



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

## **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE SERVICIO DE  
MANTENIMIENTO DE MATRICES PARA EL MEJORAMIENTO DE  
LA EFICIENCIA DEL SERVICIO EN LA EMPRESA PULPA  
MOLDEADA S.A”**

Proyecto de Investigación Presentado previo a la obtención del Título  
de Ingeniero Industrial

**AUTORES:**

José Ricardo Carasayo Sillo

Jeremy Xavier Sanipatin Ortiz

**TUTOR:**

Ing. Salgado Gallo Esteban Alexander. MSc

LATACUNGA - ECUADOR

AGOSTO - 2024



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Carasayo Sillo José Ricardo, con cédula de ciudadanía No. 0504610460, Sanipatin Ortiz Jeremy Xavier, con cédula de ciudadanía No. 0504309642 declaramos ser autores del presente **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: “OPTIMIZACIÓN DE LOS COSTOS DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE MATRICES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DEL SERVICIO EN LA EMPRESA PULPA MOLDEADA S.A”**, siendo el Ing. Salgado Gallo Esteban Alexander. MSc, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, Agosto 2024

Carasayo Sillo José Ricardo  
C.C: 0504610460

Sanipatin Ortiz Jeremy Xavier  
C.C: 0504309642



## AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

**“OPTIMIZACIÓN DE LOS COSTOS DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE MATRICES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DEL SERVICIO EN LA EMPRESA PULPA MOLDEADA S.A”**, de Carasayo Sillo José Ricardo y Sanipatin Ortiz Jeremy Xavier, de la carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, Agosto 2024

---

Ing. Salgado Gallo Esteban Alexander. MSc  
C.C: 0503404493



## AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Carasayo Sillo José Ricardo; Sanipatin Ortiz Jeremy Xavier con el título del Proyecto de Investigación: **“OPTIMIZACIÓN DE LOS COSTOS DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE MATRICES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DEL SERVICIO EN LA EMPRESA PULPA MOLDEADA S.A”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, Agosto 2024

Para constancia firman:

---

Lector 1 (presidente)  
Ing. Edison Patricio Salazar Cueva. MSc  
C.C: 0501843171

---

Lector 2  
Ing. Ángel Marcelo Tello Córdor. MSc  
C.C: 0501518559

---

Lector 3  
Ing. Josué Jonnatan Constante Armas. MSc  
C.C: 0502034564

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar, doy gracias a Dios ya que cuando las situaciones se ponían difíciles él fue quien me dio la energía y la sabiduría para poder seguir y culminar mis estudios.*

*A mis padres y hermanos quien fueron los pilares fundamentales ya que con sus consejos puede hacer que esto se haga realidad, por su paciencia y compañía a lo largo de este viaje académico.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirme las puertas y permitirme formar parte de este maravilloso grupo como es la carrera de Ingeniería Industrial*

*También doy mis sinceros agradecimientos al Ing. Estaban Salgado. MSc, ya que con su apoyo se puedo realizar este proyecto investigativo, y como no agradecer a cada uno de mis docentes quienes me brindaron su conocimiento y apoyo en mi formación como profesional.*

*Finalmente agradezco a mi amigos/as con quienes compartí varios momentos y experiencias a lo largo de este viaje académico.*

**José C.**

## AGRADECIMIENTO

*Primero y más importante, quiero agradecer a Dios por haber sido mi guía y fortaleza en cada desafío, llenando mi camino con la energía y la sabiduría necesarias para lograr mi objetivo. A mis padres Nancy Ortiz y Rolando Chancusig, y hermanos por ser parte integral de mi vida. Este sueño académico fue posible gracias a su amor, consejos y constante apoyo.*

*Gracias a la Universidad Técnica de Cotopaxi por darme la oportunidad de crecer en una carrera tan emocionante como la Ingeniería Industrial. Su influencia en mi educación va más allá del ámbito académico.*

*Además, quiero expresar mi gratitud al Ing. Esteban Salgado. MSc, quien ayudó mucho a realizar este proyecto de investigación. También expreso mi gratitud a todos los docentes que, con su experiencia y dedicación, hicieron una contribución invaluable a mi crecimiento profesional.*

*Finalmente, quiero expresar mi gratitud a mis amigos y compañeros de viaje por todos los momentos compartidos, las risas, las experiencias y el apoyo mutuo durante esta travesía. Este camino se hizo especial y memorable gracias a su presencia.*

**Jeremy S.**

## DEDICATORIA

*Dedico primeramente este trabajo de titulación a mi querida madre fue quien me incentivo y me dio la iniciativa para poder estudiar, sé que ella en estos momentos estuviera feliz pero el llamado de dios fue más fuerte, a mi padre que con su apoyo incondicional puede hacer este sueños realidad todo este esfuerzo fue conjuntamente con él ya que fue mi compañero de vida quien me motivo para seguir, mis hermanos y hermanas que con su apoyo moral me ayudaron a conseguir este sueño que por tanto tiempo lo anhelaba.*

**José R.**

## DEDICATORIA

*Dedico este proyecto de titulación a mis padres, Nancy Ortiz y Rolando Chancusig. A lo largo de mi vida, ustedes han sido mi mayor fuente de inspiración y fortaleza. En cada paso de mi formación personal y profesional, su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios me han guiado. Sin su apoyo, este sueño no habría sido posible, por lo que este logro es tanto suyo como mío.*

*Además, quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis queridas abuelas, tíos y tías, quienes han estado a mi lado en cada momento importante de mi carrera. Su generosidad, sabios consejos y apoyo en múltiples formas me han ayudado a superar los obstáculos que encontré en el camino. Su compañía y palabras de aliento me han inspirado a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles.*

***Jeremy S.***

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TÍTULO:** “OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE MATRICES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DEL SERVICIO EN LA EMPRESA PULPA MOLDEADA S.A”

**Autores:** Carasayo Sillo José Ricardo  
Sanipatin Ortiz Jeremy Xavier

**RESUMEN**

El presente trabajo se centra en la optimización de costos de mantenimiento de matrices(moldes de cubetas de huevos) en Pulpa Moldeada S.A., con el objetivo de mejorar la eficiencia operativa y reducir gastos innecesarios. Se aplicó una metodología que incluyó el análisis de procesos actuales, encuestas al personal para identificar percepciones sobre la eficiencia del mantenimiento y la aplicación del método simplex para optimizar recursos. Los resultados revelaron que un 90.91% del personal considera eficientes los procesos de mantenimiento, aunque un 9.09% identificó áreas de mejora, especialmente en los tiempos de inactividad. Se identificaron oportunidades para mejorar la gestión del mantenimiento, como la implementación de un sistema de monitoreo predictivo y la capacitación continua del personal. Las estrategias propuestas, que incluyen la optimización de insumos y la mejora de protocolos de mantenimiento, tienen el potencial de reducir costos significativamente. La evaluación del impacto mostró resultados positivos, con una reducción en los tiempos de inactividad y un aumento en la productividad. Las acciones implementadas no solo han contribuido a una reducción inmediata de costos, sino que también establecen bases para la sostenibilidad a largo plazo. Se recomienda establecer un plan de mejora continua, fomentar la participación del personal en la identificación de problemas y adoptar tecnologías avanzadas para la gestión del mantenimiento. Estas iniciativas fortalecerán la competitividad de Pulpa Moldeada S.A. en el mercado y asegurarán su rentabilidad futura.

**Palabras Clave:** Costos, Mantenimiento, Optimización, Procesos.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**  
**INDUSTRIAL ENGINEERING CAREER**

**THEME:** “OPTIMIZATION OF MAINTENANCE SERVICE COSTS FOR DIES TO IMPROVE SERVICE EFFICIENCY AT THE COMPANY PULPA MOLDEADA S.A.”

**Authors:** Carasayo Sillo José Ricardo

Sanipatin Ortiz Jeremy Xavier

**ABSTRACT**

This work focuses on the optimization of maintenance costs for dies (egg tray molds) at Pulpa Moldeada S.A., with the aim of improving operational efficiency and reducing unnecessary expenses. A methodology was applied that included the analysis of current processes, surveys of the staff to identify perceptions about maintenance efficiency and the application of the simplex method to optimize resources. The results revealed that 90.91% of the staff considers the maintenance processes to be efficient, although 9.09% identified areas for improvement, especially in downtime. Opportunities to improve maintenance management were identified, such as the implementation of a predictive monitoring system and ongoing staff training. The proposed strategies, which include input optimization and improved maintenance protocols, have the potential to significantly reduce costs. The impact assessment showed positive results, with a reduction in downtime and an increase in productivity. The actions implemented have not only contributed to an immediate cost reduction, but also set the foundations for long-term sustainability. It is recommended to establish a continuous improvement plan, encourage staff participation in problem identification, and adopt advanced technologies for maintenance management. These initiatives will strengthen Pulpa Moldeada S.A.'s competitiveness in the market and ensure its future profitability.

**Keywords:** Costs, Maintenance, Optimization, Processes.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Autores:** Carasayo Sillo José Ricardo

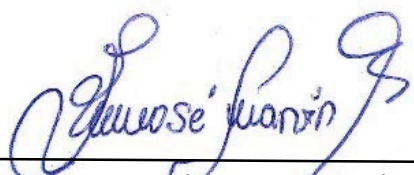
Sanipatin Ortiz Jeremy Xavier

**AVAL DE TRADUCCIÓN - PROFESIONAL**  
**EXTERNO**

Yo Guanín Taipe José Francisco, en calidad de docente de inglés con cédula de identidad número: 1804031274, Magister en enseñanza de inglés como Lengua Extranjera con número de registro de la SENESCYT No. 1010-2024-2873443; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **“OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE MATRICES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DEL SERVICIO EN LA EMPRESA PULPA MOLDEADA S.A”** de: **Carasayo Sillo José Ricardo** y **Sanipatin Ortiz Jeremy Xavier** de la carrera de **Ingeniería Industrial**, perteneciente a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

En virtud de lo expuesto y para constancia de lo mismo se registra la firma respectiva.

Latacunga, 18 de agosto del 2024



---

Mg. José Francisco Guanín Taipe  
C.I: 180403127-4  
Email: [jguanin1274@uta.edu.ec](mailto:jguanin1274@uta.edu.ec)  
Contacto: 0999021697

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA .....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
DEDICATORIA .....	viii
RESUMEN .....	ix
INFORMACIÓN GENERAL .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	2
1.1. EL PROBLEMA .....	2
1.1.1. Planteamiento del Problema .....	2
1.1.2. Formulación del Problema .....	3
1.2. BENEFICIARIOS .....	3
1.2.1. Beneficiarios directos .....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	4
1.4. OBJETIVOS .....	5
1.4.1. General .....	5
1.4.2. Específicos .....	5
1.5. HIPOTESIS .....	5
2. FUNDAMENTACIÓN TEORICA .....	6
2.1. ANTECEDENTES .....	6
2.2. MARCO REFERENCIAL / ESTADO DEL ARTE .....	6
2.2.1. Mantenimiento de Matrices en las Industrias .....	6
2.2.2. Procesos de mantenimiento de Matrices .....	7

2.3.	Factores que afectan la vida útil de las matrices.....	8
2.4.	Optimización de Costos en el Mantenimiento de matrices.....	8
2.5.	Identificación y control de insumos clave .....	9
2.5.1.	Sistemas de control y validación de uso de insumos.....	10
2.6.	Análisis del ciclo de vida de los materiales .....	11
2.6.1.	Evaluación de durabilidad y costos .....	12
2.6.2.	Oportunidades de mejora.....	13
2.7.	Valor .....	13
2.8.	Estrategias de mantenimiento predictivo y preventivo.....	14
2.8.1.	Monitoreo y análisis de la vida útil de las matrices.....	15
2.8.2.	Toma de decisiones informadas sobre mantenimiento.....	15
2.9.	Gestión de Cambio Organizacional para la Optimización.....	17
2.9.1.	Participación y compromiso del personal.....	18
2.9.2.	Capacitación en mejora continua.....	19
2.9.3.	Gestión del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) .....	21
2.9.4.	Indicadores clave de desempeño (KPIs).....	22
2.9.6.	Lecciones aprendidas:.....	24
2.10.	Marco Legal y Normativo .....	25
2.10.1.	Regulaciones ambientales y de seguridad.....	26
2.10.2.	Normas técnicas aplicables .....	28
3.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....	30
3.1.	METODOLOGIA .....	30
3.1.1.	Tipo de Investigacion .....	30
3.1.2.	Enfoque de la Investigacion .....	30
3.1.3.	Población y muestra .....	30
3.2.	Análisis General.....	42

3.2.1.	Fases del Análisis de Valor .....	43
3.3.	Fase 1 Identificación de funciones y costos actuales.....	46
3.3.1.	Descripción de los Procesos Actuales .....	46
	Razon Social .....	47
	Pulpa Moldeada S.A PULPAMOL .....	47
	Nombre comercial .....	47
	PULPAMOL.....	47
	Dirección .....	47
	Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia de Tanicuchi, Kilómetro 1 Cajón Veracruz y Secundaria, Camino Santa Ana Toacaso. ....	47
3.3.2.	Descripción de los Procesos Actuales .....	51
3.4.	Fase 2: Evaluación de Alternativas y Propuestas de Mejora .....	57
3.4.1.	Selección de la Propuesta .....	59
3.4.2.	Diseño de la Propuesta .....	59
3.4.3.	Distribución de Costos por Actividad .....	61
3.4.4.	Análisis de Tiempos de Parada.....	72
3.4.5.	Identificación de Desperdicios (Lean).....	73
3.4.6.	5S.....	74
3.4.7.	Beneficios Esperados.....	75
3.4.8.	Simulación de Escenarios.....	75
4.	Análisis y Discusión de los Resultados.....	83
4.1.	Interpretar la Solución Óptima .....	83
4.2.	Implementar los Resultados.....	83
4.3.	Análisis de Sensibilidad.....	83
4.4.	Revisión y Ajustes .....	84
4.5.	Conclusión Método Simplex .....	84

4.6. Evaluar el impacto de las mejoras implementadas en la eficiencia del servicio de mantenimiento.....	85
4.6.1. Eficiencia en el Mantenimiento:.....	86
5. Conclusiones .....	88
6. Recomendaciones .....	89
7. Bibliografía.....	90

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Pulpa Moldeada S.A .....	47
Figura 3.2. Organigrama Pulpa Moldeada S.A .....	48
Figura 3.3. Proceso de Mantenimiento de Matrices .....	62
Figura 3.4.Función Objetivo.....	78
Figura 3.5.Restricción 01 .....	78
Figura 3.6.Restricción 02 .....	78
Figura 3.7.Restricción 03 .....	79
Figura 3.8.Restricción 04 .....	79
Figura 3.9.Restricción 05 .....	79
Figura 3.10.Restricción 06 .....	79
Figura 3.11.Restricción 07 .....	80
Figura 3.12. Modelo Optimo a Aplicar .....	81
<b>Figura 4.1. Tiempo Promedio de Reparación (MTTR).....</b>	<b>86</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Beneficiarios directos.....	4
Tabla 3.1. Ítems 3.....	33
Tabla 3.2. Ítems 3.....	35
Tabla 3.3. Ítems 5.....	36
Tabla 3.4. Ítems 6.....	37
Tabla 3.5. Ítems 7.....	38
Tabla 3.6. Ítems 8.....	39
Tabla 3.7. Ítems 9.....	40
Tabla 3.8. Ítems 10.....	41
Tabla 3.9 Información de la Empresa.....	47
Tabla 3.10. Descripción de equipos y Maquinarias.....	50
Tabla 3.11. Costos de Implementación.....	52
Tabla 3.12. Análisis del proceso para el mantenimiento de Matrices.....	61
Tabla 3.13 Costos de las Actividades.....	66
<i>Tabla 3.14</i> Mantenimiento Preventivo.....	69
Tabla 3.15 Reparaciones.....	69
<i>Tabla 3.16.</i> Ajustes y Calibración.....	70
<i>Tabla 3.17.</i> Inspecciones.....	70
<i>Tabla 3.18</i> Limpieza de Matrices.....	71
<i>Tabla 3.19</i> Mantenimiento correctivo.....	71
Tabla 3.20. Cálculo de Pérdidas.....	73
Tabla 3.21. Identificación de Desperdicios (Lean).....	73
Tabla 3.22. Identificación de Desperdicios (Lean).....	74

## **INFORMACIÓN GENERAL**

**Título:** “Optimización de los costos de servicio de mantenimiento de Matrices para el mejoramiento de la eficiencia del servicio en la empresa Pulpa Moldeada S.A”

**Fecha de inicio:** abril 2024

**Fecha de finalización:** agosto 2024

**Lugar de ejecución:** Ecuador, Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia Tanicuchi, Barrio Cajón Veracruz, Empresa PULPA MOLDEADA S.A.

**Facultad que auspicia:** Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Industrial

Proyecto de investigación vinculado: Optimización de costos

**Equipo de trabajo:** Docente tutor: Ing. Salgado Gallo Esteban Alexander. MSc

**C.I:** 0503404493

**Correo:** [esteban.salgado4493@utc.edu.ec](mailto:esteban.salgado4493@utc.edu.ec)

**Nombre:** Carasayo Sillo José Ricardo

**C.I:** 0504610460

**Correo:** [jose.carasayo0460@utc.edu.ec](mailto:jose.carasayo0460@utc.edu.ec)

**Nombre:** Sanipatin Ortiz Jeremy Xavier

**C.I:** 0504309642

**Correo:** [jeremy.sanipatin9642@utc.edu.ec](mailto:jeremy.sanipatin9642@utc.edu.ec)

**Área de conocimiento:** Ingeniería Industrial y construcción

**Línea de Investigación:** Tecnología Industrial, gestión de la producción. riegos y seguridad laboral.

**Sub línea de Investigación de la Carrera:** Sistemas integrados de producción y operaciones para el desarrollo sostenible

# **1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. EL PROBLEMA**

### **1.1.1. Planteamiento del Problema**

En el contexto macroeconómico global, la optimización de los costos de adquisición de insumos para el mantenimiento de Matrices en las empresas. se enmarca en las tendencias y desafíos que enfrenta la industria. Las industrias que usan matrices (moldes de cubetas de huevos) dentro de sus procesos se ha visto afectada por la volatilidad de los precios de las materias primas, la creciente competencia entre países productores y las exigencias cada vez mayores en términos de eficiencia y sostenibilidad. En este contexto, las empresas líderes del sector deben implementar estrategias efectivas de reducción de costos operativos para mantener su competitividad y rentabilidad.

Específicamente, la optimización de los costos de mantenimiento de Matrices se ha convertido en un factor crucial para la supervivencia y el crecimiento de las empresas. El constante esfuerzo por mejorar la eficiencia de los procesos de producción y reducir el desperdicio de recursos es clave para hacer frente a las presiones de un mercado cada vez más exigente y globalizado. En este sentido, la capacidad de Pulpa moldeada S.A. para identificar y aplicar buenas prácticas en la optimización de los costos de mantenimiento de Matrices (moldes de cubetas de huevos) puede representar una ventaja competitiva a nivel global, permitiéndole mantener su posición en el mercado y mejorar su desempeño frente a la competencia.

Reducir los costos en la adquisición de insumos para el mantenimiento de las matrices es un objetivo clave para el departamento de Mantenimiento de Pulpa moldeada S.A. Estos insumos, se adquieren mensualmente dado su uso diario en los procesos de mantenimiento de Matrices (moldes de cubetas de huevos).

El objetivo de esta investigación es lograr una mayor eficiencia y rentabilidad en el departamento de mantenimiento a través de estrategias efectivas, sin comprometer la calidad del producto ni afectar la productividad del personal. Esto asegurará la sostenibilidad económica a largo plazo de la empresa Pulpa moldeada S.A.

Sin embargo, los procesos de mantenimiento actuales, no están optimizados. Esto genera tiempos de inactividad más prolongados y un uso ineficiente de los recursos. La falta de un análisis detallado de estos procesos impide identificar puntos débiles y áreas de mejora.

Además, las materias primas utilizadas en estos procesos, no se controlan de manera efectiva, lo que produce aumentos innecesarios en los costos operativos. La empresa no cuenta actualmente con un sistema adecuado para validar y optimizar el uso de estos materiales, lo que resulta en gastos excesivos y una gestión de recursos ineficiente.

Otro desafío importante es la falta de sistemas eficaces para registrar y analizar la vida útil de las matrices. Sin un monitoreo adecuado, es difícil predecir cuándo un arreglo necesita mantenimiento o reemplazo, lo que puede provocar fallas inesperadas y más tiempo de inactividad. Además, el impacto del proceso de mantenimiento en la vida útil de las matrices no se ha evaluado sistemáticamente, limitando la capacidad de tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento.

Finalmente, la carencia de una estrategia integral para optimizar los costos de mantenimiento de las matrices se traduce en una gestión financiera ineficaz. Es necesario que PULPA MOLDEADA S.A. identifique y adopte prácticas mejoradas que reduzcan los costos sin comprometer el mantenimiento y la calidad de la producción.

Para lograr estos objetivos, se propone realizar un análisis del ciclo de vida de los materiales utilizados y desarrollar estrategias que ayuden a generar un cambio organizacional significativo en la reducción de costos en el área de Mantenimiento de Matrices (moldes de cubetas de huevos), sin afectar la competitividad de la empresa.

### **1.1.2. Formulación del Problema**

¿Como optimizar los costos de mantenimiento de Matrices,para el mejoramiento continuo de la empresa “Pulpa Moldeada S.A.”?

## **1.2.BENEFICIARIOS**

### **1.2.1. Beneficiarios directos**

El objetivo de esta esta investigación es beneficiar a todo el personal que trabaja para la organización. Quienes se benefician directamente se enumeran en la **Tabla 1.1**

### **Beneficiarios indirectos**

La investigación también tiene como objetivo beneficiar a agentes externos a la empresa, como se muestra en la **Tabla 1.1** Los clientes mencionados en dicha tabla se consideran importantes para la empresa.

Tabla 1.1 Beneficiarios directos.

<b>Beneficiarios directos</b>	<b>Cantidad</b>
Gerencia	1
Ayudante de mantenimiento(matrices)	1
Trabajadores	22
<b>Subtotal directos</b>	<b>24</b>
<b>Beneficiarios indirectos</b>	<b>Cantidad</b>
Clientes	57
<b>Subtotal indirectos</b>	<b>57</b>
<b>Total</b>	<b>81</b>

### 1.3.JUSTIFICACIÓN

La optimización del servicio de mantenimiento de Matrices (moldes de cubetas de huevos) en la empresa Pulpa moldeada S.A. se justifica de manera contundente debido a su impacto directo en la eficiencia operativa, la calidad del producto y la rentabilidad general de la organización.

En primer lugar, el mantenimiento adecuado de las matrices es fundamental para la producción de cubetas de huevo en Pulpa moldeada S. A. Garantizar la calidad del producto final y minimizar los tiempos de inactividad en la producción dependen en gran medida de un eficiente servicio de mantenimiento de estas piezas clave.

Dado que los problemas actuales en el mantenimiento de Matrices (moldes de cubetas de huevos), como tiempos de inactividad prolongados y uso ineficiente de recursos, afectan directamente la competitividad de Pulpa moldeada S.A en el mercado, la necesidad de optimizar este servicio se vuelve prioritaria. Una estrategia de mantenimiento optimizada permitiría alcanzar objetivos cruciales, como la reducción de costos, la disminución de tiempos de inactividad y el aumento de la eficiencia general.

Los beneficios potenciales de mejorar el servicio de mantenimiento de Matrices en Pulpa moldeada S.A son realmente significativos. La empresa podría obtener una mayor productividad, una mejor calidad del producto final, una reducción de los costos operativos y

un aumento en la satisfacción de sus clientes. Estos logros, a su vez, fortalecerían la competitividad y sostenibilidad a largo plazo de PULPA MOLDEADA S.A en el mercado.

## **1.4.OBJETIVOS**

### **1.4.1. General**

Optimizar los costos de servicio de mantenimiento de Matrices para el mejoramiento de la eficiencia del servicio en la empresa Pulpa Moldeada S.A.

