



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**  
**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**  
**INGENIERO INDUSTRIAL**

**ÁREA**  
**SISTEMAS PRODUCTIVOS**

**TEMA**  
**“OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS MEDIANTE LA**  
**APLICACIÓN DE TEORÍA DE RESTRICCIONES (TOC) EN**  
**EMPRESA METALMECÁNICA DE ENVASES DE**  
**HOJALATA”**

**AUTOR**  
**COQUE PÁRRAGA JOSÉ ROBERTO**

**DIRECTOR DEL TRABAJO**  
**ING. IND. SANABRIA ESTRADA FRANCISCO RODRIGO, MSc.**

**GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE 2018**



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**UNIDAD DE TITULACIÓN**

## Certificado Porcentaje de Similitud

Habiendo sido nombrado **ING. IND. SANABRIA ESTRADA FRANCISCO, MSc.**, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por **COQUE PÁRRAGA JOSÉ ROBERTO** con C.C. 0922638010, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de **INGENIERA INDUSTRIAL**.

Se informa que el trabajo de titulación: **“OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TEORÍA DE RESTRICCIONES (TOC) EN EMPRESA METALMECÁNICA DE ENVASES DE HOJALATA”**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio (indicar el nombre del programa antiplagio empleado) quedando el **1 %** de coincidencia.

<https://secure.orkund.com/view/40044539-479749-605855#q1bKLVayijbUMY7VUSrOTM/LTMtMTsxLTIWyMtAzMDCyNDWwtDA0MzAyMzOztDSrBQA=>

**Ing. Ind. Sanabria Estrada Francisco, Msc.**  
**C.C. 0201386752**

### **Declaración de autoría**

“La responsabilidad del contenido de este trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil”

**Coque Párraga José Roberto**

**C.C. 0922638010**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis con infinito amor a Dios, por ser el pilar más fundamental de mi carrera, porque con toda la fe que puse en él, y las ganas de seguir hacia delante, hizo que unas de mis metas se hagan realidad.

A mis padres quienes siempre me guiaron por buenos pasos y me enseñaron a seguir el camino del bien a mi tía Martha y su Esposo quienes siempre me ayudaron con sus enseñanzas y sus recomendaciones para seguir siempre a mis maestros quienes nunca desistieron al enseñarme, aun sin importar que muchas veces no ponía atención en clase, a ellos que continuaron depositando su esperanza en mí.

También dedico esta tesis a todos aquellos que no creyeron en mí, a aquellas personas que esperaban mi fracaso en cada paso que daba hacia la culminación de mis estudios, a aquellos que nunca esperaban que terminara mi carrera, a todos los que pensaron que no lo lograría, a todos ellos se los dedico

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la vida, seguidamente a mis padres Consuelo y Silverio quienes me impulsaron día a día a seguir con mis estudios y siempre me dieron la mano para que culmine mi carrera, a mis hijos Katherine e Isaac quienes fueron mi inspiración para graduarme y me dieron la motivación para seguir hacia un futuro mejor, a mi tía Martha y su esposo quienes fueron mi apoyo para terminar esta meta y por ultimo quiero agradecer a mis hermanos por incentivar me en cada momento a luchar por este título. Gracias a todos

## ÍNDICE GENERAL

### CAPÍTULO I DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1.1	Antecedentes	2
1.2	Problema de investigación.	2
1.2.1	Planteamiento del problema.	2
1.2.2	Formulación del problema	3
1.2.3	Sistematización del problema	3
1.3	Justificativos	3
1.4	Delimitación.	4
1.5	Objetivos	4
1.5.1	Objetivo general	4
1.5.2	Objetivos específicos	4
1.6	Marco de referencia de la investigación.	5
1.7	Marco Teórico	5
1.7.1	Teoría de Restricciones (TOC).	5
1.7.1.1	Origen de la Teoría de Restricciones (TOC).	6
1.7.1.2	Pasos de la Teoría de Restricciones (TOC).	7
1.7.2	Optimización de los recursos (productividad).	7
1.8	Marco conceptual	8
1.8.1	Restricción.	8
1.9	Marco referencial	11
1.10	Marco legal	11
1.10.1	Constitución de la República del Ecuador.	12
1.11	Formulación de la hipótesis y variables.	12
1.11.1	Hipótesis general.	12
1.11.2	Variables. (Independientes y dependientes)	12
1.12	Aspectos metodológicos de la investigación.	12
1.12.1	Tipo de estudio.	13
1.12.2	Método de investigación.	13
1.12.3	Fuentes y técnicas para la recolección de información.	13

<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1.12.4	Tratamiento de la información.	14
1.12.5	Impactos y resultados esperados.	14

## **CAPÍTULO II**

### **SITUACIÓN ACTUAL Y DIAGNÓSTICO**

<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
2.1	Situación actual	15
2.1.1	Datos generales.	15
2.1.1.1	Ubicación.	15
2.1.1.2	Organización.	15
2.1.1.3	Visión.	17
2.1.1.4	Misión.	17
2.1.1.5	Política de calidad.	17
2.1.1.6	Actividad económica de la empresa.	17
2.1.1.7	Productos o servicios.	17
2.1.1.8	Recursos productivos.	19
2.1.1.8.1	Materia prima.	19
2.1.1.8.2	Maquinarias y equipos.	19
2.1.1.8.3	Procesos de producción.	21
2.1.1.8.4	Capacidad de producción	22
2.1.2	Registro de problemas.	25
2.2	Análisis y diagnóstico	26
2.2.1	Análisis de datos e Identificación de problemas.	27
2.2.2	Impacto económico de problemas.	30
2.2.3	Diagnóstico.	32

## **CAPÍTULO III**

### **PROPUESTA**

<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
3.1	Planteamiento de alternativas de solución	33

<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
3.1.1	Planteamiento de alternativa de solución A: Cambio de proveedor de materia prima para mejorar la calidad de la misma y minimizar el trabamiento de láminas.	34
3.1.2	Planteamiento de alternativa de solución B: Implementación de motor para mejorar precisión en la calibración de dispositivos de la línea de corte de hojalata.	35
3.1.3	Costos de alternativas de solución.	37
3.1.4	Evaluación y selección de alternativas de solución.	38
3.2	Evaluación económica y financiera	40
3.2.1	Plan de inversión y financiamiento.	40
3.2.2	Evaluación financiera (Coeficiente beneficio/costo, TIR, VAN, Periodo de recuperación del capital).	42
3.3	Programación para puesta en marcha	46
3.3.1	Planificación y Cronograma de implementación.	46
3.4	Conclusiones y recomendaciones	46
3.4.1	Conclusiones.	46
3.4.2	Recomendaciones.	47
	<b>Glosario de términos</b>	488
	<b>Anexos</b>	49
	<b>Bibliografía</b>	600

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1.	Envases ovalados de 2 piezas	17
2.	Envases redondos de 2 piezas	18
3.	Envases de 3 piezas	18
4.	Listado de máquinas de la línea de corte de hojalata	20
5.	Capacidades de líneas de producción de envases y tapas de hojalata	23
6.	Producción y eficiencia de líneas	23
7.	Producción y eficiencia de líneas, considerando la reducción en las líneas de barnizado	24
8.	Ocupación de la línea de corte a través del proceso de barnizado	24
9.	Registro de causas de paros no programados. Año 2017.	26
10.	Análisis de frecuencias de paros planeados de la producción	27
11.	Análisis de frecuencias de paros no planeados de la producción	28
12.	Pérdida económica anual	31
13.	Alternativas de solución planteadas	33
14.	Cuadro comparativo de costos y pérdidas por cambio de proveedor de bobinas metálicas. Periodo anual.	34
15.	Cuadro comparativo de ahorro de costos por uso del servomotor. Periodo anual.	37
16.	Cuadro comparativo de ahorro de costos por uso del servomotor. Periodo anual.	37
17.	Costos de alternativas de solución.	38
18.	Cuadro comparativo de ahorro de tiempo con la implementación de la propuesta.	38
19.	Inversión en activos fijos.	40
20.	Costos de operación	41
21.	Inversión total	41
22.	Datos para el financiamiento	41
23.	Costos financieros	42
24.	Balance económico de flujo de caja	43
25.	Comprobación de tasa interna de retorno	44
26.	Cálculo del valor actual neto	44
27.	Cálculo del periodo de recuperación de la inversión	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1.	Diagrama de Pareto	28
2.	Diagrama de Pareto, en minutos improductivos	29
3.	Propuesta de balance de líneas	39
4.	Ubicación de la empresa metalmecánica	50
5.	Organigrama de la empresa metalmecánica.	51
6.	Diagrama de flujo de procesos realizados por Servmotor.	57

**ÍNDICE DE ANEXOS**

<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1.	Ubicación Geográfica	50
2.	Organigrama de la Empresa	51
3.	Mapa de proceso	52
4.	Diagrama de procesos.	53
5.	Flujograma de procesos	54
6.	Detalle de problemas.	55
7.	Diagrama de Ishikawa	56
8.	Diagrama de flujo de procesos	57
9.	Tabla de amortización	58
10.	Diagrama de GANTT.	59



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**UNIDAD DE TITULACIÓN**

---

**“OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TEORÍA DE  
RESTRICCIONES (TOC) EN EMPRESA METALMECÁNICA DE ENVASES DE  
HOJALATA”**

**Autor:** Coque Párraga José Roberto

**Tutor:** Ing. Ind. Sanabria Estrada Francisco, Msc

**Resumen**

La presente investigación tuvo el objetivo de determinar las restricciones del sistema productivo de la sección de envases de hojalata, mediante la aplicación de la metodología TOC. Se aplica la metodología deductiva, descriptiva, cuali-cuantitativa, con uso del TOC, diagrama de Ishikawa, de Pareto y diagrama de balance de líneas, mediante los cuales se identifica que la línea corte de hojalata está siendo afectada por el tiempo improductivo y en ocasiones no pudo abastecer las cinco líneas de barnizado, cuyas causas fueron las fallas en la calibración, trabamiento de láminas derivado de la mala calidad del material, que genera rebabas y la calibración inadecuada de mecanismos de la línea (paros no programados), cambio de bobinas, troqueles y rodillos, (paros programados), que generó una ineficiencia del 15,56%, con una pérdida de \$52.861,33 anuales. Se plantea la propuesta de implementar un motor para calibración de dispositivos de línea de hojalata y cambiar de proveedor de materias primas, reemplazando al proveedor brasileño por un alemán, para minimizar el cuello de botella y explotar adecuadamente la restricción, lo que elevará la eficiencia de 76,31% a 87,35%, recuperándose la inversión en el segundo año, con una tasa TIR de 58,11% y Valor Actual Neto de \$68,440.35, con un coeficiente beneficio / costo de 3,08, demostrando que la inversión es factible.

**Palabras claves:** Optimización, recursos, metodología, TOC, producción.



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  

---

**UNIDAD DE TITULACIÓN**

**“RESOURCES OPTIMIZATION THROUGH THE APPLICATION OF THE  
(TOC) THEORY OF CONSTRAINS IN A CANMAKING METALMECHANICAL  
COMPANY”**

**Author:** Coque Párraga José Roberto

**Advisor:** Ind. Eng. Sanabria Estrada Francisco, MSc

**Abstract**

The objective of the investigation was to determine the restrictions of the constrains in the can making productive area, in the tin containers through the application of the TOC methodology. Using the TOC was applied the deductive, descriptive, qualitative and quantitative methodology, Ishikawa, Pareto's and line balance diagrams, which, can identify that the cutting line is being affected by unproductive time and sometimes it could not supply the five coating lines. The stops were caused mainly by calibration issues, sheets getting caught in-line because of the bad material quality, this also generates burr and inadequate calibration of the in-line mechanisms (unprogrammed stops), coil changes, die changes and roller changes (programmed stops). With these stops, the efficiency decreased in 15,56%, with a loss of \$52.861,33 each year. Was proposed, an engine implementation that would help the in-line system calibrations and to change the raw materials supplier, replacing the Brazilian supplier with a German supplier, to minimize the bottle neck and minimize the restriction as possible. This will improve the efficiency from 76,31% to 87,35%, recovering the initial investment in the second year, with a 58,11% IRR and a Net Present Value of \$68.440,35, with a benefit/cost coefficient of 3.08, proving that, the investment is feasible.

**Keywords:** Optimization, resources, methodology, TOC, production.

## INTRODUCCIÓN

En el año 2018, la alta dirección de la empresa metalmeccánico que autorizó la realización de la presente investigación, compró dos líneas de barnizado, aumentando de 3 a 5 el número de líneas incorporadas en la planta de producción en el área de barnizado, por lo que, para que la línea de corte de hojalata que provee a la de barnizado, no tenga problemas en el abastecimiento de producto semielaborado, la dirección tomó la decisión de implementar el segundo turno en la sección de corte de hojalata.

Esta situación generó que los paros programados y no programados de la línea de corte de hojalata, impacten de manera negativa en la productividad de la línea de barnizado y por consiguiente de toda la planta, por esta razón, la dirección de la empresa metalmeccánica en cuestión, autorizó el estudio para identificar las causas de los cuellos de botella que ocurren en la sección de la línea de corte de la planta de producción de envases metálicos.

Para cumplir con ello, en primer lugar, se planteó el objetivo de determinar las restricciones del sistema productivo de la sección de envases de hojalata, mediante la aplicación de la metodología TOC, con el afán de explotar adecuadamente estas restricciones y mejorar la eficiencia de la planta.

La estructura de los capítulos se sustentó en el primer capítulo, que fue la base del estudio, porque en ella se planteó la problemática de los cuellos botellas, que en el segundo capítulo fueron analizados con profundidad a través de un diagnóstico de ingeniería, mediante el cual se pudo conocer los cuellos de botella y explotarlos adecuadamente en la propuesta, para mejorar la eficiencia, cumpliendo con los cinco pasos de la metodología TOC.

# **Capítulo I**

## **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1 Antecedentes**

En la presente investigación se hace referencia a la optimización de recursos mediante la aplicación de teorías de restricciones en la empresa metalmecánica de envases de hojalata, por lo tanto, en los siguientes subnumerales se describe el problema de investigación, planteamiento de la misma formulación, sistematización, justificación y objetivos.

### **1.2 Problema de investigación.**

El problema de investigación corresponde a un fenómeno, en el cual se afecta la eficiencia de la línea de investigación, como en este caso, en la planta de la empresa metalmecánica, por esta razón, en el siguiente subnumeral se realiza un análisis global sobre la situación conflictiva que dio origen al desarrollo del estudio.

#### **1.2.1 Planteamiento del problema.**

La sección de envases de hojalata de la empresa metalmecánica en donde se delimita el estudio, ha presentado niveles de desperdicio de recursos (rebabas de hojalata, fallas en las dimensiones de los cortes, ralladuras, curvatura) y tiempo improductivo de más de una hora los cuales son superiores a lo esperado en los planes organizacionales, por lo que se incrementaron los costos de producción en el último año, disminuyendo la productividad de los procesos en el área en mención.

Una de las causas principales que ha ocasionado esta problemática en la sección de envases de hojalatas, está relacionada con algunos procesos que se realizan en esta sección, como es el caso de la calibración incorrecta de los apiladores, la inobservancia del mantenimiento de la maquinaria, las limitaciones en la calidad de la materia prima, porque las bobinas pueden encontrarse onduladas o con rastros de cinta, evento que puede ocasionar paralizaciones de los rodillos enderezadores de la línea de corte, conformado además por el detector de huecos, rodillo medidor, troquel de corte y apiladores.

A pesar que el tiempo improductivo generado como consecuencia de esta problemática, incrementan los costos de la producción en esta sección de la planta, sin embargo, la alta dirección no le dio la importancia que se merece la situación conflictiva, debido a que esta sección solo trabajó en un turno de 12 horas de lunes a sábado, hasta el año pasado, porque podía abastecer en este tiempo a las tres líneas barnizadoras que existieron hasta el primer semestre del 2017.

Sin embargo, a partir del segundo semestre del 2018, se implementaron dos líneas nuevas modernas con mayor capacidad que las actuales, lo que incrementó las necesidades del proceso de barnizado, por lo que la administración incrementó el tiempo de trabajo de la sección de corte de hojalata, de uno a dos turnos, (12 a 24 horas) es decir, que el tiempo improductivo generado como consecuencia del problema actual, tuvo mayor relevancia, pero todavía no ha sido evaluado, y se debe evitar que la paralización de la línea de corte afecte a las cinco de barnizado y a las restantes etapas del proceso productivo.

Por esta razón, si la alta dirección de la empresa metalmeccánica no toma cartas en el asunto, podría verse afectada en mayor medida la productividad del proceso de producción de envases para enlatado de atún y sardinas, el producto estrella que la empresa ofrece al mercado nacional e internacional, lo que además podría desestabilizar la rentabilidad de la organización y reducir la generación de empleo.

Para minimizar este riesgo, es necesario que la empresa realice un diagnóstico de la situación actual de la sección de hojalata, mediante la aplicación de la teoría de restricciones (TOC), para proponer alternativas de solución que tiendan a la mejora continua de la productividad de la planta, a través de la eliminación de la restricción o la disminución de su impacto en las demás áreas del proceso productivo.

### **1.2.2 Formulación del problema**

¿Cómo se pueden optimizar los recursos en la empresa metalmeccánica de envases de hojalata?

### **1.2.3 Sistematización del problema**

- ¿Se pueden identificar las restricciones del sistema productivo de la sección de envases de hojalata?
- ¿Es necesario explotar y minimizar las restricciones del sistema productivo para optimizar los procesos de la sección de envases de hojalata?
- ¿Es factible la implementación de la propuesta para minimizar las restricciones del sistema productivo?

## **1.3 Justificativos**

Es necesario aplicar la teoría de restricciones (TOC) para analizar la productividad actual de la sección de hojalatas, que es la primera etapa del proceso productivo que recibe la materia prima y la prepara para el proceso de barnizado y los posteriores procesos para la manufactura de envases metálicos de diversos tipos, abre fácil o con tapas lisas, que

requiere el mercado conformado por las industrias que procesan alimentos y la industria pesquera, cuyos productos son de exportación.

La aplicación de la Teoría de las Restricciones (TOC) constituye la metodología más adecuada para identificar las restricciones del sistema productivo y buscar soluciones para optimizar los recursos, de modo que, se incrementen los niveles de productividad como consecuencia de la reducción del desperdicio y del tiempo improductivo.

La empresa donde se delimita el estudio será beneficiaria con la aplicación del TOC, porque ahorrará costos y mejorará su rendimiento económico, lo que debe impactar en el nivel de satisfacción del cliente que recibirá un producto de mejor calidad, a lo que se añade mayor comodidad en el proceso para el bienestar de los empleados.

