



**Universidad  
Católica de  
Santa María**

**Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales  
Escuela Profesional de Ingeniería Industrial**

**Optimización de procesos para reducir el tiempo de fabricación de liners en la  
empresa Tecno Caucho SAC, Arequipa 2025**

Tesis presentada por:

**Bustos Rimachi, Joaquin Alexander**

**ORCID: 0009-0007-5459-7710**

para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Asesora:

**Dra. Tupayachy Quispe, Danny Pamela**

**ORCID: 0000-0003-4643-9732**

Arequipa – Perú

2026

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

**INGENIERIA INDUSTRIAL**

**TITULACIÓN CON TESIS**

**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 23 de Diciembre del 2025

**Dictamen: 015350-C-EPII-2025**

Visto el borrador del expediente 015350, presentado por:

**2020800461 - BUSTOS RIMACHI JOAQUIN ALEXANDER**

Titulado:

**OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS PARA REDUCIR EL TIEMPO DE FABRICACIÓN DE LINERS EN LA  
EMPRESA TECNO CAUCHO SAC, AREQUIPA 2025**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**29291265 - DELGADO MONTESINOS MAX EDWIN  
DICTAMINADOR**



**29276357 - RODRIGUEZ SALAZAR OSWALDO RENE  
DICTAMINADOR**



**29639923 - URDAY LUNA FERLY ELMER  
DICTAMINADOR**



# Optimización de procesos para reducir el tiempo de fabricación de liners en la empresa Tecno Caucho SAC, Arequipa 2025

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

2%

INDICE DE SIMILITUD

1%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

---

1

Submitted to Universidad Privada del Norte

Trabajo del estudiante

2%

---

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

## DEDICATORIA

*Dedico mi proyecto de investigación a Dios por darme esa fuerza y voluntad para terminar y cumplir mis metas, por escucharme en las noches cuando le pedía ayuda, a mis padres por ser los pilares en mi vida y por ayudarme e insistirme en que cumpla mis metas, a mi hermana por su ejemplaridad y inspirarme a cumplir mi meta, a mi abuelita Blanca por querer verme en lo más alto.*



## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco a mi asesora Pamela Tupayachy por su tiempo y disposición frente a mis dudas y problemas que se me presentaron que me ayudaron de gran manera para lograr cumplir mi objetivo*

*Agradecer a mis padres Patricia y Mario por el apoyo en esta etapa de aprendizaje y crecimiento, por ser el sustento de mi vida y por ser las personas más importantes en mi vida junto con mi hermana Claudia, que gracias a su apoyo pude cumplir todas mis metas propuestas y por las que vienen, agradezco todo su esfuerzo*

*Agradecer a mi abuelita Blanca por sus ganas de querer verme hecho un profesional*

*Agradecer a Dharma por el apoyo y motivación a terminar mi proyecto de investigación y estar a mi lado*

*Agradecer a mi grupo de la Universidad por muchas experiencias y aprendizajes*

*Agradecer a mi Universidad por tantos años de aprendizaje que me ayudaron a ser la persona que soy hoy en día*

*Agradecer a la empresa TecnoCaucho por ayudarme en esta etapa de investigación, donde aprendí mucho laboralmente*

## RESUMEN

La presente investigación aborda la problemática de los elevados tiempos de fabricación de liners cerámicos con base de caucho en la empresa Tecno Caucho S.A.C., ubicada en la ciudad de Arequipa, los cuales afectan la eficiencia operativa, el cumplimiento de los plazos de entrega y la competitividad de la empresa en el sector industrial minero. Frente a esta situación, el objetivo principal del estudio fue optimizar los procesos productivos con el fin de reducir el tiempo total de fabricación de los liners.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque de métodos mixtos, con un nivel de investigación aplicada y un diseño cuasi experimental. Se realizó un diagnóstico del proceso productivo actual mediante observación directa en planta, análisis documental y estudio de tiempos, identificando cuellos de botella, actividades que no agregan valor, deficiencias en la distribución de áreas y una asignación inadecuada del personal. Para el análisis y la propuesta de mejora se emplearon herramientas propias de la ingeniería industrial, tales como el Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP), el Diagrama de Análisis del Proceso (DAP), el análisis de productividad, eficiencia, eficacia y evaluación de tiempos de ejecución.

Los resultados obtenidos tras la implementación de las mejoras evidenciaron una reducción significativa en el tiempo de fabricación de los liners, así como un incremento en la eficiencia y en el cumplimiento del programa de producción. Asimismo, se observó un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles y una disminución de tiempos improductivos. En conclusión, la optimización de procesos aplicada permitió mejorar el desempeño productivo de la empresa, constituyéndose en una alternativa viable para fortalecer su competitividad y promover la mejora continua en sus operaciones industriales.

**Palabras clave:** Optimización de procesos, tiempo de fabricación, eficiencia.

## ABSTRACT

This research addresses the problem of high manufacturing times for ceramic rubber liners at Tecno Caucho S.A.C., located in the city of Arequipa, which negatively affect efficiency, compliance with delivery deadlines, and the company's competitiveness in the mining industrial sector. In response to this situation, the main objective of the study was to optimize production processes in order to reduce the total manufacturing time of liners.

The research was developed under a mixed-methods approach, with an applied research level and a quasi-experimental design. A diagnosis of the current production process was carried out through direct observation on the shop floor, documentary analysis, and time studies, identifying bottlenecks, non-value-added activities, deficiencies in layout distribution, and inadequate allocation of operational personnel. For the analysis and improvement proposal, industrial engineering tools were applied, such as the Operation Process Chart (OPC), Process Analysis Diagram (PAD), productivity, efficiency and effectiveness analysis, and execution time evaluation.

The results obtained after implementing the proposed improvements showed a significant reduction in liner manufacturing time, as well as an increase in efficiency and compliance with the production schedule. Additionally, better utilization of available resources and a reduction in non-productive times were observed. In conclusion, the applied process optimization improved the company's productive performance, constituting a viable alternative to strengthen its competitiveness and promote continuous improvement in its industrial operations.

**Key words:** Process optimization, manufacturing time, efficiency.

# INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN..... 1

CAPÍTULO I ..... 2

1.1 El problema..... 2

1.1.1 Identificación del problema: ..... 2

1.1.2 Descripción del problema ..... 2

1.1.3 Formulación del problema..... 6

1.1.4 Justificación de la investigación:..... 6

1.2 Objetivos de la investigación: ..... 7

1.2.1 Objetivo general:..... 7

1.2.2 Objetivos específicos:..... 7

1.3 Hipótesis de la investigación:..... 8

1.4 Variables: ..... 8

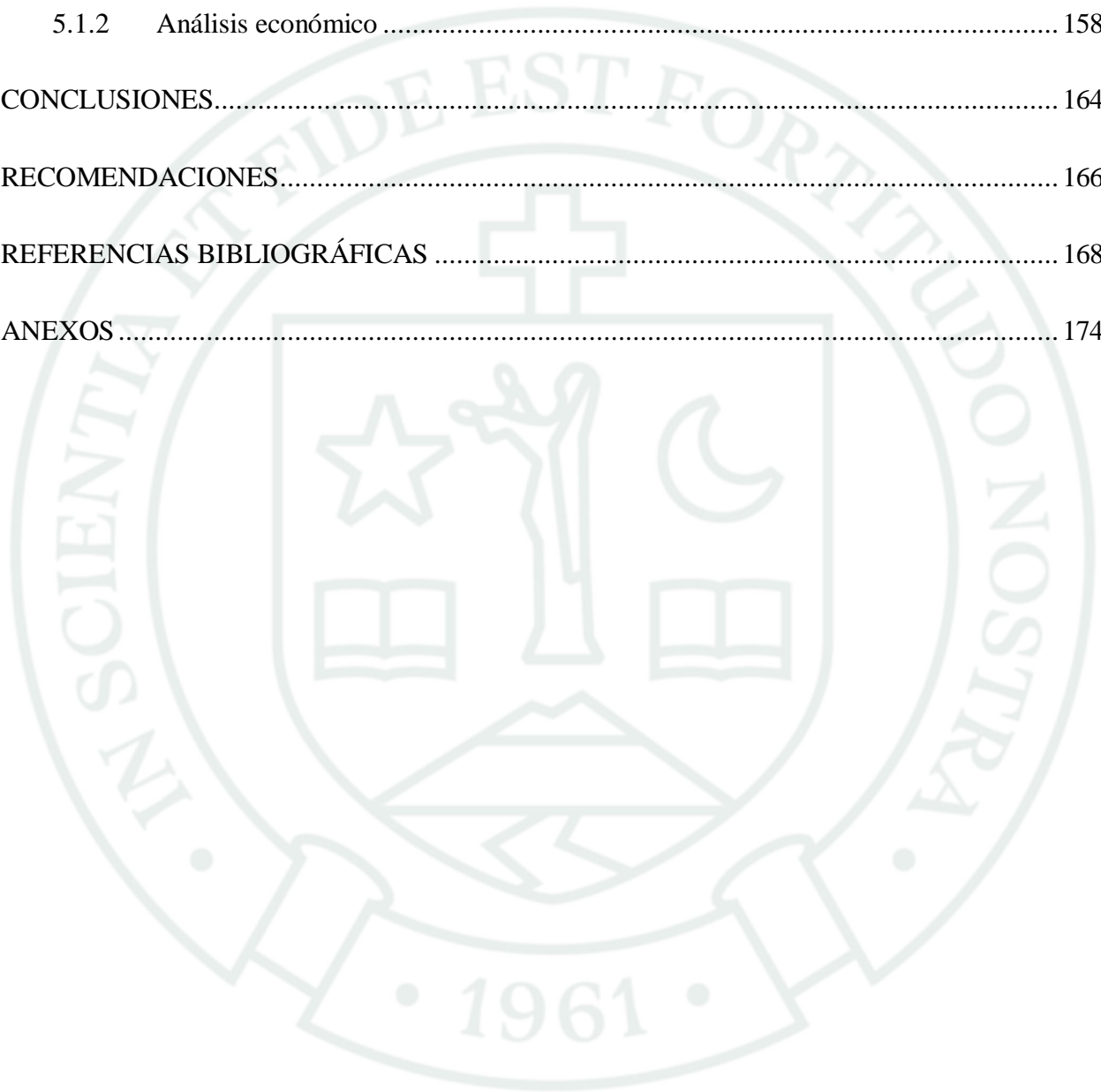
1.4.1 Variable independiente ..... 8

1.4.2 Variable dependiente ..... 8

1.4.3	Matriz de operacionalización de Variables:.....	9
CAPÍTULO II.....		10
2.1	Marco Teórico:.....	10
2.1.1	Antecedentes de la Investigación:.....	10
2.1.2	Bases teóricas:.....	13
2.2	Marco metodológico.....	27
2.2.1	Nivel de investigación.....	27
2.2.2	Diseño de investigación.....	29
2.2.3	Población.....	30
2.2.4	Muestra.....	30
2.2.5	Técnicas e instrumentos de Recolección de datos.....	30
2.2.6	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	32
2.2.7	Aspectos administrativos.....	32
2.2.8	Cronograma de actividades.....	33
CAPÍTULO III.....		34
3.1	Diagnóstico situacional.....	34
3.1.1	Diagnóstico de la empresa.....	34
3.1.2	Productos utilizados.....	42
3.2	Diagnóstico del proceso productivo.....	52
3.2.1	Áreas operativas y administrativas involucradas en el desarrollo de las actividades	

3.2.2	Descripción del proceso de la fabricación de liners con caucho cerámico.....	69
3.2.3	Áreas involucradas en el proceso de fabricación de liners.....	70
3.2.4	Análisis del proceso productivo de fabricación de liners.....	97
3.3	Análisis de datos .....	115
3.3.1	Productividad .....	115
3.3.2	Eficiencia.....	122
3.3.3	Eficacia.....	123
3.3.4	Tiempo de ejecución del proceso.....	127
3.4	Implementación de la mejora en el proceso productivo .....	129
CAPÍTULO IV.....		132
4.1	Diseño de la mejora del proceso productivo.....	134
4.1.1	DOP con la mejora implementada .....	134
4.1.2	DAP con la mejora implementada .....	136
4.1.3	Diagrama de flujo del proceso productivo mejorado.....	140
4.1.4	Diagrama de recorrido del proceso productivo.....	143
4.1.5	Productividad .....	144
4.1.6	Eficiencia.....	147
4.1.7	Eficacia.....	148
4.1.8	Tiempo de ejecución del proceso.....	151

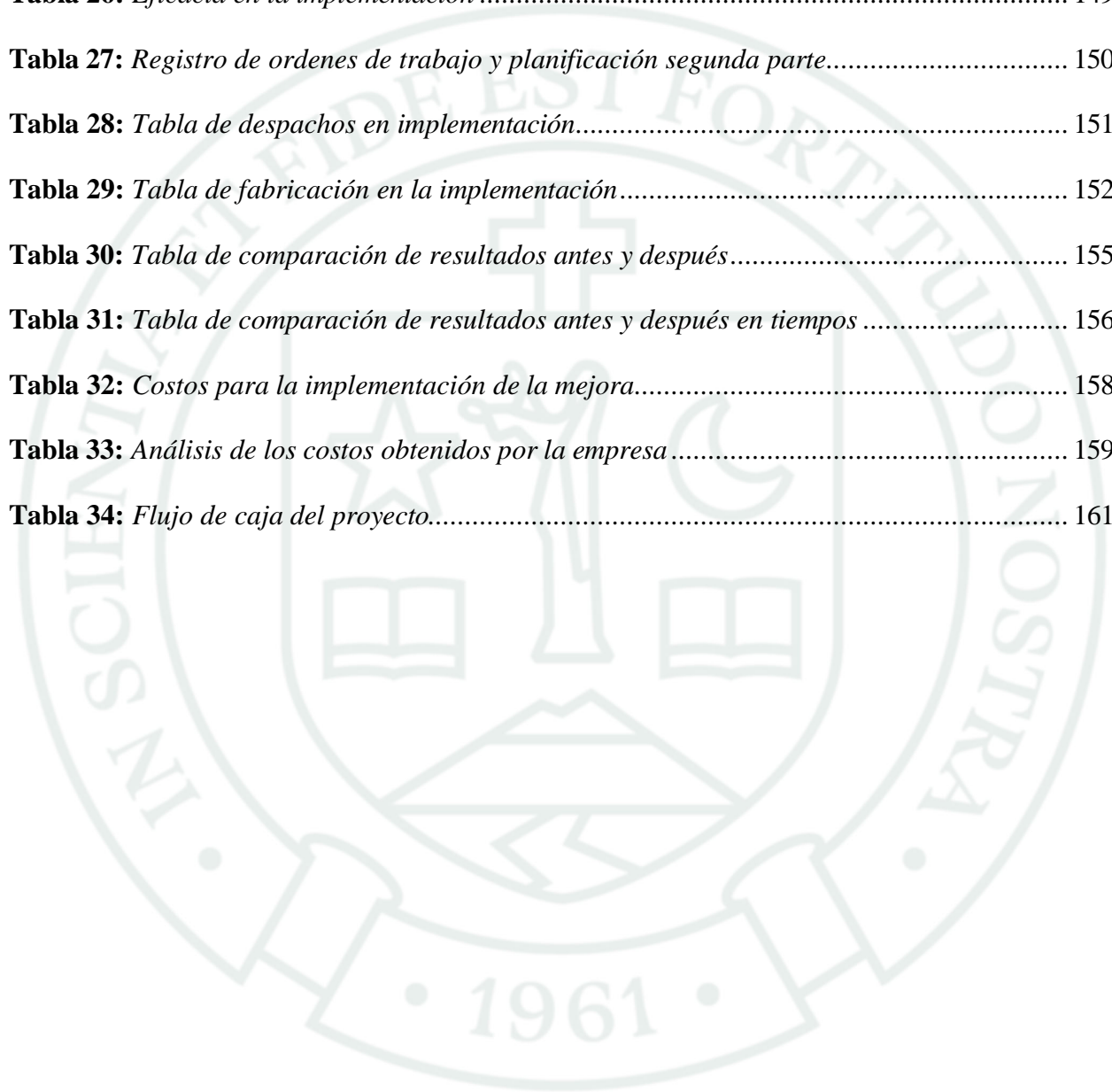
CAPÍTULO V.....	154
5.1    Análisis de resultados.....	154
5.1.1    Comparación de resultados.....	154
5.1.2    Análisis económico.....	158
CONCLUSIONES.....	164
RECOMENDACIONES.....	166
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	168
ANEXOS.....	174



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> <i>Matriz de operacionalización de Variables</i> .....	9
<b>Tabla 2:</b> <i>Tipos de interrupciones</i> .....	23
<b>Tabla 3:</b> <i>Símbolos del DAP</i> .....	24
<b>Tabla 4:</b> <i>Cronograma de actividades</i> .....	33
<b>Tabla 5:</b> <i>Estructura Organizacional y Funciones por Área</i> .....	37
<b>Tabla 6:</b> <i>DAP del proceso de fabricación de liners</i> .....	99
<b>Tabla 7:</b> <i>Monetización de materia prima</i> .....	117
<b>Tabla 8:</b> <i>Monetización de energía eléctrica</i> .....	118
<b>Tabla 9:</b> <i>Monetización de maquinarias</i> .....	119
<b>Tabla 10:</b> <i>Depreciación del montacargas</i> .....	120
<b>Tabla 11:</b> <i>Monetización de mano de obra</i> .....	121
<b>Tabla 12:</b> <i>Costo total de los recursos hasta 1500 liners fabricados</i> .....	122
<b>Tabla 13:</b> <i>Eficiencia</i> .....	122
<b>Tabla 14:</b> <i>Eficacia</i> .....	124
<b>Tabla 15:</b> <i>Registro de ordenes de trabajo y planificación</i> .....	125
<b>Tabla 16:</b> <i>Tabla de despachos</i> .....	126
<b>Tabla 17:</b> <i>Total de pedidos entregados a tiempo</i> .....	127
<b>Tabla 18:</b> <i>Tabla de la fabricación</i> .....	127
<b>Tabla 19:</b> <i>Tabla de tiempos de principales operaciones</i> .....	131
<b>Tabla 20:</b> <i>Diagrama de análisis del proceso con la mejora implementada</i> .....	136
<b>Tabla 21:</b> <i>Monetización de materia prima</i> .....	145
<b>Tabla 22:</b> <i>Monetización del uso de energía eléctrica</i> .....	146

<b>Tabla 23:</b> <i>Monetización de mano de obra</i> .....	146
<b>Tabla 24:</b> <i>Costo total de los recursos hasta 1500 liners fabricados</i> .....	147
<b>Tabla 25:</b> <i>Eficiencia en la implementación</i> .....	148
<b>Tabla 26:</b> <i>Eficacia en la implementación</i> .....	149
<b>Tabla 27:</b> <i>Registro de ordenes de trabajo y planificación segunda parte</i> .....	150
<b>Tabla 28:</b> <i>Tabla de despachos en implementación</i> .....	151
<b>Tabla 29:</b> <i>Tabla de fabricación en la implementación</i> .....	152
<b>Tabla 30:</b> <i>Tabla de comparación de resultados antes y después</i> .....	155
<b>Tabla 31:</b> <i>Tabla de comparación de resultados antes y después en tiempos</i> .....	156
<b>Tabla 32:</b> <i>Costos para la implementación de la mejora</i> .....	158
<b>Tabla 33:</b> <i>Análisis de los costos obtenidos por la empresa</i> .....	159
<b>Tabla 34:</b> <i>Flujo de caja del proyecto</i> .....	161



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> <i>Esquema del Diagrama de Operaciones</i> .....	26
<b>Figura 2 :</b> <i>Organigrama funcional de la empresa</i> .....	36
<b>Figura 3:</b> <i>Revestimiento canaleta de rebose</i> .....	44
<b>Figura 4:</b> <i>Cerámico blanco</i> .....	45
<b>Figura 5 :</b> <i>Alma metálica de los liners</i> .....	47
<b>Figura 6 :</b> <i>Almas metálicas</i> .....	48
<b>Figura 7 :</b> <i>Anticorrosivo - Chemlok® 205</i> .....	49
<b>Figura 8 :</b> <i>Adhesivo - Chemlok® 6224</i> .....	51
<b>Figura 9:</b> <i>Diagrama de proceso del área de logística</i> .....	54
<b>Figura 10:</b> <i>Diagrama de proceso del área comercial y desarrollo</i> .....	58
<b>Figura 11:</b> <i>Diagrama de proceso del área comercial</i> .....	59
<b>Figura 12:</b> <i>Espacio de mantenimiento de pequeños equipos</i> .....	61
<b>Figura 13:</b> <i>Diagrama de proceso del área de mantenimiento</i> .....	62
<b>Figura 14:</b> <i>Zona de almacenamiento</i> .....	64
<b>Figura 15:</b> <i>Container de la zona de almacenamiento</i> .....	65
<b>Figura 16:</b> <i>Zona de almacenamiento de insumos chemlok y caucho en crudo</i> .....	66
<b>Figura 17:</b> <i>Lugar de almacenamiento del gas para los auto claves</i> .....	67
<b>Figura 18:</b> <i>Diagrama de flujo de almacén</i> .....	68
<b>Figura 19:</b> <i>Diagrama de Proceso del Área de Calidad</i> .....	73
<b>Figura 20:</b> <i>Diagrama de proceso del área de planeamiento</i> .....	76
<b>Figura 21:</b> <i>Pieza de revestimiento en el área</i> .....	78
<b>Figura 22:</b> <i>Área de cortado y acabados</i> .....	79

<b>Figura 23 :</b> <i>Área de inspección de planchas y correcta trazabilidad</i> .....	80
<b>Figura 24:</b> <i>Diagrama de proceso del área de revestimiento</i> .....	81
<b>Figura 25:</b> <i>Molino 1</i> .....	82
<b>Figura 26:</b> <i>Molino 2</i> .....	83
<b>Figura 27:</b> <i>Balanza y transporte de planchas de caucho</i> .....	84
<b>Figura 28:</b> <i>Diagrama de proceso del área de laboratorio y molino</i> .....	85
<b>Figura 29:</b> <i>Liner de puro caucho de base con alma metálica</i> .....	87
<b>Figura 30:</b> <i>Liners de caucho cerámico</i> .....	88
<b>Figura 31:</b> <i>Liners dentados</i> .....	89
<b>Figura 32:</b> <i>Prensa Hidráulica</i> .....	90
<b>Figura 33:</b> <i>Área de acabados prensa</i> .....	91
<b>Figura 34:</b> <i>Autoclave para equipos grandes, medianos y pequeños</i> .....	93
<b>Figura 35:</b> <i>Autoclave para equipos medianos y pequeños</i> .....	94
<b>Figura 36:</b> <i>Puente grúa</i> .....	95
<b>Figura 37:</b> <i>Lugar de llegada y despacho de equipos</i> .....	96
<b>Figura 38:</b> <i>DOP del proceso de fabricación de liners</i> .....	97
<b>Figura 39:</b> <i>Diagrama de flujo del proceso de fabricación de liners</i> .....	102
<b>Figura 40:</b> <i>Layout de la empresa Tecno Caucho</i> .....	107
<b>Figura 41:</b> <i>Diagrama de recorrido del proceso productivo</i> .....	108
<b>Figura 42:</b> <i>Diagrama de Ishikawa</i> .....	113
<b>Figura 43:</b> <i>Diagrama de operaciones con la mejora implementada</i> .....	134
<b>Figura 44:</b> <i>Diagrama de flujo con la mejora realizada</i> .....	140
<b>Figura 45:</b> <i>Diagrama de recorrido del proceso productivo</i> .....	143

<b>Figura 46:</b> <i>Gráfico de barras de comparación de resultados antes y después.....</i>	155
<b>Figura 47:</b> <i>Gráfico de barras de comparación de resultados antes y después.....</i>	157
<b>Figura 48:</b> <i>Acta de liberación de los liners para despacho en proceso actual.....</i>	174
<b>Figura 49:</b> <i>Acta de liberación de los liners para despacho en implementación.....</i>	175
<b>Figura 50:</b> <i>Foto de distribución de cerámicos a las tinas manualmente.....</i>	176
<b>Figura 51:</b> <i>Tinas donde se hacía el lavado de los cerámicos.....</i>	177
<b>Figura 52:</b> <i>Foto de cerámicos siendo lavados en las diferentes tinas con desfogue de agua.....</i>	178
<b>Figura 53:</b> <i>Mesas con mallas metálicas para el transporte de los cerámicos al área de lavado, secado y pintura.....</i>	179
<b>Figura 54:</b> <i>Aplicación de aire comprimido a través de pistolas.....</i>	180
<b>Figura 55:</b> <i>Armado manual de los liners en los moldes.....</i>	181
<b>Figura 56:</b> <i>Foto de lavado de cerámico con hidro lavadoras en la implementación.....</i>	182
<b>Figura 57:</b> <i>Foto de la aplicación de la pintura a los cerámicos con los epps correspondientes durante la implementación.....</i>	183
<b>Figura 58:</b> <i>Foto tomada en implementación de las mesas con mallas metálicas para el transporte al lavado y secado de los cerámicos con el personal asignado.....</i>	184
<b>Figura 59:</b> <i>Foto de liners siendo inspeccionados por el área de calidad para su liberación ....</i>	185
<b>Figura 60:</b> <i>Liners listos para ser despachados hacia el cliente final.....</i>	186
<b>Figura 61:</b> <i>Foto de liners almacenados.....</i>	187
<b>Figura 62:</b> <i>Foto de liners implementados en chutes para su funcionamiento.....</i>	188
<b>Figura 63:</b> <i>Liners dentro del chute.....</i>	189
<b>Figura 64:</b> <i>Montacargas utilizado en la primera parte del proceso actual.....</i>	190
<b>Figura 65:</b> <i>Estocas utilizadas en la implementación del transporte del proceso productivo.....</i>	191



## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las empresas industriales enfrentan una constante presión por mejorar su eficiencia y responder de manera oportuna a las demandas del mercado. En este contexto, el tiempo de fabricación se ha convertido en un factor crítico para asegurar la productividad y la competitividad empresarial.

La empresa Tecno Caucho SAC, ubicada en la ciudad de Arequipa, se dedica a la fabricación de liners cerámicos con base de caucho, productos ampliamente utilizados en la protección de equipos industriales. Sin embargo, enfrenta una problemática que impacta directamente en su desempeño operativo: los elevados tiempos de producción. Esta situación ha generado retrasos en la entrega de pedidos, mayores costos operativos y una disminución en la capacidad de respuesta frente a sus clientes.

Entre los principales factores que influyen en esta problemática se encuentran: distribución ineficiente de las áreas de trabajo, asignación inadecuada del personal y la presencia de actividades innecesarias dentro del proceso. Frente a ello, se hace necesaria una revisión integral del sistema productivo, que permita identificar oportunidades de mejora y establecer acciones concretas para reducir los tiempos de fabricación.

Esta investigación tiene como objetivo principal optimizar el proceso de producción de liners en la empresa, contribuyendo así a una mayor eficiencia operativa y fortaleciendo su posición en el mercado.

## CAPÍTULO I

En el presente capítulo se identifica y delimita el problema central que da origen a la investigación, estableciendo su importancia y la necesidad de abordarlo. Asimismo, se formulan los objetivos general y específicos que orientan el desarrollo del estudio, definiendo con claridad las metas que se busca alcanzar en los capítulos posteriores. De igual manera, se plantea la hipótesis que servirá como guía para la validación de los resultados y se detallan las variables involucradas en el análisis. Finalmente, se incorpora el marco teórico que sustenta conceptualmente la investigación, proporcionando las bases necesarias para comprender el fenómeno estudiado y fundamentar las propuestas planteadas a lo largo del trabajo.

### 1.1 El problema

#### 1.1.1 *Identificación del problema:*

En la empresa Tecno Caucho S.A.C se ha identificado como problema principal los elevados tiempos de fabricación de liners, esto impacta negativamente en el proceso productivo, cumplimiento de plazos de entrega, los costos operativos y, en consecuencia, en la competitividad de la empresa en el mercado.

#### 1.1.2 *Descripción del problema:*

A nivel mundial, la demanda de liners de caucho con cerámica ha crecido debido a su efectividad para proteger equipos industriales del desgaste y la abrasión. Países como Estados Unidos, China y Australia son líderes en la producción y exportación de estos productos, abasteciendo principalmente a las industrias minera y cementera, sin embargo, no todas las empresas los fabrican de la misma manera. Mientras que algunas utilizan procesos industriales eficientes, otras aún los producen de forma manual, lo que puede generar retrasos en la fabricación y afectar los tiempos de entrega en los proyectos. En este contexto, la empresa de la India, Tega

(2025) ha apostado por una fabricación más industrializada, lo que le permite optimizar tiempos, reducir costos y ofrecer una amplia variedad de productos de alta calidad. Entre ellos destacan: Agresión D-Mac, Ceraloc, Agresión D-Mac Elastocer, Agresión D-Mac Ceraflex, Agresión D-Mac Ceraflo y Agresión D-Mac Cerahard, entre otros.

En Latinoamérica, países como Chile y Brasil se destacan en la fabricación y uso de liners de caucho con cerámica, impulsados por el crecimiento de sus sectores mineros. La adopción de estos revestimientos ha aumentado debido a la necesidad de mejorar la eficiencia y prolongar la vida útil de los equipos industriales. Empresas como Weir (2023) han industrializado sus procesos de fabricación, lo que permite reducir significativamente los tiempos de producción, optimizando cada etapa con tecnología avanzada, diseño innovador y un servicio de excelencia. Esta eficiencia no solo disminuye costos, sino que también garantiza que los liners sean los revestimientos más adecuados para maximizar el rendimiento, extender la vida útil y optimizar la eficiencia energética de los molinos.

En el contexto nacional, la empresa Linings, que se especializa en soluciones de revestimientos industriales, identificó que el uso de planchas de caucho o los insertos metálicos mostraba ciertas desventajas en las áreas críticas de plantas mineras, como el desgaste prematuro de los equipos y la pérdida de eficiencia en los procesos productivos, esto afectaba a los tiempos operativos y la productividad de líneas de procesamiento. De forma que decidieron implementar mejoras tecnológicas en sus productos, desarrollando liners de cerámicos embutidos en caucho, fabricados con un 95% de alúminia y diseño tipo interlocking; lo cual como resultado dio a incrementar el tiempo de vida de los diferentes equipos, lo cual disminuía los tiempos de mantenimientos y paros no programados en el proceso (Linings, 2025)

Tecno Caucho SAC es una empresa peruana fundada en el año 2019 en la ciudad de Arequipa por los hermanos Misael y Manuel Cabanillas Cabrera, con la finalidad de complementar las actividades colaterales del grupo empresarial al que pertenecen.

En el contexto local, la empresa Tecno Caucho cuenta con una planta dedicada a la fabricación de liners cerámicos con base de caucho. No obstante, actualmente enfrenta demoras significativas en el proceso de fabricación, lo cual afecta directamente su eficiencia operativa y capacidad de respuesta ante la demanda del sector industrial. Entre los principales factores que contribuyen a estas demoras se encuentran una inadecuada distribución de las áreas productivas, una asignación poco óptima del personal y la presencia de actividades innecesarias que incrementan el tiempo total del proceso. Esta situación evidencia la necesidad de una revisión integral del flujo de trabajo, con el objetivo de eliminar desperdicios, optimizar tiempos y mejorar la productividad general de la planta.

Tecno Caucho SAC se encuentra en el rango de una pequeña a mediana empresa, con un total de 44 trabajadores distribuidos en diversas áreas. Su estructura organizacional compacta, pero multifuncional, le permite mantener una operación eficiente dentro del sector industrial orientado principalmente a la minería, esta organización incluye gerencia general, operaciones, control de calidad, comercial, laboratorio, seguridad, logística y almacén. El área de operaciones tiene un rol central al estar directamente involucrada en la fabricación de liners cerámicos con base de caucho, las demás áreas brindan soporte estratégico, técnico y logístico, permitiendo coordinar eficientemente cada etapa del proceso productivo y garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad y entrega establecidos por la empresa, el área de calidad constituye una parte fundamental del proceso, ya que se encarga de verificar la calidad del producto final y de garantizar que los procedimientos se ejecuten conforme a los requerimientos establecidos por el cliente.

En Tecno Caucho SAC, los volúmenes de venta varían de acuerdo con la magnitud y tipo de proyecto solicitado por los clientes. La empresa atiende pedidos de liners cerámicos en distintas cantidades, registrándose proyectos de gran escala, un proyecto 5,093 unidades. Este tipo de pedidos requiere un periodo estimado de producción de aproximadamente dos meses, debido al alto volumen y al control de calidad exigido para cada unidad. Por otro lado, se han procesado pedidos de liners fabricados exclusivamente en caucho, como el caso de una orden de 456 unidades que implicó un tiempo de entrega de mes y medio. Esta diferencia en el tiempo de producción se debe a que los liners de caucho puro ocupan mayor volumen en la prensa y deben ser fabricados en lotes más reducidos. Asimismo, la empresa produce liners dentados de caucho, diseñados especialmente para revestir equipos de gran tamaño y chutes de descarga, que requieren una configuración técnica particular y una programación detallada dentro del proceso productivo.

Los liners cerámicos fabricados por Tecno Caucho SAC son actualmente exportados a Chile, teniendo como cliente final a la minera Centinela, a través de su cliente principal Fluor que esté a la vez supervisa a Imco Servicios constantemente, el trabajo principal con respecto al revestimiento de recubrimiento de caucho lo hace Tecno Caucho S.A.C . Este proceso se realiza bajo estrictos controles de calidad e inspección técnica, que aseguran el cumplimiento de los estándares requeridos y la correcta ejecución del proceso productivo, además de los liners cerámicos, la empresa exporta equipos revestidos en caucho, tales como chutes de descarga de molino, canaletas de relave, canaletas de rebose y liners de caucho sólido, los cuales son utilizados en operaciones mineras para la conducción y protección de materiales abrasivos. Por el momento las exportaciones están dirigidas exclusivamente al mercado chileno, la empresa tiene proyectado ampliar su presencia internacional, apuntando a nuevos mercados en el sector minero de otros países, con el objetivo de brindar soluciones de revestimiento que prolonguen la vida útil de los

equipos y mejoren la eficiencia operativa en la manipulación de minerales, estos equipos están destinados a la minera Centinela, ubicada en Antofagasta.

Abordar esta problemática radica en su impacto directo sobre los costos operativos, el cumplimiento de los plazos de entrega, la satisfacción del cliente y la competitividad de la empresa frente a otras del sector industrial. Llegar a optimizar el proceso de fabricación de liners no solo permitirá mejorar el rendimiento interno, sino también fortalecer el posicionamiento de la empresa en un mercado cada vez más exigente y dinámico.

### ***1.1.3 Formulación del problema:***

#### **1.1.3.1 Problema general:**

¿Cómo optimizar los procesos productivos para reducir el tiempo de fabricación de liners en la empresa Tecno Caucho SAC, Arequipa 2025?

#### **1.1.3.2 Problemas específicos:**

¿Cómo la optimización de procesos influye en la producción de liners en la empresa Tecno Caucho SAC?

¿Cómo reducir el tiempo la fabricación de liners en la empresa Tecno Caucho SAC?

### ***1.1.4 Justificación de la investigación:***

#### **1.1.4.1 Justificación práctica**

La presente investigación tiene como finalidad práctica el hecho de querer optimizar los procesos en la fabricación de los liners, mediante un análisis detallado de campo y de las áreas involucradas en dicho proceso para llegar a obtener una mejor productividad. En base al estudio que se realizará se mejorará la productividad y mejorar la eficacia en la fabricación de los liners.

Esta mejora operativa no beneficiará directamente solo a la empresa sino también a su posición competitiva frente a otras organizaciones.

#### **1.1.4.2 Justificación económica**

La investigación busca generar un impacto económico positivo en la empresa mediante la optimización de procesos, reducir los costos relacionados a tiempos muertos, reprocesos, la merma del material sobrante. La disminución de estos costos la empresa aumentará su margen de ganancia al aprovechar de mejor forma el tiempo y los recursos, fortaleciendo así la competitividad de la empresa en el mercado

#### **1.1.4.3 Justificación personal**

La presente investigación tiene como finalidad obtener el título de ingeniero industrial, así como aplicar de manera práctica los conocimientos adquiridos en mi ciclo como universitario.

### **1.2 Objetivos de la investigación:**

#### **1.2.1 Objetivo general:**

Implementar una optimización de procesos que permitirá reducir el tiempo de fabricación de liners en la empresa Tecno Caucho SAC, Arequipa 2025.

#### **1.2.2 Objetivos específicos:**

Diagnosticar el estado actual del proceso de fabricación de liners, identificando los cuellos de botella, tiempos muertos y fuentes de ineficiencia que afectan el tiempo de producción.

Identificar oportunidades de mejora en la distribución de áreas, asignación del personal y operaciones dentro del proceso productivo.

Evaluar los resultados obtenidos tras la implementación de acciones de optimización, verificando el impacto en la eficiencia y en la reducción del tiempo de fabricación.

### **1.3 Hipótesis de la investigación:**

La implementación de estrategias de optimización de procesos permitirá reducir considerablemente el tiempo de fabricación de liners en la empresa Tecno Caucho SAC, logrando una mejor eficiencia operativa en sus procesos industriales.

### **1.4 Variables:**

#### ***1.4.1 Variable independiente:***

Optimización de procesos de liners en la empresa Tecno Caucho SAC, Arequipa 2025

#### ***1.4.2 Variable dependiente:***

Tiempo de fabricación de liners en la empresa Tecno Caucho SAC, Arequipa 2025

### 1.4.3 Matriz de operacionalización de Variables:

**Tabla 1:**

*Matriz de operacionalización de Variables*

Variables	Dimensiones	Indicadores	Ítem
Variable independiente Optmización de procesos	Eficiencia	Control de calidad	Output especificado / Input especificado × 100
	Eficacia	Cumplimiento de entrega	N° despachos cumplidos a tiempo / N° total despachos requerido
Variable dependiente Tiempo de fabricación de liners	Tiempo de ejecución del proceso	Cumplimiento del programa de fabricación	Duración del proceso / Cantidad total de mercancías procesadas
		Tiempo de ciclo	$TN = TO \times C/100$
		Retrasos	Retrasos por minutos, horas
	Productividad	Productividad de MO	Piezas fabricadas / Horas de trabajo empleadas
Productividad multifactorial		Piezas fabricadas / Recursos	

**Nota.** Tabla 1 que muestra las especificaciones de la matriz de operacionalización.

## CAPÍTULO II

En el presente capítulo se desarrolla el diseño metodológico que sustenta la investigación, detallando el enfoque, el tipo y el nivel de estudio empleados. Asimismo, se describen los recursos, la población y la muestra seleccionada, así como los instrumentos y técnicas de recolección de datos que permitirán obtener información veraz y precisa. Todo ello tiene como propósito fundamentar la propuesta de mejora orientada a optimizar el proceso de fabricación de los liners, garantizando una metodología clara, ordenada y rigurosa.