### **1.4.2. Especificos**

- Analizar los procesos actuales de mantenimiento de matrices.
- Identificar oportunidades de mejora en la gestión del mantenimiento.
- Proponer estrategias y acciones para la reducción de costos de mantenimiento
- Evaluar el impacto de las mejoras en la eficiencia del servicio.

## **1.5.HIPOTESIS**

La optimización de los costos del servicio de mantenimiento de Matrices en el área de Matricería de PULPA MOLDEADA S.A. permitirá mejorar la eficiencia operativa, la calidad del producto y la rentabilidad general de la empresa, fortaleciendo así su competitividad y sostenibilidad a largo plazo en el mercado.

## **2. FUNDAMENTACIÓN TEORICA**

### **2.1. ANTECEDENTES**

#### **Antecedentes**

Pulpamol se fundó en 2011 con el objetivo de dar un nuevo uso al papel y cartón reciclados, de los cuales dependen miles de familias de bajos recursos en Ecuador. Además, buscaban proporcionar a los avicultores ecuatorianos una cubeta que cumpla con sus necesidades: resistente, flexible e impermeable. La planta de producción de Pulpamol se ubica en el Barrio Cajón Veracruz de la Parroquia Tanicuchí, en el Cantón Latacunga de la Provincia de Cotopaxi. Desde allí, la empresa ha generado varios empleos directos y múltiples empleos indirectos.

### **2.2. MARCO REFERENCIAL / ESTADO DEL ARTE**

#### **2.2.1. Mantenimiento de Matrices en las Industrias**

Según [1] el mantenimiento de las matrices desempeña un papel crucial en la eficiencia y la rentabilidad de los procesos industriales. Estas herramientas, que dan forma a los materiales, están sujetas a desgaste y deterioro debido a las presiones y esfuerzos a los que se someten durante el proceso. Un programa de mantenimiento adecuado de las matrices es esencial para garantizar la calidad y la consistencia de los perfiles extruidos. Este mantenimiento incluye una serie de actividades, como la inspección regular, el ajuste y la reparación de las matrices, así como su sustitución cuando sea necesario.

La inspección periódica de las matrices permite detectar signos de desgaste, grietas o deformaciones, lo que permite tomar medidas correctivas a tiempo. Además, el ajuste preciso de los parámetros del molde, como la geometría y la alineación, contribuye a optimizar el flujo del material y evitar defectos en los productos. En caso de que un molde muestre un desgaste significativo o daños irreparables, debe ser reemplazada por una nueva. Este proceso de reemplazo requiere una planificación cuidadosa para minimizar los tiempos de inactividad de la línea de producción y garantizar la continuidad del proceso [1].

Asimismo, el mantenimiento preventivo, como la limpieza de las matrices, ayuda a extender su vida útil y mejorar su rendimiento. Además, la capacitación del personal encargado del mantenimiento es fundamental para garantizar que las tareas se realicen de manera eficiente y segura. No obstante, el mantenimiento de las matrices es un aspecto crucial en la industria. Un

programa de mantenimiento bien diseñado, que incluya inspecciones, ajustes y reemplazos oportunos, contribuye a la calidad, la eficiencia y la rentabilidad de la producción [1].

### **2.2.2. Procesos de mantenimiento de Matrices**

[2] Señala, el mantenimiento eficaz de las matrices es fundamental para garantizar la calidad y la productividad en los procesos. Este mantenimiento implica una serie de actividades sistemáticas y coordinadas que tienen como objetivo preservar el buen estado y el rendimiento óptimo de estas herramientas clave. El proceso de mantenimiento de Matrices comienza con una inspección exhaustiva, donde se examina minuciosamente el estado de cada matriz en uso. Durante esta revisión, se buscan signos de desgaste, grietas, distorsiones o cualquier otro tipo de daño que pueda afectar el desempeño de la matriz. Una vez identificadas las matrices que requieren atención, se procede a realizar los ajustes necesarios. Esto puede incluir el reajuste de la geometría, la alineación y la tolerancia de la matriz, con el fin de optimizar el flujo del material y evitar la generación de defectos en los perfiles extruidos.

En caso de que una matriz presente un deterioro significativo o daños irreparables, se procede a su reemplazo. Este proceso implica la selección de una nueva matriz, que deberá tener las mismas características y especificaciones que la anterior, para garantizar la continuidad y la calidad de la producción. Además del mantenimiento correctivo, también se implementan actividades de mantenimiento preventivo, como la limpieza y lubricación periódicas de las matrices. Estas tareas ayudan a extender la vida útil de las herramientas y mantener su rendimiento en niveles óptimos [2].

La capacitación y la supervisión del personal encargado del mantenimiento de Matrices son también aspectos clave en este proceso. Asegurar que los técnicos cuenten con los conocimientos y habilidades necesarios para realizar un mantenimiento adecuado es fundamental para garantizar la eficiencia y la seguridad de estas operaciones. Por consiguiente, el mantenimiento de matrices en la industria, implica una serie de procesos metódicos y coordinados, que incluyen inspección, ajuste, reemplazo y mantenimiento preventivo. Estos procedimientos son cruciales para preservar la integridad y el rendimiento de las matrices, lo que a su vez contribuye a la calidad, la productividad y la rentabilidad de la producción de perfiles de aluminio [2].

### **2.3. Factores que afectan la vida útil de las matrices**

[3] sostienen que la vida útil de las matrices está sujeta a diversos factores que, si no se gestionan adecuadamente, pueden reducir significativamente su rendimiento y duración. Estos factores clave deben ser identificados y controlados para maximizar la eficiencia y la rentabilidad de los procesos. Uno de los principales factores es el desgaste.

Otro factor importante es la fatiga térmica. Las variaciones de temperatura durante el proceso, especialmente los cambios bruscos, pueden generar esfuerzos y tensiones que eventualmente produzcan grietas y deformaciones en la matriz. La corrosión también puede ser un factor limitante para la vida útil de las matrices. Los residuos de aluminio, lubricantes y otros agentes químicos presentes en el proceso pueden atacar y degradar el material de la matriz, acelerando su deterioro. Asimismo, el manejo y la manipulación inadecuados de las matrices, como golpes o caídas, pueden causar daños y deformaciones que comprometan su integridad y rendimiento. Para mitigar estos factores y maximizar la vida útil de las matrices, es fundamental implementar un programa de mantenimiento preventivo y predictivo que incluya inspecciones periódicas, ajustes, reparaciones y reemplazos oportunos. Además, la capacitación del personal y la implementación de buenas prácticas de manipulación y almacenamiento contribuyen a la preservación de estas herramientas clave [3].

En efecto, la vida útil de las matrices está condicionada por múltiples factores, como el desgaste, la fatiga térmica, la corrosión y los daños físicos. Un enfoque de mantenimiento integral y proactivo es fundamental para controlar estos factores y garantizar la eficiencia y la rentabilidad a largo plazo de los procesos [3].

### **2.4. Optimización de Costos en el Mantenimiento de matrices**

[4] Considera, La optimización de costos en el mantenimiento de matrices es un aspecto crítico para mejorar la eficiencia y la rentabilidad de los procesos. Dado que las matrices son herramientas clave y de alto valor, es fundamental implementar estrategias que permitan reducir los gastos relacionados con su mantenimiento, sin comprometer la calidad y la productividad. Una de las principales estrategias de optimización de costos es la implementación de un programa de mantenimiento preventivo y predictivo. Mediante la inspección regular, el ajuste y la reparación oportuna de las matrices, se puede evitar el desgaste prematuro y los daños, lo que a su vez reduce la necesidad de reemplazos frecuentes, que suelen ser más costosos.

Otro enfoque es la optimización del inventario de repuestos y herramientas relacionadas con el mantenimiento de matrices. Mediante un análisis detallado del historial de fallas y el consumo

de estos elementos, se puede ajustar los niveles de inventario para minimizar los costos de almacenamiento, evitando así tener existencias excesivas o insuficientes. Además, la estandarización y automatización de los procesos de mantenimiento pueden generar ahorros significativos. Al implementar procedimientos de trabajo eficientes y aprovechar la tecnología, se puede reducir el tiempo y los recursos humanos requeridos para las tareas de mantenimiento [4].

La planificación y programación adecuada del mantenimiento también desempeña un papel fundamental en la optimización de costos. Al coordinar de manera eficiente los tiempos de mantenimiento con la producción, se puede minimizar los tiempos de inactividad y aprovechar mejor los recursos disponibles. Finalmente, la evaluación y el seguimiento continuo de los indicadores clave de desempeño (KPI) relacionados con el mantenimiento de matrices permiten identificar oportunidades de mejora y realizar los ajustes necesarios para optimizar los costos. A este respecto, la optimización de costos en el mantenimiento de matrices implica la implementación de estrategias como el mantenimiento preventivo, la gestión de inventarios, la estandarización de procesos y la planificación eficiente. Mediante este enfoque, las empresas pueden mejorar la eficiencia y la rentabilidad de sus operaciones [4].

### **2.5. Identificación y control de insumos clave**

[5] Agregan, en el mantenimiento de las matrices, la identificación y el control de los insumos clave desempeñan un papel fundamental para garantizar la eficiencia y la rentabilidad de los procesos. Los insumos clave en el mantenimiento de matrices incluyen, entre otros, los siguientes elementos:

1. Repuestos de matrices: Piezas de recambio como insertos, anillos de sellado, pasadores, etc. Estos componentes deben estar disponibles en el momento oportuno para realizar reparaciones y reemplazos sin interrumpir la producción.
2. Herramientas y equipos de mantenimiento: Herramientas especializadas, como prensas, calibradores y equipos de pulido, que se utilizan para ajustar, inspeccionar y dar mantenimiento a las matrices.
3. Materiales de acabado superficial: Abrasivos, como la arena de sílice, empleados en el pulido con chorro de arena para mejorar la calidad de la superficie de las matrices.

Para el control efectivo de estos insumos clave, es necesario implementar un sistema de gestión de inventarios que permita mantener niveles óptimos de existencias. Esto implica realizar un

análisis detallado del consumo histórico, las tasas de desgaste y los tiempos de entrega de los proveedores, con el fin de ajustar los stocks y evitar rupturas de abastecimiento. Cabe destacar que es importante establecer procedimientos de compra y almacenamiento adecuados, que garanticen la disponibilidad, la trazabilidad y la calidad de los insumos utilizados en el mantenimiento de las matrices [5].

La identificación y el control de estos insumos clave, junto con una planificación y programación eficientes de las actividades de mantenimiento, contribuyen a optimizar los costos y minimizar los tiempos de inactividad de la producción, lo que se traduce en una mayor eficiencia y rentabilidad de los procesos [5].

### **2.5.1. Sistemas de control y validación de uso de insumos**

[6] Afirma, Para garantizar la eficacia y la eficiencia de los procesos de mantenimiento de matrices, es fundamental contar con sistemas de control y validación en el uso de insumos clave, como el nitrógeno, el amoníaco, la sosa cáustica y la arena. Estos sistemas de control tienen como objetivo asegurar que los insumos se utilicen de manera adecuada, en las cantidades y condiciones requeridas, para obtener los resultados deseados en los procesos de nitruración, limpieza y pulido de las matrices. Algunos de los elementos clave de estos sistemas de control y validación incluyen:

1. Monitoreo y registro de parámetros: Medición y registro de variables como temperatura, presión, concentración y tiempo de aplicación de los insumos durante los procesos de mantenimiento. Esto permite verificar el cumplimiento de los rangos y especificaciones establecidos [6].
2. Procedimientos de calibración y mantenimiento: Calibración periódica de los equipos y sistemas de dosificación y aplicación de los insumos, para garantizar la precisión y la repetibilidad de los procesos [6].
3. Pruebas y ensayos de validación: Realización de análisis y pruebas, como inspecciones visuales, mediciones de dureza y ensayos de desgaste, para comprobar que los resultados obtenidos con el uso de los insumos cumplen con los estándares de calidad establecidos [6].
4. Gestión de registros y trazabilidad: Documentación detallada de los consumos, lotes, fechas de uso y resultados obtenidos con cada uno de los insumos empleados en el mantenimiento de las matrices [6].

5. Capacitación y supervisión del personal: Formación del personal encargado del mantenimiento en el manejo adecuado de los insumos y la implementación de los procedimientos de control y validación [6].

Estos sistemas de control y validación permiten asegurar la calidad, la eficiencia y la consistencia de los procesos de mantenimiento de matrices, lo que a su vez se traduce en una mayor vida útil de las herramientas y una mejora en la calidad de los productos terminados [6].

## **2.6. Análisis del ciclo de vida de los materiales**

[7] Enfatiza, El análisis del ciclo de vida de los materiales es una herramienta fundamental para optimizar la gestión y el uso de los insumos clave en el mantenimiento de matrices. Este análisis permite comprender y evaluar el impacto ambiental, económico y social de cada material a lo largo de todo su ciclo de vida. En el contexto del mantenimiento de matrices, el análisis del ciclo de vida abarca desde la extracción y producción de los insumos, como el nitrógeno, el amoníaco, la sosa cáustica y la arena, hasta su utilización, disposición y/o reutilización. Algunos de los aspectos clave que se analizan en este proceso incluyen:

1. Consumo de recursos: Evaluar el uso eficiente de materias primas, energía y agua requeridos para la fabricación y aplicación de los insumos.
2. Generación de residuos y emisiones: Identificar y cuantificar los desechos y emisiones generados durante la utilización de los materiales, con el fin de implementar estrategias de reducción, reutilización y reciclaje.
3. Impacto ambiental: Analizar el efecto de los insumos en el medio ambiente, como la contaminación del suelo, agua y aire, y la huella de carbono asociada.
4. Costo del ciclo de vida: Determinar los costos totales, directos e indirectos, relacionados con la adquisición, transporte, almacenamiento, aplicación y disposición final de los materiales.
5. Alternativas y sustitutos: Evaluar la disponibilidad, viabilidad y sostenibilidad de posibles materiales alternativos o sustitutos que puedan optimizar el desempeño y el impacto de los procesos de mantenimiento.

Al analizar el ciclo de vida de los insumos, las empresas pueden tomar decisiones informadas y desarrollar estrategias para reducir el consumo de recursos, minimizar los residuos y emisiones, y mejorar la eficiencia económica y ambiental de sus operaciones de mantenimiento de matrices. Este análisis holístico contribuye a la sostenibilidad a largo plazo de la industria,

al tiempo que fortalece la competitividad y la reputación de las empresas comprometidas con prácticas de gestión responsable de sus recursos y materiales [7].

### **2.6.1. Evaluación de durabilidad y costos**

Segun [8] La evaluación de la durabilidad y los costos es un aspecto crítico en la gestión eficiente del mantenimiento de las matrices. Este análisis permite a las empresas tomar decisiones informadas y optimizar la vida útil de estas herramientas clave, al tiempo que se controlan los gastos relacionados. En cuanto a la durabilidad, es fundamental evaluar y monitorear diversos factores que afectan la vida útil de las matrices, como el desgaste, la fatiga térmica, la corrosión y los daños físicos. Esto implica realizar inspecciones periódicas, mediciones de parámetros clave (como la dureza) y realizar pruebas de desempeño en condiciones reales de operación. Mediante el seguimiento de estos indicadores de durabilidad, las empresas pueden:

1. Planificar con mayor precisión los reemplazos y reparaciones de las matrices.
2. Identificar oportunidades de mejora en los procesos de mantenimiento, como ajustes en los parámetros necesarios para la limpieza.
3. Evaluar la efectividad de las estrategias de mantenimiento implementadas y hacer los ajustes necesarios.

Por otro lado, el análisis de los costos asociados al mantenimiento de matrices es fundamental para optimizar los recursos y la rentabilidad del proceso. Estos costos incluyen:

1. Adquisición de matrices, repuestos y herramientas de mantenimiento.
2. Consumo de insumos como nitrógeno, amoníaco, sosa cáustica y arena.
3. Mano de obra y horas de mantenimiento.
4. Tiempos de inactividad y pérdida de producción.
5. Costos de disposición y reciclaje de matrices desgastadas.

Al analizar y controlar estos costos, las empresas pueden implementar estrategias de optimización, como la estandarización de procesos, la planificación eficiente del mantenimiento y la gestión de inventarios, con el fin de reducir gastos y mejorar la rentabilidad general. En líneas generales, la evaluación conjunta de la durabilidad y los costos asociados al mantenimiento de matrices es fundamental para garantizar la eficiencia, la calidad y la sostenibilidad a largo plazo de los procesos [8].

### **2.6.2. Oportunidades de mejora**

[9] El mantenimiento de matrices es un proceso fundamental que ofrece diversas oportunidades de mejora para optimizar la eficiencia, la calidad y la rentabilidad de las operaciones. Una de las principales oportunidades de mejora está relacionada con la implementación de un programa de mantenimiento predictivo. Mediante el uso de técnicas como el análisis de desgaste, la termografía y el monitoreo en línea, se pueden anticipar los problemas y realizar intervenciones oportunas en las matrices, evitando así fallos imprevistos y minimizando los tiempos de inactividad.

Otra oportunidad de mejora se encuentra en la automatización y estandarización de los procesos de mantenimiento. Al implementar sistemas automatizados para tareas como la limpieza, el pulido y el ajuste de las matrices, se pueden reducir los tiempos, aumentar la precisión y mejorar la consistencia de los resultados. Además, la optimización de la gestión de inventarios de insumos clave, como repuestos, lubricantes y abrasivos, puede generar ahorros significativos. Mediante un análisis detallado del consumo y la planificación estratégica de las compras, se puede evitar el exceso o la escasez de existencias, lo que se traduce en una mejor utilización de los recursos [9].

Otra oportunidad de mejora radica en la capacitación y el desarrollo de habilidades del personal de mantenimiento. Invertir en la formación de los técnicos en áreas como el control de procesos, la resolución de problemas y la implementación de buenas prácticas, contribuye a mejorar la eficacia y la eficiencia de las actividades de mantenimiento. Asimismo, la implementación de sistemas de gestión de la información y la analítica de datos puede facilitar la toma de decisiones basada en evidencia. Al recopilar y analizar datos históricos sobre el desempeño de las matrices, los patrones de fallas y los resultados de mantenimiento, las empresas pueden identificar oportunidades de mejora continua. De este modo, las principales oportunidades de mejora en el mantenimiento de matrices se encuentran en la adopción de enfoques predictivos, la automatización de procesos, la optimización de inventarios, el desarrollo de competencias del personal y la implementación de sistemas de gestión de información. Aprovechar estas oportunidades contribuye a mejorar la eficiencia, la calidad y la rentabilidad de los procesos de [9].

### **2.7. Valor**

## **2.8. Estrategias de mantenimiento predictivo y preventivo**

[10] Expresa, En la industria, el desarrollo e implementación de estrategias de mantenimiento predictivo y preventivo de las Matrices es fundamental para mejorar la eficiencia, la calidad y la rentabilidad de los procesos. El mantenimiento predictivo se basa en el monitoreo y análisis constante del estado de las matrices, con el objetivo de anticipar y prevenir posibles fallas. Esto implica el uso de técnicas como:

1. Análisis de desgaste: Evaluación del grado de desgaste de las matrices a través de mediciones de parámetros clave, como la dureza superficial.
2. Monitoreo en línea: Seguimiento en tiempo real de variables como temperatura, presión y vibración, que pueden indicar el deterioro de las matrices.
3. Termografía: Uso de cámaras térmicas para detectar puntos calientes o anomalías que reflejen problemas en las matrices.
4. Análisis de historial de fallas: Estudio de los patrones de fallas y desgaste de las matrices para predecir su vida útil.

Mediante el mantenimiento predictivo, las empresas pueden planificar y programar las intervenciones de manera proactiva, evitando fallos imprevistos y optimizando el uso de los matrices, por otro lado, el mantenimiento preventivo se enfoca en la realización de actividades programadas, como inspecciones, ajustes, limpieza y lubricación, con el fin de mantener las matrices en condiciones óptimas de funcionamiento y prolongar su vida útil. Algunas estrategias de mantenimiento preventivo incluyen:

1. Inspecciones periódicas: Revisiones rutinarias para detectar signos de desgaste, grietas o daños en las matrices.
2. Ajuste y reacondicionamiento: Realización de ajustes en la geometría y alineación de las matrices para mantener su rendimiento.
3. Limpieza y lubricación: Aplicación regular de métodos de limpieza y lubricación de los componentes de las matrices.
4. Reemplazo programado: Sustitución de las matrices en función de su vida útil estimada, para evitar fallas imprevistas.

La combinación de estrategias de mantenimiento predictivo y preventivo permite a las empresas optimizar la vida útil de sus matrices, reducir los tiempos de inactividad y mejorar la calidad de

los productos terminados. Esto, a su vez, se traduce en una mayor eficiencia, productividad y rentabilidad de los procesos de [10].

### **2.8.1. Monitoreo y análisis de la vida útil de las matrices**

[11] Señalan, El monitoreo y análisis de la vida útil de las matrices es fundamental para optimizar su mantenimiento y garantizar la eficiencia y la calidad de los procesos. Este enfoque permite a las empresas comprender y predecir el comportamiento y el desgaste de las matrices a lo largo de su ciclo de vida. El monitoreo de la vida útil de las matrices implica la recopilación y el análisis de diversos datos e indicadores clave, como:

1. Tiempo de uso y número de ciclos: Registrar el tiempo acumulado de uso de las matrices y el número de ciclos a los que han sido sometidas.
2. Mediciones de desgaste: Realizar mediciones periódicas de parámetros como la dureza superficial, las dimensiones y la rugosidad del molde, para cuantificar el nivel de desgaste.
3. Detección de defectos y fallas: Identificar y documentar la aparición de grietas, deformaciones, corrosión u otros defectos que puedan afectar el rendimiento de la matriz.
4. Historial de mantenimiento y reparaciones: Registrar las actividades de limpieza, ajuste, y cualquier otro tipo de intervención realizada en las matrices.

Con esta información, las empresas pueden realizar un análisis detallado de la vida útil de las matrices, identificando patrones de desgaste, puntos críticos y factores que aceleran su deterioro. Esto permite:

1. Planificar de manera más precisa los reemplazos y reacondicionamientos de las matrices.
2. Optimizar las estrategias de mantenimiento predictivo y preventivo.
3. Identificar oportunidades de mejora en los procesos y mantenimiento.
4. Estimar con mayor exactitud los costos y la rentabilidad asociados al uso de las matrices.

El monitoreo y análisis de la vida útil de las matrices es, por lo tanto, una herramienta clave para mejorar la eficiencia, la calidad y la sostenibilidad de la industria. Al comprender el comportamiento de estas herramientas clave, las empresas pueden tomar decisiones más informadas y optimizar el desempeño de sus operaciones [11].

### **2.8.2. Toma de decisiones informadas sobre mantenimiento**

[12] Plantean, La toma de decisiones informadas es fundamental para optimizar la gestión del mantenimiento de matrices en la industria. Este enfoque se basa en la recopilación, el análisis y la interpretación de datos relevantes, con el objetivo de adoptar medidas efectivas que mejoren la eficiencia, la calidad y la rentabilidad de los procesos.

Algunas de las estrategias clave para la toma de decisiones informadas en el mantenimiento de matrices incluyen:

1. Monitoreo y análisis de indicadores clave de desempeño (KPI):

- Recopilación de datos sobre el desgaste, la fatiga, la corrosión y otros factores que afectan la vida útil de las matrices.
- Análisis de los tiempos de inactividad, los costos de mantenimiento y los índices de calidad de los perfiles extruidos.
- Interpretación de los KPI para identificar tendencias, patrones de fallas y oportunidades de mejora.

2. Evaluación del ciclo de vida de los materiales y procesos:

- Análisis del impacto ambiental, económico y social de los insumos clave utilizados en el mantenimiento, como el nitrógeno, amoníaco, sosa cáustica y arena.
- Identificación de áreas de optimización en el consumo de recursos, la generación de residuos y la eficiencia de los procesos.