#### 1.4 Delimitación.

- **Objeto de estudio:** Optimización de recursos.
- **Campo de acción:** Teoría de Restricciones (TOC).
- **Tema:** Optimización de recursos mediante la aplicación de Teoría de Restricciones (TOC) en empresa metalmecánica de envases de hojalata.
- **Delimitación temporal:** Abril a Septiembre 2018.
- **Delimitación geográfica espacial:** Provincia Guayas, Cantón Guayaquil, Parroquia Pascuales, Parque Industrial Inmaconsa: Km. 12 de la vía a Daule.
- **Área:** Sistemas Productivos.

#### 1.5 Objetivos

Los objetivos de investigación están relacionados con la problemática señalada en el subnumeral 1.2.1, la cual deriva en el desarrollo del estudio y en el propósito que se quiere lograr mediante el análisis de los problemas y sus causas, así como de la propuesta que forma parte de los objetivos específicos.

##### 1.5.1 Objetivo general

Determinar las restricciones del sistema productivo de la sección de envases de hojalata, mediante la aplicación de la metodología TOC.

##### 1.5.2 Objetivos específicos

- Identificar las restricciones del sistema productivo de la sección de envases de hojalata.
- Explotar y minimizar las restricciones del sistema productivo para optimizar los

procesos de la sección de envases de hojalata.

- Evaluar la factibilidad financiera de la propuesta para minimizar las restricciones del sistema productivo.

## **1.6 Marco de referencia de la investigación.**

En el marco de referencia de la investigación se estipula entre otros aspectos, las teorías inherentes a las teorías de restricciones, que es el método principal de la investigación, a lo que prosigue el estado de arte, con estudios similares al presente, en otras circunstancias espaciales y el marco legal.

## **1.7 Marco Teórico**

La optimización de los recursos es una de las premisas más importantes de la Ingeniería Industrial, vinculada a toda la profesión de manera integral, no obstante, existen diversas metodologías creadas para lograr este objetivo, una de ellas se fundamenta en la teoría de restricciones, creada principalmente para establecer un mecanismo que facilite la identificación y explotación adecuada de los cuellos de botella, con el fin de elevar la productividad de los procesos.

En los siguientes sub-numerales del marco teórico, se hace referencia a la teoría de restricciones y a la optimización de los recursos o mejoramiento de la productividad de los procesos, a partir de la revisión bibliográfica de ambas variables, que forman parte esencial en el desarrollo de la investigación.

### **1.7.1 Teoría de Restricciones (TOC).**

La Teoría de las Restricciones, más conocida como TOC, debido a sus siglas en inglés, basa sus estudios en la ideología de que en todo sistema productivo, por lo general existe la presencia de un cuello de botella, convirtiéndose en un factor determinante, debido a que el cuello de botella es el que marca el ritmo dinámico-productivo de la cadena.

De acuerdo con los autores (González & Almeida, 2015) la TOC “es una filosofía de la gestión empresarial, con más incidencia en el mundo, basado en el esquema de una estructura compuesta por elementos interdependientes, similar al de una cadena, donde interviene un eslabón débil”.

Esta teoría se fundamenta en observar a un sistema como una generalidad, aceptando la idea de que cualquier tipo de asociación, ya sea como las empresas, industrias, entidades financieras, entre otras, que están conformadas por sectores o elementos que trabajan de

forma independiente, cumpliendo con una determinada función, que favorece en su totalidad a la institución.

Según (Calvachi & González, 2013) argumentan que esta teoría está asociada a “las diferentes áreas que integran una empresa, que persiguen fines locales, consiguiendo que la funcionalidad particular ejecutable de forma separada, que contribuirá con la gestión global de dicha entidad”.

En otras palabras, es importante reconocer a la empresa en su totalidad, pues la labor que realice cada departamento, contribuye con el resultado final de la institución, pero al mismo tiempo cada componente debe ser observado de forma diferenciada, con el objetivo de que puedan desarrollar funciones óptimas de modo interdependiente, que al final de la cuenta colabora con la sostenibilidad y sustentabilidad, para los procesos futuros.

De otra manera, estas medidas pueden ser vistas como aquellas operaciones que se ejecutan proporcionalmente para la consecución de una meta de interés general, donde las mejoras no solo serán percibidas por dichas áreas, sino que tendrán un impacto global.

#### ***1.7.1.1 Origen de la Teoría de Restricciones (TOC).***

A pesar de que la Teoría de Restricciones ha sido un recurso efectivo para el desarrollo de algunas compañías, no siempre mantuvo un papel relevante en cuanto a los procesos de producción, pues al principio paso desapercibido, y dichos logros se deben a la insistencia del fundador, del cual se hará mención en los siguientes sub-apartados.

Por su parte, (Pisco, 2013) menciona que “las TOC fueron conceptualizadas por primera vez por el físico israelí Eliyahu Goldratt, quién era el mayor accionista de la organización que se encargaba del diseño de software de programación de la producción”.

Este físico observó las falencias que se suscitaban en los sistemas de producción, ya que no lograban convencer al mercado, planificó una manera no convencional, de la cual trata su novela denominada “manufactura”, que poco después lo motivó a crear otra similar llamada “la meta”, donde enfocaba sus investigaciones a la teoría de las limitaciones.

De acuerdo con (Acero, 2014), “en un comienzo nadie se interesaba por la teoría de Eliyahu Goldratt, ni siquiera el coautor de la novela (Jeff Cox), quien no estaba interesado en recibir regalías, sino solo quería que le reconociera el trabajo y el tiempo empleado”.

Posteriormente a las contravenciones que se dieron antes de que las TOC fueran reconocidas nivel mundial, fueron múltiples, hasta que poco después una editorial intentó probar suerte y decidió publicar la obra de Goldratt, comenzando con una venta de 3000 copias, que para aquel entonces era una suerte que hayan sido colocadas, no obstante, en la actualidad de han generado más de cuatro millones de copias a nivel mundial, y han sido

aplicadas por diferentes compañías teniendo resultados eficientes en la realización de los procesos productivos.

### ***1.7.1.2 Pasos de la Teoría de Restricciones (TOC).***

La aplicación de la metodología TOC requiere de la aplicación de un sistema de pasos que son secuenciales y coordinados, de modo que en esencia, la teoría de restricciones se fundamenta en cinco puntos clave para que se pueda identificar las limitaciones de un proceso productivo y se pueda aportar con propuestas que contribuyan al fortalecimiento de la eficiencia.

Al respecto, (Acero, 2014) enfatiza en los pasos para llevar a cabo el TOC, tomado del libro la Meta de Eli Goldratt, en donde se establece el siguiente procedimiento:

- 1. Identificación de las limitaciones del sistema productivo, debido a que esta restricción o restricciones, puede condicionar la eficiencia de proceso productivo.
- 2. Decidir cómo explotarlas, es decir, que a través del diagnóstico, se debe tomar una decisión para que la limitación se reduzca al máximo.
- 3. Subordinar la explotación a la decisión anterior. En este momento sale a relucir el tambor, para que el funcionamiento del sistema productivo sea uniforme.
- 4. Superar la restricción del sistema. De modo que se pueda elevar su capacidad y mejorar la eficiencia de producción.
- 5. Volver al paso (1) de acuerdo a los principios de la mejora continua de Deming. (Pág. 25).

La aplicación de cada uno de los pasos del TOC contribuirá a mejorar continuamente la productividad del sistema productivo, al mantener en el largo plazo un equilibrio en las líneas de producción y minimizar el despilfarro.

### **1.7.2 Optimización de los recursos (productividad).**

Sin duda alguna, este término se encuentra asociado a la reducción de los costos, a la mínima utilización de materia prima, la actualización de las planificaciones organizativas, y la valoración de las gestiones financieras de forma estratégica, que garantizan el éxito de una empresa.

En conformidad con (Pú, 2013) la optimización de los recursos “consiste en la mejora de aquellos resultados, que aunque parecen ser positivos, pueden maximizarse, es decir, manejar una correcta administración de los mismos, aprovechando su utilidad”.

Esto significa que la observación de cada una de las funciones de una empresa no solo debe basarse en su eficiencia o en su eficacia de forma separada, es decir, que no solo se debe evaluar el cumplimiento de ciertas actividades, o la calidad que se emplea en el proceso de las mismas, sino que deben ser asimiladas de modo conjunto, convirtiéndose así

en la optimización de dichas facultades.

Un dato que no puede pasar desapercibido, es la descripción de las terminologías optimización y recursos, que de acuerdo con (Iturralde, 2014) “la primera es empleada en la ejecución de tareas realizadas con diligencia, agilidad y rapidez, mientras que la segunda hace referencia a todos los componentes que generan un grado de productividad”.

Finalmente, la empresa en estudio debe optimizar los recursos de producción para fortalecer el nivel de productividad, ganando menor equilibrio económico, a través de la aplicación de la teoría de restricciones (TOC), para proponer alternativas de solución que tiendan a la mejora continua de la productividad de la planta.

La productividad es una concepción de la excelencia con que se realiza un proceso, cuya medida en términos de producción o economía, destaca que “es la relación existente en el producto resultante de una actividad, en comparación con los recursos necesarios para obtenerla”.

Es decir, que la productividad establece cuánto se obtuvo y cuanto costo significó obtener el producto correspondiente, destacando que mientras mayor sea la producción y menores los costos, se está optimizando en mayor medida, porque se maximizan beneficios y se reducen costos.

## **1.8 Marco conceptual**

Inmerso al marco conceptual, se detalla un desenlace en relación al tópico, que tiene suma importancia en la presente investigación en tratamiento, que se enfoca en el fortalecimiento de la producción empleando las Teorías de Restricciones, para la consecución de resultados favorables de la empresa metalmecánica.

Al mencionar la teoría del TOC o de las limitaciones y restricciones es necesario definir cada uno de sus componentes que hacen posible esta metodología haciendo referencia a la función que tienen sus componentes, lo cual surge de las restricciones existentes en las plantas de procesos fabriles, por ello este tipo de metodología permitirá mejorar la velocidad de producción.

### **1.8.1 Restricción.**

Parte de la herramienta de gestión TOC es una importante técnica la cual se ha ampliado en su aplicación y difusión en las empresas fabriles la cual tiene una ideología de que el máximo desempeño de la empresa está determinada por muy pocos elementos “la restricciones”, por ello es de vital importancia determinar cuáles son, sus implicaciones y los elementos que interactúan para conseguir los objetivos empresariales.

Para (Gaudino, 2013) “las restricciones es aquel elemento que limita a conseguir los objetivos, siendo para la empresa el principal objetivo conseguir mayores objetivos de forma sostenible, el cual puede ser considerado como el cuello de botella cuyo capacidad es menor o igual a la se demanda” (p. 42).

Dicha teoría tiene como propósito ir de forma progresiva aumentar la capacidad de sus restricciones por medio de los diferentes pasos que tienen que ser seguidos para realizarlos, los cuales serán mencionados a continuación, pretendiendo el alcance de los o

En cuestión de las restricciones (Aguilera A. , 2014) considera que “es importante establecer el curso estratégico para su mejora por medio de los siguientes pasos:

- Identificación de las restricciones: conociendo cual es el elemento que determina los límites máximos de producción.
- Aprovechamiento de la capacidad de restricción realizando todas las actividades necesarias para operar en la capacidad máxima.
- Coordinación de elementos restantes que pe beneficien en la realización del aprovechamiento de la capacidad máxima.
- Aumentar la capacidad de la restricción mediante los pasos anteriores los cuales harán reiniciar al paso 1 pero con mayor productividad permitiendo el mejoramiento continuo.

Después de mejorar el rendimiento de los recursos que determinan el resultado y de subordinar las decisiones a ese propósito, se hace necesario elevar las restricciones del sistema, es decir aumentar su capacidad en los puntos críticos. Si el cuello de botella es una máquina, otra puede ser adquirida, sin embargo, en la mayoría de casos se pueden utilizar máquinas usadas y con capacidad limitada que no generan erogaciones adicionales de dinero.

### ***Cuerda***

La teoría de las restricciones refiere de tres términos que caracterizan a este método creado por Eliyahu Goldratt, entre los que se cita: la cuerda, el amortiguador y el tambor, cuyos elementos serán descritos en estos sub-numerales, iniciando por el primero que representa a la cuerda.

La cuerda, según (Lapore & Cohen, 2015) se refiere al “factor que ocasiona el enlace en el flujo de información hacia el tambor, para originar la liberación programada y sistemática de la materia prima, de modo que el ritmo del tambor pueda mantener el equilibrio de las líneas de producción”.

Esto significa que el cuello de botella tiene una secuencia lógica, que se origina precisamente en el sector o línea donde la capacidad es menor o se reduce, el cual está generando la restricción, siendo la cuerda el factor que proporciona la información necesaria para su identificación correcta.

### ***Amortiguador***

El segundo elemento al que hace referencia la teoría de restricciones es el amortiguador, que consta siempre en medio de la cuerda y del tambor, por lo tanto, es necesaria su concepción para determinar su importancia en este método.

El amortiguador, según (Estrategia focalizada, 2015) es “un factor de protección para minimizar el riesgo de tomar decisiones erradas, al respecto, esta dimensión se mide en tiempo, porque a través de este factor se asegura que el cuello de botella que genera tiempo improductivo se minimice” y de esta manera impacte en “la eliminación o reducción de la restricción”.

Si bien la cuerda y el tambor son los elementos de mayor importancia para el desarrollo de la metodología TOC, sin embargo, es necesario destacar la relevancia del amortiguador como factor de protección que asegurará que realmente el tambor elimine la restricción del sistema productivo.

### ***Tambor***

Finalmente, el elemento de la metodología TOC que contempla el enlace de tres dimensiones (Drum – Buffer – Rope), considera que el tambor es la dimensión de mayor relevancia para la eliminación de la restricción del sistema productivo, porque es el generador de la solución en sí misma.

El tambor, conocido por el término inglés Drum, según (Villagómez, Viteri, & Medina, 2014) se refiere al “ritmo en el cual el recurso que produce la restricción, debe trabajar, para ser confiable y ajustarse a los requerimientos de la producción”, de modo que el ritmo del tambor,” eliminará la restricción, para que cada línea o área del proceso productivo trabaje en similares condiciones”.

En efecto, el tambor tiene la capacidad de eliminar la restricción a través de la subordinación de la decisión a la explotación de la limitación, lo que debe elevar consecuentemente la productividad del proceso productivo, como refiere la metodología del TOC, una vez aplicado en la planta de esta empresa.

## 1.9 Marco referencial

En el marco referencial se buscaron algunas investigaciones que se encuentran inmersos dentro de la delimitación temporal de los últimos cinco años, para fundamentar la problemática del desperdicio y del tiempo improductivo, que guardan relación directa con el tema del presente estudio.

La primera investigación tomada del estado del arte fue de Pedro Reyes Delgado, quien planteó como objetivo mejorar la productividad de la línea de enrollados de SUPAN, para el efecto, como parte de la metodología del estudio empleó la teoría de restricciones (TOC), diagnosticando en el primer paso, que los defectos de la cámara de fermentación y las demoras en el enfundado de pan, actividad manual, limitan la eficiencia y generan tiempos improductivos más desperdicio. Se propuso reemplazar los rodamientos obsoletos por otros nuevos en la cámara de fermentación y la implementación de una máquina enfundadora, con lo que se pronosticó un crecimiento de la eficiencia en 15%. (Reyes, 2013).

La siguiente investigación fue de autoría de Ricardo Pisco, cuyo objetivo fue analizar las restricciones de la planta manufacturera, para eliminarlas y proponer planes de acción que permitan satisfacer la demanda de las restantes líneas de la planta manufacturera donde se delimitó el estudio. La restricción del sistema estuvo asociada a su vez al crecimiento de las ventas en el mercado regional y nacional, que fue abastecido por la planta de Guayaquil donde se generó la restricción, por lo que se planteó la compra de otra línea para minimizar esta problemática y fortalecer la eficiencia del sistema productivo. (Pisco R. , 2016).

En consecuencia, los estudios antecedentes evidenciaron la eficacia de la metodología TOC, para el diagnóstico y solución de los problemas referidos a líneas de manufactura de empresas reconocidas en la ciudad de Guayaquil, por lo tanto, se aplicará similar metodología en la empresa metalmecánica donde se delimita el estudio.

## 1.10 Marco legal

Posteriormente a la explicación que se precisó sobre las nociones básicas de las Teorías de Restricciones (TOC), es factible delimitar lo que establece la legislación vigente en el país, y cuáles son las normativas que regulan el comportamiento de estos procesos, fundamentándose en la Constitución de la República, el Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones y el Plan Nacional de Desarrollo “Toda Una Vida”, tal como serán expuestos en los siguientes sub-apartados.

### **1.10.1 Constitución de la República del Ecuador.**

La Ley Suprema es la principal fuente jurídica de regulación del país, y garantizadora de derechos protegidos por los diferentes instrumentos internacionales, la cual entro en vigencia el 20 de octubre del 2008, trayendo consigo una amplitud de disposiciones que fortalecen el establecimiento de medidas y protocolos que permitan la efectividad en los procesos de producción.

El Art. 320 de la Carta Fundamental establece que en todas las formas de organización relacionada a “los procesos de producción se estimulará una gestión participativa, cristalina y eficiente. La producción, en cualquiera de sus modalidades, se subordinará a los principios y normas de calidad, sostenibilidad, productividad sistémica, valoración del trabajo y eficiencia económica y social” (Asamblea Constituyente, 2008).

Esto significa que todas las organizaciones que enfoquen su actividad a los sistemas de producción, deberán sujetarse a las medidas elementales de calidad, desglosando la valorización del trabajo como un principio indispensable en estas gestiones, siendo esta una de las razones que motivaron a la realización de la presente investigación.

### **1.11 Formulación de la hipótesis y variables.**

A pesar que la presente investigación no requiere de la sustentación de una hipótesis, porque el diagnóstico que se lo realiza con base a herramienta de ingeniería, sin embargo, es necesario destacarla, así como las variables que la conforman.

#### **1.11.1 Hipótesis general.**

La identificación de las restricciones del sistema productivo de la sección de envases de hojalata mediante la aplicación de la metodología TOC, facilitará la explotación de las mismas y la optimización de los recursos en la empresa metalmeccánica.

#### **1.11.2 Variables. (Independientes y dependientes)**

- **Independiente:** Identificación de las restricciones del sistema productivo.
- **Dependiente:** Explotación de las restricciones y optimización de los recursos en la empresa metalmeccánica.

### **1.12 Aspectos metodológicos de la investigación.**

Se exponen en este punto, entre otros aspectos, el tipo de estudio, las técnicas de ingeniería que se realizará, así como también, la población muestra si el caso lo amerita, como se presentan en los siguientes subnumerales.

