transmitir el conocimiento a la parte operativa es de suma importancia para el éxito de la implementación de las tareas autónomas.

Poco conocimiento sobre gestión autónoma: la metodología tradicional que manejan algunas empresas en las cuales el personal de producción opera y el de mantenimiento arregla, todavía está presente en muchas de las organizaciones en el país.

Falta de capacitación a los operarios: la capacitación es un aspecto de gran importancia para la buena aplicación de la Gestión Autónoma, ya que se necesita reforzar constantemente los principios, mantener actualizado al personal sobre los avances de TPM y desarrollar habilidades que permitan prevenir eventos o solucionar en menor tiempo.

Personal insuficiente: La cantidad adecuada de personal está relacionada con la continuidad de las operaciones desde el punto de vista de disponibilidad de personal para la realización de las tareas de prevención de fallas, las demoras por espera de personal para la atención de ellas son una de las situaciones más frecuentes en algunas empresas y se debe buscar su eliminación.

4.2.3.1.3 Máquina

Falta de acciones preventivas: la constante de fallas en los equipos es uno de los problemas generalmente reflejados por la falta de actividades de prevención. Lo recomendado es trabajar en la parte preventiva y no en la correctiva.

Capacidad / Velocidad: la determinación de la capacidad instalada de un equipo y su velocidad adecuada para un producto específico son factores por considerar, debido a que trabajar las máquinas a velocidades no recomendadas

por el fabricante genera desgaste acelerado de componentes y fallas en el funcionamiento del equipo.

Fabricante (Origen): sin duda alguna el tema del fabricante de un equipo tiene mucho que ver con la operatividad de una empresa, ya que dependiendo del lugar de origen la calidad, el funcionamiento, el mantenimiento, la operación y el servicio juegan un papel muy relevante. Por ejemplo, las máquinas de origen europeo y norteamericano se perciben en un nivel superior a las máquinas de países del oriente.

Desajustes: los desajustes de los equipos influyen en las pérdidas de tiempo operativo debido a que generalmente suman o totalizan grandes cantidades de tiempo no productivo.

4.2.3.1.4 Método

Mantenimiento poco focalizado: esta situación se presenta cuando el servicio de mantenimiento se brinda por la misma persona a diferentes áreas de las empresas, por ejemplo, se atienden los equipos de planta, las instalaciones o edificios, la flota vehicular, entre otros.

Falta de mantenimiento preventivo: la ausencia de este tipo de mantenimiento representa baja productividad y constantes averías de los equipos, debido a que se intervienen los equipos de manera correctiva, o sea, después de que se presentan las fallas.

Falta de empoderamiento operativo: cuando el buen funcionamiento de los equipos es considerado únicamente responsabilidad del departamento de mantenimiento, el personal operativo no se empodera de los equipos, no se

responsabilizan de los mismos y esto contribuye a que no se realicen actividades preventivas a los equipos.

Falta de control y seguimiento de fallas: las empresas deberían contar con sistemas o mecanismos de recolección de datos de las pérdidas de tiempo en los equipos debido a fallas, ajustes, afectaciones ajenas a la operación, entre otros, para poder establecer un control y seguimiento al comportamiento de las fallas para la toma de decisiones.

4.2.3.1.5 Medición

Falta de indicadores: los indicadores son elementos de suma importancia dentro de cualquier operación, ya que son los que proporcionan visibilidad a los diferentes procesos, permiten determinar errores en estos y así poder determinar acciones para mejorar, ya sean preventivas o correctivas.

Falta de Instrumentación: Contar con instrumentos adecuados permite llevar un mejor control de los equipos ya sea por horas de funcionamiento o por periodos de tiempos. Permiten tener un registro del tiempo que tardan los componentes más importantes en averiarse y de esta forma trabajar en prevenir que se llegue a ese deterioro.

4.2.3.1.6 Medio Ambiente

Suciedad propia del producto: La naturaleza propia del producto que se empaca es una posible causa de deterioro, ya que, al ser un producto sólido polvoso, hay una gran cantidad de producto que se dispersa por las máquinas, llegando incluso a rodamientos, fotoceldas, cadenas, entre otros.

Poco espacio físico: El tamaño del lugar en el que se encuentran los equipos puede ser una variable considerable debido a que hay mucha cantidad de equipos en un espacio pequeño, lo cual combinado con la naturaleza polvosa del producto contribuyen al mal funcionamiento o deterioro de componentes de los equipos.

Humedad: La humedad y los ambientes muy fríos son dañinos para la maquinaria, por eso es de suma importancia mantener en una temperatura adecuada el área de empaque, además, velar por el buen funcionamiento de los sistemas de aire acondicionado.

Con la determinación de las posibles causas principales de paros establecidos en el Diagrama de Ishikawa, se realiza una evaluación de estas para definir cuáles de estas son las de un impacto mayor en el problema actual. Para esto se define una escala de evaluación de 1 a 10, tomando en consideración que 1 es la de menor importancia o impacto y 10 la de mayor importancia o impacto según el criterio de las personas encuestadas.

Cada persona encuestada realiza su evaluación, posteriormente se suman los valores que se le asignaron a cada causa para obtener un puntaje general de cada una de las causas, esta información se presenta en la siguiente tabla.

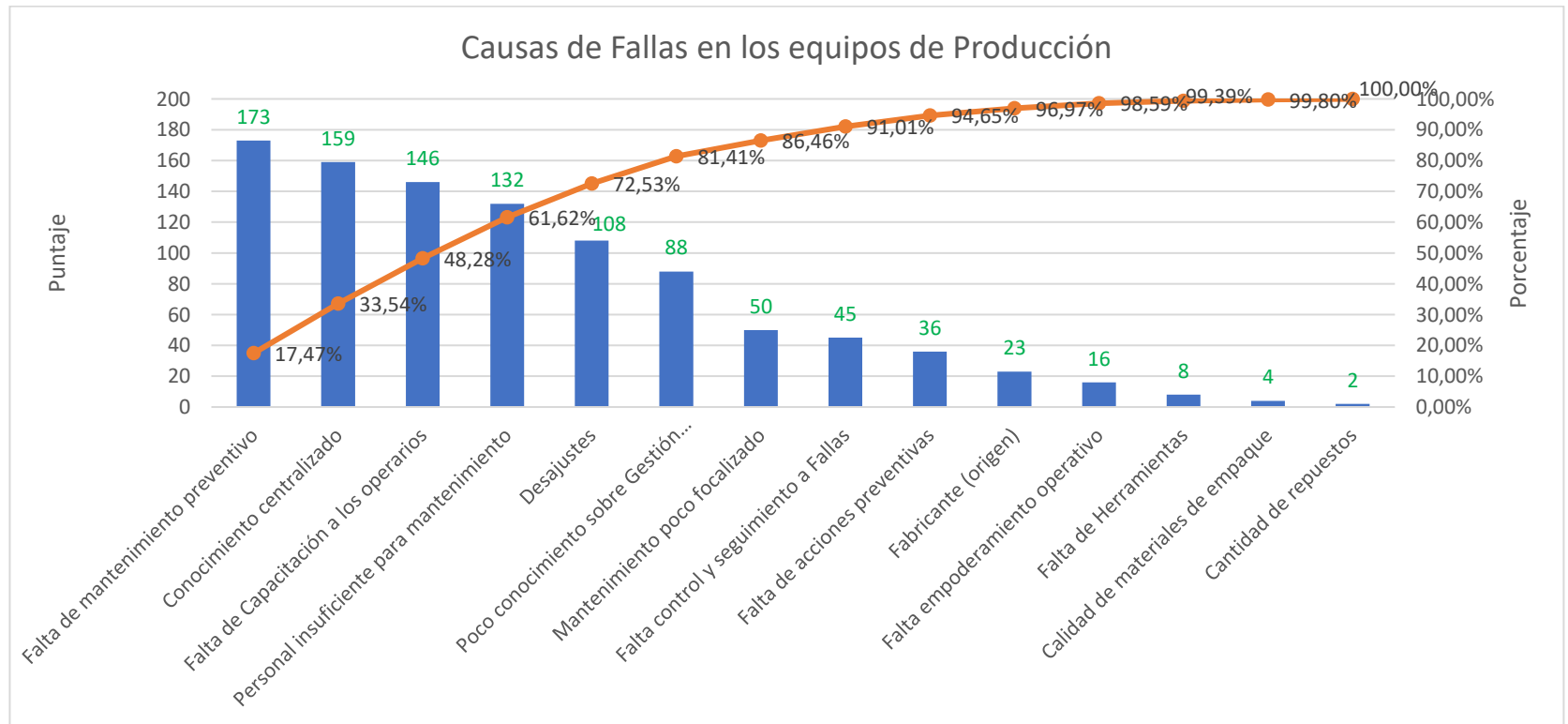
Tabla 2. Valoración de las principales causas generadoras de paros

Causas	Puntaje Total	%	% Acumulado
Falta de mantenimiento preventivo	173	17,47%	17,47%
Conocimiento centralizado	159	16,06%	33,54%
Falta de Capacitación a los operarios	146	14,75%	48,28%
Personal insuficiente para mantenimiento	132	13,33%	61,62%
Desajustes	108	10,91%	72,53%
Poco conocimiento sobre Gestión Autónoma	88	8,89%	81,41%
Mantenimiento poco focalizado	50	5,05%	86,46%
Falta control y seguimiento a Fallas	45	4,55%	91,01%
Falta de acciones preventivas	36	3,64%	94,65%
Fabricante (origen)	23	2,32%	96,97%
Falta empoderamiento operativo	16	1,62%	98,59%
Falta de Herramientas	8	0,81%	99,39%
Calidad de materiales de empaque	4	0,40%	99,80%
Cantidad de repuestos	2	0,20%	100,00%

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar esta valoración brindada por cada una de las personas encuestadas, se ordenan de mayor a menor las causas, se calculan el porcentaje y el porcentaje acumulado. Luego de construir la tabla acumulada se puede aplicar el principio de Pareto el cual establece que, el 80% de las consecuencias provienen del 20% de las causas, en otras palabras, que un pequeño porcentaje de causas tienen un efecto que representa la mayor cantidad de impacto.

Figura 13. Diagrama de Pareto de las principales causas de falla de los equipos



Fuente: *Elaboración propia*

4.3 HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

4.3.1 Base de Datos de producción

Con la utilización de la base de datos del sistema de información del Departamento de Producción se llevará a cabo el análisis de la información de fallas de los equipos, el tiempo de duración, principales causas, tipos de eventos, fechas, entre otros.

Tabla 3. Base de datos sobre Paros de producción

Fecha	Turno	Orden Código de comente	Operación	Máquina	Duración	Observaciones
Paros de la Producción del 01/11/2022 al 31/07/2023						
28/6/2023	1	OP-0003938	EMPAQUE		60,00	Corte de comente
Total No. paros		1			60,00	
Tiempo promedio:		60,00				
14/4/2023	1	OP-0003732	PRODUCCION		60,00	Falla equipo
9/6/2023	1	OP-0003895	EMPAQUE		30,00	Falla equipo
Total No. paros		2			90,00	
Tiempo promedio:		45,00				
P004 Lavado						
4/11/2022	1	OP-0003327	EMPAQUE		210,00	Lavado
4/11/2022	1	OP-0003329	EMPAQUE		240,00	Lavado
4/11/2022	1	OP-0003334	EMPAQUE		240,00	Lavado
4/11/2022	1	OP-0003332	PRODUCCION		240,00	Lavado
11/11/2022	1	OP-0003314	EMPAQUE		360,00	Lavado
11/11/2022	1	OP-0003363	EMPAQUE		210,00	Lavado
11/11/2022	1	OP-0003354	EMPAQUE		180,00	Lavado
11/11/2022	1	OP-0003325	EMPAQUE		150,00	Lavado
11/11/2022	1	OP-0003349	PRODUCCION		150,00	Lavado
18/11/2022	1	OP-0003374	PRODUCCION		300,00	Lavado
18/11/2022	1	OP-0003378	PRODUCCION		300,00	Lavado
25/11/2022	1	OP-0003403	EMPAQUE		210,00	Lavado
25/11/2022	1	OP-0003405	EMPAQUE		210,00	Lavado
13/12/2022	1	OP-0003432	EMPAQUE		45,00	Lavado
6/1/2023	1	OP-0003474	EMPAQUE		210,00	Lavado
6/1/2023	1	OP-0003497	EMPAQUE		240,00	Lavado
P013 Ajuste de bobinado						
11/4/2023	1	OP-0003735	EMPAQUE		65,00	Ajustes operativos (Fecha/lote)
19/4/2023	1	OP-0003755	EMPAQUE		45,00	Ajustes operativos (Fecha/lote)
4/5/2023	1	OP-0003797	EMPAQUE		30,00	Ajustes operativos (Fecha/lote)
5/5/2023	1	OP-0003805	EMPAQUE		30,00	Ajustes operativos (Fecha/lote)
6/5/2023	1	OP-0003809	EMPAQUE		30,00	Ajustes operativos (Fecha/lote)
8/5/2023	1	OP-0003810	EMPAQUE		30,00	Ajustes operativos (Fecha/lote)
11/5/2023	1	OP-0003821	EMPAQUE		30,00	Ajustes operativos (Fecha/lote)
12/5/2023	1	OP-0003823	EMPAQUE		30,00	Ajustes operativos (Fecha/lote)
12/5/2023	1	OP-0003821	EMPAQUE		20,00	Ajustes operativos (Fecha/lote)
15/5/2023	1	OP-0003830	EMPAQUE		30,00	Ajustes operativos (Fecha/lote)
18/5/2023	1	OP-0003840	EMPAQUE		20,00	Ajustes operativos (Fecha/lote)
19/5/2023	1	OP-0003844	EMPAQUE		10,00	Ajustes operativos (Fecha/lote)
22/5/2023	1	OP-0003851	EMPAQUE		30,00	Ajustes operativos (Fecha/lote)
25/5/2023	1	OP-0003823	EMPAQUE		30,00	Ajustes operativos (Fecha/lote)
5/6/2023	1	OP-0003886	EMPAQUE		30,00	Ajustes operativos (Fecha/lote)
8/6/2023	1	OP-0003894	EMPAQUE		10,00	Ajustes operativos (Fecha/lote)
13/6/2023	1	OP-0003906	EMPAQUE		40,00	Ajustes operativos (Fecha/lote)
6/7/2023	1	OP-0003966	EMPAQUE		30,00	Ajustes operativos (Fecha/lote)
10/7/2023	1	OP-0003972	EMPAQUE		40,00	Ajustes operativos (Fecha/lote)
18/7/2023	1	OP-0003989	EMPAQUE		30,00	Ajustes operativos (Fecha/lote)
Total No. paros		52			1 635,00	
Tiempo promedio:		31,44				
22/11/2022	1	OP-0003383	EMPAQUE		25,00	Ajuste de bobinado
29/11/2022	1	OP-0003419	EMPAQUE		30,00	Ajuste de bobinado
2/1/2023	1	OP-0003475	EMPAQUE		55,00	Ajuste de bobinado
9/1/2023	1	OP-0003503	EMPAQUE		20,00	Ajuste de bobinado
10/1/2023	1	OP-0003506	EMPAQUE		30,00	Ajuste de bobinado
18/1/2023	1	OP-0003503	EMPAQUE		40,00	Ajuste de bobinado
19/1/2023	1	OP-0003506	EMPAQUE		30,00	Ajuste de bobinado

Fuente: Empresa de la industria alimentaria

Para poder trabajar con la información solicitada se realizó una serie de modificaciones en la información brindada por el sistema y para un mejor análisis se agregó una columna con el mes y utilizando criterios de TPM se clasificaron los eventos según su tipo: falla, cambio, auxiliares, externo.

En esta etapa se encontró un problema que corresponde a que la información de los paros de máquina no está detallada correctamente, pues al momento de ingresar los eventos en el sistema, no se ingresa el dato del equipo o máquina que presentó el evento, sólo se ingresa la fecha, el área, el número de orden de producción, la descripción del evento y el tiempo, lo cual dificulta poder especificar cuál es la máquina que presenta mayor cantidad de eventos.

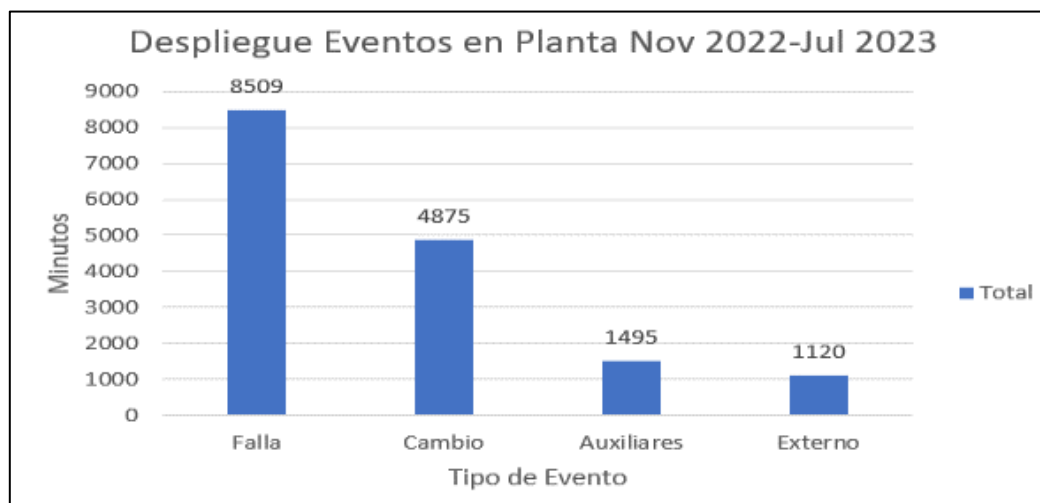
Por esta razón y en base a la información suministrada por el encargado de producción se toman como referencia las empacadoras 2,6 y 7, ya que se informa que son las máquinas que trabajan al menos un 80% del tiempo de producción. Para la medición de los datos se realiza un despliegue mediante una serie de gráficas de los eventos para poder determinar primeramente cuales son los eventos que más afectan a la planta, luego establecer en qué área se presenta mayor porcentaje de eventos y finalmente, se realiza un diagrama de Pareto para determinar el 80% de eventos en los que se deben enfocar esfuerzos para disminuir, controlar o eliminar su reincidencia. A continuación, se muestra una tabla con las modificaciones realizadas a la información obtenida del sistema de o base de datos de producción, con la finalidad de poder analizar la información de una mejor manera.