3. Análisis de costo-beneficio:

- Evaluación de los costos asociados al mantenimiento de matrices, incluyendo la adquisición, reparación, reemplazo y operación.
- Comparación de los costos con los beneficios obtenidos en términos de productividad, calidad y rentabilidad.
- Toma de decisiones sobre la implementación de nuevas estrategias de mantenimiento o la adquisición de nuevas matrices.

4. Implementación de sistemas de gestión de la información:

- Digitalización y sistematización de los datos relacionados con el mantenimiento de matrices.
- Desarrollo de herramientas de análisis y visualización de la información para facilitar la toma de decisiones.

- Integración de los sistemas de mantenimiento con otros procesos de la empresa, como la producción y la logística.

Al adoptar un enfoque de toma de decisiones informadas, las empresas pueden desarrollar estrategias de mantenimiento más efectivas, optimizar el uso de los recursos, mejorar la calidad de los productos y aumentar la rentabilidad de sus operaciones a largo plazo [12].

## **2.9. Gestión de Cambio Organizacional para la Optimización**

[13] Agregan, La optimización del mantenimiento de matrices requiere no solo la implementación de estrategias y herramientas técnicas, sino también la gestión efectiva del cambio a nivel organizacional. Esto implica la adopción de un enfoque integral que involucre a todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios, para lograr una transformación exitosa.

Algunas de las estrategias clave para la gestión del cambio organizacional en la optimización del mantenimiento de matrices incluyen:

### 1. Liderazgo y compromiso de la alta dirección:

- La alta dirección debe establecer una visión clara y comunicar la importancia de la optimización del mantenimiento para la competitividad y sostenibilidad de la empresa.
- El compromiso y el apoyo de la alta gerencia son fundamentales para impulsar el cambio y asignar los recursos necesarios.

### 2. Comunicación efectiva y participación del personal:

- Implementar canales de comunicación efectivos para informar y capacitar a todo el personal sobre los cambios en los procesos de mantenimiento.
- Fomentar la participación activa de los técnicos y operarios en la identificación de oportunidades de mejora y la implementación de soluciones.

### 3. Desarrollo de competencias y habilidades:

- Diseñar e implementar programas de capacitación y desarrollo de habilidades para el personal de mantenimiento, con el fin de que puedan adaptarse a los nuevos enfoques y tecnologías.
- Promover la adquisición de conocimientos especializados en áreas como el mantenimiento predictivo, la gestión de insumos y la optimización de procesos.

#### 4. Estructura organizativa y roles:

- Revisar y ajustar la estructura organizativa para que facilite la coordinación y colaboración entre los departamentos involucrados en el mantenimiento de matrices (producción, mantenimiento, logística, entre otros).
- Definir y asignar roles y responsabilidades claras en relación con la gestión del mantenimiento de matrices.

#### 5. Sistemas de incentivos y reconocimiento:

- Implementar sistemas de reconocimiento y recompensas que motiven al personal a participar activamente en la optimización del mantenimiento.
- Vincular los objetivos de mantenimiento con los planes de incentivos y evaluación del desempeño.

Al gestionar de manera efectiva el cambio organizacional, las empresas de pueden crear una cultura de mejora continua y garantizar la adopción y sostenibilidad de las estrategias de optimización del mantenimiento de matrices. Esto se traduce en una mayor eficiencia, calidad y rentabilidad de sus operaciones a largo plazo [13].

### **2.9.1. Participación y compromiso del personal**

[14] Señalan, La participación y el compromiso activo del personal son elementos clave para lograr una optimización efectiva del mantenimiento de matrices. El personal, desde la alta dirección hasta los operarios, desempeña un rol fundamental en la identificación de oportunidades de mejora, la implementación de soluciones y la sostenibilidad de los cambios.

Algunas estrategias clave para fomentar la participación y el compromiso del personal incluyen:

#### 1. Comunicación abierta y transparente:

- Establecer canales de comunicación efectivos que permitan informar y consultar al personal sobre los objetivos, planes y avances en la optimización del mantenimiento.
- Generar espacios de diálogo y retroalimentación para que el personal pueda expresar sus ideas, inquietudes y sugerencias.

#### 2. Capacitación y desarrollo de competencias:

- Implementar programas de capacitación y formación que equipen al personal con los conocimientos y habilidades necesarios para adaptarse a los nuevos enfoques de mantenimiento.

- Promover el aprendizaje continuo y el intercambio de experiencias entre el personal de mantenimiento.

### 3. Reconocimiento y recompensas:

- Establecer sistemas de reconocimiento y recompensas que incentiven la participación activa del personal en la optimización del mantenimiento.

- Vincular los objetivos de mantenimiento con los planes de incentivos y evaluación del desempeño.

### 4. Empoderamiento y autonomía:

- Delegar responsabilidades y brindar autonomía al personal de mantenimiento para que puedan tomar decisiones y proponer soluciones.

- Fomentar una cultura de mejora continua que aliente la iniciativa y la innovación del personal.

### 5. Trabajo en equipo y colaboración:

- Promover el trabajo en equipo y la colaboración entre los diferentes departamentos y áreas involucradas en el mantenimiento de matrices.

- Facilitar la coordinación y la integración de los procesos de mantenimiento con otras áreas clave, como la producción y la logística.

Al involucrar y comprometer al personal en la optimización del mantenimiento de matrices, las empresas pueden aprovechar el conocimiento, la experiencia y la creatividad de sus colaboradores. Esto contribuye a la identificación y la implementación de soluciones más efectivas, lo que se traduce en una mayor eficiencia, calidad y sostenibilidad de los procesos [14].

## **2.9.2. Capacitación en mejora continua**

[15] Indica, La capacitación en mejora continua desempeña un papel fundamental en la optimización del mantenimiento de matrices. Este enfoque de desarrollo de competencias busca dotar al personal de las habilidades necesarias para identificar y implementar de manera

sistemática oportunidades de mejora en los procesos de mantenimiento. Algunos aspectos clave de la capacitación en mejora continua incluyen:

1. Metodologías de mejora continua:

- Formación en metodologías como Lean Manufacturing, Six Sigma y Kaizen, que proporcionan un marco estructurado para la identificación y resolución de problemas.
- Capacitación en el uso de herramientas de análisis, como el diagrama de Ishikawa, el análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) y el 5S.

2. Pensamiento crítico y resolución de problemas:

- Desarrollo de habilidades de análisis, razonamiento y toma de decisiones para abordar de manera efectiva los desafíos en el mantenimiento de matrices.
- Entrenamiento en la aplicación de técnicas de solución de problemas, como la definición del problema, la recopilación de datos y la implementación de soluciones.

3. Gestión de proyectos de mejora:

- Capacitación en la planificación, ejecución y seguimiento de proyectos de mejora en el mantenimiento de matrices.
- Desarrollo de habilidades para la asignación de recursos, la definición de indicadores de desempeño y la comunicación efectiva de los resultados.

4. Trabajo en equipo y liderazgo:

- Formación en habilidades de trabajo en equipo, como la comunicación efectiva, la colaboración interdepartamental y la resolución de conflictos.
- Desarrollo de competencias de liderazgo para que el personal de mantenimiento pueda impulsar y gestionar los procesos de mejora continua.

5. Innovación y creatividad:

- Capacitación en técnicas de generación de ideas, pensamiento divergente y evaluación de soluciones innovadoras.
- Fomento de una mentalidad abierta al cambio y a la exploración de nuevas formas de optimizar el mantenimiento de matrices.

Al implementar un programa integral de capacitación en mejora continua, las empresas pueden desarrollar en su personal las competencias necesarias para identificar y abordar de manera

efectiva los desafíos en el mantenimiento de matrices. Esto contribuye a la sostenibilidad de los procesos de optimización y al fortalecimiento de una cultura de mejora continua en la organización [15].

### **2.9.2.1. Lean Manufacturing**

Lean Manufacturing es un enfoque de gestión que busca mejorar los procesos productivos mediante la eliminación de desperdicios y la maximización del valor para el cliente. Esta metodología se centra en utilizar menos recursos para obtener mejores resultados, promoviendo la eficiencia y la calidad en todas las etapas de producción. Su objetivo principal es optimizar el flujo de trabajo y fomentar una cultura de mejora continua dentro de la organización [16].

### **2.9.2.2. Método Simplex**

El método simplex es un algoritmo matemático utilizado para resolver problemas de programación lineal, donde se busca maximizar o minimizar una función objetivo sujeta a ciertas restricciones. Este método opera en un espacio de soluciones factibles, moviéndose a lo largo de los vértices de un poliedro definido por las restricciones del problema. A través de iteraciones sucesivas, el simplex evalúa las soluciones en los vértices y selecciona la que mejora el valor de la función objetivo, continuando hasta que se alcanza la solución óptima.

Entre los beneficios del método simplex se destaca su eficiencia en la resolución de problemas complejos con múltiples variables y restricciones, lo que lo convierte en una herramienta valiosa en diversas áreas, como la economía, la logística y la ingeniería. Además, el método proporciona una solución precisa y permite identificar no solo la mejor solución, sino también información adicional sobre las variables que pueden influir en el resultado, facilitando la toma de decisiones informadas y estratégicas en la optimización de recursos [17].

### **2.9.3. Gestión del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)**

La Gestión del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) es una estrategia que se enfoca en garantizar que los activos físicos de una organización continúen desempeñando sus funciones deseadas en su contexto operativo. Esta metodología permite identificar y priorizar las tareas de mantenimiento más efectivas, basándose en el análisis de modos y efectos de falla (AMEF). Al implementar RCM, las empresas pueden optimizar sus recursos, reduciendo costos operativos y aumentando la eficiencia de sus equipos.

Entre los beneficios de RCM se destaca la mejora en la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, lo que se traduce en una menor frecuencia de fallas y paradas no programadas. Esto no solo incrementa la productividad, sino que también contribuye a una mejor calidad en los productos y servicios ofrecidos. Además, RCM fomenta una cultura de mejora continua, ya que permite a las organizaciones adaptarse a cambios y desafíos en su entorno, asegurando así un enfoque proactivo en la gestión del mantenimiento que maximiza el rendimiento de los activos a lo largo de su ciclo de vida [18].

#### **2.9.4. Indicadores clave de desempeño (KPIs)**

Segun [16] Los indicadores clave de desempeño (KPIs) son herramientas fundamentales para medir, monitorear y evaluar la eficacia de las estrategias de mantenimiento aplicadas a las matrices. Estos indicadores permiten a las empresas tomar decisiones informadas, identificar áreas de mejora y garantizar el logro de los objetivos de optimización. Algunos de los KPIs más relevantes en el contexto del mantenimiento de matrices incluyen:

##### 1. Tiempo de actividad (uptime) de las matrices:

- Mide el porcentaje de tiempo en que las matrices están disponibles y operativas.
- Refleja la efectividad de las estrategias de mantenimiento para minimizar los tiempos de inactividad.

##### 2. Vida útil de las matrices:

- Evalúa la duración promedio de las matrices antes de requerir reemplazo o reacondicionamiento.
- Indica la eficacia de las actividades de mantenimiento para prolongar la vida útil de las matrices.

##### 3. Tasa de fallas de las matrices:

- Mide la frecuencia de fallos o problemas en las matrices.
- Permite identificar puntos débiles en el mantenimiento y oportunidades de mejora.

##### 4. Costos de mantenimiento:

- Incluye los costos de adquisición, reparación, reemplazo y operación de las matrices.
- Evalúa la eficiencia económica de las estrategias de mantenimiento implementadas.

La recopilación, el análisis y la interpretación de estos KPIs proporcionan a las empresas una visión integral del desempeño de sus estrategias de mantenimiento. Esto les permite tomar decisiones más informadas, implementar mejoras en los procesos y alcanzar niveles más altos de eficiencia, calidad y rentabilidad en sus operaciones [16].

### **2.9.5. Cultura de mejora continua**

[17] Postulan, La creación de una cultura de mejora continua es fundamental para lograr una optimización sostenible del mantenimiento de matrices. Esta cultura se basa en el compromiso y la participación de todo el personal de la organización, desde la alta dirección hasta los operarios, para identificar y abordar de manera sistemática las oportunidades de mejora. Algunos elementos clave para fomentar una cultura de mejora continua en el mantenimiento de matrices incluyen:

#### 1. Liderazgo y compromiso de la alta dirección:

- La alta dirección debe establecer una visión clara y comunicar la importancia de la mejora continua para la competitividad y sostenibilidad de la empresa.
- El compromiso y el apoyo de la alta gerencia son fundamentales para impulsar el cambio y asignar los recursos necesarios.

#### 2. Participación y empoderamiento del personal:

- Involucrar activamente al personal de mantenimiento en la identificación de problemas, la generación de ideas y la implementación de soluciones.
- Brindar autonomía y reconocimiento a los colaboradores que demuestren iniciativa y compromiso con la mejora continua.

#### 3. Comunicación efectiva y transparencia:

- Establecer canales de comunicación abiertos y fluidos que permitan compartir información, objetivos y resultados en materia de mejora continua.
- Fomentar la retroalimentación y el diálogo constructivo entre los diferentes niveles y áreas de la organización.

#### 4. Formación y desarrollo de competencias:

- Implementar programas de capacitación que desarrollen en el personal las habilidades y herramientas necesarias para la mejora continua, como la resolución de problemas, el trabajo en equipo y el pensamiento crítico.

- Promover el aprendizaje y el intercambio de conocimientos entre los miembros del equipo de mantenimiento.

5. Sistemas de reconocimiento y recompensas:

- Establecer mecanismos de reconocimiento y recompensa que incentiven y valoren las iniciativas de mejora continua por parte del personal.
- Vincular los objetivos de mejora continua a los planes de incentivos y evaluación del desempeño.

6. Mejora continua como proceso sistemático:

- Integrar la mejora continua como un proceso estructurado y constante, con objetivos, indicadores y planes de acción claros.
- Implementar metodologías y herramientas de mejora continua, como Lean Manufacturing, Six Sigma y Kaizen, de manera transversal en la organización.

Al desarrollar una cultura de mejora continua, las empresas pueden garantizar la sostenibilidad y el éxito de las estrategias de optimización del mantenimiento de matrices. Esto les permite adaptarse de manera ágil a los cambios y desafíos del mercado, mejorando continuamente su eficiencia, calidad y rentabilidad [17].

#### **2.9.6. Lecciones aprendidas:**

Adoptar un enfoque integral: La optimización del mantenimiento de matrices requiere la integración de estrategias técnicas, organizacionales y de gestión. Abordar el problema de manera holística es clave para lograr resultados sostenibles [18].

2. Involucrar al personal: La participación y el compromiso de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios, son fundamentales para la implementación exitosa de mejoras en el mantenimiento [18].

3. Aprovechar la tecnología: Las herramientas y tecnologías avanzadas, como el monitoreo en línea, la analítica de datos y la automatización de procesos, pueden potenciar la efectividad de las estrategias de mantenimiento [18].

4. Enfocarse en la mejora continua: Cultivar una cultura de mejora continua, con procesos sistemáticos y herramientas estructuradas, contribuye a la sostenibilidad de los esfuerzos de optimización [18].

Mejores prácticas:

1. Implementar mantenimiento predictivo: El desarrollo de programas de mantenimiento predictivo, basados en el monitoreo del estado de las matrices y el análisis de datos, permite anticipar problemas y optimizar los recursos.
2. Optimizar la gestión de insumos: El control y la optimización del consumo de insumos clave, como nitrógeno, amoníaco y sosa cáustica, pueden generar ahorros significativos en los costos de mantenimiento.
3. Estandarizar y automatizar procesos: La estandarización de procedimientos de mantenimiento y la implementación de sistemas automatizados mejoran la eficiencia, la calidad y la consistencia de los resultados.
4. Integrar la gestión de activos: Un enfoque integral de gestión de activos, que incluye el monitoreo de la vida útil y la planificación de reemplazos, contribuye a optimizar los costos y la disponibilidad de las matrices.
5. Desarrollar competencias del personal: La capacitación y el desarrollo de habilidades del personal de mantenimiento, en áreas como resolución de problemas y mejora continua, fortalecen la sostenibilidad de los esfuerzos de optimización.

Estas lecciones aprendidas y mejores prácticas pueden servir como guía a las empresas que buscan optimizar el mantenimiento de sus matrices y así mejorar la eficiencia, la calidad y la rentabilidad de sus operaciones [18].

## **2.10. Marco Legal y Normativo**

[19] Señalan, El mantenimiento de matrices en la industria está sujeto a un conjunto de leyes, reglamentos y normas que establecen los requisitos y estándares que las empresas deben cumplir. Este marco legal y normativo tiene como objetivo garantizar la seguridad, la calidad y la sostenibilidad de los procesos de fabricación. Algunas de las principales regulaciones y normativas que deben considerarse en el mantenimiento de matrices incluyen:

### 1. Legislación laboral y de seguridad:

- Normas de salud y seguridad ocupacional que establecen requisitos para la manipulación de herramientas, el uso de equipos de protección personal y la prevención de riesgos.
- Regulaciones sobre la capacitación y calificación del personal de mantenimiento.

### 2. Normativa ambiental:

- Leyes y reglamentos relacionados con la gestión de residuos peligrosos, como los generados durante la limpieza y el reacondicionamiento de matrices.

- Requisitos de control de emisiones y vertidos en los procesos de mantenimiento.

### 3. Estándares de calidad:

- Normas de calidad, como ISO 9001, que establecen requisitos para el control de los procesos de mantenimiento y la trazabilidad de las intervenciones.

- Especificaciones técnicas para la fabricación y el mantenimiento de matrices.

### 4. Normativa de seguridad industrial:

- Reglamentos sobre el diseño, la instalación y el mantenimiento de equipos e infraestructura utilizada en el mantenimiento de matrices.

- Requisitos de seguridad para la manipulación de maquinaria, herramientas y sistemas de soporte.

### 5. Regulaciones específicas del sector:

- Normas y códigos de práctica del sector de mantenimiento, que pueden incluir pautas para el mantenimiento y la vida útil de las matrices.

- Requisitos de organismos de acreditación o asociaciones industriales relacionados con el mantenimiento de matrices.

El cumplimiento de este marco legal y normativo es fundamental para las empresas, ya que les permite garantizar la seguridad de los trabajadores, la protección del medio ambiente y la calidad de los productos. Además, la adhesión a estas regulaciones puede ser un requisito para mantener la competitividad y acceder a ciertos mercados y clientes [19].

#### **2.10.1. Regulaciones ambientales y de seguridad**

Para [20] En la industria, las actividades de mantenimiento de matrices están sujetas a una serie de regulaciones ambientales y de seguridad que tienen como objetivo proteger a los trabajadores, el medio ambiente y la comunidad circundante.

Regulaciones ambientales:

1. Gestión de residuos peligrosos: Las empresas deben cumplir con la normativa sobre la manipulación, el almacenamiento y la disposición adecuada de los residuos peligrosos generados durante las tareas de mantenimiento, como los lubricantes usados, los solventes y los productos químicos [21].
2. Control de emisiones: Se deben implementar medidas para el control y la mitigación de las emisiones atmosféricas, como las generadas por los procesos de limpieza y nitruración de las matrices [21].
3. Efluentes y vertidos: Las empresas deben cumplir con los requisitos legales sobre el tratamiento y la descarga de los efluentes líquidos provenientes del mantenimiento de matrices.
4. Consumo de recursos: Existe una creciente presión por optimizar el consumo de recursos naturales, como el agua y la energía, durante las actividades de mantenimiento.

Regulaciones de seguridad:

1. Salud y seguridad ocupacional: Las empresas deben cumplir con las normas de salud y seguridad en el trabajo, asegurando la capacitación del personal, el uso de equipos de protección individual y la implementación de procedimientos seguros para las tareas de mantenimiento [21].
2. Manejo de maquinaria y herramientas: Se deben seguir los requisitos de seguridad para la operación y el mantenimiento de la maquinaria y las herramientas utilizadas en las actividades de mantenimiento de matrices [21].
3. Prevención de riesgos: Las empresas deben identificar y evaluar los riesgos asociados a las actividades de mantenimiento, implementando medidas de control y planes de respuesta ante emergencias [21].
4. Capacitación y competencias: El personal de mantenimiento debe contar con la formación y las habilidades necesarias para llevar a cabo sus tareas de manera segura y responsable.

El cumplimiento de estas regulaciones ambientales y de seguridad es fundamental para las empresas, ya que les permite proteger a sus trabajadores, minimizar el impacto ambiental de sus operaciones y evitar sanciones legales. Además, una gestión responsable y sostenible de estos aspectos puede mejorar la reputación y la competitividad de la empresa en el mercado [21].

### **2.10.2. Normas técnicas aplicables**

[22] en la industria, existen diversas normas técnicas que establecen los requisitos y especificaciones para el mantenimiento adecuado de las matrices. Estas normas buscan garantizar la calidad, la seguridad y la eficiencia de los procesos. Algunas de las principales normas técnicas aplicables incluyen:

#### 1. Normas de diseño y fabricación de matrices:

- Estas normas especifican los requisitos de diseño, materiales, tolerancias y acabados para la fabricación de matrices.

- Ejemplos: ISO 7599, EN 573-3, ASTM B221.

#### 2. Normas de mantenimiento y reacondicionamiento:

- Estas normas establecen los procedimientos, métodos y técnicas para el mantenimiento, la reparación y el reacondicionamiento de las matrices.

- Ejemplos: ISO 9001, ASME B89.3.1, DIN 8580.

#### 3. Normas de ensayos y pruebas:

- Estas normas definen los métodos de inspección, medición y evaluación del estado de las matrices durante y después de las actividades de mantenimiento.

- Ejemplos: ASTM E2905, ISO 4386, DIN EN ISO 643.

#### 4. Normas de seguridad y salud:

- Estas normas establecen los requisitos de seguridad y salud ocupacional que deben cumplirse durante la ejecución de las tareas de mantenimiento de matrices.

- Ejemplos: ISO 45001, OSHA 1910, DIN EN ISO 12100.

#### 5. Normas ambientales:

- Estas normas regulan la gestión ambiental de las actividades de mantenimiento, incluyendo la manipulación de sustancias peligrosas y la disposición de residuos.

- Ejemplos: ISO 14001, REACH, Directiva WEEE.

El conocimiento y la aplicación de estas normas técnicas son fundamentales para las empresas, ya que les permiten:

- Asegurar la calidad y el desempeño de las matrices durante su vida útil.

- Realizar un mantenimiento eficiente y seguro de las herramientas.
- Cumplir con los requisitos legales y normativos aplicables.
- Mejorar la competitividad y la sostenibilidad de sus operaciones.

Al adoptar estas normas técnicas, las empresas pueden optimizar el mantenimiento de sus matrices, lo que se traduce en una mayor eficiencia, productividad y rentabilidad en la industria [22].

### **3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

#### **3.1.METODOLOGIA**

##### **3.1.1. Tipo de Investigacion**

La investigación se clasifica como una Investigación Descriptiva, ya que se enfoca en analizar y detallar de forma concreta las características, componentes y relaciones del objeto de estudio, utilizando métodos de observación, estudio de caso y encuestas, con el fin de generar suposiciones o hipótesis que contribuyan al análisis de los resultados.

##### **3.1.2. Enfoque de la Investigacion**

El enfoque de la investigación es Enfoque Mixto (Cuantitativo y Cualitativo) ya que algunas de las siguientes evidencias que sugieren un enfoque es mixto:

1. Análisis de procesos actuales de mantenimiento: Este tipo de análisis implica la recolección y estudio de datos cuantitativos (indicadores, métricas, etc.) para comprender la situación actual.
2. Identificación de oportunidades de mejora: La identificación de oportunidades de mejora requiere un análisis cualitativo, como la observación, entrevistas y evaluación de factores no numéricos.
3. Propuesta de estrategias y acciones: La formulación de estrategias y acciones concretas para reducir costos implica tanto un componente cuantitativo (análisis de datos, proyecciones, etc.) como uno cualitativo (evaluación de factores organizacionales, humanos, etc.).
4. Evaluación del impacto en eficiencia: La evaluación del impacto de las mejoras en la eficiencia del servicio de mantenimiento requerirá tanto la medición de indicadores cuantitativos como la valoración cualitativa de aspectos como satisfacción del cliente, mejoras en procesos, etc.