### **1.12.1 Tipo de estudio.**

El tipo de estudio que se llevará a cabo en la presente investigación, es descriptivo, cuantitativa y deductivo, cuyo detalle se explica en los siguientes ítems:

- Descriptivo: porque se realiza la identificación de las restricciones del sistema productivo, sin manipular las variables, contar con una base sólida para minimizar las restricciones y elevar la productividad de la planta.
- Cuantitativa: porque se utiliza operaciones estadísticas – matemáticas para conocer la productividad del sistema productivo en la sección de envases de hojalata y cuantificar las pérdidas económicas.
- Deductiva: porque parte de preceptos generales para proseguir con la identificación de las restricciones y contar con la base para promover la mejora continua que minimice las mismas y optimice los procesos productivos en la sección de envases de hojalata.

### **1.12.2 Método de investigación.**

El presente estudio tiene enfoque descriptivo y deductivo porque parte de preceptos generales para proseguir con la identificación de las restricciones y contar con la base para promover la mejora continua que minimice las mismas y optimice los procesos productivos en la sección de envases de hojalata.

### **1.12.3 Fuentes y técnicas para la recolección de información.**

La investigación se fundamenta en la aplicación de la observación directa, para el efecto, se elaboran registros documentales y también se toman los reportes de los tiempos improductivos y del desperdicio generado en el proceso en el primer semestre del 2018, con base en la teoría expresada en el marco teórico, para la aplicación de la metodología TOC.

Esto significa que se utilizarán como instrumentos investigativos los registros (tipo Check List) y los reportes de la empresa, debido a que las fuentes empleadas son de campo y documentales, respectivamente, para obtener los resultados que permiten la aplicación adecuada de cada uno de los pasos del TOC, para explotar las restricciones y elevar la productividad del proceso realizado en la sección de hojalata.

**Población y muestra.** – La población y muestra del estudio está representado por dos trabajadores de la planta de producción que trabajan en la línea de sección de hojalata, así como el personal enrolado en las cinco líneas de barnizado.

**1.12.4 Tratamiento de la información.**

La información se procesa en programas informáticos apropiados, en este caso un procesador de palabras y la hoja de cálculo para realizar las operaciones matemáticas que permiten identificar los cuellos de botella, cuantificarlos económicamente y explotarlos adecuadamente.

**1.12.5 Impactos y resultados esperados.**

La metodología TOC tiene como objetivo principal explotar de manera adecuada las restricciones de un sistema productivo, para elevar la productividad de la planta, las cuales deben ser identificadas previamente con base en un diagnóstico, cuya base constituye el fundamento de la propuesta.

## **Capítulo II**

### **SITUACIÓN ACTUAL Y DIAGNÓSTICO**

#### **2.1 Situación actual**

La empresa metalmecánica donde se delimita el estudio, fue fundada en 1973, se encuentra localizada en Guayaquil, específicamente en el Km 12 vía Daule, en el Parque Industrial Inmaconsa. Su objetivo esencial consiste en la fabricación de envases sanitarios metálicos, generalmente orientados a satisfacer las necesidades de envasado para conservas alimenticias, por ejemplo, en la industria pesquera, cárnica, de frutas, vegetales, entre las más importantes. (Envases del Litoral, 2018).

Las maquinarias utilizadas para su proceso de manufactura guardan conformidad con los requisitos exigidos por la tecnología moderna, contando además con personal con conocimientos y experiencia. La producción se dirige a cubrir la demanda del mercado nacional e internacional, sea directa e indirectamente, por medio de las exportaciones de conservas. (Envases del Litoral, 2018).

##### **2.1.1 Datos generales.**

En los siguientes apartados se hace referencia a la ubicación de la empresa y la conformación de la organización, la cual, corresponde a varios gerentes donde desarrollan un sin número de actividades.

###### **2.1.1.1 Ubicación.**

La empresa metalmecánica donde se delimita el estudio se encuentra ubicada a nivel macro, en la provincia del Guayas, cantón Guayaquil, en el sector denominado Parque Industrial Inmaconsa, situado a su vez en la parroquia Pascuales, en el Km 12 de la vía a Daule, como se presenta en el anexo N° 1. (*Ver Anexo 1*)

###### **2.1.1.2 Organización.**

La empresa metalmecánica se encuentra administrada en la actualidad por dos accionistas, quienes en conjunto con la alta gerencia, son los responsables del crecimiento y desarrollo de la compañía, cuyo número de empleados se encuentra cercano a los 400 trabajadores, contando al personal administrativo y de planta.

En el siguiente esquema se encuentra la estructura organizacional de la empresa metalmecánica, donde se encuentran ubicadas las principales áreas de esta organización con sus respectivos profesionales. (*Ver Anexo 2*)

Las actividades administrativas y operativas se encuentran clasificadas en las siguientes áreas:

- Gerencia General.
- Área administrativa.
- Finanzas y Contabilidad.
- Exportaciones.
- Importaciones.
- Compras.
- Ventas y Marketing.
- Servicios.
- Ingeniería.
- Producción.
- Calidad.

La organización de la empresa se basa a las múltiples funciones que se desarrollan por varios delegados expertos en las áreas asignadas, dentro de la junta de accionistas se conforma del presidente, vicepresidente y del gerente general, a su vez este consta de una secretaria y asistente de gerencia general y los respectivos encargados de la auditoria interna, un representante de la dirección y coordinador ISO 9001.

Por su parte, las siguientes áreas constan de un gerente para sus respectivas actividades, a continuación se distribuye los puestos de trabajo: El gerente de ventas está conformado por un subgerente en ventas, secretaria de ventas exportaciones, jefe de servicio técnico, asistente de venta, secretaria de ventas locales y jefe de bodega de los productos terminados.

El gerente de finanzas consta de profesionales encargados en secretaria y cobranza, jefe de importaciones, cajero, contador general y jefe de sistemas. Mientras que el gerente de producción abarca de jefe de seguridad industrial, jefe de aseguramiento calidad, jefe sanitarios embutidos, jefe de producción tapa abre fácil, asistente de gerencia de producción, jefe de corte, jefe de bodega de materia prima y jefe de producción KM15.

Por su parte, el gerente de proyectos tiene a su mando a un ayudante de oficina, jefe de diseño y desarrollo, bodeguero de almacén general, jefe de mantenimiento mecánico, jefe de dibujo técnico, jefe de taller mecánico y jefe de mantenimiento electrónico.

Y por último, el gerente administrativo consta de un supervisor de servicios generales, jefe de compras, a su vez el jefe recursos humanos lo conforma de médico, guardias, liquidador de sueldos y trabajadora social.

### 2.1.1.3 *Visión.*

Mantener permanentemente el liderazgo de mercado mediante el esfuerzo conjunto de nuestros Colaboradores, brindando excelentes Productos y Servicios a los Clientes. (Envases del Litoral, 2018).

### 2.1.1.4 *Misión.*

Desarrollar, fabricar y comercializar envases metálicos para conservas, mejorando continuamente los procesos, generando productos de valor agregado que contribuyan al progreso del país. (Envases del Litoral, 2018).

### 2.1.1.5 *Política de calidad.*

- Satisfacer a nuestros clientes.
- Fomentar el bienestar de nuestros colaboradores.
- Mejorar continuamente los procesos.
- Ser rentables. (Envases del Litoral, 2018).

### 2.1.1.6 *Actividad económica de la empresa.*

La empresa metalmecánica se encuentra localizado con el código 3 del CIU, debido a su actividad manufacturera, específicamente está identificada con el código 3819, que describe la manufactura de productos metálicos, con excepción de los equipos y maquinarias.

### 2.1.1.7 *Productos o servicios.*

La empresa se dedica a la fabricación de envases metálicos para cubrir la demanda de las empresas alimenticias, ya sea de la industria pesquera, procesadora de bebidas y lácteos, envasadora de frutas y de otros productos alimenticios, bien con tapa abre fácil o con la de tipo tradicional. Algunos de los tipos de envases más destacados que se llevan a cabo en esta empresa, son los siguientes:

**Tabla 1.** *Envases ovalados de 2 piezas*

<b>Estándar Americano</b>	<b>Dimensiones (mm)</b>	<b>Peso aprox. (gr)</b>	<b>Capacidad (onza fluidas)</b>
607 x 406 x 107	164 x 111 x 36	425	15
607 x 406 x 108	161 x 111 x 38	454	16
513 x 307 x 103	148 x 83 x 30	210	9

*Información obtenida de (Envases del Litoral, 2018). Elaborado por el autor.*

Los envases ovalados se utilizan generalmente para la industria pesquera, tanto para las fábricas de atún y de sardinas, como para otros tipos de bienes que elaboran estas mismas

compañías. Otro tipo de envase que manufactura la empresa metalmecánica, es el siguiente:

**Tabla 2.** *Envases redondos de 2 piezas*

<b>Estándar Americano</b>	<b>Dimensiones (mm)</b>	<b>Peso aprox. (gr)</b>	<b>Capacidad (onza fluidas)</b>
211 x 106	65 x 35	80	3
211 x 107	65 x 37	85	3
211 x 200	65 x 51	140	5
307 x 105,5	83 x 34	140	5
307 x 108	83 x 38	160	6
307 x 109	83 x 40	170	6
307 x 110	83 x 41	180	6
307 x 110,5	83 x 42	185	7
307 x 112	83 x 44	190	7
401 x 202	99 x 54	354	12
602 x 209	153 x 65	1000	35
603 x 210	153 x 67	1000	35

*Información obtenida de (Envases del Litoral, 2018). Elaborado por el autor.*

Los envases redondos de 2 piezas, se utilizan generalmente para la industria alimenticia, por ejemplo, para las conservas de durazno o de otras frutas, como para otros tipos de bienes que elaboran estas mismas compañías. Otro tipo de envase que manufactura la empresa metalmecánica, es el siguiente:

**Tabla 3.** *Envases de 3 piezas*

<b>Estándar Americano</b>	<b>Dimensiones (mm)</b>	<b>Peso aprox. (gr)</b>	<b>Capacidad (onza fluidas)</b>
202 x 308	52 x 89	170	6
202 x 403	52 x 106	200	7
211 x 106	65 x 35	80	3
211 x 201	65 x 52	145	5
300/214 x 407	73 x 113	425	15
307 x 109	83 x 39	165	6
401/315 x 202	99 x 54	354	12
401/315 x 208	99 x 63	400	14
401/315 x 407	99 x 113	750	27
401/315 x 411	99 x 119	800	28
603 x 209	153 x 65	1000	35
603 x 402	153 x 105	1000	35
603 x 404	153 x 108	1600	56
603 x 408	153 x 114	1700	60

*Información obtenida de (Envases del Litoral, 2018). Elaborado por el autor.*

Los envases de 3 piezas, satisfacen las necesidades de la industria de bebidas y alimenticia en general, clasificándose en diferentes tamaños y dimensiones.

#### ***2.1.1.8 Recursos productivos.***

Los recursos productivos corresponden a la materia prima, maquinarias y equipo, los cuales son necesarios para que la empresa desarrolle sus actividades de forma correcta, además de describir los procesos de producción y la capacidad de los productos.

##### *2.1.1.8.1 Materia prima.*

Las materias primas utilizadas en el proceso manufacturero de envases metálicos para la industria alimenticia en general, se citan las siguientes a saber:

- Láminas metálicas en rollos.
- Barnices interiores & exteriores.
- Compuestos sellantes
- Alambre de cobre. (Envases del Litoral, 2018).

Estos materiales e insumos deben ser de primera calidad y de avanzada tecnología, con aptitud comprobada para que puedan contener productos de consumo humano de manera inocua y segura. (Envases del Litoral, 2018).

Cabe destacar que en los últimos tres años, la empresa cambió de proveedor por cuestiones de reducción de costos, el proveedor de rollos de láminas metálicas era de nacionalidad alemana, pero actualmente es de nacionalidad china, lo que representó un ahorro para la industria, por concepto del 20% en el presupuesto destinado a esta materia prima.

##### *2.1.1.8.2 Maquinarias y equipos.*

La empresa metalmecánica cuenta con una infraestructura que tiene un área de 20.000 m<sup>2</sup>. La planta se encuentra clasificada de la siguiente manera:

- **Sección corte de hojalata:** Donde se desarrolla la investigación, es la primera fase del proceso.
- **Sección barnizado y litografiado:** Existían tres líneas de barnizado hasta junio del 2017, pero desde el segundo semestre del año 2017, entraron a funcionar dos líneas más, es decir, que alcanzaron cinco líneas de barnizado.
- **Sección sanitaria y embutido:** En esta sección se manufacturan los envases que tienen mayor demanda en el mercado, como es el caso de los embutidos para el envasado de atún y sardinas.
- **Sección tres piezas:** Esta sección realiza envases que son fundamentales en la cadena

alimenticia, están conformado por un cuerpo y dos tapas, y sus principales ventas son las sardinas, espárragos y palmitos.

- **Sección de tapas:** Hace referencia a la línea especializada en la manufactura de tapas abre-fácil y tradicionales.

La presente investigación hace referencia a las máquinas que se encuentran en la línea de corte, donde se delimita la problemática del estudio:

**Tabla 4.** Listado de máquinas de la línea de corte de hojalata

	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Marca</b>	<b>Línea</b>
<input type="checkbox"/>	03-008	Apilador 1 "C"	DEXTER	Línea de Corte
<input type="checkbox"/>	03-009	Apilador 2 "B"	DEXTER	Línea de Corte
<input type="checkbox"/>	03-010	Apilador 3 "A"	DEXTER	Línea de Corte
<input type="checkbox"/>	03-002	Carro transporte	LITELL	Línea de Corte
<input type="checkbox"/>	03-006	Catenaria	LITELL	Línea de Corte
<input type="checkbox"/>	03-007	Cizalla - Rodillo medidor	LITELL	Línea de Corte
<input type="checkbox"/>	03-011	Clasificador	LITELL	Línea de Corte
<input type="checkbox"/>	03-021	Control espesor hojalata	PRAT & WHITN	Línea de Corte
<input type="checkbox"/>	03-003	Des bobinador	LITELL	Línea de Corte
<input type="checkbox"/>	03-012	Detector de agujeros	HEDERMAN	Línea de Corte
<input type="checkbox"/>	03-005	Espejo inspección visual	LITELL	Línea de Corte
<input type="checkbox"/>	03-004	Flexador	LITELL	Línea de Corte
<input type="checkbox"/>	03-015	Panel de control	LITELL	Línea de Corte
<input type="checkbox"/>	03-017	Rodillos transportadores		Línea de Corte
<input type="checkbox"/>	03-019	Rodillos transportadores		Línea de Corte
<input type="checkbox"/>	03-018	Rodillos transportadores		Línea de Corte
<input type="checkbox"/>	03-024	Tablero eléctrico principal	SIEMENS	Línea de Corte
<input type="checkbox"/>	03-001	Volteador	LITELL	Línea de Corte
<input type="checkbox"/>	03-025	Volteador de bultos	WAGNER	Línea de Corte

*Información obtenida de (Envases del Litoral, 2018). Elaborado por el autor.*

Las máquinas de la línea de corte abastecen a todas las demás líneas de la planta que manufacturan envases de hojalata, a pesar que para identificar los cuellos de botella, se requiere identificar las capacidades de las máquinas de las líneas de barnizado y litografiado, así como las de embutido.

El mapa de procesos de la empresa metalmeccánica hace referencia a los procesos de gestión del negocio, que incluye la planificación estratégica y la mejora continua, continuado luego con los procesos de operación relacionados con la logística, compras, operaciones y ventas de los bienes manufacturados de la planta, complementado por los procesos de soporte inherentes a la administración de la infraestructura, tecnología y personal, donde intervienen todas las etapas, el aseguramiento de la calidad. (*Ver Anexo 3*)

Dentro de las operaciones del proceso de la producción de envases metálicos, se describieron las diferentes conexiones en cada línea, considerando las secciones de corte, barnizado e impresión, que tiene que tener secuencialidad y tratar de reducir los tiempos improductivos, situación que no se está cumpliendo adecuadamente en el tiempo. (*Ver Anexo 4*)

#### *2.1.1.8.3 Procesos de producción.*

Los principales procesos de producción en que se fundamenta la presente investigación están asociados a la línea de corte de hojalatas (donde se delimita el estudio) y el área de barnizado y litografiado, cuya eficiencia tiene repercusiones directas con la línea de corte, debido a que esta abastece a las máquinas barnizadoras.

En el área de corte de hojalata, se llevan a cabo los siguientes pasos del proceso productivo:

- Transporte de bobinas de láminas de acero con el montacargas, desde la bodega de materia prima hacia el área de corte.
- Preparación de la bobina (desempacar y alistar) para alimentar.
- Colocar en su respectiva posición en el volteador de bobinas.
- Se lleva por medio del carro transportador al des bobinador.
- Colocación en des bobinador para su respectiva operación.
- Transporte hacia el templador de hojalata también conocido como rodillos de acero, que tienen la función de templar la lámina.
- Enderezado de las láminas por medio de los rodillos de aceros
- Operación del detector de espesores de hojalata.
- Operación del sensor que detecta agujeros en las láminas de hojalata.
- Pasado estos controles, la hojalata se transporta hacia el troquel prescroll, que le otorga la longitud de corte a la lámina.
- Las láminas que han pasado todos los controles y han sido cortadas, van apilándose

en bultos de 1.700 y 1.300 según el tipo de producto.

- Enzunchado de bultos apilados para su transporte a la siguiente línea.

El siguiente proceso para la producción de envases para alimentos y frutas enlatadas, se realiza en el área de barnizado o litografiado. Para el efecto, se requiere que la Jefatura de área entregue una hoja técnica al personal responsable en cada turno, quien debe identificar el material a procesar, mediante el código de barniz, número de rodillo, así como otros detalles inherentes al peso de película, viscosidad, temperatura y las dimensiones específicas de la hojalata.

Los bultos identificados se transportan a la línea barnizadora, mediante la acción de los montacargas, que la colocan en una mesa de rodillos de acero que realiza la función de llevar el bulto a la fase de alimentación de láminas, trasladándolas por medio de bandas al sistema de barnizado, el cual está siendo abastecido por barniz con su respectiva bomba de succión, debe pasar por el rodillo de caucho el cual se aplica una capa de barniz en la lámina de hojalata cortada, para continuar por la banda de uretano hacia el horno, que seca este barniz a una temperatura de 204° C.

El horno que se encuentra en la línea de barnizado está conformado por tres zonas (calentamiento, curado y enfriamiento). Cuando el material se encuentra curado y salen del horno por medio de un transporte de cadenas con ganchos, las láminas se apilan por bulto mediante la acción de la mesa automática, en donde se encuentra un operador responsable de verificar e inspeccionar que el material salga en perfecto estado y luego enzunchar el material que a su vez es transportado a la sección de material terminado.

El flujograma de proceso trata de explicar la conexión y clasificación de las diferentes áreas de producción, donde se hace referencia a las decisiones que se toman cuando existen algunos requerimientos específicos de estos procesos, que son variables dependiendo si se van a fabricar envases de dos o tres piezas. (*Ver Anexo 5*)

#### *2.1.1.8.4 Capacidad de producción*

La secuencia de la investigación exige que se realice el primer paso de la metodología TOC, inherente a la identificación de las limitaciones del sistema productivo, a través de la determinación de la capacidad de producción, para el efecto se ha realizado el análisis de capacidades de líneas.