Tabla 4. Tabla modificada con los datos obtenidos del sistema de información de la empresa

Mes	Fecha	Cantidad	Área	Minutos	Descripción	Tipo Ever
Noviembre	17/11/2022	1	EMPAQUE	30,00	Cambio de formador	Cambio
Noviembre	23/11/2022	1	EMPAQUE	60,00	Cambio de formador	Cambio
Diciembre	15/12/2022	1	EMPAQUE	30,00	Cambio de formador	Cambio
Enero	4/1/2023	1	EMPAQUE	50,00	Cambio de formador	Cambio
Enero	4/1/2023	1	EMPAQUE	40,00	Cambio de formador	Cambio
Enero	10/1/2023	1	EMPAQUE	30,00	Cambio de formador	Cambio
Enero	12/1/2023	1	EMPAQUE	60,00	Cambio de formador	Cambio
Enero	17/1/2023	1	EMPAQUE	60,00	Cambio de formador	Cambio
Enero	23/1/2023	1	EMPAQUE	30,00	Cambio de formador	Cambio
Enero	24/1/2023	1	EMPAQUE	30,00	Cambio de formador	Cambio
Febrero	7/2/2023	1	EMPAQUE	30,00	Cambio de formador	Cambio
Febrero	9/2/2023	1	EMPAQUE	60,00	Cambio de formador	Cambio
Mayo	24/5/2023	1	EMPAQUE	60,00	Cambio de formador	Cambio
Junio	13/6/2023	1	EMPAQUE	40,00	Cambio de formador	Cambio
Junio	16/6/2023	1	EMPAQUE	30,00	Cambio de formador	Cambio
Julio	28/7/2023	1	EMPAQUE	180,00	Cambio de formador	Cambio
Julio	28/7/2023	1	EMPAQUE	30,00	Cambio de formador	Cambio
Noviembre	8/11/2022	1	EMPAQUE	60,00	Falta de Caja	Externo
Noviembre	28/11/2022	1	EMPAQUE	20,00	Falta de Caja	Externo
Noviembre	29/11/2022	1	EMPAQUE	45,00	Falta de Caja	Externo
Enero	5/1/2023	1	PRODUCCIO	60,00	Falta de Materia Prima	Externo
Enero	11/1/2023	1	EMPAQUE	30,00	Falta de Materia Prima	Externo
Enero	17/1/2023	1	PRODUCCIO	120,00	Falta de Materia Prima	Externo
Enero	18/1/2023	1	PRODUCCIO	180,00	Falta de Materia Prima	Externo
Enero	18/1/2023	1	PRODUCCIO	30,00	Falta de Materia Prima	Externo
Abril	18/4/2023	1	PRODUCCIO	30,00	Falta de Materia Prima	Externo
Noviembre	1/11/2022	1	EMPAQUE	25,00	Ajustes operativos (Fecha,lote)	Falla
Noviembre	2/11/2022	1	EMPAQUE	25,00	Ajustes operativos (Fecha,lote)	Falla
Noviembre	8/11/2022	1	EMPAQUE	15,00	Ajustes operativos (Fecha,lote)	Falla
Noviembre	8/11/2022	1	EMPAQUE	20,00	Ajustes operativos (Fecha,lote)	Falla

Fuente: Elaboración propia

En la figura 14, mediante la utilización de conceptos de TPM se clasifican los eventos y se muestra la afectación generada por cada uno de ellos, tanto en la operación como en la productividad de la planta de producción.

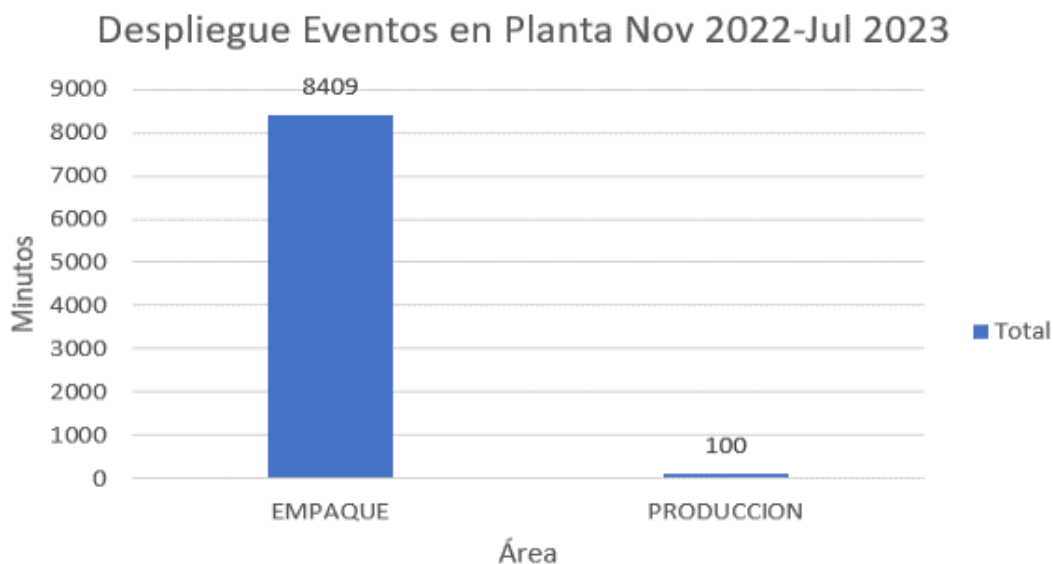
Figura 14. Eventos que afectan la operación de la planta de producción

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica anterior se observa que la principal causa que afecta la continuidad de las operaciones de la planta de producción son las fallas de los equipos de producción, seguido de los tiempos de cambio de un producto a otro o de una presentación a otra. Posteriormente, se presentan las fallas en equipos auxiliares de producción como las codificadoras y por último, se muestran los eventos ajenos al departamento de producción o externos.

Una vez obtenidos estos datos, se procede a determinar la sección de la planta que se ve mayormente afectada por las fallas de los equipos, a continuación, se presenta el detalle de las afectaciones por área.

Figura 15. Tiempo de afectación en la planta por fallas o averías según área



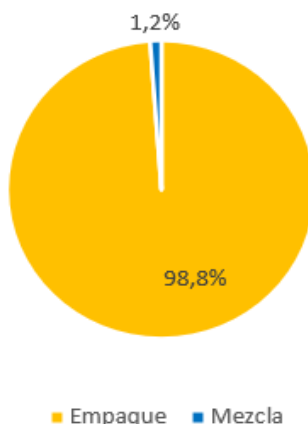
Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica anterior se puede apreciar que del total de fallas que se presentan en la planta y afectan la productividad de la empresa, la mayor cantidad se dan en el área de empaque. En esta gráfica con los datos obtenidos desde noviembre de 2022 al 31 de Julio de 2023, se puede observar que un total de 8409 minutos (140.15 horas) las pérdidas de tiempo por fallas en los equipos se han presentado en el área de empaque

mientras que en el área de mezclado (Producción) se han presentado un total de 100 minutos (1.66 horas) por fallas en los equipos.

Figura 16. Porcentaje de afectación por fallas según área

Porcentaje de Afectación de fallas según Área
Nov 2022 - Jul 2023



Fuente: Elaboración Propia

En este gráfico se aprecia claramente que el 98.8% de las fallas se presentan en el área de empaque, mientras que en el área de mezclado solamente el 1.8% de las fallas del total de planta, por lo tanto, la implementación de un plan de mantenimiento preventivo como parte de la metodología TPM podría ser altamente beneficioso para reducir estas interrupciones y aumentar la eficiencia operativa.

4.3.2 Encuesta aplicada al personal de la empresa

Se llevó a cabo la aplicación de esta herramienta a 18 colaboradores de las áreas de producción, mantenimiento, calidad y bodega de materiales, las cuales son áreas que mantienen una estrecha relación laboral y al ser la empresa en estudio una empresa mediana, la relación es más cercana. La coordinación de la aplicación de la encuesta se realizó con el Encargado de Producción.

La encuesta consta de una serie de preguntas que permitirán determinar la participación actual que tienen los operarios y auxiliares de producción en tareas de mantenimiento básico de los equipos, además, de la percepción general de la aplicación del mantenimiento preventivo y de la gestión de mantenimiento actual.

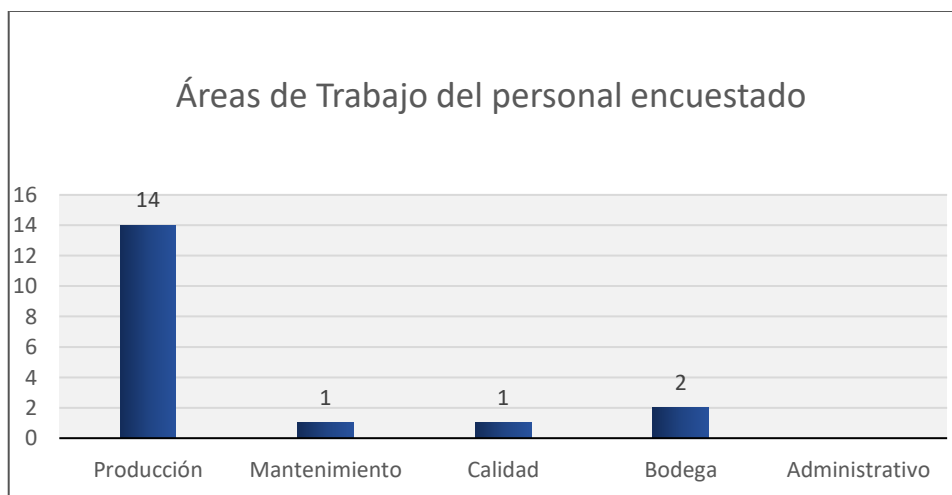
A continuación, con la tabla 5 se inicia la presentación de datos obtenidos en la encuesta:

Tabla 5. Pregunta #1 de Encuesta realizada al personal de la empresa

¿Para cual departamento trabajas actualmente?		
Área	Valor Absoluto	Valor Relativo
Producción	14	78%
Mantenimiento	1	6%
Calidad	1	6%
Bodega	2	11%
Administrativo	0	0%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 17. Gráfico de resultados sobre pregunta #1 de la encuesta realizada



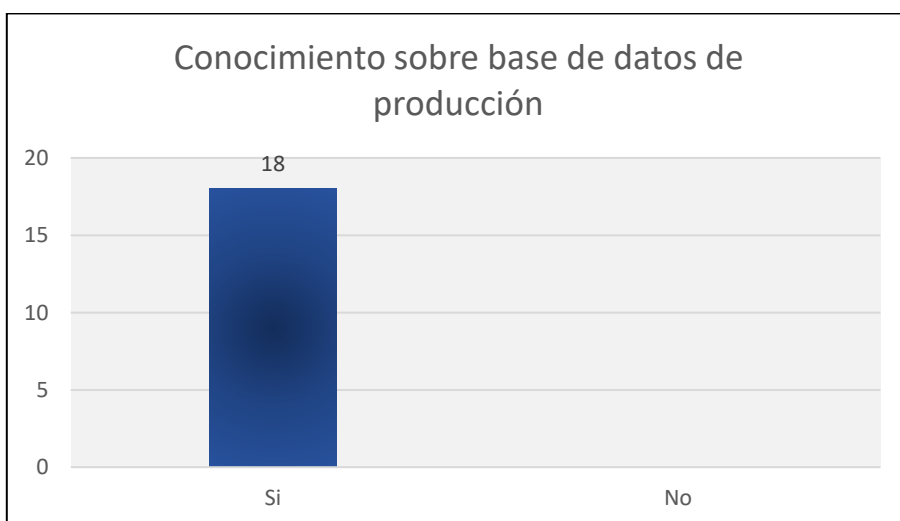
Fuente: Elaboración propia

Del total de participantes en la encuesta el 78% pertenece a producción, un 11% a bodega de materiales, un 6% a calidad y un 6% a mantenimiento.

Tabla 6. Pregunta #2 de Encuesta realizada al personal de la empresa

¿Conoce si existe una base de datos que registre la producción diaria?		
Estado	Valor Absoluto	Valor Relativo
Si	18	100%
No	0	0%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. Gráfico de resultados sobre pregunta #2 de la encuesta realizada

Fuente: Elaboración propia.

Según la gráfica anterior el 100% de las personas encuestadas tiene claro conocimiento de que hay una base de datos de producción que se alimenta de información diariamente.

Tabla 7. Pregunta #3 de Encuesta realizada al personal de la empresa

¿Los operadores cuentan con manual operativo de la máquina que operan?		
Estado	Valor Absoluto	Valor Relativo
Si	3	17%
No	13	72%
Lo desconozco	2	11%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Gráfico de resultados sobre pregunta #3 de la encuesta realizada



Fuente: Elaboración propia.

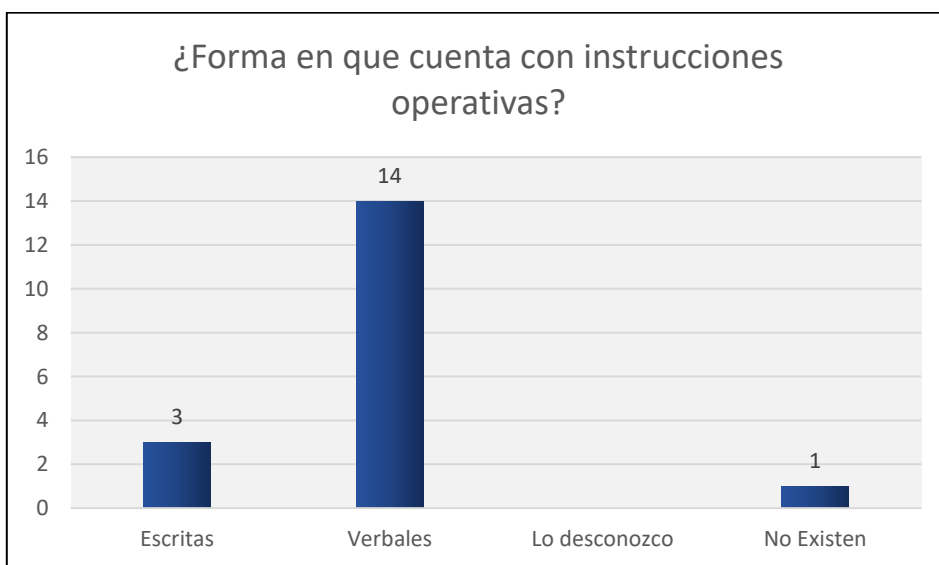
El 72% de las personas encuestadas concuerda en que no existen manuales operativos para llevar a cabo la correcta operación de los equipos, el 17% considera que si existen y el 11% desconoce si se cuenta con manuales operativos. Por lo tanto, se puede determinar que hay un 28% del personal encuestado que no tienen claridad sobre lo que realmente es un manual operativo.

Tabla 8. Pregunta #4 de Encuesta realizada al personal de la empresa

De qué manera se reciben las indicaciones para realizar la operación de la máquina?		
Forma	Valor Absoluto	Valor Relativo
Escritas	3	17%
Verbales	14	78%
Lo desconozco	0	0%
No Existen	1	6%

Fuente: Elaboración propia

Figura 20. Gráfico de resultados sobre pregunta #4 de la encuesta realizada



Fuente: Elaboración propia.

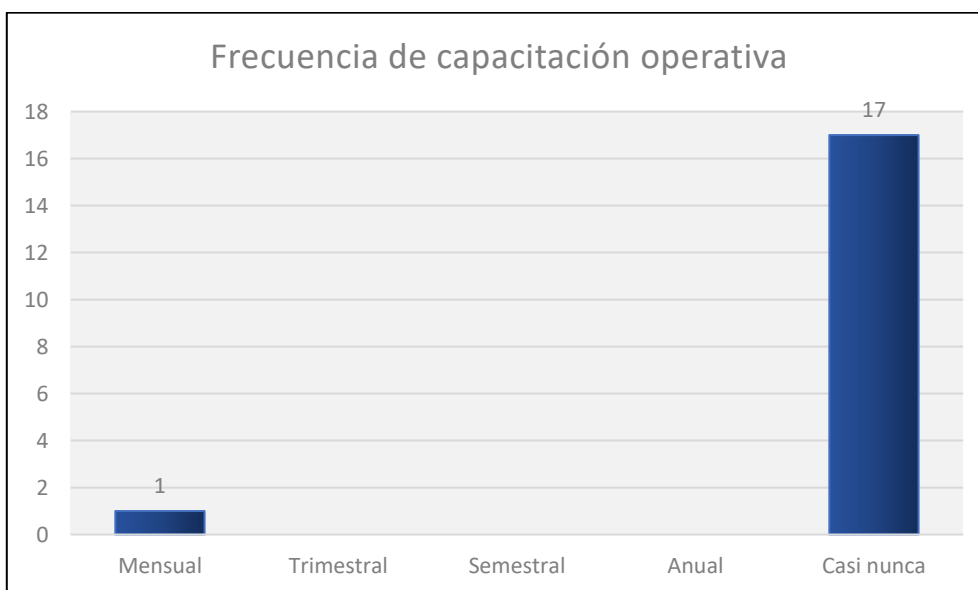
En la gráfica anterior se muestra que el 78% de las personas encuestadas coincide en que las indicaciones o instrucciones para llevar a cabo la operación de las máquinas son brindadas de manera verbal, no mediante procedimientos estandarizados de operación ya escritos. Un 17% considera que si se reciben instrucciones de operación de manera escrita y un 6% considera que no existe ningún tipo de instrucción operativa.

Tabla 9. Pregunta #5 de Encuesta realizada al personal de la empresa

¿Cuál es la frecuencia con la que recibe capacitación operativa (relacionada a la operación de los equipos), el personal de producción?		
Frecuencia	Valor Absoluto	Valor Relativo
Mensual	1	6%
Trimestral	0	0%
Semestral	0	0%
Anual	0	0%
Casi nunca	17	94%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 21. Gráfico de resultados sobre pregunta #5 de la encuesta realizada



Fuente: Elaboración propia.

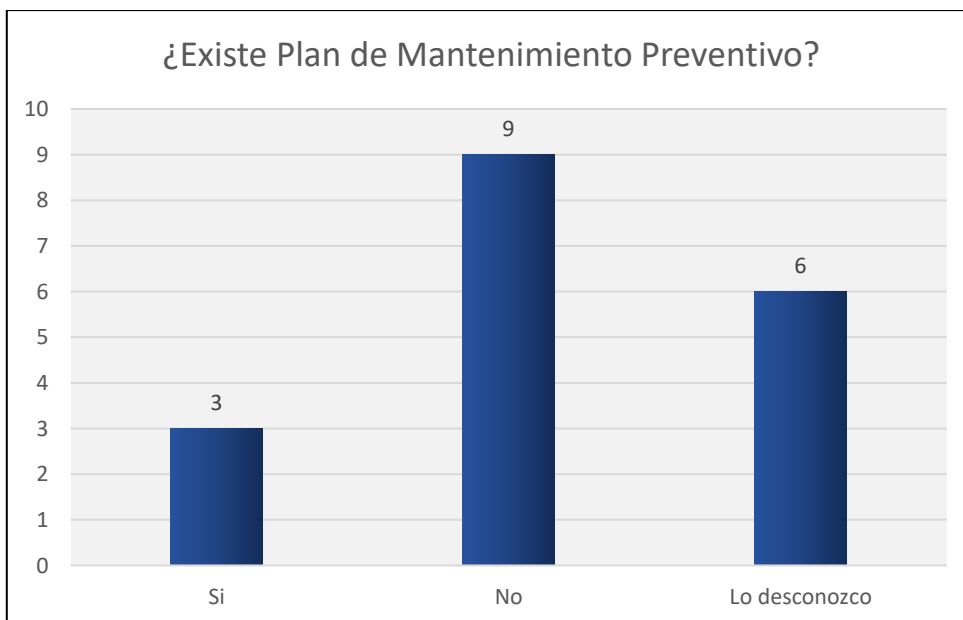
En la gráfica anterior se puede apreciar que el 94% de las personas encuestadas consideran que el personal de producción casi nunca recibe capacitación relacionada a temas de operación de los equipos, mientras que un 6% considera que los operarios reciben capacitación operativa de manera mensual.