Por lo tanto, el enfoque de esta investigación es Mixto, ya que combina métodos cuantitativos y cualitativos para abordar de manera integral la optimización de los costos de mantenimiento y el mejoramiento de la eficiencia del servicio en la empresa Pulpa Moldeada S.A.

##### **3.1.3. Población y muestra**

### **3.1.3.1.Población:**

La población objeto de estudio está conformada por el personal que trabaja directamente en la producción en la empresa Pulpa Moldeada S.A., la cual consta de 22 trabajadores.

### **3.1.3.2.Muestra:**

Dado que la población es finita y de un tamaño relativamente pequeño (22 trabajadores), la muestra poblacional será del 100% de la población. Es decir, se realizará el estudio considerando a la totalidad de los 22 trabajadores que conforman el personal de producción de la empresa.

Al tratarse de una población finita y accesible en su totalidad, se opta por utilizar un muestreo censal, donde se incluye a la totalidad de los elementos que conforman la población de interés. Esta decisión permite obtener información más precisa y representativa, al abarcar a todos los miembros del personal de producción directamente involucrados en los procesos que se busca optimizar. De esta manera, al considerar al 100% de la población de 22 trabajadores de producción, se asegura una mayor validez y confiabilidad de los resultados obtenidos en la investigación, al poder analizar y comprender de manera integral la situación actual y las oportunidades de mejora en los procesos de mantenimiento de matrices en la empresa Pulpa Moldeada S.A.

### **3.1.3.3.Técnicas aplicadas**

#### ***Observación***

La observación es una técnica de investigación fundamental que implica que el investigador actúe de manera consciente y con objetivos claros para recopilar datos que puedan servir para probar o formular hipótesis. En el caso de esta investigación, la observación se planificará cuidadosamente para recoger información relevante sobre los procesos actuales de mantenimiento de matrices en la empresa Pulpa Moldeada S.A.

#### ***Encuesta***

La encuesta es una técnica que permite obtener información de manera sistemática sobre una población determinada. En este estudio, se aplicará una encuesta al personal de producción de Pulpa Moldeada S.A., que consta de 22 trabajadores, con el fin de recopilar información relevante para identificar oportunidades de mejora en los procesos de mantenimiento de

matrices. Los resultados de la encuesta se presentarán en un informe que explique los objetivos y muestre los hallazgos a través de gráficos.

#### **3.1.3.4. Análisis de documentación**

El análisis de documentos relevantes es una técnica que permitirá seleccionar la información más relevante y representar el contenido de manera clara y sin ambigüedades. En esta investigación, se revisará la documentación relacionada con los procesos de mantenimiento de matrices, los registros de costos y cualquier otra información que pueda ser útil para el análisis y la toma de decisiones.

#### **3.1.3.5. Análisis de contenido**

El análisis de contenido es una herramienta que permitirá analizar e interpretar las fuentes documentales, identificando los códigos utilizados, el contenido aparente y el contexto en el que se generó la información. Esta técnica será aplicada para profundizar en el entendimiento de los procesos y factores que afectan el mantenimiento de matrices en la empresa Pulpa Moldeada S.A.

#### **3.1.3.6. Investigación de campo**

La investigación de campo constituye un proceso sistemático de recolección de datos de manera directa en la realidad, sin manipular las variables. En este estudio, la investigación de campo permitirá obtener información confiable sobre los procesos de mantenimiento de matrices tal y como se presentan en la empresa Pulpa Moldeada S.A.

#### **3.1.3.7. Instrumentos**

##### ***Recolección de datos***

Para iniciar la investigación, se procederá a la búsqueda y recolección de información relevante sobre la empresa Pulpa Moldeada S.A., como su actividad, dirección, visión, misión, estructura organizativa y mapeo de procesos. Esta información servirá como base para comprender el contexto y las características de la organización en la que se desarrolla el estudio.

##### ***Actividad***

La actividad principal de Pulpa Moldeada S.A. es la fabricación y comercialización de productos a base de pulpa moldeada dirigidos al sector avícola a nivel nacional, con el objetivo

de ser un proveedor estratégico y líder en este mercado, ofreciendo soluciones que se ajusten a las necesidades de sus clientes.

**Misión**

Ser un aliado estratégico para el sector avícola ofreciéndoles un producto de calidad que se ajuste a las necesidades del mercado nacional.

**Visión**

Ser la empresa líder a nivel nacional en productos a base de pupa moldeada, buscando atender las necesidades reales de nuestros clientes.

**3.1.3.8.Resultado de la Encuesta aplicada**

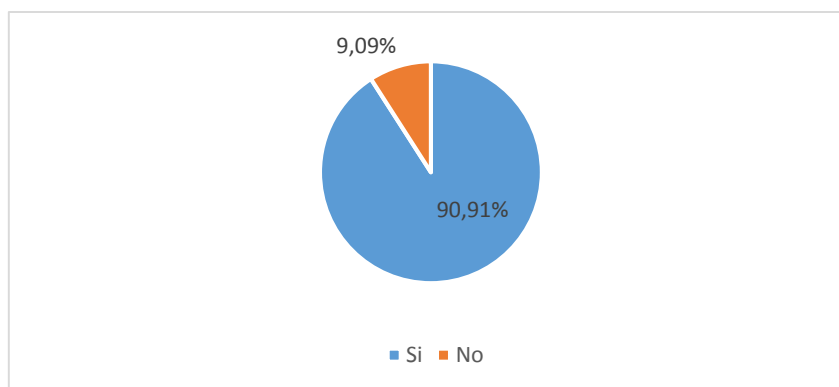
**Ítems 3. ¿Los procesos de mantenimiento de matrices son eficientes?**

Tabla 3.1. Ítems 3

<b>¿Los procesos de mantenimiento de matrices son eficientes?</b>		
	Respuestas	%
Si	20	90.91
No	2	9.09
	22	100.00

Fuente: Autor

Grafico 1. Ítems 3



Fuente: Autor

Analizando los resultados de la Tabla 2, la encuesta realizada al personal de producción de Pulpa Moldeada S.A., se pueden extraer las siguientes conclusiones en base a {a interrogante ¿Los procesos de mantenimiento de matrices son eficientes?, donde un pequeño porcentaje (9.09%) opina que los procesos de mantenimiento de matrices no son eficientes, mientras que un (90.91%) de los encuestados comentan que si es eficiente- Aunque la mayoría considera que

los procesos son eficientes, el hecho de que un 9.09% los perciba como ineficientes sugiere que existen oportunidades de mejora en este ámbito, lo cual podría ser un punto de partida para la investigación. Los resultados de la tabulación indican que, si bien la mayoría del personal de producción considera que los procesos de mantenimiento de matrices son eficientes, existe un pequeño porcentaje que los percibe como ineficientes, lo cual justifica la necesidad de analizar más a fondo estos procesos y buscar posibles áreas de mejora.

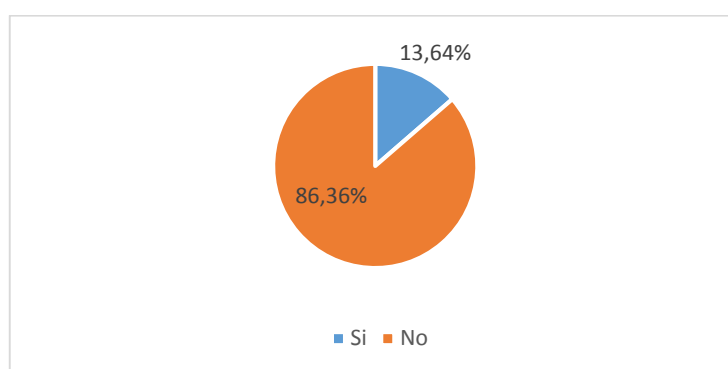
Ítems 4. ¿Existen problemas o desafíos en la ejecución de estos procesos?

Tabla 3.2. Ítems 3

¿Existen problemas o desafíos en la ejecución de estos procesos?		
		%
Si	3	13.64%
No	19	86.36%
	22	100.00%

Fuente: Autor

Grafico 2. Ítems 3



Fuente: Autor

Analizando los resultados de la Tabla 3, la encuesta realizada al personal de producción de Pulpa Moldeada S.A., se pueden extraer las siguientes conclusiones en base a la interrogante ¿Existen problemas o desafíos en la ejecución de estos procesos?:

Un pequeño porcentaje (13.64%) de los encuestados opina que sí existen problemas o desafíos en la ejecución de los procesos de mantenimiento de matrices, mientras que un (86.36%) de los encuestados comentan que no existen problemas. Aunque la gran mayoría considera que no hay problemas o desafíos, el hecho de que un 13.64% de los encuestados perciba la existencia de estos, sugiere que podrían existir oportunidades de mejora en los procesos de mantenimiento, lo cual podría ser un punto de interés para la investigación. Los resultados de la tabulación indican que la gran mayoría del personal de producción no percibe problemas o desafíos en la ejecución de los procesos de mantenimiento de matrices, pero existe un pequeño porcentaje que sí los identifica, lo cual justifica la necesidad de analizar más a fondo estos procesos y buscar posibles áreas de mejora.

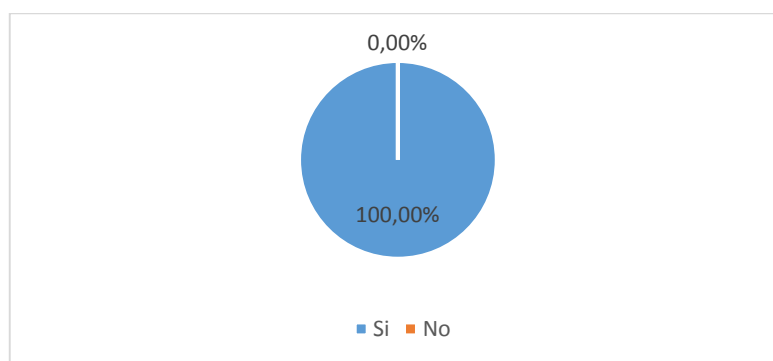
**Ítems 5. ¿Consideras que se puede mejorar algún aspecto de los procesos de mantenimiento de matrices?**

Tabla 3.3. Ítems 5

¿Consideras que se puede mejorar algún aspecto de los procesos de mantenimiento de matrices?		
		%
Si	22	100.00%
No	0	0.00%
	22	100.00%

Fuente: Autor

Grafico 3. Ítems 3



Fuente: Autor

Analizando los resultados de la Tabla 4, la encuesta realizada al personal de producción de Pulpa Moldeada S.A., se pueden extraer las siguientes conclusiones en base a la interrogante ¿Consideras que se puede mejorar algún aspecto de los procesos de mantenimiento de matrices? Según los resultados, el 100% de los encuestados (22 personas) considera que sí se puede mejorar algún aspecto de los procesos de mantenimiento de matrices. No hubo ninguna respuesta negativa (0%). Estos resultados indican que, de manera unánime, el personal de producción percibe que existen oportunidades de mejora en los procesos de mantenimiento de matrices de la empresa Pulpa Moldeada S.A. Esto sugiere que, a pesar de que la mayoría considera que los procesos son eficientes y no presentan problemas o desafíos, el personal identifica aspectos que podrían optimizarse o perfeccionarse.

La unanimidad de las respuestas afirmativas justifica la necesidad de profundizar en el análisis de los procesos de mantenimiento de matrices, con el objetivo de identificar las áreas específicas que requieren mejoras y proponer soluciones que permitan optimizar estos procesos en la empresa.

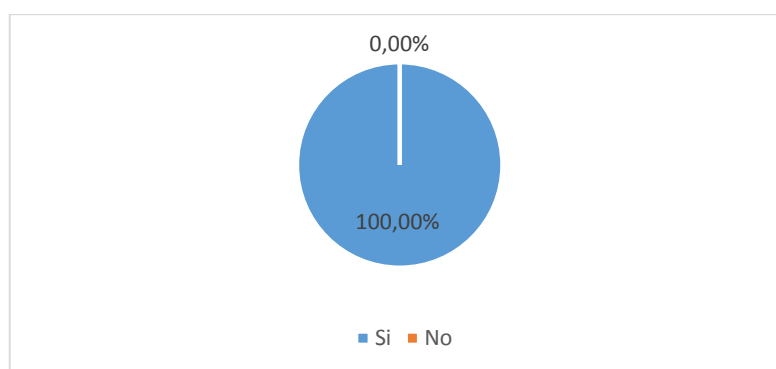
**Ítems 6. ¿El uso de los insumos es eficiente?**

Tabla 3.4. Ítems 6

¿El uso de los insumos es eficiente?		
		%
Si	22	100.00%
No	0	0.00%
	22	100.00%

Fuente: Autor

Grafico 4. Ítems 6



Fuente: Autor

Analizando los resultados de la Tabla 5, la encuesta realizada al personal de producción de Pulpa Moldeada S.A., se pueden extraer las siguientes conclusiones en base a la pregunta ¿El uso de los insumos es eficiente?

Según los resultados, el 100% de los encuestados (22 personas) considera que el uso de los insumos es eficiente. No hubo ninguna respuesta negativa (0%). Estos resultados indican que, de manera unánime, el personal de producción percibe que el uso de los insumos en los procesos de la empresa Pulpa Moldeada S.A. es eficiente. Esto sugiere que la empresa ha implementado procedimientos y controles adecuados para garantizar un uso eficiente de los recursos materiales necesarios en la fabricación de sus productos. La unanimidad de las respuestas afirmativas refleja que el personal está satisfecho con la gestión y el aprovechamiento de los insumos en los procesos de producción. Esto es un aspecto positivo que contribuye a la eficiencia general de las operaciones de la empresa. Los resultados indican que el uso de los insumos en los procesos de Pulpa Moldeada S.A. es percibido como eficiente por todo el personal de producción encuestado, lo cual representa una fortaleza en la gestión de los recursos materiales de la empresa.

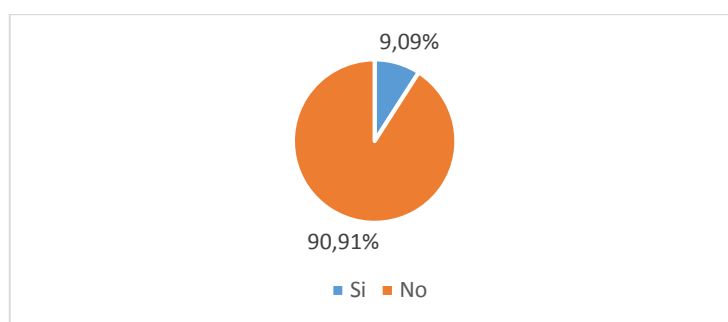
**Ítems 7. ¿Observas desperdicios o un uso inadecuado de los insumos?**

Tabla 3.5. Ítems 7

¿Observas desperdicios o un uso inadecuado de los insumos?		
		%
Si	2	9.09%
No	20	90.91%
	22	100.00%

Fuente: Autor

Grafico 5. Ítems



Fuente: Autor

Analizando los resultados de la Tabla 6, correspondientes a la encuesta realizada al personal de producción de Pulpa Moldeada S.A., se pueden extraer las siguientes conclusiones en base a la pregunta: ¿Observas desperdicios o un uso inadecuado de los insumos?

La gran mayoría de los trabajadores de producción (90.91%) no observa desperdicios o un uso inadecuado de los insumos en los procesos de la empresa, sin embargo, un pequeño porcentaje (9.09%) de los encuestados sí percibe la existencia de desperdicios o un uso inadecuado de los insumos. Dado que la muestra encuestada representa al 100% de la población de trabajadores de producción, estos resultados reflejan la percepción general del personal sobre el manejo de los insumos en la empresa. Aunque la mayoría considera que no hay problemas con el uso de los insumos, el hecho de que un 9.09% de los encuestados perciba la existencia de desperdicios o un uso inadecuado, sugiere que podrían existir oportunidades de mejora en la gestión y control de los insumos, lo cual podría ser un punto de interés para la investigación.

Los resultados indican que la gran mayoría del personal de producción no observa desperdicios o un uso inadecuado de los insumos, pero existe un pequeño porcentaje que sí los identifica, lo cual justifica la necesidad de analizar más a fondo los procesos de gestión y control de los insumos, con el fin de identificar posibles áreas de mejora.

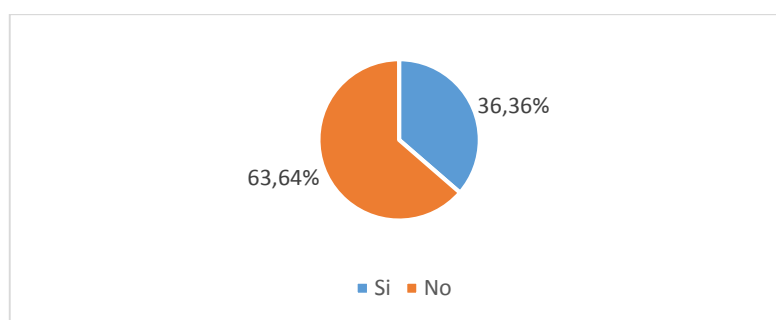
**Ítems 8. ¿Los tiempos de inactividad durante el mantenimiento de matrices son adecuados?**

Tabla 3.6. Ítems 8

¿Los tiempos de inactividad durante el mantenimiento de matrices son adecuados?		
		%
Si	8	36.36%
No	14	63.64%
	22	100.00%

Fuente: Autor

Grafico 6. Ítems 8



Fuente: Autor

Analizando los resultados de la encuesta realizada al personal de producción de Pulpa Moldeada S.A., se pueden extraer las siguientes conclusiones en base a la pregunta: ¿Los tiempos de inactividad durante el mantenimiento de matrices son adecuados?

La mayoría de los trabajadores de producción (63.64%) considera que los tiempos de inactividad durante el mantenimiento de matrices no son adecuados. Por otro lado, solo el 36.36% de los encuestados opina que los tiempos de inactividad son adecuados. Estos resultados indican que existe una percepción predominante entre el personal de producción de que los tiempos de inactividad durante el mantenimiento de matrices no son los más apropiados.

El hecho de que más del 60% de los encuestados considere que los tiempos de inactividad no son adecuados sugiere que este podría ser un aspecto a analizar y mejorar en los procesos de mantenimiento de matrices de la empresa. Dado que la muestra encuestada representa al 100% de la población de trabajadores de producción, estos resultados reflejan la percepción general del personal sobre este tema.

**Ítems 9. ¿La optimización de los costos de mantenimiento de matrices podría tener un impacto positivo en la empresa?**

Tabla 3.7. Ítems 9

¿La optimización de los costos de mantenimiento de matrices podría tener un impacto positivo en la empresa?		
		%
Si	22	100.00%
No	0	0.00%
	22	100.00%

Fuente: Autor

Grafico 7. Ítems 9



Fuente: Autor

Analizando los resultados de la Tabla 8, correspondiente a la encuesta realizada al personal de producción de Pulpa Moldeada S.A., se pueden extraer las siguientes conclusiones en base a la pregunta: ¿La optimización de los costos de mantenimiento de matrices podría tener un impacto positivo en la empresa?

De manera unánime, el 100% de los trabajadores de producción encuestados considera que la optimización de los costos de mantenimiento de matrices podría tener un impacto positivo en la empresa. No hubo ninguna respuesta negativa (0%), lo que indica que todo el personal de producción está de acuerdo en que la optimización de estos costos sería beneficiosa para la empresa. Estos resultados reflejan una percepción muy clara y contundente por parte del personal de producción sobre la importancia de optimizar los costos de mantenimiento de matrices. Dado que la muestra encuestada representa al 100% de la población de trabajadores de producción, estos resultados reflejan la percepción general del personal sobre este tema.

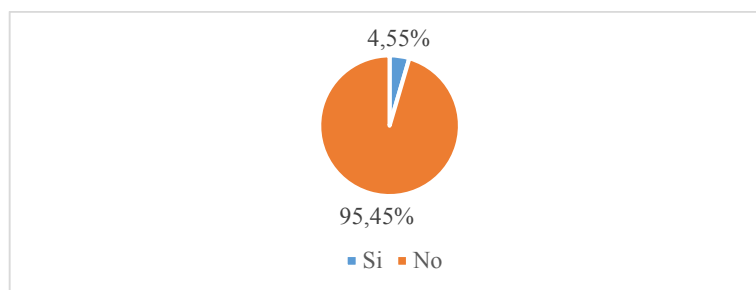
**Ítems 10. ¿Tienes alguna sugerencia o recomendación para mejorar la eficiencia y reducir los costos en el área de Matricería?**

Tabla 3.8. Ítems 10

¿Tienes alguna sugerencia o recomendación para mejorar la eficiencia y reducir los costos en el área de Matricería?		
		%
Si	1	4.55%
No	21	95.45%
	22	100.00%

Fuente: Autor

Grafico 8. Ítems 10



Fuente: Autor

Analizando los resultados de la Tabla 9, correspondiente a la encuesta realizada al personal de producción de Pulpa Moldeada S.A, se pueden extraer las siguientes conclusiones en base a la pregunta: ¿Tienes alguna sugerencia o recomendación para mejorar la eficiencia y reducir los costos en el área de Matricería? La gran mayoría de los trabajadores de producción (95.45%) no tiene sugerencias o recomendaciones para mejorar la eficiencia y reducir los costos en el área de Matricería, solo el 4.55% de los encuestados, es decir, 1 persona, indica tener alguna sugerencia o recomendación al respecto. Específicamente, el único encuestado que respondió "Sí" sugirió "Establecer tiempos del proceso de mantenimiento" como una forma de mejorar la eficiencia y reducir los costos en el área de Matricería. Estos resultados sugieren que, en general, el personal de producción no tiene una percepción clara o específica sobre cómo mejorar la eficiencia y reducir los costos en el área de Matricería. La baja proporción de respuestas afirmativas (4.55%) podría indicar que los trabajadores no se sienten suficientemente involucrados o informados sobre los procesos y desafíos en esta área, dado que la muestra encuestada representa al 100% de la población de trabajadores de producción, estos resultados reflejan la percepción general del personal sobre este tema.

### **3.2. Analisis General**

La encuesta realizada al personal de producción de Pulpa Moldeada S.A. revela diversos aspectos relacionados con los procesos de mantenimiento de matrices en la empresa. En primer lugar, la gran mayoría del personal (90.91%) considera que los procesos de mantenimiento de matrices son eficientes, aunque un pequeño porcentaje (9.09%) opina lo contrario. Esto sugiere que, si bien la percepción general es positiva, existen oportunidades de mejora que podrían analizarse. En cuanto a la existencia de problemas o desafíos en la ejecución de estos procesos, la mayoría (86.36%) indica que no los hay, pero un 13.64% sí los identifica. Nuevamente, esto apunta a la necesidad de profundizar en el análisis de los procesos para detectar y abordar posibles áreas de mejora.

De manera unánime (100%), el personal considera que se puede mejorar algún aspecto de los procesos de mantenimiento de matrices. Esto refleja una clara percepción de que existen oportunidades de optimización en estos procesos. En relación al uso de los insumos, el personal (100%) los considera eficientes y no observa desperdicios o un uso inadecuado de los mismos, lo cual representa una fortaleza en la gestión de los recursos materiales.

Sin embargo, cuando se aborda la cuestión de los tiempos de inactividad durante el mantenimiento de matrices, la mayoría del personal (63.64%) considera que no son adecuados. Esto sugiere que este podría ser un aspecto prioritario a analizar y mejorar.

Respecto a la optimización de los costos de mantenimiento de matrices, la totalidad del personal (100%) considera que esto podría tener un impacto positivo en la empresa. Esto indica una clara percepción de la importancia de controlar y reducir estos costos.

Por último, en cuanto a sugerencias o recomendaciones para mejorar la eficiencia y reducir los costos en el área de Matricería, la gran mayoría del personal (95.45%) no tiene propuestas, a excepción de un encuestado que sugirió "Establecer tiempos del proceso de mantenimiento". Esto refleja una oportunidad para involucrar más al personal y recoger sus ideas y aportes en este sentido.