En primer lugar, se calcula la capacidad instalada de cada una de las líneas de producción, que son tres: impresión, barnizado y línea de corte de hojalata, como se presenta en el siguiente cuadro:

**Tabla 5.** Capacidades de líneas de producción de envases y tapas de hojalata

Línea de corte	Línea # 1		Línea # 2		Línea # 3	Línea # 4 y 5
	Barnizado	Impresión	Barnizado	Impresión	Barnizado	de Barnizado
Velocidad						
100	Veloc. 70	Veloc. 55	Veloc. 92	Veloc. 90	Veloc. 90	Velocidad 126
Lam/min	Lam/min	Lam/min	Lam/min	Lam/min	Lam/min	Lam/min (c/u)
6.000	4.200	3.300	5.520	5.400	5.400	7.560 c/u
132.000	92.400	72.600	121.440	118.800	118.800	166.320 c/u
2.640.000	1.848.000	1.452.000	2.428.800	2.376.000	2.376.000	3.326.400 c/u
33.000.000	23.100.000	18.150.000	30.360.000	29.700.000	29.700.000	41.580.000 c/u
80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
26.400.000	18.480.000	14.520.000	24.288.000	23.760.000	23.760.000	33.264.000 c/u

Información obtenida de (Envases del Litoral, 2018). Elaborado por el autor.

Todas las líneas de producción se reducen al 80%, debido al tiempo de trabajo de las máquinas, excepto las barnizadoras 4 y 5, que se irán ocupando dependiendo de los requerimientos de producción. Mientras que en el siguiente cuadro se presenta el detalle de la producción y eficiencia de las líneas de la planta de la empresa metalmeccánica.

**Tabla 6.** Producción y eficiencia de líneas

Año	Línea de corte	% Impresión	% Barnizado Línea 1	% Impresión	% Barnizado Línea 2	% Barnizado Línea # 3	% Barnizado líneas 4-5					
2013	19.194.184	73	8.457.631	73	13.551.995	73	18.751.115	79	22.251.447	92	21.706.041	91
2014	21.715.360	82	6.374.877	44	9.716.846	53	15.512.510	65	22.877.816	94	21.242.138	89
2015	21.986.271	83	7.426.635	51	9.584.705	52	11.544.900	49	23.897.311	98	22.612.411	95
2016	23.683.766	90	4.551.223	31	14.238.734	77	12.897.630	54	24.717.123	102	22.787.266	96
2017	20.540.275	78	6.300.384	43	8.864.301	48	17.238.760	73	21.858.399	90	21.306.715	90
												19.077.452 c/u (2018)

Información obtenida de (Envases del Litoral, 2018). Elaborado por el autor.



Cuando se implementaron las dos nuevas líneas de barnizado en el segundo semestre del 2017, la alta dirección planificó dos turnos de doce horas de trabajo en la línea de corte, por lo que como las cinco líneas de barnizado entraron a trabajar a partir de enero del 2018, por cuestiones del montaje y adecuación de la planta a estas dos líneas nueva de barnizado, entonces, la proyección de la producción fue con dos turnos de doce horas en la sección de corte de hojalata, para abastecer a las dos nuevas líneas de barnizado, ocupándose la capacidad instalada de corte en 177% en el primer turno y 85% en el segundo turno.

Si bien es cierto, la alta dirección ya tomó la decisión de trabajar dos turnos de doce horas en la línea de corte, en la cual se trabaja actualmente un solo turno de doce horas, sin embargo, las no conformidades en la producción pueden generar dificultades para que la línea de corte cubra los requerimientos de las cinco líneas de barnizado.

### **2.1.2 Registro de problemas.**

Lo manifestado en el último párrafo del sub-numeral anterior, destaca la importancia de controlar las no conformidades en la línea de corte de hojalata, la cual hasta el 2018 no requirió mayor preocupación de la alta dirección, debido a que los trabajadores trabajaron uno o dos horas extras para abastecer la demanda de la línea de barnizado.

No obstante, al entrar en funcionamiento las dos líneas barnizadoras nuevas, a partir del enero del 2018, y la empresa trabajó doce turnos en la línea de corte de hojalata, entonces, estos problemas que afectaron la eficiencia de la planta de producción de envases y tapas de hojalatas, influyeron para que la línea de corte no pueda abastecer los requerimientos de la siguiente línea (barnizado), generándose el cuello de botella, que debe ser identificado y solucionado para que no continúe afectado la eficiencia de la planta de la empresa metalmecánica.

El detalle de los problemas que afectaron la eficiencia de los procesos productivos, está asociado a los siguientes cuadros, el primero que trata sobre el desperdicio de hojalatas: *(Ver Anexo 6)*

El tiempo improductivo fue igual a 39.646 minutos en el año 2017, representando el 15,56% del tiempo total laborable, es decir, que por cada 100 minutos, la línea de corte de hojalata solo trabajó 84,46 minutos y 15,56 minutos fueron improductivos.

Se observa también que este resultado coincide con lo expresado en el cuadro donde se enfrentaron las cinco líneas de barnizado y de corte de hojalata, evidenciando que la segunda línea en mención representó el 84,43% de la producción de las líneas de barnizado, trabajando un turno de 12 horas.

Esto significa que, a raíz que entraron en funcionamiento las dos líneas nuevas de barnizado en enero del 2018, se duplicó la producción y se tuvo el requerimiento de abastecer por lo menos el 90% de las necesidades de estas cinco líneas, por lo tanto, la línea de corte de hojalata no abasteció adecuadamente los requerimientos de las mismas, a pesar de trabajar en dos turnos, debido a las paralizaciones que afectaron al proceso actual de corte de hojalata. El registro de la empresa metalmecánica enfatizó en las siguientes causas del problema relacionado con los tiempos improductivos:

**Tabla 9.** Registro de causas de paros no programados. Año 2017.

Causas de paros	Minutos improductivos	Porcentaje (%)
<b>Causas de paros programados</b>	<b>24.609</b>	
Cambio de Bobinas – Calibración	11.784	29,72
Cambio de troquel Scroll – calibración	5.753	14,51
Cambio de Rodillo – Corte ( calibración )	3.322	8,38
Mecánico	1.773	4,47
Eléctrico	742	1,87
Cambio de troquel Recto – calibración	670	1,69
Falta de Personal	378	0,95
Limpieza de área	122	0,31
Auditoria	65	0,16
<b>Causas de paros no programados</b>	<b>15.307</b>	
Trabamiento de Láminas	5.462	13,78
Falla en calibración y Ajuste	5.446	13,74
Otros (fallas en operación)	2.372	5,98
Material Defectuoso	905	2,28
Corte de Energía Elec. - Aire - Gas	591	1,49
Falta de Pallets	200	0,50
Para por Montacargas	61	0,15
<b>Total</b>	<b>39.646</b>	<b>100,00%</b>

Información obtenida de (Envases del Litoral, 2018). Elaborado por el autor.

Las causas principales de los paros programados que afectaron la eficiencia de la línea de producción, fueron el cambio de bobinas para calibración (29,57%), el cambio de troquel recto para calibración (14,51%), el cambio de rodillo para calibración (8,38%). En cuando a las causas más relevantes de los paros no programados, fueron la calibración y ajuste de la línea de corte (13,74%), y el trabamiento de las láminas con 13,78%, de acuerdo al reporte de la línea de corte de hojalata de la empresa metalmecánica.

## 2.2 Análisis y diagnóstico

Se realizó el análisis y diagnóstico de los problemas, con base en la aplicación del análisis de Wilfredo Pareto, con el cual se demostró estadísticamente la relación 80-20

existente entre las principales causas de los problemas. Luego, se abordaron las causas de la problemática planteada, enfatizando en las sub-causas que se derivan de la principal, en cada uno de los componentes estudiados, para lo cual fue necesario la utilización del diagrama de Ishikawa.

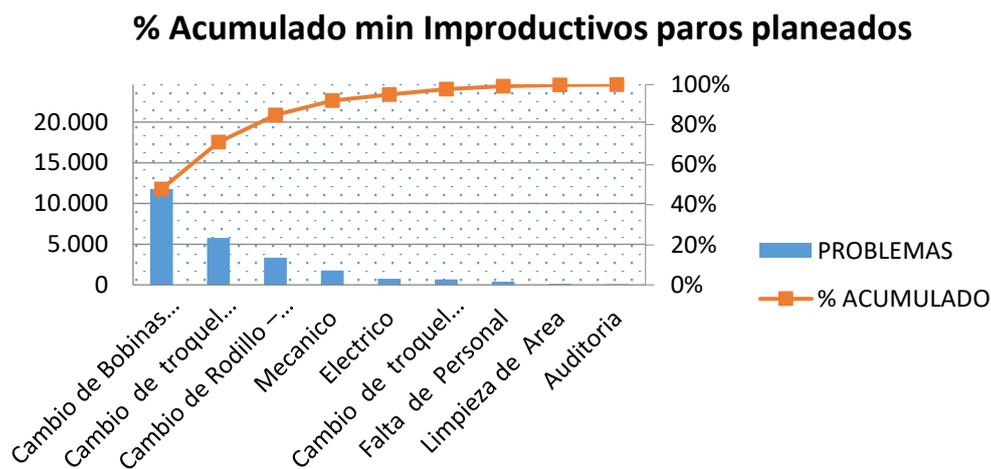
### 2.2.1 Análisis de datos e Identificación de problemas.

Para cumplir con el primer paso de la metodología TOC, relacionado con la identificación de las limitaciones del sistema productivo, se procedió a construir el diagrama de Pareto (**ver figura 1 y 2**), a partir del análisis de frecuencia de los problemas, en este caso, con relación al tiempo perdido por cada causa del tiempo improductivo. Para ello, se tomaron como referencia los datos inherentes a las causas de los paros no programados en la línea de corte de hojalata de la planta de producción de envases y tapas metálicas de la empresa metalmecánica donde se delimita el estudio, para lo que se construyó el siguiente análisis de frecuencias:

**Tabla 10.** Análisis de frecuencias de paros planeados de la producción

Problemas	Frecuencia Observada: minutos improductivos	% Paralización	Frecuencia Acumulada	Frecuencia % Acumulado
<b>Paros planeados</b>				
Cambio de Bobinas – Calibración	11.784	29,72 %	11.784	48%
Cambio de troquel Scroll – Calibración	5.753	14,51 %	17.537	71%
Cambio de Rodillo – Corte ( calibración )	3.322	8,38 %	20.859	85%
Mecánico	1.773	4,47 %	22.632	92%
Eléctrico	742	1,87 %	23.374	95%
Cambio de troquel Recto – Calibración	670	1,69 %	24.044	98%
Poco personal	378	0,95 %	24.422	99%
Limpieza de Área	122	0,31 %	24.544	100%
Auditoria	65	0,16 %	24.609	100%
<b>24.609</b>				

Información obtenida de (Envases del Litoral, 2018). Elaborado por el autor.



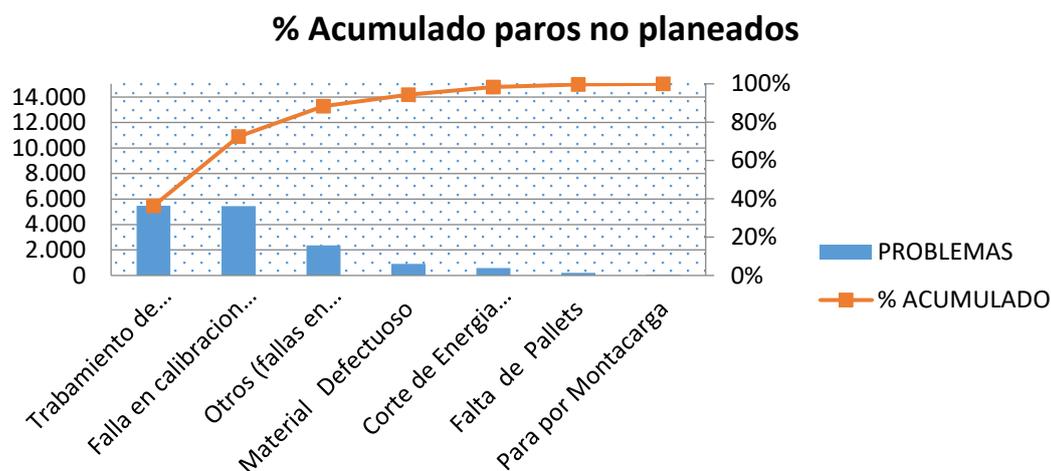
**Figura 1.** Diagrama de Pareto, en minutos improductivos, 2017. Información adaptada a (Envases del Litoral, 2018). Elaborado por el autor.

Las principales causas de los paros no programados en la línea de corte de hojalata, son: el trabamiento de las láminas y las fallas de calibración y ajustes con el 73% de incidencia del total de paros no programados. Con relación a las principales causas de los paros programados, en cambio, se citan el cambio de boninas, de troqueles Scroll y de rodillo de corte, para calibración, las cuales representan el 85% de los paros programados.

**Tabla 11.** Análisis de frecuencias de paros no planeados de la producción

<b>Problemas</b>	Frecuencia Observada: minutos improductivos	% Paralización	Frecuencia Acumulada	Frecuencia % Acumulado
<b>PAROS NO PLANEADOS</b>				
Trabamiento de láminas	5.462	13,78 %	5.462	36%
Falla en calibración y ajuste	5.446	13,74 %	10.908	73%
Otros (fallas en operación)	2.372	5,98 %	13.280	88%
Material Defectuoso	905	2,28 %	14.185	94%
Corte de energía eléctrica Aire – Gas	591	1,49 %	14.776	98%
Falta de Pallets	200	0,50 %	14.976	100%
Para por Montacargas	61	0,15 %	15.037	100%
	<b>15.037</b>			
<b>TOTAL TIEMPO PARALIZADO</b>	<b>39.646</b>	<b>100,00 %</b>		
<b>TOTAL TIEMPO PROGRAMADO</b>	<b>254.795</b>			

Información obtenida de (Envases del Litoral, 2018). Elaborado por el autor.



**Figura 2.** Diagrama de Pareto, en minutos improductivos, 2017. Información adaptada a (Envases del Litoral, 2018). Elaborado por el autor.

Por esta razón, se pone de manifiesto que las fallas en la calibración ocurridas en la línea de corte de hojalata, junto con el trabamiento de láminas, por un lado, así como el cambio de bobinas, troqueles y rodillos, por la otra parte, son las causas principales que ocasionan el tiempo improductivo en esta línea, lo que generó como consecuencia que no se pueda abastecer los requerimientos de las cinco líneas de barnizado, que entraron a funcionar en conjunto, a partir de enero del 2018.

Para contar con una idea más clara de la situación actual de la problemática de los paros no programados en la línea de corte de hojalata, se ha utilizado como herramienta para definir el diagnóstico de la condición de esta línea, el análisis causa – efecto que detalla la relación existente entre ambos componentes de los problemas.

**a) Causas asignables a las maquinarias:**

- Cambio de bobinas para calibración de los mismos.
- Cambio de troquel Scroll y recto para calibración de los mismos.
- Cambio de rodillo para realizar el corte de las bobinas y láminas, que generalmente se realiza por turno o por requerimiento de la producción.

**Efectos:** Tiempos improductivos.

**b) Causas asignables a la mano de obra:**

- Limpieza inadecuada del área de corte.
- Fallas en calibración y ajuste de los cuadradores por parte del personal.

**Efectos:** Tiempos improductivos.

**c) Causas asignables al proceso:**

- Corte de energía durante el proceso productivo.
- Demoras en el volteado de la bobina.

**Efectos:** Tiempos improductivos.

**d) Causas asignables a la materia prima:**

- Trabamiento de láminas por la calidad inadecuada del material.
- Cuadradores desgastados debido a rebabas de la bobina.
- Material defectuoso.

**Efectos:** Tiempos improductivos.

El diagrama causa – efecto cuyo creador fue Kaoru Ishikawa, tiene la forma de una espina de pescado, en cada una de sus ramas se detallan las causas de los paros no programados, así como sus sub-causas, para el efecto, se ha diseñado el siguiente esquema: (*Ver Anexo 7*)

Si se analizan en conjunto los resultados obtenidos con el diagrama de Pareto e Ishikawa, se pone de manifiesto que los cambios de bobina, troqueles y rodillos (paros programados), en conjunto con el trabamiento de láminas (derivado de la mala calidad del material, que genera rebabas) y la calibración y ajuste inadecuado de los mecanismos por parte de los operadores (paros no programados), son las causas de mayor relevancia que están generando el tiempo improductivo y la reducción de la eficiencia de la planta de producción en el área de cortado de hojalata.

**2.2.2 Impacto económico de problemas.**

Las pérdidas económicas se obtienen a partir de la cuantificación del tiempo improductivo en el área de hojalata. El cálculo del costo unitario de la hora improductiva, se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Costo unitario de hora – hombre} = \frac{\text{Sueldo mes x No. Operadores}}{\text{Horas mensuales}}$$

$$\text{Costo unitario de hora – hombre} = \frac{\$600,00 \times 20 \text{ operadores}}{(30 \text{ días} \times 8 \text{ horas})}$$

$$\text{Costo unitario de hora – hombre} = \frac{\$12.000,00}{240 \text{ horas}}$$

$$\text{Costo unitario de hora – hombre} = \$50,00$$

El costo unitario de la hora – hombre improductiva es igual a \$50,00 con el cual se calculó la pérdida económica generada por el tiempo improductiva, reconociendo que el monto de la hora – máquina improductiva es de \$30,00, es decir:

$$\text{Hora improductiva} = \text{hora – hombre} + \text{hora – máquina}$$

$$\text{Hora improductiva} = \$50,00 + \$30,00$$

$$\text{Hora improductiva} = \$80,00$$

El costo de la hora improductiva de \$80,00 sirve para la obtención de la pérdida económica:

**Tabla 12.** *Pérdida económica anual*

<b>Problemas</b>	<b>Tiempo improductivo en horas</b>	<b>Costo por hora improductiva</b>	<b>Pérdida económica anual</b>
<b>Paros planeados</b>			
Cambio de Bobinas – Calibración	196,40	80,00	15.712,00
Cambio de troquel Scroll – Calibración	95,88	80,00	7.670,67
Cambio de Rodillo – Corte (calibración)	55,37	80,00	4.429,33
Mecánico	29,55	80,00	2.364,00
Eléctrico	12,37	80,00	989,33
Cambio de troquel Recto – Calibración	11,17	80,00	893,33
Poco personal	6,30	80,00	504,00
Limpieza de Área	2,03	80,00	162,67
Auditoria	1,08	80,00	86,67
<b>Subtotal 1</b>	<b>410,15</b>		<b>32.812,00</b>
<b>Paros no planeados</b>			
Trabamiento de Láminas	91,03	80,00	7.282,67
Falla en calibración y Ajuste	90,77	80,00	7.261,33
Otros (fallas en operación)	39,53	80,00	3.162,67
Material Defectuoso	15,08	80,00	1.206,67
Corte de energía eléctrica - Aire -- Gas	9,85	80,00	788,00
Insuficientes pallets	3,33	80,00	266,67
Para por montacargas	1,02	80,00	81,33
<b>Subtotal 2</b>	<b>250,62</b>		<b>20.049,33</b>
<b>Total tiempo paralizado</b>	<b>660,77</b>	<b>80,00</b>	<b>52.861,33</b>

*Información obtenida de (Envases del Litoral, 2018). Elaborado por el autor.*

La pérdida económica anual por concepto de los problemas observados en el área de hojalata de la planta de producción de envases de metal, es igual a \$52.861,33 anuales,

de los cuales \$20.049,33 corresponden a paros no programados y \$14.544,00 a las fallas en la calibración ocurridas en la línea de corte de hojalata, junto con el trabamiento de láminas.