### 2.1 Marco Teórico:

#### 2.1.1 Antecedentes de la Investigación:

##### 2.1.1.1 Antecedentes Internacionales:

Fienco Estrella & Luna Román (2022), “*Reducción de tiempos en los procesos de soldadura en estructuras navales*”, Universidad Politécnica Salesiana Ecuador. La investigación realizada presenta como problemática los procesos de producción en la soldadura de las estructuras navales, el objetivo de esta investigación fue implementar una mejora en el proceso de soldadura con el fin de llegar a reducir los tiempos de fabricación llegando a una mejora en la producción de las estructuras navales y minimizando riesgos que esto presenta, la metodología se desarrolló en base a una investigación de enfoque cualitativo y cuantitativo, los resultados relevaron que aplicando la propuesta de mejora se obtuvo un 71% de efectividad en el proceso de soldadura además de evidenciarse una mejora económica por cada 100 USD se obtenía un retorno de 122 USD, concluyó que la aplicación correcta de las diferentes herramientas como el diagrama de Ishikawa, encuestas y aplicación de la metodología de las 5S pudo reducir los tiempos en los procesos de soldadura de las estructuras navales.

Acosta Gualpa & Sánchez Piltasig (2021), “*Optimización del proceso de fabricación del queso fresco en la empresa Láctea Lactozam*”, Universidad Técnica de Cotopaxi. El proyecto de investigación abordó como problemática principal una falta de estandarización en el proceso de producción de queso, lo cual limitaba desarrollar oportunidades de mejora para incrementar la producción de queso fresco, el objetivo de la investigación fue optimizar el proceso de fabricación de queso, realizando un análisis de tiempo para mejorar la producción, la metodología se desarrolló en base a un estudio de tiempos y la estandarización de procesos de fabricación, los resultados demostraron que aplicando las herramientas en el estudio de tiempos se obtuvo un proceso de fabricación de 7,5 horas para obtener 312 quesos, notando que reduciendo los tiempos de algunas actividades se puede mejorar el proceso de producción, logrando un 16,66% la capacidad efectiva aumentando la productividad en un 4,90% generando una ganancia de 30%, concluyó que aplicando las propuestas planteadas y el seguimiento ordenado en el análisis productivo del producto mejorará las ganancias de manera significativa.

Mediana Roa (2024) , “*Levantamiento y optimización de procesos de planta de poliestireno para Cintac S.A.I.C*”, Universidad de Chile. La investigación abordó como problemática de un desorden general en la planta, teniendo una falta de levantamiento y los procesos, el objetivo de la investigación fue optimizar la capacidad operativa analizando los factores críticos para mejorar la productividad de moldeo de bloques, la metodología se desarrolló en base a un enfoque progresivo, realizados en las reuniones semanales para abordar los problemas , los resultados indicaron que las oportunidades de mejora aplicadas a la preexpansora y caldera permitiría aumentar la producción diaria entre 4 a 6 bloques, concluyó que la optimización de los procesos de precalentamiento paralelo y la mejora de la disponibilidad de la caldera permitirían reducir los tiempos de ciclo, mejorando así la productividad.

### **2.1.1.2 Antecedentes Nacionales:**

Arenas Salazar (2020), *“Propuesta de mejora de proceso en el área de producción para el cumplimiento de la programación en una empresa de fabricación de papel higiénico”*, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. La presente investigación presenta la problemática sobre la pérdida de tiempos en la línea de conversión, debido a una falta de control, estandarización de actividades y una deficiencia en las habilidades del personal operativo, el objetivo de esta investigación fue plantear una propuesta metodológica para la implementación del Lean Manufacturing a través de las diferentes herramientas que este cuenta para optimizar los procesos y mejorar el desempeño operativo en la organización, la metodología utilizada se desarrolló en base a planes de acción y estándares de operación, los resultados que se obtuvieron fue llegar a reducir los tiempos improductivos del 10% llegando a obtener un ahorro trimestral de S/. 633,318.82. Esta investigación es importante ya que permitió reducir significativamente los tiempos muertos, llegando a obtener una mejora operativa y ahorro económico para la organización.

Gil Barrera & Tito Alvaro (2024), *“Propuesta de mejora de procesos utilizando herramientas de Lean Manufacturing y gestión de inventarios para la reducción del tiempo de entrega de servicios en una empresa metalmecánica”*, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. El presente trabajo tiene como problema una disminución considerable en los ingresos en los 2 últimos años pese a estar creciendo en los últimos 5 años, la finalidad principal de esta investigación fue analizar los elementos que influyen en los tiempos de entrega del servicio y proponer mejoras en los procesos internos para disminuir los tiempos, la metodología se desarrolló en base a un diagnóstico situacional de la empresa, una selección de herramientas y una evaluación de implementación de mejoras propuestas, obteniendo resultados positivos que generaron ahorros

y llegando a cumplir los tiempos establecidos, se generó un ahorro de S/. 28,700, S/. 66,160 y S/.42,821 y se llegó a reducir la entrega de servicio de mantenimiento en un 9,68%, obteniendo como resultado un 90% de los servicios entregados a tiempo. Esta investigación ayudó a solucionar la problemática mediante la aplicación de herramientas Lean Manufacturing y la adecuada gestión de inventarios generando importantes ahorros económicos en la empresa y llegando a cumplir con los tiempos de entrega establecidos.

Gil Barreda & Del Alamo Alfaro (2023), “*Optimización del proceso de planificación y control de recursos para incrementar la baja productividad en una productora de contenido audiovisual en Lima Metropolitana*”, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. El presente trabajo tiene como problemática la baja productividad en una empresa que genera contenidos audiovisuales, el objetivo principal de esta investigación es demostrar que la propuesta de solución llegó a incrementar la baja productividad de la empresa empleando herramientas de ingeniería industrial, la metodología se desarrolló en base a la evaluación de las características y las herramientas utilizadas en el sector, los resultados evidenciaron que se obtendrá una reducción en los costos operacionales y se recupere la inversión realizada. Esta investigación evidencia que usando las herramientas de ingeniería industrial permitió incrementar la productividad de la empresa, reduciendo costos operacionales y asegurando el retorno de la inversión realizada.

## **2.1.2 Bases teóricas:**

### **2.1.2.1 Optimización de procesos**

Es la optimización de técnicas y estrategias que buscan mejorar la eficiencia, efectividad y calidad de un proceso productivo, reduciendo costos, minimizando tiempos de operación, eliminando desperdicios y maximizando los recursos a usar. Este enfoque se basa en la mejora continua y incluye varias herramientas para una efectividad.

La optimización de procesos es esencial para mantener la competitividad en el mercado, asegurando que las operaciones se realicen con un menor uso posible de los recursos sin afectar la calidad final del producto.

### **2.1.2.2 Tiempo de fabricación**

Es el periodo requerido para transformar materia prima en un producto terminado, desde el inicio de la producción hasta su finalización. Incluye las etapas involucradas en el proceso productivo, preparación, procesamiento, inspección, entrega final.

Se descompone en tiempo de operación, tiempo de preparación, tiempos muertos, demoras inevitables, transporte y espera. Su adecuada gestión es fundamental para optimizar la eficiencia productiva, reducir costos y cumplir con los plazos establecidos.

### **2.1.2.3 Eficiencia**

La eficiencia se define como un indicador que evalúa la relación entre los recursos utilizados y los resultados alcanzados, en comparación con niveles considerados óptimos. Asimismo, es importante aclarar el concepto de productividad en un proceso, que comúnmente se mide mediante un índice que relaciona la producción obtenida con los recursos empleados. (Aguilera Piedra, 2021)

La eficiencia se refiere a la proporción existente entre los recursos utilizados en el proceso y los resultados obtenidos, la correspondencia entre los insumos empleados y los productos generados. (Parra Rodriguez)

$$Eficiencia = \frac{Input}{Output\ especificado}$$

#### **2.1.2.4 Inputs**

Los inputs son los recursos esenciales para la producción de bienes o servicios, incluyen lo que es mano de obra, materias primas, maquinaria, capital, tecnología y más factores productivos. Estos recursos dentro del proceso productivo son esenciales para el desarrollo, ya que la correcta gestión y combinación permite a las empresas transformar esos insumos en productos finales que son derivados hacia sus respectivos clientes finales. La eficiencia con la que se utilizan los inputs influye en la productividad, haciendo indispensable su óptima administración. (Miguel, 2023)

#### **2.1.2.5 Outputs**

Los outputs representan los resultados que se generaron a través del proceso productivo, constituyen el producto final, el cual se obtiene a través de la transformación de diversos inputs empleados. Estos resultados se presentan en bienes tangibles como, maquinaria, alimentos, vestimenta, productos manufacturados, como en los bienes intangibles como, consultorías, asesoramiento técnico, soporte financiero. Son el objetivo esencial de la empresa, ya que la calidad y cantidad determinan su competitividad en el mercado; son la base para obtener los ingresos, lo cual es fundamental tener un control de estos para tener una mejora continua. (Miguel, 2023)

#### **2.1.2.6 Productividad**

Se refiere a la relación entre la cantidad de bienes y servicios generados y los recursos que se emplearon en la producción, cuanto más eficientes sean los recursos empleados y se transformen en productos finales, la productividad será mayor. Lo importante es optimizar la eficiencia del uso de recursos para maximizar la producción. Un nivel alto de producción puede indicar un aumento en las personas empleadas, aumentar el nivel de productividad permite una mejor gestión de las empresas y aumentar su capital de manera significativa. Cuando la productividad aumenta los

precios disminuyen, ya que se produce utilizando más utilizando la misma cantidad de recursos.

(Andres Navarro & Sempere Ripoll, 2023)

$$Productividad = \frac{Valor\ real\ de\ producción}{Valor\ real\ producto\ esperado} * 100$$

#### **2.1.2.6.1 Productividad de un solo factor**

La productividad del factor considera al factor productivo, es decir la mano de obra.

(Andres Navarro & Sempere Ripoll, 2023)

$$Productividad\ mano\ de\ obra = \frac{Piezas\ producidas}{Horas\ de\ trabajo\ empleadas}$$

#### **2.1.2.6.2 Productividad multifactorial**

La productividad multifactorial considera varios factores a la vez, y esto define cuanto es la capacidad de producción de la empresa. (Andres Navarro & Sempere Ripoll, 2023)

$$Productividad = \frac{Piezas\ producidas}{Recursos}$$

#### **2.1.2.7 Eficacia**

La eficacia se refiere al grado en que se realizan las actividades planificadas y la obtención de los resultados establecidos. Es un indicador que mide el éxito si los objetivos se alcanzan. (ISO 9000, 2007)

$$Eficacia = \frac{Resultado\ alcanzado}{Resultado\ previsto} * 100$$

### **2.1.2.8 Control de calidad**

Según el Dr. Karou Ishikawa, practicar el control de calidad es desarrollar, diseñar, manufacturar y mantener un producto de calidad que sea el más económico, el más útil y siempre satisfactorio para el consumidor. (Cusiyupanqui Chicchón)

Philip Crosby, define control de Calidad como cumplimiento de los requisitos, se alcanza la calidad cuando un producto o servicio satisface las expectativas y necesidades del cliente. La calidad no debe considerarse un objetivo a lograr, sino un estándar esencial y obligatorio en cualquier organización. (Cusiyupanqui Chicchón)

El control de calidad busca satisfacer las necesidades de los clientes, más allá de cumplir con normas estandarizadas o especificaciones nacionales e internacionales. Aunque estas regulaciones proporcionan directrices, no siempre garantizan la satisfacción del cliente, ya que sus demandas pueden variar según sus requerimientos específicos. (Cusiyupanqui Chicchón)

Lo que propone Ishikawa es un sistema de “entrada de mercados”, donde el consumidor y cliente sea lo más importante, que se tenga en cuenta todas las especificaciones de este ya que el cliente es el que manda. (Cusiyupanqui Chicchón)

### **2.1.2.9 Tiempo de entrega**

Los tiempos de entrega en una empresa son fundamentales para asegurar la fidelidad y competitividad de la empresa dentro del sector al que laboran, consiste en la efectividad de los despachos de los productos finales a los clientes en el periodo de tiempo establecido. (Mora Garcia, 2008)

$$\text{Valor} = \frac{\text{Numero de despachos cumplidos a tiempo}}{\text{Numero total despachos requeridos}}$$

Consiste también en controlar la cantidad de los productos finales que son entregados a los clientes con todas las especificaciones. (Mora Garcia, 2008)

$$\text{Valor} = \frac{\text{Numero de pedidos entregados completos}}{\text{Total pedidos}}$$

#### 2.1.2.10 Proceso

Según la norma ISO, los procesos son actividades que se relacionan entre sí, utilizando recursos y empleando métodos para transformarlos en elementos de salida. En el proceso intervienen partes internas como externas. (López Cristóbal & Medina, 2017)

Para los procesos hay que cumplir con ciertos requisitos, según la norma ISO los requisitos son los siguientes:

- Entradas y salidas: Vienen de otros procesos, de los procesos anteriores, flujos de información, recursos, productos y servicios. Se trata de como se reciben los elementos y como se transforman al procesarlos. (López Cristóbal & Medina, 2017)
- Secuencia e interacción: La Norma ISO 9001:2015 establece que las empresas deben estructurar los procesos de una manera secuencial, ya que un proceso depende de otro para que la ejecución sea la correcta, se necesita un orden establecido para garantizar la coherencia y eficiencia de las actividades a desarrollar. (López Cristóbal & Medina, 2017)
- Criterios y métodos: Los criterios son parte importante a la hora de definir los requisitos que un proceso debe cumplir, llegando a establecer estándares claros de desempeño y calidad, los métodos es la manera en la que se pretende alcanzar los requisitos establecidos en el proceso. El método implica determinar como realizar un producto,

considerando todos los aspectos necesarios para la realización de este. (López Cristóbal & Medina, 2017)

- Recursos: Son lo que la empresa necesitará emplear para llegar a realizar la actividad, deben ser distribuidos correctamente para que no existan problemas como la mala asignación de un presupuesto o problemas de continuidad en la actividad. (López Cristóbal & Medina, 2017)
- Responsabilidad y autoridad: Es tener un responsable del proceso a realizar, distribuir correctamente a los responsables en los diferentes procesos para alcanzar la meta establecida y la producción siga avanzando. (López Cristóbal & Medina, 2017)
- Riesgo y oportunidades: Hacer una evaluación detallada de los riesgos de cada proceso, para tener un plan de resguardo frente a dificultades y oportunidades de mejorar el proceso.
  - Evaluación: Es realizar una inspección para ver si el proceso cumple con los estándares propuestos desde un inicio. (López Cristóbal & Medina, 2017)
  - Mejora: Es mejorar el proceso, optimizando sus procesos, tiempos o lo que se crea conveniente para llegar a tener una mejor satisfacción del cliente. (López Cristóbal & Medina, 2017)

#### **2.1.2.11 Tiempo de ciclo**

El tiempo de ciclo se refiere al periodo requerido para completar una etapa específica del proceso de fabricación, desde su inicio hasta su finalización. Este puede aplicarse a una sola unidad o a un conjunto de unidades, y representa el tiempo que un producto permanece en una determinada fase de producción antes de pasar a la siguiente. (Heinrich Lauri, 2022)

$$\frac{\text{Duración del proceso}}{\text{Cantidad total de mercancías procesadas}}$$

### **2.1.2.12 Retrasos**

Los retrasos en la producción son comunes en muchas empresas y son causadas por diversos factores, desde fallos técnicos hasta decisiones equivocadas en los procesos de fabricación. Esto retrasos afectan de manera negativa a la producción ya que complica los objetivos establecidos. (Cano, s.f.)

#### **2.1.2.12.1 Consecuencias del retraso**

Los retrasos en la entrega de productos pueden ocasionar consecuencias como la pérdida de confianza, siendo una de las más relevantes el impacto económico. En el sector minero, la alta demanda de trabajo y productos provoca que los retrasos en la entrega de equipos de gran tamaño afecten financieramente a la empresa, generando pérdidas significativas.

Estas consecuencias resaltan la importancia de identificar y gestionar las causas de los retrasos para evitar que afecten el desempeño y competitividad de la organización.

### **2.1.2.13 Estudio del tiempo**

El estudio del tiempo consiste en una forma de definir un tiempo establecido a una actividad para ejecutarla, considera como factores la medición del trabajo, tales como la fatiga, demoras personales y retrasos que pueda haber durante la realización. (Niebel, 2004)

### **2.1.2.14 Cronómetro**

Los cronómetros se emplean para la medición de tiempos, existen 2 tipos de cronómetros el decimal tradicional y el cronómetro electrónico, siendo el electrónico más fácil de usar. El decimal se caracteriza por estar dividido en 100 partes iguales, donde cada división representa 0.01

minutos, lo que una vuelta se considera 1 minuto, el cronómetro decimal permite realizar mediciones precisas y detalladas, pero hoy en día ha sido desplazado por dispositivos electrónicos más avanzados. (W. Niebel & Freivalds, 2009)

#### **2.1.2.15 Elementos del estudio de tiempos**

La realización de un estudio de tiempos tiene bastantes aspectos científicos como habilidades artísticas. Es fundamental que los analistas lleguen a generar confianza, utilicen un criterio y se realice un trato adecuado con las personas involucradas en el proceso. Se debe tener un conocimiento profundo de cada etapa del proceso a analizar. (W. Niebel & Freivalds, 2009)

- Selección del operario: El estudio de tiempos inicia con la selección de un operario, que cuenta con el apoyo del supervisor. Se requiere un operario con un desempeño promedio o superior, ya que los resultados que ofrece van a ser más representativos que uno menos calificado. (W. Niebel & Freivalds, 2009)
- Registro de información significativa: El analista debe registrar datos relevantes como máquinas, herramientas, materiales, condiciones de trabajo, operario, departamento, fecha y observador en el formulario de estudio de tiempos. El incluir un esquema de la distribución puede ser útil, ya que mientras más información, más relevante el estudio de tiempo será a lo largo del tiempo. (W. Niebel & Freivalds, 2009)
- Posición del observador: El observador debe mantenerse de pie a cierta distancia del operario para no interferir en el proceso, permitiendo así un mejor seguimiento de los movimientos del operario. (W. Niebel & Freivalds, 2009)

- División de la operación en elementos: La operación debe descomponerse en elementos para facilitar su medición, lo cual se logra observando al operario durante varios ciclos. (W. Niebel & Freivalds, 2009)

#### **2.1.2.16 Inicio del estudio**

Al inicio del estudio se registra la hora del día de un reloj maestro al tiempo que se inicia el cronómetro, usando los métodos de tiempos continuos y regreso a cero. (W. Niebel & Freivalds, 2009)

Tiempos continuos: Este método permite que el cronómetro funcione continuamente durante el estudio, registrando el tiempo en cada punto de quiebre sin detenerlo. (W. Niebel & Freivalds, 2009)

Regreso a cero: Tras registrar cada punto de quiebre, el cronómetro se reinicia a cero y comienza a contar nuevamente con cada nuevo elemento. (W. Niebel & Freivalds, 2009)

#### **2.1.2.17 Ejecución del estudio**

Calificación del desempeño del operario: El sistema de calificación de desempeño consiste en evaluar al operario comparándolo con uno experimentado que trabaja en condiciones normales, a un ritmo constante y sostenible durante toda la jornada. El principio fundamental de calificar el desempeño es ajustar el tiempo observado (TO) de cada elemento al tiempo normal (TN) que un operario calificado necesitaría para realizar la misma tarea. (W. Niebel & Freivalds, 2009)

$$TN = TO \times C/100$$

TO = Tiempo medio observado

TN = Tiempo normal

C = Calificación del desempeño

Adición de suplementos u holguras: En un entorno de trabajo, ningún operario puede mantener un ritmo estándar de manera continua durante toda la jornada, existen 3 tipos de interrupciones. (W. Niebel & Freivalds, 2009)

**Tabla 2:**

*Tipos de interrupciones*

Interrupciones personales	Comprenden necesidades personales del operario que requieren pausas breves.	Ir al baño, tomar agua, descansos ocasionales.
Fatiga	Resulta del desgaste físico, mental, reduciendo la eficiencia	Tareas repetitivas o prolongadas.
Retrasos inevitables	Problemas imprevistos o intervenciones externas que interrumpen el flujo normal del trabajo	Falla de herramientas, intervención del supervisor, variaciones en el material.

**Nota.** Elaboración propia







La tabla 2 muestra las interrupciones que se generan en los diferentes tipos de trabajo.

### 2.1.2.18 Diagrama de análisis del proceso

El diagrama de Análisis de proceso (DAP) presenta de una manera completa la secuencia de actividades involucradas en un proceso, identificando la incorporación de componentes y posibles avances o retrocesos, emplea símbolos específicos que indican operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenamientos. (López Cristóbal & Medina, 2017)

**Tabla 3:**

*Símbolos del DAP*

Símbolo	Nombre	Descripción
	Operación	Indica las principales fases del proceso. Agrega, modifica, montaje, etc
	Inspección	Verifica la cantidad y/o calidad. En general no agrega valor
	Transporte	Indica el movimiento de los materiales. Traslado de un lugar a otro
	Espera	Indica demora dentro de operaciones o abandono momentáneo
	Almacenamiento	Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén
	Combinada	Indica la actividad de operación e inspección simultáneamente

**Nota.** Símbolos del procedimiento del DAP. Fuente: (López Cristóbal & Medina, 2017)

La tabla 3 muestra los símbolos del DAP para su correcto desarrollo en el proceso de observación y toma de datos.

### 2.1.2.19 Diagrama de operaciones

El diagrama de proceso de operaciones muestra detalladamente todas las operaciones, inspecciones, tiempos estimados y materiales utilizados en un proceso de fabricación. Representa la secuencia cronológica de las actividades a realizar, desde la recepción de la materia prima hasta el empaque del producto final. El diagrama refleja los puntos en los que los materiales se integran al proceso, incluye información para el análisis, como el tiempo requerido y la ubicación donde se realizan las diferentes actividades. (López Cristóbal & Medina, 2017)

Para realizar un DOP solo se usan los símbolos de operación, inspección y combinada; según López Cristóbal & Medina (2017) para la elaboración del DOP hay reglas que deben seguirse.

- Se emplean únicamente símbolos de operación, inspección y combinados, de manera vertical.
- Cada símbolo debe estar acompañado de una breve descripción de la actividad.
- La materia prima principal debe ubicarse en la derecha del diagrama, los demás componentes de derecha a izquierda, siguiendo un orden decreciente de importancia.
- No deben presentarse cruces de línea en el diagrama.
- Todos los símbolos deben tener un tamaño uniforme.
- Emplear el mismo modo verbal para describir las operaciones.
- Las entradas y salidas del sistema se representan mediante líneas horizontales, las entradas se ponen a la izquierda de la línea vertical y las salidas a la derecha.
  - Los desechos se presentan con una línea a la derecha, especificando las causas que lo originan.
- Los cambios en el producto se indican con dos líneas paralelas que contienen información sobre el cambio.
- Las bifurcaciones deben presentarse claramente en el diagrama.
- Las actividades repetitivas y reprocesos indican mediante dos líneas paralelas con la cantidad de repeticiones específicas.
- Todas las operaciones deben estar numeradas correctamente, de arriba hacia abajo y de derecha a izquierda.

El DOP cuenta con 3 partes importantes dentro de su proceso.

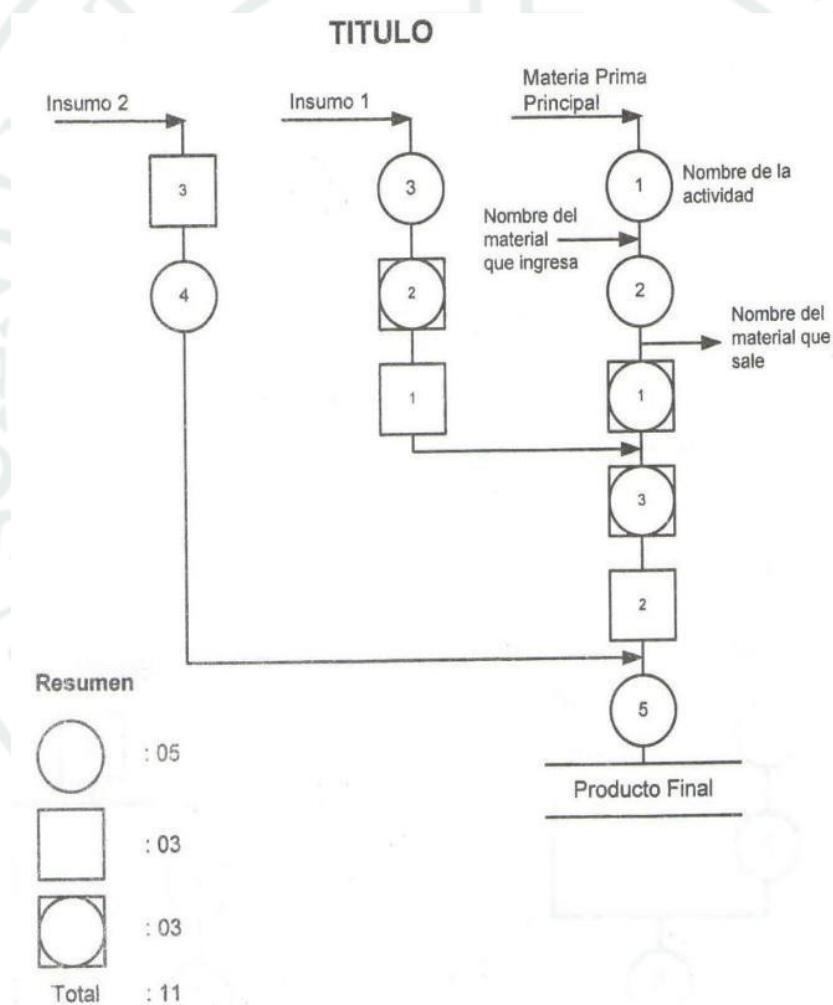
Encabezado: Indica el título del diagrama y el producto el cual se está elaborando.

Cuerpo: Es el diagrama, compuesto por los símbolos y las líneas.

Resumen: El número total de operaciones, inspecciones y combinadas efectuadas.

**Figura 1:**

*Esquema del Diagrama de Operaciones*



**Nota.** La Figura 1 muestra el esquema de diagrama de operaciones con los símbolos. Fuente: (López Cristóbal & Medina, 2017)

La figura 1 muestra el esquema del DOP que consta de un proceso para hacer la correcta identificación de los procesos.

## **2.2 Marco metodológico**

### **2.2.1 Nivel de investigación**

La investigación para realizar es una investigación aplicada, para Murillo la investigación aplicada es una investigación práctica o empírica. Se caracteriza por buscar la aplicación de los conocimientos adquiridos mientras se generan nuevos conocimientos a través de la implementación y sistematización de experiencias basadas en la investigación. (Vargas Cordero, 2009)

En la presente investigación se aplicará y analizará la situación actual de los procesos de fabricación de liners en la empresa de Tecno Caucho SAC, enfocándose en la eficiencia operativa.

Según el autor G. Arias (2006), la investigación descriptiva se enfoca en detallar un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el propósito de definir su estructura o comportamiento. Los resultados que se obtienen a través del tipo de investigación ofrecen un nivel intermedio de comprensión en cuanto a la profundidad del conocimiento.

Esta investigación también presentara un estudio descriptivo para poder detallar concretamente los procesos de fabricación de liners, como mencionó el autor G. Arias (2006), esta investigación permite definir la estructura y comportamiento de los procesos, identificando las áreas críticas que afectan a la eficiencia operativa. Al proporcionar un diagnóstico preciso y estructura, se obtendrá una buena interpretación de estrategias para la correcta optimización de los procesos incluidos.

Como parte del desarrollo de la presente investigación, se llevará a cabo un análisis detallado del proceso productivo actual de fabricación de liners en Tecno Caucho SAC, con el objetivo de identificar los factores que generan demoras y tiempos improductivos, se empleará la técnica de observación directa en planta, que permitirá registrar, de manera sistemática, cada una de las etapas del proceso, así como los flujos de trabajo, tiempos de ejecución y uso de recursos humanos y materiales.

Uno de los principales enfoques será la identificación de cuellos de botella, entendidos como aquellos puntos críticos dentro del proceso donde se acumulan tareas, se generan retrasos o se presentan tiempos de espera innecesarios; estos cuellos de botella pueden estar relacionados con la distribución del espacio físico, la disponibilidad de maquinaria, el flujo de materiales o la cantidad y asignación del personal.

Con la información obtenida, se buscará optimizar dichos cuellos de botella mediante diversas estrategias. Entre ellas se contempla la redistribución del personal, asignando operarios de manera más eficiente en función de la carga del trabajo en cada etapa, y evaluando la necesidad de contratar personal adicional si se identifica un déficit en áreas críticas que comprometan la continuidad del flujo productivo.

Asimismo, se analizará la forma actual de trabajo y se evaluará una nueva forma de producción más eficiente y eficaz, considerando cambios en la secuencia de operaciones, optimización del tiempo de actividades, mejora en el uso de equipos y reorganización del layout si fuera necesario. Estas acciones estarán orientadas a minimizar los tiempos de fabricación, aumentar la productividad del proceso y garantizar una mayor capacidad de respuesta ante la demanda del cliente.

### **2.2.2 *Diseño de investigación***

Según G. Arias (2006), la investigación cuasiexperimental se asemeja a un experimento, con la diferencia que no se cuenta con un control riguroso en la conformación inicial de los grupos, ya que los participantes no son asignados de forma aleatoria. Esta ausencia de aleatoriedad limita la certeza sobre la equivalencia entre los grupos, lo que puede dificultar atribuir con total seguridad los resultados obtenidos a la influencia de la variable independiente o tratamiento aplicado. En este enfoque, se trabaja con dos grupos: el grupo experimental (Ge), al cual se le aplica la intervención o tratamiento (X), y el grupo control (Gc), que no recibe dicho tratamiento y cuya función es servir como punto de comparación.

El diseño cuasi experimental se aplica de manera adecuada a la presente investigación, ya que se busca evaluar el impacto de la implementación de herramientas de mejora continua en la reducción de tiempos de fabricación de los liners en la empresa Tecno Caucho. Debido a que no es posible asignar aleatoriamente a los trabajadores o áreas de producción, se trabaja con grupos ya existentes dentro de la organización, lo que limita el control total sobre la equivalencia inicial de los grupos, este diseño permite observar y comparar los resultados de antes y después de la intervención, haciendo posible identificar mejoras atribuibles al tratamiento aplicado, aun en un entorno real y operativo como el de la empresa.

La investigación con métodos mixtos según los autores Forni & De Grande (2020), Creswell menciona que es aquella que en la que el investigador reúne datos cuantitativos y cualitativos, los integra y realiza interpretaciones basadas en combinar las fortalezas de ambos, ya que esto brinda una mejor comprensión en los problemas.

La presente investigación se desarrollará bajo un enfoque de métodos mixtos, el cual combina la recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos con el propósito de obtener

una comprensión más completa del problema de estudio. Este enfoque se caracteriza por integrar ambos tipos de datos y realizar interpretaciones que aprovechan las fortalezas de cada método, el uso de métodos mixtos permitirá recopilar información numérica sobre la eficiencia operativa, paradas de equipos y tiempos muertos, mientras que mediante observaciones se obtendrán datos cualitativos que profundicen en las causas y percepciones relacionadas con dichos problemas.

### **2.2.3 Población**

La población de este estudio está compuesta por todo el personal involucrado en el proceso de fabricación de liners en Tecno Caucho SAC. Esto incluye al personal de las áreas administrativas como gerencia comercial, gerencia de operaciones, control de calidad, logística, almacén, seguridad, laboratorio, así como a los obreros que participan directamente en la producción. Todos ellos aportan información relevante para el análisis del trabajo y la optimización de los procesos productivos.

### **2.2.4 Muestra**

Según Luis López (2004) , la muestra se define como un segmento o porción de la población en la que se llevará a cabo la investigación, hay diversos métodos para determinar la cantidad adecuada de elementos que conforman la muestra. En esta investigación la muestra será toda la población debido a que el personal no es tan amplio y toda la población está involucrada en el proceso.

### **2.2.5 Técnicas e instrumentos de Recolección de datos**

#### **2.2.5.1 Exploración**

La exploración es una técnica utilizada para las investigaciones iniciales para tener una visión general sobre el problema. Este es un tipo de recolección de datos, donde el investigador realiza una revisión de la situación que se hará estudio, sin tener una estructura fija. Este enfoque

permite identificar las áreas de interés, formular preguntas y tener una orientación hacia las etapas de la actividad en estudio.

### **2.2.5.2 Observación**

La observación consiste en la inspección directa y detallada de los procesos a optimizar, en esta investigación la observación se aplicará para estudiar y documentar las actividades en la fabricación de los liners, registrando tiempos, ineficiencias y demoras en el proceso productivo. Se busca obtener datos cualitativos que permitan analizar las causas de pérdida de tiempo y problemas operativos. Se realizó una observación en el proceso de fabricación de liners, viendo así que se pueden optimizar tiempos para el cumplimiento de entrega y eficiencia operativa.

### **2.2.5.3 Análisis documental**

El análisis documental es una metodología de investigación técnica que consiste en un conjunto de operaciones diseñadas para describir y representar los documentos de manera sistemática y unificada. Este proceso abarca el análisis y síntesis de la información e incluye actividades como la descripción bibliográfica y general de las fuentes. (Molina Gómez & Dulzaides Iglesias, 2004)

Se realizó un análisis de la empresa Tecno Caucho sobre el proceso de fabricación de liners, se evaluó lo siguiente.

- Tiempo de fabricación de cada liner
- Fuentes de desperdicio
- Demoras en el proceso de fabricación
- Paradas imprevistas

El estudio permitió generar un diagnóstico preciso que servirá como base para proponer soluciones efectivas que contribuyan a la productividad y reducción de costos de la empresa.

### **2.2.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Excel es un software desarrollado por Microsoft, se clasifica como hoja de cálculo ya que facilita la realización de cálculos matemáticos de manera práctica. Es útil para organizar datos numéricos y representarlos mediante gráficos. Excel permite gestionar datos organizados en tablas. Su funcionalidad se basa en cálculos complejos utilizando fórmulas y funciones, hasta la creación de varios tipos de gráficos para la visualización de la información. (Soliz Franco, 2014)

El uso de este programa será fundamental para analizar y organizar los datos recopilados, permitiendo un análisis preciso y eficiente que facilite la optimización adecuada de los procesos.

### **2.2.7 Aspectos administrativos**

#### **2.2.7.1 Recursos Necesarios**

Para realizar esta investigación se utilizarán los siguientes recursos:

Recursos humanos: Autor del proyecto, asesor de tesis asignado por la universidad, personal de planta Tecno Caucho para la recolección de datos y observación del proceso.

Recursos materiales y tecnológicos: Laptop personal para la recolección de datos, software Excel, software con IA, cronómetro, material de oficina, Tablet para la toma de datos en la observación de campo.

Costo estimado: S/ 300.

Recursos financieros: Gastos del transporte: S/ 300.

### 2.2.8 Cronograma de actividades

**Tabla 4:**

*Cronograma de actividades*

Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7
Revisión bibliográfica y Marco Teórico	X						
Definición del problema de investigación	X						
Diseño de la metodología	X	X					
Recolección de datos		X	X				
Análisis de datos recolectados			X	X			
Implementación de optimización de procesos				X	X		
Redacción capítulos resultados				X	X		
Redacción conclusión y recomendaciones						X	
Revisión y corrección del documento final						X	X
Presentación y sustentación de tesis							X

**Nota.** Elaboración propia.

La tabla 4 muestra el proceso de realización del proyecto de investigación de inicio a fin.

## CAPÍTULO III

En el presente capítulo se desarrolla el diagnóstico situacional de la empresa, con el propósito de comprender integralmente su funcionamiento actual y las condiciones en las que se ejecuta el proceso productivo. Para ello, se analiza la misión, visión y actividad económica de la organización, así como los recursos con los que cuenta y la forma en que estos se articulan dentro de sus operaciones. Asimismo, se describe detalladamente el proceso de fabricación y el flujo de actividades, identificando los productos utilizados, las etapas críticas y los elementos que conforman la estructura operativa.

Este diagnóstico constituye la base para detectar limitaciones, oportunidades de mejora y factores que influyen en la eficiencia del proceso, permitiendo establecer criterios técnicos que sustenten la propuesta de optimización planteada en la investigación.

### **3.1 Diagnóstico situacional**

#### **3.1.1 *Diagnóstico de la empresa***

##### **3.1.1.1 *Reseña de la empresa***

Tecno Caucho S.A.C. es una empresa fundada en el año 2019 en Arequipa, Perú, creada con el objetivo de satisfacer la demanda del sector minero e industrial mediante la fabricación de productos de caucho y sus derivados. Con más de 20 años de experiencia acumulada en su equipo, ofrecen soluciones innovadoras y personalizadas, como el manejo de autoclaves de gran capacidad y la creación de mezclas de caucho en su propio laboratorio. Además, están certificados por SGS, lo que garantiza la calidad y confianza de sus servicios en el mercado.

##### **3.1.1.2 *Rubro y actividad principal***

**Rubro:** Tecno Caucho S.A.C. pertenece a la industria manufacturera, específicamente en la producción de productos de caucho y derivados.

**Actividad principal:** La empresa se dedica a la fabricación y comercialización de soluciones en caucho para el sector minero e industrial. Entre sus productos principales se incluyen revestimientos de equipos industriales, fajas transportadoras y productos de caucho diseñados para proteger maquinaria y mejorar la eficiencia en diversas operaciones industriales. Además, cuentan con la capacidad de preparar mezclas de caucho en su laboratorio interno, asegurando control de calidad en todo el proceso.

Entre las actividades complementarias, se destaca la fabricación de liners con injerto de cerámico, cuya producción ha experimentado un notable incremento en la actualidad, especialmente para su instalación en chutes de gran tamaño

### **3.1.1.3 Misión y visión**

**Misión:** Tecno Caucho S.A.C. tiene como misión proporcionar soluciones de alta calidad en productos de caucho, diseñados específicamente para satisfacer las demandas del sector minero e industrial. Buscan agregar valor a través de innovación, eficiencia y cumplimiento de los más altos estándares en sus procesos productivos.