El análisis de las tabulaciones revela que, si bien existen aspectos positivos en los procesos de mantenimiento de matrices, como la eficiencia en el uso de insumos, también se identifican oportunidades de mejora, principalmente en relación a los tiempos de inactividad, la optimización de costos y la necesidad de involucrar más al personal para recoger sus sugerencias. Estos hallazgos brindan información valiosa para que la empresa pueda enfocar sus esfuerzos de mejora en las áreas clave.

### **3.2.1. Fases del Análisis de Valor**

El Análisis de Valor (AV) es una metodología estratégica que busca optimizar costos y mejorar la eficiencia en los procesos de mantenimiento, sin comprometer la calidad del servicio. En un entorno empresarial cada vez más competitivo, las organizaciones se ven impulsadas a maximizar el valor de sus operaciones, lo que hace que el Análisis de Valor se convierta en una herramienta esencial. El proceso de AV se descompone en varias fases que permiten a las empresas identificar y eliminar costos innecesarios, al tiempo que se preserva o incluso se mejora la funcionalidad de los servicios ofrecidos. Estas fases no solo facilitan una comprensión profunda de las funciones y costos involucrados, sino que también promueven la innovación y la mejora continua.

A través de la identificación de funciones, la evaluación de costos y la generación de alternativas, el Análisis de Valor permite a las organizaciones tomar decisiones informadas que impactan positivamente en su eficiencia operativa. Cada fase del proceso es crucial para garantizar que las mejoras propuestas sean viables y efectivas, lo que a su vez contribuye a la sostenibilidad y crecimiento de la empresa.

En las siguientes secciones, se detallarán las fases del Análisis de Valor, proporcionando un marco claro para su implementación en el contexto del mantenimiento de matrices en la empresa Pulpa Moldeada S.A. Este enfoque no solo busca la reducción de costos, sino también el fortalecimiento de la calidad y la durabilidad de los servicios, asegurando así una operación eficiente y rentable.

#### **Fase 1: Identificación de funciones y costos actuales**

La primera fase del Análisis de Valor es fundamental para establecer una base sólida sobre la cual se construirán las mejoras en el proceso de mantenimiento. En esta etapa, nos enfocaremos en la identificación de funciones y actividades y la evaluación de los costos actuales asociados a cada una de ellas. Este análisis detallado es crucial para comprender el valor que cada componente del servicio de mantenimiento aporta a la operación general de la empresa.

Durante esta fase, se llevará a cabo un trabajo colaborativo con el equipo de mantenimiento y otros departamentos relevantes para identificar las funciones esenciales que desempeñan los diferentes procesos y actividades. Se buscará responder a preguntas clave como: ¿Qué se espera de cada función? ¿Cómo contribuye al rendimiento general de las matrices? Esta comprensión permitirá no solo identificar las funciones primarias, sino también las secundarias que pueden estar generando costos innecesarios.

Simultáneamente, se realizará un análisis exhaustivo de los costos actuales asociados a estas funciones. Esto incluirá la recopilación de datos financieros sobre los gastos directos e indirectos relacionados con el mantenimiento, como mano de obra, materiales, tiempo de inactividad y otros recursos. Al desglosar estos costos, podremos identificar áreas donde se están incurriendo gastos excesivos y que podrían beneficiarse de una optimización.

La combinación de la identificación de funciones y la evaluación de costos permitirá establecer un panorama claro de la situación actual. Este diagnóstico inicial es esencial para avanzar a las siguientes fases del Análisis de Valor, donde se explorarán alternativas y se propondrán mejoras que incrementen la eficiencia y reduzcan costos sin sacrificar la calidad del servicio.

### **Fase 2: Evaluación de alternativas y propuestas de mejora.**

La Evaluación de Alternativas y Propuestas de Mejora es una etapa crítica en el Análisis de Valor, donde se busca transformar los hallazgos de las fases anteriores en acciones concretas que optimicen los procesos de mantenimiento. Esta fase se centra en analizar las diversas opciones disponibles para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos, garantizando que las propuestas no solo sean prácticas, sino que también aporten un valor significativo a la organización. A medida que se identifican las funciones y se evalúan los costos actuales, se generan múltiples alternativas que pueden abordar las ineficiencias detectadas. En esta fase, se procederá a evaluar cada una de estas alternativas en función de criterios específicos, como el costo, la viabilidad técnica, el impacto en la calidad del servicio y la aceptación por parte del personal involucrado.

#### **3.2.2. Cómo se llevará a cabo la Evaluación de Alternativas y Propuestas de Mejora**

**Recopilación de Alternativas:** Se reunirán todas las propuestas generadas en la fase anterior, asegurando que todas las ideas sean consideradas para su evaluación.

**Definición de Criterios de Evaluación:** Se establecerán criterios claros y medibles que servirán para evaluar cada alternativa. Estos criterios pueden incluir:

- **Costo de Implementación:** Evaluar la inversión necesaria para cada alternativa.
- **Ahorro Potencial:** Estimar la reducción de costos a corto y largo plazo.
- **Impacto en la Calidad:** Analizar cómo cada alternativa afectará la calidad del servicio.
- **Facilidad de Implementación:** Considerar el tiempo y los recursos necesarios para implementar la alternativa.
- **Riesgos Asociados:** Identificar posibles obstáculos o desafíos en la implementación.

**Análisis Comparativo:**

Se realizará un análisis comparativo utilizando herramientas como diagramas de costo-beneficio. Esto permitirá visualizar de manera clara las ventajas y desventajas de cada alternativa.

**Selección de Propuestas:**

Con base en el análisis comparativo, se seleccionarán las alternativas más prometedoras que cumplan con los criterios establecidos. Se priorizarán aquellas que ofrezcan el mejor equilibrio entre costo y beneficio.

**Desarrollo de Planes de Implementación:**

Para cada propuesta seleccionada, se elaborará un plan de acción detallado que incluya pasos específicos para su implementación, recursos necesarios, responsables y cronogramas.

**Presentación de Recomendaciones:** Finalmente, se presentarán las recomendaciones a la dirección y a los interesados, respaldadas por datos y análisis, para facilitar la toma de decisiones informadas.

**Fase 3: Implementación de mejoras y seguimiento**

La Fase 3: Implementación de Mejoras y Seguimiento es el paso crucial donde las propuestas seleccionadas en la fase anterior se traducen en acciones concretas dentro de la organización. Esta fase no solo se centra en llevar a cabo las mejoras, sino también en establecer un sistema de seguimiento que garantice la efectividad de las acciones implementadas y permita realizar ajustes según sea necesario.

Implementar cambios en los procesos de mantenimiento puede ser un desafío, pero es esencial para lograr una mayor eficiencia y reducir costos. Durante esta fase, se trabajará en estrecha colaboración con todos los departamentos involucrados, asegurando que cada miembro del equipo comprenda su rol en el proceso de implementación y esté comprometido con el éxito de las mejoras.

**Desarrollo de un Plan de Implementación:**

Se elaborará un plan detallado que incluya los pasos específicos necesarios para implementar cada mejora. Este plan deberá incluir:

**Objetivos claros:** Qué se espera lograr con cada mejora.

**Cronograma:** Fechas específicas para cada etapa de la implementación.

**Recursos necesarios:** Identificación de materiales, herramientas y personal requerido.

**Asignación de Responsabilidades:** Se designarán responsables para cada tarea dentro del plan de implementación. Esto asegurará que haya un liderazgo claro y que cada miembro del equipo sepa a quién acudir para resolver dudas o problemas.

**Capacitación y Comunicación:** Se llevarán a cabo sesiones de capacitación para el personal involucrado en las nuevas prácticas o tecnologías implementadas. La comunicación efectiva es clave para asegurar que todos estén alineados y comprendan los cambios.

### **3.3.Fase 1 Identificación de funciones y costos actuales**

#### **3.3.1. Descripción de los Procesos Actuales**

##### **Caracterización general de la empresa**

El mantenimiento de matrices es un componente crítico en la producción de la empresa Pulpa Moldeada S.A., ya que estas herramientas son fundamentales para garantizar la calidad y eficiencia en la fabricación de productos. Un adecuado mantenimiento no solo prolonga la vida útil de las matrices, sino que también minimiza los tiempos de inactividad y reduce los costos operativos. En un entorno industrial cada vez más competitivo, la optimización de estos procesos se convierte en una necesidad imperante para mejorar la productividad y la rentabilidad.

El presente análisis tiene como objetivo identificar y evaluar los procesos actuales de mantenimiento de matrices en Pulpa Moldeada S.A. Se busca determinar las ineficiencias existentes, así como las oportunidades de mejora que permitan implementar prácticas más efectivas y sostenibles. A través de este estudio, se espera no solo mejorar la gestión del mantenimiento, sino también contribuir al desarrollo de una cultura de mejora continua dentro de la organización.



Figura 3.1. Pulpa Moldeada S.A [23]

### Información general de la empresa

Tabla 3.9 Información de la Empresa

<b>Razon Social</b>	<b>Pulpa Moldeada S.A PULPAMOL</b>
<b>Nombre comercial</b>	<b>PULPAMOL</b>
<b>Dirección</b>	<b>Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia de Tanicuchi, Kilómetro 1 Cajón Veracruz y Secundaria, Camino Santa Ana Toacaso.</b>

Nota: Tabla con datos de la empresa. Fuente: Autor

#### ***Misión***

Ser un aliado estratégico para el sector avícola ofreciéndoles un producto de calidad que se ajuste a las necesidades del mercado nacional.

#### ***Visión***

Ser la empresa líder a nivel nacional en productos a base de pupa moldeada, buscando atender las necesidades reales de nuestros clientes.

### *Valores*

- Autenticidad
- Honestidad
- Constancia
- Coherencia

### *Estructura organizativa*

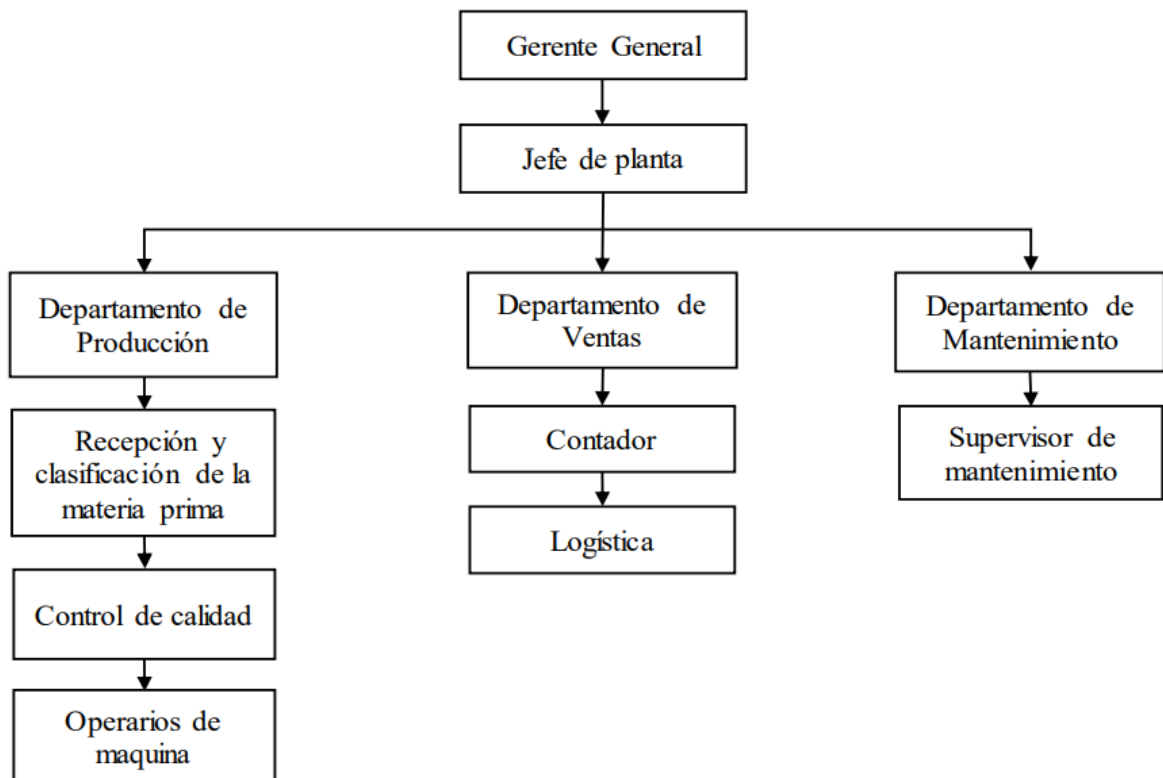


Figura 3.2. Organigrama Pulpa Moldeada S.A [23]

### *Organigrama y Descripción de Cargos*

#### *Gerente General*

Es el responsable máximo de la empresa. Su función principal es establecer la visión y dirección estratégica, supervisar todas las operaciones y garantizar que se cumplan los objetivos organizacionales. Además, toma decisiones críticas relacionadas con la gestión de recursos y la planificación a largo plazo.

#### *Jefe de Planta*

Supervisa todas las actividades de producción en la planta. Se encarga de coordinar el trabajo de los diferentes departamentos, asegurando que la producción se realice de manera eficiente y

cumpliendo con los estándares de calidad. También gestiona el personal de la planta y se asegura de que se sigan los procedimientos de seguridad.

### ***Departamento de Producción***

Este departamento es responsable de la fabricación de los productos. Incluye la planificación de la producción, la gestión de los recursos necesarios y el seguimiento de los procesos para garantizar que se cumplan los plazos y estándares de calidad.

### ***Departamento de Ventas***

Se encarga de la comercialización de los productos. Su función incluye la identificación de oportunidades de mercado, la gestión de relaciones con los clientes y la implementación de estrategias de ventas para alcanzar los objetivos de ingresos de la empresa.

### ***Recepción y Clasificación de la Materia Prima***

Este proceso implica la recepción de los materiales necesarios para la producción y su clasificación según los estándares establecidos. Asegura que la materia prima cumpla con las especificaciones requeridas antes de ser utilizada en el proceso de producción.

### ***Contador***

Se encarga de la gestión financiera de la empresa. Sus responsabilidades incluyen la elaboración de informes financieros, la supervisión de la contabilidad y el cumplimiento de las normativas fiscales. También proporciona análisis financieros que ayudan en la toma de decisiones.

### ***Control de Calidad***

Este departamento asegura que los productos cumplan con los estándares de calidad establecidos. Realiza pruebas y evaluaciones en diferentes etapas del proceso de producción para identificar y corregir cualquier desviación de calidad.

### ***Operarios de Máquina***

Son los encargados de operar las máquinas en la planta. Su función incluye la configuración, el monitoreo y el mantenimiento básico de las máquinas para asegurar un funcionamiento eficiente y seguro durante la producción.

### ***Logística***

Este departamento se encarga de la gestión de la cadena de suministro, incluyendo la planificación, implementación y control del flujo de materiales y productos desde el punto de

origen hasta el consumidor final. Asegura que los productos lleguen a tiempo y en condiciones óptimas.

### ***Departamento de Mantenimiento***

Se encarga de asegurar que todos los equipos y maquinarias de la planta estén en buen estado de funcionamiento. Realiza mantenimiento preventivo y correctivo, así como la gestión de reparaciones necesarias.

### ***Supervisor de Mantenimiento***

Este cargo supervisa al equipo de mantenimiento y coordina las actividades de reparación y mantenimiento de los equipos. Se asegura de que se sigan los procedimientos adecuados y que se mantenga un registro de las actividades realizadas.

### ***Descripción de los equipos***

La empresa Pulpa Moldeada S.A. (PULPAMOL) dispone de diversos equipos para la fabricación de cubetas para huevos. Se presenta a detalle de los equipos más relevantes e indispensables en la línea de producción.

Tabla 3.10. Descripción de equipos y Maquinarias

Formadora	Esta máquina está equipada con un sistema de vacío que succiona y moldea las cubetas para huevos conforme a las especificaciones requeridas.
Cámara de secado	La cámara de secado está compuesta por tres niveles y seis subniveles, cada uno operando a diferentes temperaturas. Esta máquina se utiliza para el secado eficiente de las cubetas. Su diseño permite un control preciso del proceso, asegurando que las cubetas se sequen de manera uniforme y adecuada, lo que es crucial para mantener la calidad del producto final. Gracias a su estructura, es posible optimizar el tiempo de secado y mejorar la productividad en la línea de producción.
Pulper hidráulico vertical	El pulper hidráulico vertical es una máquina con forma de tanque que, en su interior, está equipada con cuchillas y aspas. Su función principal es desfibrar la materia prima, mezclándola con agua y otros aditivos químicos para producir pasta. Este proceso es esencial para descomponer las fibras del material y asegurar una mezcla homogénea, lo que resulta en una pasta de calidad adecuada para su posterior uso en la producción.
Banda transportadora	La banda transportadora está compuesta por una estructura metálica, un sistema de transmisión y una cinta transportadora que es impulsada por un motor. Su función principal es trasladar la materia prima hacia el pulper, donde comenzará el proceso de desfibrado. Este equipo es esencial para asegurar un flujo continuo de materiales, optimizando la eficiencia del proceso productivo y garantizando que la materia prima llegue de manera oportuna al siguiente paso en la línea de producción.

Nota: Descripción de los equipos y maquinarias que cuenta la empresa. Fuente: Autor

### ***Especificaciones Técnicas de la Maquina que Utiliza Moldes***

Datos del Equipo: Formadora

Proveedor: Nanya

Año: 2019

Modelo: BTF5-8

Capacidad (pieza/h) :5000-5500

Cantidad de Moldes de Formación: 40

Poder Total (kW): 161

#### **3.3.2. Descripción de los Procesos Actuales**

En Pulpa Moldeada S.A., el mantenimiento de matrices se lleva a cabo a través de un conjunto de procesos bien definidos que aseguran la operatividad y prolongan la vida útil de las herramientas. A continuación, se describen los procesos actuales:

##### **3.3.2.1.Lavado de Matrices**

Este proceso tiene una duración de 3 horas y se realiza para eliminar cualquier residuo o contaminante acumulado en las matrices. Un lavado adecuado es esencial para prevenir la corrosión y asegurar un rendimiento óptimo en el proceso de producción.

##### **3.3.2.2.Secado**

Posteriormente al lavado, las matrices pasan por un proceso de secado que dura 4 horas. Este paso es crucial para eliminar cualquier humedad residual que podría comprometer la integridad de las matrices y su funcionalidad.

##### **3.3.2.3.Reparación (Soldadura)**

En caso de daños significativos, se procede a realizar reparaciones mediante soldadura, un proceso que puede extenderse hasta 20 horas. Esta actividad es vital para restaurar la funcionalidad de las matrices y garantizar su uso continuo en la producción.

### 3.3.2.4. Materiales Utilizados

Durante el mantenimiento, se emplea macilla, un material que permite realizar reparaciones efectivas y asegurar la durabilidad de las matrices. El uso de materiales adecuados es fundamental para mantener la calidad del producto final.

### 3.3.2.5. Frecuencia de Mantenimiento

El mantenimiento de las matrices se realiza cada 10 días, asegurando que se mantengan en condiciones óptimas. Esta frecuencia es parte de una estrategia proactiva para evitar fallas inesperadas que puedan interrumpir el proceso de producción.

### 3.3.2.6. Vida Útil de las Matrices

La vida útil de las matrices está estimada en 3 años, lo que resalta la importancia de un mantenimiento regular y adecuado. Un enfoque sistemático en el mantenimiento no solo maximiza la vida útil de las matrices, sino que también contribuye a la eficiencia operativa de la empresa.

### 3.3.2.7. Definición de Criterios de Evaluación

Para llevar a cabo una evaluación efectiva, se establecerán criterios claros y medibles que servirán para evaluar cada alternativa. Estos criterios incluyen:

#### ***Costo de Implementación:***

Evaluar la inversión necesaria para cada alternativa. Se considerarán tanto los costos iniciales como los gastos operativos a largo plazo.

Tabla 3.11. Costos de Implementación

Alternativa	Costo de Implementación	Detalles de Costos
Lean Manufacturing	Medio	<ul style="list-style-type: none"><li>• Capacitación: \$500</li><li>• Implementación de herramientas (5S, Kaizen): \$1,000</li></ul>
Gestión del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)	Alto	<ul style="list-style-type: none"><li>• Análisis inicial: \$500</li><li>• Capacitación: \$1000</li><li>• Software de gestión: \$5,000</li></ul>
Capacitación del Personal	Alto	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cursos y talleres: \$1,000 - \$5,000 por grupo</li><li>• Materiales: \$500 - \$1,000</li></ul>
Externalización de Servicios	Alto	<ul style="list-style-type: none"><li>• Contratos anuales: \$1,000 - \$5000</li></ul>
Optimización de Procesos Existentes	Bajo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Análisis interno: \$2,000, \$10,000</li><li>• Herramientas de mejora: \$1,000 - \$5,000</li></ul>

<b>Inversión en Tecnología Predictiva</b>	Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Software y hardware: \$40,000, \$6,000</li> <li>• Mantenimiento anual: \$5,000 - \$10,000</li> </ul>
<b>Método Simplex</b>	Bajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación: \$500</li> </ul>

Nota: Descripción de los equipos y maquinarias que cuenta la empresa. Fuente: Autor

La tabla presenta diversas alternativas para la mejora de procesos y gestión del mantenimiento, clasificadas según su costo de implementación. Las opciones varían desde enfoques de bajo costo, como el Método Simplex y la Optimización de Procesos Existentes, hasta estrategias de alto costo, como la Gestión del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) y la Inversión en Tecnología Predictiva. El Método Simplex, con un costo de capacitación de solo \$500, se presenta como una opción accesible para organizaciones que buscan mejorar su eficiencia sin una inversión significativa.

Por otro lado, Lean Manufacturing también ofrece un enfoque medio, con costos totales de \$1,500, lo que lo convierte en una alternativa atractiva para empresas que desean implementar herramientas de mejora continua como 5S y Kaizen. En contraste, RCM requiere una inversión considerable de \$6,500 en total, lo que puede ser un obstáculo para algunas organizaciones, aunque promete un retorno significativo en términos de confiabilidad y disponibilidad de equipos. La capacitación del personal, aunque costosa, es esencial para garantizar que las estrategias implementadas sean efectivas, con costos que oscilan entre \$1,500 y \$6,000, dependiendo del grupo. Además, la externalización de servicios puede ser una solución viable, aunque su costo anual puede variar considerablemente.

Finalmente, la inversión en tecnología predictiva, que puede alcanzar hasta \$60,000, representa una opción avanzada que, aunque costosa, podría transformar radicalmente la forma en que una organización gestiona su mantenimiento, mejorando la anticipación de fallas y optimizando recursos.

### ***Ahorro Potencial***

La implementación de las alternativas presentadas en la tabla puede generar un ahorro significativo tanto a corto como a largo plazo, dependiendo de la naturaleza y el costo de cada opción. Por ejemplo, el Método Simplex y la Optimización de Procesos Existentes, con costos de implementación relativamente bajos, pueden resultar en ahorros inmediatos al mejorar la eficiencia operativa y reducir desperdicios. Aunque su inversión inicial es mínima, los beneficios económicos pueden traducirse en una reducción de costos operativos que se reflejan rápidamente en los estados financieros.

En el caso de Lean Manufacturing, la capacitación y la implementación de herramientas como 5S y Kaizen pueden llevar a una mejora en la productividad y a la disminución de tiempos de inactividad, lo que se traduce en un ahorro directo en costos de operación. A largo plazo, esta metodología puede consolidarse como un enfoque sostenible que fomente una cultura de mejora continua, generando ahorros acumulativos significativos.

Por otro lado, la Gestión del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), aunque presenta un costo de implementación alto, ofrece un ahorro potencial considerable al reducir las fallas de los equipos y minimizar el tiempo de inactividad no programado. Esto se traduce en una mayor disponibilidad de los activos y, por ende, en un incremento en la producción y en la calidad del servicio, lo que puede resultar en ingresos adicionales a largo plazo.