### **2.2.3 Diagnóstico.**

Las tres principales causas de los paros no programados en la línea de corte de hojalata, son las fallas en la calibración ocurridas en la línea de corte de hojalata, junto con el trabamiento de láminas, por un lado, así como el cambio de bobinas, troqueles y rodillos, por la otra parte, son las causas principales que ocasionan el tiempo improductivo en esta línea, lo que generó como consecuencia que no se pueda abastecer los requerimientos de las cinco líneas de barnizado, que entraron a funcionar en conjunto, a partir de enero del 2018.

Si se analizan en conjunto los resultados obtenidos con el diagrama de Pareto e Ishikawa, se pone de manifiesto que los cambios de bobina, troqueles y rodillos (paros programados), en conjunto con el trabamiento de láminas (derivado de la mala calidad del material, que genera rebabas) y la calibración y ajuste inadecuado de los cuadradores por parte de los operadores (paros no programados), son las causas de mayor relevancia que están generando el tiempo improductivo y la reducción de la eficiencia de la planta de producción en el área de cortado de hojalata.

La pérdida económica anual por la ineficiencia que generaron los problemas en el área de hojalata de la planta de producción de envases de metal, fue igual a \$52.861,33 anuales, de los cuales \$20.049,33 corresponden a paros no programados y \$14.544,00 a las fallas en la calibración ocurridas en la línea de corte de hojalata, junto con el trabamiento de láminas, durante el periodo de investigación.

Por esta razón, será necesario el planteamiento de una propuesta que minimice el cuello de botella en la sección de corte de hojalata, para que las cinco líneas de barnizado que están funcionando actualmente, puedan abastecerse de manera eficiente, considerando en primer lugar el problema inherente a los paros no programados.

## CAPÍTULO III

### PROPUESTA

#### 3.1 Planteamiento de alternativas de solución

Determinadas las principales causas de paros no programados, como es el caso del trabamamiento de las láminas y las fallas en la calibración y ajustes, especialmente durante el cambio de bobinas, troqueles y rodillos, se ha planteado la propuesta para mejorar la eficiencia de la planta, considerando que ambas problemáticas ocasionaron el 73% de los paros no planeados en la sección de corte de hojalata de la planta de producción de la empresa metalmecánica.

Las alternativas de solución a los problemas observados que ocasionaron los paros no programados en la sección de hojalata, están relacionadas con el mejoramiento de la calidad de la materia prima, en el caso del trabamamiento de las láminas, cuya causa principal está inmersa en los materiales, así como la implementación de un dispositivo (equipo) que minimice los desajustes en la calibración durante el cambio de bobinas, troqueles y rodillos.

Se destaca al respecto, que los paros programados no pueden ser eliminados, debido a que durante el proceso productivo que se ejecuta en la sección de corte de hojalata, es necesario el cambio de bobinas, troqueles y rodillos, lo que sí se puede evitar es el tiempo improductivo por causa de los desajustes en la calibración de estos equipos.

Conforme a la metodología abordada en la presente investigación, con relación al TOC, ahora se efectuará el segundo paso de este método, es decir, se decidirá cómo explotar las restricciones identificadas en la sección de hojalata de la planta de producción de envases metálicos, como se señaló en el segundo capítulo de este estudio, para reducir la limitación al máximo.

**Tabla 13.** *Alternativas de solución planteadas*

Consecuencia	Problema	Causa	Alternativa	Recursos
Paro no programado	Trabamamiento de Láminas	Materia prima de calidad baja	A: Cambio de proveedor de materia prima	Materias primas
Paro no programado	Falla en calibración y Ajuste	Instrumentos de baja precisión para la calibración	B: Implementación de servomotor para mejorar la precisión de la calibración en la línea de corte de hojalata	Motor para calibración de dispositivos en las líneas de hojalata

*Información obtenida del diagnóstico de la empresa. Elaborado por el autor.*

En la tabla se presenta el detalle de las alternativas de solución planteadas para enfrentar eficazmente los problemas que causaron paros no programados, diagnosticados en el capítulo anterior.

En los siguientes sub-numerales se presenta el detalle de las alternativas de solución A y B, relacionados con el cambio de proveedores de la materia prima, así como la implementación de servomotor para mejorar la precisión en la calibración de los dispositivos en la línea de corte de hojalata.

### 3.1.1 Planteamiento de alternativa de solución A: Cambio de proveedor de materia prima para mejorar la calidad de la misma y minimizar el riesgo de trabamiento de láminas.

La primera alternativa de solución planteada está asociada al cambio de proveedor de materia prima, para mejorar la calidad de la misma. Al respecto, se ha realizado una comparación entre las bobinas que son adquiridas al proveedor actual brasileño y las que se adquirieron hasta hace dos años atrás, desde Alemania.

En aquella época, específicamente en el año 2016, la crisis económica que atravesó el país debido al incremento de los precios del petróleo y la política de incremento de aranceles del gobierno anterior, encareció los precios de las bobinas metálicas provenientes de Alemania, por esta razón, el proveedor alemán fue reemplazado y se seleccionó a otro de nacionalidad brasileña, que ofreció las bobinas a menor costo, pero con una calidad inferior.

El costo de las bobinas metálicas alemanas fue de \$1.015,00 por cada tonelada, mientras que el costo de las bobinas brasileñas que se utilizan actualmente en la sección de hojalata, es de \$942,00 por tonelada, incluido flete y seguros, en ambos casos.

Por este motivo, se ha realizado un análisis comparativo para determinar las ventajas y desventajas de esta decisión de la alta dirección, con relación a los costos de las bobinas y el tiempo improductivo que se generó por esta problemática.

**Tabla 14.** Cuadro comparativo de costos y pérdidas por cambio de proveedor de bobinas metálicas. Periodo anual.

Descripción	Costos por tonelada	Cantidad TM	Subtotal	Pérdida económica por trabamiento de láminas	Costo total
Bobinas de procedencia brasileña	\$942,00	84	\$ 79.128,00	\$7.282,67	\$86.410,67
Bobinas de procedencia alemana	\$1.015,00	84	\$ 85.260,00		\$85.260,00
<b>Diferencia</b>	<b>-\$73,00</b>		<b>-\$6.132,00</b>	<b>\$7.282,67</b>	<b>\$1.150,67</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>-7,19%</b>		<b>-7,19%</b>		<b>1,33%</b>

Información obtenida del diagnóstico de la empresa. Elaborado por el autor.

El resumen del cuadro establece que cuando la empresa tomó la decisión de cambiar de proveedor de bobinas metálicas, consideró que por cada tonelada de bobina existía una diferencia de \$73,00, que representaba una disminución del 7,19% de los costos invertidos hasta el año 2015.

No obstante, en la actualidad, al considerar que las bobinas de procedencia brasileña están ocasionando el problema del trabamiento de láminas, entonces, esta reducción más bien se transformó en un incremento de costos, en el orden del 1,33% sobre el costo total obtenido (en términos monetarios, \$1.150,67), al sumar los costos de las bobinas alemanas en un periodo anual y las pérdidas económicas generadas por las láminas trabadas.

### **3.1.2 Planteamiento de alternativa de solución B: Implementación de motor para mejorar precisión en la calibración de dispositivos de la línea de corte de hojalata.**

El motor que se desea implementar para la línea de corte, que sustituirá a los dispositivos actuales para la calibración de los diferentes mecanismos de la línea de corte de hojalata, llamado servo, es un dispositivo de accionamiento para el control de precisión de velocidad, para motor y posición; mantiene un mejor desempeño y precisión frente a accionamientos mediante convertidores de frecuencia, porque suministra control de posición y mejora la velocidad. Los servomotores contienen en su interior los siguientes elementos a saber:

- Decodificador, que convierte el movimiento mecánico (giros del eje) en pulsos digitales interpretados por un controlador de movimiento.
- Driver, formado por un circuito para comandar posición, torque y velocidad.
- Zoom de una cámara de fotografías en la puerta de un ascensor.

Un servomotor se compone de los siguientes elementos a saber:

- Motor eléctrico: que genera el movimiento a través de su eje.
- Sistema de control: permite controlar el movimiento del motor mediante el envío de pulsos eléctricos.
- Sistema de regulación: formado por engranajes que permiten el incremento de la velocidad y el par o disminuirlas.
- Potenciómetro: conectado al eje central que permite saber el ángulo en el que se encuentra el eje del motor.

*(Ver Anexo 8)*

Los servomotores se utilizan en campos como la automatización industrial o la creciente cirugía robótica, con mejores opciones para el control y el aumento de la eficiencia, debido a la utilización de microcontroladores, que permiten mandar más pulsos de control al motor aumentando la precisión de movimiento y el rendimiento.

Además, las lecturas del potenciómetro por segundo son más frecuentes y eficaces, reduciendo el tiempo del proceso y controlando con mayor potencia mediante un circuito más pequeño. El microcontrolador incorpora la programación del recorrido, la posición central, la zona neutral, entre los más importantes.

Las ventajas que generará la implementación del servomotor en la sección de hojalata están referidas al decrecimiento del tiempo improductivo, porque la calibración de los dispositivos de la línea de corte, se realizarán de manera automática, solo con el control del operador, quien sí deberá realizar el cambio de rodillos, boninas y troqueles, pero en tiempos más prolongados.

Actualmente se realizan estos cambios de la siguiente manera: cada 2 turnos de 12 horas (un día) para las bobinas, cada 4 turnos de 12 horas para los troqueles y rodillos (dos días), requiriéndose 196,4 horas anuales para los cambios bobinas, 95,88 horas anuales para los cambios de troqueles y 55,37 horas anuales para los cambios de rodillos, un total de 347,65 horas de paros programados, a lo que se añade 90,77 horas perdidas por fallas en la calibración de estos dispositivos, en calidad de paros no programados, incrementándose el tiempo improductivo a 438,42 horas anuales.

Los beneficios de utilizar el servomotor, es que se reducirá el tiempo improductivo, al incrementarse el tiempo entre cambio de dispositivos, de la siguiente manera: cada 4 turnos de 12 horas (dos días) para las bobinas, cada 8 turnos de 12 horas para los troqueles y rodillos (cuatro días), requiriéndose 98,2 horas anuales para los cambios bobinas, 47,94 horas anuales para los cambios de troqueles y 27,69 horas anuales para los cambios de rodillos, un total de 173,83 horas de paros programados, eliminándose el tiempo improductivo de 90,77 horas perdidas, por concepto de las fallas en la calibración de estos dispositivos, por lo que el tiempo improductivo se reducirá en 264,60 horas anuales.

En el siguiente cuadro se presenta el detalle del cuadro comparativo entre la situación actual, versus el uso del servomotor, en la línea de corte de hojalatas de la planta de producción:

**Tabla 15.** Cuadro comparativo de ahorro de costos por uso del servomotor. Periodo anual.

Descripción	Tiempo improductivo actual por paros programados y no programados en horas	Reducción de horas de paros programados (reducción del 50%) y eliminación de paro no programado	Nuevo tiempo de paros programados y no programados
Cambio de bobina (programado)	196,4	98,2	98,2
Cambio de troquel (programado)	95,88	47,94	47,94
Cambio de rodillo (programado)	55,37	27,69	27,69
Fallas en calibración y ajuste (no programado)	90,77	90,77	0
<b>Total</b>	<b>438,42</b>	<b>264,60</b>	<b>173,82</b>

Información obtenida del diagrama de Pareto. Elaborado por el autor.

Con relación a los costos se destaca la siguiente reducción de costos, si se implementa la propuesta de instalación del servomotor en la línea de corte de hojalata, como se describe en el siguiente cuadro:

**Tabla 16.** Cuadro comparativo de ahorro de costos por uso del servomotor. Periodo anual.

Descripción	Costos actuales del tiempo improductivo por paros programados y no programados	Reducción de costos por paros programados (reducción del 50%) y eliminación de paro no programado
Cambio de bobina (programado)	\$15.712,00	\$7.856,00
Cambio de troquel (programado)	\$7.670,67	\$3.835,34
Cambio de rodillo (programado)	\$4.429,33	\$2.214,67
Fallas en calibración y ajuste (no programado)	\$7.261,33	\$7.261,33
<b>Total</b>	<b>35.073,33</b>	<b>\$21.167,33</b>

Información obtenida del diagrama de Pareto. Elaborado por el autor.

La empresa ahorrará \$21.167,33 si opta por la implementación del servomotor en la línea de corte de hojalata, de acuerdo al análisis comparativo efectuado.

### 3.1.3 Costos de alternativas de solución.

Los costos de las alternativas de solución fueron detallados en el análisis de cada alternativa, A y B respectivamente, sin embargo, en este sub-numeral se realiza un resumen de lo mencionado en los sub-numerales 3.1.1 y 3.1.2, enfatizando en la reducción de costos de la materia prima al cambiar de proveedor y el monto del servomotor, instalación y mantenimiento.

**Tabla 17.** *Costos de alternativas de solución.*

Costos	Costos
<b>Alternativa A</b>	Materia prima brasileña (propuesta) = \$86.410,67 Materia prima alemana (actual) = \$85.260,00 Ahorro de costos = \$1.150,67
<b>Alternativa B</b>	4 Servomotores: \$6.675,00 x 4 = \$26.700,00 Repuestos (5% servomotor): 1.335,00 Costo de instalación y montaje (5% servomotor): 1.335,00 Mantenimiento (8% servomotor): \$2.136,00

*Información obtenida del diagrama de Pareto. Elaborado por el autor.*

La alternativa de solución de cambiar de proveedor, para comprar las láminas metálicas a una empresa alemana que reemplace a las actuales procedentes de Brasil, generará un ahorro de \$1.150,67, mientras que la alternativa B, en cambio, requerirá una inversión de \$26.700,00 en los motores, a lo que se añaden los costos por repuestos, instalación-montaje y mantenimiento del activo fijo.

#### **3.1.4 Evaluación y selección de alternativas de solución.**

Una vez planteadas y analizadas las alternativas de solución correspondientes al cambio de proveedor y a la implementación del servomotor para la línea de corte de hojalata, se procedió a evaluar las alternativas, para cumplir con el tercer paso del TOC, que es subordinar la explotación a la decisión anterior, para que reluzca el tambor y mejore el balance de líneas.

Al respecto, se seleccionarán ambas alternativas de solución, tanto el reemplazo del proveedor de bobinas metálicas brasileñas, por las de Alemania, así como la implementación del servomotor para la línea de corte de hojalata, con cuya ejecución se espera el siguiente resultado en la capacidad de la sección de corte de hojalata.

**Tabla 18.** *Cuadro comparativo de ahorro de tiempo con la implementación de la propuesta.*

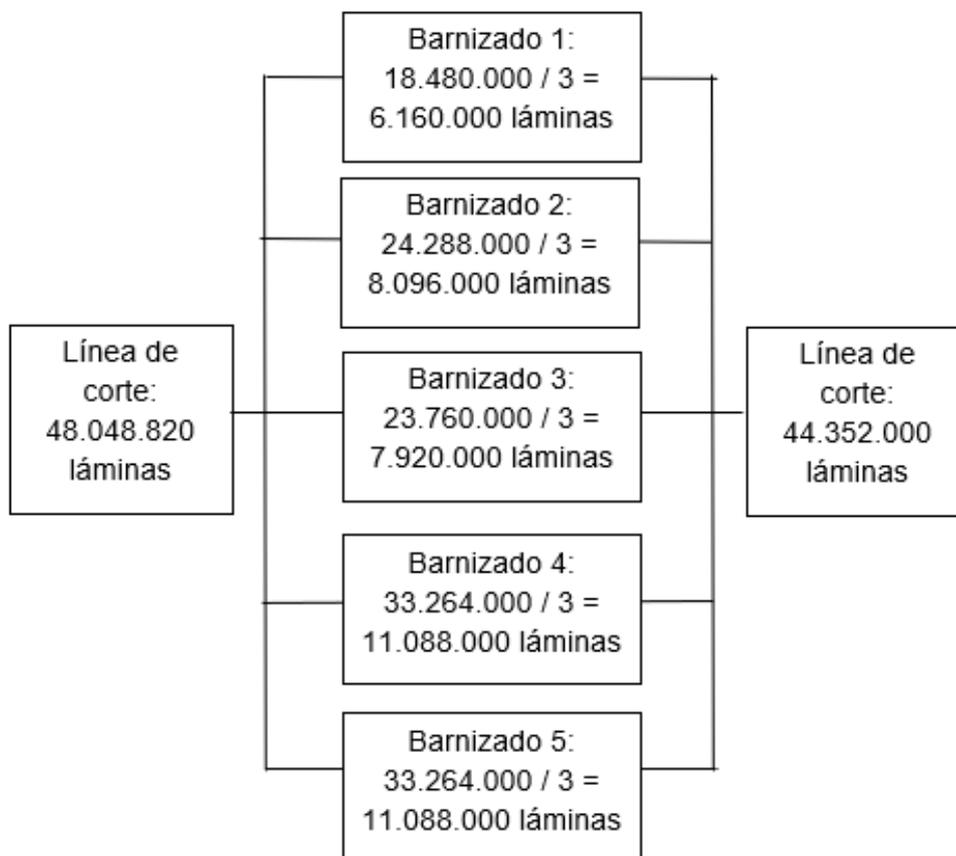
Detalle	Porcentaje actual	Línea corte (láminas) actual	Porcentaje propuesto	Línea corte (láminas) propuesta
Capacidad instalada		50.000.000		50.000.000
-Tiempo improductivo	15.56%	-7.780.000	3.0924% (reducción del 80,13% del tiempo improductivo)	-1.546.180
-Desperdicio	0.81%	-405.000	0.81%	-405.000
Capacidad máxima		41.815.000		48.048.820
Producción 2018		38.154.904		38.154.904
Pronóstico de producción 2019 (10% incremento)		41.970.394		41.970.394
Eficiencia		76,31%		87,35%

*Información obtenida de la comparación entre datos de la empresa y de la propuesta. Elaborado por el autor.*

Si la situación se mantiene como hasta el momento, la línea de corte de hojalata no podrá abastecer el incremento esperado del 10% de la producción, porque la capacidad máxima de la misma línea está limitada por los tiempos improductivos y el desperdicio, lo que reduce su capacidad instalada a 41.815.000 láminas, cuando el pronóstico esperado por la alta dirección es de 41.970.394 láminas, en rendimiento económico la cifra supera los \$30.000,00.