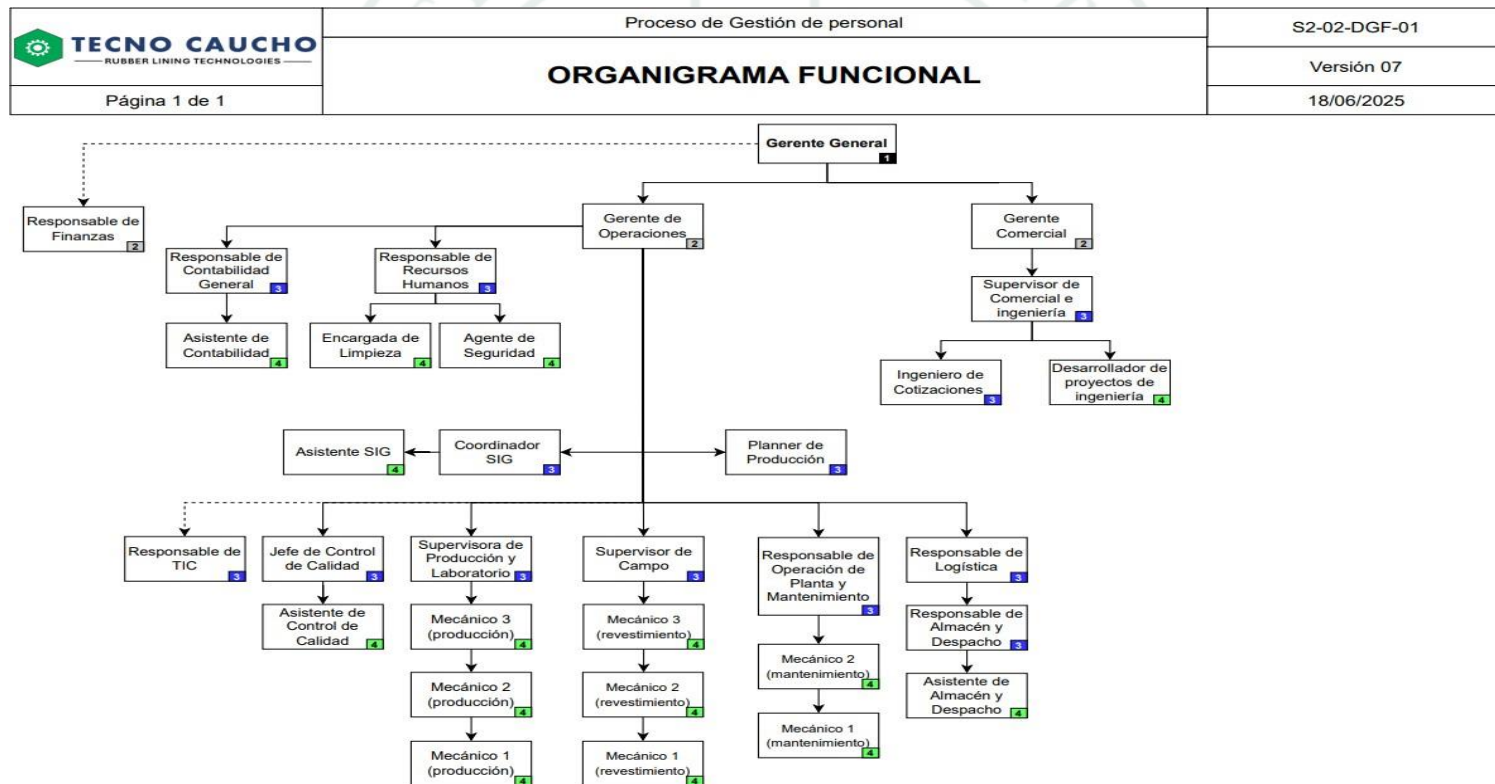
**Visión:** La visión de la empresa es posicionarse como un líder referente en el mercado de caucho industrial, destacándose por su capacidad de innovación, su excelencia operativa y el compromiso con la satisfacción total de sus clientes en los sectores que atienden.

### 3.1.1.4 Forma de organización de la empresa

### 3.1.1.5 Organigrama de la empresa

Figura 2 :

Organigrama funcional de la empresa



Nota. Organigrama funcional de la empresa Tecno Caucho, fuente Tecno Caucho S.

La figura 2 muestra el organigrama funcional de Tecno Caucho del año 2025.

**Tabla 5:**

*Estructura Organizacional y Funciones por Área*

Área	Descripción	Funciones principales
Gerencia General	Máxima autoridad administrativa, responsable de dirigir la empresa y establecer las estrategias organizacionales.	Definir la misión, visión y objetivos estratégicos. Tomar decisiones clave para el crecimiento de la empresa. Coordinar el trabajo de todas las gerencias. Representar legal e institucionalmente a la empresa.
Gerencia de Finanzas	Administra los recursos económicos y financieros para garantizar la sostenibilidad del negocio.	Elaborar presupuestos y proyecciones financieras. Controlar costos y gastos. Gestionar pagos, cobros y obligaciones tributarias. Emitir informes financieros para la toma de decisiones.
Gerencia de operaciones	Supervisa y controla los procesos productivos, asegurando eficiencia y cumplimiento de plazos.	Planificar y coordinar la producción. Gestionar el uso de maquinaria y equipos. Optimizar recursos para mejorar la productividad. Supervisar el cumplimiento de los cronogramas.
Gerencia comercial	Encargada de la captación y fidelización de clientes, así como del posicionamiento en el mercado.	Diseñar e implementar estrategias de ventas. Negociar contratos y propuestas comerciales. Realizar seguimiento a clientes. Investigar y analizar el mercado.
Control de Calidad	Asegura que los productos cumplan con las especificaciones técnicas y normativas.	Realizar inspecciones y ensayos. Verificar la calidad de materias primas y productos terminados. Documentar resultados de control. Proponer mejoras al proceso productivo.
Producción y laboratorio	Ejecuta los procesos de fabricación y pruebas técnicas para garantizar la calidad del producto.	Preparar y procesar materiales. Operar y supervisar la maquinaria. Realizar pruebas físicas y químicas. Cumplir con las especificaciones técnicas de producción.
Logística	Gestiona el flujo de materiales y productos terminados desde el almacenamiento hasta la entrega.	Administrar inventarios. Coordinar transporte y distribución. Optimizar almacenamiento y despacho. Gestionar compras y abastecimiento.

Sistema Integrado de Gestión (SIG)	Implementa y mantiene los sistemas de gestión de calidad, seguridad y medio ambiente.	Supervisar el cumplimiento de normas y políticas. Desarrollar auditorías internas. Gestionar acciones correctivas y preventivas. Promover la mejora continua.
------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Nota.** Elaboración propia

La tabla 5 muestra la estructura organizacional de Tecno Caucho S.A.C del puesto de Gerente General hasta el SIG, haciendo descripción de cada una de estas áreas.

### 3.1.1.6 Política integrada de Tecno Caucho

Tecno Caucho S.A.C. es una empresa dedicada a la producción y aplicación de revestimientos de caucho y poliuretano para la industria metalmecánica y minera. Su gestión se orienta a consolidarse como una organización moderna, comprometida con la calidad, la seguridad y el cuidado del medio ambiente.

La empresa asume compromisos fundamentales dentro de su Sistema Integrado de Gestión (SIG), entre los cuales destacan: la satisfacción de las partes interesadas mediante una comunicación efectiva; la protección de la vida, salud y bienestar de trabajadores, contratistas y visitantes a través de condiciones seguras y saludables; la prevención de la contaminación y minimización de impactos ambientales; la participación activa de los trabajadores en la gestión; el desarrollo profesional de su personal para fortalecer la cultura de calidad y seguridad; el cumplimiento de la normativa legal aplicable y compromisos voluntarios asumidos; y la mejora continua del SIG para asegurar la calidad de los productos y servicios, la protección ambiental y la seguridad ocupacional.

### 3.1.1.7 Principales clientes

**MolyCop Lima:** MolyCop es una empresa global líder en la fabricación de bolas de acero para la molienda de minerales en minería. Su planta en Lima abastece tanto al mercado local como a

mercados internacionales, como Chile, Bolivia y otros países de la región. Además de bolas de molienda, MolyCop produce barras de acero y ofrece servicios técnicos que ayudan a optimizar los procesos de molienda. Su enfoque en la innovación y el soporte técnico es clave para su éxito en la industria minera.

**Imco Servicios:** IMCO Servicios S.A.C. es una empresa peruana que se dedica a la fabricación y comercialización de soluciones industriales metálicas y revestimientos de caucho, orientadas principalmente a los sectores de minería, construcción y energía. Su portafolio incluye equipos y componentes de gran tamaño, especialmente diseñados para aplicaciones de alta exigencia, como chutes, tolvas, ciclones, celdas de flotación, entre otros.

La empresa tiene como propósito principal optimizar la eficiencia operativa de sus clientes mediante el suministro de productos duraderos, personalizados y de alta calidad. Actualmente, uno de sus principales clientes es la minera Centinela, ubicada en Chile, con la cual mantiene una relación comercial activa para el desarrollo de proyectos de gran escala.

IMCO Servicios es ampliamente reconocida en el sector por su especialización en soluciones metálicas de precisión y su capacidad para atender requerimientos de gran envergadura. En este contexto, mantiene una estrecha relación de colaboración con Tecno Caucho, con quien desarrolla el revestimiento de equipos industriales de gran tamaño. Esta alianza estratégica ha dado lugar a un elevado volumen de órdenes de trabajo conjuntas, posicionando a IMCO como el cliente con mayor número de requerimientos hacia Tecno Caucho, reflejo de su enfoque compartido en el sector minero. asimismo, entre las actividades complementarias desarrolladas, se encuentra la fabricación de liners con injertos cerámicos, cuya demanda ha aumentado considerablemente debido a su efectividad en la protección de chutes de gran tamaño frente al desgaste abrasivo, contribuyendo así a prolongar la vida útil de los equipos críticos en operaciones mineras.

**Minera Cerro Verde:** Es una de las operaciones mineras más importantes del Perú y de América Latina. Ubicada en la región de Arequipa, esta unidad minera se especializa en la extracción y procesamiento de cobre a gran escala. Su infraestructura comprende plantas concentradoras, tanques de almacenamiento (TK), chutes, molinos, celdas de flotación, entre otros equipos de gran volumen y complejidad operativa, los cuales requieren protección constante frente al desgaste mecánico y químico.

Entre sus principales proveedores se encuentran empresas especializadas en soluciones de revestimiento y fabricación de estructuras metálicas para la industria minera, como IMCO Servicios S.A.C. y Tecno Caucho S.R.L. Estas empresas han participado activamente en proyectos orientados al mantenimiento y mejora de los equipos en Cerro Verde.

Una de las intervenciones más relevantes en esta mina ha sido la ejecución de revestimientos en poliuretano elastomérico en tanques TK y otros componentes de gran tamaño. Estos revestimientos ofrecen alta resistencia a la abrasión y la corrosión, lo que contribuye significativamente a prolongar la vida útil de los equipos, reducir tiempos de parada y optimizar los costos de mantenimiento, asimismo, IMCO ha fabricado equipos metálicos de gran escala destinados directamente a Cerro Verde, los cuales, posteriormente, han sido revestidos por Tecno Caucho, consolidando así una cadena de valor entre ambas empresas en beneficio del cliente minero. En etapas anteriores, también se realizaron liners completamente de caucho, que mostraron un buen desempeño en campo, especialmente en zonas de alto impacto o fricción constante.

La relación con Cerro Verde representa un hito importante para ambas empresas proveedoras, ya que no solo refuerza su posicionamiento en el mercado minero, sino que también valida la eficacia de sus soluciones técnicas frente a las exigencias de una operación de clase mundial.

**Hudbay Perú S.A.C:** Es una minera de gran escala con operaciones en el sur del país, principalmente en la unidad minera Constancia. Como parte de los servicios brindados a esta empresa, se han fabricado y revestido spools, ductos y otros componentes metálicos destinados al transporte de pulpas y fluidos mineros. Estos equipos, expuestos a altos niveles de abrasión, han sido revestidos internamente con poliuretano y caucho, extendiendo su vida útil y asegurando un desempeño eficiente en planta. Empresas como IMCO Servicios participan en la fabricación de estos componentes, mientras que Tecno Caucho se encarga del revestimiento, trabajando en conjunto para cumplir con los estándares exigidos por Hudbay.

**Minera Antapacay:** Ubicada en la región Cusco, es una de las principales productoras de concentrado de cobre en el país. En esta operación se han desarrollado trabajos de revestimiento interno con poliuretano en diversos componentes como spools, codos, ductos, tanques y tolvas, expuestos a condiciones de alta abrasión. El uso de poliuretano permite proteger estos equipos, prolongar su vida útil y mantener la eficiencia operativa en las líneas de transporte de pulpas y soluciones minerales.

**Southern Perú:** Una de las principales empresas mineras del país, opera grandes unidades como Cuajone y Toquepala, especializadas en la producción de cobre. En estas operaciones, se ha trabajado en la fabricación y suministro de spools, codos, ductos y estructuras metálicas para el transporte de pulpas y fluidos mineros. IMCO Servicios ha participado activamente en estos proyectos, fabricando componentes metálicos de gran tamaño que luego son revestidos internamente con poliuretano o caucho, según las condiciones de operación. Estas soluciones buscan reducir el desgaste por abrasión y asegurar una mayor durabilidad de los sistemas de conducción minera.

**Regena:** Es una empresa peruana dedicada a la fabricación de soluciones industriales en caucho y poliuretano. De manera frecuente, envía solicitudes de trabajo para el revestimiento de juntas de expansión, spools y diversos componentes metálicos, los cuales requieren protección frente a la abrasión y la corrosión. Además, en algunas ocasiones se solicita la aplicación de poliuretano en superficies internas, dependiendo de las exigencias del servicio o del fluido transportado

**Metso Perú S.A:** Es una empresa líder en el suministro de equipos, repuestos y servicios para la industria minera y de procesamiento de minerales. En el Perú, Metso realiza constantes requerimientos relacionados con revestimientos de poliuretano y caucho, principalmente para componentes como spools, codos, ciclones, hidrociclones y chutes, los cuales están expuestos a altos niveles de desgaste. Estos equipos, antes de ser instalados en planta, son enviados para su revestimiento especializado, lo que garantiza una mayor resistencia y prolonga su vida útil en condiciones mineras exigentes.

### **3.1.2 *Productos utilizados***

#### **3.1.2.1 *Caucho***

El caucho, como materia prima, ha demostrado ser un recurso invaluable para múltiples industrias debido a sus propiedades únicas. Se clasifica en dos grandes grupos: caucho natural y caucho sintético, cada uno con características distintivas que lo hacen aplicable en diversas áreas productivas. El caucho natural proviene principalmente del árbol *Hevea brasiliensis*, del cual se extrae una sustancia lechosa conocida como látex. Este látex contiene polímeros de poliisopreno, los cuales otorgan al caucho sus características elásticas. Desde un punto de vista histórico, el caucho natural ha sido utilizado desde tiempos precolombinos, cuando las civilizaciones mesoamericanas lo empleaban en la creación de objetos ceremoniales y de uso diario, el caucho sintético surge como una alternativa industrial al caucho natural, especialmente durante la Segunda

Guerra Mundial, cuando la demanda de esta materia prima superó la capacidad de producción natural. El caucho sintético se obtiene a partir de derivados del petróleo mediante procesos de polimerización.

**Aplicaciones del caucho:** Actualmente, el caucho tiene una amplia variedad de aplicaciones en diversas industrias. En el sector automotriz, es utilizado principalmente en la fabricación de llantas, así como en otros componentes como empaques, soportes y mangueras. En el sector construcción, se emplea en recubrimientos de superficies, juntas de dilatación y aislamiento. En las industrias electrónica y energética, el caucho se utiliza en la producción de cables, conectores y aislantes eléctricos, debido a su capacidad dieléctrica y resistencia térmica. Asimismo, en el sector médico, se emplea en la fabricación de guantes, tapones, tubos y otros insumos, gracias a sus propiedades de flexibilidad, elasticidad e higiene.

En el sector industrial, y especialmente en el ámbito minero, el caucho se utiliza como un material clave para el revestimiento de equipos de gran tamaño, tales como chutes, canaletas de rebose, canaletas de relaves, tolvas, ciclones, y tanques de almacenamiento. Su aplicación tiene como principal finalidad proteger las superficies internas de estos equipos frente al desgaste por abrasión, impactos y agentes corrosivos presentes en los procesos de transporte y tratamiento de minerales.

El caucho actúa como una barrera protectora, evitando el contacto directo entre los materiales agresivos y la estructura metálica del equipo. Esta propiedad resulta fundamental en ambientes mineros, donde los equipos están sometidos a condiciones extremas de operación. Gracias a su alta resistencia mecánica, elasticidad y capacidad de absorción de impactos, el uso del caucho contribuye significativamente a prolongar la vida útil de los equipos, reducir los costos

de mantenimiento y minimizar los tiempos de parada no programada, mejorando así la eficiencia operativa de las plantas industriales.

**Figura 3:**

*Revestimiento canaleta de rebose*



**Nota.** Toma de una canaleta de rebose en planta Tecno Caucho en pleno revestimiento.

La figura 3 muestra una canaleta de rebose en plena fase de revestimiento, con planchas de caucho al costado para su correcto revestimiento.

### 3.1.2.2 Cerámico

En el sector minero, el uso de cerámicos de alta alúmina ( $Al_2O_3$ ) se ha consolidado como una solución eficiente para el recubrimiento de liners en equipos sometidos a desgaste severo, tales como chutes, tolvas, canaletas y sistemas de transferencia de mineral. Este material, de color característicamente blanco, presenta propiedades físicas y mecánicas que le otorgan una elevada

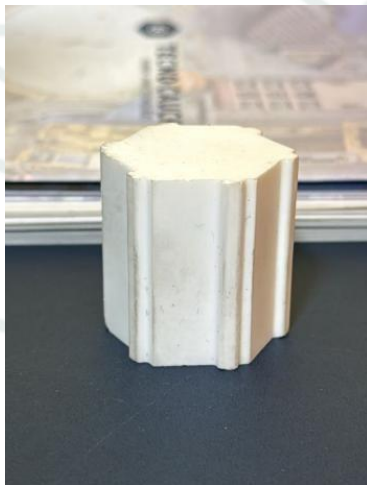
resistencia al desgaste abrasivo, siendo capaz de soportar el impacto y el roce constante generado por el flujo de mineral.

La alúmina utilizada para estos revestimientos generalmente presenta una pureza igual o superior al 92%, alcanzando valores de dureza cercanos a 9 en la escala de Mohs, lo que la posiciona como uno de los materiales más duros después del diamante. Su superficie lisa contribuye a mejorar el flujo de mineral, minimizando la adherencia de partículas, especialmente en condiciones de alta humedad o presencia de finos.

Adicionalmente, el cerámico de alta alúmina ofrece resistencia química frente a la acción de agentes corrosivos como ácidos y álcalis presentes en algunos minerales, garantizando así una mayor durabilidad en comparación con revestimientos metálicos convencionales. Esto repercute en una reducción significativa de los costos de mantenimiento y en la optimización de la disponibilidad operativa de los equipos revestidos.

**Figura 4:**

*Cerámico blanco*



**Nota.** Cerámico en las instalaciones de Tecno Caucho, cerámico hexagonal.

La figura 4 muestra el cerámico de color blanco utilizado en el proceso de fabricación de liners

### **3.1.2.3 Sustrato (acero)**

El sustrato de acero constituye la base estructural sobre la cual se fijan los revestimientos protectores empleados en la industria minera, tales como caucho, poliuretano o cerámicos de alta alúmina. Su principal función es proporcionar soporte mecánico y estabilidad estructural frente a las cargas y esfuerzos generados por el impacto y el flujo continuo de mineral, especialmente en componentes como chutes, tolvas y canaletas. El acero utilizado para estos fines suele ser de tipo acero al carbono de calidad estructural, cumpliendo especificaciones como las establecidas en la norma ASTM A36 o equivalentes, debido a su adecuada combinación de resistencia mecánica, tenacidad y soldabilidad. Estas propiedades permiten que el material soporte golpes, vibraciones y esfuerzos dinámicos sin sufrir deformaciones permanentes, además de ofrecer facilidad en los procesos de corte, perforado y conformado, lo cual resulta fundamental para el diseño de liners adaptados a distintas condiciones operativas.

El sustrato de acero no solo actúa como elemento portante, sino que también influye directamente en la durabilidad y eficiencia del sistema de revestimiento, siendo un componente clave en la prolongación de la vida útil de los equipos y en la reducción de los costos de mantenimiento dentro de la operación minera.

**Figura 5 :**

*Alma metálica de los liners*



**Nota.** La figura 5 es un alma metálica tomada en la planta Tecno Caucho, alma metálica para la fabricación de liners de cerámico.

La figura 5 muestra un alma metálica o un sustrato de acero con espárragos incrustados para el revestimiento con el cerámico y el caucho.

## Figura 6 :

### *Almas metálicas*



**Nota.** Almas metálicas separadas para su correcto revestimiento.

La figura 6 muestra una fotografía tomada en planta Tecno Caucho de almas metálicas de diferentes tipos.

#### **3.1.2.4 Anticorrosivo**

El Chemlok® 205 es un recubrimiento base solvente que se utiliza como primario en sistemas de unión entre sustratos metálicos y materiales de revestimiento como caucho, poliuretano o cerámicos de alta alúmina. Su función principal es actuar como capa de anclaje y protección anticorrosiva sobre el acero, asegurando la adherencia de los recubrimientos y prolongando la vida útil del conjunto. Se aplica sobre la superficie metálica limpia y seca, generando una película uniforme que impide el avance de la corrosión y ofrece una base química adecuada para la siguiente capa adhesiva. En el caso del revestimiento con caucho, el Chemlok® 205 permite que la vulcanización posterior genere una unión firme y duradera, evitando desprendimientos incluso bajo condiciones de impacto, abrasión y humedad. Cuando se emplea junto con cerámicos de alta alúmina, cumple un papel similar al garantizar que las placas cerámicas

queden firmemente adheridas al sustrato metálico mediante el adhesivo intermedio, evitando holguras o fallas prematuras. Su color negro facilita la inspección visual de la cobertura, asegurando que no queden zonas sin protección. Se aplica generalmente con pistola de aspersión, brocha o por inmersión, manteniendo espesores secos controlados para optimizar el rendimiento y la adherencia. Tras su aplicación, se deja un tiempo de secado suficiente para la evaporación del solvente antes de colocar la capa adhesiva final. Gracias a su resistencia a las temperaturas de vulcanización del caucho y a su capacidad para mantener propiedades mecánicas y químicas estables, el Chemlok® 205 se considera un elemento esencial en procesos de revestimiento de chutes, tolvas, canaletas y otros componentes sometidos a alto desgaste en la industria minera.

**Figura 7 :**

*Anticorrosivo - Chemlok® 205*



**Nota.** Chemlok 205 en planta Tecno Caucho, lata recién usada para revestimiento.

La figura 7 es el anticorrosivo aplicado al sustrato de acero, es la primera capa que se aplica a cualquier equipo o sustrato de acero para el revestimiento.

### 3.1.2.5 Adhesivo

El Chemlok® 6224 es un adhesivo de alto desempeño diseñado para formar la capa de unión entre el sustrato metálico previamente imprimado con Chemlok® 205 y el material de revestimiento, como caucho, poliuretano o cerámicos de alta alúmina. Su principal función es generar una adhesión química y mecánica permanente que soporte las condiciones severas de trabajo presentes en aplicaciones mineras, donde los revestimientos están expuestos a impactos, abrasión, humedad y variaciones térmicas. Este adhesivo se aplica sobre la película seca y continua del primario, formando junto con él un sistema de dos capas que asegura una unión de alta resistencia. En revestimientos con caucho, el Chemlok® 6224 actúa durante la vulcanización para crear enlaces moleculares que impiden el desprendimiento del elastómero, incluso bajo esfuerzos repetitivos o en presencia de agua y agentes químicos. En el caso de revestimientos cerámicos, este adhesivo permite fijar las placas de alúmina al sustrato metálico de forma estable, garantizando que no se generen desplazamientos, vibraciones o desprendimientos prematuros durante la operación. El Chemlok® 6224 se presenta como un recubrimiento líquido que se aplica mediante pistola, brocha o rodillo, asegurando un espesor uniforme que cubra por completo la capa de primario. Tras su aplicación, se deja secar el tiempo necesario para permitir la evaporación del solvente antes de proceder al montaje o vulcanización del recubrimiento. Gracias a su capacidad para mantener la adhesión en condiciones extremas, este producto se considera un componente clave en el sistema de unión acero–revestimiento, asegurando un desempeño confiable y prolongando la vida útil de los equipos como chutes, tolvas y canaletas utilizados en la manipulación y transporte de mineral.

**Figura 8 :**

*Adhesivo - Chemlok® 6224*



**Nota.** Chemlok 6224 en planta Tecno Caucho, lata recién usada para revestimiento.

La figura 8 muestra el adhesivo que es la segunda capa antes de aplicar el revestimiento, este chemlok se aplica para que el caucho o el material se adhiera de forma correcta.

## **3.2 Diagnóstico del proceso productivo**

### **3.2.1 Áreas operativas y administrativas involucradas en el desarrollo de las actividades**

#### **3.2.1.1 Procedimiento del área de logística**

El área de Logística cumple un papel estratégico en Tecno Caucho, ya que se encarga de asegurar el suministro oportuno de materiales, insumos y servicios necesarios para la continuidad de las operaciones. Sus funciones abarcan la gestión de compras, proveedores, contratistas, almacén y despachos, conformando un sistema integrado que permite garantizar la eficiencia en los procesos productivos.

La gestión de compras inicia con la identificación de las necesidades de materiales o servicios, a partir de los requerimientos emitidos por las distintas áreas. Una vez consolidada la solicitud, se realiza la evaluación de alternativas en el mercado considerando aspectos de calidad, costo, disponibilidad y plazos de entrega, para luego emitir la orden de compra que formaliza la adquisición. De manera complementaria, la gestión de proveedores tiene como objetivo seleccionar, evaluar y mantener relaciones con empresas que aseguren el cumplimiento de los estándares técnicos y de calidad exigidos por Tecno Caucho, promoviendo la confiabilidad en los suministros y la reducción de riesgos en la cadena de abastecimiento.

Asimismo, la gestión de contratistas se orienta a coordinar y supervisar a los terceros que prestan servicios especializados, garantizando que sus actividades cumplan con los lineamientos de seguridad, calidad y plazos establecidos, evitando interrupciones en el proceso productivo. Finalmente, la gestión de almacén y despachos se centra en la recepción, almacenamiento y control de inventarios, verificando que los materiales ingresen en condiciones óptimas y se mantengan bajo una organización adecuada para facilitar su localización y uso. De igual forma, se asegura

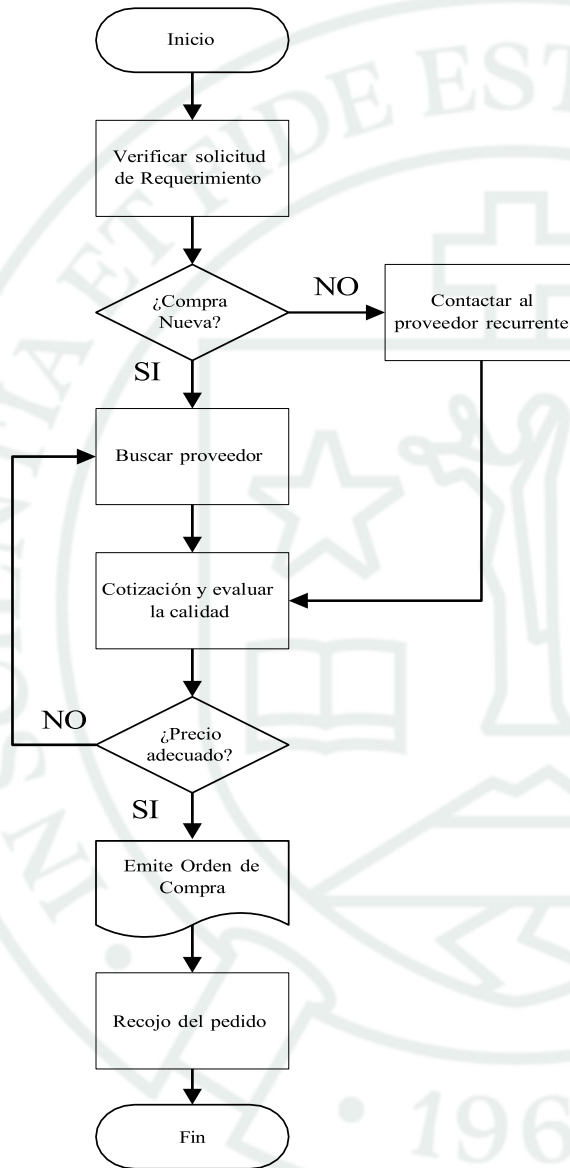
que el despacho hacia planta o hacia los clientes se realice en las cantidades correctas, dentro de los plazos establecidos y con la documentación correspondiente.



### 3.2.1.2 Diagrama de flujo de logística

**Figura 9:**

*Diagrama de proceso del área de logística*



**Nota.** Diagrama de flujo que muestra el procedimiento del área de logística, abarcando desde la gestión de requerimientos y abastecimiento hasta la distribución interna de materiales e insumos.

La figura 9 muestra el diagrama de flujo del área de logística.

### **3.2.1.3 Procedimiento del área comercial y desarrollo**

El área Comercial y Desarrollo en Tecno Caucho cumple una función estratégica, ya que se encarga de gestionar la atención de los requerimientos de los clientes, elaborar las cotizaciones o valorizaciones de los servicios, dar respuesta oportuna a las comunicaciones y realizar evaluaciones sobre la satisfacción de los clientes. De esta manera, constituye un vínculo esencial entre la empresa y el mercado, asegurando que las necesidades planteadas por los clientes sean atendidas de manera eficiente y con propuestas técnicas y económicas viables.

El procedimiento inicia cuando el Gerente Comercial (GC) recibe las solicitudes de cotización, ya sea de manera directa por parte del cliente o a través de notificaciones de procesos de licitación. Estas solicitudes son derivadas al área de Ingeniería de Presupuestos para su respectiva evaluación. El Ingeniero de Costos y Presupuestos (ICP) es el responsable de revisar la información recibida, analizarla y elaborar la propuesta económica, ya sea directamente o en coordinación con el Supervisor de Campo y Diseño (SCD), quien brinda soporte técnico en la elaboración de presupuestos.

En el caso de clientes regulares, el ICP procesa la información remitida por el GC o directamente por el cliente, la cual incluye de manera obligatoria planos de detalle y alcances del proyecto, y, de manera complementaria, documentos como listas de metrados, consultas técnicas o requerimientos de urgencia. Por otro lado, en el caso de licitaciones, el ICP atiende las notificaciones recibidas a través de plataformas web o derivadas del GC. Estos procesos requieren un análisis más amplio que abarca la revisión de las bases, cronogramas de actividades, absolución de consultas técnicas y comerciales, envío de propuestas económicas y técnicas, así como visitas de campo y entrega de documentación específica sobre experiencia, procedimientos de trabajo, seguridad y gestión de riesgos.

Posteriormente, se desarrolla la elaboración de la cotización, la cual comprende varias fases. En primer lugar, el ICP revisa los planos para determinar los metrados y compararlos con los valores de referencia, lo que permite establecer una base precisa para el cálculo de costos. En segundo lugar, revisa los alcances del proyecto para definir los materiales y servicios requeridos, y, de ser necesario, coordina con el GC aspectos relacionados con consultas al cliente, posibles visitas a campo o modificaciones en el alcance del servicio. En tercer lugar, el ICP elabora la propuesta económica utilizando la plantilla interna de estructura de costos, la cual permite calcular los precios en función de metrados, características físicas de los compuestos, número de capas de revestimiento, requerimientos de cerámicos o placas metálicas, horas de proceso y cantidad de personal involucrado. Esta plantilla constituye un documento confidencial que integra información sensible sobre precios, costos y ratios de producción, y que es actualizado periódicamente en función de la variación de precios en el mercado de insumos clave como cauchos, químicos, disolventes y adhesivos.

La propuesta económica elaborada es enviada al cliente a través de los canales formales establecidos, asegurando transparencia, claridad y respaldo técnico. Asimismo, el área Comercial realiza el seguimiento de las comunicaciones y consultas del cliente durante el proceso de evaluación de la propuesta, fortaleciendo la relación comercial y asegurando que se atiendan todas las inquietudes presentadas.

Por otro lado, el área también se encarga de la innovación de productos y mejora de procesos, un procedimiento orientado a desarrollar soluciones que respondan a las necesidades del mercado y a optimizar los servicios ofrecidos. Este proceso sigue una metodología de seis etapas que abarca desde la concepción inicial de un producto hasta su lanzamiento al mercado, lo cual permite dividir las tareas, asignar responsabilidades y organizar la colaboración entre las distintas

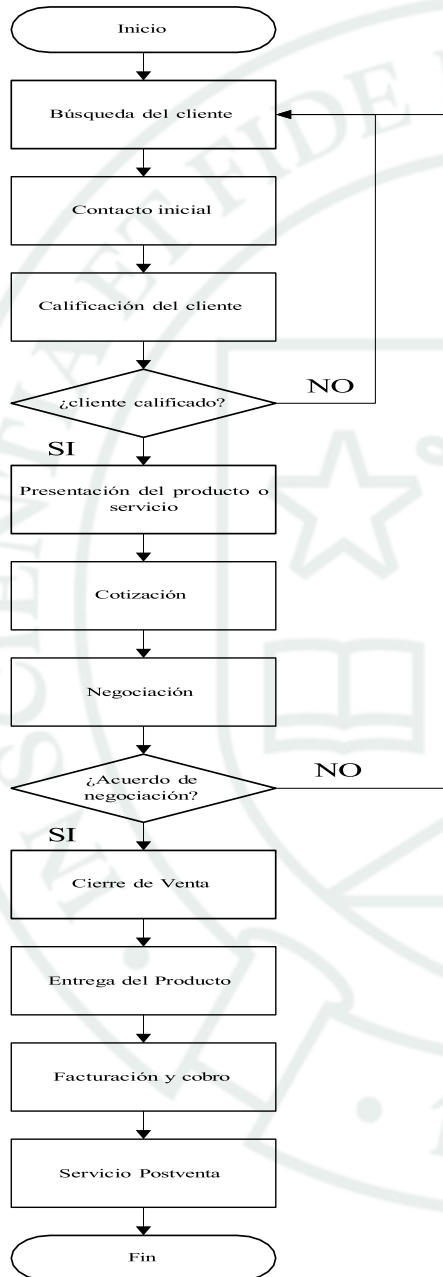
áreas de la empresa. De esta manera, la innovación se convierte en un eje fundamental para mantener la competitividad de Tecno Caucho, diversificar su portafolio de servicios y generar propuestas de valor que fortalezcan su posicionamiento.



### 3.2.1.4 Diagrama de flujo del área comercial y desarrollo

**Figura 10:**

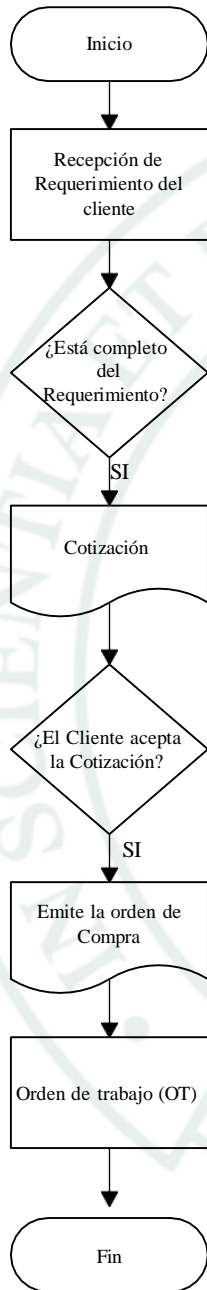
*Diagrama de proceso del área comercial y desarrollo*



**Nota.** Diagrama de flujo del área comercial

**Figura 11:**

*Diagrama de proceso del área comercial*



**Nota.** Diagrama de flujo del área de desarrollo

Las figuras 10 y 11 detallan los diagramas de flujo de todo el área en general.

### **3.2.1.5 Área de mantenimiento**

El área de mantenimiento cumple un rol fundamental en la operatividad de la planta, ya que se encarga de garantizar el correcto funcionamiento de todos los equipos e instalaciones utilizadas en los diferentes procesos productivos. Entre sus principales responsabilidades se encuentra la inspección, reparación y mantenimiento preventivo y correctivo de maquinarias críticas como el montacargas, el puente grúa y los autoclaves, equipos esenciales para la manipulación y procesamiento de materiales de gran tamaño.

Asimismo, el área de mantenimiento tiene a su cargo la manipulación segura de los equipos de izaje y transporte, asegurando que las maniobras con piezas de gran tonelaje se realicen bajo condiciones de seguridad y eficiencia. También brinda soporte a los operarios mediante la reparación y calibración de herramientas de trabajo como sierras, equipos eléctricos, sistemas de conexión y otros instrumentos necesarios para el desempeño diario de las labores.

Este departamento desarrolla actividades de supervisión general en la planta, verificando que las instalaciones se encuentren en condiciones óptimas, minimizando riesgos operativos y asegurando la continuidad de los procesos productivos. Gracias a estas funciones, el área de mantenimiento se constituye como un pilar estratégico para la productividad de la empresa, ya que garantiza la disponibilidad, confiabilidad y seguridad de los equipos empleados en cada etapa del proceso.

**Figura 12:**

*Espacio de mantenimiento de pequeños equipos*



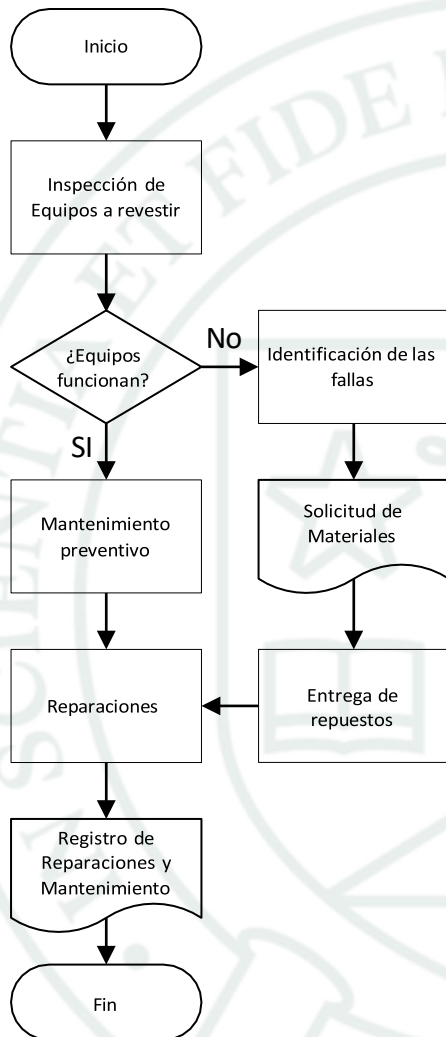
**Nota.** Área donde se realizan el correcto mantenimiento de equipos pequeños que se usan para los diferentes trabajos.

La figura 12 muestra el área de mantenimiento de los equipos de los operarios.

### 3.2.1.6 Diagrama de flujo de mantenimiento

**Figura 13:**

*Diagrama de proceso del área de mantenimiento*



**Nota.** Diagrama de flujo que representa el proceso del área de mantenimiento desde su inicio hasta la culminación, contemplando todas las actividades características de cada etapa.

La figura 13 muestra el diagrama de flujo del área de mantenimiento.

### 3.2.1.7 Área de almacén

El área de almacén tiene como función principal la gestión de entradas y salidas de equipos, materiales e insumos, asegurando un control ordenado y eficiente de los recursos que ingresan y egresan de la planta. Entre sus responsabilidades se encuentra la elaboración y validación de las guías de remisión, las cuales se gestionan en coordinación con las áreas de Control de Calidad y Planificación, garantizando que los equipos terminados salgan de la planta de acuerdo con los requisitos técnicos y administrativos establecidos.

Además, el área se encarga de la entrega de elementos necesarios para la operación diaria, tanto a los operarios como al personal administrativo. Dentro de estos suministros se incluyen equipos de protección personal (EPP), guantes, líneas de vida, agua, sierras, herramientas y utensilios utilizados en los procesos de revestimiento, entre otros. Asimismo, coordina con el área de Logística para la reposición o adquisición de materiales e insumos, evitando quiebres de stock que puedan afectar la continuidad de las operaciones.