Tabla 10. Pregunta #6 de Encuesta realizada al personal de la empresa

¿Existe un plan de mantenimiento preventivo de los equipos de producción?		
Estado	Valor Absoluto	Valor Relativo
Si	3	17%
No	9	50%
Lo desconozco	6	33%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 22. Gráfico de resultados sobre pregunta #6 de la encuesta realizada



Fuente: Elaboración propia

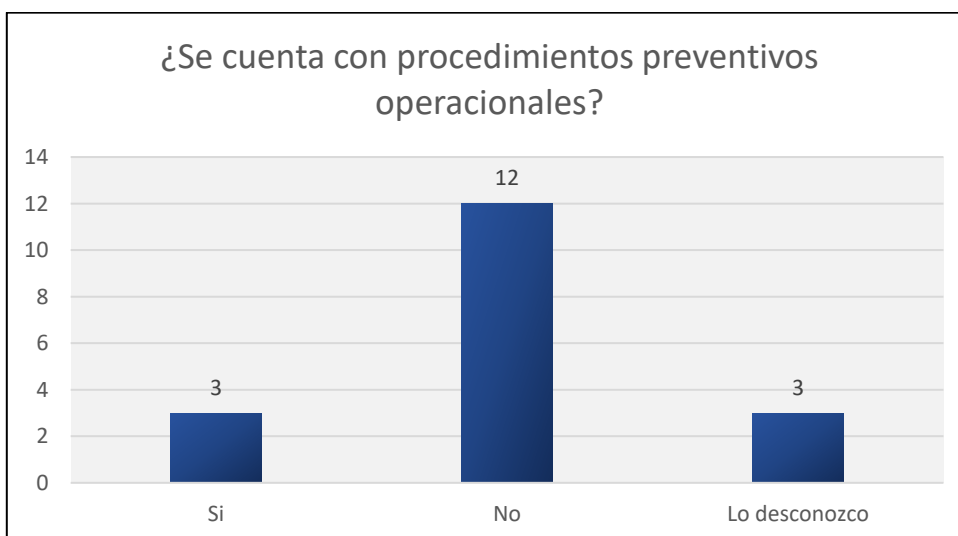
En la figura anterior se muestra que el 50% de los encuestados consideran que no hay un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de producción, un 33% desconoce si existe un plan de mantenimiento preventivo y un 33% considera que hay un plan de mantenimiento preventivo. Lo cual denota que hay una oportunidad de mejora considerable tanto en la comunicación como en la claridad sobre el concepto de mantenimiento preventivo.

Tabla 11. Pregunta #7 de Encuesta realizada al personal de la empresa

¿Se cuenta con un procedimiento de mantenimiento preventivo operacional?		
Estado	Valor Absoluto	Valor Relativo
Si	3	17%
No	12	67%
Lo desconozco	3	17%

Fuente: Elaboración propia

Figura 23. Gráfico de resultados sobre pregunta #7 de la encuesta realizada



Fuente: Elaboración propia

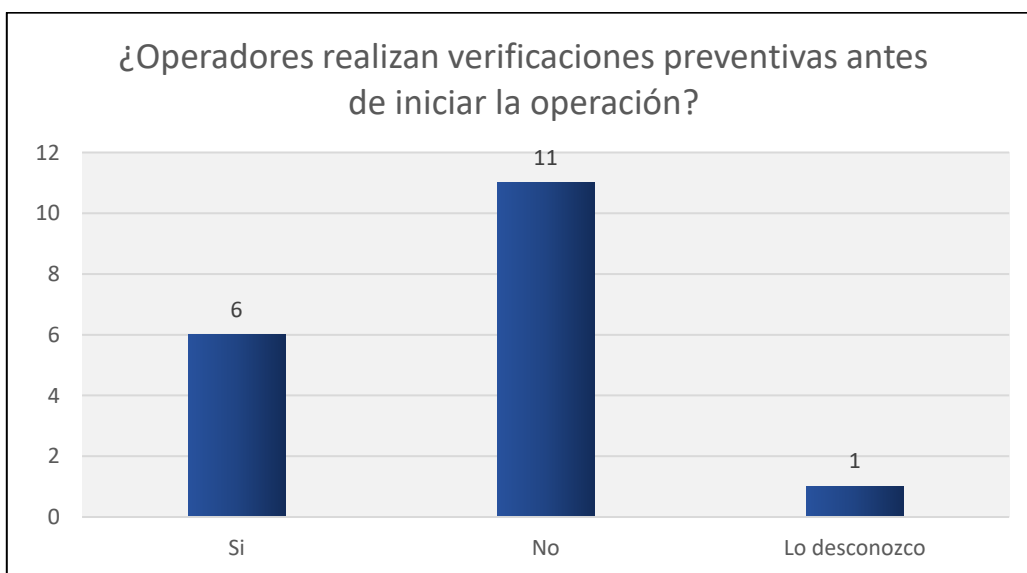
Con respecto al tema de procedimientos preventivos operacionales se puede apreciar que el 67% de las personas encuestadas consideran que no se cuenta con este tipo de procedimientos, un 17% desconoce si existen este tipo de procedimientos y el otro 17% considera que, si lo tienen, lo que permite considerar que alrededor de un 83% de los operarios no tienen claridad sobre procedimientos preventivos para reducir o eliminar el número de fallas que presentan los equipos de producción.

Tabla 12. Pregunta #8 de Encuesta realizada al personal de la empresa

¿Realizan los operadores verificaciones preventivas del estado de las máquinas antes de iniciar la operación?		
Estado	Valor Absoluto	Valor Relativo
Si	6	33%
No	11	61%
Lo desconozco	1	6%

Fuente: Elaboración propia

Figura 24. Gráfico de resultados sobre pregunta #8 de la encuesta realizada



Fuente: Elaboración propia

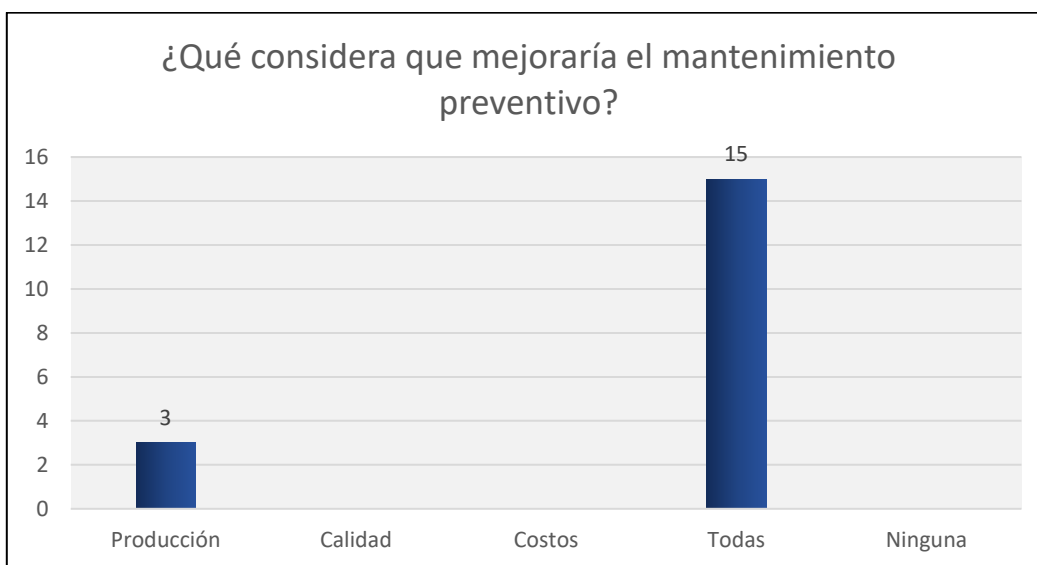
Con base en la gráfica anterior se puede determinar que el 61% de las personas encuestadas considera que los operadores no realizan tareas de verificación de sus equipos antes de iniciar con la operación de estos, un 6% desconoce si estas labores se llevan a cabo y un 33% considera que si se realizan estas verificaciones. Con esta información podemos considerar que desde la parte operativa no hay una participación activa en la prevención de fallas de los equipos.

Tabla 13. Pregunta #9 de Encuesta realizada al personal de la empresa

¿Considera usted que la implementación de mantenimiento preventivo mejoraría alguno de los siguientes aspectos?		
Beneficio	Valor Absoluto	Valor Relativo
Producción	3	17%
Calidad	0	0%
Costos	0	0%
Todas	15	83%
Ninguna	0	0%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 25. Gráfico de resultados sobre pregunta #9 de la encuesta realizada



Fuente: Elaboración propia

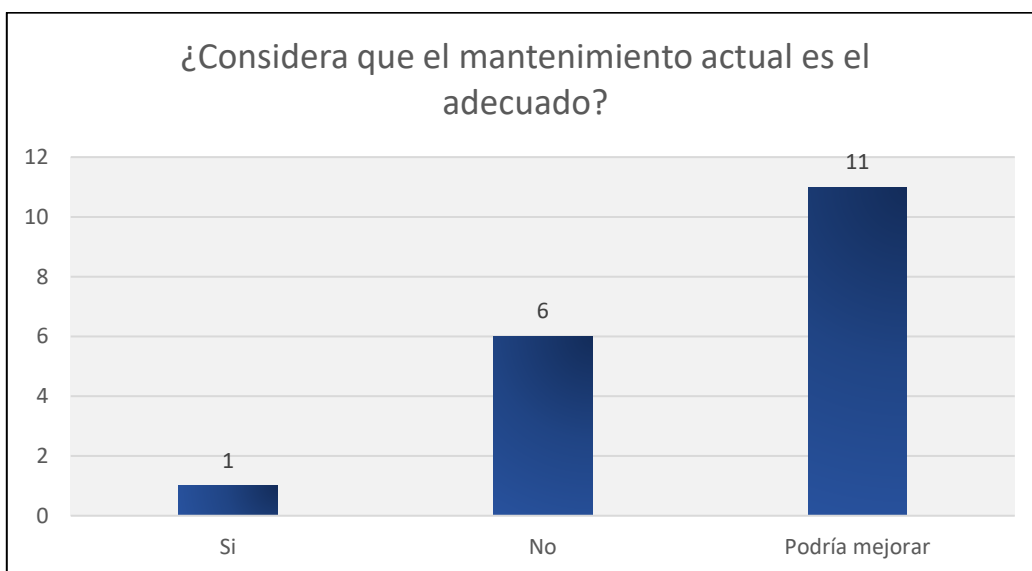
Con respecto a la conceptualización que tiene el personal encuestado sobre los beneficios del mantenimiento preventivo, se puede apreciar en la gráfica anterior que el 17% considera que el mantenimiento preventivo genera beneficios solamente en el aspecto productivo, mientras que el 83% restante considera múltiples beneficios del mantenimiento preventivo, lo cual es un aspecto positivo para la realización del presente proyecto y para la organización en cuanto a la anuencia del personal en la participación activa en tareas de prevención de fallas de los equipos.

Tabla 14. Pregunta #10 de Encuesta realizada al personal de la empresa

¿Considera usted que el sistema actual para dar mantenimiento es el adecuado?		
Estado	Valor Absoluto	Valor Relativo
Si	1	6%
No	6	33%
Podría mejorar	11	61%

Fuente: Elaboración propia

Figura 26. Gráfico de resultados sobre pregunta #10 de la encuesta realizada



Fuente: Elaboración propia

Se puede considerar otro punto importante para la realización del presente proyecto, que el 61% de las personas encuestadas consideran que el sistema de mantenimiento actual tiene una oportunidad de mejora, además, hay un 33% que considera que el sistema actual de mantenimiento no es bueno, por lo tanto, se puede considerar que un 94% de las personas encuestadas no están conformes con la metodología para dar mantenimiento a los equipos de planta. Por otra parte, hay un 6% que considera que el sistema de mantenimiento aplicado actualmente es el adecuado.

Seguidamente se realiza un análisis de criticidad de los equipos de producción con la finalidad de poder establecer una clasificación ABC y así poder establecer prioridades en cuanto a los aspectos relacionados de mantenimiento preventivo de los equipos.

CAPÍTULO V. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

En el presente capítulo se establece el diseño y la implementación de las propuestas de solución, basadas en los análisis realizados en el capítulo anterior, tomando en consideración acciones para reducir la cantidad y tiempo de fallas de los equipos de la planta de producción y reducir los costos de mantenimiento.

En la siguiente tabla se presenta la información de las causas identificadas y las propuestas de solución para cada una de ellas.

Tabla 15. Causas identificadas y alternativas de solución

Principales Causas identificadas	Alternativas de solución
Falta de mantenimiento preventivo	Desarrollo de plan de mantenimiento preventivo
Conocimiento Centralizado	Involucramiento del personal operativo en tareas del plan de mantenimiento preventivo
Falta de capacitación a los operadores	Puesta en marcha de la Gestión Autónoma
Personal insuficiente para mantenimiento	Involucramiento del personal operativo en tareas del plan de mantenimiento preventivo
Desajustes	Capacitación y creación de estándar para ajustes
Poco conocimiento sobre Gestión Autónoma	Capacitaciones sobre Gestión Autónoma

Fuente: Elaboración propia

5.1 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

La propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de la planta de producción de la empresa en estudio, el cual no existe actualmente, busca iniciar el establecimiento de una gestión de mantenimiento diferente, una que permita reducir la problemática de fallas en los equipos basándose en la prevención y el involucramiento del personal operativo del área de producción.

Además, al realizar un plan de mantenimiento preventivo se genera un impacto positivo en el rendimiento de los equipos, la disminución de los costos de mantenimiento, se obtienen beneficios en la calidad de los productos y en la mejora de la productividad del departamento, ayudando en la mejora de los tiempos de entrega, lo cual representa una ventaja comercial para la organización. Para esto se ha establecen las siguientes etapas:

Tabla 16. *Etapas para el planteamiento del plan de mantenimiento preventivo*

ETAPA	DESCRIPCIÓN
<p><i>Estudio de la situación actual</i></p>	<p>Recopilación de datos relevantes que permitan comprender la situación actual de los Departamentos de Mantenimiento y Producción, datos relevantes como registros de costos de mantenimiento, registros de tiempos de paros, historiales de mantenimiento, informes de problemas recurrentes, situación actual del mantenimiento, participación operativa en tareas de mantenimiento, equipos actuales de planta, entre otros.</p>

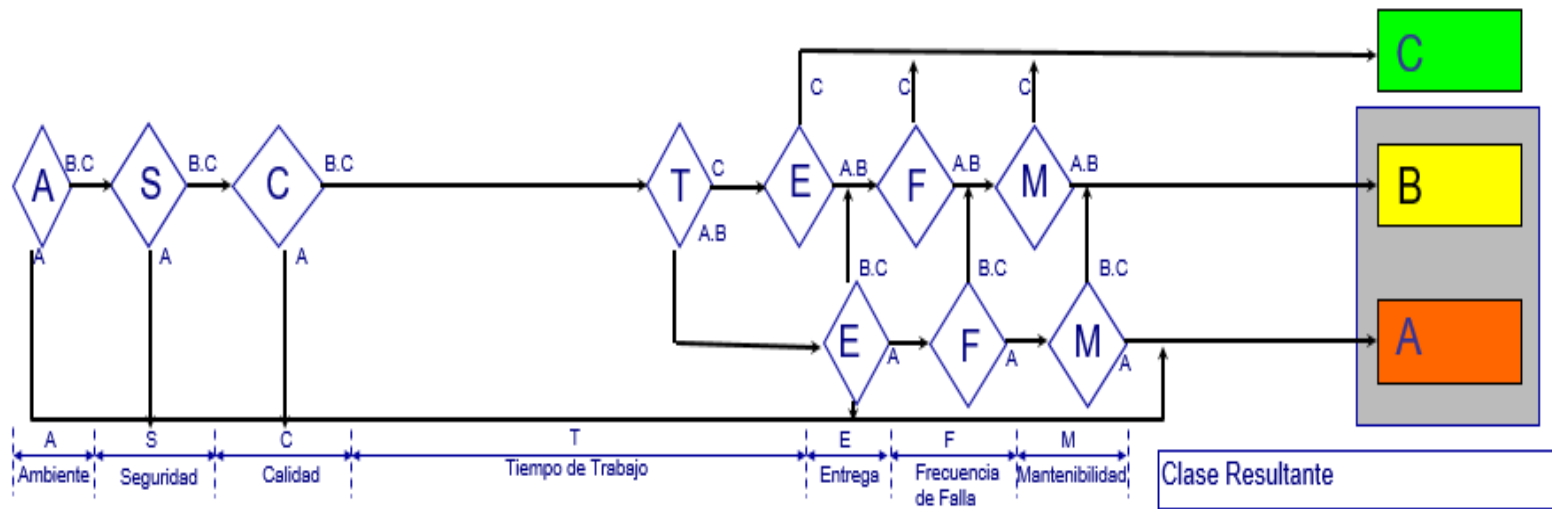
<p><i>Diseño del Plan de Mantenimiento Preventivo incorporando TPM</i></p>	<p>Determinación de la criticidad y establecimiento de una clasificación ABC de los equipos de la planta de producción. Realizar un inventario de repuestos y determinar las cantidades de stock a mantener. Esta etapa consiste en la evaluación de tareas de mantenimiento que podrían aplicarse mediante Gestión Autónoma para abordar los problemas y desafíos identificados y cuales otras tareas quedarán para el departamento de mantenimiento, en base a la metodología de los Pilares de Mantenimiento Planificado y Gestión Autónoma, sugeridos por TPM. Aquí se determinan los recursos y la frecuencia de las tareas.</p>
<p><i>Comunicación y Capacitación sobre Mantenimiento Preventivo</i></p>	<p>Formación al personal operativo sobre los Pasos 1, 2 y 3 de Gestión Autónoma para que puedan realizar tareas de mantenimiento preventivo básicas sobre limpieza, inspección, lubricación y ajustes en sus equipos, con los respectivos estándares para su ejecución.</p>

<i>Implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo</i>	Desarrollar la ejecución de tareas preventivas a los equipos de producción, tanto desde la parte operativa como desde el área de mantenimiento. Además, se definen métodos de control y seguimiento, así como los responsables de cada una las tareas.
---	--

Fuente: Elaboración propia

5.1.1 Análisis de Criticidad de los equipos de producción

Figura 27. Flujo para clasificación ABC de los equipos de producción



Fuente: Elaboración propia

Para la realización del análisis de criticidad se tomaron en consideración no solamente factores relacionados con el mantenimiento sino también con otro grupo de factores que se presentan a continuación: impacto ambiental, la seguridad, la calidad, el tiempo de trabajo, la frecuencia de fallas y la mantenibilidad.

Se adjunta a continuación la tabla con los criterios de evaluación y clasificación de impactos para la realización del análisis de criticidad de los distintos equipos de producción:

Tabla 17. Criterios de evaluación y clasificación de impactos

Criterio	A	B	C
Ambiente	Ha causado parámetros fuera de especificación legal, con impacto externo.	Ha causado parámetros fuera de especificación legal, con impacto interno.	Sin impacto ambiental.
Seguridad	Ha causado riesgos de seguridad relacionados con la muerte o incapacidad permanente.	Ha causado riesgos de seguridad que implican incapacidad temporal o enfermedad laboral.	Ha causado riesgos de seguridad sin accidentes o discapacidades.
Calidad	Ha causado no conformidades percibidas por el cliente.	Ha causado no conformidades que pueden rechazar un bache o un lote	Ha causado reproceso o no tiene ningún impacto.
Tiempo de Trabajo	50 horas / semana.	25 – 50 horas / semana.	< 25 horas / semana.
Entrega	Ha provocado un impacto sobre toda la producción.	Ha provocado un impacto sobre la producción de la línea (Área)	Sin Impacto en Producción.
Frecuencia de Falla	$F > "X" \text{ Paros / Mes}$ (% de Fallas 3 meses) > (% de Fallas 9 meses)	$"Y" < F < "X" \text{ Paros / Mes}$ (70%, % de Fallas 9 meses) < (% de Fallas 3 meses) < (% de Fallas 9 meses)	$F < "Y" \text{ Paros / Mes}$ (% de Fallas 3 meses) < (70%, % de Fallas 9 meses)
Mantenibilidad	$MTTR > "Z" \text{ min}$ (MTTR 3 Meses) > (MTTR 9 Meses)	$"T" \text{ min} < MTTR < "Z" \text{ min}$ (70%, MTTR 9Meses) < (MTTR 3 Meses) < (MTTR 9 Meses)	$MTTR < "T" \text{ min}$ (MTTR 3 Meses) < (70%, MTTR 9 Meses)
X es el número promedio de valores de falla Z es el número promedio de los valores de MTTR.		Y es 70% de X T es 70% de Z	

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar el análisis de los equipos con respecto a los criterios anteriormente mencionados, podemos establecer cuales equipos corresponden a cada tipo (A, B o C), en la siguiente figura podemos apreciar la manera en la que se realiza la clasificación de los equipos.