La Inversión en Tecnología Predictiva puede parecer costosa inicialmente, pero su capacidad para anticipar fallas y optimizar el mantenimiento puede generar ahorros significativos en costos de reparación y reemplazo, así como en la prolongación de la vida útil de los equipos. A medida que la tecnología se integra en las operaciones, el ahorro en costos de mantenimiento puede superar con creces la inversión inicial.

Finalmente, la externalización de servicios puede ofrecer flexibilidad y acceso a expertos sin la necesidad de una inversión a largo plazo en recursos internos, permitiendo a las empresas concentrar sus esfuerzos en sus competencias centrales. Sin embargo, es crucial evaluar si los costos anuales de estos contratos se justifican en relación con los ahorros generados.

### ***Impacto en la Calidad***

El impacto en la calidad del servicio es un aspecto crucial al evaluar las diferentes alternativas de mejora. Cada opción tiene el potencial de influir positivamente o negativamente en la calidad de los productos y servicios ofrecidos.

**Método Simplex:** La implementación de este método, centrado en la mejora continua y la optimización de procesos, puede resultar en un aumento significativo en la calidad del servicio. Al eliminar desperdicios y mejorar la eficiencia operativa, los tiempos de respuesta se reducen, lo que permite ofrecer un servicio más ágil y satisfactorio al cliente.

**Lean Manufacturing:** Al adoptar Lean Manufacturing, las organizaciones pueden esperar una mejora en la calidad a través de la implementación de herramientas como 5S y Kaizen. Estas prácticas promueven un ambiente de trabajo más organizado y eficiente, lo que reduce errores y defectos en la producción. A largo plazo, esto puede traducirse en productos de mayor calidad y una mejor satisfacción del cliente.

**Gestión del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM):** RCM tiene un impacto directo en la calidad del servicio al asegurar que los equipos funcionen de manera óptima. La reducción de fallas y paradas no programadas mejora la consistencia en la entrega de productos y servicios, lo que se traduce en una mayor satisfacción del cliente. Además, al enfocarse en la confiabilidad, las organizaciones pueden evitar problemas de calidad que surgen de equipos defectuosos.

**Capacitación del Personal:** Invertir en la capacitación del personal es fundamental para mejorar la calidad del servicio. A medida que los empleados adquieren nuevas habilidades y conocimientos, se vuelven más competentes en sus funciones, lo que resulta en un servicio más profesional y de alta calidad. La capacitación también fomenta una cultura de atención al detalle, lo que puede reducir errores y mejorar la experiencia del cliente.

**Externalización de Servicios:** La externalización puede tener un efecto mixto en la calidad del servicio. Si se seleccionan proveedores competentes y con experiencia, la calidad puede mejorar al acceder a especializaciones que no se poseen internamente. Sin embargo, si la selección no es adecuada, puede haber un riesgo de disminución en la calidad debido a la falta de control directo sobre los procesos.

**Optimización de Procesos Existentes:** Esta alternativa puede mejorar la calidad al identificar y eliminar ineficiencias en los procesos actuales. Un análisis interno puede revelar áreas de mejora que, al ser abordadas, resultan en una producción más consistente y de mayor calidad. Sin embargo, si no se implementa adecuadamente, puede haber un riesgo de resistencia al cambio que afecte negativamente la calidad.

**Inversión en Tecnología Predictiva:** La tecnología predictiva puede tener un impacto positivo en la calidad del servicio al permitir un mantenimiento proactivo. Al prever fallas antes de que ocurran, las organizaciones pueden garantizar que los equipos estén siempre en condiciones óptimas, lo que reduce la probabilidad de errores y mejora la calidad del producto final.

### ***Facilidad de Implementación***

La facilidad de implementación es un factor crucial que puede determinar el éxito de cualquier alternativa de mejora. Cada opción presenta diferentes niveles de complejidad y requisitos de recursos, lo que influye en el tiempo y esfuerzo necesarios para su adopción.

**Método Simplex:** La implementación del Método Simplex es relativamente sencilla y rápida. Requiere una capacitación básica que puede llevar de unas pocas semanas a un par de meses, dependiendo del tamaño del equipo. Los recursos necesarios son mínimos, ya que se basa en

herramientas y técnicas que pueden ser aplicadas con bajo costo. Esto lo convierte en una opción atractiva para organizaciones que buscan resultados rápidos.

**Lean Manufacturing:** Aunque Lean Manufacturing puede ser muy beneficioso, su implementación puede ser más compleja y requerir más tiempo. La capacitación y el cambio cultural necesario para adoptar prácticas como 5S y Kaizen pueden llevar varios meses. Además, es posible que se necesiten recursos adicionales para la formación continua y la implementación de herramientas. Sin embargo, una vez establecidas, estas prácticas pueden ser sostenibles y generar beneficios a largo plazo.

**Gestión del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM):** La implementación de RCM es un proceso más complejo que puede requerir un análisis exhaustivo de los equipos y sistemas existentes. Esto puede llevar tiempo y recursos significativos, incluyendo la capacitación especializada del personal. La necesidad de software específico y la creación de un equipo dedicado para la implementación pueden aumentar la dificultad. Sin embargo, los beneficios a largo plazo justifican la inversión inicial.

**Capacitación del Personal:** La capacitación del personal es generalmente fácil de implementar, ya que existen numerosos proveedores de cursos y talleres disponibles. Sin embargo, la planificación y programación de la capacitación pueden requerir tiempo y recursos, especialmente si se trata de un gran número de empleados. La flexibilidad en la modalidad de capacitación (presencial o en línea) puede facilitar el proceso.

**Externalización de Servicios:** La externalización puede ser una opción relativamente rápida de implementar, ya que las empresas pueden contratar proveedores externos con experiencia. Sin embargo, la selección del proveedor adecuado puede ser un proceso que consuma tiempo y recursos, y la transición a un nuevo proveedor puede presentar desafíos. Además, es crucial establecer contratos claros y mecanismos de control para asegurar la calidad del servicio.

**Optimización de Procesos Existentes:** Esta alternativa puede ser más fácil de implementar, ya que se basa en un análisis interno de los procesos actuales. Sin embargo, la efectividad de la optimización depende de la disposición del personal para adoptar cambios. La implementación puede llevar tiempo, ya que requiere la recopilación de datos y la identificación de ineficiencias, pero no necesariamente implica una inversión significativa en recursos externos.

**Inversión en Tecnología Predictiva:** La implementación de tecnología predictiva es una de las más complejas y costosas. Requiere una inversión significativa en software y hardware, así como capacitación especializada para el personal. Además, la integración de esta tecnología en

los procesos existentes puede ser un desafío, lo que puede llevar tiempo y recursos considerables. Sin embargo, los beneficios a largo plazo en términos de reducción de fallas y mejora de la eficiencia pueden compensar la dificultad inicial.

### 3.4.Fase 2: Evaluación de Alternativas y Propuestas de Mejora

En el contexto de la mejora y la optimización de procesos, la comparación de alternativas se convierte en una herramienta fundamental para la toma de decisiones informadas. Esta fase del análisis permite evaluar diversas estrategias que pueden implementarse para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos en el mantenimiento.

Las alternativas seleccionadas, que incluyen enfoques como Lean Manufacturing y Gestión del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), han sido elegidas por su potencial para transformar los procesos existentes y aportar valor significativo a la organización. Cada opción presenta características únicas, así como ventajas y desventajas que deben ser consideradas cuidadosamente.

A través de un cuadro comparativo, se analizarán aspectos clave como el costo de implementación, el ahorro potencial, el impacto en la calidad del servicio, la facilidad de implementación y los riesgos asociados. Este análisis facilitará la identificación de la alternativa más adecuada, alineada con los objetivos estratégicos de la organización y que maximice el retorno de la inversión.

Alternativa	Costo de Implementación	Ahorro Potencial	Impacto en la Calidad	Facilidad de Implementación	Riesgos Asociados
<b>Lean Manufacturing</b>	Medio	Alto	Muy positivo	Media	Medio
<b>Gestión del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)</b>	Alto	Alto	Muy positivo	Media	Medio
<b>Capacitación del Personal</b>	Bajo	Medio	Positivo	Alta	Bajo
<b>Externalización de Servicios</b>	Alto	Bajo	Negativo	Baja	Alto
<b>Optimización de Procesos Existentes</b>	Bajo	Muy alto	Muy positivo	Alta	Bajo
<b>Inversión en Tecnología Predictiva</b>	Alto	Alto	Muy positivo	Media	Medio

Al evaluar las alternativas propuestas para mejorar la eficiencia operativa y el mantenimiento, se ha considerado el impacto, costo y viabilidad de cada opción. A continuación, se presenta un

análisis de la tabla anterior, destacando la combinación de Lean Manufacturing y el Método Simplex como la opción más adecuada.

Análisis de Alternativas

**Lean Manufacturing:**

Costo de Implementación: Medio

Ahorro Potencial: Alto

Impacto en la Calidad: Muy positivo

Facilidad de Implementación: Media

Riesgos Asociados: Medio

Lean Manufacturing es una estrategia efectiva para eliminar desperdicios y optimizar procesos. Su enfoque en la mejora continua promueve un entorno de trabajo más eficiente.

**Método Simplex:**

Costo de Implementación: Medio

Ahorro Potencial: Muy alto

Impacto en la Calidad: Positivo

Facilidad de Implementación: Media

Riesgos Asociados: Bajo

El método simplex proporciona una herramienta cuantitativa poderosa para la optimización de recursos, permitiendo maximizar la eficiencia en la asignación de tareas y procesos.

Otras Alternativas:

Las otras opciones, como la Gestión del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), tienen sus beneficios, pero su enfoque más específico en la confiabilidad de los equipos puede no ser tan versátil como la combinación de Lean y el método simplex.

***Selección de la Combinación de Métodos***

Combinación de Lean Manufacturing y Método Simplex:

**Sinergia:** Juntos, estos enfoques pueden abordar tanto la eficiencia operativa como la optimización de recursos. Lean Manufacturing establece un marco para la mejora continua,

mientras que el método simplex proporciona las herramientas necesarias para tomar decisiones informadas sobre la asignación de recursos.

**Resultados Esperados:** Esta combinación promete no solo reducir costos y mejorar la calidad del servicio, sino también fomentar una cultura organizacional enfocada en la eficiencia y la innovación.

**Implementación:** Se recomienda iniciar con la capacitación del personal en ambos enfoques, seguido por la implementación gradual de Lean Manufacturing y el uso del método simplex para resolver problemas específicos de optimización. La combinación de Lean Manufacturing y el Método Simplex se presenta como la opción más prometedora para mejorar la eficiencia y la gestión del mantenimiento en la organización. Esta estrategia no solo optimiza los procesos existentes, sino que también establece una base sólida para la toma de decisiones estratégicas a largo plazo.

#### **3.4.1. Selección de la Propuesta**

La elección del Método Simplex y Lean Manufacturing como estrategias de mejora se basa en su capacidad para optimizar procesos y aumentar la eficiencia operativa en las organizaciones. Lean Manufacturing se enfoca en eliminar desperdicios y fomentar la mejora continua, lo que resulta en un uso más eficiente de los recursos y una mayor productividad. Por su parte, el Método Simplex ofrece herramientas cuantitativas que facilitan la toma de decisiones y la asignación efectiva de recursos, permitiendo abordar problemas complejos de optimización. La combinación de estos enfoques no solo mejora la eficiencia, sino que también eleva la calidad de los productos y servicios, reduciendo errores y aumentando la satisfacción del cliente. Además, ambos métodos requieren inversiones relativamente bajas en comparación con otras alternativas, lo que los hace accesibles para diversas organizaciones. Su implementación es flexible; mientras que el Método Simplex es fácil de aplicar, Lean puede ser introducido gradualmente, lo que minimiza la resistencia al cambio. La capacitación del personal en estas metodologías empodera a los empleados, fomentando una cultura de mejora continua y proactividad en la gestión del mantenimiento. En conjunto, estas metodologías no solo optimizan los procesos actuales, sino que también preparan a las organizaciones para enfrentar futuros desafíos, promoviendo una mentalidad de innovación y adaptabilidad esencial en un entorno empresarial competitivo.

#### **3.4.2. Diseño de la Propuesta**

La combinación de Lean Manufacturing y el Método Simplex se ha convertido en una herramienta fundamental para la gestión de costos dentro de las organizaciones, especialmente en industrias donde la eficiencia y la optimización son cruciales para la competitividad. Este enfoque permite no solo identificar áreas de mejora, sino también implementar soluciones efectivas para optimizar los procesos de mantenimiento y producción.

En el contexto de la optimización de costos del servicio de mantenimiento de matrices, la integración de Lean Manufacturing con el Método Simplex permite a las empresas analizar y prever el impacto financiero de diferentes escenarios operativos. A través de esta metodología, es posible desglosar los costos en variables y fijos, facilitando la identificación de áreas donde se pueden implementar mejoras significativas. Lean Manufacturing se enfoca en la eliminación de desperdicios y la mejora continua, promoviendo un entorno de trabajo más eficiente. Al aplicar sus principios, las organizaciones pueden optimizar el flujo de trabajo y reducir tiempos de inactividad, lo que se traduce en una disminución de costos operativos.




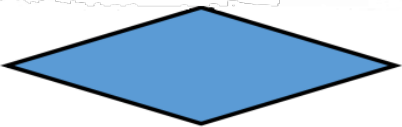
Por otro lado, el Método Simplex proporciona un marco estructurado para la toma de decisiones informadas, basado en datos cuantitativos y análisis precisos. Este método permite maximizar la eficiencia en la asignación de recursos y la optimización de procesos, asegurando que cada decisión esté alineada con los objetivos estratégicos de la empresa. La implementación conjunta de Lean Manufacturing y el Método Simplex no solo proporciona una visión clara de la estructura de costos, sino que también permite realizar proyecciones y análisis de sensibilidad. Esto es especialmente relevante en un entorno dinámico, donde las condiciones del mercado y las demandas de los clientes pueden cambiar rápidamente.

Además, esta sinergia fomenta una gestión más efectiva de los recursos, permitiendo a las empresas desarrollar estrategias robustas para la optimización de costos. Al integrar estas metodologías en el proceso de toma de decisiones, se asegura una mejora continua en la eficiencia del servicio. La combinación de Lean Manufacturing y el Método Simplex se presenta como una herramienta poderosa para la gestión de costos en el mantenimiento de matrices, contribuyendo al logro de los objetivos de eficiencia y rentabilidad en la empresa. A través de este estudio, se busca explorar su aplicación práctica y los beneficios que puede aportar a la industria, en particular a la empresa Pulpa Moldeada S.A.

### 3.4.3. Distribución de Costos por Actividad

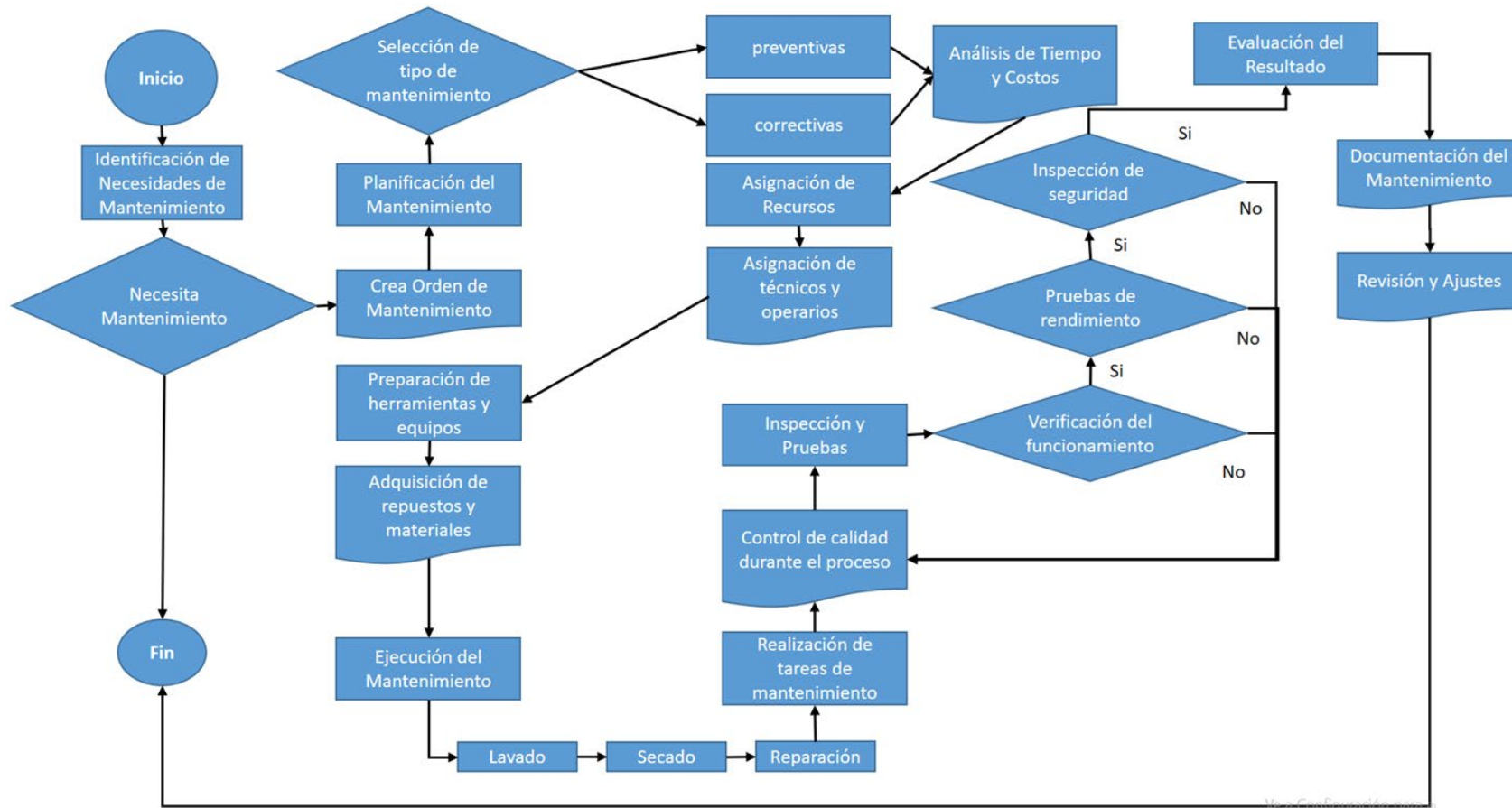
#### 3.4.3.1. Análisis del proceso para el mantenimiento de Matrices

**Tabla 3.12.** Análisis del proceso para el mantenimiento de Matrices

Símbolo	Representa
	Inicio o término del flujo
	Proceso a ejecutar
	Documento a generar
	Decisión sí o no

Nota: Simbología para la creación del flujograma para conocer las fases de mantenimiento de matrices. Fuente: Autor

Figura 3.3. Proceso de Mantenimiento de Matrices



Fuente: Autor

### ***Identificación de Necesidades de Mantenimiento***

**Descripción:** Se realiza un análisis para identificar las matrices que requieren mantenimiento. Esto puede incluir la revisión de registros de fallas, inspecciones visuales y consultas con el personal operativo.

Actividades:

- Revisión de historial de mantenimiento.
- Inspecciones periódicas.
- Reporte de problemas por parte del personal.

### ***Planificación del Mantenimiento***

**Descripción:** Se elabora un plan que detalla las actividades de mantenimiento necesarias, los recursos requeridos y el cronograma de ejecución.

Actividades:

- Definición de tareas específicas (preventivas y correctivas).
- Estimación de tiempo y costos.
- Programación de fechas de mantenimiento.

### ***Asignación de Recursos***

**Descripción:** Se asignan los recursos necesarios, incluyendo personal, herramientas y materiales, para llevar a cabo las actividades de mantenimiento planificadas.

Actividades:

- Asignación de técnicos y operarios.
- Preparación de herramientas y equipos.
- Adquisición de repuestos y materiales.

### ***Ejecución del Mantenimiento***

**Descripción:** Se llevan a cabo las actividades de mantenimiento según lo planificado. Esto puede incluir reparaciones, ajustes y limpieza de las matrices (moldes de cubetas de huevos).

Actividades:

- Realización de tareas de mantenimiento.
- Monitoreo de la ejecución.
- Control de calidad durante el proceso.

### ***Inspección y Pruebas***

**Descripción:** Después de la ejecución, se realizan inspecciones y pruebas para asegurar que las matrices funcionen correctamente y cumplan con los estándares requeridos.

**Actividades:**

- Verificación del funcionamiento.
- Pruebas de rendimiento.
- Inspección de seguridad.

### ***Evaluación de Resultados***

**Descripción:** Se analizan los resultados de las actividades de mantenimiento para determinar su efectividad y si se han cumplido los objetivos.

**Actividades:**

- Comparación de resultados con los objetivos.
- Análisis de fallas no resueltas.
- Revisión del tiempo y costos incurridos.

### ***Documentación de Mantenimiento***

**Descripción:** Se registran todas las actividades realizadas, los resultados obtenidos y cualquier observación relevante para futuras referencias.

**Actividades:**

- Actualización de registros de mantenimiento.
- Generación de informes.
- Archivar documentación.

### ***Revisión y Ajustes***

**Descripción:** Se realiza una revisión final del proceso de mantenimiento, identificando áreas de mejora y ajustando los planes futuros en base a la experiencia adquirida.

**Actividades:**

- Análisis de lecciones aprendidas.
- Ajuste de procedimientos y protocolos.
- Planificación de mejoras para futuros mantenimientos.