El almacén también cumple una función de apoyo en el movimiento interno y la distribución de equipos dentro de planta, así como en el transporte externo de operarios y materiales. Para ello, dispone de un camión asignado que permite realizar traslados hacia distintas empresas clientes, como IMCO o Revulc, facilitando tanto el transporte de pequeños equipos como el desplazamiento del personal requerido para ejecutar trabajos en campo.

**Figura 14:**

*Zona de almacenamiento*



**Nota.** Zona de almacenamiento que guarda los equipos necesarios, EPPS, y recursos a utilizar por todos los operarios y personal administrativo.

La figura 14 muestra el almacén, donde se guardan todos los equipos a utilizar en los diferentes trabajos, personal administrativo adquiere los recursos de oficina en esta área también.

**Figura 15:**

*Container de la zona de almacenamiento*



**Nota.** Lugar donde se encuentra el almacén, ubicado en un área adecuada.

La figura 15 muestra el almacén por afuera, situado en una posición estratégica para que pueda ser accesible entregar los requerimientos del personal.

**Figura 16:**

*Zona de almacenamiento de insumos chemlok y caucho en crudo*



**Nota.** Lugar donde se guarda los insumos chemlok para el revestimiento y caucho en crudo para pasar al área de molino.

La figura 16 muestra el almacén de algunos productos, como lo son los chemlok para poder detallar y establecer que se tiene en Stock.

**Figura 17:**

*Lugar de almacenamiento del gas para los auto claves*



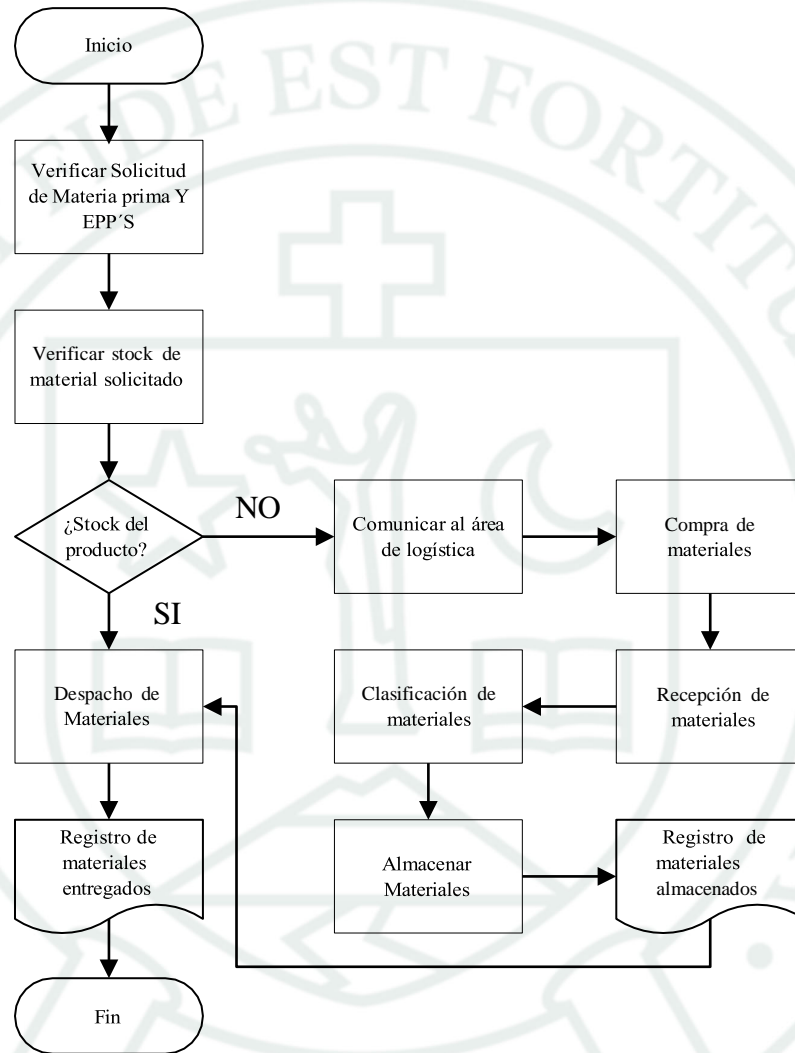
**Nota.** Gas utilizado para la vulcanización de los equipos en los auto claves.

La figura 17 muestra el gas a usar para los auto claves.

### 3.2.1.8 Diagrama de flujo de almacén

Figura 18:

Diagrama de flujo de almacén



**Nota.** Diagrama del área de almacén que refleja las actividades propias de esta unidad, la cual trabaja de manera articulada con las demás áreas para garantizar el desarrollo de las operaciones.

La figura 18 muestra el diagrama de flujo del área de almacén.

### ***3.2.2 Descripción del proceso de la fabricación de liners con caucho cerámico***

El proceso de fabricación de liners con revestimiento de caucho cerámico inicia con la preparación y control de calidad de las materias primas, las cuales son el cerámico, las planchas de caucho y el alma metálica. El cerámico constituye el elemento fundamental del liner, ya que es la superficie de contacto que brinda resistencia al desgaste y a la abrasión. El caucho, por su parte, cumple la función de adherente entre el cerámico y el alma metálica, garantizando la unión estructural del conjunto.

En primer lugar, se realiza una inspección visual y dimensional del cerámico y de las planchas de caucho. Se lleva a cabo la inspección del alma metálica, asegurando que no presente deformaciones, óxido o impurezas que afecten la adherencia del caucho y del cerámico, su limpieza se realizará mediante chorro abrasivo mediante escoria de cobre o granalla logrando una superficie bajo la norma SP5.

Posteriormente, se procede con la limpieza del cerámico, etapa fundamental para garantizar una adecuada adherencia en las fases posteriores. Los cerámicos son clasificados en cuatro tipos según su forma y tamaño, y luego se colocan en tinas con agua y detergente para eliminar polvo, residuos grasos y partículas contaminantes.

Una vez sumergidos y esperar un tiempo prudente, los cerámicos son sacados de las tinas para ser trasladados a mesas equipadas con mallas metálicas, donde se vuelve a realizar otro lavado con agua. El proceso de secado se complementa con exposición controlada a la radiación solar, asegurando que las piezas queden completamente libres de humedad.

Cuando los cerámicos están secos, se trasladan al área de pintado, donde son distribuidos nuevamente por tipo. En esta etapa, se aplica una capa de adhesivo químico mediante una pistola

de pulverización. Se utilizan los productos Chemlok 205 y Chemlok 6224, los cuales actúan como agentes de unión entre el caucho y la superficie cerámica. Tras la aplicación, los cerámicos son dejados en reposo para permitir el secado y activación del adhesivo.

A continuación, se realiza el armado del liner. Para ello, se emplean moldes diseñados por el área de ingeniería, los cuales permiten posicionar adecuadamente los cerámicos sobre el alma metálica. En esta etapa, las piezas se ensamblan manualmente según el diseño del liner, asegurando el correcto orden y alineación de los cerámicos.

Una vez completado el armado, el molde se traslada hacia la prensa, donde se somete a presión y temperatura controlada. Durante esta fase, el caucho se vulcaniza, adhiriéndose firmemente tanto al cerámico como al alma metálica, conformando así una sola unidad estructural.

Finalmente, los liners prensados pasan al área de acabado, donde se realizan las verificaciones dimensionales, el corte de rebabas, soldado de espárragos para su sujeción si el diseño lo requiriese, el marcado de código y el control final por el área de calidad. Una vez superadas las inspecciones, los productos son liberados y almacenados, quedando listos para su despacho a los diferentes proveedores.

### ***3.2.3 Áreas involucradas en el proceso de fabricación de liners***

#### **3.2.3.1 Procedimiento del área de control de calidad**

El área de Control de Calidad desempeña un rol fundamental dentro de Tecno Caucho, ya que es la responsable de autorizar la liberación de las órdenes de trabajo que ingresan a la empresa. Esta área revisa los planos, valida las especificaciones y emite la autorización necesaria para

proceder con la ejecución, liberación y posterior facturación de los equipos, sin la aprobación del área de calidad, ningún producto puede ser entregado ni facturado al cliente.

El proceso de control de calidad inicia con la revisión de la orden de trabajo, verificando que las especificaciones técnicas del producto estén claramente definidas. Cuando el equipo llega a planta, se inspecciona que no presente deformaciones ni deficiencias que impidan su procesamiento. Entre los aspectos principales evaluados se encuentran la rugosidad de la superficie, la ausencia de oxidación y el cumplimiento de los requisitos técnicos establecidos.

En la etapa de liberación de planchas en crudo, el área verifica parámetros como la dureza y el espesor solicitados por el cliente, además de revisar posibles deformaciones que pudieran afectar el revestimiento del equipo. Posteriormente, las planchas son trasladadas al área de revestimiento para que procedan con el trabajo; durante la liberación de revestimiento en crudo, se realiza una inspección visual acompañada de mediciones específicas. Si los resultados cumplen con lo solicitado, se procede al proceso de vulcanizado en los autoclaves de la empresa, los cuales varían según el tamaño del equipo.

Al finalizar el vulcanizado, se ejecuta una liberación integral del equipo, que contempla tanto el revestimiento como la estructura metálica, cabe mencionar que se vuelve a revisar el espesor y dureza del caucho. Este control es esencial, ya que el calor del autoclave puede ocasionar deformaciones que generen rechazos o reprocesos, con el consecuente retraso en los plazos de entrega.

Una vez superadas todas las revisiones, el área emite la documentación de calidad correspondiente, como los registros de inspección, dossiers y el acta de liberación que certifica la conformidad del equipo. Este mismo procedimiento se aplica también a los equipos procesados en

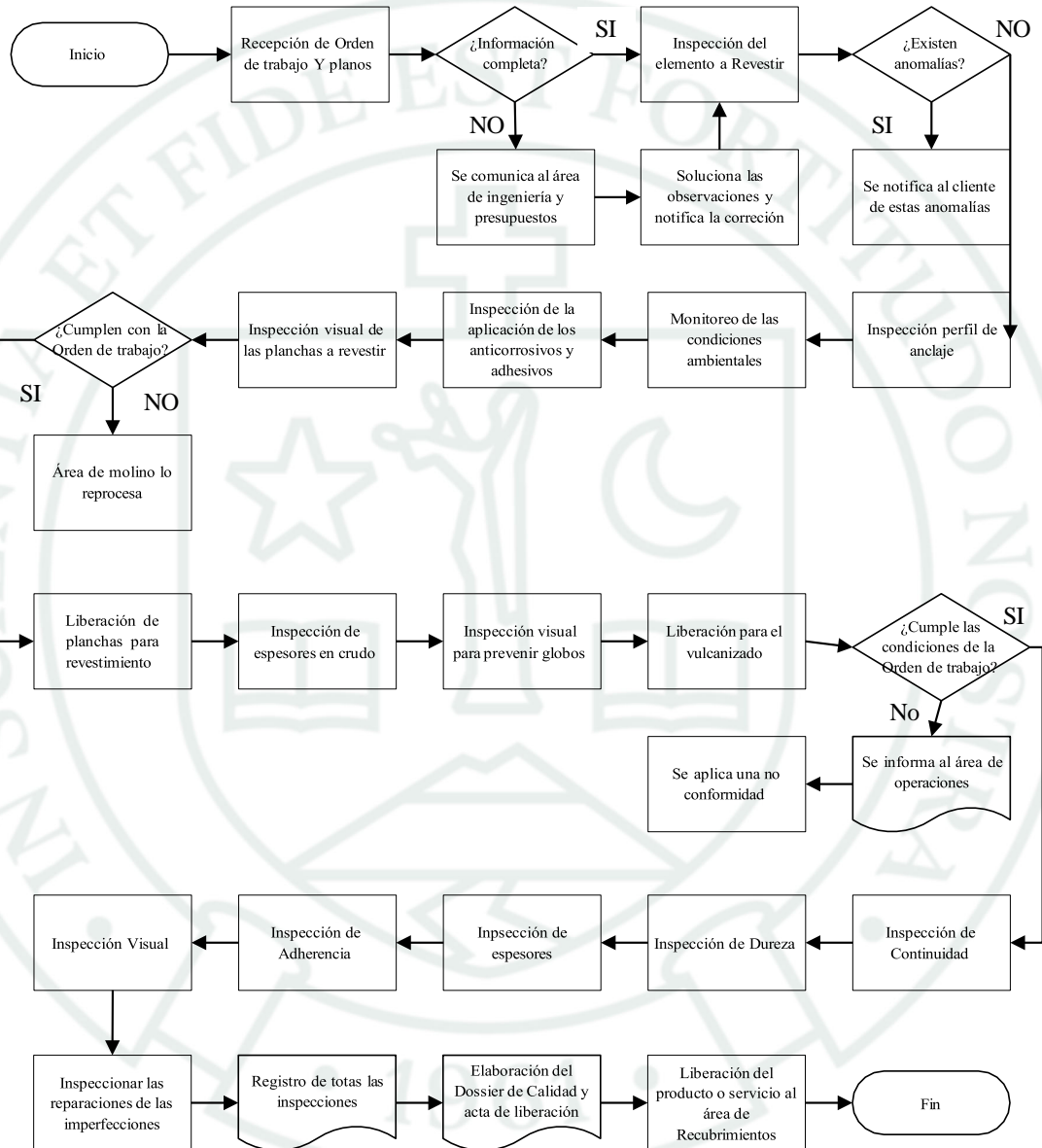
prensa, área destinada al revestimiento de componentes de menor tamaño según las especificaciones del cliente.



### 3.2.3.2 Diagrama de flujo del área de calidad

Figura 19:

Diagrama de Proceso del Área de Calidad



**Nota.** El diagrama representa las actividades que se desarrollan desde la recepción de una orden de trabajo hasta su culminación, siguiendo el proceso establecido en el área de Control de Calidad. En este flujo, el área de calidad es la responsable principal de otorgar la liberación de la mayoría de las órdenes de trabajo.

La figura 19 presenta el diagrama de flujo del área de Control de Calidad.

### **3.2.3.3 Procedimiento del área de producción y planificación**

El área de Planificación y Producción en Tecno Caucho cumple una función estratégica, ya que se encarga de establecer las directrices de gestión operativa y de coordinar los proyectos que se desarrollan en la planta, con el fin de asegurar su cumplimiento dentro de los plazos establecidos y garantizar la satisfacción de los clientes. Este procedimiento se aplica a todas las actividades vinculadas al planeamiento y ejecución de órdenes de trabajo, desde la emisión inicial hasta la entrega final del producto terminado.

El proceso se inicia en la etapa de planificación y desarrollo de órdenes de trabajo, donde el área de Ingeniería y Presupuestos emite la Orden de Trabajo (OT) a través de la plataforma Dropbox. Una vez publicada, el responsable de Planificación de la Producción (RPP) revisa la información generada para dar inicio formal al proyecto y coordina con las áreas de Producción, Revestimiento y Operaciones de Planta, entregando la documentación correspondiente. Dicha documentación incluye los alcances del servicio, los parámetros técnicos, los materiales a utilizar y los planos que especifican con detalle el trabajo a realizar. En caso de presentarse contratiempos que retrasen la ejecución, el RPP tiene la obligación de comunicar oportunamente al cliente mediante el canal de comunicación más ágil disponible y, de forma obligatoria, a través del correo institucional, con el fin de mantener la transparencia y la confianza.

Posteriormente, se lleva a cabo la designación y programación de actividades, en la cual el RPP trabaja en conjunto con los supervisores y responsables de cada área para definir las tareas específicas, los tiempos estimados de ejecución y la cantidad de personal requerido. Para ello, se coordina directamente con las áreas de Seguridad, Planta y Logística (SPL y SC). En esta etapa también se designa, de ser necesario, al personal responsable de entregar el producto final en el

almacén indicado por el cliente. Con el propósito de garantizar una gestión adecuada, se consideran aspectos como las dimensiones físicas que ocupará el proyecto en la planta, los cuidados específicos que demande el equipo y el correcto traslado dentro de las instalaciones, de manera que no se presenten contratiempos durante su desarrollo.

En la etapa de comunicación de liberación, una vez culminado el trabajo en planta, el área de Supervisión y Control (SC) informa al RPP para que este coordine con el área de Control de Calidad la inspección y liberación en crudo del proyecto. Este procedimiento requiere el uso de planos y demás especificaciones detalladas en la Orden de Trabajo. La comunicación se realiza mediante llamada telefónica o de acuerdo con lo establecido en el programa de seguimiento de órdenes de trabajo.

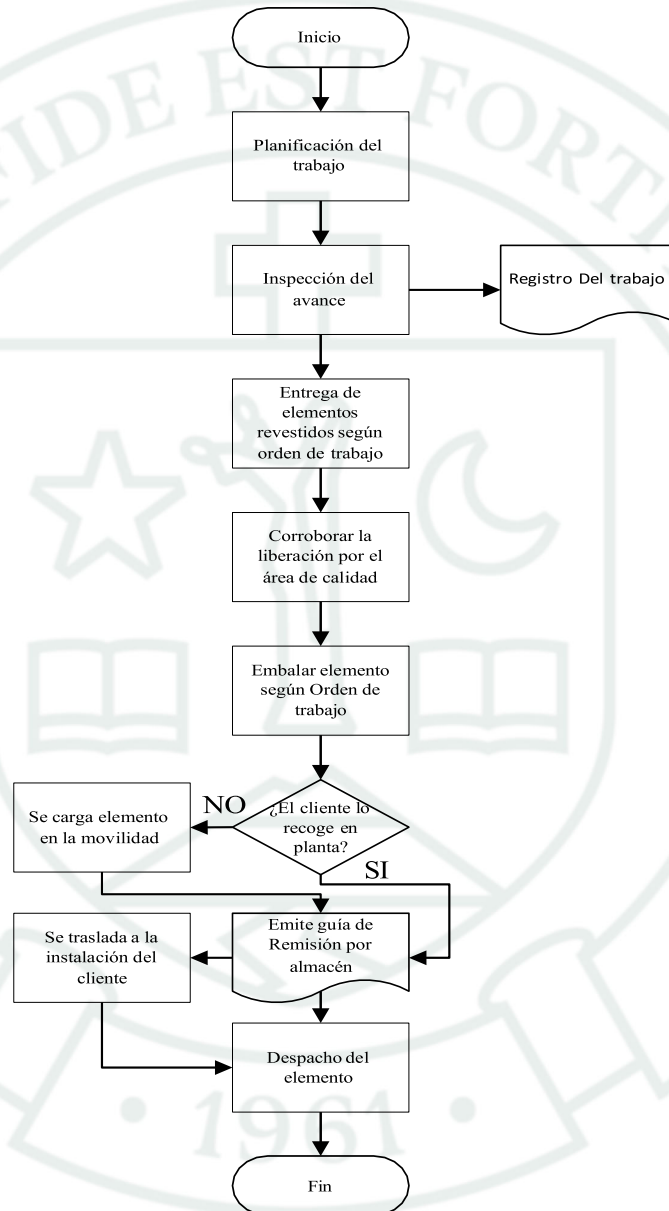
Finalmente, se desarrolla el despacho final, en el cual, después del proceso de vulcanizado, el área de Control de Calidad realiza la liberación definitiva del producto. Una vez aprobado, el RPP se comunica con el cliente para coordinar la fecha y el horario de recojo del equipo. Esta coordinación puede hacerse por llamada telefónica o mediante correo electrónico, informando con la debida anticipación la disponibilidad del producto. En los casos en que el cliente solicite que el traslado sea realizado por la empresa, Tecno Caucho S.A.C. asume la responsabilidad de llevar el producto hasta los almacenes del cliente, cumpliendo con los requisitos de transporte y documentación establecidos.

Este procedimiento asegura que los proyectos gestionados por el área de Planificación y Producción se desarrollen bajo un control riguroso de tiempos, recursos y calidad, permitiendo optimizar la operatividad de la planta, cumplir con los compromisos asumidos y consolidar la satisfacción de los clientes.

### 3.2.3.3.1 Diagrama de flujo de Planeamiento

**Figura 20:**

*Diagrama de proceso del área de planeamiento*



**Nota.** Diagrama de flujo del área de planeamiento, en el que se detalla el procedimiento seguido para la programación y entrega de las órdenes de trabajo.

La figura 20 muestra el diagrama de flujo del área de planeamiento en cada trabajo.

### **3.2.3.3.2 Revestimiento**

El área de Revestimiento constituye una de las fases centrales del proceso productivo en Tecno Caucho, ya que en ella se concentran y distribuyen las distintas actividades relacionadas con la ejecución de las órdenes de trabajo. Esta área está organizada en espacios específicos que permiten realizar de manera eficiente cada una de las tareas necesarias para el revestimiento de los diferentes equipos.

En primer lugar, se cuenta con una sección destinada a la aplicación de adhesivos especializados (Chemlok), indispensables para garantizar la correcta adherencia del caucho a las superficies metálicas. De manera complementaria, existe un espacio dedicado a la limpieza y preparación de equipos, en el cual se retira el caucho previamente instalado y se acondicionan las superficies mediante procesos de pulido y desengrase, asegurando que queden en condiciones óptimas para recibir el nuevo recubrimiento.

Asimismo, el área dispone de zonas específicas para el colocado de planchas de caucho en equipos de gran tamaño, como chutes, canaletas, trommels y otros componentes utilizados en la industria minera e industrial. Para estas labores se cuenta con un puente grúa que facilita el izaje, movimiento y posicionamiento de equipos de gran tonelaje, lo que garantiza tanto la seguridad del personal como la precisión en la manipulación de las piezas durante el proceso de revestimiento.

De igual forma, existe una sección destinada al corte y dimensionado de planchas, donde el caucho es ajustado según las medidas y especificaciones técnicas de cada proyecto. Finalmente, en la sección de revisión y acabados se llevan a cabo las últimas inspecciones visuales y ajustes necesarios para asegurar la calidad del trabajo realizado. Una vez completadas estas tareas, los equipos son puestos a disposición del área de Control de Calidad, que realiza la verificación y

liberación final, garantizando que cumplan con los estándares técnicos exigidos y con los requisitos establecidos por el cliente.

**Figura 21:**

*Pieza de revestimiento en el área*



**Nota.** Operación de despegue de caucho de pieza de revestimiento Tromell.

La figura 21 muestra un trommel que está siendo reparado para poder ser revestido de manera correcta en planta Tecno Caucho.

**Figura 22:**

*Área de cortado y acabados*



**Nota.** Área donde se corta y da acabados a los pequeños equipos revestidos, apoyados con un pato mecánico.

La figura 22 muestra el área de acabados de planchas y empaques, también el área de calidad participa en la observación de las planchas y acabados.

**Figura 23 :**

*Área de inspección de planchas y correcta trazabilidad*



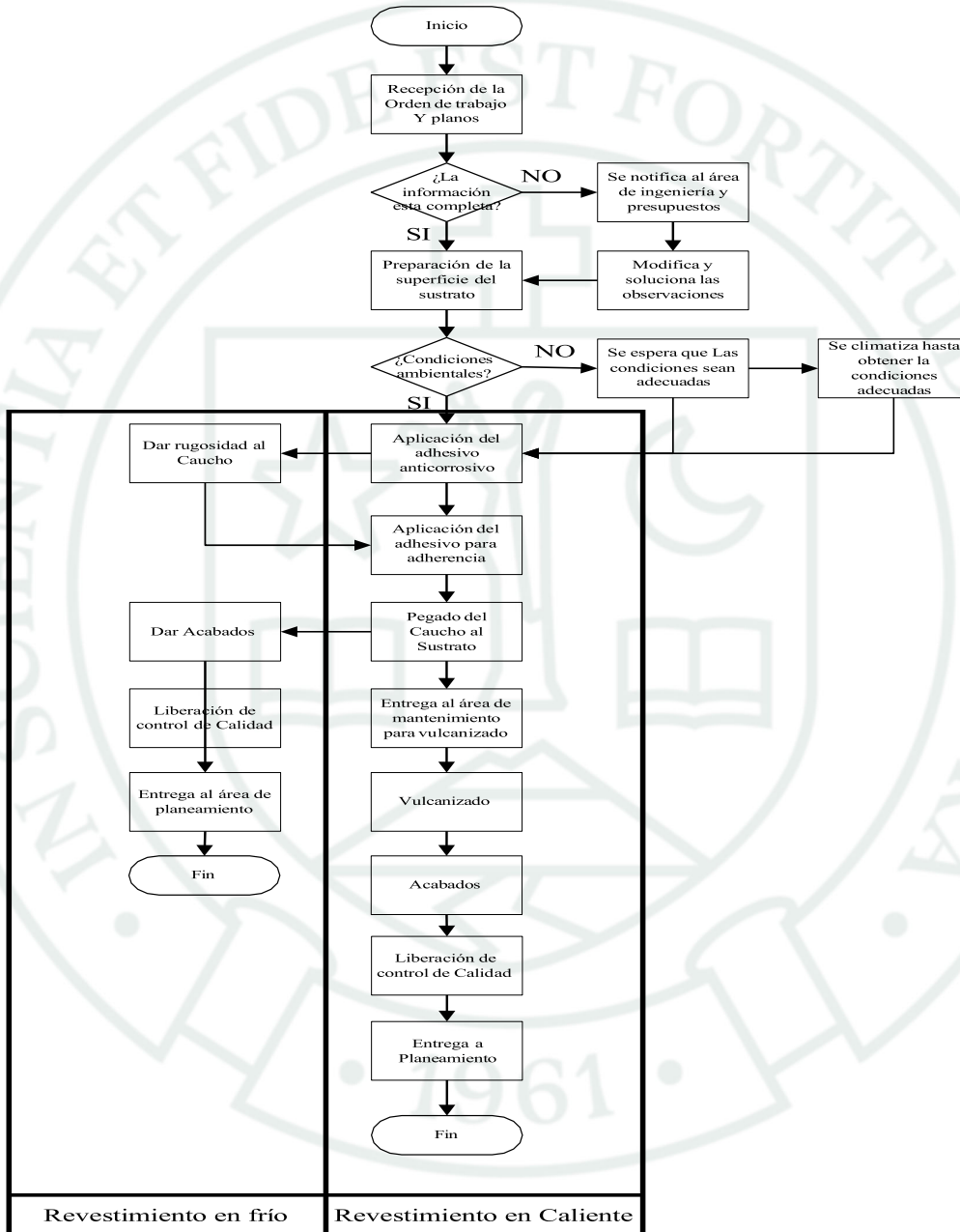
**Nota.** Área en la cual se dan los últimos acabados a planchas, empaques para la liberación y revestimiento de equipos.

La figura 23 muestra el área de inspección para la liberación de algunos equipos de menor tamaño.

3.2.3.3.3 Diagrama de flujo del revestimiento

Figura 24:

Diagrama de proceso del área de revestimiento



Nota. Diagrama de flujo del área de revestimiento.

La figura 24 muestra el diagrama de flujo del área de revestimiento.

#### 3.2.3.3.4 Laboratorio y molino

El área de laboratorio se encarga de las formulaciones de las planchas de caucho, se elaboran de acorde a lo solicitado por el cliente, donde se realizan los ensayos y se hace un registro de las planchas ya hechas anteriormente para verificar si ya hubo una solicitud igual y proceder a entregar el trabajo al área de molino.

El área de Molino constituye la etapa inicial del proceso de laminado del caucho dentro de Tecno Caucho. En esta área se realiza el corte y conformado del material para obtener planchas de caucho en crudo, de acuerdo con las especificaciones y requerimientos establecidos por el cliente. Para ello, se utilizan molinos industriales que permiten laminar el caucho, otorgándole el espesor, el color y el aspecto necesarios para su posterior procesamiento.

**Figura 25:**

*Molino 1*



**Nota.** Molino utilizado para el mezclado del caucho.

La figura 25 muestra el molino ubicado en la planta Tecno Caucho que se utiliza para el mezclado del caucho.

**Figura 26:**

*Molino 2*



**Nota.** Molino utilizado para el laminado del caucho.

La figura 26 muestra el molino que se usa para el laminado del caucho.

**Figura 27:**

*Balanza y transporte de planchas de caucho*



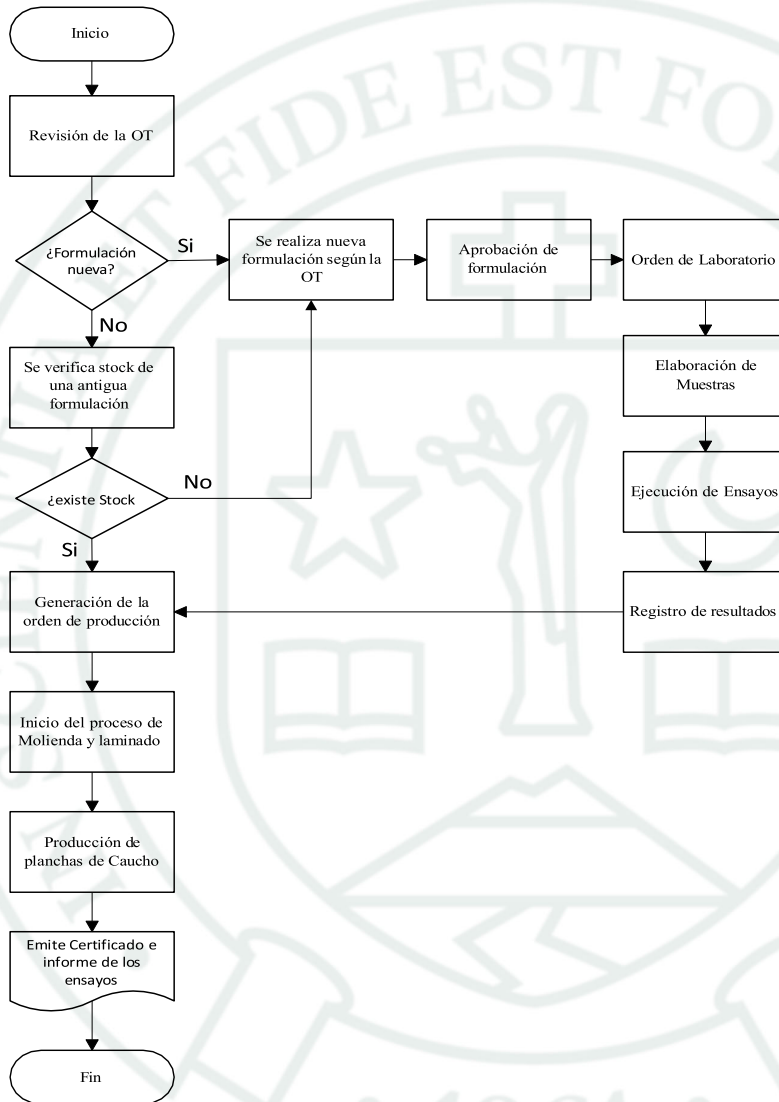
**Nota.** Vehículo móvil que se encuentra en el área de molino para el correcto pesaje y transporte para proceder a liberación con el área de calidad. Tomada en el área de molino.

La figura 27 muestra la balanza ubicada en el área de molino, se usa como transporte y también para pesar el material requerido.

### 3.2.3.3.5 Diagrama de flujo del área de laboratorio y molino

**Figura 28:**

*Diagrama de proceso del área de laboratorio y molino*



**Nota.** Diagrama de flujo del área de laboratorio y molino que trabajan a la par para la producción de planchas de caucho.

La figura 28 detalla el proceso de las planchas de caucho, donde trabajan el área de laboratorio y molino a la par.

### 3.2.3.3.6 Prensa

El área de Prensa constituye un espacio fundamental dentro de los procesos productivos de Tecno Caucho, ya que en ella se fabrican y procesan equipos y componentes de menor tamaño en comparación con los grandes revestimientos realizados en otras secciones de la planta. Su función principal es llevar a cabo el moldeado y prensado del caucho, asegurando que los productos obtenidos cumplan con las especificaciones técnicas y de calidad solicitadas por los clientes, en especial del sector minero.

En esta área se elaboran diversos elementos, entre los que destacan los empaques industriales, las planchas de caucho prensado utilizadas como materia prima o recubrimiento en distintas aplicaciones, y, de manera muy importante, los liners que forman parte de los equipos de molienda y transporte de minerales. Estos liners pueden fabricarse en diferentes configuraciones de acuerdo con la necesidad del cliente:

- Liners de caucho puro, empleados para proteger superficies de desgaste por abrasión.

**Figura 29:**

*Liner de puro caucho de base con alma metálica*



**Nota.** Liner realizado en prensa siendo liberado con su respectivo código.

La figura 29 muestra un liner de puro caucho fabricada con una base metálica, inspeccionado y liberado por el área de calidad al codificar el código.

- Liners de caucho con cerámico, que combinan la elasticidad del caucho con la alta dureza de la cerámica, incrementando notablemente la vida útil de los equipos.

**Figura 30:**

*Liners de caucho cerámico*



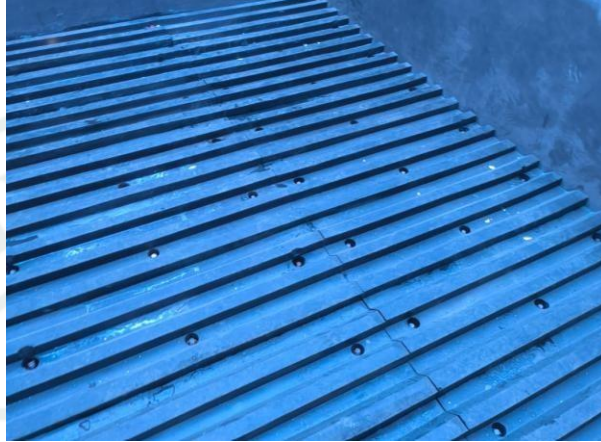
**Nota.** Liners de caucho cerámico terminados de base un alma metálica con espárragos para la instalación en equipos de gran tamaño.

La figura 30 muestra 2 liners con caucho cerámico, ambos puestos a prueba para revisar su dureza y adherencia al sustrato de acero.

- Liners dentados, diseñados para optimizar el movimiento y trituración de material, adaptándose a las condiciones de operación en minería.

**Figura 31:**

*Liners dentados*



**Nota.** Liners dentados ya prensados en los chutes revestidos para su correcta liberación.

La figura 31 muestra liners dentados en un chute, ya fueron puestos y trazados correctamente, la liberación fue realizada en IMCO Servicios.

El proceso productivo en prensa difiere en algunos aspectos del revestimiento convencional, ya que aquí el caucho es sometido a altas presiones y temperaturas controladas mediante el uso de prensas hidráulicas e industriales. Para la fabricación de piezas como los liners se emplean moldes fabricados en metal o acero, que permiten dar la forma exacta y garantizar la resistencia estructural de cada producto. Este procedimiento asegura que los productos finales presenten precisión dimensional, uniformidad en su espesor y propiedades mecánicas específicas, lo que se traduce en resistencia, durabilidad y estabilidad estructural, cualidades esenciales en ambientes de trabajo exigentes como los de la minería.

Adicionalmente, el área cuenta con equipos auxiliares que facilitan el corte, acabado y control dimensional de las piezas obtenidas, así como con procedimientos de inspección que

permiten verificar el cumplimiento de los parámetros establecidos en la orden de trabajo. Una vez culminado el proceso, los productos elaborados pasan a ser revisados por el área de Control de Calidad; se realizan pruebas de dureza, espesores y verificación visual antes de proceder a su liberación y entrega.

**Figura 32:**

*Prensa Hidráulica*



**Nota.** Prensa hidráulica utilizada para los diferentes tipos de liners, planchas y empaques a realizar.

La figura 18 muestra la prensa utilizada en el proceso de fabricación de liners, también se utiliza para alterar la dureza de algunos empaques y la realización de diferentes trabajos.

**Figura 33:**

*Área de acabados prensa*



**Nota.** Área donde se almacenan los productos terminados para dar los acabados respectivos y ser liberados por el área de calidad

La figura 33 muestra el área donde son almacenados los productos que van saliendo del área de prensa para poder ser revisados y liberados por el área de calidad.

**3.2.3.3.7 Vulcanizado**

El área de vulcanizado es la etapa final del proceso de transformación del caucho, donde los equipos previamente revestidos en crudo adquieren las propiedades físicas y mecánicas que garantizan su resistencia y durabilidad. En esta sección, los equipos son trasladados mediante el uso del puente grúa, operado por personal del área de mantenimiento y bajo la supervisión de los operarios responsables, asegurando un manejo seguro y preciso de las piezas, muchas de ellas de gran tamaño y peso.

El proceso de vulcanizado se realiza en autoclaves industriales, donde se aplican condiciones controladas de temperatura y presión, esenciales para que el caucho alcance sus

características principales, como elasticidad, dureza, resistencia al desgaste y adherencia al sustrato. Tecno Caucho cuenta con tres autoclaves: uno de gran capacidad considerado el más grande del sur del país, diseñado para equipos de gran volumen; otro destinado a piezas y equipos de menor tamaño; y un tercero que actualmente se encuentra en proceso de mantenimiento preventivo para garantizar su operatividad futura.

Durante el proceso, el jefe de planta es el encargado de supervisar el correcto desarrollo de las operaciones, verificando que se cumplan los parámetros establecidos en las órdenes de trabajo. A su vez, el área de mantenimiento tiene la responsabilidad de asegurar que los autoclaves se encuentren en óptimas condiciones, confirmando el cierre hermético de las compuertas y el correcto funcionamiento de los sistemas de presión y temperatura, aspectos críticos para garantizar la seguridad de la operación y la calidad del producto final.

**Figura 34:**

*Autoclave para equipos grandes, medianos y pequeños*



**Nota.** Autoclave empleado en el proceso de vulcanizado, donde el caucho adquiere sus propiedades finales mediante la aplicación controlada de calor, permaneciendo los equipos almacenados en su parte inferior durante el tratamiento.

La figura 34 muestra el autoclave más grande en la empresa, con una profundidad de unos 20 metros, donde equipos de mayor tamaño son vulcanizados para que el caucho pueda llegar a sus propiedades.

### **Figura 35:**

#### *Autoclave para equipos medianos y pequeños*



**Nota.** Autoclave utilizado para equipos medianos a pequeños, como spools, canaletas laterales, entre otros.

La figura 35 muestra un autoclave horizontal que es utilizado para equipos de menor tamaño y equipos de tamaño largo para que puedan ser vulcanizados.

#### **3.2.3.3.8 Llegada y despacho**

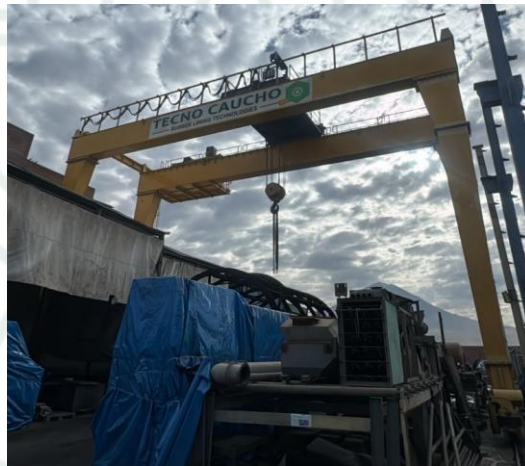
El lugar de llegada y despacho constituye el punto de ingreso y salida de los equipos, insumos y materiales necesarios para el desarrollo del proceso productivo. En esta zona se recepciona tanto los suministros esenciales, como el gas requerido para el funcionamiento de los autoclaves, como los equipos enviados por los clientes para su revestimiento o reparación. La recepción de materiales se realiza bajo la supervisión conjunta del área de almacén y del área de vigilancia y seguridad, quienes se encargan de verificar que los equipos e insumos lleguen en condiciones adecuadas y cumplan con los requisitos establecidos, garantizando así la trazabilidad y confiabilidad en cada entrega. Asimismo, este sector trabaja en estrecha coordinación con el área de mantenimiento para la correcta manipulación y traslado de los equipos de gran tamaño o peso,

utilizando de manera segura el puente grúa y los montacargas disponibles en planta. Estas maniobras son críticas para asegurar que los materiales se movilen de forma adecuada hacia las distintas áreas de producción, evitando daños y preservando la seguridad de los operarios. Del mismo modo, en la fase de despacho de equipos terminados, se sigue un procedimiento coordinado entre las áreas de producción, almacén y control de calidad, asegurando que los productos liberados cumplan con las especificaciones técnicas del cliente y sean transportados de manera segura hacia su destino final.