Figura 28. Ejemplo de la matriz de clasificación ABC para equipos de planta de producción

		A	B	C	Mezcladora M1	Mezcladora M2	Empacadora E1	Empacadora E2
E	Ambiente	Ha causado parámetros fuera de especificación legal, con impacto externo.	Ha causado parámetros fuera de especificación legal, con impacto interno.	Sin impacto ambiental.	C	C	C	C
S	Seguridad	Ha causado riesgos de seguridad relacionados con la muerte o incapacidad permanente.	Ha causado riesgos de seguridad que implican incapacidad temporal o enfermedad laboral.	Ha causado riesgos de seguridad sin accidentes o discapacidades.	B	B	B	B
Q	Calidad	Ha causado no conformidades percibidas por el cliente.	Ha causado no conformidades que pueden rechazar un bache o un lote	Ha causado re-proceso o no tiene ningún impacto.	B	B	B	A
W	Tiempo de Trabajo	50 horas / semana.	25 – 50 horas / semana.	< 25 horas / semana.	A	A	C	A
D	Entrega	Ha provocado un impacto sobre toda la producción.	Ha provocado un impacto sobre la producción de la línea (Área)	Sin Impacto en Producción.	B	B	C	C
F	Frecuencia de Falla	$F > "X" \text{ Paros / Mes } (\% \text{ de Fallas } 3 \text{ meses}) > (\% \text{ de Fallas } 9 \text{ meses})$	$"Y" < F < "X" \text{ Paros / Mes } (70\% \text{ \% de Fallas } 9 \text{ meses}) < (\% \text{ de Fallas } 3 \text{ meses}) < (\% \text{ de Fallas } 9 \text{ meses})$	$F < "Y" \text{ Paros / Mes } (\% \text{ de Fallas } 3 \text{ meses}) < (70\% \text{ \% de Fallas } 9 \text{ meses})$	A	A	B	B
M	Mantenibilidad	$MTTR > "Z" \text{ min } (MTTR \text{ 3 Meses}) > (MTTR \text{ 9 Meses})$	$"T" \text{ min } < MTTR < "Z" \text{ min } (70\% \text{ MTTR } 9 \text{ Meses}) < (MTTR \text{ 3 Meses}) < (MTTR \text{ 9 Meses})$	$MTTR < "T" \text{ min } (MTTR \text{ 3 Meses}) < (70\% \text{ MTTR } 9 \text{ Meses})$	B	B	C	B
					B	B	C	A

1)	X es el número promedio de valores de falla	Y es 70% de X
2)	Z es el número promedio de los valores de MTTR	T es 70% de Z

Fuente: Elaboración propia

5.1.2 Clasificación ABC de los equipos de producción

Una vez que se realiza la matriz de análisis ABC se procede a realizar un listado de todos los equipos de producción con su respectiva clasificación para que sea de conocimiento de la Gerencia de Operaciones, la Jefatura de Producción, el encargado de mantenimiento y del personal operativo del área de producción. A continuación, se presenta una tabla con la clasificación ABC de los equipos.

Tabla 18. Clasificación ABC de los equipos de producción

CLASIFICACIÓN ABC DE EQUIPOS DE PRODUCCIÓN						
ago-23						
#	IDENTIFICACIÓN	EQUIPO	MÁQUINA	TIPO A	TIPO B	TIPO C
1	M1	Mezcladora	MEZCLADORA M1		X	
2	M2	Mezcladora	MEZCLADORA M2		X	
3	M3	Mezcladora	MEZCLADORA M3		X	
4	M4	Mezcladora	MEZCLADORA M4		X	
5	E1	Empacadora	EMPACADORA E1			X
6	E2	Empacadora	EMPACADORA E2	X		
7	E3	Empacadora	EMPACADORA E3			X
8	E4	Empacadora	EMPACADORA E4			X
9	E5	Empacadora	EMPACADORA E5			X
10	E6	Empacadora	EMPACADORA E6	X		
11	E7	Empacadora	EMPACADORA E7	X		
12	E8	Empacadora	EMPACADORA E8			X
13	E9	Empacadora	EMPACADORA E9			X
14	TM1	Tamiz Mezcladora	TAMIZ DE MEZCLADORA TM1			X
15	TM2	Tamiz Mezcladora	TAMIZ DE MEZCLADORA TM2			X
16	TM3	Tamiz Mezcladora	TAMIZ DE MEZCLADORA TM3			X
17	TM4	Tamiz Mezcladora	TAMIZ DE MEZCLADORA TM4			X
18	TE1	Tamiz Empacadora	TAMIZ DE EMPACADORA TE1			X
19	TE2	Tamiz Empacadora	TAMIZ DE EMPACADORA TE2			X
20	TE3	Tamiz Empacadora	TAMIZ DE EMPACADORA TE3			X

CLASIFICACIÓN ABC DE EQUIPOS DE PRODUCCIÓN						
ago-23						
#	IDENTIFICACIÓN	EQUIPO	MÁQUINA	TIPO A	TIPO B	TIPO C
21	TE4	Tamiz Empacadora	TAMIZ DE EMPACADORA TE4			X
22	B1	Banda	BANDA TRANSPORTADORA DE PAQUETES B1			X
23	B2	Banda	BANDA TRANSPORTADORA DE PAQUETES B2			X
24	B3	Banda	BANDA TRANSPORTADORA DE PAQUETES B3			X
25	B4	Banda	BANDA TRANSPORTADORA DE PAQUETES B4			X
26	B5	Banda	BANDA TRANSPORTADORA DE PAQUETES B5			X
27	B6	Banda	BANDA TRANSPORTADORA DE PAQUETES B6			X
28	S-01	Selladora Pedal	SELLADORA DE PEDAL S-01			X
29	S-02	Selladora Pedal	SELLADORA DE PEDAL S-02			X
30	S-03	Selladora Pedal	SELLADORA DE PEDAL S-03			X
31	S-04	Selladora Pedal	SELLADORA DE PEDAL S-04			X
32	S-05	Selladora Pedal	SELLADORA DE PEDAL S-05			X
33	S-06	Selladora con banda	SELLADORA CON BANDA S-06			X
34	S-07	Selladora con banda	SELLADORA CON BANDA S-07			X
35	S-08	Selladora Termorreductor	SELLADORA TERMORREDUCTOR S-08			X
36	S-09	Selladora Pedal	SELLADORA DE PEDAL S-09			X
37	C-01	Cosedora	COSEDORA C-01			X
38	C-02	Cosedora	COSEDORA C-02			X
39	C-03	Cosedora	COEDORA C-03			X
40	C-04	Cosedora	COSEDORA C-04			X
41	H-01	Horno Termorreductor	HORNO TERMORREDUCTOR H-01			X
42	C-01	Compresor	COMPRESOR CO-01	X		

CLASIFICACIÓN ABC DE EQUIPOS DE PRODUCCIÓN						
ago-23						
#	IDENTIFICACIÓN	EQUIPO	MÁQUINA	TIPO A	TIPO B	TIPO C
43	C-02	Compresor	COMPRESOR CO-02		X	
44	T-01	Tanque de Agua	TANQUE PARA AGUA T-01	X		
			Total	5	5	34

Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Inventario de repuestos

Posterior a realizar el listado de equipos ABC de la planta de producción de la empresa en estudio, se procede a llevar a cabo en conjunto con el encargado de mantenimiento un inventario de los repuestos actuales con los que cuenta la empresa, con el objetivo de que la empresa pueda iniciar un sistema de gestión de mantenimiento que permita ayudar a mejorar la continuidad de las operaciones, proyectar y planificar futuras intervenciones a los equipos con la utilización de un control de flujo de salida e ingreso de repuestos y buscar la reducción de los tiempos de reparación, mejorar la productividad de la planta y disminuir los costos adicionales de mantenimiento por envíos o entregas de repuestos con carácter urgente. Adjunto se muestra un ejemplo de la tabla realizada con los datos de inventario.

Tabla 19. Control de Inventario de repuestos

INVENTARIO REPUESTOS														
NUEVO PEDIDO (auto llenado)	NOMBRE	VALOR POR ARTÍCULO	CANTIDAD MÁXIMA EN STOCK CRITERIO EXPERTO	CANTIDAD MÁXIMA EN STOCK RECOMENDADA	CANTIDAD EN STOCK	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR DE INVENTARIO	CANTIDAD MÍNIMA EN STOCK CRITERIO EXPERTO	CANTIDAD MÍNIMA EN STOCK RECOMENDADA	STOCK MÍNIMO DE SEGURIDAD	CANTIDAD DEL NUEVO PEDIDO	TIEMPO DE ENTREGA	CONSUMO PROMEDIO ANUAL	TIEMPO DE ENTREGA CON RETRASO
OK	Rol 6205	∅0,00	8,00	6,00	5	Uds	∅0,00	4	3	1	4	3	1	4
OK	Rol 6202	∅0,00	8,00	6,00	9	Uds	∅0,00	4	3	1	4	3	1	4
NUEVO PEDIDO	Rol 6204	∅0,00	8,00	6,00	1	Uds	∅0,00	4	3	1	4	3	1	4
OK	Rol 6005		8,00	6,00	4	Uds	∅0,00	4	3	1	4	3	1	4
OK	Rol 6004		8,00	6,00	5	Uds	∅0,00	4	3	1	4	3	1	4
NUEVO PEDIDO	Rol 6002		8,00	6,00	2	Uds	∅0,00	4	3	1	4	3	1	4
NUEVO PEDIDO	Rol 6001		8,00	6,00	2	Uds	∅0,00	4	3	1	4	3	1	4
NUEVO PEDIDO	Rol 6303		8,00	6,00	1	Uds	∅0,00	4	3	1	4	3	1	4
NUEVO PEDIDO	Rol 1201		8,00	6,00	1	Uds	∅0,00	4	3	1	4	3	1	4
NUEVO PEDIDO	Rol 61902		8,00	6,00	2	Uds	∅0,00	4	3	1	4	3	1	4
NUEVO PEDIDO	Rol 6901		8,00	6,00	2	Uds	∅0,00	4	3	1	4	3	1	4
NUEVO PEDIDO	Rol 6211		8,00	6,00	2	Uds	∅0,00	4	3	1	4	3	1	4
NUEVO PEDIDO	Rol Líneal LM12UU		8,00	6,00	1	Uds	∅0,00	4	3	1	4	3	1	4
NUEVO PEDIDO	Rol Líneal ML16UU		8,00	6,00	2	Uds	∅0,00	4	3	1	4	3	1	4
NUEVO PEDIDO	Rol Líneal LM20UU		8,00	6,00	1	Uds	∅0,00	4	3	1	4	3	1	4
OK	Retenedor 24527		4,00	6,00	4	Uds	∅0,00	2	3	1	4	3	1	4
NUEVO PEDIDO	Retenedor 325210		2,00	6,00	1	Uds	∅0,00	2	3	1	4	3	1	4
OK	Retenedor 507210		2,00	6,00	2	Uds	∅0,00	2	3	1	4	3	1	4
OK	Seguro 20 mm		8,00	6,00	7	Uds	∅0,00	4	3	1	4	3	1	4
OK	Seguro 20,2 mm		8,00	6,00	12	Uds	∅0,00	4	3	1	4	3	1	4
OK	Relé de estado sólido SR1-1225-N		3,00	6,00	3	Uds	∅0,00	3	3	1	4	3	1	4
OK	Sensor de proximidad CR30-15DN		2,00	6,00	3	Uds	∅0,00	1	3	1	4	3	1	4

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla se generan columnas con los datos recomendados por el técnico de mantenimiento (experto) y columnas con los cálculos para el establecimiento de máximos y mínimos para que la gerencia de operaciones pueda brindar seguimiento y definir los valores a utilizar según corresponda. Por otra parte, también se realiza el cálculo del punto de reorden para buscar que no se presenten faltantes de repuestos.

5.1.4 Capacitación sobre Mantenimiento preventivo

En conjunto con la Gerencia de operaciones se programan una serie de sesiones para realizar un entrenamiento con el fin de generar concientización a los operadores y ayudantes del área de producción sobre la importancia de su labor en la prevención de fallas en los equipos y a la vez para transmitir los conceptos importantes de la Gestión Autónoma y su aplicación en los pasos del 1 al 3. Las tareas más importantes para realizar con el fin de evitar fallas se fundamentan en limpieza con inspección, ajustes y lubricación.


En cada sesión de entrenamiento se realiza una evaluación de comprensión sobre los temas tratados, con el fin de verificar que los operarios y ayudantes de producción lograron entender correctamente los temas tratados.

Estas capacitaciones fueron debidamente registradas tanto para fines de este proyecto como para seguimiento por parte de la empresa. Con estos registros y por medio de la firma de cada uno de los participantes en las capacitaciones, queda como respaldo que los temas desarrollados fueron entendidos por los asistentes.

Parte de estos entrenamientos consiste en la capacitación sobre los estándares



para sus equipos en tareas de limpieza e inspección, ajustes y lubricación. A continuación, se presentan ejemplos de los formatos establecidos:

Tabla 20. Formato para estándar de limpieza con inspección

Logo de Empresa	Actividades de limpieza e inspección en la										Código			
	Producción	Fecha de actualización: Ago/2023					Empaque / Mezcla					Consecutivo:		Año: 2023
											Versión: 1		Página: 1/2	
No.	Componente	Tipo de suciedad	Estándar	Accesorios para la limpieza	Productos por utilizar	Riesgo de máquina	EPP	Número de personas	Estado máquina	Tiempo estimado (minutos)	Frecuencia	Quién	Cuando	Procedimiento
1		Polvo, humedad y papel	Libre de suciedad.		Agua y jabón				Detenida		Semanal	Operador	Seguir pautas HACCP y plan de producción	
2														
3														
4														
5														

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21. Formato para estándar de ajustes

Logo de Empresa	Actividades de ajuste en la								Código					
Producción	Fecha de actualización: Ago/2023				Empaque / Mezcla				Consecutivo:	Año: 2023				
	Versión: 1		Página: 1/2		No.	Componentes	Estándar	Instrumentos	EPP	Estado máquina	Tiempo estimado (minutos)	Frecuencia	Quién	Cuando
1		Sin fugas de aire			Detenida / En Producción		Diaria / Semanal	Operador	Al iniciar producción / Cuando se requiera					
2														
3														
4														
5														
6														
7														

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Formato para estándar de lubricación

Logo de Empresa	Actividades de lubricación en la								Código	
Producción									Fecha de actualización: Ago / 2023	
	No.	Puntos de lubricación	Estándar	Instrumentos	EPP	Estado máquina	Tiempo estimado (minutos)	Frecuencia	Quién	Quando
1		Lubricado y limpio			Detenida / En Producción		Semanal / Diario / Mensual	Operador	Inicio de producción semanal/ Durante producción	
2										
3										
4										

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Formato de control y verificación de actividades de ajuste

Logo de la empresa		Control y Verificación de Actividades de Inspección / Ajustes																																					
Área				Máquina																																			
Año: _____																																							
No.	Componente	Estándar	Frecuencia	Semana # _____							Semana # _____							Semana # _____							Semana # _____														
				L	K	M	J	V	S	D	L	K	M	J	V	S	D	L	K	M	J	V	S	D	L	K	M	J	V	S	D								

Fuente: Elaboración propia

Estos formatos al igual que los relacionados al análisis de criticidad serán administrados por el Gerente de operaciones y quedan en la siguiente ubicación en la nube de la compañía: Gerente de operaciones-Personal > Documentos > Proyectos >14. TESIS

Tabla 26. Cronograma de implementación de plan de mantenimiento preventivo

Etapa	Duración	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
Estudio de la situación actual	3 semanas – 1 mes				
Diseño del Plan de Mantenimiento Preventivo incorporando TPM	Dos meses				
Comunicación y Capacitación sobre Mantenimiento Preventivo	Dos meses				
Implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo	Dos meses				

Fuente: Elaboración propia

Además, dentro de la búsqueda del desarrollo de los operadores, tanto en la parte preventiva como la identificación previa de las fallas o de anomalías en los equipos, se propone la utilización de una etiqueta o boleta de reporte de fallas y condiciones anómalas, las cuales permiten demostrar la participación de los operarios en el desarrollo de actividades de mejora continua de los equipos y son un medio importante para mejorar el conocimiento de las máquinas y sus componentes.

Estas herramientas son la base de la ejecución de la Gestión Autónoma en una organización y el objetivo principal de esta es precisamente buscar el desarrollo de las habilidades de los operadores, con el fin de que puedan conocer profundamente sus equipos mediante un proceso de capacitación y de esta forma poder prepararlos para la búsqueda de la mejora en sus zonas de trabajo.

La implementación de estas etiquetas viene acompañada de una metodología que consiste en realizar la etiqueta y colocarla en un buzón destinado para las etiquetas creadas y mantenimiento se encargará de revisar las etiquetas que le correspondan y dar solución a las mismas.

Una vez que se ha resuelto una de las etiquetas, el técnico de mantenimiento debe registrar la solución adoptada y la fecha de cierre de la de la etiqueta, posteriormente la debe colocar en la sección del buzón denominada “Resueltas” para que así se pueda tener trazabilidad de fechas, el operario o el técnico y el problema que solucionó (seguridad, mecánico, eléctrico, herramientas, procedimientos, entre otros), y de esta forma poder generar análisis y seguimiento a la Gestión de Mantenimiento. El mismo procedimiento aplica para las etiquetas resueltas por los mismos operadores.

En la siguiente figura se muestra la etiqueta desarrollada para realizar los reportes de anomalías en los equipos de producción.

Figura 29. Etiqueta propuesta para reporte de anomalías

Nombre: _____
 Fecha: _____
 Área: _____
 Máquina: _____

A Piezas rotas o faltantes

B Fugas de aceite, agua, aire

C Lubricación insuficiente o en exceso

D Ruido

E Vibraciones

F Partes mecánicas dañadas

G Partes eléctricas dañadas

H Componentes oxidados

I Dificultad de limpieza

J Dificultad de inspección

Descripción: _____

Fecha Propuesta: _____ Fecha de ejecución: _____

Responsable: _____

Solución adoptada: _____

Aprobación del mantenimiento

Solo debe aprobarse el mantenimiento, cuando se cumple con las siguientes condiciones
 (A note **C** (Conforme) o **NC** (No Conforme)) Según Corresponda.

Firme la aprobación únicamente cuando se cumplen los 3 requisitos siguientes:

1. Limpieza y desinfección del área	(C)	(NC)
2. Mantenimiento satisfactorio	(C)	(NC)
3. Ausencia de herramientas, repuestos u otros objetos extraños (tornillos, tuercas, arandelas, etc.)	(C)	(NC)

Observaciones

Fuente: Elaboración propia

Con la implementación de estas herramientas se puede lograr establecer una distribución de actividades para las tareas de mantenimiento preventivo similar a la recomendada por González, 2005, la cual se presenta a continuación.