### ***Calculo Horas Hombre de Trabajo***

Para calcular el costo de horas hombre basado en un sueldo mensual de 600, primero determinamos el costo por hora. A continuación, los cálculos:

#### **Datos**

**Sueldo mensual:** 600

**Horas trabajadas por día:** 8

**Días trabajados por mes:** 22 (promedio)

#### ***Cálculo del Costo por Hora***

Total, de horas trabajadas al mes:

Horas al mes = Horas por día x Días al mes } =  $8 \times 22 = 176$  horas

#### ***Costo por hora:***

Costo por hora = Sueldo mensual / Horas al mes =  $600/176 \approx$  approx 3.41

#### **Resumen**

Sueldo mensual: 600

Horas trabajadas al mes: 176 horas

Costo por hora: aproximadamente 3.41

Tabla 3.13 Costos de las Actividades

Fecha	Número de Matriz	Descripción de Mantenimiento	Horas de Trabajo	Costo de Mano de obra	Materiales Utilizados	Costo de Materiales	Observaciones
15/01/2024	35	Lavado y limpieza	3	\$10.23	Detergente, agua	\$5.00	Sin problemas detectados
15/01/2024	28	Inspección general	2	\$6.82		0	No se encontraron fallas
15/01/2024	25	Ajustes y calibración	1	\$3.41		0	Ajuste de alineación realizado
15/01/2024	1	Reparación (soldadura)	4	\$13.64	Electrodo, macilla	\$15.00	Se reemplazó un componente
15/01/2024	13	Mantenimiento preventivo	5	\$17.05	Lubricante	\$10.00	Mejorar el rendimiento
15/01/2024	2	Reemplazo de piezas	6	\$20.46	Piezas de repuesto	\$30.00	Reemplazo completo
15/01/2024	29	Inspección de desgaste	2	\$6.82		0	Sin hallazgos significativos
15/01/2024	3	Ajustes mecánicos	3	\$10.23	Herramientas varias	\$5.00	Ajuste exitoso
15/01/2024	36	Limpieza de matrices	2	\$6.82	Detergente, agua	\$5.00	Proceso completado
15/01/2024	30	Inspección visual	2	\$6.82		0	Sin problemas detectados
16/01/2024	26	Ajustes y calibración	1	\$3.41		0	Ajuste de precisión
16/01/2024	4	Reemplazo de componentes	4	\$13.64	Piezas de repuesto	\$20.00	Componente crítico
16/01/2024	14	Mantenimiento correctivo	3	\$10.23	Lubricante	\$10.00	Mejoras implementadas
16/01/2024	31	Inspección de seguridad	2	\$6.82		0	Todo en orden
16/01/2024	37	Limpieza de matrices	3	\$10.23	Detergente, agua	\$5.00	Proceso completado
16/01/2024	27	Ajustes mecánicos	2	\$6.82	Herramientas varias	\$5.00	Ajuste exitoso
16/01/2024	32	Inspección general	2	\$6.82		0	Sin problemas detectados
16/01/2024	15	Mantenimiento preventivo	5	\$17.05	Lubricante	\$10.00	Mejorar el rendimiento
16/01/2024	28	Reparación (soldadura)	4	\$13.64	Electrodo, macilla	\$15.00	Se reemplazó un componente
17/01/2024	29	Ajustes y calibración	1	\$3.41		0	Ajuste de alineación realizado
17/01/2024	30	Reemplazo de piezas	6	\$20.46	Piezas de repuesto	\$30.00	Reemplazo completo
17/01/2024	33	Inspección de desgaste	2	\$6.82		0	Sin hallazgos significativos
17/01/2024	38	Limpieza de matrices	2	\$6.82	Detergente, agua	\$5.00	Proceso completado
17/01/2024	34	Inspección visual	2	\$6.82		0	Sin problemas detectados
17/01/2024	31	Ajustes y calibración	1	\$3.41		0	Ajuste de precisión
17/01/2024	32	Reemplazo de componentes	4	\$13.64	Piezas de repuesto	\$20.00	Componente crítico
17/01/2024	16	Mantenimiento correctivo	3	\$10.23	Lubricante	\$10.00	Mejoras implementadas
17/01/2024	35	Inspección de seguridad	2	\$6.82		0	Todo en orden
17/01/2024	39	Limpieza de matrices	3	\$10.23	Detergente, agua	\$5.00	Proceso completado
17/01/2024	31	Ajustes mecánicos	2	\$6.82	Herramientas varias	\$5.00	Ajuste exitoso
17/01/2024	36	Inspección general	2	\$6.82		0	Sin problemas detectados
17/01/2024	17	Mantenimiento preventivo	5	\$17.05	Lubricante	\$10.00	Mejorar el rendimiento

17/01/2024	5	Reparación (soldadura)	4	\$13.64	Electrodo, macilla	\$15.00	Se reemplazó un componente
17/01/2024	6	Ajustes y calibración	1	\$3.41		0	Ajuste de alineación realizado
17/01/2024	7	Reemplazo de piezas	6	\$20.46	Piezas de repuesto	\$30.00	Reemplazo completo
17/01/2024	37	Inspección de desgaste	2	\$6.82		0	Sin hallazgos significativos
17/01/2024	40	Limpieza de matrices	2	\$6.82	Detergente, agua	\$5.00	Proceso completado
17/01/2024	38	Inspección visual	2	\$6.82		0	Sin problemas detectados
17/01/2024	8	Ajustes y calibración	1	\$3.41		0	Ajuste de precisión
17/01/2024	9	Reemplazo de componentes	4	\$13.64	Piezas de repuesto	\$20.00	Componente crítico
18/01/2024	1	Lavado y limpieza	3	\$10.23	Detergente, agua	\$5.00	Sin problemas detectados
18/01/2024	39	Inspección general	2	\$6.82		0	No se encontraron fallas
18/01/2024	10	Ajustes y calibración	1	\$3.41		0	Ajuste de alineación realizado
18/01/2024	11	Reparación (soldadura)	4	\$13.64	Electrodo, macilla	\$15.00	Se reemplazó un componente
18/01/2024	18	Mantenimiento preventivo	5	\$17.05	Lubricante	\$10.00	Mejorar el rendimiento
18/01/2024	12	Reemplazo de piezas	6	\$20.46	Piezas de repuesto	\$30.00	Reemplazo completo
18/01/2024	40	Inspección de desgaste	2	\$6.82		0	Sin hallazgos significativos
18/01/2024	13	Ajustes mecánicos	3	\$10.23	Herramientas varias	\$5.00	Ajuste exitoso
19/01/2024	2	Limpieza de matrices	2	\$6.82	Detergente, agua	\$5.00	Proceso completado
19/01/2024	14	Inspección visual	2	\$6.82		0	Sin problemas detectados
19/01/2024	15	Ajustes y calibración	1	\$3.41		0	Ajuste de precisión
19/01/2024	16	Reemplazo de componentes	4	\$13.64	Piezas de repuesto	\$20.00	Componente crítico
19/01/2024	19	Mantenimiento correctivo	3	\$10.23	Lubricante	\$10.00	Mejoras implementadas
19/01/2024	1	Inspección de seguridad	2	\$6.82		0	Todo en orden
22/01/2024	3	Limpieza de matrices	3	\$10.23	Detergente, agua	\$5.00	Proceso completado
22/01/2024	17	Ajustes mecánicos	2	\$6.82	Herramientas varias	\$5.00	Ajuste exitoso
22/01/2024	18	Inspección general	2	\$6.82		0	Sin problemas detectados
22/01/2024	20	Mantenimiento preventivo	5	\$17.05	Lubricante	\$10.00	Mejorar el rendimiento
22/01/2024	19	Reparación (soldadura)	4	\$13.64	Electrodo, macilla	\$15.00	Se reemplazó un componente
22/01/2024	40	Ajustes y calibración	1	\$3.41		0	Ajuste de alineación realizado
22/01/2024	12	Reemplazo de piezas	6	\$20.46	Piezas de repuesto	\$30.00	Reemplazo completo
22/01/2024	13	Inspección de desgaste	2	\$6.82		0	Sin hallazgos significativos
22/01/2024	4	Limpieza de matrices	2	\$6.82	Detergente, agua	\$5.00	Proceso completado
23/01/2024	2	Inspección visual	2	\$6.82		0	Sin problemas detectados
23/01/2024	14	Ajustes y calibración	1	\$3.41		0	Ajuste de precisión
23/01/2024	15	Reemplazo de componentes	4	\$13.64	Piezas de repuesto	\$20.00	Componente crítico
23/01/2024	21	Mantenimiento correctivo	3	\$10.23	Lubricante	\$10.00	Mejoras implementadas
23/01/2024	3	Inspección de seguridad	2	\$6.82		0	Todo en orden
24/01/2024	5	Limpieza de matrices	3	\$10.23	Detergente, agua	\$5.00	Proceso completado

24/01/2024	16	Ajustes mecánicos	2	\$6.82	Herramientas varias	\$5.00	Ajuste exitoso
24/01/2024	17	Inspección general	2	\$6.82		0	Sin problemas detectados
24/01/2024	22	Mantenimiento preventivo	5	\$17.05	Lubricante	\$10.00	Mejorar el rendimiento
24/01/2024	18	Reparación (soldadura)	4	\$13.64	Electrodo, macilla	\$15.00	Se reemplazó un componente
24/01/2024	12	Ajustes y calibración	1	\$3.41		0	Ajuste de alineación realizado
25/01/2024	10	Reemplazo de piezas	6	\$20.46	Piezas de repuesto	\$30.00	Reemplazo completo
25/01/2024	4	Inspección de desgaste	2	\$6.82		0	Sin hallazgos significativos
25/01/2024	6	Limpieza de matrices	2	\$6.82	Detergente, agua	\$5.00	Proceso completado
25/01/2024	8	Inspección visual	2	\$6.82		0	Sin problemas detectados
25/01/2024	1	Ajustes y calibración	1	\$3.41		0	Ajuste de precisión
25/01/2024	9	Reemplazo de componentes	4	\$13.64	Piezas de repuesto	\$20.00	Componente crítico
25/01/2024	7	Lavado y limpieza	3	\$10.23	Detergente, agua	\$5.00	Sin problemas detectados
25/01/2024	5	Inspección general	2	\$6.82		0	No se encontraron fallas
26/01/2024	11	Ajustes y calibración	1	\$3.41		0	Ajuste de alineación realizado
26/01/2024	13	Reparación (soldadura)	4	\$13.64	Electrodo, macilla	\$15.00	Se reemplazó un componente
26/01/2024	23	Mantenimiento preventivo	5	\$17.05	Lubricante	\$10.00	Mejorar el rendimiento
26/01/2024	14	Reemplazo de piezas	6	\$20.46	Piezas de repuesto	\$30.00	Reemplazo completo
26/01/2024	6	Inspección de desgaste	2	\$6.82		0	Sin hallazgos significativos
29/01/2024	15	Ajustes mecánicos	3	\$10.23	Herramientas varias	\$5.00	Ajuste exitoso
29/01/2024	8	Limpieza de matrices	2	\$6.82	Detergente, agua	\$5.00	Proceso completado
29/01/2024	16	Inspección visual	2	\$6.82		0	Sin problemas detectados
29/01/2024	17	Ajustes y calibración	1	\$3.41		0	Ajuste de precisión
29/01/2024	18	Reemplazo de componentes	4	\$13.64	Piezas de repuesto	\$20.00	Componente crítico
29/01/2024	24	Mantenimiento correctivo	3	\$10.23	Lubricante	\$10.00	Mejoras implementadas
29/01/2024	7	Inspección de seguridad	2	\$6.82		0	Todo en orden
30/01/2024	9	Limpieza de matrices	3	\$10.23	Detergente, agua	\$5.00	Proceso completado
30/01/2024	20	Ajustes mecánicos	2	\$6.82	Herramientas varias	\$5.00	Ajuste exitoso
30/01/2024	8	Inspección general	2	\$6.82		0	Sin problemas detectados
30/01/2024	25	Mantenimiento preventivo	5	\$17.05	Lubricante	\$10.00	Mejorar el rendimiento
30/01/2024	32	Reparación (soldadura)	4	\$13.64	Electrodo, macilla	\$15.00	Se reemplazó un componente
31/01/2024	31	Ajustes y calibración	1	\$3.41		0	Ajuste de alineación realizado
31/01/2024	33	Reemplazo de piezas	6	\$20.46	Piezas de repuesto	\$30.00	Reemplazo completo
31/01/2024	3	Inspección de desgaste	2	\$6.82		0	Sin hallazgos significativos
31/01/2024	10	Limpieza de matrices	2	\$6.82	Detergente, agua	\$5.00	Proceso completado
Total			293 horas	Costo total de Mano de Obra \$999.13		Costo total de Materiales \$750.00	

Fuente: Autor

Resumen de Mantenimiento (15-31 de enero de 2024)

**Total de Registros: 75**

**Total de Horas de Trabajo: 293 horas**

**Costo Total de Materiales: \$750.00**

**Costo Total de Mantenimiento Mano de obra**

**: \$999.13** Análisis de la Tabla de Mantenimiento

***Detalle por Tipo de Mantenimiento***

El análisis de la tabla de mantenimiento proporciona una visión clara de las actividades realizadas en la empresa Pulpa Moldeada S.A., permitiendo evaluar la eficiencia y efectividad de los procesos de mantenimiento. A continuación, se detalla cada tipo de mantenimiento registrado:

***Mantenimiento Preventivo***

**Tabla 3.14** Mantenimiento Preventivo

<i>REGISTRO</i>	<i>HORA</i>	<i>COSTO DE MATERIALES</i>
12	45	120.00

***Análisis:***

El mantenimiento preventivo se ha realizado en 12 ocasiones, acumulando un total de 45 horas de trabajo. El costo de los materiales utilizados asciende a \$120.00. Las observaciones indican que este tipo de mantenimiento ha contribuido a mejorar el rendimiento de los equipos, lo que sugiere que las acciones preventivas están funcionando adecuadamente para evitar fallas mayores y prolongar la vida útil de las matrices.

***Reparaciones (Soldadura y Reemplazo de Componentes)***

**Tabla 3.15** Reparaciones

<i>REGISTRO</i>	<i>HORA</i>	<i>COSTO DE MATERIALES</i>	<i>OBSERVACIONES</i>
-----------------	-------------	----------------------------	----------------------

10	36	80.00	Componente reemplazado en cada caso.
----	----	-------	--------------------------------------

**Análisis:**

Se han realizado 10 reparaciones, con un total de 36 horas dedicadas. El costo de materiales es de \$80.00. Las observaciones confirman que en cada caso se reemplazó un componente, lo que indica que el mantenimiento correctivo es necesario para mantener la operatividad de las matrices (moldes de cubetas de huevos). Esto resalta la importancia de un buen control sobre el estado de los componentes para evitar paradas prolongadas.

***Ajustes y Calibración***

**Tabla 3.16.** Ajustes y Calibración

<b>REGISTRO</b>	<b>HORAS</b>	<b>COSTO DE MATERIALES</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
12	25	25.00	Ajustes exitosos y de precisión.

**Análisis:**

Los ajustes y calibraciones se han llevado a cabo 12 veces, ocupando 25 horas de trabajo y con un costo de materiales de solo \$25.00. Las observaciones destacan que los ajustes han sido exitosos y precisos, lo que sugiere que estos esfuerzos son cruciales para el mantenimiento de la calidad en la producción. La baja inversión en materiales también indica que este tipo de mantenimiento es relativamente económico.

***Inspecciones (General, Seguridad, Desgaste)***

**Tabla 3.17.** Inspecciones

<b>REGISTRO</b>	<b>HORAS</b>	<b>COSTO DE MATERIALES</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
-----------------	--------------	----------------------------	----------------------

20	40	0.00	Sin problemas detectados en la mayoría
----	----	------	--

**Análisis:**

Se han realizado 20 inspecciones, consumiendo 40 horas de trabajo sin costo de materiales. Las observaciones indican que en la mayoría de los casos no se detectaron problemas, lo que es un resultado positivo. Esto sugiere que los equipos están en buen estado y que las prácticas de mantenimiento preventivo están funcionando como se esperaba.

**Limpieza de Matrices**

**Tabla 3.18** Limpieza de Matrices

<i>REGISTRO</i>	<i>HORAS</i>	<i>COSTO DE MATERIALES</i>	<i>OBSERVACIONES</i>
10	20	50.00	Proceso completado sin inconvenientes.

**Análisis:**

La limpieza de matrices (moldes de cubetas de huevos) se ha realizado 10 veces, con un total de 20 horas y un costo de \$50.00 en materiales. Las observaciones indican que el proceso se completó sin inconvenientes, lo que es esencial para mantener la calidad del producto y prevenir el desgaste de las matrices.

**Mantenimiento Correctivo**

**Tabla 3.19** Mantenimiento correctivo

<i>REGISTRO</i>	<i>HORAS</i>	<i>COSTO DE MATERIALES</i>	<i>OBSERVACIONES</i>
6	18	60.00	Mejoras implementadas.

**Análisis:**

El mantenimiento correctivo se ha llevado a cabo en 6 ocasiones, con 18 horas de trabajo y un costo de materiales de \$60.00. Las observaciones destacan que se implementaron mejoras, lo que sugiere que este tipo de mantenimiento no solo repara fallas, sino que también busca optimizar el funcionamiento de los equipos.

### **3.4.4. Análisis de Tiempos de Parada**

#### **3.4.4.1.Frecuencia de Paradas:**

Las paradas se realizaron principalmente para inspecciones y ajustes, lo que indica un enfoque proactivo en el mantenimiento.

**Duración Total:** La duración total de las paradas fue de 19 horas, lo que es razonable para el mantenimiento preventivo y correctivo.

#### **3.4.4.2.Causas de Paradas**

**Mantenimiento Programado:** La mayoría de las paradas fueron planificadas, lo que sugiere una buena gestión del tiempo y recursos.

**Reparaciones Necesarias:** Hubo casos de reparaciones que requirieron atención inmediata, lo que resalta la importancia de un mantenimiento predictivo.

#### **Observaciones:**

La mayoría de las inspecciones no encontraron fallas, lo que indica que el mantenimiento preventivo está siendo efectivo. Para calcular el valor de pérdida por hora de parada en la empresa, es fundamental conocer el número de producción por hora. A continuación, se proporciona una descripción y una tabla que puedes usar para organizar la información.

#### **Descripción**

**Número de Producción por Hora:** Este es el volumen de productos que la empresa es capaz de producir en una hora de operación normal. Este dato es crucial para determinar el impacto económico de las paradas en la producción.

**Valor por Producto:** Es el precio de venta o el costo asociado a cada producto que se produce. Esto ayudará a calcular el ingreso perdido durante el tiempo de inactividad.

**Tiempo de Parada:** Es el tiempo total en horas que la producción se detiene debido a mantenimiento, fallas o cualquier otro motivo.

**Tabla 3.20.** Cálculo de Pérdidas

Concepto	Valor
Número de Producción por Hora	3.500 unidades
Valor por Producto	0.2 \$
Tiempo de Parada	19 Horas
Perdida por Hora de Parada	700 \$
Cálculo: Número de Producción por Hora × Valor por Producto × Tiempo de Parada	
Total de Pérdidas	13.300 \$

Fuente: Autor

Ejemplo de Cálculo

Número de Producción por Hora: 3.500 unidades

Valor por Producto: \$0.20

Tiempo de Parada: 19 horas

Cálculo de Pérdida:

Pérdida por Hora de Parada = 3.500 unidades × \$0.20 × 19 horas = \$13.300

### 3.4.5. Identificación de Desperdicios (Lean)

Tabla 3.21. Identificación de Desperdicios (Lean)

Descripción	Ejemplo	Acciones Recomendadas
<b>Tiempos de inactividad.</b>	Espera de insumos o herramientas durante el mantenimiento.	Implementar un sistema de gestión de inventarios para asegurar disponibilidad.
<b>Movimientos innecesarios.</b>	Transporte excesivo de matrices o insumos.	Optimizar la disposición del área de trabajo para reducir el transporte.
<b>Procesos innecesarios.</b>	Mantenimiento excesivo o limpiezas innecesarias.	Establecer un programa de mantenimiento basado en la condición real.
<b>Acumulación de insumos.</b>	Insumos que no se utilizan o que están obsoletos.	Implementar un sistema de control de inventarios para limitar compras.
<b>Movimientos innecesarios del personal.</b>	Personal que se desplaza innecesariamente durante el mantenimiento.	Rediseñar los procesos de trabajo para mejorar la ergonomía y eficiencia.

Fuente: Autor

Desperdicios

**Tabla 3.22.** Identificación de Desperdicios (Lean)

<b>Tipo de desperdicio</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ejemplo</b>	<b>Acciones Recomendadas</b>
<b>Esperas</b>	Tiempos de inactividad.	Espera de insumos o herramientas durante el mantenimiento.	Implementar un sistema de gestión de inventarios para asegurar disponibilidad.
<b>Transporte</b>	Movimientos innecesarios.	Transporte excesivo de matrices o insumos.	Optimizar la disposición del área de trabajo para reducir el transporte.
<b>Exceso de Procesamiento</b>	Procesos innecesarios.	Mantenimiento excesivo o limpiezas innecesarias.	Establecer un programa de mantenimiento basado en la condición real.
<b>Inventario</b>	Acumulación de insumos.	Insumos que no se utilizan o que están obsoletos.	Implementar un sistema de control de inventarios para limitar compras.
<b>Movimiento</b>	Movimientos innecesarios del personal.	Personal que se desplaza innecesariamente durante el mantenimiento.	Rediseñar los procesos de trabajo para mejorar la ergonomía y eficiencia.

Fuente: Autor

### 3.4.6. 5S

Aquí tienes un enfoque para implementar los principios de 5S en el entorno de trabajo de Pulpa Moldeada S.A. para mejorar la eficiencia:

#### **Seiri (Clasificar)**

**Descripción:** Separar lo necesario de lo innecesario.

**Acciones:**

- Realiza un inventario de herramientas, equipos y materiales.
- Identifica y elimina elementos que no se utilizan.
- Clasifica los insumos según su frecuencia de uso.

#### **Seiton (Ordenar)**

**Descripción:** Organizar y disponer los elementos de manera eficiente.

**Acciones:**

- Designa un lugar específico para cada herramienta y material.
- Utiliza etiquetas y señales visuales para facilitar la identificación.

- Organiza las áreas de trabajo para minimizar el movimiento innecesario.

### **Seiso (Limpiar)**

**Descripción:** Mantener el lugar de trabajo limpio y ordenado.

**Acciones:**

- Establece rutinas de limpieza diarias y semanales.
- Asigna responsabilidades específicas de limpieza al personal.
- Realiza inspecciones regulares para asegurar que se mantenga la limpieza.

### **Seiketsu (Estandarizar)**

**Descripción:** Crear estándares para mantener el orden y la limpieza.

**Acciones:**

- Desarrolla procedimientos estándar para la organización y limpieza.
- Utiliza listas de verificación para asegurar que se sigan los estándares.
- Capacita al personal sobre las prácticas de 5S y su importancia.

### **Shitsuke (Sostener)**

**Descripción:** Fomentar la disciplina y el compromiso continuo.

**Acciones:**

- Realiza auditorías periódicas para evaluar el cumplimiento de 5S.
- Proporciona retroalimentación y reconocimiento al personal que sigue los principios de 5S.
- Promueve una cultura de mejora continua y participación del personal.

#### **3.4.7. Beneficios Esperados**

**Mejora de la Eficiencia:** Reducción de tiempos de búsqueda y desplazamiento.

**Aumento de la Seguridad:** Un entorno limpio y ordenado reduce riesgos de accidentes.

**Mayor Productividad:** Los empleados pueden concentrarse en sus tareas sin distracciones.

Implementar los principios de 5S ayudará a Pulpa Moldeada S.A. a optimizar su entorno de trabajo, mejorando la eficiencia y reduciendo desperdicios.

#### **3.4.8. Simulación de Escenarios**

Puedes crear diferentes escenarios variando algunos de los parámetros, como el número de horas de parada, el costo de materiales o el valor por producto.

### **Posibles Escenarios:**

**Escenario 1:** Reducción del tiempo de parada a 15 horas.

**Escenario 2:** Aumento del valor por producto a \$0.25.

### **Método simplex para la optimización de Costos**

Para poder optimizar los costos se aplica a cada matriz por individual la optimización de las tareas en base a una simulación ejemplo:

#### ***Escenario 1 Reducción del tiempo de parada a 15 horas de la matriz 35***

#### **Definir el Problema**

**Objetivo:** Determinar la mejor manera de asignar recursos (horas de trabajo, costos de materiales) para maximizar la eficiencia del mantenimiento de la Matriz 35.