En conjunto, el área de llegada y despacho constituye un nodo estratégico dentro de la cadena logística de la empresa, garantizando el flujo eficiente de materiales hacia la planta y de productos terminados hacia los clientes.

**Figura 36:**

*Puente grúa*



**Nota.** Puente grúa que llega a cargar hasta 60 Toneladas para el movimiento de equipo pesado y redistribución de planta.

La figura 36 muestra el puente grúa utilizada para cargar equipos de mayor tamaño y distribución de algunos equipos, el puente grúa se mueve a través de toda la planta.

**Figura 37:**

*Lugar de llegada y despacho de equipos*



**Nota.** Lugar destinado a la recepción de equipos, insumos y materiales necesarios para el proceso productivo.

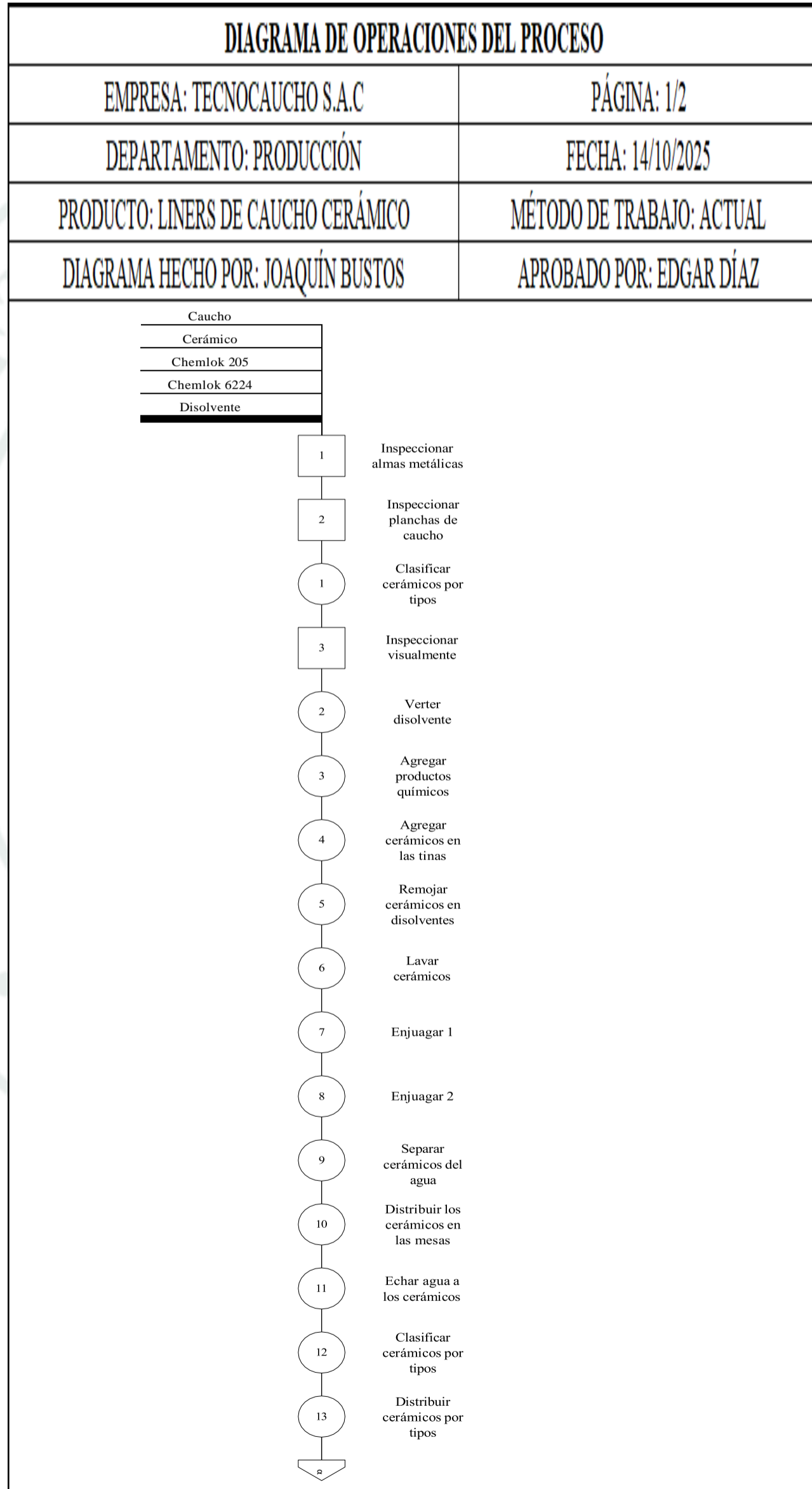
La figura 37 muestra el área de carga y descarga de los equipos provenientes de los clientes y el área donde se despachan para el cliente final.

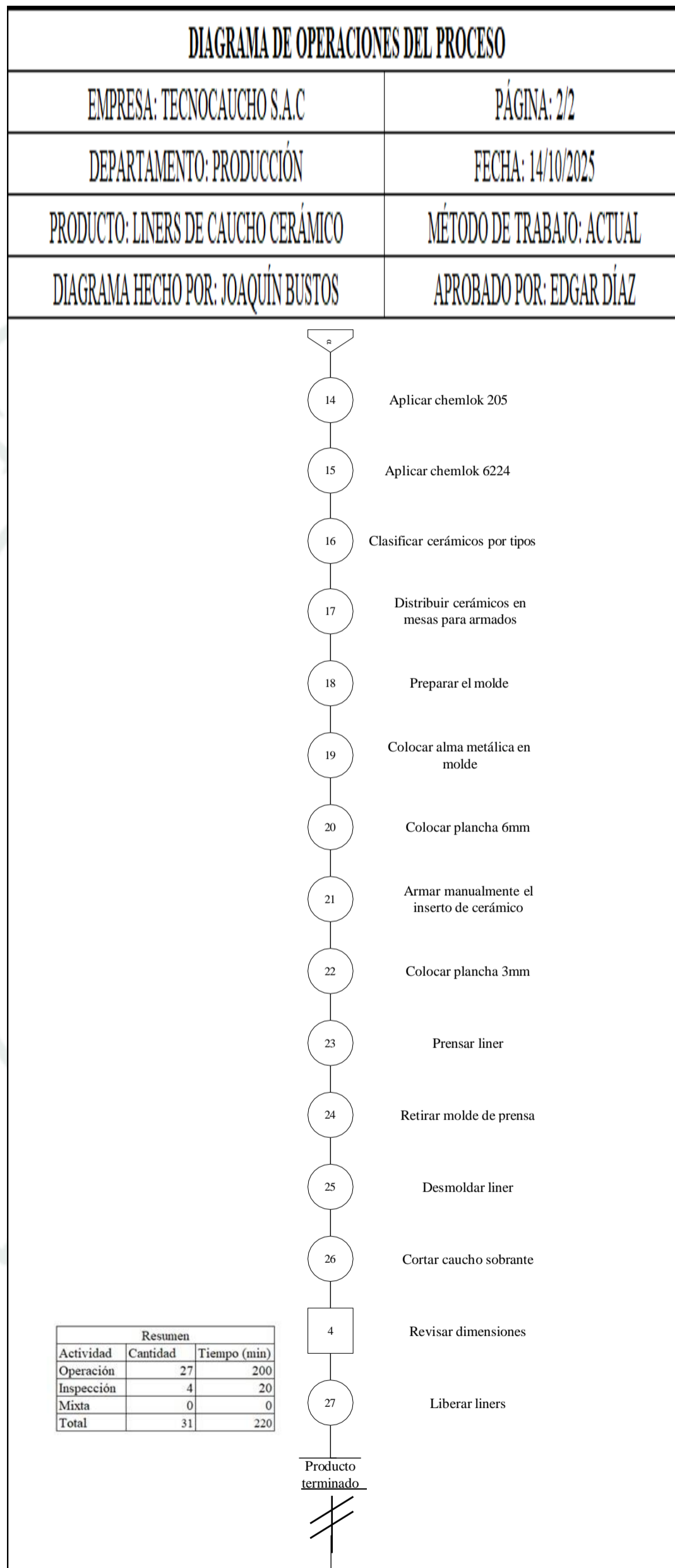
3.2.4 Análisis del proceso productivo de fabricación de liners

3.2.4.1 Diagrama de operaciones

Figura 38:

DOP del proceso de fabricación de liners





Nota. DOP del proceso de fabricación de liners, Elaboración propia.

La figura 38 muestra el DOP de la fabricación de liners.

3.2.4.2 Diagrama de análisis del proceso detallado

Tabla 6:

DAP del proceso de fabricación de liners

Fecha Realización		14/10/2025		Ficha Número		-				
Diagrama N°		-		Resumen						
Proceso	Fabricación de liners caucho - cerámico		Actividad	Actual		Propuesto		Economía		
	Cant	Tiempo		Cant	Tiempo	Cant	Tiempo			
Actividad	Fabricación de liners de caucho - cerámico en almas metálicas		Operación	27	200 min					
			Transporte	7	17 min					
Tipo de diagrama	Material	(x)	Espera	5	210 min					
	Operario	( )	Inspección	4	20 min					
Método	Actual	(x)	Almacenamiento	2	10 min					
	Propuesto	( )	Distancia metros	51 metros	51 metros					
Área / Sección			Tiempo min	457 min	457 min					
Elaborado por	JOAQUIN ALEXANDER BUSTOS RIMACHI			Aprobado por	EDGAR DIAZ					
Descripción			○	⇒	D	□	▽	Distancia (m)	Tiempo (min)	Observaciones
Inspección de almas metálicas								0 m	5 min	
Inspección de planchas de caucho								0 m	5 min	
Clasificación de cerámicos por tipos								0 m	10 min	
Transporte de los cerámicos al lugar de lavado								10 m	2 min	
Inspección visual para la selección de tipos para el lavado en las tinas								0 m	5 min	
Transporte del disolvente en depósitos al lugar del lavado								10 m	1 min	
Vertido del disolvente en las tinas								0 m	1 min	
Agregado de productos químicos y agua para la limpieza del cerámico								0 m	1 min	
Agregado de los cerámicos en los recipientes de remojo según tipo								0 m	5 min	
Remojado del cerámico en el disolvente preparado para eliminar la polución								0 m	30 min	Falta de registro de tiempo
Lavado de los cerámicos								0 m	30 min	
Enjuague 1 de los cerámicos para eliminar el disolvente de los cerámicos								0 m	5 min	
Enjuague 2 de los cerámicos para eliminar el disolvente de los cerámicos								0 m	5 min	Excesiva limpieza manual
Separar los cerámicos del agua y colocación en recipientes para el traslado.								0 m	10 min	
Traslado de los cerámicos al área de secado								5 m	2 min	
Distribución de cerámicos en las mesas con mallas metálicas								0 m	5 min	
Echado de agua a los cerámicos								0 m	15 min	Operación manual que incrementa el tiempo del proceso
Esperar tiempo de secado mediante radiación solar								0 m	30 min	Demora en el tiempo, tiempo muerto
Clasificación de cerámicos por tipos para su traslado								0 m	5 min	
Traslado de los cerámicos al área de pintado								6 m	2 min	Pérdida de eficiencia por recorridos largos
Distribución de cerámicos por tipos en las mesas								0 m	10 min	Área congestionada
Aplicación de chemlok 205								0 m	5 min	Falta de materiales a tiempo para la operación
Tiempo de espera de secado								0 m	45 min	
Aplicación de chemlok 6224								0 m	5 min	Exposición a químicos dañinos
Tiempo de espera de secado								0 m	45 min	
Clasificación de cerámicos por tipos								0 m	5 min	
Traslado al área de almacenamiento de cerámicos cubiertos con los adhesivos								5 m	2 min	Espacio de almacenamiento limitado
Almacenamiento de los cerámicos								0 m	5 min	Acumulación de piezas intermedias
Traslado de cerámicos al área de prensa								5 m	5 min	
Distribución de cerámicos a la mesa de armado								0 m	10 min	
Preparación del molde								0 m	5 min	Sobrecarga de trabajo en operarios de prensado
Colocar alma metálica en molde								0 m	2 min	
Colocado de la plancha de caucho de 6 mm en la base del alma metálica								0 m	2 min	
Armado manual del inserto cerámico								0 m	5 min	
Colocado de una plancha de caucho de 3 mm en la parte superior del liner.								0 m	2 min	
Prensado del liner armado								0 m	2 min	Demora por disponibilidad de equipo
Vulcanizado del liner								0 m	70 min	Tiempo muerto por espera de vulcanizado
Retiro del molde de prensa								0 m	5 min	
Enfriado								0 m	20 min	Tiempo muerto por espera de enfriado
Desmoldado de liners								0 m	5 min	
Corte de caucho sobrante (rebabas)								0 m	10 min	Desperdicio de material durante corte
Revisión dimensional y revisión final								0 m	5 min	Reprocesos por defectos en adherencia
Liberación de los liners								0 m	5 min	Esperas por inspección o aprobación del área de control de calidad
Transporte de los liner a los palets								10 m	3 min	
Despacho de los liner								0 m	5 min	
<b>TOTAL</b>			27	7	5	4	2	51 m	457 min	

Nota. Diagrama de análisis de procesos actual de la fabricación de liners en la empresa Tecno caucho.

La tabla 6 muestra el Diagrama de análisis del proceso de la fabricación de los liners de cerámico en una jornada de 457 minutos en total.

Se elaboró un diagrama de análisis del proceso (DAP) que representa de manera detallada todas las etapas involucradas en la fabricación de liners, desde las actividades iniciales hasta la liberación final del producto. Este DAP permitió establecer una secuencia operativa clara y ordenada, identificando cómo se interrelacionan las distintas actividades del proceso productivo. A través de esta representación gráfica fue posible detectar operaciones adicionales que no agregan valor, así como tareas repetitivas, tiempos muertos y movimientos innecesarios que incrementan el tiempo total de fabricación.

Lista de oportunidades de mejora a raíz del DAP:

1. Operaciones que no agregan valor al proceso, como el doble lavado, tanto el enjuague 1 y el enjuague 2.
2. Tiempo de espera de secado mediante radiación solar.
3. El vertido de disolventes en las tinas.
4. La mala distribución del personal en actividades que no generan valor.
5. Un mal control de los tiempos de proceso de fabricación que generan cuellos de botella en las diferentes actividades.
6. El echado de agua a los cerámicos demorando el tiempo de secado.

El DAP también se utilizó como herramienta de análisis para determinar la calificación de desempeño del operario, tomando en cuenta el tiempo empleado en cada operación, las actividades de inspección, los tiempos de transporte y los periodos de espera. Esto permitió reconocer cuáles

son las operaciones críticas que incrementan la duración del proceso y cuáles requieren ajustes para mejorar su eficiencia. Durante la elaboración del DAP se registraron diversas observaciones sobre la ejecución real de las tareas, la frecuencia de ciertos movimientos, la accesibilidad a los materiales y la secuencia de actividades, proporcionando una comprensión más profunda del comportamiento actual del proceso productivo.

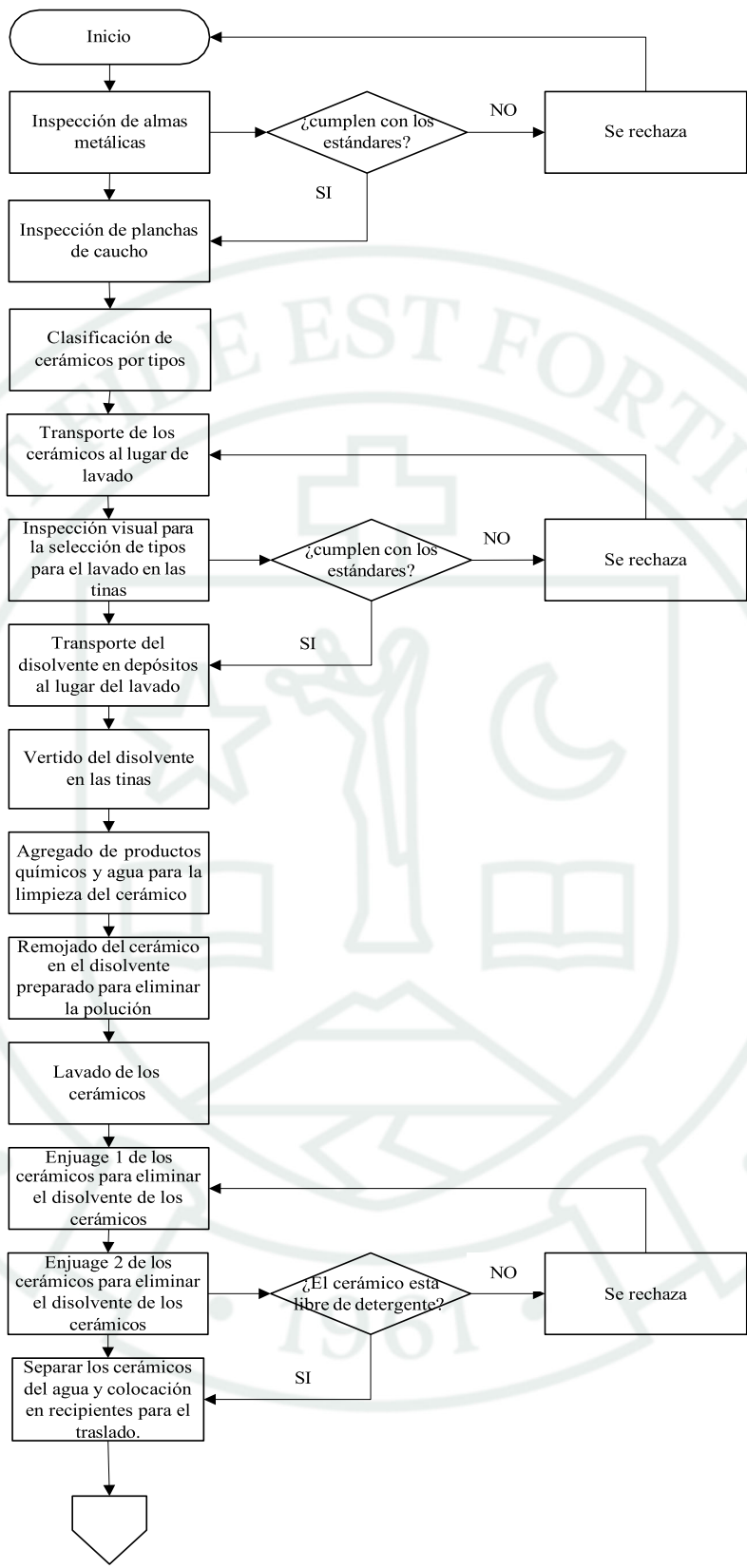
De esta manera, el DAP del proceso actual permitió adquirir una visión integral del flujo de trabajo, teniendo una noción precisa de los tiempos por operación, las distancias recorridas, los puntos donde se generan cuellos de botella y las etapas donde se producen actividades que no aportan valor. Esta información resulta fundamental para sustentar las propuestas de mejora que se desarrollarán posteriormente, ya que permite identificar con claridad las principales deficiencias operativas y establecer una base objetiva para la optimización del proceso de fabricación de liners. El DAP no solo describe el flujo actual, sino que constituye una herramienta clave para orientar la toma de decisiones y para estructurar las mejoras que permitirán aumentar la eficiencia y la productividad del proceso.

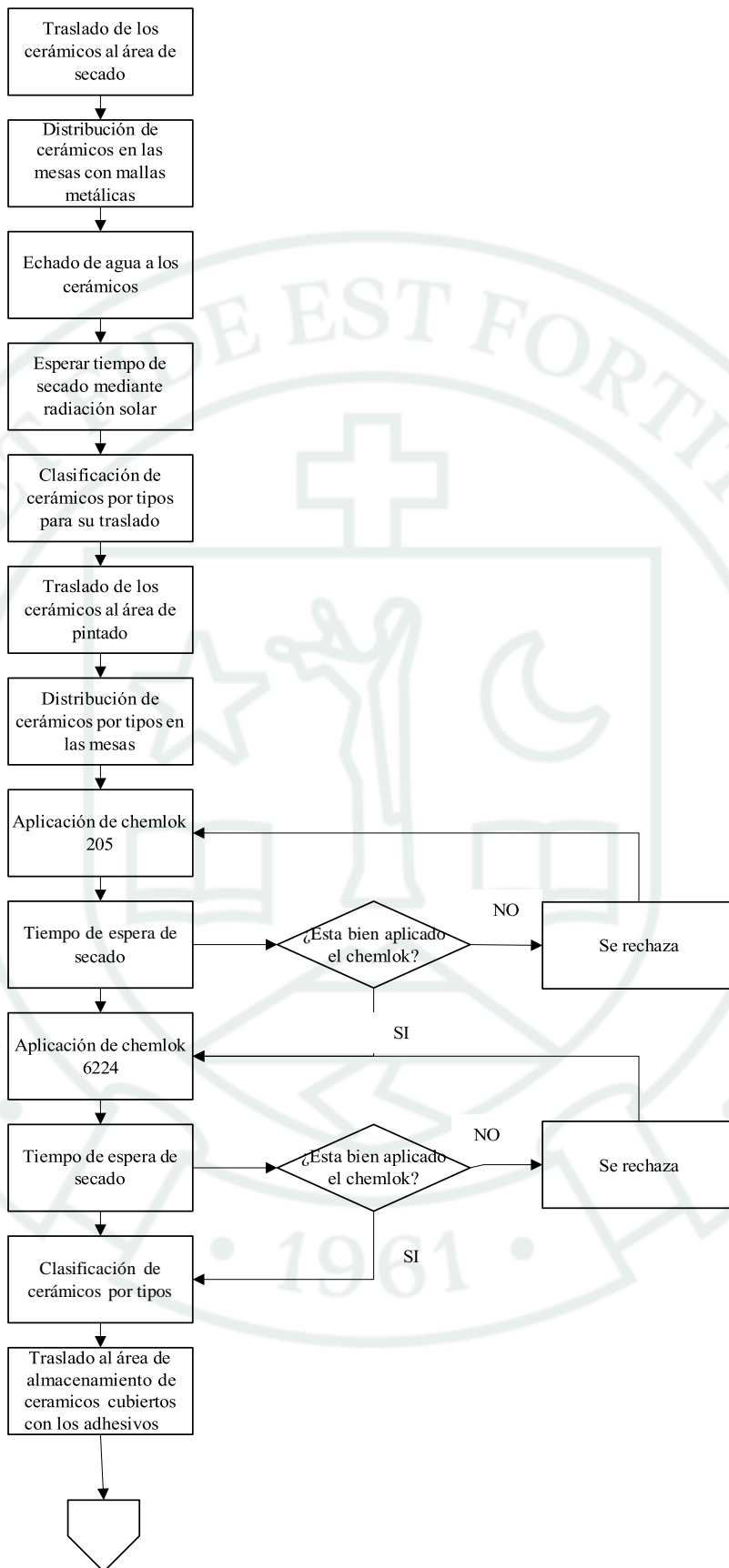
### 3.2.4.3 Diagrama de flujo del proceso productivo

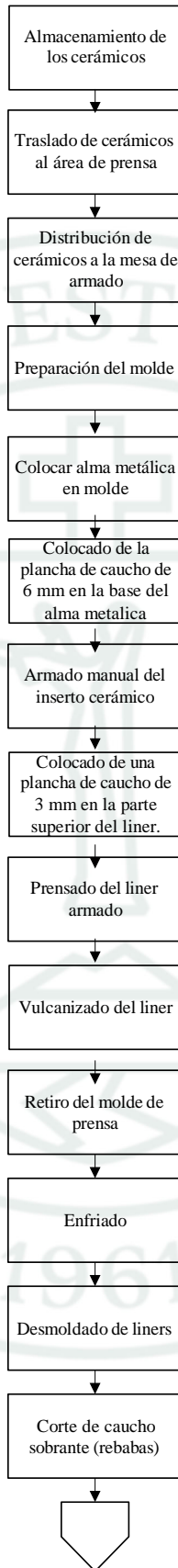
**Figura 39:**

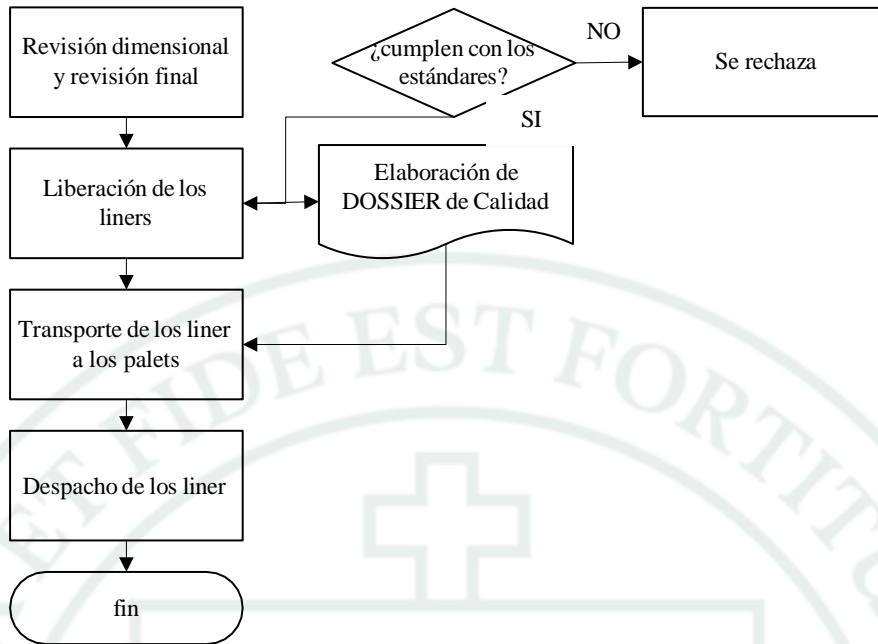
*Diagrama de flujo del proceso de fabricación de liners*











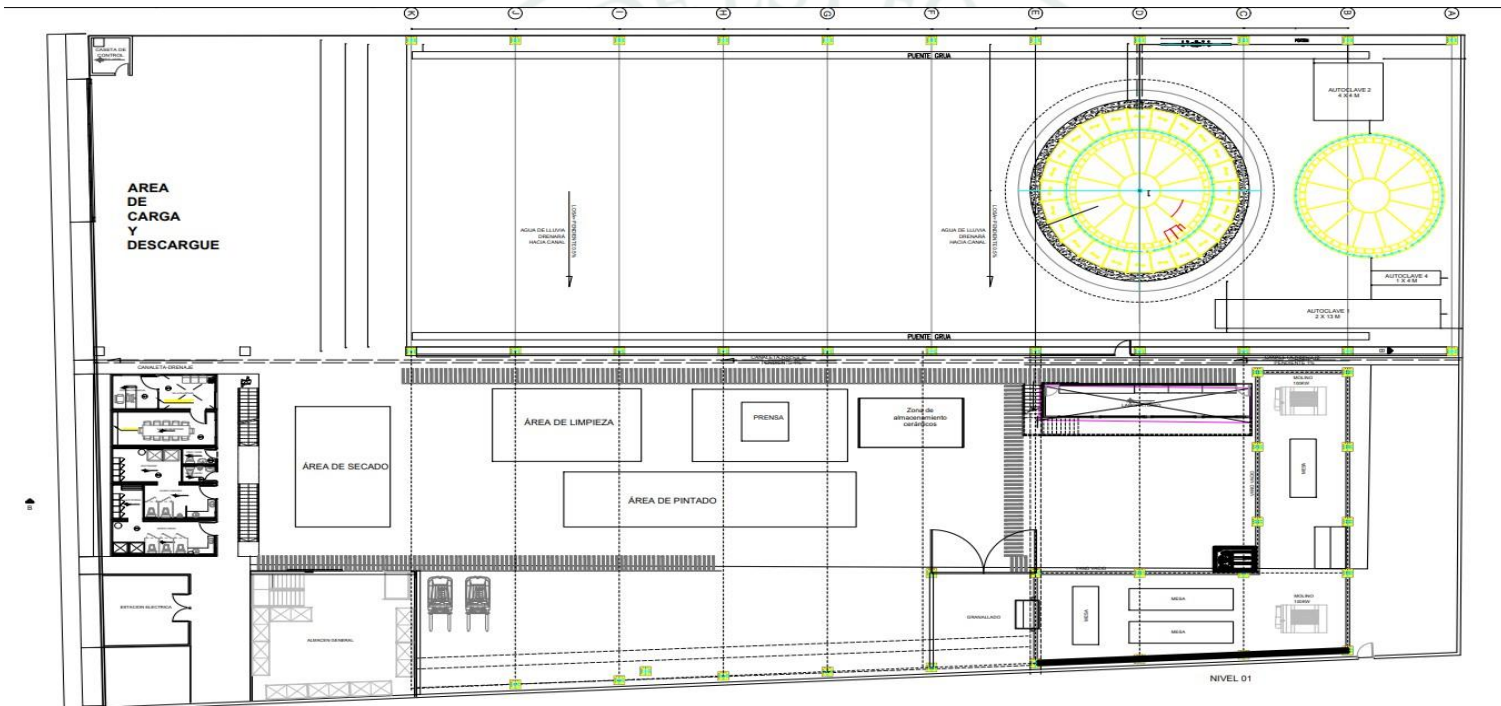
**Nota.** Diagrama de flujo realizado por elaboración propia del proceso de fabricación de liners.

La figura 39 muestra el diagrama de flujo del proceso productivo de la fabricación de los liners en el proceso actual.

### 3.2.4.4 Layout de la empresa

Figura 40:

Layout de la empresa Tecno Caucho



PLANIMETRIA LAYOUT  
ESC. 1:250

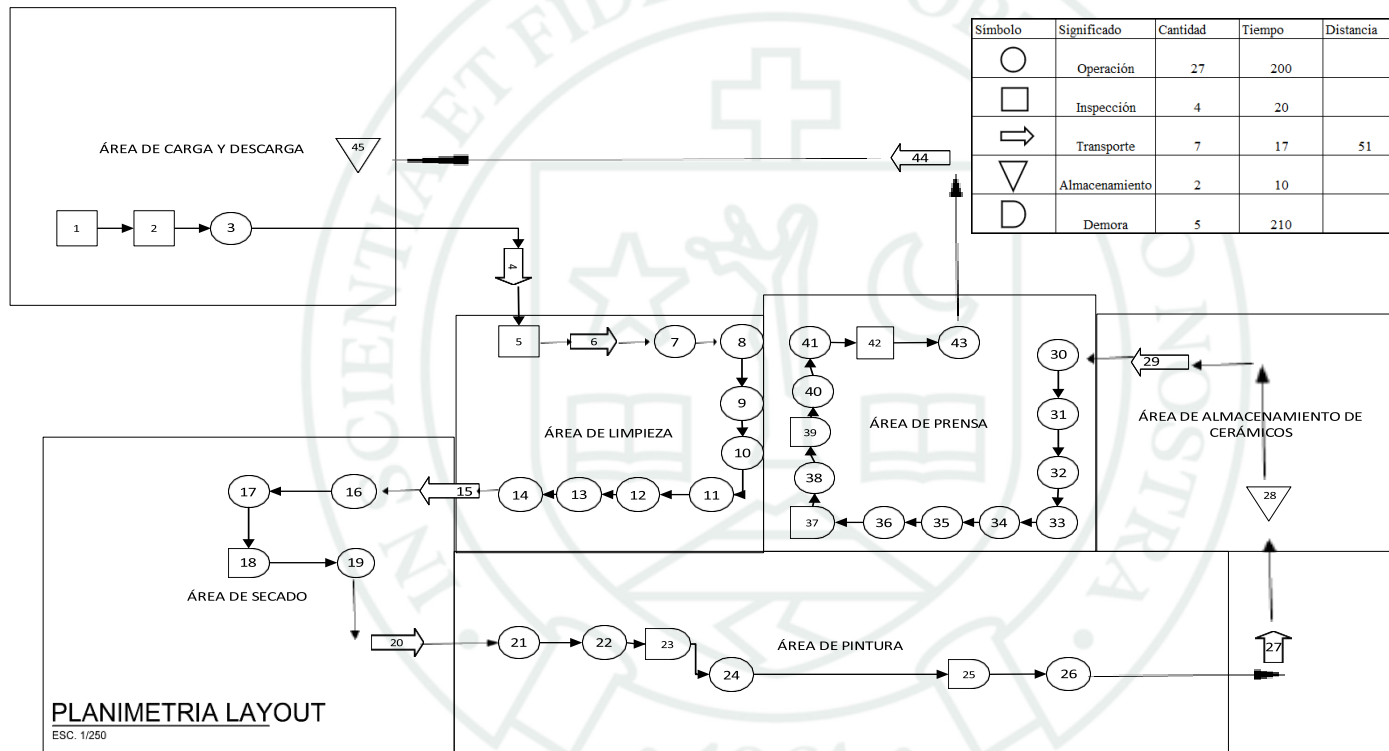
Nota. Layout de la empresa Tecno Caucho con una escala de 1:250.

La figura 40 muestra el plano de la empresa Tecno caucho, detallando el área de fabricación de liners y los autoclaves.

### 3.2.4.5 Diagrama de recorrido

**Figura 41:**

*Diagrama de recorrido del proceso productivo*



**Nota.** Diagrama de recorrido del proceso productivo de fabricación de liners caucho cerámico. ESC: 1/250

La figura 41 muestra el diagrama de recorrido del proceso actual, viendo todas las áreas involucradas en el proceso.

## Método

### 1. Presencia de actividades innecesarias y reprocesos

Se identificaron actividades que no agregan valor y que se repiten sin justificación técnica, lo cual incrementa el tiempo total del proceso. El DAP evidencia estas repeticiones, principalmente en etapas de limpieza, preparación y verificación.

### 2. Falta de control del tiempo de ciclo y balance de operaciones

El análisis del DAP mostró que cada actividad se ejecuta con variaciones significativas entre operarios y turnos, lo que refleja la ausencia de un tiempo estándar y de un balance adecuado entre las tareas.

### 3. Deficiente programación y planificación de la producción

Los tiempos de espera registrados en el DAP evidencian la falta de secuenciación correcta de actividades, lo que provoca retrasos en la disponibilidad de materiales o equipos.

### 4. Distribución ineficiente de áreas de trabajo

Los traslados prolongados y reiterativos observados en el DAP confirman que el flujo de trabajo no está alineado con la secuencia del proceso, generando pérdidas de tiempo significativas.

## Mano de obra

### 1. Asignación inadecuada del personal

El DAP muestra etapas con exceso de operarios y otras con insuficiencia de personal, lo que causa cuellos de botella y pérdida de eficiencia en tareas críticas.

2. Falta de capacitación en técnicas de prensado y ensamblado

Las diferencias de tiempo entre operarios durante la ejecución de la misma actividad reflejan brechas de conocimiento y habilidades que afectan la estabilidad del proceso.

3. Falta de supervisión directa en las operaciones

La variabilidad del tiempo observado en tareas repetitivas evidencia una supervisión insuficiente, lo que genera discrepancias en los métodos de trabajo.

4. Desmotivación por fatiga y exceso de horas trabajadas

El registro de demoras y pausas prolongadas representa un desgaste físico y mental que afecta el rendimiento operativo.

Máquina

1. Limitado número de prensas

Se evidenció que la prensa constituye el principal cuello de botella del proceso. El DAP lo confirma al mostrar acumulación de trabajo en espera de disponibilidad de este equipo.

2. Paradas imprevistas por fallas mecánicas o eléctricas

Los tiempos de detención observados afectan directamente el tiempo de ciclo, dado que la operación depende de la continuidad de la prensa y otros equipos.

3. Calentamiento irregular durante el vulcanizado

Las variaciones en la temperatura del proceso generan ajustes adicionales y prolongan el tiempo de operación.

#### 4. Falta de instrumentos auxiliares adecuados

La necesidad de improvisar herramientas o adaptar equipos ocasiona retrasos y reduce la productividad.

#### Material

##### 1. Retrasos en la llegada de insumos

El DAP muestra esperas prolongadas debido a la falta de disponibilidad oportuna de caucho, cerámicos o productos químicos.

##### 2. Almacenamiento deficiente

Los excesivos recorridos para obtener materiales reflejan que la distribución del almacén no está alineada con las necesidades del proceso.

##### 3. Desperdicio de caucho

Se identificaron recortes repetidos y material sobrante que deben reajustarse, incrementando el tiempo dedicado a correcciones.

##### 4. Material defectuoso

Cuando el material no cumple especificaciones, el operario debe repetir etapas, lo cual aumenta el tiempo total del proceso.

#### Medición

##### 1. Falta de registro y control del tiempo de actividades

Antes de esta investigación no existían registros, lo cual imposibilitaba identificar las verdaderas causas de los retrasos.

2. Ausencia de indicadores de productividad y tiempos estándar

La empresa no cuenta con mediciones estructuradas que permitan calcular eficiencia, ritmos de producción o cumplimiento de metas operativas.

3. No se evalúan tiempos muertos ni causas de inactividad

El DAP permite evidenciar las pérdidas del proceso, pero estas no eran monitoreadas previamente.

4. Inexistencia de reportes comparativos temporales

No hay una base de datos histórica que permita medir avances o deterioro del proceso productivo.

Medio ambiente

1. Espacios reducidos o desordenados

La falta de orden y de rutas definidas afecta el desplazamiento del personal, como se corrobora en los recorridos registrados en el DAP.

2. Iluminación y ventilación insuficientes

Estas condiciones ambientales generan un trabajo más lento, especialmente en actividades detalladas como ensamblado y limpieza.

3. Ausencia de señalización interna

La falta de señalización provoca recorridos no estandarizados y genera incertidumbre en el flujo operativo.

### 3.2.4.6 Diagrama de IshiKawa

**Figura 42:**

*Diagrama de Ishikawa*



**Nota.** Análisis en diagrama de Ishikawa con método 6M sobre los problemas en la optimización de procesos en la empresa Tecno Caucho. Fuente. Tecno Caucho SAC (2025).

La figura 42 muestra el diagrama de Ishikawa con el método de las 6M, habiéndose identificado todos los problemas y llegando a obtener como conclusión altos tiempos de fabricación de liners.