Tabla 27. Posible distribución de actividades de mantenimiento preventivo con TPM

POSIBLE REPARTO DE ACTIVIDADES EN UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO CON TPM			
ACTIVIDAD	TIPO	PERSONAL DE PRODUCCIÓN	PERSONAL DE MANTENIMIENTO
Producción	Preparación	■	
	Ajustes	■	
	Operación	■	
Mantenimiento Primer Nivel	Limpieza	■	
	Lubricación	■	
	Reaprietes (Resoques o ajustes)	■	
	Inspección	■	
Mantenimiento Preventivo de Segundo Nivel	Inspecciones y Manejo del cambio		■
	Operaciones de Seguridad y Normativa		■
	Grandes operaciones		■
Mantenimiento Correctivo	Averías reparables desde el puesto de trabajo	■	
	Averías no reparables desde el puesto de trabajo		■
Modificaciones y Mejoras	Operativas	■	■
	Automatizaciones		■
	Reflotamientos y actualizaciones		■

Fuente: González, 2005.

5.2 COSTOS DE LA PROPUESTA

Los costos para la implementación, difusión y seguimiento del plan de mantenimiento preventivo que se deben considerar por parte de la empresa son los siguientes:

Papel tamaño carta

Papel tamaño tabloide

Toner para impresora

Laminadora

Láminas para plastificar

Pizarra acrílica de 90cm x 122cm

Marcadores punta fina para pizarra acrílica.

A continuación, en la siguiente tabla se presenta el dato aproximado de los costos para dar inicio con las tareas de gestión autónoma de los equipos de producción:

Tabla 28. Costos de suministros para implementación de tareas preventivas

Costos Compra de suministros para inicio de tareas autónomas			
Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Total
Papel tamaño carta 500 hojas	₡3 546,00	1	₡3 546,00
Papel tamaño tabloide 100 hojas	₡11 500,00	1	₡11 500,00
Toner para impresora	₡33 875,00	1	₡33 875,00
Laminadora	₡90 000,00	1	₡90 000,00
Láminas para plastificar tamaño carta 100 uds	₡17 990,00	1	₡17 990,00
Láminas para plastificar tamaño tabloide 100 uds	₡32 445,00	1	₡32 445,00
Pizarra acrílica de 90cm x 122cm	₡43 585,00	3	₡130 755,00
Pizarra de corcho con marco de aluminio de 90cm x 122cm	₡47 390,00	3	₡142 170,00
Set Marcadores punta fina para pizarra acrílica	₡3 400,00	5	₡17 000,00
Total Suministros			₡479 281,00

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de los costos de lubricación se le consulta al técnico de mantenimiento sobre el incremento que podría haber en el consumo de lubricantes, pero indica que para iniciar la gestión operativa solamente se le van a transferir las tareas a los operarios manteniendo la frecuencia y el método de aplicación actual.

Por otra parte, se debe considerar el costo del inventario de repuestos propuesto, el cual determina un monto mayor al del inventario actual, en la siguiente tabla se

presentan los datos del inventario actual, el sugerido por el experto y el propuesto en el desarrollo del proyecto.

Es importante resaltar que este inventario se basa en los repuestos encontrados en el inventario inicial, pero puede variar tomando en consideración que al momento de realizar el inventario inicial hubiera un faltante de repuestos necesarios para la continuidad de las operaciones.

Tabla 29. Datos comparativos de inventario de repuestos

Valor de Datos de Inventario de Repuestos	
Inventario Actual	₱3 138 762,70
Inventario Mínimo Criterio Experto	₱2 845 489,46
Diferencia	₱293 273,24
Inventario Actual	₱3 138 762,70
Inventario Mínimo Propuesto	₱8 299 406,90
Diferencia	-₱5 160 644,20
Inventario Mínimo Criterio Experto	₱2 845 489,46
Inventario Mínimo Propuesto	₱8 299 406,90
Diferencia	-₱5 453 917,44

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los costos o inversión para dar inicio con la implementación a las tareas preventivas por parte de producción y mantenimiento.

Tabla 30. Costos para inicio de ejecución de tareas preventivas

Resumen inversión de Inicio	
Total suministros	₱479 281,00
Inventario de repuestos	₱5 160 644,20
Inversión Inicial	₱5 639 925,20

Fuente: Elaboración propia

5.3 DATOS SOBRE CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DEL ÁREA DE EMPAQUE

A continuación, se presenta los datos de capacidad del área de empaque, los cuales se toman tomando en consideración que es el área que presenta la mayor cantidad de fallas en la empresa.

Tabla 31. Capacidad productiva del área de empaque

Máquina	Presentación (Kg)	Unidades x Min	Minutos	Unidades Promedio Hora	Costo de elaboración	Costo de producción por hora	Costo promedio de producción por hora
Empacadora 1	120g	21	60	1260	¢161,00	¢202 860,00	¢202 860,00
Empacadora 2	350g	21	60	1260	¢455,00	¢573 300,00	¢1 119 037,50
	1000g				¢1 330,00	¢1 675 800,00	
	500g				¢647,50	¢815 850,00	
	800g				¢1 120,00	¢1 411 200,00	
Empacadora 3	350g	19	60	1140	¢455,00	¢518 700,00	¢295 260,00
	50g	19	60	1140	¢63,00	¢71 820,00	
Empacadora 4	350g	21	60	1260	¢455,00	¢573 300,00	¢1 119 037,50
	1000g				¢1 330,00	¢1 675 800,00	
	500g				¢647,50	¢815 850,00	
	800g				¢1 120,00	¢1 411 200,00	
Empacadora 5	350g	21	60	1260	¢455,00	¢573 300,00	¢1 119 037,50
	1000g				¢1 330,00	¢1 675 800,00	
	500g				¢647,50	¢815 850,00	
	800g				¢1 120,00	¢1 411 200,00	
Empacadora 6	350g	21	60	1260	¢455,00	¢573 300,00	¢1 119 037,50
	1000g				¢1 330,00	¢1 675 800,00	
	500g				¢647,50	¢815 850,00	
	800g				¢1 120,00	¢1 411 200,00	
Empacadora 7	350g	21	60	1260	¢455,00	¢573 300,00	¢1 152 450,00
	1000g				¢1 330,00	¢1 675 800,00	
	500g				¢647,50	¢815 850,00	
	800g				¢1 120,00	¢1 411 200,00	
	2000g	12		720	¢1 715,00	¢1 234 800,00	
	3000g	8		480	¢2 625,00	¢1 260 000,00	
3500g	6	360	¢3 045,00	¢1 096 200,00			
Empacadora 8	120g	21	60	1260	¢161,00	¢202 860,00	¢202 860,00
Costo de Producción						¢26 967 990,00	
Costo Promedio de Producción							¢791 197,50

Tiempo de Paro empaque Nov 2022 a Jul 2023 140,15
 Costo Promedio por Paros empaque Nov 2022 a Jul 2023 ¢110 886 329,63

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 31 se puede apreciar que de noviembre de 2022 a julio 2023 la empresa tuvo una pérdida promedio de ¢110 886 329,63 por tiempo improductivo generado por fallas en las máquinas de empaque, es decir en promedio dejó de producir ese monto a causa de paros de máquina derivados de fallas en las empacadoras.

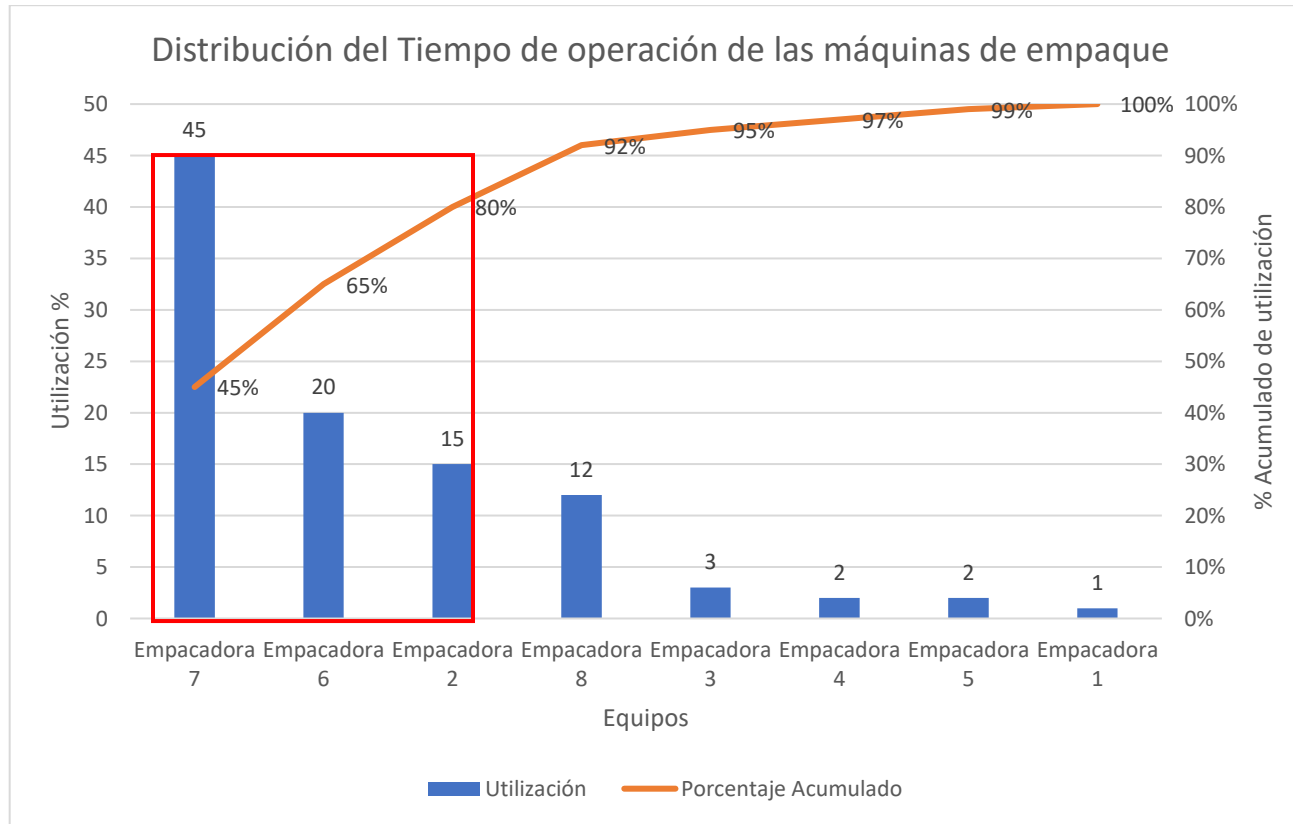
5.4 COSTOS DE PARO SEGÚN UTILIZACIÓN DE MÁQUINAS

EMPACADORAS

Según la información brindada por el Encargado de producción las máquinas empacadoras 2,6 y 7 son las más utilizadas, con aproximadamente un 80% del tiempo total utilizado para producir, mientras que el resto de empacadoras se utilizan aproximadamente un 20% del tiempo determinado para producir.

Tomando en consideración estos aspectos, se realiza una sesión con el Encargado de Producción y se logran determinar los tiempos de utilización para cada una de las máquinas de empaque. En el siguiente Diagrama de Pareto se muestra la distribución de la utilización de las máquinas de empaque y según esta distribución se determina que el 80% del tiempo de paro también sería asignable a las máquinas empacadoras 2,6 y 7, y el 20% restante de paros a las otras máquinas empacadoras, tomando en consideración, como se mencionó en capítulos anteriores, la empresa no cuenta con información de paros por máquina.

Figura 30. Diagrama de Pareto sobre utilización de las máquinas de empaque



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se presenta la diferencia en cuanto a la afectación al costo estimado de no producir por consecuencia de los paros generados de noviembre 2022 a julio 2023 por las máquinas de empaque 2,6 y 7 con respecto a las otras máquinas de empaque, lo cual permite determinar que la oportunidad de ahorro se tiene en esos tres equipos, los cuales

funcionan la mayor parte del tiempo y son los que elaboran los productos con mayor costo de producción. Se puede notar que los paros en las empacadoras 2,6 y 7 generaron una pérdida de no producción de alrededor de ¢127 573 727,34 y las otras máquinas de empaque una pérdida de ¢11 210 752,67 en ese mismo período.

Tabla 32. Costo de paro según utilización de las máquinas de empaque

Máquina	Costo Promedio de Paro por hora	Porcentaje de Utilización	Tiempo Total de Paro (Hrs) NOV 2022 a Jul 2023	Tiempo de Paro (Hrs) por máquina de NOV 2022 a Jul 2023	Costo de paro por máquina NOV 2022 a Jul 2023
Empacadora 2	¢1 119 037,50	15%	140,15	21,02	¢23 524 965,84
Empacadora 6	¢1 119 037,50	20%		28,03	¢31 366 621,13
Empacadora 7	¢1 152 450,00	45%		63,07	¢72 682 140,38
Total					¢127 573 727,34
Máquina	Costo Promedio de Paro por hora	Porcentaje de Utilización	Tiempo Total de Paro (Hrs) NOV 2022 a Jul 2023	Tiempo de Paro (Hrs) por máquina de NOV 2022 a Jul 2023	Costo de paro por máquina NOV 2022 a Jul 2023
Empacadora 1	¢202 860,00	1%	140,15	1,4015	¢284 308,29
Empacadora 3	¢295 260,00	3%		4,2045	¢1 241 420,67
Empacadora 4	¢1 119 037,50	2%		2,803	¢3 136 662,11
Empacadora 5	¢1 119 037,50	2%		2,803	¢3 136 662,11
Empacadora 8	¢202 860,00	12%		16,818	¢3 411 699,48
Total					¢11 210 752,67

Fuente: Elaboración propia

5.5 ANÁLISIS FINANCIERO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

A continuación, tomando como referencia las causas de paro de las empacadoras, presentadas en el capítulo 4, específicamente las que conforman el 80% de las afectaciones, se muestran en la siguiente tabla las causas que podrían ser contrarrestadas con el inicio de la implementación de tareas de gestión autónoma y de un plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 33. Principales causas de paro en el área de empaque

Descripción de Falla	Tiempo Total
Ajustes operativos (Fecha,lote)	1635
Falla en fotocelda de ajuste del empaque	1230
Problemas (ajuste) de cuchilla	900
Problemas con sello vertical	745
Contaminación en sello horizontal	680
Problemas con sello horizontal	590
Falla en compresor	520
Ajuste de bobinado	510

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 34 se presentan las causas que se pueden trabajar con la implementación de actividades de gestión autónoma y actividades de mantenimiento preventivo, además de la cantidad de horas que se convertirán en horas productivas.

Tabla 34. Causas de paro a reducir en el área de empaque

Descripción de Falla	Tiempo Total (min)
Ajustes operativos (Fecha,lote)	1635
Problemas (ajuste) de cuchilla	900
Falla en compresor	520
Ajuste de bobinado	510
Total de minutos	3565
Total en horas	59,42

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se muestra que se podrían disminuir alrededor de 3565 minutos (59,42 horas) los tiempos de paro, con la aplicación de tareas básicas de inspección y ajustes.

La labor de gestión autónoma reduciría principalmente los tiempos de ajuste en fechado y lote de producción, los ajustes de cuchilla y los ajustes de bobinado, mientras que con un plan de mantenimiento preventivo se pueden reducir las fallas del compresor de empaque.

Se estima que de esas 59,42 horas se pueda lograr reducir el 85% o sea 50.50 horas y convertirlas en tiempo de producción de las máquinas de empaque. A continuación, en la tabla 35 se muestran los datos asociados a la propuesta.

Tabla 35. Datos de tiempo y dinero recuperados con la propuesta

Máquina	Costo Promedio de Producción por hora	Porcentaje de Utilización	Tiempo Total (Hrs) recuperado para producción	Proyección de tiempo recuperado (Hrs) 85%	Tiempo (Hrs) recuperado para producción por máquina	Monto recuperado según máquina
Empacadora 2	¢1 119 037,50	15%	59,42	50,51	7,58	¢8 477 884,05
Empacadora 6	¢1 119 037,50	20%			10,10	¢11 303 845,40
Empacadora 7	¢1 152 450,00	45%			22,73	¢26 193 056,47
Total						¢45 974 785,92
Máquina	Costo Promedio de Producción por hora	Porcentaje de Utilización	Tiempo Total (Hrs) recuperado para producción	Proyección de tiempo recuperado (Hrs) 85%	Tiempo (Hrs) recuperado para producción por máquina	Monto recuperado según máquina
Empacadora 1	¢202 860,00	1%	59,42	50,51	0,50507	¢102 458,50
Empacadora 3	¢295 260,00	3%			1,51521	¢447 380,90
Empacadora 4	¢1 119 037,50	2%			1,01014	¢1 130 384,54
Empacadora 5	¢1 119 037,50	2%			1,01014	¢1 130 384,54
Empacadora 8	¢202 860,00	12%			6,06084	¢1 229 502,00
Total						¢4 040 110,49
Monto total recuperado para producción						¢50 014 896,41

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se puede observar que con el inicio de la implementación de la gestión autónoma y el plan de mantenimiento preventivo se podría recuperar un total de 59.42 horas productivas, por otra parte, al ser un proceso que necesita una curva de adaptación y aprendizaje, se considera que el 85% de ese total se puede reducir efectivamente.

Esto quiere decir que se eliminaría esa cantidad de horas de paro en las máquinas y pasaría a ser tiempo productivo y por ende la empresa podría producir alrededor de ¢50 014 896,41 más en comparación al año en curso.

5.6 ANÁLISIS FINANCIERO VAN y TIR

Para la implementación del proyecto de mantenimiento preventivo desarrollado por producción y mantenimiento se establece una inversión de ¢5 639 925,1975 y una tasa de rentabilidad mínima del 10%, y se realiza el siguiente análisis de la propuesta.

Tabla 36. Análisis de la propuesta con respecto a VAN y TIR

	Período 0	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5
Incremento con la propuesta		10%	20%	30%	40%	50%
Ingresos	¢50 014 896,41	¢5 001 489,64	¢10 002 979,28	¢15 004 468,92	¢20 005 958,56	¢25 007 448,21
Egresos	¢5 639 925,20	¢8 000 000,00	¢6 000 000,00	¢5 000 000,00	¢3 000 000,00	¢2 000 000,00
Flujo de efectivo Neto	¢44 374 971,21	-¢2 998 510,36	¢4 002 979,28	¢10 004 468,92	¢17 005 958,56	¢23 007 448,21
Inversión Inicial	¢5 639 925,20					
Flujo de Caja	-¢5 639 925,20	-¢2 998 510,36	¢4 002 979,28	¢10 004 468,92	¢17 005 958,56	¢23 007 448,21

Tasa de Rentabilidad
esperada
10%

VAN ¢28 360 022,91

TIR 67,71%

Fuente: Elaboración propia

Con la información obtenida en la tabla 36 se puede apreciar que a pesar de se espera una tasa de rentabilidad de 10% la TIR obtenida es de un 67,71%, por lo tanto, se considera que la viabilidad o rentabilidad del proyecto es positiva y efectivamente traerá beneficio a la empresa.

5.7 BENEFICIOS DE APLICAR LA PROPUESTA

Dentro de los beneficios que obtendrá la empresa al implementar la propuesta se encuentra tener un personal operativo más capacitado y con mayores conocimientos técnicos, lo que les permitirá realizar labores de limpieza con inspección, lubricación, tareas de mantenimiento liviano como cambio de componentes, reparaciones simples

y resolver problemas en los equipos que anteriormente solamente los realizaba el personal de mantenimiento y a la misma vez se promueve el trabajo en equipo.