Sin embargo, si la alta dirección implementa la propuesta, plasmada en este capítulo, la capacidad máxima que puede ser utilizada será igual a 48.048.820 láminas, debido a que el tiempo improductivo se reduce en 80,13%, al eliminarse los paros no programados y minimizarse el tiempo de los paros programados; esto contribuirá a que la línea de corte de hojalata pueda soportar el incremento esperado de la producción de láminas, para bastecer adecuadamente los requerimientos de las líneas de barnizado.

Por otra parte, la implementación de la propuesta beneficiará el equilibrio de las líneas de corte de hojalata y de barnizado, para cumplir con el cuarto paso del TOC, el cual indica que se debe superar la restricción del sistema, para elevar la capacidad de la línea y mejorar la eficiencia de producción, que subió de 76,31% a 87,35% (incremento de 11 puntos porcentuales), presentándose a continuación el balance de líneas:



**Figura 3.** Propuesta de balance de líneas. Información adaptada a la comparación entre datos de la empresa y de la propuesta. Elaborado por el autor.

El balance de líneas refiere claramente que la línea de corte no solo contará con la capacidad suficiente para cumplir con los requerimientos del pronóstico de la producción para el año 2019, que será de 41.970.394 láminas, sino que también podrá abastecer a la línea de barnizado, cuya capacidad máxima es de 44.352.000 láminas, trabajando con cinco líneas, mientras que la línea de corte trabajará en dos turnos con una capacidad máxima de 48.048.820 láminas.

### 3.2 Evaluación económica y financiera

La evaluación económica de la propuesta incluye entre otros aspectos, el plan de inversiones relacionadas con las dos alternativas de solución escogidas para equilibrar las líneas de corte de hojalata y de barnizado, de acuerdo a la aplicación de la metodología TOC, cuyo detalle de costos y de la evaluación financiera, se presenta en los siguientes sub-numerales.

#### 3.2.1 Plan de inversión y financiamiento.

El plan de inversiones se clasifica en dos opciones: la primera alternativa se refiere al cambio de proveedor de materia prima, la cual está asociada a los costos de operación, mientras que la segunda alternativa requiere la inversión en activos fijos, en este caso, la adquisición de un servomotor, cuya descripción se presenta en el siguiente cuadro:

**Tabla 19.** Inversión en activos fijos.

<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo Total</b>
Servomotores	4	\$ 6.675,00	\$ 26.700,00
Repuestos	5% activo	\$ 26.700,00	\$ 1.335,00
Costo instalación y montaje	5% activo	\$ 26.700,00	\$ 1.335,00
<b>Total</b>			<b>\$ 29.370,00</b>

*Información obtenida de proveedores. Elaborado por el autor.*

La adquisición de los activos fijos requeridos para la implementación de la segunda alternativa, que tiene como propósito reducir los tiempos improductivos, al eliminar los paros no programados que se generan durante la calibración de los dispositivos de la línea de corte de hojalata, asciende a la cantidad de \$29.370,00.

Como se manifestó en el primer párrafo de este sub-numeral, la evaluación económica consta también de los costos de operación, los cuales son detallados en el siguiente cuadro:

**Tabla 20. Costos de operación**

<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Mantenimiento de activos	8% activo	\$ 26.700,00	\$ 2.136,00
<b>Total</b>			<b>\$ 2.136,00</b>

*Información obtenida de proveedores. Elaborado por el autor.*

La estrategia de cambiar de proveedor de materias primas, para que estas sean compradas desde Alemania y no desde Brasil, generará un ahorro para la empresa, el cual fue destacado en el 3.1.3, sin embargo, el costo de operación que ocasiona la adquisición de los servomotores, es el mantenimiento de los mismos, que representa el 8% de dichos activos, es decir, \$2.136,00.

La suma de ambas cifras destacadas en los dos cuadros inmediatos inferiores, representa la inversión total, la cual se detalla a continuación:

**Tabla 21. Inversión total**

<b>Detalle</b>	<b>Costos</b>	<b>%</b>
Inversión en activos fijos	\$ 29.370,00	93.22%
Costos de operación	\$ 2.136,00	6.78%
<b>Inversión total</b>	<b>\$ 31,506.00</b>	<b>100.00%</b>

*Información obtenida de la inversión en activos fijos y costos de operación. Elaborado por el autor.*

La suma de los costos de operación y la inversión total ascendió a la cifra de \$31.506,00. Al respecto, el monto de la inversión inicial en activos fijos será financiada a una tasa de interés anual del 14% y mensual de 1,17%, con un plazo para pagar de tres años, como presenta en el siguiente cuadro:

**Tabla 22. Datos para el financiamiento**

<b>Detalle</b>	<b>Costos</b>
Inversión inicial	\$ 29.370,00
Crédito Financiado (90% inversión fija) C	\$ 26.433,00
Interés anual:	14%
Interés mensual (i):	1,17%
Número de pagos en el transcurso de 3 años (n):	36

*Información obtenida de la inversión en activos fijos. Elaborado por el autor.*

Una vez que se conocen los datos del crédito que se debe financiar, se propone la aplicación de la siguiente ecuación para determinar el monto a pagar por cada mensualidad:

$$\text{Dividendo mensual} = \frac{\text{Capital} \times \text{Interés mensual}}{1 - (1 + \text{Interés mensual})^{-\text{número de meses}}}$$

$$\text{Dividendo mensual} = \frac{\$26.433,00 \times 1,17\%}{1 - (1 + 1,17\%)^{-36}}$$

**Dividendo mensual = \$903,42**

El dividendo que debe cancelar la empresa mensualmente por el crédito, es igual a \$903,42. Con este dato, se ha elaborado la tabla de amortización del préstamo, cuyo detalle específico se presenta a continuación: (*Ver Anexo 9*)

Con base en la tabla de amortización del crédito a financiar, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 23.** *Costos financieros*

Descripción	2019	2020	2021	Total
Costos financieros	\$ 3.224,15	\$ 2.086,63	\$ 779,24	<b>\$ 6.090,02</b>

*Información obtenida de tabla de amortización. Elaborado por el autor.*

En efecto, en el primer año de ejecución de las alternativas sugeridas, mediante la aplicación de la metodología TOC, se desembolsará \$3.224,15, en el segundo año \$2.086,63 y en el tercer año \$779,24, para totalizar \$6.090,02.

### **3.2.2 Evaluación financiera (Coeficiente beneficio/costo, TIR, VAN, Periodo de recuperación del capital).**

Una vez que se ha obtenido los montos de las inversiones requeridas para que la empresa metalmecánica implemente las alternativas sugeridas en este capítulo, se elaborará el balance económico de flujo de caja, pero en primer lugar se obtendrá el ahorro de las pérdidas económicas anuales, como se describe seguido:

- Ahorro de pérdidas anuales = Ahorro por cambio de proveedor de materias primas + ahorro por reducción de tiempo improductivo relacionados con la calibración de bobinas, rodillo y troquel.
- Ahorro de pérdidas anuales = \$1.150,67 + 21.167,60
- **Ahorro de pérdidas anuales = \$22.318,27**

El ahorro de las pérdidas económicas anuales asciende a la cantidad de \$22.318,27. Con este monto y los de las inversiones que se obtuvieron en el sub-numeral anterior, se procede a realizar el balance económico de flujo de caja:

**Tabla 24.** Balance económico de flujo de caja

Descripción	Periodos					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ahorro de pérdidas		\$ 22,318.27	\$ 22,987.82	\$ 23,677.45	\$ 24,387.78	\$ 25,119.41
Inversión fija Inicial	<b>(\$ 29,370.00)</b>					
<b>Costos de Operación</b>						
Mantenimiento de activos		\$ 2,136.00	\$ 2,136.00	\$ 2,136.00	\$ 2,136.00	\$ 2,136.00
Gastos por intereses		\$ 3,224.15	\$ 2,086.63	\$ 779.24		
<b>Cotos de Operación anual</b>		<b>\$ 5,360.15</b>	<b>\$ 4,222.63</b>	<b>\$ 2,915.24</b>	<b>\$ 2,136.00</b>	<b>\$ 2,136.00</b>
<b>Flujo de caja</b>	<b>(\$ 29,370.00)</b>	<b>\$ 16,958.12</b>	<b>\$ 18,765.18</b>	<b>\$ 20,762.21</b>	<b>\$ 22,251.78</b>	<b>\$ 22,983.41</b>
<b>TIR</b>	<b>58.11%</b>					
<b>VAN</b>	<b>\$ 68,440.35</b>					

*Información obtenida de la inversión en activos fijos y costos de operación. Elaborado por el autor.*

La propuesta generará un flujo de \$16.958,12 a favor, en el primer año de ejecución de la propuesta, mientras que en el quinto año esta será igual a \$22.983,41. Con estos resultados se debe comprobar los indicadores financieros inherentes a la Tasa Interna de Retorno (TIR) y Valor Actual Neto (VAN), que fueron obtenidos con base en la aplicación de las funciones financieras del programa Excel. Para el efecto, se requiere utilizar la siguiente ecuación financiera:

$$P = \frac{F}{(1 + i)^n}$$

En primer lugar, se llevará a cabo la comprobación de la tasa TIR, para el efecto, en la simbología de la ecuación financiera, el literal *i* representa el TIR y el *P* es la inversión en activos fijos, mientras que *F* son los flujos de efectivo y *n* el número de años. El desarrollo de la fórmula se presenta en el siguiente cuadro:

**Tabla 25.** *Comprobación de tasa interna de retorno*

<b>Año (n)</b>	<b>P</b>	<b>F</b>	<b>I</b>	<b>P</b>
2018 (0)	<b>\$ 29,370.00</b>			
2019 (1)		\$ 16,958.12	58.11%	\$ 10,725.28
2020 (2)		\$ 18,765.18	58.11%	\$ 7,506.11
2021 (3)		\$ 20,762.21	58.11%	\$ 5,252.51
2022 (4)		\$ 22,251.78	58.11%	\$ 3,560.32
2023 (5)		\$ 22,983.41	58.11%	\$ 2,325.78
<b>Total</b>			<b>Total</b>	<b>\$ 29,370.00</b>

*Información obtenida del balance económico de flujo de caja. Elaborado por el autor.*

La relación de igualdad entre el valor P de la ecuación, con la inversión inicial (\$29,370,00), refleja que la tasa TIR obtenida de 58,11% es correcta y que por lo tanto, la inversión es completamente viable, al superar este indicador a la tasa de descuento del 14%, que fue la tasa máxima interbancaria.

En segundo lugar, se llevará a cabo la comprobación del VAN, para el efecto, en la simbología de la ecuación financiera, el literal i representa la tasa de descuento y el P es el VAN, mientras que F son los flujos de efectivo y n el número de años. El desarrollo de la fórmula se presenta en el siguiente cuadro:

**Tabla 26.** *Cálculo del valor actual neto*

<b>Años (n)</b>	<b>P</b>	<b>F</b>	<b>i</b>	<b>P</b>
2018 (0)	<b>\$ 29,370.00</b>			
2019 (1)		\$ 16,958.12	14%	\$ 14,875.54
<b>2020 (2)</b>		<b>\$ 18,765.18</b>	<b>14%</b>	<b>\$ 14,439.20</b>
2021 (3)		\$ 20,762.21	14%	\$ 14,013.90
2022 (4)		\$ 22,251.78	14%	\$ 13,174.84
2023 (5)		\$ 22,983.41	14%	\$ 11,936.86
			<b>VAN</b>	<b>\$ 68,440.35</b>

*Información obtenida del balance económico de flujo de caja. Elaborado por el autor.*

El indicador del VAN es la sumatoria de los valores P parciales que suman la cantidad de \$ 68,440.35, este monto supera al de la inversión en activos fijos que es igual a \$29,370.00, por lo tanto, la inversión es completamente viable.

En tercer lugar, se llevará a cabo el cálculo del periodo de recuperación de la inversión, el cual utiliza la misma ecuación para calcular el valor del VAN. El desarrollo de la fórmula se presenta en el siguiente cuadro:

**Tabla 27.** *Cálculo del periodo de recuperación de la inversión*

<b>Años (n)</b>	<b>P</b>	<b>F</b>	<b>i</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
2018 (0)	<b>\$ 29,370.00</b>				<b>Acumulado</b>
2019 (1)		\$ 16,958.12	14%	\$ 14,875.54	\$ 14,875.54
<b>2020 (2)</b>		<b>\$ 18,765.18</b>	<b>14%</b>	<b>\$ 14,439.20</b>	<b>\$ 29,314.74</b>
2021 (3)		\$ 20,762.21	14%	\$ 14,013.90	\$ 43,328.65
2022 (4)		\$ 22,251.78	14%	\$ 13,174.84	\$ 56,503.48
2023 (5)		\$ 22,983.41	14%	\$ 11,936.86	<b>\$ 68,440.35</b>

*Información obtenida del balance económico de flujo de caja. Elaborado por el autor.*

De acuerdo al cálculo efectuado, en el segundo año los valores acumulados de los VAN parciales, son iguales al monto de la inversión inicial, esto significa que la inversión se recupera en 24 meses, menor a los cinco años en que se operó el balance económico de flujo de caja, demostrando que la inversión es viable.

El último indicador analizado es el coeficiente beneficio costo, el cual se obtiene al dividir el VAN sobre el monto de la inversión en activos fijos, como se detalla seguido:

$$\text{Coeficiente Beneficio / Costo} = \frac{\text{VAN}}{\text{Costo de inversión}}$$

$$\text{Coeficiente Beneficio / Costo} = \frac{\$60.539,10}{\$19.660,00}$$

$$\text{Coeficiente Beneficio / Costo} = 3,08$$

El coeficiente beneficio costo indica que, si la alta dirección de la empresa metalmecánica invierte en las alternativas de solución sugeridas en este capítulo, triplicará el monto invertido en el quinto año de ejecución de la propuesta, además de balancear las líneas de corte de hojalata y de barnizado, por lo tanto, la propuesta es conveniente de implementar.

Con base en estos resultados, la alta dirección puede realizar el quinto paso, que se refiere al regreso al primer paso, para proseguir la mejora continua y no paralizar el incremento de la productividad en la planta de producción.

### **3.3 Programación para puesta en marcha**

La propuesta para el balance de las líneas de corte y de barnizado, en la planta de producción de envases de hojalata de la empresa metalmecánica donde se delimitó el estudio, requiere una programación previa para su puesta en marcha, citándose las fases de crédito, adquisición de activos fijos, implementación en la planta y futura operación.

#### **3.3.1 Planificación y Cronograma de implementación.**

Con base en el antecedente citado en el párrafo anterior, se ha esquematizado el cronograma de implementación, utilizando como herramienta de gestión, el diagrama de Gantt, el cual hace referencia a las actividades que están inmersas dentro de las alternativas solución planteadas y seleccionadas. (*Ver Anexo 10*).

Las actividades programadas para la puesta en marcha de la propuesta, manifestaron que se requiere por lo menos 59 días para la implementación de la misma, ocupando la mayor cantidad de días, la adquisición de servomotores y la negociación con los proveedores, la primera corresponde a 51 días y la segunda 20 días.

### **3.4 Conclusiones y recomendaciones**

Las conclusiones hacen referencia a los objetivos planteados en la primera unidad, para el efecto se resumió los aspectos más importantes del diagnóstico y de las alternativas de solución seleccionadas en el planteamiento de la propuesta.

#### **3.4.1 Conclusiones.**

Se identificó que la línea corte de hojalata está siendo afectada por el tiempo improductivo y desde que se compraron dos líneas nuevas de barnizado (para sumar cinco), están suscitándose diversos problemas en la planta, dado que la línea de corte cuando se paralizó no pudo abastecer a las líneas de barnizado, identificándose que las causas de los paros no programados en la línea de corte, fueron las fallas en la calibración, trabamiento de láminas derivado de la mala calidad del material, que genera rebabas y la calibración inadecuada de mecanismos de la línea (paros no programados), cambio de bobinas, troqueles y rodillos, (paros programados), que generó una ineficiencia del 15,56%, con una pérdida de \$52.861,33 anuales.

Por esta razón, se planteó la propuesta para minimizar el cuello de botella en la sección de corte de hojalata, para que las cinco líneas de barnizado que están funcionando actualmente, puedan abastecerse de manera eficiente, de la línea de corte y así explotar adecuadamente la restricción, implementando un motor para la calibración de los dispositivos de la líneas de hojalata y cambiando de proveedor de materias primas,

reemplazando al proveedor brasileño por un alemán, lo que permite elevar la eficiencia de 76,31% a 87,35%.

La propuesta requiere una inversión de \$29,370.00, que será recuperada en el segundo año de implementada la alternativa de solución, generando una tasa TIR de 58,11% y un Valor Actual Neto de \$68,440.35, con un coeficiente beneficio / costo de 3,08, demostrando que la inversión es factible.

#### **3.4.2 Recomendaciones.**

El quinto y último paso TOC refiere que la alta dirección debe iniciar de nuevo por identificar los cuellos de botella que genera el tiempo improductivo, despilfarro, reproceso u otro factor que afecte la productividad de la planta de producción de envases metálicos, una vez que se implemente la propuesta que se recomendó en la presente investigación.

La recomendación principal es que la alta dirección implemente la propuesta de implementación de un motor para la calibración de los dispositivos de las líneas de hojalata y cambiando de proveedor de materias primas, reemplazando al proveedor brasileño por un alemán, para minimizar el cuello de botella en esta sección, para que las cinco líneas de barnizado que están funcionando actualmente, puedan abastecerse de manera eficiente desde la línea de corte y así explotar adecuadamente la restricción e incrementar la eficiencia de producción.

Se sugiere a las autoridades de la empresa que fortalezcan las también la línea de impresión, además de las de corte y barnizado, para que todas estas líneas puedan funcionar con la misma capacidad y eficiencia.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Teoría de Restricciones (TOC).** – De acuerdo con los autores (González & Almeida, 2015) la TOC “es una filosofía de la gestión empresarial, con más incidencia en el mundo, basado en el esquema de una estructura compuesta por elementos interdependientes, similar al de una cadena, donde interviene un eslabón débil”.