Del análisis del diagrama de Ishikawa se concluye que los altos tiempos de fabricación de liners son consecuencia de la acumulación de múltiples causas identificadas en cada una de las 6M, las cuales afectan de manera directa la eficiencia del proceso productivo. En primer lugar, en el factor Método se evidencian actividades innecesarias, reprocesos, falta de control de tiempos de ciclo, una programación deficiente y una distribución ineficiente de áreas, lo que genera interrupciones constantes y aumenta los tiempos de espera dentro del flujo productivo. Asimismo, en el factor Mano de Obra se observan problemas como la asignación inadecuada del personal, la falta de capacitación, la ausencia de supervisión directa, la desmotivación por exceso de horas y la inexistencia de indicadores de productividad, condiciones que reducen el desempeño operativo y prolongan las tareas asignadas. En cuanto a Máquina, se identifican limitaciones como la escasez de prensas disponibles, paradas imprevistas por fallas mecánicas o eléctricas y un calentamiento irregular en el proceso de vulcanizado, elementos que ocasionan cuellos de botella y detenciones que incrementan el tiempo total de producción.

El factor Material muestra problemas como insumos defectuosos, desperdicio de caucho y retrasos en la llegada de materiales, generando esperas y la necesidad de rehacer ciertas operaciones. En el factor Medición se identifican deficiencias en el registro y control del tiempo de ciclo, la ausencia de indicadores y la inexistencia de un análisis de tiempos muertos o comparativos entre el antes y después, lo que impide gestionar y mejorar adecuadamente el rendimiento del proceso. Finalmente, en el factor Medio Ambiente se presentan espacios

reducidos, áreas desordenadas, iluminación y ventilación inadecuadas y falta de señalización, condiciones que dificultan la movilidad y ralentizan las operaciones.

La interacción de todas estas causas evidencia una estructura productiva con múltiples ineficiencias, descoordinación entre áreas, recursos insuficientes y falta de control operativo. Como resultado, el proceso presenta retrasos acumulados, ciclos de trabajo prolongados y una baja productividad general, llevando a la conclusión de que la empresa enfrenta altos tiempos de fabricación de liners.

### **3.3 Análisis de datos**

#### **3.3.1 Productividad**

##### **3.3.1.1 Productividad de la mano de obra**

Para el análisis de la productividad, se evaluó la cantidad de piezas fabricadas durante el periodo de ejecución del proyecto del 28 de mayo al 6 de junio del año 2025, con el fin de determinar el avance en la producción de los liners. Según las actas de liberación, hasta el momento se ha fabricado un total de 1500 liners de un total proyectado de 5094 unidades, lo que permite tener una visión clara del nivel de productividad alcanzado en esta etapa del proceso.

Las horas de trabajo empleadas por día son en promedio 7,61 horas, correspondientes a los lotes en proceso, dado que la actividad productiva se mantiene de manera continua sin interrupciones significativas.

Para ello, se aplicará la fórmula de productividad de la mano de obra, considerando los 1500 liners fabricados hasta el momento bajo las condiciones del proceso productivo actual, con el objetivo de determinar el rendimiento del personal en función del trabajo realizado.

$$\text{Productividad mano de obra} = \frac{\text{Piezas fabricadas}}{\text{Horas de trabajo empleadas}}$$

$$\frac{1500}{7.61} = 197.10 \cong 197 \text{ piezas/turno}$$

El resultado obtenido de la productividad de la mano de obra es de 197 unidades por cada ciclo de DAP, lo que significa que, bajo las condiciones actuales del proceso, se fabrican en promedio 197 liners por cada ciclo de trabajo empleada. Este valor refleja el desempeño del sistema productivo en su estado actual y servirá como punto de referencia para identificar oportunidades de mejora. A partir de este indicador, se podrán proponer acciones orientadas a optimizar el uso del tiempo y aumentar la eficiencia en la fabricación de liners.

El tiempo de ciclo del proceso es de 7.61 horas por turno, correspondiente a la elaboración de un lote de 197 liners durante una jornada de trabajo. Este tiempo no alcanza las 8 horas completas debido a la presencia de tiempos de espera variables, los cuales no se presentan de manera uniforme en todas las operaciones del proceso.

Dentro de este período se desarrollan todas las actividades necesarias para la fabricación del liner, que incluyen la colocación y adherencia de los cerámicos, la aplicación de pintura en el cerámico, la preparación del sustrato de acero y la aplicación del caucho, que actúa como agente de unión entre los componentes. Finalmente, estas etapas permiten obtener el producto terminado, cumpliendo con las especificaciones técnicas establecidas.

### **3.3.1.2 Productividad multifactorial**

Para el cálculo de la productividad multifactorial se consideraron todos los recursos empleados en el proceso de fabricación durante un ciclo DAP, en el cual se producen 197 liners en un tiempo total de 7,61 horas.

Con el objetivo de determinar dicha productividad, se procedió a monetizar los insumos utilizados como materia prima, los cuales incluyen caucho, cerámico, chemlok 205 y chemlok 6224.

Para la monetización se tomó en cuenta la cantidad requerida de cada material por unidad de liner, así como su costo unitario, obteniendo finalmente el costo total de materia prima correspondiente a la fabricación de 198 liners por turno.

**Tabla 7:**

*Monetización de materia prima*

Materia prima	Unidad	Costo S/ (Unidad)	Total (S/ por liner)	Costo Total por turno
Caucho	3 kg	S/ 21	S/ 63	
Cerámico	15 kg	S/ 25	S/ 250	
Chemlok 205	0.25 kg	S/ 8	S/ 2	
Chemlok 6224	0.25 kg	S/ 8	S/ 2	
Disolvente	0.25 kg	S/ 4	S/ 1	
<b>TOTAL</b>			<b>S/ 318 * 197 unidades</b>	<b>S/ 62,646.00</b>

**Nota.** Materias primas utilizadas en el proceso de fabricación de liners con sus respectivas cantidad usadas por unidad con el costo de cada una de ellas.

La tabla 7 muestra la monetización de los productos utilizados para la elaboración de los liners.

El costo de la materia prima principal se mantiene constante, considerando el caucho con un valor de S/ 63 y el material cerámico con S/ 250 por unidad.

Por otro lado, los insumos auxiliares como el Chemlok 205, Chemlok 6224, disolvente se mantienen como materia prima indirecta.

El uso de los equipos eléctricos como son la prensa y el molino pertenecen a los CIF, debido a que son utilizados como materiales de apoyo en el proceso de preparación, limpieza de los componentes y prensado siendo aplicados por los operarios durante la producción.

Se analizó la cantidad requerida de cada materia prima empleada en la fabricación de un liner, así como su respectivo costo unitario. En el caso del caucho, se utilizó una plancha de 6 mm con las dimensiones del liner, cuyo peso total es de aproximadamente 3 kg, que posteriormente se une al resto de componentes. El cerámico fue ensamblado de forma manual y se determinó su peso promedio por unidad. Asimismo, se consideró el uso de Chemlok, aplicado tanto al cerámico como al sustrato de acero en pequeñas proporciones, dado que no se trata de superficies de gran tamaño. Finalmente, se incluyó el consumo del disolvente empleado en el área de lavado, cuyo uso es mínimo dentro del proceso, a partir de estos datos, se obtuvo un costo total de materia prima equivalente a 318 soles por ciclo, el cual fue multiplicado según el número de lanners fabricados con el propósito de determinar el costo total del material utilizado en la producción.

Para el caso de la energía eléctrica, se consideró el uso de la prensa y el molino, ambos equipos fundamentales en el proceso de fabricación de liners. El molino permite obtener el caucho laminado, mientras que en la prensa se realiza el ensamblaje del liner cerámico.

La prensa tiene un peso aproximado de 8 toneladas y el molino de 20 toneladas, lo que implica un consumo energético considerablemente mayor. Para cuantificar dicho consumo, se consultó el costo de energía eléctrica correspondiente a un turno de producción en el que ambos equipos son utilizados durante el proceso de fabricación.

**Tabla 8:**

*Monetización de energía eléctrica*

Energía eléctrica	Unidad	Costo S/ (Unidad)	Total	Costo Total por turno
Prensa	240 Kwh	S/ 0.77	S/ 184.8	
Molino	320 Kwh	S/ 0.8	S/ 256	S/ 440.80

**Nota.** Equipos usados para realizar el linner de inicio a fin.

La tabla 8 muestra la monetización de los equipos utilizados para la elaboración de los liners.

La prensa presenta un consumo de 240 Kwh por turno, con un costo unitario de 0.77 soles por Kwh, lo que representa un gasto de 184.80 soles por turno. Por su parte, el molino, debido a su mayor tamaño y potencia, registra un consumo de 320 Kwh por turno, con un costo unitario de 0.80 soles por Kwh, generando un costo de 256.00 soles por turno, el consumo total de energía eléctrica para ambos equipos asciende a 440.80 soles por turno de producción. Este valor permite cuantificar el impacto energético dentro del proceso y constituye un elemento importante en el cálculo de la productividad multifactorial, al reflejar el costo real del recurso eléctrico asociado a la operación del sistema productivo.

Para el caso del transporte interno, se empleó un montacargas de gran tamaño, el cual presentaba un consumo diario de aproximadamente 10 galones de combustible. Este equipo permanecía encendido durante toda la jornada, debido a la necesidad constante de movilizar los cerámicos y redistribuir las cargas de trabajo. Además, el montacargas era utilizado para realizar otras labores complementarias que se desarrollaban de manera paralela al proceso de fabricación de los liners.

### **Tabla 9:**

#### *Monetización de maquinarias*

Uso de maquinaria	Unidad	Consumo (galones)	Costo S/ (Unidad)	Costo Total por Turno
Monta cargas	1 día	10 GAL	S/ 14.29	S/ 142.90

**Nota.** Maquinaria usada para el transporte de las cajas de cerámicos y cerámicos a los distintas áreas.

La tabla 9 muestra la monetización del uso del montacargas un CIF, equipo de gran tamaño que se usa para la movilización y transporte.

El montacargas presenta un consumo promedio de 10 galones de combustible por día, con un costo unitario de 14.29 soles por galón, lo que genera un gasto total de 142.90 soles por turno de trabajo. Este valor representa el costo energético asociado al transporte interno de materiales dentro del proceso productivo y forma parte del análisis de recursos empleados en el cálculo de la productividad multifactorial.

**Tabla 10:**

*Depreciación del montacargas*

Maquinaria	S/ Precio	S/ Valor residual	S/ Depreciación diaria	S/ Depreciación del montacargas en el proyecto
Monta cargas	S/120,000.00	0	S/ 33.33	S/ 266.67

**Nota.** Elaboración de la depreciación del montacargas de un precio de 120,000, en la duración del proyecto aproximada de 21 días

Se calculó la depreciación en la tabla 10 del montacargas, del precio total del equipo de S/ 120,000 a una depreciación diaria del equipo, para poder calcularla en S/ 266.67 de la duración total del proyecto.

Para el factor de mano de obra, se optó por la contratación de personal externo bajo la modalidad de contratos intermitentes. Cada operario percibió una remuneración diaria de 56 soles. En total, se contó con la participación de 41 operarios asignados directamente al proceso de fabricación de liners.

**Tabla 11:**

*Monetización de mano de obra*

Mano de obra	Unidad	Costo S/ por hora	Por turno (S/)	Total	Trabajadores
Operarios	8 horas	S/ 12	S/ 96	S/3,936.00	41

**Nota.** Operarios con el sueldo por hora, un total de 41 trabajadores que fueron contratados para realizar exclusivamente este trabajo.

La tabla 11 muestra la monetización de la mano de obra por turno.

Cada trabajador percibe una remuneración de 12 soles por hora, lo que equivale a 96 soles por turno de 8 horas laboradas. En total, participaron 41 operarios en el proceso, lo que genera un costo total de 3,936 soles por turno.

Este valor refleja el gasto directo asociado al recurso humano necesario para llevar a cabo las actividades productivas dentro del ciclo DAP. Asimismo, constituye un componente esencial dentro del análisis de la productividad multifactorial, ya que permite evaluar el impacto económico del trabajo operativo en relación con los demás recursos empleados en el proceso.

El costo total se determina a partir de la suma de todos los recursos empleados durante un turno completo de producción en la fabricación de liners. En esta primera etapa se elaboraron 1500 unidades; considerando que por cada turno se producen 198 liners, se requieren aproximadamente 8 días de trabajo para alcanzar dicha cantidad. Con base en ello, se obtiene el costo total correspondiente al proceso productivo desarrollado hasta el momento.

**Tabla 12:**

*Costo total de los recursos hasta 1500 liners fabricados*

Suma Total	S/	67,432.37
Días		8 días
S/ Total	S/	539,458.96

**Nota.** Tabla con el costo total por ciclo DAP, con el costo total de 1500 liners en 8 días.

La tabla 12 muestra la cantidad total del costo de los recursos en 8 días, hasta los 1500 liners fabricados con el proceso actual.

### 3.3.2 Eficiencia económica

Para el cálculo de la eficiencia se consideraron las entradas como la cantidad total de recursos utilizados en el proceso productivo y las salidas como la cantidad de liners fabricados, que en este caso asciende a 1500 unidades con el precio de venta. Con esta información fue posible determinar la eficiencia individual de los trabajadores, relacionando la producción obtenida con los recursos y el tiempo empleados en el proceso de fabricación.

**Tabla 13:**

*Eficiencia*

Output	S/	1,331,100.00
Input	S/	539,458.96
Eficiencia		$2.4674 * 100 = 246.74\%$

**Nota.** Tabla donde detallan las salidas y entradas de todos los recursos utilizados para hallar la eficiencia.

La tabla 13 muestra la eficiencia de la fabricación de liners con todas las entradas que son los recursos, obtenidos en la tabla 11.

El valor de S/ 1,331,100 corresponde al total de ingresos que percibe la empresa durante el periodo de evaluación del proyecto. Dicho monto es resultado tanto de las actividades operativas como del soporte administrativo, considerando que aproximadamente el 10 % de estos ingresos se atribuye a la gestión administrativa, la cual, mediante una adecuada coordinación entre las diferentes áreas de la empresa, contribuye a la optimización de los procesos y al logro de los resultados económicos obtenidos. El 90 % restante de los ingresos es generado directamente por la producción de liners, evidenciando la relevancia del área productiva como principal fuente de generación de valor para la empresa.

En la situación actual, la eficiencia económica del proceso productivo alcanza un valor de 246.74%, resultado de la relación entre los ingresos generados de S/ 1,331,100 y los costos incurridos de S/ 539,458.96. Este indicador evidencia que, por cada sol invertido, el sistema genera aproximadamente S/ 2.47 en ingresos, reflejando un nivel adecuado de aprovechamiento de los recursos desde una perspectiva financiera. No obstante, este valor también permite establecer una línea base para la evaluación de mejoras, identificando el desempeño económico inicial del proceso y su potencial de optimización.

### **3.3.3 Eficacia**

Para evaluar el cumplimiento de la entrega de los liners, se analizó la eficacia del trabajo durante la primera etapa del proceso productivo. En esta fase se logró la fabricación de 1500 liners, cifra que fue validada en el acta de liberación correspondiente. Según la planificación inicial, el objetivo establecido era la producción de 2100 liners para esta primera etapa.

De acuerdo con los registros de producción, el rendimiento promedio por turno de trabajo es de 198 liners, lo que equivale aproximadamente a una jornada diaria de producción. En ese sentido, la fabricación de los 1500 liners se completó en siete días y medio de trabajo efectivos.

Para determinar la eficacia en porcentaje se aplicó la fórmula resultado alcanzado dividido entre el resultado previsto, multiplicado por cien. Esta operación permite conocer el grado de cumplimiento del objetivo establecido en términos porcentuales. Al sustituir los valores obtenidos, se tiene que 1500 dividido entre 2100.

**Tabla 14:**

*Eficacia*

Resultado alcanzado	1500 unidades
Resultado previsto	2100 unidades
Eficacia	$0.7142 * 100$
Eficacia	71.42%

**Nota.** Tabla para ver la eficacia de llegar a las 2100 unidades en 8 días.


La tabla 14 muestra la eficacia de la fabricación de liners, esto se obtuvo mediante el resultado alcanzado en 1500 y lo que debió ser por 8 días de 2100.

Se observa que se obtuvo una eficacia del 71.42% en la fabricación de los liners, considerando un total previsto de 2100 unidades. Este resultado evidencia un desempeño por debajo de la meta establecida, lo cual representa una eficacia inferior a la alcanzable según la planificación. Este retraso en la producción genera un impacto económico negativo para la empresa, ya que cada demora implica pérdidas asociadas al incumplimiento del cronograma de trabajo establecido para los ocho días de producción, y el trabajo por completo.

### 3.3.3.1 Cumplimiento de entrega

**Tabla 15:**

*Registro de ordenes de trabajo y planificación*

 <span style="float: right;">SGC-PO-08 Versión: 01 Fecha: 03/01/2023 Página: 1 de 1</span>																							
EMPRESA	SERVICIOS	TIPO SERVICIO	Orden de trabajo	Avance	Estado	MATERIAL	ESPESOR mm	ENCARGADO	AVANCE M2	PESO KG	REAL				PLANIFICADO				T. REAL	T.EST.	CUMP.	TIPO DE ENVIO	OBS.
											F. I	LA	F. A	F. D	F. I	F. D	T.	T.EST.					
IMCO	FABRICACIÓN DE LINERS LOTE=198	PRENSADO	OT-0052	100%	FINALIZADO	CERÁMICO / CAUCHO	38	MILBER CONDORY	0.14235	25	28-May	28-May	29-May	29-May	28-May	28-May	0	0	Sí	UNICO	-		
IMCO	FABRICACIÓN DE LINERS LOTE=198	PRENSADO	OT-0052	100%	FINALIZADO	CERÁMICO / CAUCHO	38	MILBER CONDORY	0.14235	25	29-May	29-May	30-May	31-May	29-May	29-May	1	0	No	UNICO	-		
IMCO	FABRICACIÓN DE LINERS LOTE=198	PRENSADO	OT-0052	100%	FINALIZADO	CERÁMICO / CAUCHO	38	MILBER CONDORY	0.14235	25	30-May	30-May	31-May	1-Jun	30-May	30-May	1	0	No	UNICO	-		
IMCO	FABRICACIÓN DE LINERS LOTE=198	PRENSADO	OT-0052	100%	FINALIZADO	CERÁMICO / CAUCHO	38	MILBER CONDORY	0.14235	25	31-May	31-May	1-Jun	1-Jun	31-May	31-May	0	0	Sí	UNICO	-		
IMCO	FABRICACIÓN DE LINERS LOTE=198	PRENSADO	OT-0052	100%	FINALIZADO	CERÁMICO / CAUCHO	38	MILBER CONDORY	0.14235	25	1-Jun	1-Jun	3-Jun	4-Jun	1-Jun	1-Jun	1	0	No	UNICO	-		
IMCO	FABRICACIÓN DE LINERS LOTE=198	PRENSADO	OT-0052	100%	FINALIZADO	CERÁMICO / CAUCHO	38	MILBER CONDORY	0.14235	25	3-Jun	3-Jun	4-Jun	5-Jun	2-Jun	2-Jun	1	0	No	UNICO	-		
IMCO	FABRICACIÓN DE LINERS LOTE=198	PRENSADO	OT-0052	100%	FINALIZADO	CERÁMICO / CAUCHO	38	MILBER CONDORY	0.14235	25	4-Jun	4-Jun	6-Jun	6-Jun	3-Jun	3-Jun	0	0	Sí	UNICO	-		
IMCO	FABRICACIÓN DE LINERS LOTE=198	PRENSADO	OT-0052	100%	FINALIZADO	CERÁMICO / CAUCHO	38	MILBER CONDORY	0.14235	25	6-Jun	6-Jun	7-Jun	7-Jun	4-Jun	4-Jun	1	0	No	UNICO	-		

**Nota.** Registro de órdenes de trabajo y planificación sobre las entregas en pedidos de los lanners en cada etapa desarrollada, cumpliendo con algunos días y la mayoría no cumplía.

La tabla 15 muestra el registro de órdenes de trabajo y planificación, obtenido del área de planeamiento para ver los pedidos que fueron saliendo de Tecno Caucho, en anexos la figura 48 muestra el acta de liberación de los liners que van de acorde a lo planificado.

Se solicitó al área de planificación el registro de órdenes de trabajo correspondientes al proceso, con el fin de comparar los resultados planificados frente a los realmente obtenidos durante la fabricación de los 1500 liners. Del análisis realizado se observó que, de los 8 despachos programados (uno por cada día de producción), únicamente se cumplieron 3 dentro del plazo establecido. Los 5 despachos restantes presentaron retrasos respecto al cronograma inicialmente planificado.

Cada lote de producción está conformado por 198 liners. Una vez finalizadas todas las etapas del proceso y verificado el cumplimiento de los requisitos técnicos, estos 198 liners son liberados como un lote completo. Cada pedido es atendido con un lote ya inspeccionado y aprobado, garantizando que los productos sean derivados oportunamente al cliente final. De esta manera, se asegura que el cliente reciba los liners dentro del plazo establecido y en las condiciones necesarias para ejecutar el trabajo solicitado sin retrasos ni reprocesos.

**Tabla 16:**

*Tabla de despachos*

Número de despachos cumplidos a tiempo	3 lotes
Número total de despachos requeridos	8 lotes
Valor (%)	37.5 %

**Nota.** Tabla que detalla los despachos entregados a tiempo y los requeridos en 8 días.

La tabla 16 muestra los despachos cumplidos a tiempo y los requeridos que eran 8.

El total de número pedidos entregados hasta ese momento fueron de 1500, que considerando que cada jornada se realizaron 198 liners, 8 pedidos fueron entregados de un total de 26 pedidos.

**Tabla 17:***Total, de pedidos entregados a tiempo*

Número de pedidos entregados completos	8 lotes
Total, de pedidos	25.7272727 lotes
Total Valor (%)	0.31095406
	31.0954064 %

**Nota.** Tabla del total de pedidos entregados completos y el total de pedidos a realizar en 25 días según lo fabricado en 198 liners por ciclo DAP.

La tabla 17 muestra el total de pedidos que deben ser entregados a tiempo del total de 5094, en base a los 197 liners fabricados por día, en 8 días habiéndose obtenidos un 31.09% en tan solo 8 días.

**3.3.4 Tiempo de ejecución del proceso****3.3.4.1 Cumplimiento del programa de fabricación**

Para el cumplimiento del programa del ciclo DAP tenemos lo que es el tiempo total de duración del proceso y las mercancías que van siendo procesadas que es un total de 197,

**Tabla 18:***Tabla de la fabricación*

Duración del proceso	7.61 horas
Cantidad total de mercancías procesadas	197 unidades
Tiempo por liner (horas/liner)	0.03862944
Tiempo por liner (min/liner)	2.3177665 min

**Nota.** Tabla de la duración del turno de fabricación de 198 liners y el tiempo de fabricación por cada liner.

La tabla 18 muestra el tiempo de ciclo del proceso de fabricación de liners, se tomó como referencia la duración total registrada en el Diagrama de Análisis del Proceso (DAP), equivalente a 7.61 horas, durante las cuales se producen 197 unidades. A partir de esta información, se obtuvo

un tiempo de ciclo promedio de 0.038 horas por unidad, equivalente aproximadamente a 2.31 minutos por liner.

Esto significa que, bajo las condiciones actuales del proceso, cada liner requiere en promedio 2.31 minutos para completarse desde el inicio hasta el fin del ciclo productivo. Es importante destacar que el valor de 7.61 horas corresponde al tiempo total del proceso, incluyendo tanto las actividades operativas como las demoras, inspecciones y movimientos registrados en el DAP.

Dado que el proceso se realiza por lotes, este tiempo refleja el comportamiento global del sistema y no únicamente el tiempo de ensamblaje unitario. En consecuencia, el resultado permite identificar oportunidades de mejora: reducir los tiempos improductivos y optimizar la secuencia de operaciones podría disminuir el tiempo de ciclo y, con ello, incrementar la productividad general del proceso.

La producción de liners se lleva a cabo por lotes, siendo cada lote equivalente a 197 unidades. Esto se debe a que el consumo de materiales se gestiona de manera conjunta por lote. En ese sentido, si para la fabricación de un liner se requieren 15 kilogramos de cerámico y 3 kilogramos de caucho, estas cantidades deben multiplicarse por el total de unidades del lote (197), obteniendo así el consumo total de materia prima correspondiente a dicho ciclo de producción.

#### **3.3.4.2 Tiempo de ciclo**

$$TN = TO * \frac{C}{100}$$

$$TN = 7.61 * 3.33/100$$

$$TN = 0.253413$$

Para determinar el tiempo normal (TN) se aplicó la fórmula  $TN = TO \times C / 100$ , donde TO representa el tiempo observado del proceso y C el tiempo efectivo de desempeño del operario. Considerando un tiempo observado de 7.61 horas (según el DAP) y un tiempo de desempeño de 3.33 horas; este valor se obtiene a partir del tiempo de operación registrado para los operarios dentro del proceso actual, el cual asciende a 200 minutos. Para calcular la calificación de desempeño, fue necesario convertir este tiempo a horas, dividiendo entre 60, dado que el tiempo de ciclo considerado en el DAP está expresado en horas. Esta conversión permite mantener la uniformidad en la unidad de medida y asegurar la correcta interpretación de los indicadores analizados; se obtuvo un tiempo normal de 0.253 horas, equivalente a 15.18 minutos.

Este resultado refleja el tiempo estándar requerido para ejecutar la operación bajo condiciones normales de desempeño. Asimismo, la diferencia entre el tiempo observado y el tiempo efectivo evidencia la existencia de demoras y actividades no productivas dentro del proceso, lo cual sugiere oportunidades de mejora para optimizar la eficiencia operativa.

### **3.4 Implementación de la mejora en el proceso productivo**

En base al diagnóstico realizado, se determinó que el proceso productivo presenta actividades que no agregan valor, tiempos muertos generados por una inadecuada asignación del personal, ausencia de estandarización operativa y falta de un sistema formal de registro y control en cada etapa del proceso. Frente a estas deficiencias, se propone implementar una serie de acciones orientadas a optimizar el flujo de trabajo y reducir las ineficiencias detectadas.

En primer lugar, se plantea la implementación de formatos de registro de tiempos por operación, con el fin de contar con información real y actualizada que permita identificar variaciones, controlar desviaciones respecto a los tiempos estándar y disponer de datos confiables para futuros análisis de productividad. Asimismo, se propone la estandarización de las actividades

mediante la elaboración de instructivos operativos y fichas técnicas para cada tarea, lo que permitirá reducir la variabilidad en la ejecución, eliminar retrabajos, mejorar la asignación del personal y facilitar la capacitación de los operarios.

De igual manera, se sugiere realizar una redistribución del personal en función de la carga operativa de cada etapa, priorizando aquellas operaciones que actualmente generan mayores demoras, evitando sobrecargas y asegurando la continuidad del flujo productivo para disminuir los tiempos muertos identificados. A ello se suma la recomendación de eliminar o simplificar actividades que no agregan valor, reduciendo desplazamientos innecesarios, agrupando operaciones complementarias y minimizando manipulaciones que no contribuyen al avance del proceso.

Se implementará el uso del diagrama de Ishikawa como herramienta de priorización para identificar las causas más críticas que afectan el tiempo de fabricación y orientar adecuadamente las acciones correctivas.

Se implementará un DAP optimizado del proceso productivo, elaborado a partir de las deficiencias identificadas en el diagnóstico y de los tiempos reales obtenidos en planta. Este nuevo DAP permitirá representar de manera precisa la secuencia lógica de las operaciones, diferenciando claramente aquellas que agregan valor de las que no lo hacen, y evidenciando los puntos del proceso donde se generan tiempos muertos, esperas o actividades innecesarias. La implementación del DAP mejorado permitirá visualizar de forma integral el flujo actual, facilitando la identificación de oportunidades de mejora y proporcionando una herramienta de apoyo para la toma de decisiones operativas. Además, su uso regular permitirá monitorear el cumplimiento de las actividades estandarizadas, verificar la coherencia entre la asignación del personal y las cargas de trabajo, y asegurar la correcta aplicación de los instructivos y registros de control establecidos.

De esta manera, el DAP no solo cumplirá una función descriptiva, sino que se convertirá en un instrumento de control y seguimiento que contribuirá directamente a la reducción de tiempos improductivos y a la mejora continua del proceso productivo.

**Tabla 19:**

*Tabla de tiempos de principales operaciones*

Operación	Tiempo (min)	Horas
Remojado del disolvente	30 min	0.5 Horas
Lavado de los cerámicos	30 min	0.5 Horas
Separación de los cerámicos	10 min	0.16666667 Horas
Echado de agua a los cerámicos	15 min	0.25 Horas
Tiempo de secado mediante radiación solar	30 min	0.5 Horas
Corte de caucho (rebabas)	10 min	0.16666667 Horas

**Nota.** Principales operaciones que demandan bastante tiempo. Elaboración propia.

La tabla 19 muestra la tabla de tiempos de las principales operaciones que demandan tiempo a la hora de fabricar los liners, al analizar las operaciones del proceso productivo, se identificó la presencia de actividades ineficientes que no agregan valor a la fabricación de los liners. Estas tareas innecesarias, sumadas a una inadecuada coordinación en la asignación del personal para las distintas labores, generan tiempos muertos y prolongan el tiempo total de operación. Esta situación se ve agravada por la falta de un registro y control sistemático de las actividades en cada etapa del proceso, lo cual dificulta la detección oportuna de desviaciones y contribuye a la acumulación de ineficiencias operativas.

## CAPÍTULO IV

En el presente capítulo se profundiza en el análisis integral del proceso de fabricación de liners con caucho cerámico, con el propósito de comprender en detalle la secuencia operativa y el desempeño de cada una de las áreas involucradas. Para ello, se desarrollan diversos diagramas de proceso que permiten visualizar el flujo de actividades, las interacciones entre áreas y las especificaciones técnicas que caracterizan cada etapa de la producción. Asimismo, se describen de manera ordenada las funciones, responsabilidades y procedimientos correspondientes a las principales áreas que intervienen en el proceso, estableciendo una base clara para la evaluación de su eficiencia operativa.

El capítulo incluye también el análisis de la información recopilada mediante el Diagrama de Análisis de Proceso (DAP), herramienta fundamental para identificar actividades que no agregan valor, tiempos improductivos, cuellos de botella y oportunidades de mejora relacionadas con la productividad, eficiencia y eficacia del trabajo.

A partir de los resultados obtenidos, se presenta la implementación de mejoras orientadas a optimizar el proceso de fabricación, sustentada en el diagnóstico previo y en los principales problemas detectados. Este análisis permite establecer soluciones viables que contribuyan al incremento del rendimiento y a la reducción de pérdidas dentro del sistema productivo.

En este capítulo se presenta la implementación de la propuesta de mejora elaborada a partir del análisis del proceso actual, en el cual se identificaron diversas deficiencias que afectaban la eficiencia y el desempeño productivo de la empresa. Sobre la base del diagnóstico previo y utilizando los mismos instrumentos de evaluación aplicados durante la investigación, se ejecutaron las acciones correctivas y optimizaciones planificadas para fortalecer las operaciones.

La implementación permitió validar los cambios propuestos y verificar su impacto en la productividad, la calidad del proceso y el posicionamiento de la empresa en el mercado. Asimismo, se describen los resultados obtenidos, evidenciando los beneficios alcanzados, la reducción de limitaciones y la mejora general del sistema de fabricación.

Este capítulo constituye la fase final de la investigación, donde se demuestra la viabilidad y efectividad de las mejoras aplicadas dentro del proceso productivo.

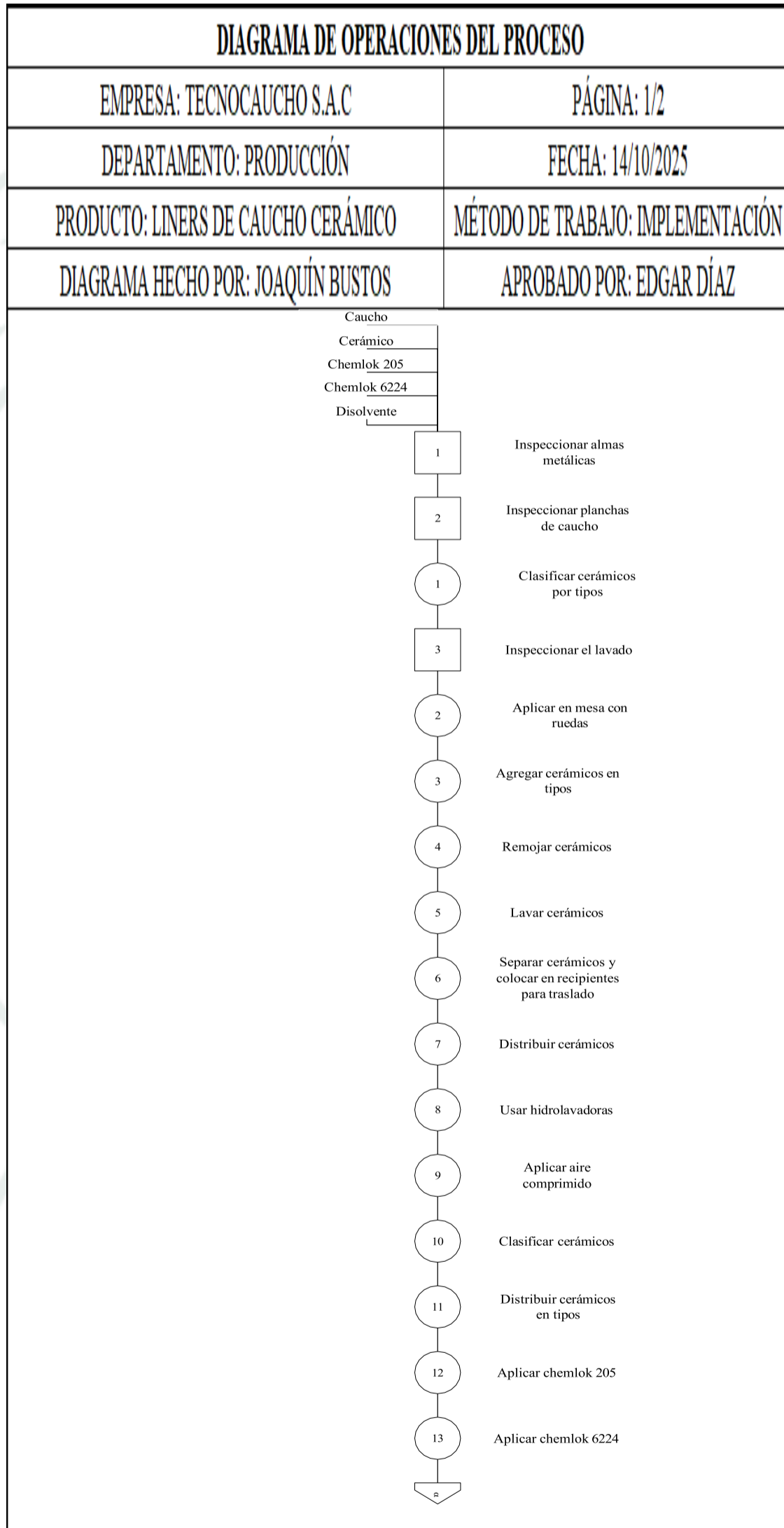


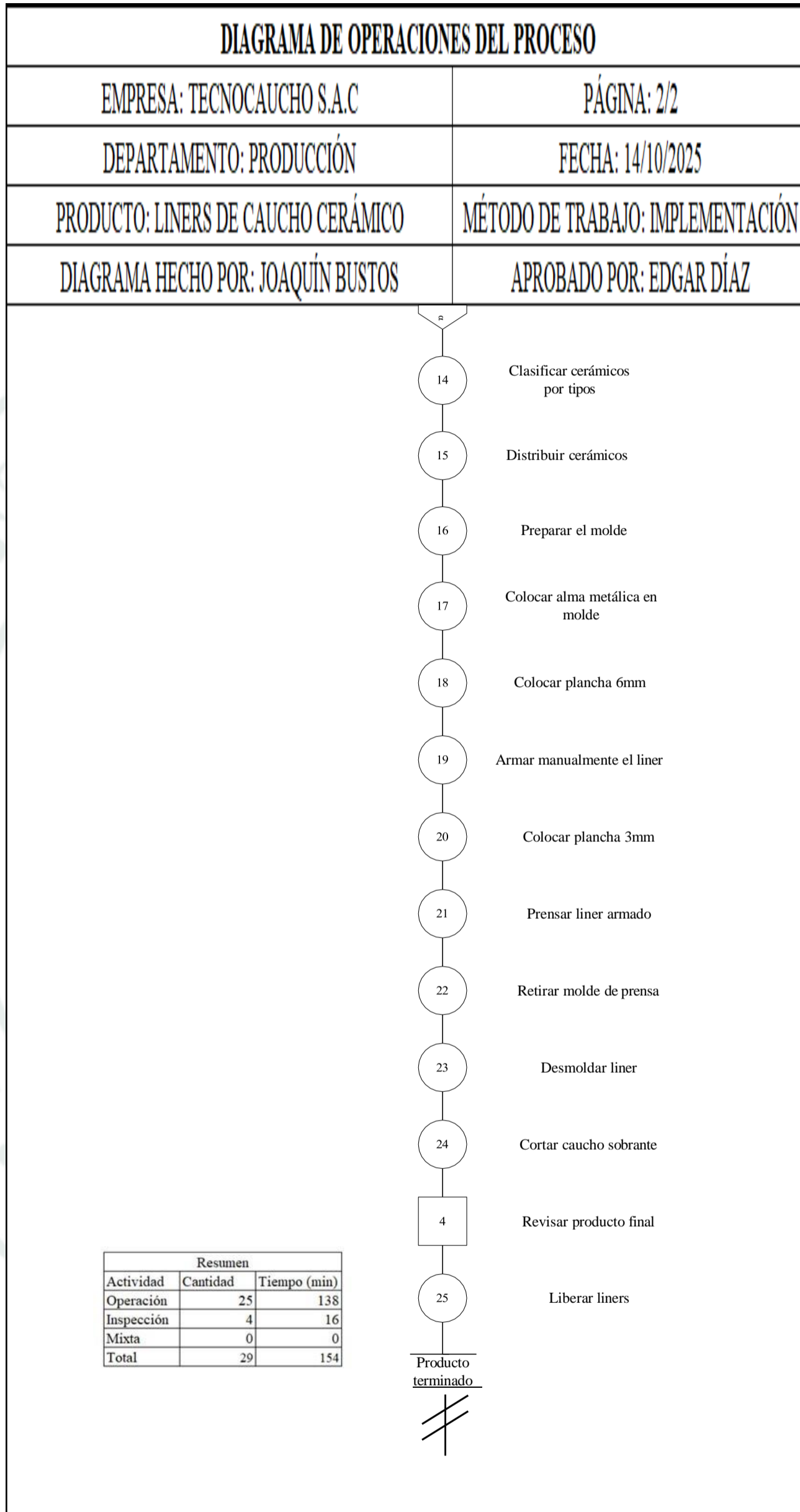
4.1 Diseño de la mejora del proceso productivo

4.1.1 DOP con la mejora implementada

Figura 43:

Diagrama de operaciones con la mejora implementada





Nota. DOP del proceso de fabricación de liners. Elaboración propia

La figura 43 muestra el DOP con la mejora implementada del proceso de fabricación de liners.