Además, este trabajo en equipo tendrá un importante objetivo, el cual es estabilizar las condiciones del equipo y detener el deterioro acelerado y de esta manera mejorar el rendimiento general y la confiabilidad de los equipos.

Por otra parte, la empresa de la industria alimentaria donde se realiza el proyecto tendrá un impacto económico positivo puesto que en plazo relativamente corto podrán ver disminuidos los tiempos de paro y atrasos que les afectan considerablemente su aspecto económico.

Otro aspecto importante es que, al prevenir el deterioro acelerado de los equipos y sus componentes, la compra de repuestos se verá disminuida, ya que no será necesario cambiar constantemente esos componentes de las máquinas, lo cual representa ahorro económico en la compra de repuestos que no estaban contemplados.

5.8 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DESARROLLADO

A continuación, se presentan ejemplos del cronograma para la ejecución de las tareas del Plan de Mantenimiento Preventivo para el personal técnico del área de mantenimiento y se presenta también la lista de verificación o *check list* de seguimiento y verificación para las tareas de inspección y ajuste de los operarios de producción.

Tabla 38. Ejemplo del Cronograma de Mantenimiento Preventivo Diario del primer semestre 2024

Plan de Mantenimiento Preventivo 2024																																																		
Detalle	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14																																				
	L	K	M	J	V	L	K	M	J	V	L	K	M	J	V	L	K	M	J	V	L	K	M	J	V	L	K	M	J	V	L	K	M	J	V	L	K	M	J	V	L	K	M	J	V	L	K	M	J	V
COMPRESOR DE AIRE																																																		
Cámara de Compresión (presión)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cámara de Compresión (Nivel de aceite)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Tanque	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Purgador	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Secador	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cosedora 1																																																		
Estructura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Cableado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Aguja	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Cosedora 2																																																		
Estructura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Cableado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Aguja	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Cosedora 3																																																		
Estructura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Cableado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Aguja	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Cosedora 4																																																		
Estructura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Cableado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Aguja	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Ejemplo de Control y verificación de inspección y ajustes diarios operativos

Logo de la empresa		Control y Verificación de Actividades de Inspección / Ajustes																					
Área: Empaque				Empacadora 2																			
Año: 2024				Semana #				Semana #				Semana #				Semana #							
Sistema	Componente	Estándar	Frecuencia	L	K	M	J	V	L	K	M	J	V	L	K	M	J	V	L	K	M	J	V
Sistema de Dosificación	TOLVA DE DOSIFICACIÓN	Sin golpes o grietas	Diaria																				
	RESPIRADOR	Sin roturas	Diaria																				
	TORNILLO DOSIFICADOR	Alineados, sin golpes ni desgaste	Semanal																				
Mecanismo de Alimentación	TOLVA	Sin golpes ni fisuras	Diaria																				
	TORNILLO DE ALIMENTACIÓN	Sin torceduras y alineado	Diaria																				
	TAMIZ	Sin golpes ni roturas	Diaria																				
	MANGAS DE ACOUPLE	Sin roturas	Diaria																				
Sistema de desembobinado y frenado	EJE	Que no se encuentre torcido	Diaria																				
	FRENO Y SISTEMA DE ARRASTRE	Sin grietas ni roturas	Semanal																				
Sistema de arrastre	BANBAS	Secas y sin grietas	Diaria																				
	PIÑONES	Alineados, sin golpes ni desgaste	Mensual																				
	GUÍAS	Sin golpes y alineadas	Semanal																				
Mecanismo de sellado	BASES	Sin golpes y fisuras	Semanal																				
Estructura	RODILLOS	Sin golpes, alineados y sin desgaste	Semanal																				
	PUERTAS	Bisagras y mecanismo de cierre funcionando	Semanal																				
	BASES	Sin golpes y en buen estado	Semanal																				
	CABLEADO GENERAL	Sin fisuras	Semanal																				
	MANGUERA ENTRADA DE AIRE DEL COMPRESOR	Sin fisuras y llave de paso funcionando	Semanal																				
	FOTOCELDA	Libre de suciedad	Semanal																				
Motor Mezclador	PIÑONES	Alineados, sin golpes ni desgaste	Mensual																				
	CADENA	Tensa y sin daño en eslabones	Mensual																				
Sistema Neumático	MANGUERAS	Sin fisuras o fugas	Semanal																				

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Una vez culminada la investigación y basado en los resultados obtenidos durante la misma se logra confirmar la importancia que poseen las herramientas de ingeniería industrial en la solución de problemas, en este caso para la propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo que pueda orientar a la actual administración en mejorar sus operaciones, reducir los altos costos de mantenimiento correctivo y deterioro acelerado de los equipos. De este proyecto de investigación se puede concluir lo siguiente:

- Durante la investigación se llega a la conclusión que, en lo referente al mantenimiento, en la empresa no se realizan tareas de mantenimiento preventivo como se debería, sino que, por el contrario, aproximadamente entre el 90% y 95% de las tareas son de mantenimiento correctivo.
- En la investigación, se identificó que uno de los problemas es la falta de información histórica sobre las máquinas con respecto a los diferentes eventos que se presentan en ellas, pues en el sistema de información no se registra la máquina en la cual se presenta un evento y se dificulta realizar un análisis de cada uno de los equipos.
- Se determinó que la mayor oportunidad para mejorar la productividad y reducir los costos de mantenimiento mediante la implementación de un Plan de tareas de mantenimiento preventivo está en el área de empaque. Se identificó que de noviembre de 2022 a julio de 2023 en el área de empaque se obtuvo un total de 140.15 horas de tiempo improductivo asignado a fallas de los equipos.

- Se logró identificar que la gestión de inventario de repuestos no es la adecuada debido a que equipos clasificados como A, que podían detener las operaciones de la planta, no contaban con stock de repuestos ante una eventual falla.
- Se identificó que en la empresa hay una centralización de conocimiento en el encargado de mantenimiento y poca transferencia de conocimiento o capacitación a los operarios de máquina, lo cual genera una dependencia que impacta la continuidad de las operaciones.
- Se logró elaborar un Plan de Mantenimiento Preventivo, adecuado a la situación actual de la empresa, sus equipos y sus necesidades considerando la inclusión de tareas de gestión autónoma, de manera tal que la primera versión de esta propuesta sirva como base para la implementación de mayor participación de los operarios en tareas de mantenimiento básico preventivo, acorde a lo propuesto por TPM.
- Se logró determinar que la correcta realización e implementación de la propuesta es rentable para la empresa de la industria alimentaria donde se desarrolló el proyecto.

6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la empresa de industria alimentaria donde se desarrolla el proyecto, dar continuidad en la implementación de las tareas de gestión autónoma y continuar con el desarrollo del Plan de Mantenimiento Preventivo hacia otros equipos para mantener y mejorar sus operaciones.
- Se recomienda solicitar al proveedor de servicio del sistema de información implementar el espacio para incluir la información de la máquina en la cual se presentan los eventos.
- Se recomienda a la administración implementar la utilización de las etiquetas propuestas y modificar el sistema de gestión de mantenimiento que utiliza actualmente.
- Se recomienda la valoración de realizar la contratación de una persona más en el área de mantenimiento para apoyar en labores administrativas, con el fin de mejorar la gestión actual de mantenimiento en cuanto a inventario de repuestos, gestión de compra de repuestos y seguimiento a control de etiquetas e indicadores de mantenimiento.
- Durante la realización de la investigación se verificó que las empacadoras 2,6 y 7 representan la mayor cantidad de pérdidas económicas en las operaciones de empaque, razón que las convierte en máquinas de mucha importancia para la organización. Por esta razón se recomienda iniciar la implementación de las tareas de mantenimiento preventivo por parte del personal en estos equipos de producción.
- La capacitación al personal es muy importante, es por esto que se recomienda a la administración realizar periódicamente entrenamientos sobre aspectos técnicos a los

operarios, para incrementar sus habilidades y que puedan desarrollar un mejor criterio para la realización de ajustes y prevención de fallas en los equipos.

CAPÍTULO VII. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, G., & De Morales, PR (2015). Historia de la Ingeniería Industrial. En Ingeniería Industrial Aplicaciones no tradicionales en entornos internacionales (págs. 1-9). Springer, Cham.
- Asociación Japonesa de TPM. (2014). Manual de TPM: Mantenimiento Productivo Total. Prensa CRC.
- Berkowitz, J. (2020). Innovación y Desarrollo Sostenible en la Industria Alimentaria. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)
- BSG Institute (2020). Los 8 Pilares del TPM. Project Management Institute, Inc.
- Cáceres, O., & Gámez, J. (2019) Aplicación de la herramienta de TPM para mejorar la productividad en el proceso de granallado de la empresa JCB estructuras S.A.C: Lima, Perú [Tesis para optar el título de profesional de Ingeniero Industrial, Universidad Ricardo Palma].
- Castañeda, J. (2019). Mejoramiento de la confiabilidad. Bogotá, Ecoe Ediciones.
<https://elibro.net/es/ereader/ufidelitas/126576?page=13>.
- Cuatrecasas, LI. y Torrell, F. (2010). TPM en un entorno de Lean Management. Barcelona: Profit Editorial.
- Diagrama de Causa y Efecto (2021). Sociedad Americana para la Calidad.
<https://asq.org/espanol/learn-about-quality/cause-analysis-tools/overview/cause-and-effect>
- Diagrama de Pareto (2021). American Society for Quality (ASQ).
<https://asq.org/espanol/learn-about-quality/pareto-chart/overview>
- Gallarà, I. y Pontelli, D. (2020). Mantenimiento industrial.
<https://elibro.net/es/ereader/ufidelitas/172527?page=10>.

García, G. (2018) Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en una empresa de elaboración de alimentos balanceados, mediante el Mantenimiento Productivo Total (TPM): Lima, Perú

Garza Ríos, R. C., González Sánchez, C. N., Rodríguez González, E. L., & Hernández Asco, C. M. (2016). Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, (22), 19-35.

González J. (2003) *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*. (2ed).FC Editorial.

Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos 6ta ed. (2017) Project Management Institute.

<https://bsginstitute.com/bs-campus/blog/Los-8-Pilares-del-TPM-1134>

Hernández Barrueco, L. C. (2017). *Técnicas para ahorrar costos logísticos: (ed.)*. Barcelona, Spain: Marge Books. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/ufidelitas/43766?page=102>.

Hubspot.es (2023). Maximizar tu productividad. <https://blog.hubspot.es/marketing/maximizar-tu-productividad>

Impacto de los Problemas Relacionados con el Mantenimiento en la Productividad de la Industria Costarricense. (2019). Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). https://www.tec.ac.cr/sites/default/files/media_file/Estudio%20del%20impacto%20de%20los%20problemas%20relacionados%20con%20el%20mantenimiento%20en%20la%20productividad%20de%20la%20industria%20costarricense.pdf

- Informe de Competitividad y Productividad: Competitividad de la Economía Costarricense. (2017). Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC). https://www.meic.go.cr/sites/default/files/adjuntos/informe_de_competitividad_y_productividad_2017.pdf
- Khan, F. y Karim, R. (2017). Implementación de mantenimiento preventivo total (TPM) en la industria manufacturera de Malasia. *Revista internacional de tecnología y ciencias de la ingeniería*, 1(3), 75-85. https://www.researchgate.net/publication/320356152_Total_Preventive_Maintenance_TPM_Implementation_in_Malaysian_Manufacturing_Industry
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2018). *Gestión de operaciones: procesos y cadenas de suministro* (12th ed.). Pearson.
- Lean, J. (2014). Investigación sobre la metodología de Ishikawa: Análisis de Causa y Efecto para la Mejora de Procesos. *Revista de Investigación en Calidad y Productividad*, 20(3), 45-58.
- Monsalve Fonnegra, Gisela Patricia. (2019). *Programación y Control para Sistemas Productivos y de Servicios*. Instituto Tecnológico Metropolitano.
- Montilla, Carlos A. (2015). *Notas de clase curso Mantenimiento Industrial*. Pereira. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Organización Internacional de Normalización. (2015). *ISO 9000:2015 Sistemas de gestión de la calidad - Fundamentos y vocabulario*.
- Palacios, L. C. (2019). *Administración de la producción*. Bogotá, Ecoe Ediciones. <https://elibro.net/es/ereader/ufidelitas/126179?page=157>.





- Pardo Álvarez, J. M. (2017). Gestión por procesos y riesgo operacional. Madrid, Spain: AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación. <https://elibro.net/es/ereader/ufidelitas/53618?page=183>.
- Producción (2020). En Diccionario de Real Lengua Española. <https://dle.rae.es/producci%C3%B3n>
- Rajadell, O., & Sánchez, J. (2010). Estrategias del Mantenimiento Productivo Total (TPM): Enfoque Estratégico y Operativo para la Eficiencia de Equipos e Instalaciones. *Revista de Gestión Industrial*, 25(2), 37-51.
- Rocha, Jerry. (2021). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo, para las máquinas del área de empaque de Sigma Alimentos Costa Rica, a desarrollarse con información desde septiembre 2020, proyectado hasta mayo 2021. <http://13.87.204.143/xmlui/handle/123456789/6739>
- Salazar (2019). Definición de Ingeniería Industrial. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/conceptos-generales/que-es-ingenieria-industrial/>
- Socconini, A. (2019). Mantenimiento Productivo Total (TPM): Metodología de mejora para la continuidad operativa y la eficiencia en equipos y plantas. *Revista de Ingeniería Industrial*, 31(3), 75-88
- Valderrama, J., & Salazar, A. (2021) Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en TPM para la planta de asfalto de la empresa Agretol: Ibagué, Colombia [Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero, Universidad Antonio Nariño]. <http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/4468/4/Tesis%20Propuesta%20TPM%2002-06%20V2.pdf>

VIII. APÉNDICE (S)

Apéndice 1: Equipos de la planta de producción

Descripción	Mezcladora	
Activo:	MAQU000069	
Identificación	M1	
Capacidad	600 Kg	
Marca	TIMSA	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Mezcla 32	
Descripción	Mezcladora	
Activo:	MAQU000063	
Identificación	M2	
Capacidad	600 Kg	
Marca	TIMSA	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Mezcla 32	
Descripción	Mezcladora	
Activo:	MAQU000022	
Identificación	M3	
Capacidad	200 Kg	
Marca	NA	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Sabores 32	
Descripción	Mezcladora	
Activo:	MAQU000023	
Identificación	M4	
Capacidad	600 Kg	
Marca	TIMSA	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Mezcla 32	

Descripción	Empacadora 1	
Activo:		
Identificación	E1	
Capacidad	120 g - 180 g	
Marca	INDELSA	
Modelo	NA	
Serie	20119	
Ubicación	Empaque B 32	
Descripción	Empacadora 2	
Activo:	MAQU000064	
Identificación	E2	
Capacidad	350 g - 500 g - 1000 g	
Marca	INDELSA	
Modelo	NA	
Serie	17155	
Ubicación	Producción Sabores	
Descripción	Empacadora 3	
Activo:	MAQU000050	
Identificación	E3	
Capacidad	50 g - 180 g - 350 g - 370 g	
Marca	NovaMart Solutions	
Modelo	DCF-400	
Serie	010	
Ubicación	Empaque B 32	
Descripción	Empacadora 4	
Activo:	MAQU000060	
Identificación	E4	
Capacidad	350 g - 500 g - 1000 g	
Marca	INDELSA	
Modelo	NA	
Serie	14121	
Ubicación	Empaque A 32	

Descripción	Empacadora 5	
Activo:	MAQU000061	
Identificación	E5	
Capacidad	350 g - 500 g - 1000 g	
Marca	INDELSA	
Modelo	NA	
Serie	15077	
Ubicación	Empaque A 32	
Descripción	Empacadora 6	
Activo:		
Identificación	E6	
Capacidad	120 g - 350 g - 500 g - 1000 g	
Marca	INDELSA	
Modelo	NA	
Serie	2004	
Ubicación	Empaque A 32	
Descripción	Empacadora 7	
Activo:		
Identificación	E7	
Capacidad	1000 g - 2000 g	
Marca	INDELSA	
Modelo	NA	
Serie	2006	
Ubicación	Empaque A 32	
Descripción	Empacadora 8	
Activo:		
Identificación	E8	
Capacidad	120 g - 180 g	
Marca	INDELSA	
Modelo	NA	
Serie	21120	
Ubicación	Empaque B 32	

Descripción	Empacadora 9	
Activo:	MAQU000090	
Identificación	E9	
Capacidad	220 g- 400 g- 2000 g	
Marca	INDELSA	
Modelo	NA	
Serie	17020	
Ubicación	Bodega de Insumos	
Descripción	Tamiz Mezcladora	
Activo:	NA	
Identificación	TM1	
Capacidad	NA	
Marca	Timsa	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Mezcla 32	
Descripción	Tamiz Mezcladora	
Activo:	NA	
Identificación	TM2	
Capacidad	NA	
Marca	Timsa	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Mezcla 32	
Descripción	Tamiz Mezcladora	
Activo:	NA	
Identificación	TM3	
Capacidad	NA	
Marca	Timsa	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Mezcla Sabores 33	

Descripción	Tamiz Mezcladora	
Activo:	NA	
Identificación	TM4	
Capacidad	NA	
Marca	Timsa	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Mezcla Sabores 33	
Ubicación	Mezcla Sabores 33	
Descripción	Tamiz Empacadora	
Activo:	NA	
Identificación	TE1	
Capacidad	NA	
Marca	Timsa	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Empaque A 32	
Ubicación	Empaque A 32	
Descripción	Tamiz Empacadora	
Activo:	NA	
Identificación	TE2	
Capacidad	NA	
Marca	Timsa	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Empaque A 32	
Ubicación	Empaque A 32	
Descripción	Tamiz Empacadora	
Activo:	NA	
Identificación	TE3	
Capacidad	NA	
Marca	Timsa	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Empaque A 32	
Ubicación	Empaque A 32	

Descripción	Tamiz Empacadora	
Activo:	NA	
Identificación	TE4	
Capacidad	NA	
Marca	Timsa	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Empaque A 32	
Descripción	Banda Transportadora	
Activo:	NA	
Identificación	B1	
Capacidad	NA	
Marca	INDELSA	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Producción sabores	
Descripción	Banda Transportadora	
Activo:	NA	
Identificación	B2	
Capacidad	NA	
Marca	INDELSA	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Bodega de Insumos	
Descripción	Banda Transportadora	
Activo:	NA	
Identificación	B3	
Capacidad	NA	
Marca	INDELSA	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Empaque A 32	

Descripción	Banda Transportadora	
Activo:	NA	
Identificación	B4	
Capacidad	NA	
Marca	INDELSA	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Bodega de Insumos	
Descripción	Banda Transportadora	
Activo:	NA	
Identificación	B5	
Capacidad	NA	
Marca	INDELSA	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Empaque A 32	
Descripción	Banda Transportadora	
Activo:	NA	
Identificación	B6	
Capacidad	NA	
Marca	INDELSA	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Empaque B 32	
Descripción	Banda Transportadora	
Activo:	NA	
Identificación	B7	
Capacidad	NA	
Marca	INDELSA	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Desuso (Mezanine Producción)	