**Restricción.** – Para (Gaudino, 2013) “las restricciones es aquel elemento que limita a conseguir los objetivos, siendo para la empresa el principal objetivo conseguir mayores objetivos de forma sostenible, el cual puede ser considerado como el cuello de botella cuyo capacidad es menor o igual a la se demanda”

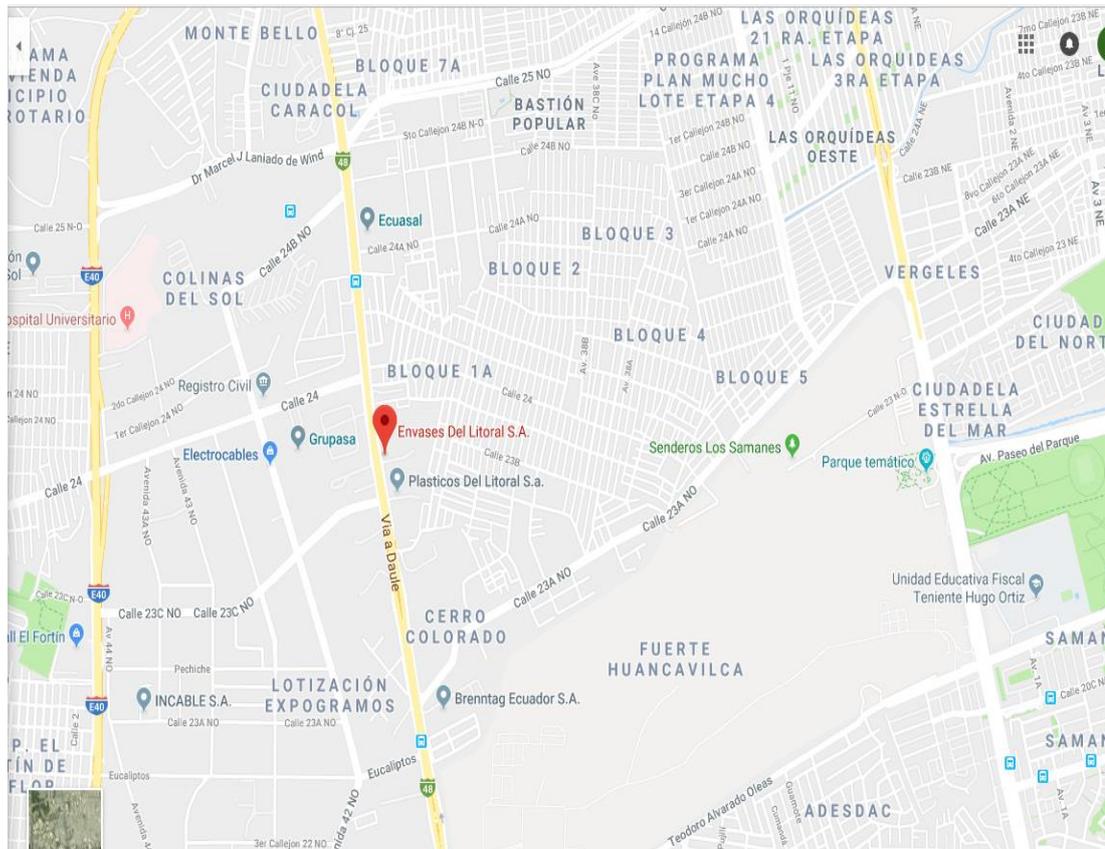
**Cuerda.** – La cuerda, según (Lapore & Cohen, 2015) se refiere al “factor que ocasiona el enlace en el flujo de información hacia el tambor, para originar la liberación programada y sistemática de la materia prima, de modo que el ritmo del tambor pueda mantener el equilibrio de las líneas de producción”.

**Amortiguador.** – El amortiguador, según (Estrategia focalizada, 2015) es “un factor de protección para minimizar el riesgo de tomar decisiones erradas, al respecto, esta dimensión se mide en tiempo, porque a través de este factor se asegura que el cuello de botella que genera tiempo improductivo se minimice” y de esta manera impacte en “la eliminación o reducción de la restricción”.

**Tambor.** – El tambor, conocido por el término inglés Drum, según (Villagómez, Viteri, & Medina, 2014) se refiere al “ritmo en el cual el recurso que produce la restricción, debe trabajar, para ser confiable y ajustarse a los requerimientos de la producción”

# **ANEXOS**

## Anexo 1. Ubicación Geográfica



**Figura 4.** Ubicación de la empresa metalmeccánica. Información adaptada del google map. Elaborado por el autor.

Anexo 2. Organigrama de la Empresa

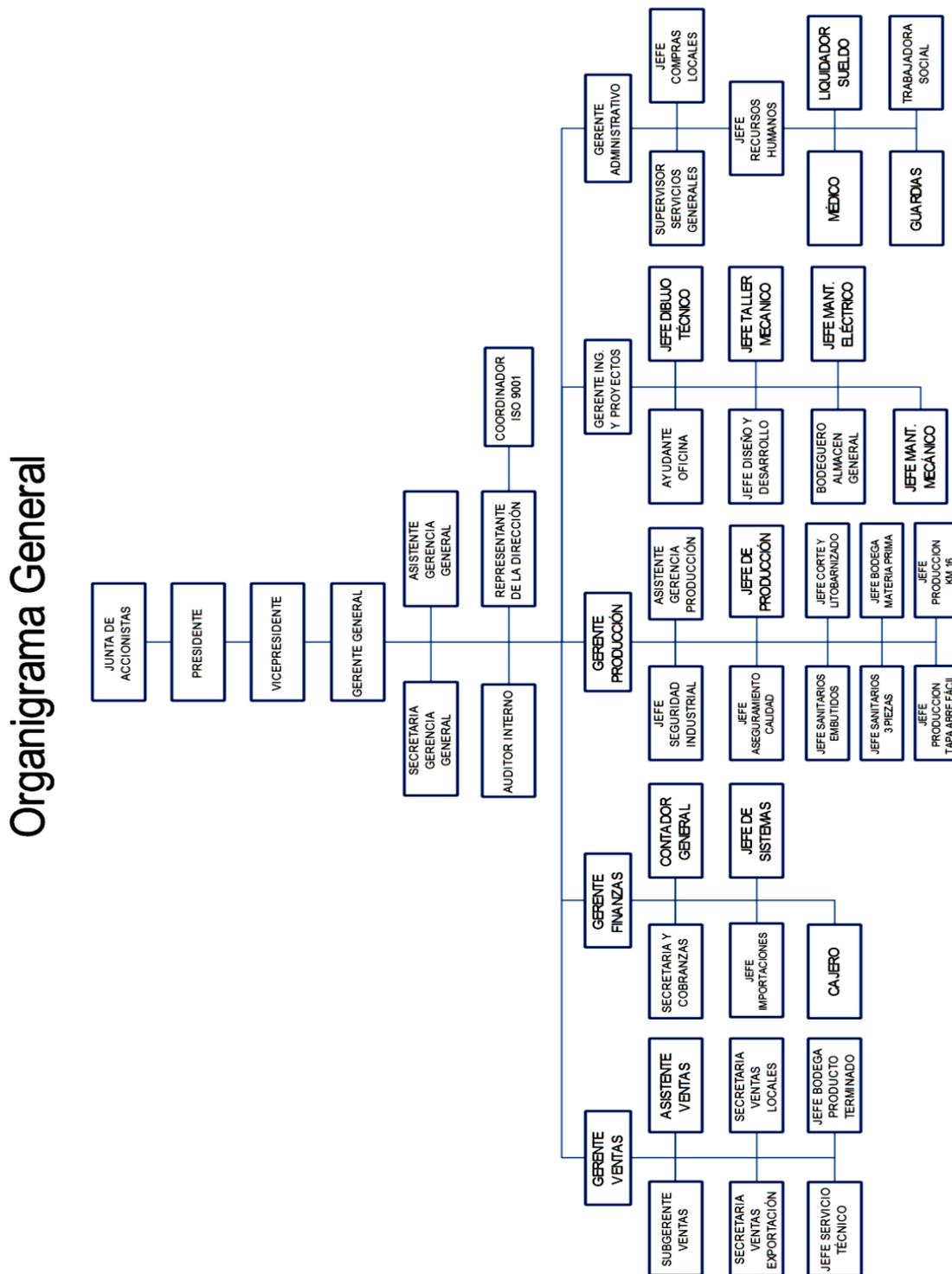
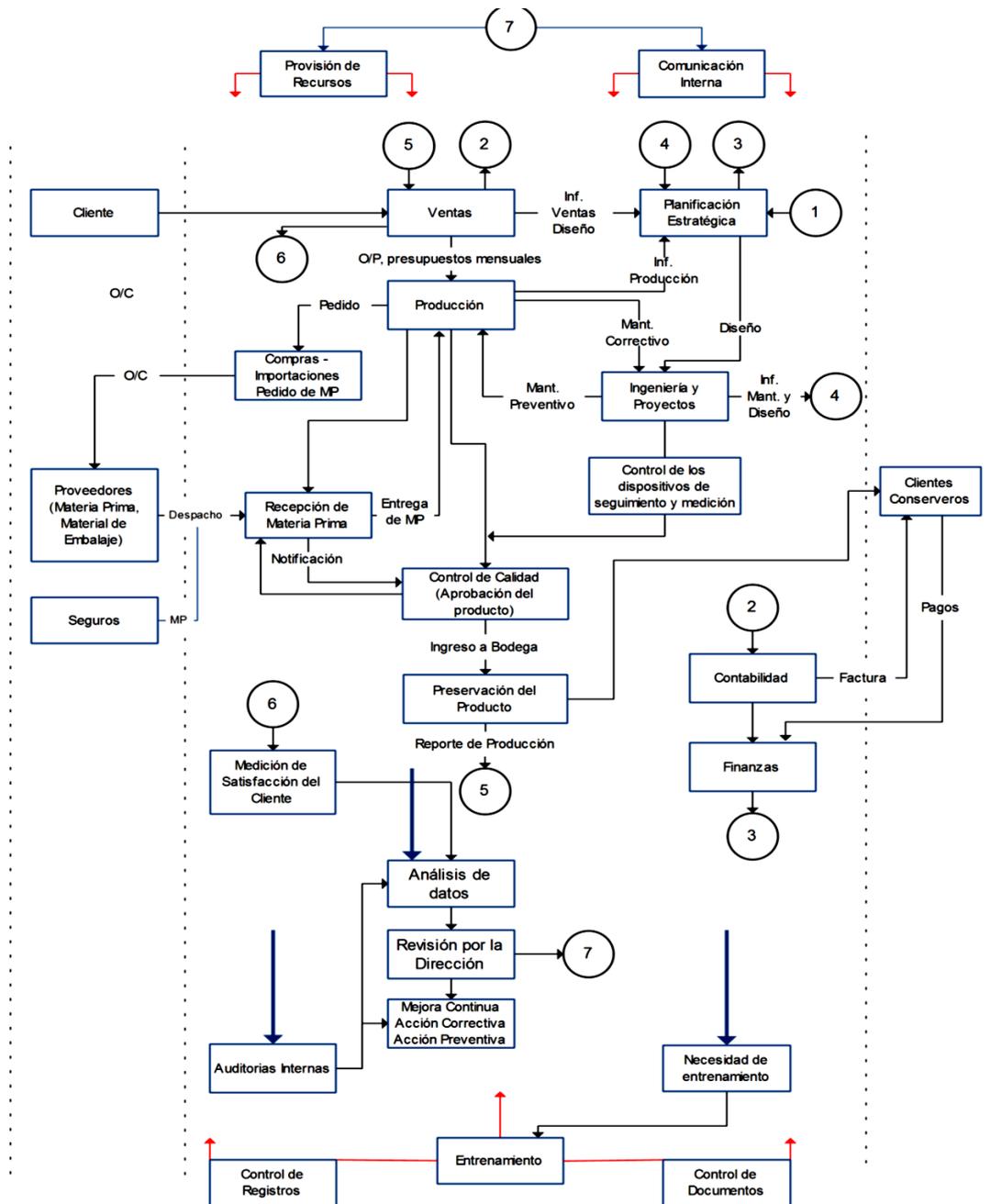


Figura 5. Organigrama de la empresa metalmecánica. Información adaptada a la investigación directa. Elaborado por el autor.

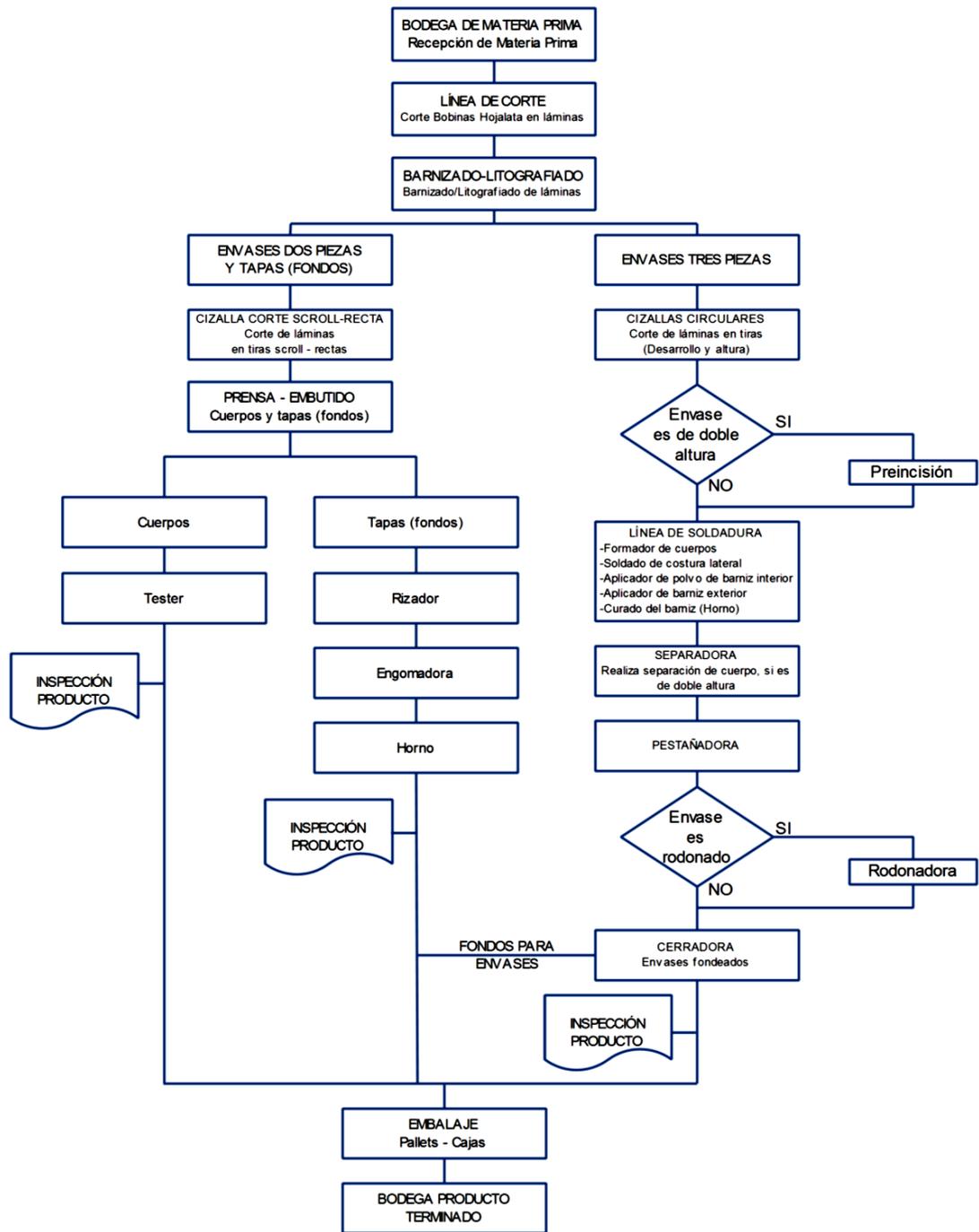


### Anexo 4. Diagrama de procesos.



Información obtenida de la empresa (Envases del Litoral, 2018) Elaborado por el autor.

### Anexo 5. Flujograma de procesos



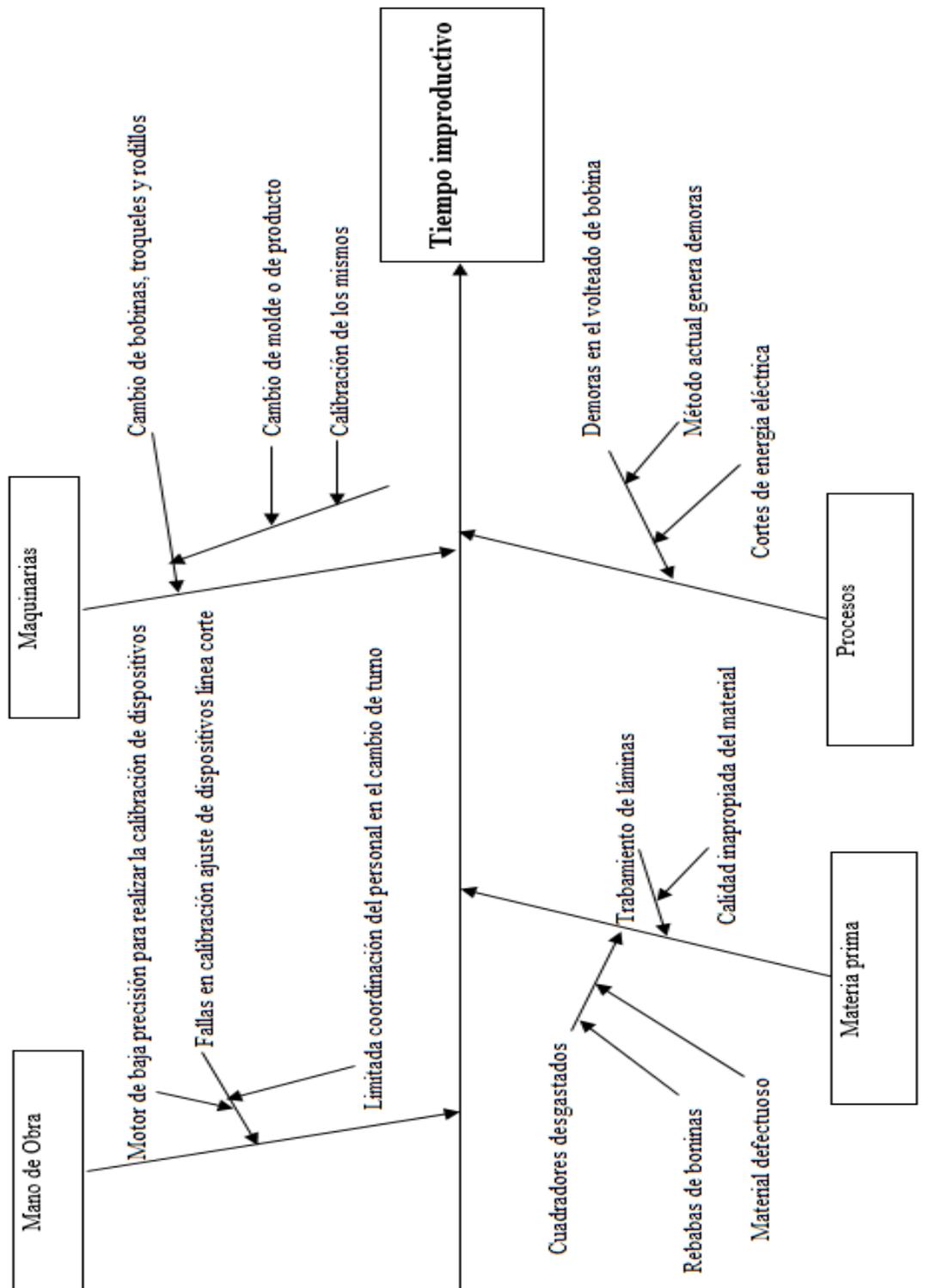
Información obtenida de la empresa (Envases del Litoral, 2018) Elaborado por el autor.