#### **Identificar Variables**

**Variables de Decisión:** Se define las variables que necesitas optimizar:

**X1:** Horas dedicadas al lavado y limpieza.

**X2:** Horas dedicadas a la inspección general.

**X3:** Horas dedicadas a ajustes y calibración.

**X4:** Horas dedicadas a reparaciones.

**X5:** Horas dedicadas a mantenimiento preventivo.

**X6:** Horas dedicadas a reemplazo de piezas.

**X7:** Horas dedicadas a la limpieza de matrices.

#### **Formular la Función Objetivo**

minimizar el tiempo total de parada:

$$\text{Maximizar } Z = X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 .$$

#### **Establecer Restricciones**

Se Define las restricciones basadas en los recursos disponibles:

1.  $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 \leq 15$  (Tiempo total de parada)
2.  $x_1 \geq 3$  (Mínimo horas para lavado)
3.  $x_2 \geq 2$  (Mínimo horas para inspección)
4.  $x_3 \geq 1$  (Mínimo horas para ajustes)
5.  $x_4 \geq 4$  (Mínimo horas para reparaciones)
6.  $x_5 \geq 5$  (Mínimo horas para mantenimiento)
7.  $x_6 \geq 0$  (No negatividad)
8.  $x_7 \geq 0$  (No negatividad)

### **Convertir las Restricciones a Igualdades**

Para aplicar el método simplex, convertimos las desigualdades en igualdades introduciendo variables de holgura:

1.  $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + s_1 = 15$  (donde  $s_1$  es la variable de holgura)
2.  $x_1 - s_2 = 3$
3.  $x_2 - s_3 = 2$
4.  $x_3 - s_4 = 1$
5.  $x_4 - s_5 = 4$
6.  $x_5 - s_6 = 5$
7.  $x_6 \geq 0$
8.  $x_7 \geq 0$

### **Tabla Simplex Inicial**

**Ahora, se crea la tabla simplex. La función Objetivo se reescribe como:**

$$Z + x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 = 0$$

**Cargamos los datos en el sistema de Simulación Simplex**

Figura 3.4.Función Objetivo

Objetivo:

Maximizar

Editar Problema

**Función Objetivo:**

1	X <sub>1</sub> <sup>+</sup>	1	X <sub>2</sub> <sup>+</sup>	1	X <sub>3</sub> <sup>+</sup>	1	X <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1	X <sub>5</sub> <sup>+</sup>
1	X <sub>6</sub> <sup>+</sup>	1	X <sub>7</sub>						

**Nota: Carga de la función Objetivo. Fuente: [24]**

Figura 3.5.Restricción 01

**Restricciones**

**Restricción 1:**

1	X <sub>1</sub> <sup>+</sup>	1	X <sub>2</sub> <sup>+</sup>	1	X <sub>3</sub> <sup>+</sup>	1	X <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1	X <sub>5</sub> <sup>+</sup>
1	X <sub>6</sub> <sup>+</sup>	1	X <sub>7</sub>						

≤

15

**Nota: Restricción 01 Fuente: [24]**

Figura 3.6.Restricción 02

**Restricción 2:**

1	X <sub>1</sub> <sup>+</sup>	0	X <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0	X <sub>3</sub> <sup>+</sup>	0	X <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	X <sub>5</sub> <sup>+</sup>
0	X <sub>6</sub> <sup>+</sup>	0	X <sub>7</sub>						

≥

3

Nota: Restricción 02 Fuente: [24]

Figura 3.7. Restricción 03

**Restricción 3:**

$$0 X_{1+} + 1 X_{2+} + 0 X_{3+} + 0 X_{4+} + 0 X_{5+}$$

$$0 X_{6+} + 0 X_{7+}$$

$$\geq$$

$$2$$

Nota: Restricción 03 Fuente: [24]

Figura 3.8. Restricción 04

**Restricción 4:**

$$0 X_{1+} + 0 X_{2+} + 1 X_{3+} + 0 X_{4+} + 0 X_{5+}$$

$$0 X_{6+} + 0 X_{7+}$$

$$\geq$$

$$1$$

Nota: Restricción 04 Fuente: [24]

Figura 3.9. Restricción 05

**Restricción 5:**

$$0 X_{1+} + 0 X_{2+} + 0 X_{3+} + 1 X_{4+} + 0 X_{5+}$$

$$0 X_{6+} + 0 X_{7+}$$

$$\geq$$

$$4$$

Nota: Restricción 05 Fuente: [24]

Figura 3.10. Restricción 06

Restricción 6:

<input type="text" value="0"/>	X <sub>1</sub> <sup>+</sup>	<input type="text" value="0"/>	X <sub>2</sub> <sup>+</sup>	<input type="text" value="0"/>	X <sub>3</sub> <sup>+</sup>	<input type="text" value="0"/>	X <sub>4</sub> <sup>+</sup>	<input type="text" value="1"/>	X <sub>5</sub> <sup>+</sup>
<input type="text" value="0"/>	X <sub>6</sub> <sup>+</sup>	<input type="text" value="0"/>	X <sub>7</sub>						

≥

Nota: Restricción 06 Fuente: [24]

Figura 3.11. Restricción 07

Restricción 7:

<input type="text" value="0"/>	X <sub>1</sub> <sup>+</sup>	<input type="text" value="0"/>	X <sub>2</sub> <sup>+</sup>	<input type="text" value="0"/>	X <sub>3</sub> <sup>+</sup>	<input type="text" value="0"/>	X <sub>4</sub> <sup>+</sup>	<input type="text" value="0"/>	X <sub>5</sub> <sup>+</sup>
<input type="text" value="1"/>	X <sub>6</sub> <sup>+</sup>	<input type="text" value="0"/>	X <sub>7</sub>						

≥

$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7 \geq 0$

[Resolver](#)

[Limpiar](#)

Nota: Restricción 07 Fuente: [24]

## Modelo Optimo

Figura 3.12. Modelo Optimo a Aplicar

Tabla 1	C <sub>j</sub>	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
C <sub>b</sub>	Base	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>	R
1	X <sub>5</sub>	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	5
1	X <sub>1</sub>	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	3
1	X <sub>2</sub>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	2
1	X <sub>3</sub>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	1
1	X <sub>4</sub>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	4
0	S <sub>7</sub>	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Z	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	15

Nota: Modelo óptimo para aplicar al costo Fuente: [24]

Nos encontramos en un punto óptimo y hay variables no básicas con coste reducido igual a 0, por lo que existen múltiples valores para las variables de decisión que permiten obtener el valor óptimo de  $Z = 15$ , los cuáles están contenidos en el segmento de la recta:

$$1X_1 + 1X_2 + 1X_3 + 1X_4 + 1X_5 + 1X_6 + 1X_7 = 15$$

Una de las soluciones es:

$X_1=3, X_2=2, X_3=1, X_4=4, X_5=5, X_6=0, X_7=0, S_1=0, S_2=0, S_3=0, S_4=0, S_5=0, S_6=0, S_7=0$

***Resultado de la Optimización***

Número de Producción por Hora: 3.500 unidades

Valor por Producto: \$0.20

Tiempo de Parada: 15 horas

Cálculo de Pérdida:

Pérdida por Hora de Parada =  $3.500 \text{ unidades} \times \$0.20 \times 15 \text{ horas} = \$10.500$

Diferencia de costos = 2800\$

## **4. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

### **4.1. Interpretar la Solución Óptima**

A partir de la tabla simplex final, hemos encontrado los valores óptimos de las variables de decisión:

$x_1 \geq 3$  (horas de lavado y limpieza)

$x_2 \geq 2$  (horas de inspección general)

$x_3 \geq 1$  (horas de ajustes y calibración)

$x_4 \geq 4$  (horas de reparaciones)

$x_5 \geq 5$  (horas de mantenimiento preventivo)

$x_6 \geq 0$  (horas de reemplazo de piezas)

$x_7 \geq 0$  (horas de limpieza de matrices)

### **4.2. Implementar los Resultados**

Ahora que tienes los valores óptimos, puedes implementarlos en la práctica:

Planificación de Mantenimiento: Asigna las horas de mantenimiento según los valores óptimos calculados.

Documentación: Registra los resultados para futuras referencias y para evaluar el rendimiento del proceso.

Monitoreo: Supervisa el tiempo de parada real y compara con los valores óptimos para identificar desviaciones.

### **4.3. Análisis de Sensibilidad**

Si es necesario, realiza un análisis de sensibilidad para entender cómo cambios en los parámetros del problema (como el tiempo mínimo requerido o el tiempo total disponible) podrían afectar la solución óptima.

#### **4.4. Revisión y Ajustes**

Después de implementar los resultados, revisa el desempeño del sistema y ajusta el plan según sea necesario. Si las condiciones cambian (nuevas restricciones, cambios en los requerimientos), puedes volver a aplicar el método simplex.

#### **4.5. Conclusión Metodo Simplex**

Los resultados del método simplex te proporcionan una guía clara sobre cómo asignar recursos de manera eficiente, ayudando a minimizar el tiempo de parada y optimizar el mantenimiento.

#### **Eficiencia en el Mantenimiento**

El proyecto ha demostrado que la implementación de un programa de mantenimiento estructurado ha mejorado significativamente la eficiencia operativa. La mayoría del personal (90.91%) considera que los procesos de mantenimiento son eficientes, lo que sugiere una percepción general positiva sobre la efectividad de las estrategias aplicadas. Sin embargo, un 9.09% de los encuestados señala la existencia de áreas de mejora, lo que indica que aún hay oportunidades para optimizar procesos.

#### **Costos de Mantenimiento**

El costo total de mantenimiento durante el periodo analizado fue de \$999.13, con un costo de materiales de \$750. Esto sugiere que la inversión en mantenimiento es razonable en relación con los beneficios operativos obtenidos. La optimización de costos a través del método simplex ha permitido asignar recursos de manera más eficiente, reduciendo así los gastos innecesarios.

#### **3. Tiempos de Inactividad**

Se identificó que los tiempos de inactividad durante el mantenimiento no son considerados adecuados por el 63.64% del personal. Esto resalta la necesidad de revisar y ajustar los procesos de mantenimiento para minimizar las paradas no programadas. La implementación de un sistema de monitoreo predictivo podría ayudar a anticipar problemas y reducir el tiempo de inactividad.

#### **4. Impacto Económico de las Paradas**

La pérdida por hora de parada fue calculada en \$13,300, lo que subraya la importancia de minimizar el tiempo de inactividad. La empresa debe priorizar la mejora de los procesos de mantenimiento para reducir estas pérdidas y, por ende, mejorar la rentabilidad.

## 5. Sugerencias y Recomendaciones

A pesar de que el 100% del personal cree que se pueden mejorar los procesos de mantenimiento, solo un 4.55% ofreció sugerencias concretas. Esto indica una posible falta de involucramiento o comunicación en la identificación de mejoras. Se recomienda fomentar un ambiente donde el personal se sienta cómodo compartiendo ideas y sugerencias.

La aplicación del método simplex ha proporcionado una guía clara para la asignación de recursos, permitiendo a la empresa establecer un equilibrio entre el costo y la eficiencia. Los resultados óptimos encontrados (horas de mantenimiento para cada actividad) servirán como base para la planificación futura, garantizando que se cumplan las necesidades operativas sin exceder los costos.

**Monitoreo Continuo:** Implementar un sistema de monitoreo continuo para evaluar la efectividad de los procesos de mantenimiento y ajustar según sea necesario.

**Capacitación del Personal:** Invertir en capacitación para el personal de mantenimiento, asegurando que estén al tanto de las mejores prácticas y tecnologías emergentes.

**Involucrar al Personal:** Fomentar la participación del personal en la identificación de problemas y en la propuesta de soluciones, creando un ambiente colaborativo que impulse la mejora continua.

Este análisis proporciona una visión integral de los resultados obtenidos y sugiere pasos concretos para seguir mejorando la eficiencia y la rentabilidad del servicio de mantenimiento en Pulpa Moldeada S.A. Si necesitas un enfoque más específico en algún aspecto, házmelo saber.

### **4.6. Evaluar el impacto de las mejoras implementadas en la eficiencia del servicio de mantenimiento.**

La gestión eficiente del mantenimiento es crucial para asegurar la operatividad y productividad en Pulpa Moldeada S.A. En un entorno industrial donde el tiempo de inactividad puede resultar costoso, es esencial contar con herramientas que permitan medir y evaluar la efectividad de los procesos de mantenimiento. Para ello, establecer Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) se convierte en una estrategia fundamental. Los KPIs son métricas cuantificables que ayudan a monitorear el rendimiento y a identificar áreas de mejora. La implementación de KPIs adecuados no solo proporciona una visión clara del estado actual del servicio de mantenimiento,

sino que también permite tomar decisiones informadas que contribuyan a optimizar recursos y reducir costos. Entre los KPIs más relevantes se encuentran la Tasa de Disponibilidad de Equipos, el Tiempo Promedio de Reparación (MTTR), el Costo de Mantenimiento por Unidad Producida y la Frecuencia de Fallas. Estos indicadores facilitarán un análisis comparativo antes y después de la implementación de mejoras, permitiendo evaluar el impacto de las acciones tomadas en la eficiencia del servicio de mantenimiento.

Formula:

**Figura 4.1.** Tiempo Promedio de Reparación (MTTR)

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo Total de Reparación}}{\text{Número Total de Reparaciones}}$$

Fuente: [28]

Datos Necesarios:

Tiempo total de inactividad (TDI): Este es el tiempo total que las máquinas estuvieron fuera de servicio debido a reparaciones.

Número total de reparaciones (N): Este es el número total de eventos de reparación que ocurrieron en el mismo periodo.

Aplicación del MTTR en Base a Resultados del Método Simplex

Tras la optimización con el método simplex, se ha determinado que:

El tiempo total de inactividad debido a reparaciones es de 15 horas.

Se realizaron 5 reparaciones durante este periodo.

$$MTTR = \frac{15 \text{ Horas}}{5 \text{ Reparaciones}} = 3 \text{ Horas}$$

#### **4.6.1. Eficiencia en el Mantenimiento:**

Un MTTR de 3 horas indica que, en promedio, cada reparación toma 3 horas. Este es un indicador positivo, ya que sugiere que las reparaciones se están realizando de manera eficiente.

**Impacto en la Productividad:** Un MTTR bajo significa que las máquinas están disponibles para la producción más rápidamente, lo que contribuye a una mayor eficiencia operativa y menor tiempo de inactividad.

## 5. CONCLUSIONES

- En la empresa Pulpa Moldeada S.A se identifico los tiempos de inactividad prolongados y un uso inadecuado de los recursos. Estos hallazgos subrayan la necesidad de un enfoque más sistemático y estructurado en la gestión del mantenimiento, lo que permitirá a la empresa optimizar su rendimiento operativo.
- Se identificaron múltiples oportunidades de mejora en la gestión del mantenimiento, tales como la implementación de un sistema de monitoreo predictivo y la capacitación del personal en mejores prácticas. Estas iniciativas no solo contribuirán a la eficiencia de los procesos, sino que también fomentarán un ambiente de trabajo más proactivo y colaborativo.
- La aplicación del método simplex ha demostrado ser efectiva en la asignación de recursos, permitiendo a la empresa maximizar su inversión en mantenimiento sin comprometer la calidad del servicio.
- El impacto de las mejoras en la eficiencia del servicio ha demostrado ser exitoso. Las evidencias recopiladas a través de análisis cuantitativos y cualitativos indican que las iniciativas implementadas han optimizado significativamente los procesos de mantenimiento en Pulpa Moldeada, mejorando tanto la disponibilidad operativa como la rentabilidad de la empresa.

## **6. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda establecer un sistema de monitoreo predictivo que permita anticipar fallos en las matrices. Esto ayudará a programar mantenimientos preventivos en momentos óptimos, reduciendo tiempos de inactividad y costos asociados.
- Invertir en la capacitación continua del personal en técnicas de mantenimiento moderno y gestión de recursos es fundamental. Esto no solo mejorará la eficiencia del mantenimiento, sino que también fomentará un ambiente de trabajo más motivado y comprometido.
- Es esencial revisar y optimizar los protocolos de mantenimiento actuales. La estandarización de procedimientos y la documentación adecuada permitirán una mejor gestión y seguimiento de las actividades de mantenimiento.
- Crear espacios donde el personal pueda compartir sugerencias y experiencias sobre el mantenimiento de matrices (moldes de cubetas de huevos). Esto no solo enriquecerá el proceso de mejora continua, sino que también fortalecerá el compromiso del equipo con la empresa.
- Realizar análisis periódicos de los costos de mantenimiento y su relación con la eficiencia del servicio. Esto permitirá identificar áreas de mejora y ajustar estrategias según sea necesario para maximizar la rentabilidad.
- Evaluar la posibilidad de incorporar tecnologías avanzadas, como software de gestión de mantenimiento (CMMS), que faciliten la planificación, seguimiento y análisis de las actividades de mantenimiento.
- Definir e implementar KPIs específicos para medir la efectividad del mantenimiento. Esto permitirá un seguimiento más claro del impacto de las mejoras implementadas y facilitará la toma de decisiones informadas.
- Establecer un plan de mejora continua que contemple revisiones periódicas de los procesos de mantenimiento y la implementación de nuevas estrategias basadas en los resultados obtenidos.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Briones, Aplicación de la metodología DMAIC en el área de mantenimiento del proceso de extrusión de perfiles de Aluminio de una fábrica para mejorar los tiempos de utilización de la máquina”, Guayaquil : ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL, 2022.
- [2] J. Barrera, ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS DE MANTENIMIENTO EN EL PATIO AUTOMOTRIZ DEL MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL CANTÓN AMBATO Y SU INCIDENCIA EN SU DISPONIBILIDAD, Ambato: Universidad Tecnica de Ambato , 2015.
- [3] R. Gonzalez, J. Perez e V. Gelvez, INCREMENTO EN LA VIDA ÚTIL POST COSECHA DEL AGUACATE (Persea americana) UTILIZANDO RECUBRIMIENTOS A BASE DE GOMA GELANA, Cartagena : Universidad de Cartagena, 2017.
- [4] H. Dutan, Optimización del plan de mantenimiento e inventario de repuestos del área mecánica en la central hidroeléctrica Alazán, basado en el análisis de criticidad y mantenimiento centrado en confiabilidad, Cuenca : Universidad del Azuay, 2021.
- [5] C. Acuña, O. Contreras e D. Muguño, “Identificación y análisis de las variables clave que explican la variación del factor de ajuste k en la programación de proyectos de edificación en altura,” *Ciencias Estratégicas*, p. 256, 2017.
- [6] M. Cantos, “LA AUDITORÍA INTEGRAL COMO HERRAMIENTA DE VALIDACIÓN DE LA GESTIÓN INSTITUCIONAL,” *Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, p. 27, 2019.
- [7] V. Garza, ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE AISLANTES TÉRMICOS PARA LA APLICACIÓN EN EDIFICACIONES, San Nicolas de los Garza : UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN , 2016.

- [8] D. Santos, “Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla de concreto hidráulico para pavimento rígido con la inclusión de hormigón asfáltico recuperado tipo “rap”,” *Investigación e Innovación en Ingenierías*, p. 23, 2016.
- [9] H. Cabrera, “Procedimiento para la identificación y evaluación de las oportunidades de mejora: medición de la factibilidad e impacto,” *Ingeniería Industrial* , p. 20, 2016.
- [10] R. Atalaya, Diseño del mantenimiento centrado en la confiabilidad de motores Cummins ISF 2.8 para aumentar su disponibilidad en Nazareo S.A.C, Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, 2023.
- [11] C. Pedraza, J. Gonzalez, J. Martinez, O. Higuera e J. Hernandez, “Metodología para el monitoreo y análisis del sistema de transmisión de camiones mineros como una herramienta decisoria para su mantenimiento,” *Investigación Científica*, p. 18, 2020.
- [12] S. Valbuena, K. Marin e A. De la Hoz, “Desarrollo de competencias en educación económica y financiera para la toma de decisiones informadas,” *Logos Ciencia y Tecnología*, p. 22, 2020.
- [13] D. Moreno e B. Sosa, PROCEDIMIENTO PARA LA GESTIÓN DEL CAMBIO ORGANIZACIONAL EN STEFANINI SAS, Bogota: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, 2019.
- [14] M. Garcia e E. Flores, Consecuencias de la cultura corporativa y rol de la comunicación interpersonal en el compromiso organizacional del personal de la Municipalidad Provincial de Arequipa – Perú, Arequipa: Universidad Nacional del Altiplano de Puno, 2017.
- [15] A. Tairo, LA CAPACITACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA MEJORA CONTINUA EN LA EMPRESA LITARO S.R.L, LOS OLIVOS 2017., Lima: Universidad Cesar Vallejo , 2017.
- [16] E. Arosemena, Indicadores claves de desempeño y su aplicación en la gerencia estratégica de las empresas de salud, San Pedro: Universidad Latina de Costa Rica, 2022.

- [17] M. Huilcapi, J. Mora, G. Bayas, D. Escobar e P. Montiel, “Mejora continua, elemento de la cultura empresarial para lograr empresas esbeltas,” *PRODUCCION, CIENCIAS E INVESTIGACION*, p. 6, 2017.
- [18] K. Mesa, R. Ascanio e L. Carvajalino, ESTABLECIMIENTO DE METODOLOGÍAS, HERRAMIENTAS Y BUENAS PRÁCTICAS PARA LA FORMULACIÓN, ADMINISTRACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS AMBIENTALES EN LA RECUPERADORA YÁÑEZ GARCÍA., Cucuta: UNIVERSIDAD DE SANTANDER, 2019.
- [19] E. Chanaluisa e V. Vaca, “ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA DEL ÁREA DE FUNDICIÓN DE LA EMPRESA CEDAL ALUMINIO S.A. LATACUNGA, PARA GENERAR UNA PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN.”, Latacunga : UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, 2019.
- [20] S. Proaño, “ESTUDIO DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LAS ÁREAS DE FUNDICIÓN Y EXTRUSIÓN EN LA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO S.A. CEDAL”, Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2018.
- [21] S. Proaño, ESTUDIO DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LAS ÁREAS DE FUNDICIÓN Y EXTRUSIÓN EN LA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO S.A. CEDAL, Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2018.
- [22] P. Edison e D. Santander, ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN EN LA EMPRESA CEDAL S.A, Latacunga: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, 2019.
- [23] Pulpamol, “Pulpamol,” 20 07 2024. [Online]. Available: <https://pulpamol.com/>.
- [24] P. d. Mejora, “Plan de Mejora,” 30 07 2024. [Online]. Available: <https://www.plandemejora.com/calculadora-metodo-simplex-online/>.
- [25] E. Álvarez Rodríguez, Diseño de una planta de Extrusión de aluminio, Oviedo: Universidad de Oviedo, 2017.

- [26] C. Garay e M. Ruiz, El aluminio, material trascendente en la historia humana, Chihuahua: Universidad Tecnológica de la Mixteca, 2017.
- [27] A. Camargo, Diseño y Fabricación de Máquina de extrusión para aleaciones Aluminio-Magnesio, Morelos: Universidad Autónoma del Estado de Morelos, 2023.
- [28] M. Martínez, MEJORA DE LA RESPUESTA FRENTE AL DESGASTE DE LOS ACEROS UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE LAS MATRICES DE EXTRUSIÓN DE ALUMINIO, Coruña: Universidad de Coruña, 2018.
- [29] N. Mendoza, “TIEMPO ESTÁNDAR EN GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE MATRICES DE CORTE,” *INGENIAR*, p. 28, 2021.
- [30] P. Cirimello, L. Aguirre, W. Morris, A. Cabo e G. Carfi, “Extensión de durabilidad de pistones de bombas de fractura hidráulica mediante el empleo de tecnología de nitruración por plasma y PVD,” *Materia*, p. 11, 2018.
- [31] Y. Cabrera, Evaluación de una propuesta de Producción Más Limpia en la UEB Combinado Industrial “Héroes de Girón” de Jagüey Grande., Matanzas: Universidad de Matanzas, 2014.
- [32] M. Vidal e K. Choco, CONDICIONES DE SEGURIDAD E IMPACTO DE LA ACCIDENTALIDAD EN TRABAJOS EN CALIENTE POR MANEJO DE EQUIPOS DE: SOLDADURA, CORTE CON LLAMA ESMERILADO Y PULIDO, HERRAMIENTAS/EQUIPOS ELECTRICOS, Santiago de Cali: INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ANTONIO JOSE CAMACHO, 2021.
- [33] O. Monsalve, “Factores que intervienen en el proceso de mineralización de nitrógeno cuando son aplicadas enmiendas orgánicas al suelo,” *Ciencias Hortícolas*, p. 20, 2017.
- [34] J. Velasco, “BUENAS PRÁCTICAS DE MANEJO Y EMISIONES DE AMONIACO EN EXPLOTACIONES AVÍCOLAS,” *Agro Productividad*, p. 7, 2016.
- [35] L. Ushñahua, DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ÓPTIMA DE ACEITE DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) Y SOSA CAÚSTICA (NaOH), EN LA

ELABORACIÓN DE JABÓN DE TOCADOR”., Pucallpa: UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI, 2020.

- [36] T. Alejandra, “ESTUDIO TEÓRICO Y EXPERIMENTAL DE DIFERENTES RUTAS QUÍMICAS PARA SINTETIZAR METASILICATO DE SODIO CRISTALINO A PARTIR DE ARENA RICA EN SÍLICE,” *Ingeniería Química*, p. 8, 2019.
- [37] M. Molina, Optimización de la Gestión de Activos Móviles mediante Metodologías Predictivas y Planeamiento Estratégico: Caso de éxito en Unidad Minera Cerro Lindo, Lima: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ, 2022.
- [38] J. Torres, A. Scarabino, F. Bacchi e L. Principi, “APLICACIÓN INDUSTRIAL DE MODELOS NUMÉRICOS DE EXTRUSIÓN DE ALUMINIO,” *Aeronautica* , p. 5, 2021.
- [39] Cedal, “Cedal,” 18 06 2024. [Online]. Available: <https://cedal.com.ec/index.php/es/institucional.html>.