Descripción	Selladora de Pedal	
Activo:	MAQU000092	
Identificación	S-01	
Capacidad	1500 W x 120V	
Marca	Hualan	
Modelo	NA	
Serie	PFS650	
Ubicación	Mezcla Sabores 33	
Descripción	Selladora de Pedal	
Activo:	NA	
Identificación	S-02	
Capacidad	1500 W x 120V	
Marca	NA	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Mezcla 32	
Descripción	Selladora de Pedal	
Activo:	NA	
Identificación	S-03	
Capacidad	1500 W x 120V	
Marca	NA	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Mezcla 32	
Descripción	Selladora de Pedal	
Activo:	MAQU000085	
Identificación	S-04	
Capacidad	120 V * 300 W * 15mm	
Marca	Quimifarma	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Bodega de Insumos	

Descripción		Selladora de Pedal	
Activo:	MAQU000086		
Identificación	S-05		
Capacidad	120 V * 300 W * 15mm		
Marca	Quimifarma		
Modelo	NA		
Serie	NA		
Ubicación	Empaque B 32		
Descripción			
Activo:	MAQU000011		
Identificación	S-06		
Capacidad	120 V * 600 W		
Marca	Brother		
Modelo	NA		
Serie	NA		
Ubicación	Desuso (Mezanine Producción)		
Descripción			
Activo:	MAQU000012		
Identificación	S-07		
Capacidad	120 V * 600 W		
Marca	Brother		
Modelo	FR200		
Serie	NA		
Ubicación	Desuso (Mezanine Producción)		
Descripción			
Activo:	NA		
Identificación	S-08		
Capacidad	NA		
Marca	Quimifarma		
Modelo	FR200		
Serie	NA		
Ubicación	Bodega de Insumos		

Descripción	Selladora de Pedal	
Activo:	MAQU000026	
Identificación	S-09	
Capacidad	1500 W x 120V	
Marca	NA	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Mezcla 32	
Descripción	Cosedora	
Activo:	MAQU000015	
Identificación	C-01	
Capacidad	NA	
Marca	Megatex	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Mezcla 32	
Descripción	Cosedora	
Activo:	NA	
Identificación	C-02	
Capacidad	NA	
Marca	Megatex	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Cuarto Equipos Varios	
Descripción	Cosedora	
Activo:	NA	
Identificación	C-03	
Capacidad	NA	
Marca	Megatex	
Modelo	NP-7A	
Serie	NA	
Ubicación	Mezcla 32	

Descripción	Selladora de Pedal	
Activo:	MAQU000026	
Identificación	S-09	
Capacidad	1500 W x 120V	
Marca	NA	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Mezcla 32	
Ubicación	Mezcla 32	
Descripción	Cosedora	
Activo:	MAQU000015	
Identificación	C-01	
Capacidad	NA	
Marca	Megatex	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Mezcla 32	
Ubicación	Mezcla 32	
Descripción	Cosedora	
Activo:	NA	
Identificación	C-02	
Capacidad	NA	
Marca	Megatex	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Cuarto Equipos Varios	
Ubicación	Cuarto Equipos Varios	
Descripción	Cosedora	
Activo:	NA	
Identificación	C-03	
Capacidad	NA	
Marca	Megatex	
Modelo	NP-7A	
Serie	NA	
Ubicación	Mezcla 32	
Ubicación	Mezcla 32	

Descripción	Cosedora	
Activo:	NA	
Identificación	C-04	
Capacidad	NA	
Marca	Megatex	
Modelo	NP-7A	
Serie	NA	
Ubicación	Producción Sabores	
Descripción	Horno termorreductor	
Activo:	NA	
Identificación	H-01	
Capacidad	NA	
Marca	Thermalshrink /Quimifarma	
Modelo	NA	
Serie	BSA450	
Ubicación	Bodega de Insumos	
Descripción	Compresor	
Activo:	NA	
Identificación	Co-01	
Capacidad	10 HP	
Marca	Campbell	
Modelo	3F061903AV	
Serie	NA	
Ubicación	Empaque - Mezcla	
Descripción	Compresor	
Activo:	NA	
Identificación	Co-02	
Capacidad	3,7 HP	
Marca	Campbell	
Modelo	VTG19505AJ	
Serie	NA	
Ubicación	Producción Sabores 33	

Descripción	Tanque de Agua	
Activo:	NA	
Identificación	T-01	
Capacidad	1200 L	
Marca	NA	
Modelo	NA	
Serie	NA	
Ubicación	Exterior	

Apéndice 2: Evaluación de Causas de Fallas de los equipos

Causas de Falla en Máquinas de Empaque

Agosto 2023
Encuesta # _____



Estimado colaborador, estamos interesados en conocer su opinión sobre cuáles son las principales razones que generan fallas en los equipos de producción.

Instrucciones

Por favor ordene de 1 al 10, siendo 1 la menos importante y 10 la más importante, las razones o causas que a su consideración, tiene mayor impacto en que se presenten las fallas o averías en los equipos de producción. Pueden quedar causas sin puntuación.

Causas o razones	Calificación
Conocimiento centralizado	
Poco conocimiento sobre Gestión Autónoma	
Falta de Capacitación a los operarios	
Personal insuficiente para mantenimiento	
Repuestos (original/genérico)	
Calidad de materiales de empaque	
Cantidad de repuestos	
Falta de Herramientas	
Falta de acciones preventivas	
Capacidad/ Velocidad	
Fabricante (origen)	
Desajustes	
Humedad	
Poco espacio físico	
Suciedad propia del producto	
Falta instrumentación	
Falta de indicadores (KPIs)	
Mantenimiento poco focalizado	
Falta de mantenimiento preventivo	
Falta empoderamiento operativo	
Falta control y seguimiento a Fallas	

Apéndice 3: Tabulación de calificación de causas de fallas de los equipos

Tabla de Puntuación a causas asignadas a Fallas en los equipos de producción																			
Puntuación Asignada por las personas encuestadas																			
Causas	ENC 1	ENC 2	ENC 3	ENC 4	ENC 5	ENC 6	ENC 7	ENC 8	ENC 9	ENC 10	ENC 11	ENC 12	ENC 13	ENC 14	ENC 15	ENC 16	ENC 17	ENC 18	Total
Conocimiento centralizado	9	9	9	9	9	10	10	10	9	8	8	9	9	8	9	7	8	9	159
Poco conocimiento sobre Gestión Autónoma	5	5	6	5	5	5	5	5	5	5	6	5	5	4	5	4	4	4	88
Falta de Capacitación a los operarios	8	8	8	8	7	8	8	9	8	7	9	8	10	9	6	8	9	8	146
Personal insuficiente para mantenimiento	7	7	7	7	8	7	7	7	7	9	7	7	8	7	8	9	7	6	132
Repuestos (original/genérico)																			0
Calidad de materiales de empaque			1									2			1				4
Cantidad de repuestos					2														2
Falta de Herramientas		4		2	2														8
Falta de acciones preventivas	1	3		1	4	3	4	4	1	1	1	1	3	3	4	1		1	36
Capacidad/ Velocidad																			0
Fabricante (origen)	2	2			3		2	1	2		2		1				3	5	23
Desajustes	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	5	6	6	6	7	6	6	7	108
Humedad																			0
Poco espacio físico																			0
Suciedad propia del producto																			0
Falta instrumentación																			0
Falta de indicadores (KPIs)																			0
Mantenimiento poco focalizado	4	1	2	3	1	4	3	3	4	4	4	4	2	2	2	3	1	3	50
Falta de mantenimiento preventivo	10	10	10	10	10	9	9	8	10	10	10	10	7	10	10	10	10	10	173
Falta empoderamiento operativo			3							2		3		1		2	5		16
Falta control y seguimiento a Fallas	3		4	4		1	1	2	3	3	3		4	5	3	5	2	2	45

Apéndice 4: Encuesta aplicada al personal de la empresa



Encuesta para determinar de estado actual del mantenimiento en una empresa de la industria alimentaria, año 2023.

Estudiante Licenciatura Ingeniería Industrial

Universidad Hispanoamericana

Estimado colaborador, estamos interesados en conocer cuál es la situación actual del mantenimiento que se realiza en las instalaciones de la empresa y la posibilidad con la que se cuenta para mejorar.

Por favor, indica tu género: El tiempo (años) laborado en la empresa:

Hombre Mujer Otro 0-5 5-10 10-15 15 ó más

1- ¿Para cual departamento trabajas actualmente?

- Producción
- Mantenimiento
- Calidad
- Bodega
- Administrativo

2- ¿Conoce si existe una base de datos que registre la producción diaria?

- SI
- NO

3- ¿Los operadores cuentan con manual operativo de la máquina que operan?

- Si
- No
- Lo desconozco

4- ¿De qué manera se reciben las indicaciones para realizar la operación de la máquina?

- Escritas
- Verbales
- Lo desconozco
- No existen

5. ¿Cuál es la frecuencia con la que recibe capacitación operativa (relacionada a la operación de los equipos), el personal de producción?

- Mensual
- Trimestral
- Semestral
- Anual
- Casi nunca

6. ¿Existe un plan de mantenimiento preventivo de los equipos de producción?

- Si
- No
- Lo desconozco

7. ¿Se cuenta con un procedimiento de mantenimiento preventivo operacional?

- Si
- No
- Lo desconozco

8. ¿Realizan los operadores verificaciones preventivas del estado de las máquinas antes de iniciar la operación?

- Si
- No
- Lo desconozco

9. ¿Considera usted que la implementación de mantenimiento preventivo mejoraría alguno de los siguientes aspectos?

- Producción
- Calidad
- Costos
- Todas las anteriores
- Ninguna de las anteriores

10. ¿Considera usted que el sistema actual para dar mantenimiento es el adecuado?

- Si
- No
- Podría mejorar

Apéndice 5: Datos para clasificación ABC de equipos de producción

		Emp 2,6 y 7	Emp 1,3,5,8,9	Mezcla	Compresores
F	Frecuencia de avería parada en los últimos tres meses (MTBF)	5,46	5,55	444,00	222,00
X	El promedio de averías paradas de 9 meses hacia atrás del momento mismo de la revisión	12,78	7,44	0,22	1,67
MTTR	El valor MTTR de los últimos 3 meses.(con los datos de los últimos 3 meses se calcula el MTTR)	38,96	23,44	40,00	17,50
Z	El valor MTTR de los últimos 9 meses.(con los datos de los últimos 9 meses, se calcula el z)	56,80	56,16	50,00	34,67
Y	F * 70%	3,825230769	3,885	310,8	155,4
Z	MTTR (9 meses) * 70%	39,75797101	39,30970149	35	24,26666667
T	Z * 70%	27,83057971	27,51679104	24,5	16,98666667

Apéndice 6: Fórmula para cálculo de valor anual neto en Excel

E13 X ✓ ✖ =VNA(B15;D11:H11)+C11

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
4			Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5
5		Incremento con la propuesta		10%	20%	30%	40%	50%
6		Ingresos	€50 014 896,41	€5 001 489,64	€10 002 979,28	€15 004 468,92	€20 005 958,56	€25 007 448,21
7		Egresos	€5 639 925,20	€8 000 000,00	€6 000 000,00	€5 000 000,00	€3 000 000,00	€2 000 000,00
8		Flujo de efectivo Neto	€44 374 971,21	-€2 998 510,36	€4 002 979,28	€10 004 468,92	€17 005 958,56	€23 007 448,21
10		Inversión Inicial	€5 639 925,20					
11		Flujo de Caja	-€5 639 925,20	-€2 998 510,36	€4 002 979,28	€10 004 468,92	€17 005 958,56	€23 007 448,21
13		Tasa de Rentabilidad esperada		VAN	€28 360 022,91			
14		10%		TIR	67,71%			

IX. GLOSARIO

Avería o Falla: Las averías son eventos no planificados de fallas de equipos. Pueden ser operativas, mecánicas, eléctricas o de instrumentación en componentes y subconjuntos de la máquina.

Calidad: se define como las características explícitas o implícitas de un producto o servicio para satisfacer las necesidades de un cliente tanto interno como externo.

Cambio de formato: Los cambios se miden cuando la máquina se detiene para cambio de presentación o producto.

Capacitación: son una serie de actividades planeadas dirigidas hacia un cambio en los conocimientos, habilidades y aptitudes de una o varias personas con el fin de que puedan desarrollar sus actividades de una mejor manera.

Paro externo: Las paradas externas son interrupciones en la producción de la línea con su causa raíz fuera del control de los equipos de producción, por ejemplo, cortes de fluido eléctrico o falta de aire comprimido.

Equipos Auxiliares: son equipos o implementos que sirven para complementar algún proceso colaborando en la mejora de este. Para el caso del presente proyecto son equipos cuyo mantenimiento no depende del personal de la empresa en estudio.

Estándar operativo: Es modelo, referencia o guía para medir o valorar y comparar cosas de la misma especie, como por ejemplo actividades o tareas.

Tiempo Planeado: Son actividades cuya característica es que están planificadas o son parte del plan/programa/receta de producción. Algunas de ellas son limpiezas, reuniones o capacitaciones.

X. ANEXOS

Anexo 1: Resultados de Matriz de clasificación ABC de equipos de producción

	A	B	C	Mezcladora M1	Mezcladora M2	Mezcladora M3	Mezcladora M4
Ambiente	Ha causado parámetros fuera de especificación legal, con impacto externo .	Ha causado parámetros fuera de especificación legal, con impacto interno .	Sin impacto ambiental.	C	C	C	C
Seguridad	Ha causado riesgos de seguridad relacionados con la muerte o incapacidad permanente.	Ha causado riesgos de seguridad que implican incapacidad temporal o enfermedad laboral.	Ha causado riesgos de seguridad sin accidentes o discapacidades.	B	B	B	B
Calidad	Ha causado no conformidades percibidas por el cliente.	Ha causado no conformidades que pueden rechazar un bache o un lote	Ha causado re-proceso o no tiene ningún impacto.	B	B	B	B
Tiempo de Trabajo	50 horas / semana.	25 – 50 horas / semana.	< 25 horas / semana.	A	A	B	B
Entrega	Ha provocado un impacto sobre toda la producción.	Ha provocado un impacto sobre la producción de la línea (Área)	Sin Impacto en Producción.	B	B	B	B
Frecuencia de Falla	$F > "X" \text{ Paros / Mes}$ (% de Fallas 3 meses) > (% de Fallas 9 meses)	$"Y" < F < "X" \text{ Paros / Mes}$ (70% % de Fallas 9meses) < (% de Fallas 3 meses) < (% de Fallas 9 meses)	$F < "Y" \text{ Paros / Mes}$ (% de Fallas 3 meses) < (70% % de Fallas 9 meses)	A	A	A	A
Mantenibilidad	$MTTR > "Z" \text{ min}$ (MTTR 3 Meses) > (MTTR 9 Meses)	$"T" \text{ min} < MTTR < "Z" \text{ min}$ (70% MTTR 9Meses) < (MTTR 3 Meses) < (MTTR 9 Meses)	$MTTR < "T" \text{ min}$ (MTTR 3 Meses) < (70% MTTR 9 Meses)	B	B	B	B
				B	B	B	B

	A	B	C	Empacadora E1	Empacadora E2	Empacadora E3	Empacadora E4
Ambiente	Ha causado parámetros fuera de especificación legal, con impacto externo .	Ha causado parámetros fuera de especificación legal, con impacto interno .	Sin impacto ambiental.	C	C	C	C
Seguridad	Ha causado riesgos de seguridad relacionados con la muerte o incapacidad permanente.	Ha causado riesgos de seguridad que implican incapacidad temporal o enfermedad laboral.	Ha causado riesgos de seguridad sin accidentes o discapacidades.	B	B	B	B
Calidad	Ha causado no conformidades percibidas por el cliente.	Ha causado no conformidades que pueden rechazar un bache o un lote	Ha causado re-proceso o no tiene ningún impacto.	B	A	B	B
Tiempo de Trabajo	50 horas / semana.	25 – 50 horas / semana.	< 25 horas / semana.	C	A	C	C
Entrega	Ha provocado un impacto sobre toda la producción.	Ha provocado un impacto sobre la producción de la línea (Área)	Sin Impacto en Producción.	C	C	C	C
Frecuencia de Falla	$F > "X" \text{ Paros / Mes}$ (% de Fallas 3 meses) > (% de Fallas 9 meses)	$"Y" < F < "X" \text{ Paros / Mes}$ (70% % de Fallas 9meses) < (% de Fallas 3 meses) < (% de Fallas 9 meses)	$F < "Y" \text{ Paros / Mes}$ (% de Fallas 3 meses) < (70% % de Fallas 9 meses)	B	B	B	B
Mantenibilidad	$MTTR > "Z" \text{ min}$ (MTTR 3 Meses) > (MTTR 9 Meses)	$"T" \text{ min} < MTTR < "Z" \text{ min}$ (70% MTTR 9Meses) < (MTTR 3 Meses) < (MTTR 9 Meses)	$MTTR < "T" \text{ min}$ (MTTR 3 Meses) < (70% MTTR 9 Meses)	C	B	C	C
				C	A	C	C

	A	B	C	Empacadora E5	Empacadora E6	Empacadora E7	Empacadora E8
Ambiente	Ha causado parámetros fuera de especificación legal, con impacto externo.	Ha causado parámetros fuera de especificación legal, con impacto interno.	Sin impacto ambiental.	C	C	C	C
Seguridad	Ha causado riesgos de seguridad relacionados con la muerte o incapacidad permanente.	Ha causado riesgos de seguridad que implican incapacidad temporal o enfermedad laboral.	Ha causado riesgos de seguridad sin accidentes o discapacidades.	B	B	B	B
Calidad	Ha causado no conformidades percibidas por el cliente.	Ha causado no conformidades que pueden rechazar un bache o un lote	Ha causado re-proceso o no tiene ningún impacto.	B	A	A	B
Tiempo de Trabajo	50 horas / semana.	25 – 50 horas / semana.	< 25 horas / semana.	C	A	A	C
Entrega	Ha provocado un impacto sobre toda la producción.	Ha provocado un impacto sobre la producción de la línea (Área)	Sin Impacto en Producción.	C	C	C	C
Frecuencia de Falla	$F > "X" \text{ Paros / Mes}$ (% de Fallas 3 meses) > (% de Fallas 9 meses)	$"Y" < F < "X" \text{ Paros / Mes}$ (70% % de Fallas 9meses) < (% de Fallas 3 meses) < (% de Fallas 9 meses)	$F < "Y" \text{ Paros / Mes}$ (% de Fallas 3 meses) < (70% % de Fallas 9 meses)	B	B	A	B
Mantenibilidad	$MTTR > "Z" \text{ min}$ (MTTR 3 Meses) > (MTTR 9 Meses)	$"T" \text{ min} < MTTR < "Z" \text{ min}$ (70% MTTR 9Meses) < (MTTR 3 Meses) < (MTTR 9 Meses)	$MTTR < "T" \text{ min}$ (MTTR 3 Meses) < (70% MTTR 9 Meses)	C	B	B	C
				C	A	A	C