### Anexo 6. Detalle de problemas.

CORTE HOJALATA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
Kilos Buenos	1867288	1675667	1911140	1095736	1642887	1608208	1841945
Desperdicio	15756	14814	17947	5945	18131	17809	14804
Total Kilogramos	1883044	1690481	1929087	1101681	1661018	1626017	1856749
% Desperdicio	0,84	0,88	0,93	0,54	1,09	1,10	0,80
<b>TIEMPO IMPRODUCTIVOS</b>							
Total min Trabajados	19974	18768	20255	12561	18203	17401	20245
Tiempo perdido	2756	2622	4115	2214	4207	3659	4285
Tiempo Total	22730	21390	24370	14775	22410	21060	24530
% Desperdicio	12,12	12,26	16,89	14,98	18,77	17,37	17,47
<b>CORTE HOJALATA</b>							
	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	<b>TOTALES</b>	
Kilos Buenos	1834018	1633154	1727075	1382937	1416527	<b>19636582</b>	
Desperdicio	12239	10831	14469	7882	10152	<b>160779</b>	
Total Kilogramos	1846257	1643985	1741544	1390819	1426679	<b>19797361</b>	
% Desperdicio	0,66	0,66	0,83	0,57	0,71	<b>0,81</b>	
<b>TIEMPO IMPRODUCTIVOS</b>							
Total min Trabajados	19849	17395	18826	15769	15903	<b>215149</b>	
Tiempo perdido	3461	3605	2984	2831	2907	<b>39646</b>	
Tiempo Total	23310	21000	21810	18600	18810	<b>254795</b>	
% Desperdicio	14,85	17,17	13,68	15,22	15,45	<b>15,56</b>	

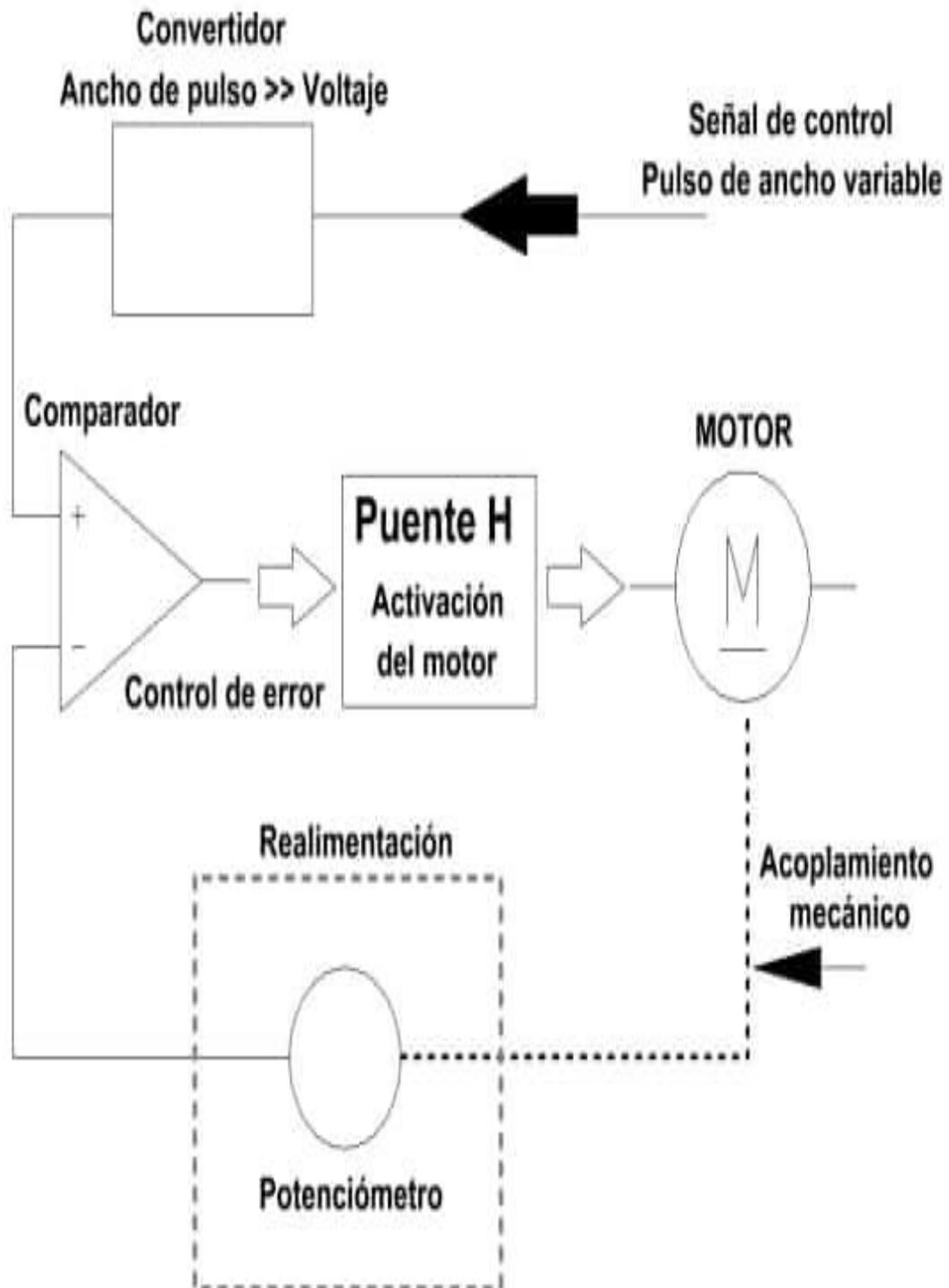
Información obtenida de la empresa (Envases del Litoral, 2018) Elaborado por el autor.

Anexo 7. Diagrama de Ishikawa



Información obtenida de la empresa (Envases del Litoral, 2018) Elaborado por el autor.

## Anexo 8. Diagrama de flujo de procesos



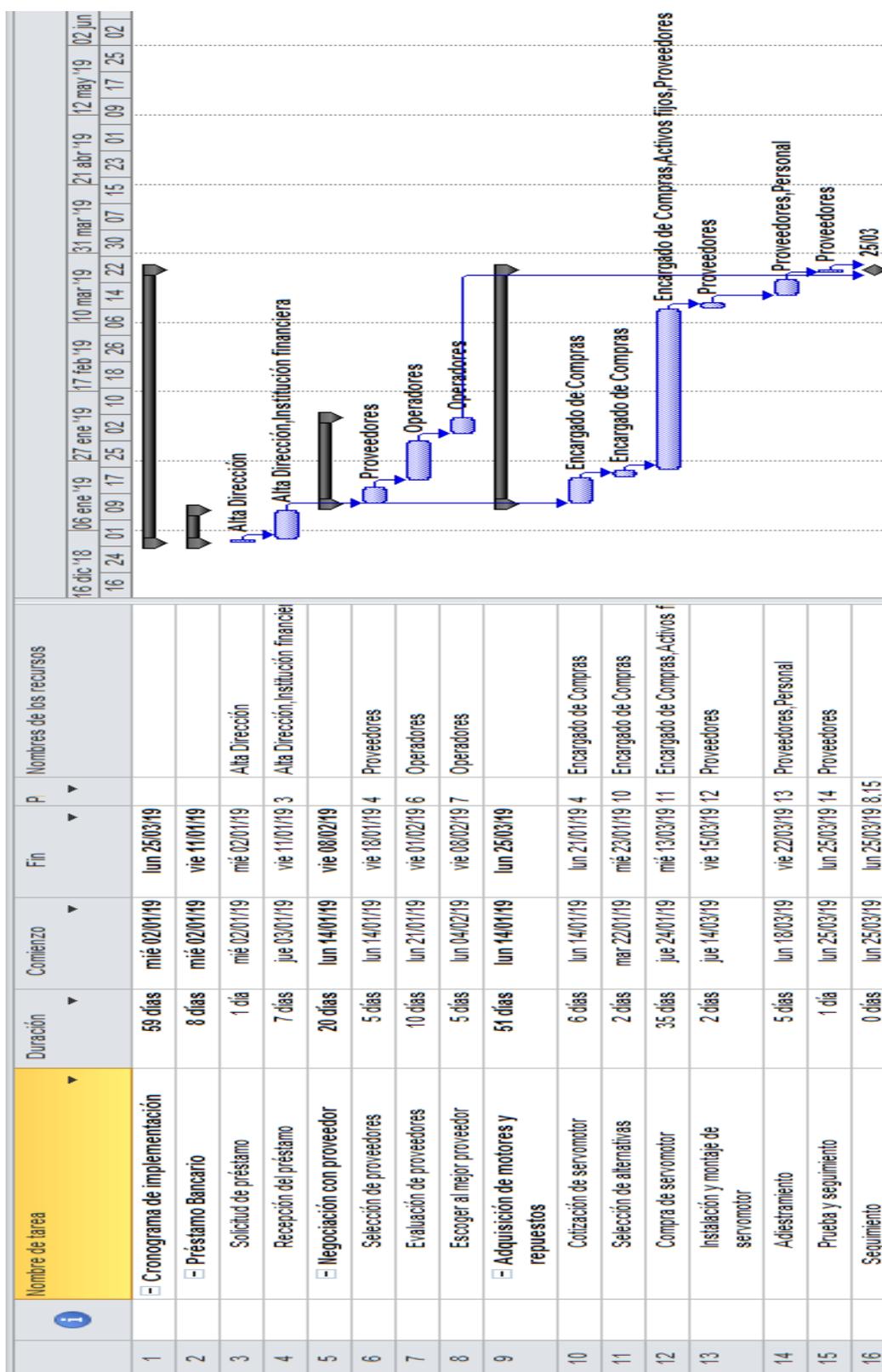
**Figura 6.** Diagrama de flujo de procesos realizados por servomotor. Información adaptada a [www.noteo.com](http://www.noteo.com). Elaborado por el autor.

## Anexo 9. Tabla de amortización

Mes	n	Crédito C	i	Pago	Deuda
dic-18	0	\$ 26,433.00	1.17%		□ (C,i,Pago)
ene-19	1	\$ 26,433.00	\$ 308.39	(\$ 903.42)	\$ 25,837.97
feb-19	2	\$ 25,837.97	\$ 301.44	(\$ 903.42)	\$ 25,235.99
mar-19	3	\$ 25,235.99	\$ 294.42	(\$ 903.42)	\$ 24,627.00
abr-19	4	\$ 24,627.00	\$ 287.31	(\$ 903.42)	\$ 24,010.89
may-19	5	\$ 24,010.89	\$ 280.13	(\$ 903.42)	\$ 23,387.60
jun-19	6	\$ 23,387.60	\$ 272.86	(\$ 903.42)	\$ 22,757.04
jul-19	7	\$ 22,757.04	\$ 265.50	(\$ 903.42)	\$ 22,119.12
ago-19	8	\$ 22,119.12	\$ 258.06	(\$ 903.42)	\$ 21,473.76
sep-19	9	\$ 21,473.76	\$ 250.53	(\$ 903.42)	\$ 20,820.87
oct-19	10	\$ 20,820.87	\$ 242.91	(\$ 903.42)	\$ 20,160.37
nov-19	11	\$ 20,160.37	\$ 235.20	(\$ 903.42)	\$ 19,492.15
dic-19	12	\$ 19,492.15	\$ 227.41	(\$ 903.42)	\$ 18,816.14
ene-20	13	\$ 18,816.14	\$ 219.52	(\$ 903.42)	\$ 18,132.25
feb-20	14	\$ 18,132.25	\$ 211.54	(\$ 903.42)	\$ 17,440.37
mar-20	15	\$ 17,440.37	\$ 203.47	(\$ 903.42)	\$ 16,740.43
abr-20	16	\$ 16,740.43	\$ 195.30	(\$ 903.42)	\$ 16,032.31
may-20	17	\$ 16,032.31	\$ 187.04	(\$ 903.42)	\$ 15,315.94
jun-20	18	\$ 15,315.94	\$ 178.69	(\$ 903.42)	\$ 14,591.21
jul-20	19	\$ 14,591.21	\$ 170.23	(\$ 903.42)	\$ 13,858.02
ago-20	20	\$ 13,858.02	\$ 161.68	(\$ 903.42)	\$ 13,116.28
sep-20	21	\$ 13,116.28	\$ 153.02	(\$ 903.42)	\$ 12,365.89
oct-20	22	\$ 12,365.89	\$ 144.27	(\$ 903.42)	\$ 11,606.74
nov-20	23	\$ 11,606.74	\$ 135.41	(\$ 903.42)	\$ 10,838.73
dic-20	24	\$ 10,838.73	\$ 126.45	(\$ 903.42)	\$ 10,061.77
ene-21	25	\$ 10,061.77	\$ 117.39	(\$ 903.42)	\$ 9,275.74
feb-21	26	\$ 9,275.74	\$ 108.22	(\$ 903.42)	\$ 8,480.54
mar-21	27	\$ 8,480.54	\$ 98.94	(\$ 903.42)	\$ 7,676.06
abr-21	28	\$ 7,676.06	\$ 89.55	(\$ 903.42)	\$ 6,862.20
may-21	29	\$ 6,862.20	\$ 80.06	(\$ 903.42)	\$ 6,038.84
jun-21	30	\$ 6,038.84	\$ 70.45	(\$ 903.42)	\$ 5,205.88
jul-21	31	\$ 5,205.88	\$ 60.74	(\$ 903.42)	\$ 4,363.19
ago-21	32	\$ 4,363.19	\$ 50.90	(\$ 903.42)	\$ 3,510.68
sep-21	33	\$ 3,510.68	\$ 40.96	(\$ 903.42)	\$ 2,648.22
oct-21	34	\$ 2,648.22	\$ 30.90	(\$ 903.42)	\$ 1,775.70
nov-21	35	\$ 1,775.70	\$ 20.72	(\$ 903.42)	\$ 893.00
dic-21	36	\$ 893.00	\$ 10.42	(\$ 903.42)	\$ 0.00
<b>Total</b>			<b>\$ 6,090.02</b>	<b>(\$ 32,523.02)</b>	

Información obtenida de datos para el financiamiento. Elaborado por el autor.

Anexo 10. Diagrama de GANTT.



Información obtenida de la empresa (Envases del Litoral, 2018) Elaborado por el autor.

## Bibliografía

- (SENPLADES), S. N. (2013). *“Fortalecimiento del PDOT del Canton San Cristóbal, Galápagos. SUBCOMPONENTE GESTIÓN DE RIESGOS*. San Cristobal, Galápagos, : Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC.
- Acero, E. (2014). *Administraciones de operaciones aplicando la Teoría de Restricciones en una PYME*. Lima, Perú : Universidad Nacional Mayor de San Marcos .
- Aguilera, A. (2014). *Un enfoque gerencial de la teoría de las restricciones* . Cauca, Colombia: Universidad del Valle. [https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios\\_gerenciales/article/view/230/html](https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios_gerenciales/article/view/230/html).
- Asamblea Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Montecristi, Ecuador: Registro Oficial 449.
- Asamblea Nacional. (2010). *Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones, COPCI*. Quito, Ecuador: Registro Oficial Suplemento 351 de 29-dic-2010. <http://www.scpm.gob.ec/wp-content/uploads/2013/03/C%C3%B3digo-Org%C3%A1nico-de-la-Producci%C3%B3n-Comercio-e-Inversi%C3%B3n.pdf>.
- Asamblea Nacional. (2015). *Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones*. Quito, Ecuador.
- Asamblea Nacional. (2016). *Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones*. Quito, Ecuador: Registro Oficial No. 351.
- Calvachi, B., & González, F. (2013). *Teoría de las restricciones (TOC): modelo de gestión gerencial para el crecimiento productivo de las pymes en Colombia. Caso aplicado a CIDMA S.A.S*. Bogotá, Colombia: Universidad Mayor de Nuestra Señora del Rosario.

- Cogollo, F., & Milanes, J. (2013). *Plan de mantenimiento preventivo para los talleres de: máquinas y herramientas, soldadura y fundición de la Universidad Tecnológica de Bolívar*. Cartagena, Colombia: Universidad Tecnológica de Bolívar .
- Envases del Litoral. (04 de 04 de 2018). *Productos, servicios e historia de la empresa*. Recuperado el 09 de 06 de 2018, de Productos, servicios e historia de la empresa: <http://www.enlit.com.ec/productos/>
- Gaudino, O. (2013). *TEORIA DE LAS RESTRICCIONES (TOC) Y COSTEO BASADO EN LAS ACTIVIDADES (ABC)*. Braga, Portugal: Facultad de Ciencias Económicas - Universidad de Buenos Aires.
- González, H., & Almeida, C. (2015). *Aplicación de la teoría de las restricciones a una empresa de caucho*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Iturralde, A. (2014). *Optimización del sistema de manejo de materiales en Tejidos Pintex S.A.* . Quito, Ecuador: Universidad San Francisco de Quito.
- Niebel, B. (2014). *Ingeniería Industrial, Métodos Estándares y Diseño de Trabajo* . Mexico:: Alfaomega. 11° ed.
- Ordoñez, S. (2013). *Creación e implementación de un taller de mantenimiento para Petrotrans S.A.* . Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala .
- Pisco, R. (2013). *Análisis y planteamiento de mejoras de una planta de producción de materiales de aceros laminados aplicando Teoría de las Restricciones (TOC)*. Guayaquil, Ecuador : Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Presutti, D. (2013). *Gestión de inventarios y almacén*. Ciudad Bolívar, Venezuela: Universidad Nororiental Gran Mariscal de Ayacucho. <http://www.gestiopolis.com/gestion-inventarios-almacen/> .

Pú, J. (2013). *Optimización del Recurso Humano para elevar la productividad en los departamentos de fabricación, refinería y cogeneración en el ingenio Santa Ana*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Secretaría Nacional para la Planificación del Desarrollo. (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir*. Quito, Ecuador:: SENPLADES. [www.senplades.gob.ec](http://www.senplades.gob.ec).

Techtarget. (2014). *Evolución del Almacén*. Recuperado el 26 de 08 de 2016, de <http://searchdatacenter.techtarget.com/es/opinion/La-evolucion-hacia-un-almacen-inteligente>