4.1.2 DAP detallado con la mejora implementada

Tabla 20:

Diagrama de análisis del proceso con la mejora implementada

TECNO CAUCHO RUBBER LINING TECHNOLOGIES		DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESO (DAP) PROCESO DE FABRICACIÓN DE LINERS						
Fecha Realización	14/10/2025	Ficha Número		-				
Diagrama N°	-	Resumen						
Proceso	Fabricación de liners caucho - cerámico	Actividad	Actual		Propuesto		Economía	
			Cant	Tiempo	Cant	Tiempo	Cant	Tiempo
Actividad	Fabricación de liners de caucho - cerámico en almas metálicas	Operación	27	200 min	25	138 min		
		Transporte	7	17 min	6	14 min		
Tipo de diagrama	Material (x)	Espera	5	210 min	4	180 min		
	Operario ( )	Inspección	4	20 min	4	16 min		
Método	Actual (x)	Almacenamiento	2	10 min	2	14 min		
	Propuesto ( )	Distancia metros		51 metros		51 metros		
Área / Sección		Tiempo min		457 min		361 min		
Elaborado por	JOAQUIN ALEXANDER BUSTOS RIMACHI			Aprobado por		EDGAR DIAZ		
Descripción					Distancia (m)	Tiempo (min)	Observaciones	
Inspección de almas metálicas					0 metros	5 min		
Inspección de planchas de caucho					0 metros	5 min		
Clasificación de cerámicos por tipos					0 metros	10 min		
Transporte de los cerámicos al lugar de lavado					10 metros	1 min		Antes de movía con montacargas, ahora se mueve con estocas
Inspección visual para la selección de tipos para el lavado en las tinas					0 metros	3 min		Se asignó más personal, lo que redujo el tiempo de inspección
Disolvente ya mezclado con el agua, en tinas puestas sobre mesas con ruedas para el transporte de un lugar a otro					0 metros	1 min		
Agregado del cerámico en tipos, empleando guantes y usando bolsas					0 metros	1 min		Se aplicó el uso de bolsas para evitar que el cerámico se parta a la hora de colocarlos en los recipientes
Remojado del cerámico en el disolvente preparado para eliminar la polución					0 metros	15 min		Se hizo la observación y no se necesitan 30 minutos para eliminar la polución, se le redujo el tiempo para acelerar el proceso
Lavado de los cerámicos					0 metros	15 min		Se redujo el tiempo usando rastrillos y manipulación de los cerámicos, se asignó más personal a cada tina
Separar los cerámicos del agua y colocación en recipientes para el traslado a mesas con mallas metálicas					0 metros	5 min		Se asignó más personal por lo que la clasificación en baldes y traslado de hizo más sencillo
Traslado de los cerámicos al área de secado					5 metros	2 min		
Distribución de cerámicos en las mesas con mallas metálicas					0 metros	5 min		
Uso de hidrolavadoras para el echado de agua previo al secado de los cerámicos					0 metros	3 min		Se cambio el echado de agua con valdes al uso de hidrolavadoras que agiliza el proceso
Aplicación de aire comprimido					0 metros	5 min		Se agilizó el proceso utilizando aire comprimido lo que ayudaba a que los cerámicos sequen más rápido con ayuda de las mesas con malla metálica
Clasificación de cerámicos por tipos para su traslado					0 metros	5 min		
Traslado de los cerámicos al área de pintado					6 metros	2 min		Se distribuyeron mesas respectivas para cada tipo de cerámico
Distribución de cerámicos por tipos en las mesas					0 metros	5 min		Se redujo el personal, asignándolo al área de transporte, descongestionando el área y agilizando el proceso, de armado de cerámicos en torres
Aplicación de chemlok 205					0 metros	5 min		Se asignaron roles para los operarios y se trabajó con almacén para la distribución de la pintura y rápido reposición, se mejoró en la utilización de KG en insumos
Tiempo de espera de secado					0 metros	45 min		
Aplicación de chemlok 6224					0 metros	5 min		Se asignaron roles para los operarios y se trabajó con almacén para la distribución de la pintura y rápido reposición, se mejoró en la utilización de KG en insumos
Tiempo de espera de secado					0 metros	45 min		
Clasificación de cerámicos por tipos					0 metros	5 min		
Traslado al área de almacenamiento de cerámicos cubiertos con los adhesivos					10 metros	2 min		Se asignaron baldes y espacios para cada tipo y su correcto armado en prensa
Almacenamiento de los cerámicos					0 metros	10 min		Se incrementó el tiempo, pero se mantuvo un orden más establecido, evitando confusiones y demoras en la selección de cerámicos por tipos
Traslado de cerámicos al área de prensa					10 metros	5 min		
Distribución de cerámicos a la mesa de armado					0 metros	10 min		
Preparación del molde					0 metros	5 min		Se asignó más operarios, operarios de transporte que estaban en tiempos muertos de espera para la elaboración de los liners
Colocar alma metálica en molde					0 metros	2 min		
Colocado de la plancha de caucho de 6 mm en la base del alma metálica					0 metros	2 min		
Armado manual del inserto cerámico					0 metros	5 min		
Colocado de una plancha de caucho de 3 mm en la parte superior del liner.					0 metros	2 min		
Prensado del liner armado					0 metros	2 min		Demora por disponibilidad de equipo
Vulcanizado del liner					0 metros	70 min		Operarios en preparación del molde y prensado fueron derivados al área de almacenamiento para ayudar con la rapidez en la selección de los cerámicos
Retiro del molde de prensa					0 metros	5 min		
Enfriado					0 metros	20 min		Personal fue asignado a la reparación de liners como cortado de caucho sobrante
Desmoldado de liners					0 metros	5 min		
Corte de caucho sobrante (rebabas)					0 metros	10 min		El material se fue asignando a cajones de plástico para futuros trabajos y arreglos de trabajo
Revisión dimensional y revisión final					0 metros	3 min		Personal asignado agilizó la reparación de los liners
Liberación de los liners					0 metros	5 min		Esperas por inspección o aprobación del área de control de calidad
Transporte de los liner a los palets					10 metros	2 min		Se transportaron mediante estacas para agilizar el despacho de liners, teniendo en posesión 3 estocas
Despacho de los liner					0 metros	3 min		Se coordinó con almacén en la etapa de liberación para agilizar el despacho de liners con las guías de remisión
<b>TOTAL</b>					<b>51 metros</b>	<b>361 min</b>		

Nota. Diagrama de análisis de procesos mejorado de la fabricación de liners en la empresa Tecno caucho.

La tabla 20 muestra el diagrama de análisis del proceso con la mejora implementada, evidenciando mejoras en los procesos y siendo aplicados en las diferentes etapas del proceso para evidenciar la mejora implementada.

Al realizar el análisis del proceso productivo mediante el Diagrama de Análisis del Proceso (DAP), mostrada en la tabla 19, se identificaron diversas actividades que no generaban valor y que contribuían a los tiempos muertos y demoras dentro del flujo de fabricación. A partir de ello, se desarrolló un DAP mejorado en el cual se incorporaron modificaciones dirigidas a optimizar las operaciones críticas.

En el proceso actual se observó que la preparación del agua con disolvente se realizaba de manera separada y posteriormente era transportada hasta el área de lavado. En la propuesta de mejora, esta actividad se optimizó integrando directamente el agua disolvente en las tinas, permitiendo que el operario solo deba añadir los cerámicos para iniciar el remojo, eliminando tiempos innecesarios de traslado.

Asimismo, se identificó que el proceso de enjuague de los cerámicos se efectuaba dos veces de manera manual, lo cual generaba demoras considerables al duplicar una operación que no aportaba valor adicional al producto. En el DAP mejorado se estandarizó un solo ciclo de lavado, reduciendo el tiempo de procesamiento sin comprometer la calidad. Posteriormente, los cerámicos eran trasladados sobre mesas con mallas metálicas al área de secado, donde originalmente se utilizaban baldes con agua para retirar residuos químicos en los cerámicos.

Esta actividad fue reemplazada por el uso de hidrolavadoras, lo que permitió agilizar el proceso, mejorar la eficiencia de limpieza y aprovechar la estructura de las mesas para eliminar residuos de ambos lados de forma uniforme.

El secado mediante radiación solar constituía otro cuello de botella, ya que dependía de condiciones ambientales y generaba tiempos de espera prolongados. En la mejora implementada, este método fue sustituido por un sistema de secado con aire a presión mediante pistolas

neumáticas, lo que redujo significativamente el tiempo de espera, mejoró la uniformidad del secado y eliminó partículas o impurezas adheridas a los cerámicos.

Finalmente, en el área de pintado el proceso se mantuvo técnicamente similar; sin embargo, la mejora se centró en la redistribución del personal para reducir tiempos inactivos asociados a la prensa y al secado de los liners. Mientras los liners terminaban su ciclo en prensa, el personal que anteriormente permanecía inactivo fue asignado a tareas complementarias como el corte de rebabas y el apoyo al área de calidad en la liberación y despacho de productos. Esta reasignación permitió aumentar la fluidez del proceso, disminuir los tiempos de espera y evitar acumulaciones en etapas posteriores, logrando un flujo de operación más continuo y eficiente.

Tras realizar un análisis exhaustivo del proceso productivo y determinar las actividades críticas que generaban tiempos improductivos, se procedió a la implementación de los recursos definidos en la propuesta de mejora, así como a una redistribución estratégica del personal en las distintas etapas del proceso. Estas acciones permitieron abordar directamente las ineficiencias detectadas y evidenciar mejoras significativas en el flujo de fabricación.

La implementación contempló la incorporación de herramientas y equipos que agilizan las operaciones clave, la estandarización de actividades que anteriormente se ejecutaban de manera manual o duplicada, y la eliminación de tareas que no aportaban valor al producto final. De manera complementaria, la redistribución del personal permitió equilibrar la carga laboral, reducir tiempos ociosos y asegurar que cada operario participe de manera efectiva en la continuidad del proceso.

Como resultado, el sistema productivo logró una mayor fluidez, disminución de tiempos muertos, reducción de reprocesos y una mejora general en la eficiencia operativa, evidenciando el

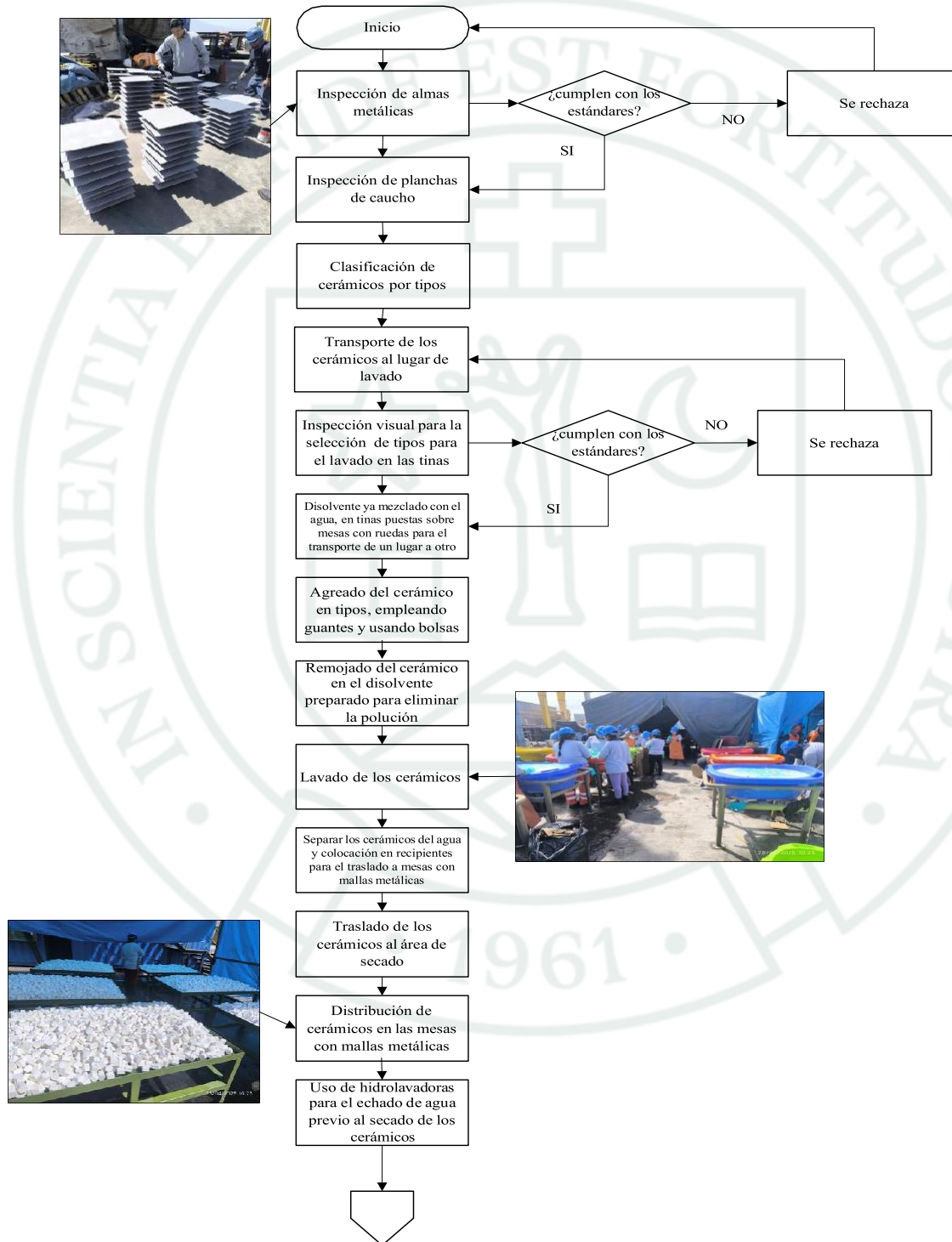
impacto positivo de las acciones implementadas en el marco del proyecto de optimización de procesos.

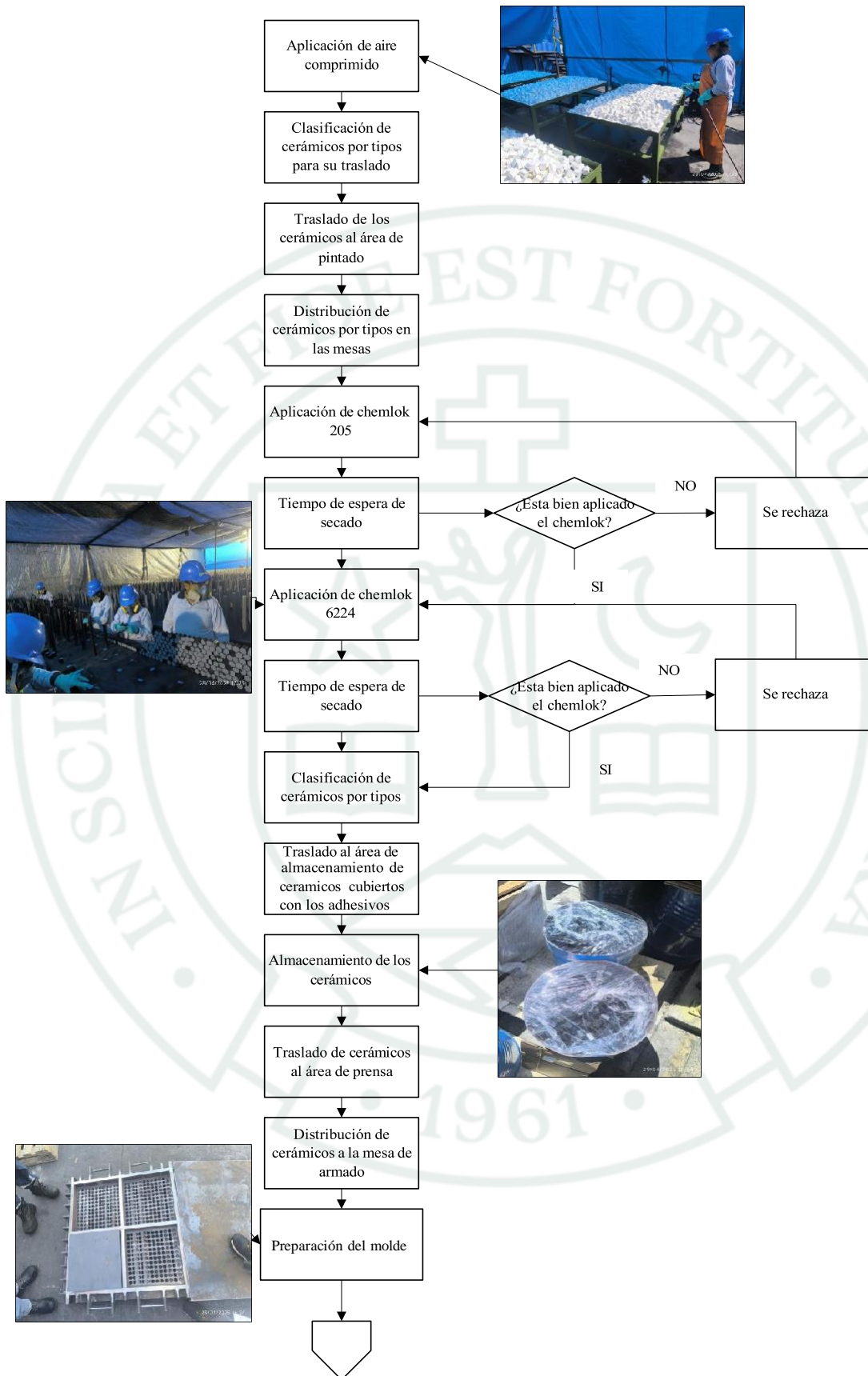


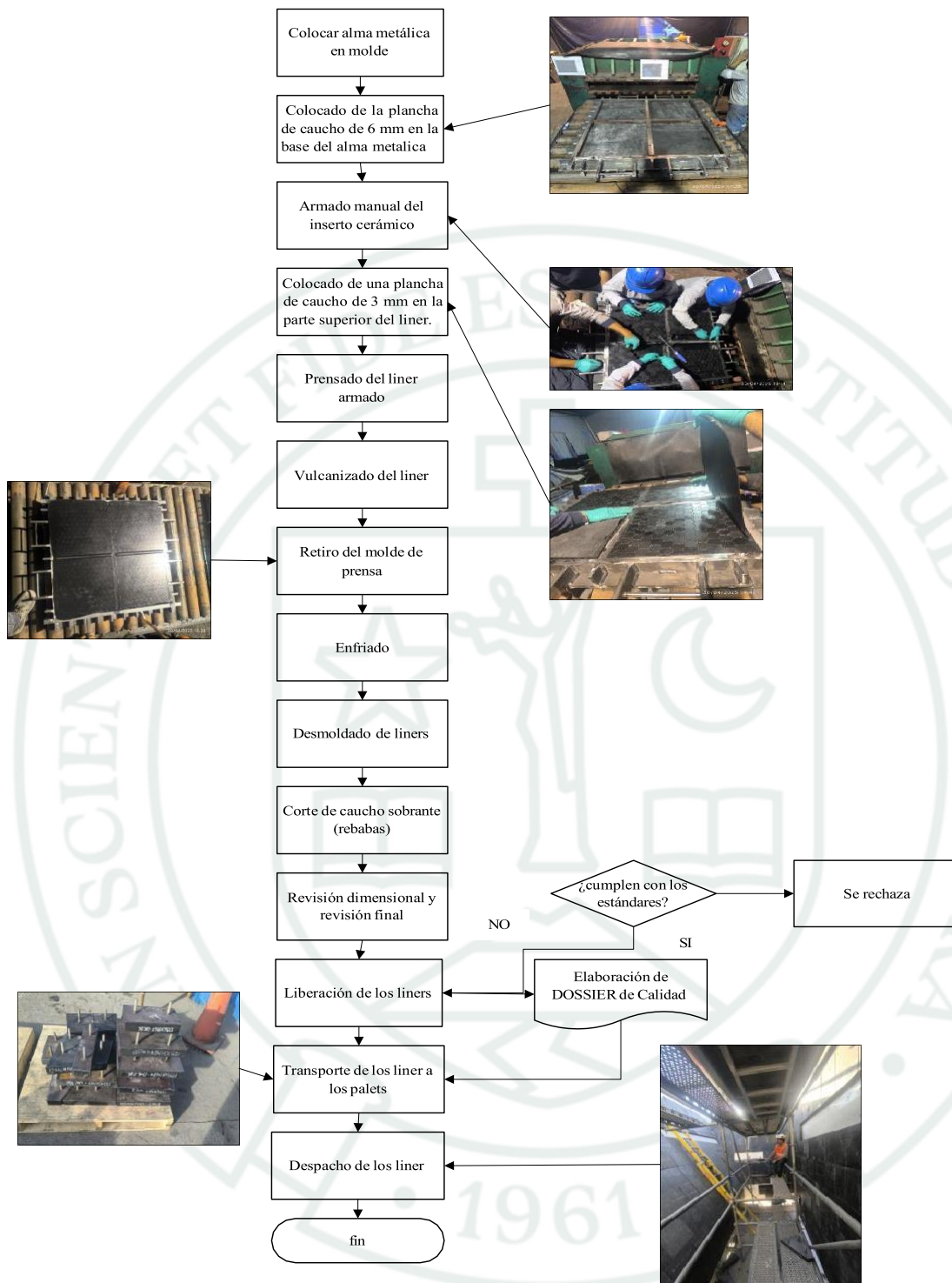
### 4.1.3 Diagrama de flujo del proceso productivo mejorado

Figura 44:

Diagrama de flujo con la mejora realizada







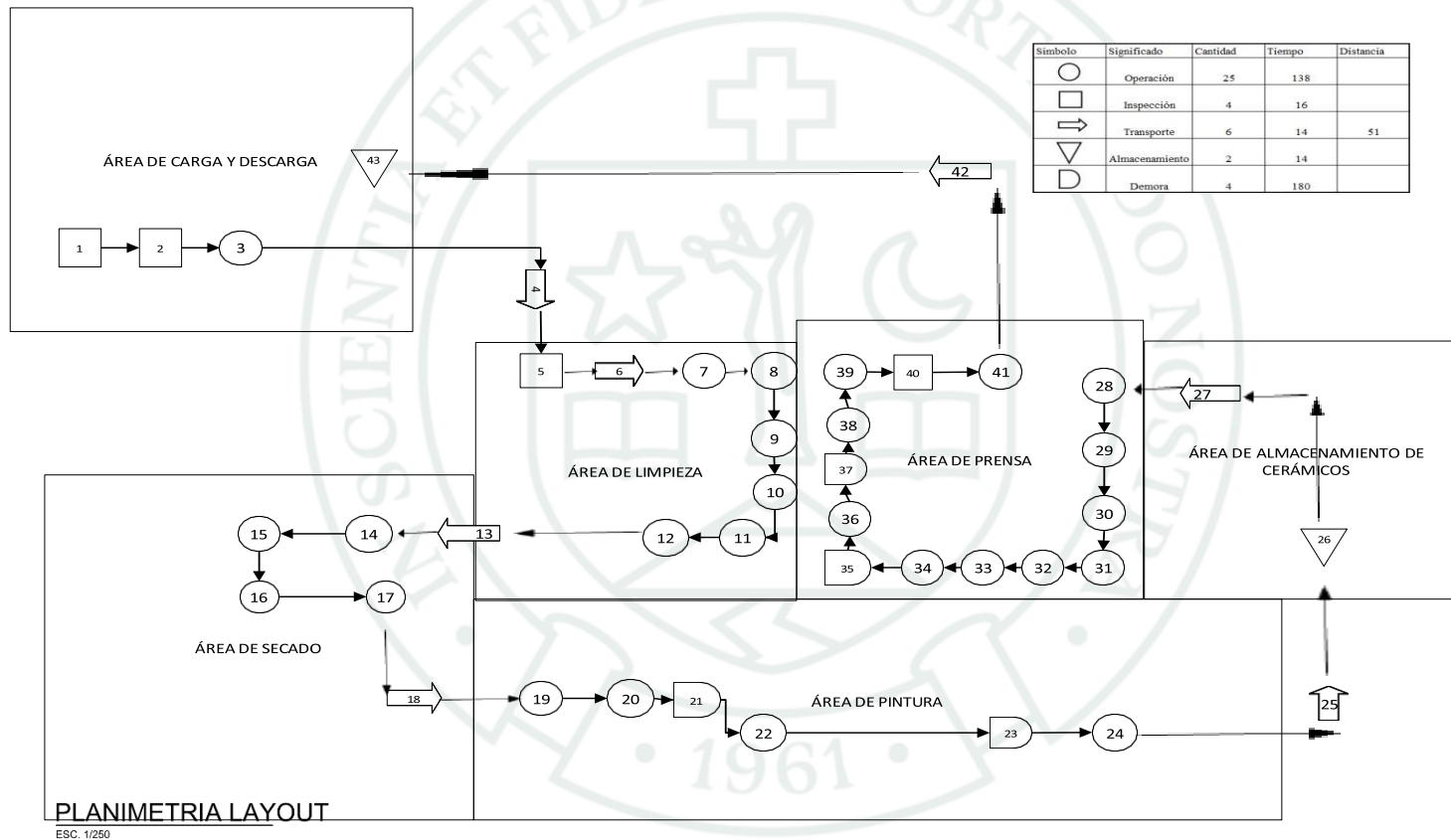
**Nota.** Diagrama realizado en la mejora implementada del proceso productivo de inicio a fin.

La figura 44 muestra el diagrama de flujo mejorado evidenciando las mejoras en el proceso de fabricación de liners.

#### 4.1.4 Diagrama de recorrido del proceso productivo

Figura 45:

Diagrama de recorrido del proceso productivo



**Nota.** Diagrama de recorrido del proceso productivo de fabricación de liners de caucho cerámico con la mejora implementada. ESC: 1/250

La figura 45 muestra el diagrama de recorrido con la mejora implementada en el recorrido de las operaciones.

#### 4.1.5 Productividad

##### 4.1.5.1 Productividad de la mano de obra

Para verificar la existencia de una mejora respecto al proceso actual, se realizó un segundo lote de producción del 7 de junio al 14 de junio del 2025, con el objetivo de comparar los resultados obtenidos. En esta segunda etapa, se registró el tiempo correspondiente a la fabricación de 1,500 liners bajo el nuevo Diagrama de Análisis de Proceso (DAP), el cual presentaba una reducción en los tiempos operativos. Esta comparación permitió evidenciar la mejora alcanzada en el rendimiento del proceso productivo.

$$\text{Productividad mano de obra} = \frac{\text{Piezas fabricadas}}{\text{Horas de trabajo empleadas}}$$

$$\frac{1500}{6.01} = 249.58 \cong 250 \text{ piezas/turno}$$

Se evidencia que hubo una mejora significativa frente a los 198 liners fabricados por turno, aumentando en 52 fabricados por turno.

##### 4.1.5.2 Productividad multifactorial

Para el cálculo de la productividad multifactorial se procedió nuevamente a monetizar los recursos utilizados.

**Tabla 21:***Monetización de materia prima*

Materia prima	Unidad	Costo (S/ por liner)	Total (S/ por liner)	Costo Total por Turno
Caucho	3 kg	S/ 21	S/ 63	
Cerámico	15 kg	S/ 25	S/ 250	
Chemlok 205	0.20 kg	S/ 8	S/ 1.6	
Chemlok 6224	0.20 kg	S/ 8	S/ 1.6	
Disolvente	0.20 kg	S/ 4	S/ 0.8	
		TOTAL	S/ 317 * 250 unidades	S/ 79,250.00

**Nota.** Monetización de la materia prima en una tabla mostrando el costo por unidad y el total por la cantidad de horas trabajadas.

La Tabla 21 presenta la monetización de los insumos utilizados en el proceso productivo. Como resultado de la implementación de la propuesta de mejora, el costo unitario evidenció una reducción de S/ 1 por unidad. Esta disminución se debe a la optimización de la mano de obra, que permitió una aplicación más eficiente de los insumos sobre los componentes cerámicos. Asimismo, la estandarización de los procesos contribuyó a un mejor uso de los recursos, reduciendo el consumo innecesario de materiales auxiliares

El consumo de energía eléctrica se mantuvo constante, debido a que los equipos principales, como la prensa y el molino, continúan operando durante toda la jornada laboral. La prensa se utiliza de manera continua en la fabricación de liners, mientras que el molino trabaja en la preparación de las planchas de caucho tanto para los liners como para otros procesos de revestimiento. Por ello, el uso de energía eléctrica no presentó variaciones significativas entre el proceso actual y el proceso optimizado.

**Tabla 22:***Monetización del uso de energía eléctrica*

Energía eléctrica	Unidad	Costo S/ (Unidad)	Total	
Prensa (CIF)	240 Kwh	S/ 0.77	S/ 184.8	
Molino (CIF)	320 Kwh	S/ 0.8	S/ 256	S/ 440.80

**Nota.** Tabla que muestra el uso de energía eléctrica en los equipos de mayor tamaño para la fabricación de los liners.

La tabla 22 muestra la monetización de la energía eléctrica, que no hubo variación, tampoco se evidenciaron variaciones en la jornada laboral en la tabla 22, ya que los operarios continúan trabajando sus 8 horas diarias. La mejora se reflejó principalmente en la reducción del tiempo de fabricación por lote, que pasó a 6.01 horas. Esto permitió que, una vez culminada la producción de los liners, los operarios pudieran destinar el tiempo restante a apoyar en otras actividades o procesos dentro de la planta, optimizando así el aprovechamiento de la mano de obra.

**Tabla 23:***Monetización de mano de obra*

Mano de obra	Unidad	S/ / hora	Por turno (S/)	Total
Operarios	8 horas	S/ 12	S/ 96	S/ 3,936.00

**Nota.** Tabla que muestra la monetización de la mano de obra por la cantidad de trabajadores por turno.

La mano de obra directa (MOD) presenta un costo total de S/ 3,936.00, correspondiente a la contratación de operarios bajo la modalidad de contratos intermitentes. Esta condición implica que el costo se mantiene en función del tiempo trabajado (costo por hora), independientemente del volumen de producción diaria. En ese sentido, el costo de la mano de obra por unidad depende directamente del nivel de producción, reduciéndose a medida que se incrementa la cantidad de unidades fabricadas

El costo total del proceso se redujo gracias a la eliminación del uso de montacargas en la tabla 23, reemplazándose por estocas y un pato mecánico de menor tamaño para el transporte interno dentro del proceso productivo. Se obtuvo un costo total de S/ 83,626.8 por turno en la fabricación de los liners. Dicho valor fue calculado en función de la cantidad de días requeridos para la fabricación de 1,500 liners, tomando como referencia el proceso actual. Con esta mejora, se evidenció una reducción de aproximadamente dos días en el tiempo total de producción, lo que refleja una mayor eficiencia en la gestión de recursos y en la ejecución del proceso.

**Tabla 24:**

*Costo total de los recursos hasta 1500 liners fabricados*

Suma Total	S/	83,626.8
Días		6 días
Total (S/)	S/	501,760.8

**Nota.** Tabla que muestra el costo total de 6 días de fabricación de liners.

La tabla 24 muestra el costo total que se redujo en 2 días hasta los 1500 por la cantidad de liners fabricados por día, que son 250.

#### **4.1.6 Eficiencia económica**

Para el cálculo de la eficiencia se utilizaron las mismas salidas correspondientes a los liners fabricados y las entradas de los recursos empleados en el proceso, considerando el total de insumos utilizados y los recursos humanos.

**Tabla 25:**

*Eficiencia en la implementación*

Output	S/	1,331,100.00
Input	S/	501,760.8
Eficiencia		$2.6528 * 100 = 265.28\%$

**Nota.** Tabla que muestra las salidas que son los liners con su precio de venta y las entradas la cantidad total de recursos empleados en el proceso productivo de los liners.

La tabla 25 muestra la eficiencia posterior a la implementación de las mejoras propuestas, la eficiencia económica del proceso se incrementa a 265.28%, evidenciando una mejora en la relación entre los ingresos generados y los costos del sistema productivo. Este resultado indica que, por cada sol invertido, se obtienen aproximadamente S/ 2.65 en ingresos, lo cual representa un incremento en la rentabilidad respecto a la situación inicial. En este sentido, la variación positiva del indicador demuestra el impacto favorable de las mejoras implementadas, validando su contribución al fortalecimiento del desempeño económico y la sostenibilidad del proceso productivo.

El aumento de la eficiencia económica confirma que la propuesta de optimización de procesos tuvo un impacto favorable en la rentabilidad del proyecto, respaldando la viabilidad económica de la implementación y validando los objetivos planteados en la presente investigación.

#### **4.1.7 Eficacia**

Según lo establecido, en un periodo de 8 días la producción de liners debía alcanzar las 2100 unidades. Tras la implementación de las acciones de mejora, se logró fabricar un total de 2000 liners en el mismo intervalo de tiempo, evidenciando un incremento significativo en la capacidad productiva. Esto representa un cumplimiento del 95.23% de la meta establecida, quedando solo 100 unidades por debajo del objetivo previsto y mejorando considerablemente

respecto al proceso actual, en el cual se había alcanzado un déficit de 600 unidades. Estos resultados reflejan una mejora sustancial en la eficacia del proceso de fabricación.

**Tabla 26:**

*Eficacia en la implementación*

Resultado alcanzado	2000 unidades
Resultado previsto	2100 unidades
Eficacia	$0.9523 * 100 =$ 95.23%

**Nota.** Tabla que muestra el resultado alcanzado y el resultado previsto, establecido por la empresa Tecno Caucho para entregar la cantidad de liners solicitados.

La Tabla 26 muestra el nivel de eficacia obtenido tras la implementación de la mejora previamente descrita. Los resultados evidencian que la producción se aproxima de manera consistente a lo proyectado, quedando solo ligeramente por debajo de la meta establecida. Actualmente, se fabrican 250 liners por día, alcanzando una producción total de 2 000 unidades en un periodo de 8 días, lo cual demuestra un desempeño significativamente superior al del proceso inicial.

#### 4.1.7.1 Cumplimiento de entrega

**Tabla 27:**

*Registro de ordenes de trabajo y planificación segunda parte*

REGISTRO DE ORDENES DE TRABAJO Y PLANIFICACIÓN																			SGC-PO-08 Versión: 01 Fecha: 03/01/2023 Página: 1 de 1				
EMPRESA	SERVICIOS	TIPO SERVICIO	Orden de trabajo	Avance	Estado	MATERIAL	ESPESOR mm	ENCARGADO	AVANCE M2	PESO KG	REAL				PLANIFICADO				T. REAL	T.EST.	CUMP	TIPO DE ENVIO	OBS.
											F. I	F. A	F. D	F. I	F. A	F. D	F. I	F. A					
IMCO	FABRICACIÓN DE LINERS LOTE=198	PRENSADO	OT-0052	100%	FINALIZADO	CERÁMICO / CAUCHO	38	MILBER CONDORY	0.14235	25	8-Jun	8-Jun	8-Jun	9-Jun	8-Jun	8-Jun	1	0	No	UNICO	-		
IMCO	FABRICACIÓN DE LINERS LOTE=198	PRENSADO	OT-0052	100%	FINALIZADO	CERÁMICO / CAUCHO	38	MILBER CONDORY	0.14235	25	9-Jun	9-Jun	9-Jun	9-Jun	9-Jun	9-Jun	0	0	Sí	UNICO	-		
IMCO	FABRICACIÓN DE LINERS LOTE=198	PRENSADO	OT-0052	100%	FINALIZADO	CERÁMICO / CAUCHO	38	MILBER CONDORY	0.14235	25	10-Jun	10-Jun	10-Jun	10-Jun	10-Jun	10-Jun	0	0	Sí	UNICO	-		
IMCO	FABRICACIÓN DE LINERS LOTE=198	PRENSADO	OT-0052	100%	FINALIZADO	CERÁMICO / CAUCHO	38	MILBER CONDORY	0.14235	25	11-Jun	11-Jun	11-Jun	11-Jun	11-Jun	11-Jun	0	0	Sí	UNICO	-		
IMCO	FABRICACIÓN DE LINERS LOTE=198	PRENSADO	OT-0052	100%	FINALIZADO	CERÁMICO / CAUCHO	38	MILBER CONDORY	0.14235	25	12-Jun	12-Jun	12-Jun	12-Jun	12-Jun	12-Jun	0	0	Sí	UNICO	-		
IMCO	FABRICACIÓN DE LINERS LOTE=198	PRENSADO	OT-0052	100%	FINALIZADO	CERÁMICO / CAUCHO	38	MILBER CONDORY	0.14235	25	13-Jun	13-Jun	13-Jun	14-Jun	13-Jun	13-Jun	1	0	No	UNICO	-		
IMCO	FABRICACIÓN DE LINERS LOTE=198	PRENSADO	OT-0052	100%	FINALIZADO	CERÁMICO / CAUCHO	38	MILBER CONDORY	0.14235	25	14-Jun	14-Jun	14-Jun	14-Jun	14-Jun	14-Jun	0	0	Sí	UNICO	-		
IMCO	FABRICACIÓN DE LINERS LOTE=198	PRENSADO	OT-0052	100%	FINALIZADO	CERÁMICO / CAUCHO	38	MILBER CONDORY	0.14235	25	15-Jun	16-Ago	16-Ago	16-Ago	15-Jun	15-Jun	1	0	No	UNICO	-		

**Nota.** Registro de órdenes de trabajo aplicada para la segunda fase de implementación de la entrega de liners mediante pedidos al cliente.

La tabla 27 muestra el registro de ordenes con la mejora implementada, en anexos la figura 49 muestra el acta de liberación de los liners que van de acorde a lo planificado

Para la segunda parte de la planificación, se mantuvo el objetivo de fabricar 2100 liners en un periodo de 8 días. Según el registro del área de planificación, se evidenció que se entregaron 5 pedidos dentro del plazo establecido, mientras que los 3 restantes presentaron retrasos debido a la falta de movilidad hacia el destino final. Aun así, se observó una mejora significativa en comparación con el proceso anterior, alcanzando un cumplimiento del 62.5% en las entregas a tiempo.

**Tabla 28:**

*Tabla de despachos en implementación*

Número de despachos cumplidos a tiempo	5 lotes
Número total de despachos requeridos	8 lotes
Valor (%)	62.5 %

**Nota.** Tabla que muestra los despachos que se cumplieron a tiempo contra los requeridos.

La tabla 28 muestra que se mejoraron el total de despachos cumplidos a tiempo.

#### **4.1.8 Tiempo de ejecución del proceso**

##### **4.1.8.1 Cumplimiento del programa de fabricación**

Tras la implementación de las acciones de mejora, el tiempo total del proceso se redujo a 6.01 horas por lote. Esta optimización permitió disminuir el tiempo unitario de fabricación a 0.02404 horas por liner, equivalente a 1.44 minutos. En consecuencia, se evidenció un incremento notable en la velocidad de producción y en la cantidad total de unidades procesadas, demostrando la efectividad de las mejoras aplicadas en la secuencia de operaciones y en la gestión del proceso productivo.

**Tabla 29:**

*Tabla de fabricación en la implementación*

Duración del proceso	6.01 horas
Cantidad total de mercancías procesadas	250 unidades
Tiempo por liner (horas/liner)	0.02404
Tiempo por liner (min/liner)	1.4424 min

**Nota.** Tabla de duración del proceso y mercancías procesadas por turno en el proceso productivo.

La tabla 29 muestra que hubo una mejora en la fabricación de liners por operario.