	A	B	C	Empacadora E9	Tamiz Mezcladora TM1	Tamiz Mezcladora TM2	Tamiz Empacadora TE1
Ambiente	Ha causado parámetros fuera de especificación legal, con impacto externo.	Ha causado parámetros fuera de especificación legal, con impacto interno.	Sin impacto ambiental.	C	C	C	C
Seguridad	Ha causado riesgos de seguridad relacionados con la muerte o incapacidad permanente.	Ha causado riesgos de seguridad que implican incapacidad temporal o enfermedad laboral.	Ha causado riesgos de seguridad sin accidentes o discapacidades.	B	C	C	C
Calidad	Ha causado no conformidades percibidas por el cliente.	Ha causado no conformidades que pueden rechazar un bache o un lote	Ha causado re-proceso o no tiene ningún impacto.	C	C	C	C
Tiempo de Trabajo	50 horas / semana.	25 – 50 horas / semana.	< 25 horas / semana.	C	A	A	C
Entrega	Ha provocado un impacto sobre toda la producción.	Ha provocado un impacto sobre la producción de la línea (Área)	Sin Impacto en Producción.	C	C	C	C
Frecuencia de Falla	$F > "X" \text{ Paros / Mes}$ (% de Fallas 3 meses) > (% de Fallas 9 meses)	$"Y" < F < "X" \text{ Paros / Mes}$ (70% % de Fallas 9meses) < (% de Fallas 3 meses) < (% de Fallas 9 meses)	$F < "Y" \text{ Paros / Mes}$ (% de Fallas 3 meses) < (70% % de Fallas 9 meses)	B	C	C	C
Mantenibilidad	$MTTR > "Z" \text{ min}$ (MTTR 3 Meses) > (MTTR 9 Meses)	$"T" \text{ min} < MTTR < "Z" \text{ min}$ (70% MTTR 9Meses) < (MTTR 3 Meses) < (MTTR 9 Meses)	$MTTR < "T" \text{ min}$ (MTTR 3 Meses) < (70% MTTR 9 Meses)	C	C	C	C
				C	C	C	C

	A	B	C	Tamiz Empacadora TE2	Tamiz Empacadora TE3	Tamiz Empacadora TE4	Banda B1
Ambiente	Ha causado parámetros fuera de especificación legal, con impacto externo .	Ha causado parámetros fuera de especificación legal, con impacto interno .	Sin impacto ambiental.	C	C	C	C
Seguridad	Ha causado riesgos de seguridad relacionados con la muerte o incapacidad permanente.	Ha causado riesgos de seguridad que implican incapacidad temporal o enfermedad laboral.	Ha causado riesgos de seguridad sin accidentes o discapacidades.	C	C	C	B
Calidad	Ha causado no conformidades percibidas por el cliente.	Ha causado no conformidades que pueden rechazar un bache o un lote	Ha causado re-proceso o no tiene ningún impacto.	C	C	C	C
Tiempo de Trabajo	50 horas / semana.	25 – 50 horas / semana.	< 25 horas / semana.	A	C	C	C
Entrega	Ha provocado un impacto sobre toda la producción.	Ha provocado un impacto sobre la producción de la línea (Área)	Sin Impacto en Producción.	C	C	C	C
Frecuencia de Falla	$F > "X"$ Paros / Mes (% de Fallas 3 meses) > (% de Fallas 9 meses)	$"Y" < F < "X"$ Paros / Mes (70% % de Fallas 9meses) < (% de Fallas 3 meses) < (% de Fallas 9 meses)	$F < "Y"$ Paros / Mes (% de Fallas 3 meses) < (70% % de Fallas 9 meses)	C	C	C	C
Mantenibilidad	$MTTR > "Z"$ min (MTTR 3 Meses) > (MTTR 9 Meses)	$"T" \text{ min} < MTTR < "Z" \text{ min}$ (70% MTTR 9Meses) < (MTTR 3 Meses) < (MTTR 9 Meses)	$MTTR < "T" \text{ min}$ (MTTR 3 Meses) < (70% MTTR 9 Meses)	C	C	C	C
				C	C	C	C

	A	B	C	Banda B2	Banda B3	Banda B4	Banda B5
Ambiente	Ha causado parámetros fuera de especificación legal, con impacto externo .	Ha causado parámetros fuera de especificación legal, con impacto interno .	Sin impacto ambiental.	C	C	C	C
Seguridad	Ha causado riesgos de seguridad relacionados con la muerte o incapacidad permanente.	Ha causado riesgos de seguridad que implican incapacidad temporal o enfermedad laboral.	Ha causado riesgos de seguridad sin accidentes o discapacidades.	B	B	B	B
Calidad	Ha causado no conformidades percibidas por el cliente.	Ha causado no conformidades que pueden rechazar un bache o un lote	Ha causado re-proceso o no tiene ningún impacto.	C	C	C	C
Tiempo de Trabajo	50 horas / semana.	25 – 50 horas / semana.	< 25 horas / semana.	A	C	C	B
Entrega	Ha provocado un impacto sobre toda la producción.	Ha provocado un impacto sobre la producción de la línea (Área)	Sin Impacto en Producción.	C	C	C	C
Frecuencia de Falla	$F > "X"$ Paros / Mes (% de Fallas 3 meses) > (% de Fallas 9 meses)	$"Y" < F < "X"$ Paros / Mes (70% % de Fallas 9meses) < (% de Fallas 3 meses) < (% de Fallas 9 meses)	$F < "Y"$ Paros / Mes (% de Fallas 3 meses) < (70% % de Fallas 9 meses)	C	C	C	C
Mantenibilidad	$MTTR > "Z"$ min (MTTR 3 Meses) > (MTTR 9 Meses)	$"T" \text{ min} < MTTR < "Z" \text{ min}$ (70% MTTR 9Meses) < (MTTR 3 Meses) < (MTTR 9 Meses)	$MTTR < "T" \text{ min}$ (MTTR 3 Meses) < (70% MTTR 9 Meses)	C	C	C	C
				C	C	C	C

	A	B	C	Banda B6	Banda B7	Selladora Pedal S-01	Selladora Pedal S-02
Ambiente	Ha causado parámetros fuera de especificación legal, con impacto externo .	Ha causado parámetros fuera de especificación legal, con impacto interno .	Sin impacto ambiental.	C	C	C	C
Seguridad	Ha causado riesgos de seguridad relacionados con la muerte o incapacidad permanente.	Ha causado riesgos de seguridad que implican incapacidad temporal o enfermedad laboral.	Ha causado riesgos de seguridad sin accidentes o discapacidades.	B	B	C	C
Calidad	Ha causado no conformidades percibidas por el cliente.	Ha causado no conformidades que pueden rechazar un bache o un lote	Ha causado re-proceso o no tiene ningún impacto.	C	C	C	C
Tiempo de Trabajo	50 horas / semana.	25 – 50 horas / semana.	< 25 horas / semana.	A	A	B	B
Entrega	Ha provocado un impacto sobre toda la producción.	Ha provocado un impacto sobre la producción de la línea (Área)	Sin Impacto en Producción.	C	C	C	C
Frecuencia de Falla	$F > "X"$ Paros / Mes (% de Fallas 3 meses) > (% de Fallas 9 meses)	$"Y" < F < "X"$ Paros / Mes (70% % de Fallas 9meses) < (% de Fallas 3 meses) < (% de Fallas 9 meses)	$F < "Y"$ Paros / Mes (% de Fallas 3 meses) < (70% % de Fallas 9 meses)	C	C	C	C
Mantenibilidad	MTTR > "Z" min (MTTR 3 Meses) > (MTTR 9 Meses)	"T" min < MTTR < "Z" min (70% MTTR 9Meses) < (MTTR 3 Meses) < (MTTR 9 Meses)	MTTR < "T" min (MTTR 3 Meses) < (70% MTTR 9 Meses)	C	C	C	C
				C	C	C	C

	A	B	C	Selladora Pedal S-03	Selladora Pedal S-04	Selladora con banda S-07	Selladora Pedal S-09
Ambiente	Ha causado parámetros fuera de especificación legal, con impacto externo .	Ha causado parámetros fuera de especificación legal, con impacto interno .	Sin impacto ambiental.	C	C	C	C
Seguridad	Ha causado riesgos de seguridad relacionados con la muerte o incapacidad permanente.	Ha causado riesgos de seguridad que implican incapacidad temporal o enfermedad laboral.	Ha causado riesgos de seguridad sin accidentes o discapacidades.	C	C	C	C
Calidad	Ha causado no conformidades percibidas por el cliente.	Ha causado no conformidades que pueden rechazar un bache o un lote	Ha causado re-proceso o no tiene ningún impacto.	C	C	C	C
Tiempo de Trabajo	50 horas / semana.	25 – 50 horas / semana.	< 25 horas / semana.	C	C	C	C
Entrega	Ha provocado un impacto sobre toda la producción.	Ha provocado un impacto sobre la producción de la línea (Área)	Sin Impacto en Producción.	C	C	C	C
Frecuencia de Falla	$F > "X"$ Paros / Mes (% de Fallas 3 meses) > (% de Fallas 9 meses)	$"Y" < F < "X"$ Paros / Mes (70% % de Fallas 9meses) < (% de Fallas 3 meses) < (% de Fallas 9 meses)	$F < "Y"$ Paros / Mes (% de Fallas 3 meses) < (70% % de Fallas 9 meses)	C	C	C	C
Mantenibilidad	MTTR > "Z" min (MTTR 3 Meses) > (MTTR 9 Meses)	"T" min < MTTR < "Z" min (70% MTTR 9Meses) < (MTTR 3 Meses) < (MTTR 9 Meses)	MTTR < "T" min (MTTR 3 Meses) < (70% MTTR 9 Meses)	C	C	C	C
				C	C	C	C

	A	B	C	Cosedora C-01	Cosedora C-02	Cosedora C-03	Cosedora C-04
Ambiente	Ha causado parámetros fuera de especificación legal, con impacto externo .	Ha causado parámetros fuera de especificación legal, con impacto interno .	Sin impacto ambiental.	C	C	C	C
Seguridad	Ha causado riesgos de seguridad relacionados con la muerte o incapacidad permanente.	Ha causado riesgos de seguridad que implican incapacidad temporal o enfermedad laboral.	Ha causado riesgos de seguridad sin accidentes o discapacidades.	C	C	C	C
Calidad	Ha causado no conformidades percibidas por el cliente.	Ha causado no conformidades que pueden rechazar un bache o un lote	Ha causado re-proceso o no tiene ningún impacto.	C	C	C	C
Tiempo de Trabajo	50 horas / semana.	25 – 50 horas / semana.	< 25 horas / semana.	B	B	C	C
Entrega	Ha provocado un impacto sobre toda la producción.	Ha provocado un impacto sobre la producción de la línea (Área)	Sin Impacto en Producción.	C	C	C	C
Frecuencia de Falla	$F > "X"$ Paros / Mes (% de Fallas 3 meses) > (% de Fallas 9 meses)	$"Y" < F < "X"$ Paros / Mes (70% % de Fallas 9meses) < (% de Fallas 3 meses) < (% de Fallas 9 meses)	$F < "Y"$ Paros / Mes (% de Fallas 3 meses) < (70% % de Fallas 9 meses)	C	C	C	C
Mantenibilidad	$MTTR > "Z"$ min (MTTR 3 Meses) > (MTTR 9 Meses)	$"T" \text{ min} < MTTR < "Z"$ min (70% MTTR 9Meses) < (MTTR 3 Meses) < (MTTR 9 Meses)	$MTTR < "T"$ min (MTTR 3 Meses) < (70% MTTR 9 Meses)	C	C	C	C
				C	C	C	C

	A	B	C	Compresor C-01	Compresor C-02	Tanque de Agua T-01
Ambiente	Ha causado parámetros fuera de especificación legal, con impacto externo .	Ha causado parámetros fuera de especificación legal, con impacto interno .	Sin impacto ambiental.	B	B	C
Seguridad	Ha causado riesgos de seguridad relacionados con la muerte o incapacidad permanente.	Ha causado riesgos de seguridad que implican incapacidad temporal o enfermedad laboral.	Ha causado riesgos de seguridad sin accidentes o discapacidades.	B	B	C
Calidad	Ha causado no conformidades percibidas por el cliente.	Ha causado no conformidades que pueden rechazar un bache o un lote	Ha causado re-proceso o no tiene ningún impacto.	C	C	A
Tiempo de Trabajo	50 horas / semana.	25 – 50 horas / semana.	< 25 horas / semana.	A	A	B
Entrega	Ha provocado un impacto sobre toda la producción.	Ha provocado un impacto sobre la producción de la línea (Área)	Sin Impacto en Producción.	A	B	C
Frecuencia de Falla	$F > "X"$ Paros / Mes (% de Fallas 3 meses) > (% de Fallas 9 meses)	$"Y" < F < "X"$ Paros / Mes (70% % de Fallas 9meses) < (% de Fallas 3 meses) < (% de Fallas 9 meses)	$F < "Y"$ Paros / Mes (% de Fallas 3 meses) < (70% % de Fallas 9 meses)	A	A	C
Mantenibilidad	$MTTR > "Z"$ min (MTTR 3 Meses) > (MTTR 9 Meses)	$"T" \text{ min} < MTTR < "Z"$ min (70% MTTR 9Meses) < (MTTR 3 Meses) < (MTTR 9 Meses)	$MTTR < "T"$ min (MTTR 3 Meses) < (70% MTTR 9 Meses)	B	B	C
				A	B	A

Anexo 2: Inventario Inicial de repuestos

INVENTARIO REPUESTOS														
NUEVO PEDIDO (auto llenado)	NOMBRE	VALOR POR ARTÍCULO	CANTIDAD MÁXIMA EN STOCK CRITERIO EXPERTO	CANTIDAD MÁXIMA EN STOCK RECOMENDADA	CANTIDAD EN STOCK	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR DE INVENTARIO	CANTIDAD MÍNIMA EN STOCK CRITERIO EXPERTO	CANTIDAD MÍNIMA EN STOCK RECOMENDADA	STOCK MÍNIMO DE SEGURIDAD	CANTIDAD DEL NUEVO PEDIDO	TIEMPO DE ENTREGA	CONSUMO PROMEDIO ANUAL	TIEMPO DE ENTREGA CON RETRASO
OK	Rol 6205	€5 000,00	8,00	6,00	5	Uds	€25 000,00	4	3	1	4	3	1	4
OK	Rol 6202	€5 200,00	8,00	6,00	9	Uds	€46 800,00	4	3	1	4	3	1	4
NUEVO PEDIDO	Rol 6204	€5 600,00	8,00	6,00	1	Uds	€5 600,00	4	3	1	4	3	1	4
OK	Rol 6206	€3 450,00	1,00	0,00	1		€3 450,00		0	0	0			
OK	Rol 6005	€5 000,00	8,00	6,00	4	Uds	€20 000,00	4	3	1	4	3	1	4
OK	Rol 6004	€5 000,00	8,00	6,00	5	Uds	€25 000,00	4	3	1	4	3	1	4
NUEVO PEDIDO	Rol 6002	€3 900,00	8,00	6,00	2	Uds	€7 800,00	4	3	1	4	3	1	4
NUEVO PEDIDO	Rol 6001	€4 500,00	8,00	6,00	2	Uds	€9 000,00	4	3	1	4	3	1	4
NUEVO PEDIDO	Rol 6303	€6 650,00	8,00	6,00	1	Uds	€6 650,00	4	3	1	4	3	1	4
NUEVO PEDIDO	Rol 61902	€9 800,00	8,00	6,00	2	Uds	€19 600,00	4	3	1	4	3	1	4
NUEVO PEDIDO	Rol 6901	€2 915,84	8,00	6,00	2	Uds	€5 831,68	4	3	1	4	3	1	4
NUEVO PEDIDO	Rol 6211	€11 891,04	8,00	6,00	2	Uds	€23 782,08	4	3	1	4	3	1	4
NUEVO PEDIDO	Rol Lineal LM12UU	€1 100,00	8,00	6,00	1	Uds	€1 100,00	4	3	1	4	3	1	4
NUEVO PEDIDO	Rol Lineal ML16UU	€2 806,00	8,00	6,00	2	Uds	€5 612,00	4	3	1	4	3	1	4
NUEVO PEDIDO	Rol Lineal LM20UU	€61 500,00	8,00	6,00	1	Uds	€61 500,00	4	3	1	4	3	1	4
OK	Retenedor 24527	€4 400,00	4,00	6,00	4	Uds	€17 600,00	2	3	1	4	3	1	4
NUEVO PEDIDO	Retenedor 325210	€9 500,00	2,00	6,00	1	Uds	€9 500,00	2	3	1	4	3	1	4
OK	Retenedor 507210	€17 961,88	2,00	6,00	2	Uds	€35 923,76	2	3	1	4	3	1	4
OK	Seguro 20 mm	€80,00	8,00	6,00	7	Uds	€560,00	4	3	1	4	3	1	4
OK	Seguro 20,2 mm	€80,00	8,00	6,00	12	Uds	€960,00	4	3	1	4	3	1	4

INVENTARIO REPUESTOS

NUEVO PEDIDO (auto llenado)	NOMBRE	VALOR POR ARTÍCULO	CANTIDAD MÁXIMA EN STOCK CRITERIO EXPERTO	CANTIDAD MÁXIMA EN STOCK RECOMENDADA	CANTIDAD EN STOCK	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR DE INVENTARIO	CANTIDAD MÍNIMA EN STOCK CRITERIO EXPERTO	CANTIDAD MÍNIMA EN STOCK RECOMENDADA	STOCK MÍNIMO DE SEGURIDAD	CANTIDAD DEL NUEVO PEDIDO	TIEMPO DE ENTREGA	CONSUMO PROMEDIO ANUAL	TIEMPO DE ENTREGA CON RETRASO
OK	Relé de estado sólido SR1-1225-N	€8 040,00	3,00	6,00	3	Uds	€24 120,00	3	3	1	4	3	1	4
OK	Sensor de proximidad CR30-15DN	€157 200,00	2,00	6,00	3	Uds	€471 600,00	1	3	1	4	3	1	4
OK	Sensor de proximidad PM12-04N	€9 112,00	2,00	6,00	1	Par	€9 112,00	1	3	1	4	3	1	4
OK	Sensor de proximidad PR18-8 AO	€23 727,00	2,00	6,00	2	Uds	€47 454,00	2	3	1	4	3	1	4
NUEVO PEDIDO	Termocupla Tipo K	€13 400,00	6,00	12,00	1	Uds	€13 400,00	3	6	2	8	6	1	8
OK	Sensor de contraste R58	€218 752,32	1,00	6,00	1	Uds	€218 752,32	1	3	1	4	3	1	4
OK	Resistencia JT520	€19 832,00	8,00	20,00	5	Uds	€99 160,00	4	10	6	16	5	2	8
OK	Electroválvula VFR4110-5DZ-04	€72 360,00	1,00	4,00	1	Uds	€72 360,00	1	2	1	3	2	1	3
OK	Pistón de salida de cuchilla horizontal QP2A020A015	€41 173,00	1,00	4,00	1	Uds	€41 173,00	1	2	1	3	2	1	3
OK	Electroválvula 454-015-22IL	€97 560,00	1,00	4,00	1	Uds	€97 560,00	1	2	1	3	2	1	3
OK	Banda de arrastre 30mm x 65 dientes	€54 028,80	1,00	32,00	1	Par	€54 028,80	1	16	4	20	8	2	10
OK	Cuchillas de empacadora 19 cm	€45 560,00	1,00	4,00	2	Uds	€91 120,00	1	2	1	3	2	1	3
OK	Cuchillas de empacadora 22 cm	€45 560,00	1,00	4,00	1	Uds	€45 560,00	1	2	1	3	2	1	3
OK	Cuchillas de empacadora 26 cm	€45 560,00	1,00	4,00	2	Uds	€91 120,00	1	2	1	3	2	1	3
OK	Cuchillas de empacadora 27 cm	€45 560,00	1,00	4,00	2	Uds	€91 120,00	1	2	1	3	2	1	3
OK	Cuchillas de empacadora 37 cm	€48 240,00	1,00	4,00	1	Uds	€48 240,00	1	2	1	3	2	1	3
OK	Sensor de fibra óptica BF4R-R	€26 400,00	1,00	4,00	1	Uds	€26 400,00	1	2	1	3	2	1	3