#### **4.1.8.2 Tiempo de ciclo**

Para el cálculo del tiempo de ciclo asociado a la calificación de desempeño, se consideró la información proveniente del nuevo Diagrama de Análisis del Proceso (DAP) y las horas efectivas de trabajo de los operarios en relación con las operaciones asignadas. A partir de los datos recopilados, el tiempo total del proceso mejorado fue de 2.30 horas por lote, obteniéndose un tiempo promedio por unidad de 0.13823 horas, equivalente aproximadamente a 8.29 minutos.

Este resultado refleja una mejora significativa frente al proceso anterior, donde el tiempo requerido por operario para completar una tarea era mayor debido a demoras, esperas innecesarias y una distribución ineficiente de actividades. Con la implementación de mejoras como la reasignación adecuada del personal, la eliminación de operaciones redundantes y la optimización de movimientos se logró reducir los tiempos improductivos, incrementando el rendimiento operativo de los trabajadores.

Asimismo, esta reducción del tiempo de ciclo evidencia un mejor equilibrio entre carga laboral y eficiencia individual, lo que permitió que los operarios mantuvieran un ritmo de trabajo constante sin afectar la calidad del producto final.

$$TN = TO * \frac{C}{100}$$

$$TN = 6.01 * 2.3/100$$

$$TN = 0.13823$$



## CAPÍTULO V

En el presente capítulo se realiza un análisis comparativo de los resultados obtenidos antes y después de la implementación de la propuesta de mejora, con el objetivo de evaluar su impacto en el proceso productivo. A través de indicadores de productividad, eficiencia y tiempos de operación, se evidencia el grado de avance alcanzado respecto a la situación inicial.

Asimismo, se desarrolla un análisis económico que permite determinar la viabilidad financiera de la propuesta, considerando los costos asociados, los beneficios generados y el retorno esperado de la inversión. Los resultados obtenidos demuestran efectos positivos tanto en el desempeño operativo como en los aspectos económicos, consolidando la efectividad de las mejoras aplicadas.

Este capítulo resume el aporte tangible de la investigación, validando técnicamente la implementación y su contribución al incremento del rendimiento organizacional.

### **5.1 Análisis de resultados**

#### ***5.1.1 Comparación de resultados***

Se elaboró una tabla comparativa entre los resultados del proceso actual y los obtenidos tras la implementación de las mejoras, con el propósito de evidenciar de manera cuantitativa y cualitativa la efectividad de las acciones aplicadas. Esta comparación permitió verificar que las modificaciones introducidas generaron una mejora significativa en los principales indicadores de desempeño, demostrando la optimización del proceso de fabricación de liners.

**Tabla 30:**

*Tabla de comparación de resultados antes y después*

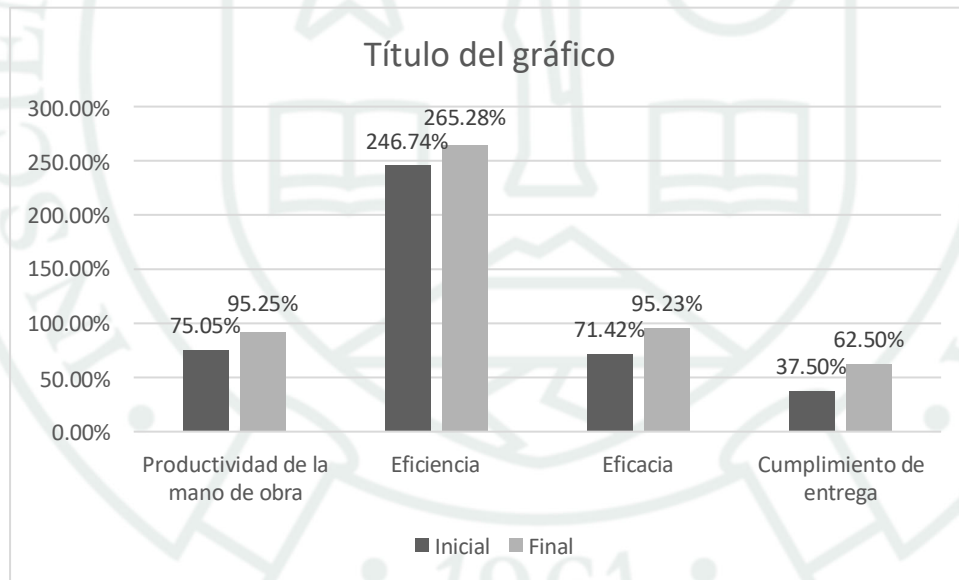
	Inicial	Final	Diferencia
Productividad de la mano de obra	197 = 75.04%	250 = 95.23%	53
Eficiencia	246.74%	265.28%	18.54%
Eficacia	71.42%	95.23%	23.81%
Cumplimiento de entrega	37.50%	62.50%	25.00%

**Nota.** Comparación de resultados en porcentajes del proceso actual y el proceso implementado.

La tabla 30 hace una comparación entre los resultados de antes y después de la implementación siendo expresando en porcentaje para evidenciar la mejora de la implementación.

**Figura 46:**

*Gráfico de barras de comparación de resultados antes y después*



**Nota.** Gráfico de barras en la comparación de resultados en porcentajes del proceso actual y el proceso implementado.

En la figura 46 se puede observar la comparación del inicio y del final, viendo en un gráfico de barras las mejoras.

Se evidenció una mejora significativa en los porcentajes de desempeño tras la implementación de las acciones propuestas, especialmente en los tiempos de entrega y en la eficiencia del proceso productivo. Estos resultados confirman que la optimización aplicada fue efectiva, contribuyendo a una mayor organización operativa y a la reducción de costos dentro del proceso de fabricación. Asimismo, dichas mejoras fortalecen el posicionamiento y la competitividad de la empresa frente a otras del mismo rubro.

Se elaboró una tabla comparativa adicional sobre los tiempos asociados al cumplimiento del programa de producción y al tiempo de ciclo, en la cual se evidenciaron diferencias significativas entre el proceso actual y el proceso implementado. Los resultados mostraron una mejora sustancial en la productividad y en la eficiencia de las operaciones, reflejando el impacto positivo de las acciones de optimización aplicadas.

**Tabla 31:**

*Tabla de comparación de resultados antes y después en tiempos*

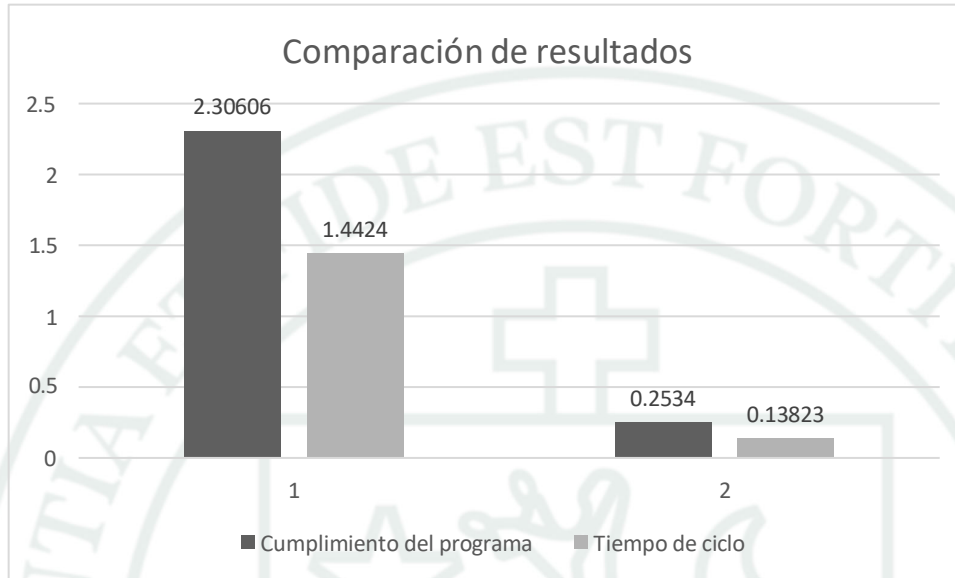
	Antes (min)	Después (min)	Diferencia (min)
Cumplimiento del programa	2.30606 min	1.4424 min	0.86366 min
Tiempo de ciclo	0.2534 min	0.13823 min	0.11517 min

**Nota.** Comparación de resultados en tiempos del proceso actual y el proceso implementado.

La tabla 31 hace referencia a la mejora en minutos del desempeño de los operarios y el tiempo del programa.

**Figura 47:**

*Gráfico de barras de comparación de resultados antes y después*



**Nota.** Comparación de resultados en tiempos del proceso actual y el proceso implementado.

La figura 47 en un gráfico se ve la disminución de tiempos, evidenciando que hubo una mejora en lo que es la reducción de los tiempos de fabricación.

### 5.1.2 Análisis económico

**Tabla 32:**

*Costos para la implementación de la mejora*

Ítem	Cantidad (unidades)	S/ Precio unitario	S/ Precio Total
Hidrolavadoras	4	S/ 600	S/ 2400
Pistolas aire comprimido	2	S/ 120	S/ 240
Estocas	2	S/ 1250	S/ 2500
Cuchillos	6	S/ 65.7	S/ 394.2
Capacitación de personal	41	S/ 10	S/ 410
Linternas	4	S/ 19.9	S/ 79.6
Cuadernos	1	S/ 10	S/ 10
Lapiceros	2	S/ 3	S/ 6
Cronómetro	1	S/ 61.48	S/ 61.48
Transporte	1	S/ 300	S/ 300
<b>TOTAL</b>			<b>S/ 6401.28</b>

**Nota.** Materiales usados para la implementación de la mejora en el proceso de fabricación.

La tabla 32 detalla los costos de los insumos y recursos utilizados para la implementación de la propuesta de mejora orientada a optimizar el proceso productivo. La capacitación se impartió a los 41 trabajadores que participan en las distintas etapas de fabricación, considerando un costo unitario de 10 soles por operario, correspondiente al tiempo destinado a instruirlos en los nuevos métodos de trabajo. Además, se adquirieron linternas para asegurar una adecuada visibilidad durante los turnos nocturnos y verificar correctamente la aplicación de los insumos. El cronómetro fue un recurso clave para realizar la toma de tiempos de manera precisa y así identificar actividades que no agregan valor y oportunidades de optimización. Los demás materiales incluidos en la tabla complementaron la implementación de estas mejoras, contribuyendo directamente a aumentar la eficiencia y estandarizar el proceso productivo.

**Tabla 33:***Análisis de los costos obtenidos por la empresa*

Concepto	Antes (197) unidades	Después (250) unidades
Precio unitario	S/ 887.4	S/ 887.4
Unidades (liners/turno) x	197	250
Ingresos S/	S/ 174817.8	S/ 221850
Costo unitario S/	S/ 318	S/ 317
Costo Total S/	S/ 67,432.37	S/ 83,626.8
Utilidad Operativa	S/ 107385.43	S/ 138223.2
Impuesto	S/ 31,678.70	S/ 40,775.84
Utilidad Neta	S/ 75,706.72	S/ 97,447.35
Incremento después impuesto	-	S/ 21740.62

**Nota.** Aumento de productividad en la reducción del costo total

La tabla 33 presenta el análisis económico comparativo entre la situación anterior y la situación posterior a la implementación de las mejoras en el proceso productivo. En ambos escenarios se mantiene constante el precio unitario de venta en S/ 887.4 y el costo unitario de producción en S/ 318 se mantiene en las 197 y en el costo unitario después de la implementación de redujo a 317, lo que permite que la variación en los resultados económicos esté directamente asociada al incremento en el volumen de producción, esto es debido a que la relación entre los costos de Materia prima, CIF y mano de obra han disminuido debido a los tiempos de fabricación, evidenciándose así una disminución en 1 sol el costo del liner.

El costo unitario está compuesto por materia prima (caucho, cerámico, chemloks y disvolentes), mano de obra directa y costos indirectos como insumos auxiliares y herramientas; la mejora se debe principalmente a la reducción de tiempos, lo que optimiza la mano de obra y los CIF.

Antes de la implementación, la empresa producía 197 unidades, generando ingresos por S/ 174817.8 y un costo total de S/ 67,432.37, lo que resultó en una utilidad operativa de S/ 107,385.43. Posteriormente, tras la implementación de las mejoras propuestas, la producción se incrementó a 250 unidades, lo que permitió elevar los ingresos a S/ 221,850.00. Como consecuencia del mayor volumen producido, el costo total aumentó a S/ 83,626.8; sin embargo, este incremento fue proporcionalmente menor en relación con el aumento de los ingresos.

Como resultado de la implementación de la propuesta de mejora, la utilidad operativa se incrementó significativamente, alcanzando un valor de S/ 138,223.20, en comparación con el escenario inicial que registraba S/ 107,385.43. Este crecimiento evidencia el impacto positivo de la optimización del proceso productivo, reflejado en una mayor generación de ingresos y un uso más eficiente de los recursos.

Asimismo, al aplicar correctamente el impuesto a la renta sobre la utilidad operativa, se obtiene una utilidad neta superior, consolidando un incremento después de impuestos de S/ 21,740.62. Este resultado demuestra que la propuesta no solo mejora los indicadores operativos, sino que también fortalece la rentabilidad del proyecto, validando su viabilidad económica y sostenibilidad en el tiempo.

**Tabla 34:***Flujo de caja del proyecto*

<b>Periodo</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>INVERSIÓN</b>	0			
Hidrolavadoras	S/ 2,400.00			
Pistolas aire comprimido	S/ 240.00			
Estocas	S/ 2,500.00			
Cuchillos	S/ 394.20		S/ 197.10	
Capacitación de personal	S/ 410.00			
Linternas	S/ 79.60			
Cuadernos	S/ 10.00		S/ 10.00	
Lapiceros	S/ 6.00		S/ 6.00	
Cronómetro	S/ 61.48			
Transporte	S/ 300.00			
<b>INVERSIÓN INICIAL</b>	S/ 6,401.28	S/ -	S/ 213.10	S/ -
<b>BENEFICIO</b>		S/ 7,246.87	S/ 7,246.87	S/ 7,246.87
<b>FLUJO DE CAJA</b>	-S/ 6,401.28	S/ 7,246.87	S/ 7,033.77	S/ 7,246.87
<b>UTILIDAD ACUMULADA</b>	-S/ 6,401.28	S/ 845.59	S/ 7,879.36	S/ 15,126.23
	% Inflación	% Ganar	% Aporte	
Empresa	1.35%	30%	1%	
COK	32.76850%			
VAN	S/ 6,885.00			
TIR	98.00%			
Beneficio Económico	0	S/ 7,246.87	S/ 7,246.87	S/ 7,246.87
	6401.28	0	213.1	0
	-S/ 6,401.28	S/ 845.59	S/ 7,879.36	S/ 15,126.23
		S/ 7,246.87	S/ 7,033.77	S/ 7,246.87
PCR Económico		1.120218603		
B/C		2.054358286		

**Nota.** Flujo de caja del proyecto hasta el periodo 3 que es lo que duró el proceso de fabricación.

La tabla 33 muestra el análisis económico de la propuesta se desarrolló mediante la elaboración de un flujo de caja de 3 semanas.

En el periodo 0 se registra una inversión inicial total de S/ 6,401.28, la cual comprende la adquisición de equipos e insumos necesarios para la implementación de las mejoras en el proceso productivo, entre los que destacan hidrolavadoras, estocas, cuchillos y la capacitación del personal.

Este desembolso inicial origina un flujo de caja negativo en el periodo cero, situación esperada y coherente con la naturaleza de todo proyecto de inversión en su etapa inicial.

A partir del periodo 1, el proyecto comienza a generar beneficios económicos de S/ 7,246.87 por periodo, como resultado del incremento en la productividad y la optimización del proceso productivo. En el periodo 2 se incorpora una inversión adicional de reposición por S/ 213.10, correspondiente a la renovación de cuchillos, cuadernos y lapiceros, lo que reduce el flujo de caja neto de dicho periodo a S/ 7,033.77. No obstante, esta reposición no compromete la rentabilidad global del proyecto dado su reducido impacto relativo frente a los beneficios generados.

El análisis del flujo de caja acumulado revela una recuperación acelerada de la inversión inicial. Al cierre del periodo 1, la utilidad acumulada asciende a S/ 845.59, evidenciando que el proyecto logra recuperar la totalidad de la inversión inicial dentro del primer periodo de evaluación. Esta tendencia positiva se mantiene en los periodos siguientes, alcanzando una utilidad acumulada de S/ 7,879.36 al término del periodo 2 y de S/ 15,126.23 al finalizar el periodo 3, lo que demuestra la capacidad sostenida del proyecto para generar valor económico a lo largo de su horizonte de evaluación.

Para la evaluación de la viabilidad financiera del proyecto se determinó un Costo de Oportunidad del Capital (COK) de 32.7685%, calculado mediante la aplicación de tasas encadenadas que incorporan una tasa de inflación de 1.35%, una tasa de ganancia esperada del 30% y un aporte de capital propio del 1%. Este indicador representa la rentabilidad mínima exigida por el inversionista para justificar la ejecución del proyecto.

Bajo dichas condiciones, el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto asciende a S/ 6,885.00. Al ser este valor estrictamente positivo, se concluye que el proyecto genera un excedente económico por encima del rendimiento mínimo requerido, por lo que se acepta el proyecto desde el criterio del VAN. Por su parte, la Tasa Interna de Retorno (TIR) obtenida es de 98.00%, valor que supera ampliamente el COK de 32.7685%, lo cual confirma que la rentabilidad intrínseca del proyecto excede el costo de capital de la organización, reforzando la decisión de implementar las mejoras propuestas.

El Periodo de Recuperación del Capital (PCR) económico obtenido es de 1.1202, lo que indica que la inversión inicial se recupera durante el transcurso del segundo periodo de evaluación. Este resultado refleja una rápida recuperación del capital invertido, lo cual reduce significativamente el riesgo económico asociado al proyecto.

Finalmente, el indicador Beneficio/Costo (B/C) calculado es de 2.0544, lo que significa que por cada sol invertido en el proyecto se obtiene un retorno total de S/ 2.0544, equivalente a una ganancia neta de S/ 1.0544 por sol invertido. Dado que este valor es superior a la unidad, se concluye que los beneficios económicos generados por el proyecto superan ampliamente los costos incurridos, confirmando su viabilidad y alta rentabilidad económica, lo cual justifica plenamente la inversión realizada.

Los resultados obtenidos en el análisis del flujo de caja, el VAN y la TIR evidencian que el proyecto de implementación es económicamente viable, rentable y financieramente atractivo.

## CONCLUSIONES

**Primero.** Como resultado del diagnóstico del proceso actual de fabricación de liners, se identificaron diversos cuellos de botella, una inadecuada distribución del personal en las diferentes áreas y la presencia de tiempos muertos que generaban ineficiencias en la producción. Ante ello, se implementaron acciones de mejora orientadas a redistribuir al personal, eliminar tiempos improductivos y optimizar las operaciones. Entre las medidas adoptadas destacan la implementación de estocas e hidrolavadoras, la asignación de personal de apoyo en áreas críticas, la mejora de accesorios para agilizar el trabajo, el uso adecuado de equipos de protección personal (EPP) y la medición más precisa de los tiempos mediante el registro de salidas, también se eliminó el uso del montacargas. Estas acciones permitieron obtener una visión clara de las principales causas de ineficiencia y sentaron las bases para la optimización del proceso productivo, a través del desarrollo del Diagrama de Análisis de Proceso (DAP) se identificó y cuantificó el tiempo real de fabricación de los liners cerámicos. Inicialmente, el proceso requería un promedio de 7.61 horas por turno diurno, lo que representaba casi la totalidad de la jornada laboral. Posteriormente, tras la aplicación de mejoras en la distribución de actividades y la optimización de operaciones, el tiempo de fabricación se redujo a 6.01 horas, evidenciando una disminución de aproximadamente una hora y media. Esta mejora refleja una mayor eficiencia en el proceso productivo y una utilización más efectiva del tiempo de trabajo.

**Segundo.** Las oportunidades de mejora identificadas se centraron en la asignación adecuada del personal a las áreas que requerían mayor apoyo, lo que permitió equilibrar la carga de trabajo y reducir los tiempos improductivos. Asimismo, se implementaron nuevas operaciones que contribuyeron significativamente a disminuir el tiempo total de fabricación de los liners, incorporando el uso de equipos más eficientes y la eliminación de aquellos que no aportaban valor

al proceso. Estas acciones permitieron optimizar la distribución de áreas, mejorar la eficiencia operativa y fortalecer la productividad del proceso de fabricación.

**Tercero.** Como resultado de la implementación de las acciones de optimización en el proceso productivo, se evidenció una mejora significativa en los indicadores de desempeño de la fabricación de liners. La producción diaria aumentó de 197 a 250 unidades en un periodo de 8 días, lo que representa un incremento considerable en la capacidad productiva, en cuanto a la productividad de la mano de obra, se alcanzó una mejora del 20.19%, reflejando un uso más eficiente del recurso humano, respecto a la eficiencia, al monetizar los recursos utilizados, se observó que la implementación de las mejoras permitió incrementar la eficiencia económica del proyecto de 246.74 % a 265.28 %, obteniéndose una mejora de 18.54 puntos porcentuales, lo que evidencia un mejor aprovechamiento de los recursos económicos y confirma el impacto positivo de la propuesta de optimización de procesos, el nivel de cumplimiento en las entregas pasó de 37.50% a 62.50% gracias a la implementación de envíos por lotes, mejorando en un 25% la capacidad de respuesta y adaptabilidad frente a los plazos de entrega. En cuanto al cumplimiento del programa de fabricación, se evidenció que el tiempo promedio de producción por liner se redujo de 2.36 minutos a 1.44 minutos, confirmando la optimización del proceso. Finalmente, el tiempo de ciclo por operario también mostró una mejora significativa, disminuyendo de 15.18 minutos a 8.29 minutos, lo que refleja un incremento en la destreza, eficiencia y aprovechamiento del tiempo operativo.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda evaluar la adquisición e instalación de una nueva prensa hidráulica con el fin de incrementar la capacidad de producción de liners y agilizar las operaciones del proceso. La incorporación de este equipo no solo reducirá los tiempos de fabricación y aumentará la eficiencia, sino que también podrá ser utilizada en futuros trabajos de la empresa, fortaleciendo la capacidad operativa general de la planta.

Se sugiere realizar mediciones de tiempo de manera periódica en cada una de las etapas del proceso, con el objetivo de identificar fallas, variaciones o cuellos de botella. Para ello, es recomendable contar con supervisión continua durante la jornada laboral, permitiendo detectar oportunamente cualquier desviación y aplicar acciones correctivas que aseguren la estabilidad del proceso productivo.

En relación con la gestión del personal, se aconseja optimizar la distribución de los operarios en función de la carga de trabajo y las necesidades específicas de cada operación. La identificación y reducción de tiempos muertos contribuirá a mejorar el rendimiento global, tanto en la fabricación de liners como en otras actividades productivas que se desarrollan de manera simultánea.

También se recomienda mantener registros detallados de tiempos, consumos, entregas y producción, con el propósito de monitorear el impacto de las mejoras implementadas y facilitar la toma de decisiones basada en evidencia. Esta práctica permitirá evaluar tendencias, anticipar problemas y consolidar una gestión más eficiente.

Finalmente, se sugiere que, en caso de variaciones en la demanda o incorporación de nuevos productos, se realice una reevaluación del layout actual de la planta. Esto permitirá asegurar

que la distribución física continúe siendo eficiente, facilite el flujo de materiales y se mantenga alineada con las exigencias operativas del proceso productivo.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Gualpa, B. R., & Sánchez Piltasig, J. M. (2021). *Optimización del proceso de fabricación del queso fresco en la empresa láctea Lactozam*. Tesis para titulación, Universidad Técnica de Cotopaxi, Cantón Lacatunga. Retrieved 22 de Marzo de 2025, from <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstreams/b3108fb9-0cc3-435b-937a-43a730496a7d/download>
- Aguilera Piedra, M. A. (2021). Análisis de la eficiencia en el uso de recursos de las empresas del sector industrial manufacturero de Ecuador. *13*(2), 6. Retrieved 30 de Marzo de 2025, from <https://www.scielo.org.ar/pdf/saberes/v13n2/1852-4222-saberes-13-02-213.pdf>
- Andres Navarro, B., & Sempere Ripoll, F. (2023). *Introducción a la productividad*. Universitat Politècnica de Valencia, Departamento de Organización de empresas, Valencia. Retrieved 31 de Marzo de 2025, from <https://riunet.upv.es/bitstreams/8d89c2d8-f6b9-4dfc-a2c5-3a63aecd748b/download>
- Arenas Salazar, E. E. (2020). *Propuesta de mejora de proceso en el área de producción para el cumplimiento de la programación en una empresa de fabricación de papel higiénico*. Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima. Retrieved 21 de Marzo de 2025, from [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/652413/Arenas\\_SE.pdf?sequence=11&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/652413/Arenas_SE.pdf?sequence=11&isAllowed=y)
- Cano, M. (s.f.). *cronometras.com*. Retrieved 31 de Marzo de 2025, from ¿Por qué hay retrasos en la producción?: <https://cronometras.com/por-que-hay-retrasos-en-la-produccion/>

- Cooper, W. W. (2007). Some models and measures for evaluating performances with DEA: past accomplishments and future prospects. *Journal of productivity Analysis*, 28(3), 151-163. Retrieved 30 de Marzo de 2025, from <https://www.scielo.org.ar/pdf/saberes/v13n2/1852-4222-saberes-13-02-213.pdf>
- Cusiyupanqui Chicchón, C. F. (s.f.). *Control de calidad de planta en la fabricación de bolígrafos y plumones*. Retrieved 1 de Abril de 2025, from [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/cusiyupanqui\\_cc/cap3.pdf?utm\\_source](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/cusiyupanqui_cc/cap3.pdf?utm_source)
- EGSINNOVA GROUP. (10 de Abril de 2018). *Blog especializado en Gestión de calidad*. Retrieved 31 de Marzo de 2025, from <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/:https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2018/04/que-es-un-proceso-segun-la-iso-90012015/>
- Fienco Estrella, C. A., & Luna Román, C. G. (2022). *Reducción de tiempos en los procesos de soldadura en estructuras navales*. Tesis para titulación, Universidad Politécnica Salesiana Ecuador, Guayaquil. Retrieved 22 de Marzo de 2025, from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22907/1/UPS-GT003878.pdf>
- Forni, P., & De grande, P. (2020). *Triangulación y métodos mixtos en las ciencias sociales contemporáneas*. Artículo científico, Ciudad de México. Retrieved 3 de Abril de 2025, from [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-25032020000100159](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-25032020000100159)

G. Arias, F. (2006). El proyecto de investigación. Retrieved 2 de Abril de 2025, from <https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>

Gil Barreda, C. M., & Del Alamo Alfaro, A. G. (2023). *Optimización del proceso de planificación y control de recursos para incrementar la baja productividad en una productora de contenido audiovisual en Lima Metropolitana*. Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima. Retrieved 3 de Marzo de 2025, from [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/672367/Gil\\_BC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/672367/Gil_BC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Gil Barrera, J. F., & Tito Alvaro, A. F. (2024). *Propuesta de mejora de procesos utilizando herramientas de Lean Manufacturing y gestión de inventarios para la reducción del tiempo de entrega de servicios en una empresa metalmecánica*. Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima. Retrieved 21 de Marzo de 2025, from [https://upc.aws.openrepository.com/bitstream/handle/10757/682998/Gil\\_BJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://upc.aws.openrepository.com/bitstream/handle/10757/682998/Gil_BJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Heinrich Lauri, K. (16 de Noviembre de 2022). *MRP easy*. <https://www.mrpeasy.com/>: <https://www.mrpeasy.com/blog/es/tiempo-de-ciclo/>

ISO 9000. (29 de Noviembre de 2007). *Eficacia y Eficiencia*. Retrieved 31 de Marzo de 2025, from <https://normas-iso-9000.blogspot.com/>: <https://normas-iso-9000.blogspot.com/2007/11/eficacia-y-eficiencia.html>

*Linings*. (2025). Retrieved 17 de 03 de 2025, from Liners cerámicos:

<https://www.linings.pe/liners-ceramicos>

López Cristóbal, M. I., & Medina. (2017). *Ingeniería de procesos*. Universidad Continental.

Huancayo: Fondo Editorial. Retrieved 1 de Abril de 2025, from

[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/3218/5/DO\\_FIN\\_108\\_GL\\_ASUC01057\\_2020.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/3218/5/DO_FIN_108_GL_ASUC01057_2020.pdf)

Luis López, P. (2004). *Población Muestra y Muestreo*. Artículo, Cochabamba. Retrieved 3 de Abril de 2025, from [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-02762004000100012](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012)

Media Roa, M. B. (2024). *Levantamiento y optimización de procesos de planta de poliestireno para Cintac S.A.I.C.* Tesis para titulación, Universidad de Chile, Santiago de Chile.

Retrieved 22 de Marzo de 2025, from

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/202847/Levantamiento-y-optimizacion-de-procesos-de-planta-de-poliestireno-para-Cintac-S.A.I.C.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Miguel. (16 de Septiembre de 2023). *Abrir Empresa*. Retrieved 31 de Marzo de 2025, from [abrir-empresa.com](https://abrir-empresa.com): <https://abrir-empresa.com/tablas-input-output-que-son-y-como-se-utilizan-en-economia/>

Molina Gómez, A. M., & Dulzaides Iglesias, M. E. (2004). *Análisis documental y de información: dos componentes de un mismo proceso*. Artículo, Ciudad de la Habana.

Retrieved 3 de Abril de 2025, from

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1024-94352004000200011](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352004000200011)

- Mora Garcia, L. A. (2008). *Indicadores de la Gestión Logística*. ECOE EDICIONES. Retrieved 31 de Marzo de 2025, from [https://www.fesc.edu.co/portal/archivos/e\\_libros/logistica/ind\\_logistica.pdf](https://www.fesc.edu.co/portal/archivos/e_libros/logistica/ind_logistica.pdf)
- Niebel. (2004). *FASE I DEFINICION*. Retrieved 31 de Marzo de 2025, from <https://virtual.urbe.edu/tesispub/0077725/fase01.pdf>
- Parra Rodriguez, F. J. (s.f.). Análisis de eficiencia y productividad. Retrieved 31 de Marzo de 2025, from <https://econometria.files.wordpress.com/2007/12/analisis-de-eficiencia-y-productividad.pdf>
- Soliz Franco, L. A. (2014). *Funciones excel para ingeniería*. Revista, Santa Cruz. Retrieved 4 de Abril de 2025, from [http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1991-64692014000100006&lng=es&nrm=iso](http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1991-64692014000100006&lng=es&nrm=iso)
- Tega. (2025). *www.tegaindustries.com*. Retrieved 18 de Marzo de 2025, from Revestimientos cerámicos de agresión: <https://www.tegaindustries.com/product/aggression-ceramic-liners/>
- Vargas Cordero, Z. R. (2009). *La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica*. Revista de educación, Universidad de Costa Rica, San José. Retrieved 2 de Abril de 2025, from <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>
- W. Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). Métodos. estándares y diseño del trabajo. En *Métodos. estándares y diseño del trabajo* (págs. 329-335). Retrieved 31 de Marzo de 2025, from

[http://students.aiu.edu/submissions/profiles/resources/onlineBook/a9p7r9\\_Metodos%20estandares%20y%20diseno%20del%20trabajo.pdf](http://students.aiu.edu/submissions/profiles/resources/onlineBook/a9p7r9_Metodos%20estandares%20y%20diseno%20del%20trabajo.pdf)

WEIR. (2023). *www.global.weir*. Retrieved 18 de Marzo de 2025, from Sistemas de revestimientos para molinos personalizados Vulco®: <https://www.global.weir/es/product-catalogue/wear-lining/customised-vulco-mill-lining-systems/>



## ANEXOS

**Figura 48:**

*Acta de liberación de los liners para despacho en proceso actual*

	<b>REGISTRO DE ACTA DE LIBERACIÓN PARA DESPACHO</b>	<b>SGC-PG-03-2</b> Versión: 02 Fecha: 18/01/22 Página 1 de 1				
<b>1. Datos Generales</b>						
Proyecto / Trabajo:	D3MC-4-02010-FLD-02 / D3MC100172 - PLATEWORK					
Cliente:	IMCO SERVICIOS S.A.C.	Fecha de liberación:	29/05/2025; 01/06/2025; 06/06/2025			
Centro de Costo Cliente:	OTI2200368	Centro de Costo Interno:	OT0052-2025			
Lugar de liberación:	Vía Evitamiento Km 4.5 - Cerro Colorado	Tipo de revestimiento:	CAUCHO NATURAL			
<b>2. Locación</b>						
Lugar de entrega:	Vía Evitamiento Km 4.5 - Cerro Colorado					
Lugar de destino:	Vía Evitamiento Km 3 - Cerro Colorado					
Autorizado por:	Edgar David Diaz Campos					
<b>3. Ejecución del ensayo</b>						
Item	Descripción	Código	Plano	Cantidad	Peso Unitario	Peso Total
1	LINNER CAUCHO CERÁMICO	LNC-1465	LINNER CAUCHO CERÁMICO LNC Rev.0	198	-	-
2	LINNER CAUCHO CERÁMICO	LNC-1465	LINNER CAUCHO CERÁMICO LNC Rev.0	198	-	-
3	LINNER CAUCHO CERÁMICO	LNC-1465	LINNER CAUCHO CERÁMICO LNC Rev.0	198	-	-
<b>Comentarios:</b>						
<b>4. Aprobación</b>						
<b>Nombre:</b>		<b>Nombre:</b>		<b>Nombre:</b>		
<b>Fecha:</b>		<b>Fecha:</b>		<b>Fecha:</b>		
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		

**Nota.** Acta de liberación proporcionada por el área de calidad de Tecno Caucho en el proceso actual.

**Figura 49:**

*Acta de liberación de los liners para despacho en implementación*

	<b>REGISTRO DE ACTA DE LIBERACIÓN PARA DESPACHO</b>			<b>SGC-PG-03-2</b>		
				Versión: 02		
				Fecha: 16/01/22		
Página 1 de 1						
<b>1. Datos Generales</b>						
Proyecto / Trabajo:	D3MC-4-02010-FLD-02 / D3MC100172 - PLATEWORK					
Cliente:	IMCO SERVICIOS S.A.C.	Fecha de liberación:	9/06/2025; 10/06/2025; 11/06/2025 ; 12/06/2025 ; 14/06/2025			
Centro de Costo Cliente:	OTI2200368	Centro de Costo Interno:	OT0052-2025			
Lugar de liberación:	Vía Evitamiento Km 4.5 - Cerro Colorado	Tipo de revestimiento:	CAUCHO NATURAL			
<b>2. Locación</b>						
Lugar de entrega:	Vía Evitamiento Km 4.5 - Cerro Colorado					
Lugar de destino:	Vía Evitamiento Km 3 - Cerro Colorado					
Autorizado por:	Edgar David Diaz Campos					
<b>3. Ejecución del ensayo</b>						
Item	Descripción	Código	Plano	Cantidad	Peso Unitario	Peso Total
1	LINNER CAUCHO CERÁMICO	LNC-1465	LINNER CAUCHO CERÁMICO LNC Rev.0	250	-	-
2	LINNER CAUCHO CERÁMICO	LNC-1465	LINNER CAUCHO CERÁMICO LNC Rev.0	250	-	-
3	LINNER CAUCHO CERÁMICO	LNC-1465	LINNER CAUCHO CERÁMICO LNC Rev.0	250	-	-
4	LINNER CAUCHO CERÁMICO	LNC-1465	LINNER CAUCHO CERÁMICO LNC Rev.0	250	-	-
5	LINNER CAUCHO CERÁMICO	LNC-1465	LINNER CAUCHO CERÁMICO LNC Rev.0	250	-	-
<b>Comentarios:</b>						
<b>4. Aprobación</b>						
<b>Nombre:</b>		<b>Nombre:</b>		<b>Nombre:</b>		
<b>Fecha:</b>		<b>Fecha:</b>		<b>Fecha:</b>		
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		

**Nota.** Acta de liberación proporcionada por el área de calidad de Tecno Caucho en el proceso implementado.

**Figura 50:**

*Foto de distribución de cerámicos a las tinas manualmente*



**Nota.** Foto sacada en medio del proceso.

**Figura 51:**

*Tinas donde se hacía el lavado de los cerámicos*



**Nota.** Foto sacada antes de poner los cerámicos a lavar.

**Figura 52:**

*Foto de cerámicos siendo lavados en las diferentes tinas con desfogue de agua*



**Nota.** Foto sacada en pleno proceso implementación.

**Figura 53:**

*Mesas con mallas metálicas para el transporte de los cerámicos al área de lavado, secado y pintura.*



**Nota.** Foto sacada antes del proceso productivo.

**Figura 54:**

*Aplicación de aire comprimido a través de pistolas*



**Nota.** Foto tomada durante la aplicación del aire comprimido a los cerámicos en las mesas con mallas metálicas para que el aire pueda ser aplicado en ambas direcciones.

**Figura 55:**

*Armado manual de los liners en los moldes*



**Nota.** Foto tomada en prensa, siendo armado el liner en los moldes entregados manualmente ya con los cerámicos aplicado con los insumos chemlok.

**Figura 56:**

*Foto de lavado de cerámico con hidro lavadoras en la implementación*



**Nota.** Foto donde aparece mi persona lavando los cerámicos en el proceso productivo.

**Figura 57:**

*Foto de la aplicación de la pintura a los cerámicos con los epps correspondientes durante la implementación*



**Nota.** Foto tomada haciendo inspección de que la pintura esté correctamente aplicada a las torres de cerámicos armadas para avanzar en el proceso de pintado y distribución del personal.

**Figura 58:**

*Foto tomada en implementación de las mesas con mallas metálicas para el transporte al lavado y secado de los cerámicos manual con el personal asignado.*



**Nota.** Foto de los cerámicos en las mesas con mallas metálicas para su transporte al área de lavado y secado con hidrolavadoras y aire.

**Figura 59:**

*Foto de liners siendo inspeccionados por el área de calidad para su liberación*



**Nota.** Foto sacada cuando se hacía la inspección final, antes del despacho de los liners.

**Figura 60:**

*Liners listos para ser despachados hacia el cliente final*



**Nota.** Foto sacada antes del despacho de los liners hacia el cliente final. (Liners ya liberados)

**Figura 61:**

*Foto de liners almacenados*



**Nota.** Foto sacada de liners almacenados para su liberación y despacho.

**Figura 62:**

*Foto de liners implementados en chutes para su funcionamiento*



**Nota.** Foto sacada en planta del cliente final con los liners puestos en los chutes.

**Figura 63:**

*Liners dentro del chute*



**Nota.** Liners puestos en el interior del chute, viendo que calzan correctamente.

**Figura 64:**

*Montacargas utilizado en la primera parte del proceso actual*



**Nota.** Montacargas utilizado para el transporte de los cerámicos y liners en el proceso productivo.

**Figura 65:**

*Estocas utilizadas en la implementación del transporte del proceso productivo*



**Nota.** Foto de las estocas utilizadas para el transporte de los cerámicos y liners.

**Figura 66:**

*Foto de la nueva prensa que se está implementando*



**Nota.** Foto de nueva prensa implementándose para mejorar el tiempo de fabricación de liners, es una prensa de mayor peso con casi 30 toneladas y más área.