



**REPÚBLICA DEL ECUADOR**

**UNIVERSIDAD ESTATAL DE**

**MILAGRO**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y  
POSGRADO**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE:**

**MAGÍSTER EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES**

**TEMA:**

**TEORÍA DE RESTRICCIONES Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE**

**ENVASES METÁLICOS EN UNA EMPRESA GUAYAQUILEÑA**

**AUTOR:**

**ING. RUBÍ DEL ROCÍO ARCE HERRERA**

**ING. PABLO OSWALDO ZAMBONINO TORRES**

**TUTOR:**

**Ing. Edwin León Plúas, PhD.**

*Milagro, 2024*

## Derechos de autor

**Sr. Dr.**

Fabrizio Guevara Viejó

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Yo, **Arce Herrera Rubí del Rocío** en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de mi Grado, de **Magister en Producción y Operaciones Industriales** como aporte a la Línea de Investigación **Optimización del proceso productivo** de conformidad con el Art.114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Proyecto de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 17 de noviembre 2023



Firmado electrónicamente por:  
**RUBI DEL ROCIO  
ARCE HERRERA**

**Arce Herrera Rubí del Rocío**

0940749112

## Derechos de autor

**Sr. Dr.**

Fabrizio Guevara Viejó

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Yo, **Zambonino Torres Pablo Oswaldo** en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de mi Grado, de **Magister en Producción y Operaciones Industriales** como aporte a la Línea de Investigación **Optimización del proceso productivo** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Proyecto de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 17 de noviembre 2023



**Zambonino Torres Pablo Oswaldo**

0916694011

## Aprobación del tutor del Trabajo de Titulación

Yo, **LEÓN PLÚAS EDWIN EVARISTO** en mi calidad de director del trabajo de titulación, elaborado por **ARCE HERRERA RUBÍ DEL ROCÍO Y ZAMBONINO TORRES PABLO OSWALDO**, cuyo tema es **TEORÍA DE RESTRICCIONES Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE ENVASES METÁLICOS EN UNA EMPRESA GUAYAQUILEÑA**, que aporta a la Línea de Investigación **DESARROLLO PRODUCTIVO**, previo a la obtención del Grado **MAGÍSTER EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES**. Trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo **APRUEBO**, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Informe de Investigación de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, 17 de noviembre 2023



**Ing. León Plúas Edwin Evaristo, PhD.**

C.I. 0918303165

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**  
**CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA**

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES**, presentado por **ING. ARCE HERRERA RUBI DEL ROCIO**, otorga al presente proyecto de investigación denominado "TEORÍA DE RESTRICCIONES Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE ENVASES METÁLICOS EN UNA EMPRESA GUAYAQUILEÑA ", las siguientes calificaciones:

TRABAJO DE TITULACION	48.33
DEFENSA ORAL	32.33
PROMEDIO	80.67
EQUIVALENTE	Bueno



RAUL RUPERTO  
PANCHEZ HERNANDEZ

Msc. PANCHEZ HERNANDEZ RAUL RUPERTO  
**PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL**



OMAR ORLANDO FRANCO  
ARIAS

Ph. D. FRANCO ARIAS OMAR ORLANDO  
**VOCAL**



MIGUEL ANGEL  
REINOSO SANCHEZ

Dr. REINOSO SANCHEZ MIGUEL ANGEL  
**SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**  
**CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA**

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES** presentado por **ING. ZAMBONINO TORRES PABLO OSWALDO**, otorga al presente proyecto de investigación denominado **"TEORÍA DE RESTRICCIONES Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE ENVASES METÁLICOS EN UNA EMPRESA GUAYAQUILEÑA "**, las siguientes calificaciones:

TRABAJO DE TITULACION	48.33
DEFENSA ORAL	35.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>83.33</b>
EQUIVALENTE	Bueno



RAUL RUPERTO  
PANCHEZ HERNANDEZ

Msc. PANCHEZ HERNANDEZ RAUL RUPERTO  
**PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL**



OMAR ORLANDO FRANCO  
ARIAS

Ph. D. FRANCO ARIAS OMAR ORLANDO  
**VOCAL**



MIGUEL ANGEL  
REINOSO SANCHEZ

Dr. REINOSO SANCHEZ MIGUEL ANGEL  
**SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL**

## DEDICATORIA

A Dios por todas las oportunidades que me ha dado a lo largo de mi vida, por guiarme a cumplir las metas que me he propuesto y lograr mis sueños. A mis abuelos: Olga, Mercedes y Hugo por siempre ser ese apoyo reconfortante desde el cielo. A mis padres por haberme inculcado el deseo constante de conocimiento y por toda su confianza y amor. A mi hermano de quien siempre he recibido apoyo incondicional y desinteresado. A mis amigos, por su amor, cariño y comprensión al haberme ayudado en todo este periodo de estudio y en general a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron y participaron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

Rubí del Rocío Arce Herrera

## DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

Mis padres quienes, con su amor, con sus oraciones, consejos y palabras de aliento me han permitido llegar a cumplir una meta en mi vida, gracias por ser parte de mi inspiración a seguir adelante, por su ejemplo de valentía en todos estos años, de no dejarme vencer por las adversidades.

A toda mi familia porque con su esfuerzo y apoyo incondicional hicieron de mi una mejor persona y profesional. Finalmente quiero dedicar esta tesis a todos mis amigos por apoyarme cuando más los necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el afecto brindado cada día.

Pablo Oswaldo Zambonino Torres.



## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios, por ser el pilar fundamental de mi carrera, ya que con toda la fe que puse en él, y las ganas de salir hacia delante, permitió que una de mis metas se haga realidad.

Gracias a mis padres por siempre guiarme por buenos pasos, por confiar y creer en mi cada día; gracias a mi madre por apoyarme arduamente a lo largo de estos años, a mi padre por desear y anhelar siempre lo mejor para mi vida, gracias a mi hermano Fernando por sus acertadas palabras de aliento cuando ya desmayaba; y gracias a mis abuelos por haber sido pilares fundamentales en mi vida.

Gracias a la universidad por permitirme conocer el mundo tal cual es, por todas las experiencias allí vivida, por permitirme adquirir todos sus conocimientos mediante los docentes, por conocer personas excepcionales que ahora con mis amigos, pero, sobre todo le doy gracias a Dios y a la vida por este nuevo triunfo.

Rubí del Rocío Arce Herrera

## AGRADECIMIENTO

Expreso mi gratitud a Dios quien con bendición llena siempre mi vida y la de toda mi familia, quien no permitió que me venciera durante todo este proceso.

Mi profundo agradecimiento al Departamento de Posgrado, autoridades, coordinador y docentes de la Universidad Estatal de Milagro por abrirme las puertas brindarme un cupo y permitirme formar en el ámbito profesional.

A todos mis compañeros y colegas que me apoyaron de manera incondicional, gracias por toda su ayuda y buena voluntad.

Pablo Oswaldo Zambonino Torres.

## Resumen

El presente trabajo de investigación se realizó en una empresa guayaquileña, ésta es una empresa industrial ecuatoriana enfocada en la línea de producción metalmecánica, en ésta se desarrollan, fabrican y comercializan envases sanitarios para conservas alimenticias cuyo objetivo determinar el efecto de la teoría de restricciones mediante la reducción de tiempos no productivos para mejorar la eficiencia general de la empresa.

Se aplican varias metodologías, entre ellas deductiva, descriptiva, cualitativa y cuantitativa con el uso de Teoría de Restricciones, así mismo se emplea la metodología ANOVA la cual abarca: Diagrama Ishikawa, SIPOC, plan de recolección de datos, matriz Causa-Efecto, Diagrama de Pareto y metodología de 5 WHY's, gracias a ello se logra identificar que la línea de corte de hojalata es el área con mayor recurrencia en tiempos no productivos generalmente causado por trabamiento de láminas.

Se propone implementar una línea auxiliar de corte de hojalata para minimizar los cuellos de botella y explotar adecuadamente la restricción, lo que reducirá los tiempos no productivos de un 100% a tan solo el 30%, es decir que se reducirá un 70% total, recuperándose de la inversión en el semestre, con una tasa de TIR de 43,18% demostrando que la inversión es viable.

Palabras clave: Teoría de Restricción, cuellos de botella, tiempo no productivo, calidad, reducción

## Abstract

The present research work was carried out in a Guayaquil company, this is an Ecuadorian industrial company focused on the metal-mechanical production line, in which sanitary containers for preserved foods are developed, manufactured and marketed, the objective of which is to determine the effect of the theory of restrictions through reducing non-productive times to improve the company's overall efficiency.

Several methodologies are applied, including deductive, descriptive, qualitative and quantitative with the use of Theory of Constraints, and the ANOVA methodology is also used, which includes: Ishikawa Diagram, SIPOC, data collection plan, Cause-Effect matrix, Diagram of Pareto and 5 WHY's methodology, thanks to this it is possible to identify that the tin cutting line is the area with the greatest recurrence in non-productive times generally caused by jamming of sheets.

It is proposed to implement an auxiliary tinplate cutting line to minimize bottlenecks and properly exploit the restriction, which will reduce non-productive times from 100% to only 30%, that is, it will be reduced by a total of 70%. recovering the investment in the semester, with an IRR rate of 43.18% demonstrating that the investment is viable.

Keywords: Theory of Constraint, bottlenecks, non-productive time, quality, reduction.

## Lista de Figuras

Figura 1 Tipos de Restricciones .....	11
Figura 2 Beneficios de la Teoría de Restricciones .....	13
Figura 3 Interrogantes para implementar la TOC .....	13
Figura 4 Principios básicos de la TOC .....	16
Figura 5 SIPOC .....	28
Figura 6 Diagrama de flujo de procesos .....	30
Figura 7 Gráfica de residuos .....	33
Figura 8 Análisis de varianza .....	34
Figura 9 Gráfica Ishikawa.....	35
Figura 10 Diagrama de Pareto de Tiempo No Productivo .....	38
Figura 11 Layout de propuesta de mejora.....	44
Figura 12 Periodo de recuperación .....	51

## Lista de Tablas

Tabla 1 Variables de estudio.....	5
Tabla 2 Plan de recolección de datos.....	32
Tabla 3 Matriz Causa-Efecto .....	37
Tabla 4 5 WHY Personal no capacitado .....	40
Tabla 5 5 WHY Tiempos elevados en bobina.....	40
Tabla 6 Diferencia entre pérdida actual y estimada.....	47
Tabla 7 Inversión inicial .....	48
Tabla 8 Flujo de caja .....	49
Tabla 9 TIR & VAN.....	50
Tabla 10 Payback.....	50

## Lista de Abreviaturas

- TOC: Teoría de Restricciones
- T: Trúput
- Pv: Precio de Venta
- CTV: Costo Totalmente variable
- GO: Gastos Operativos
- UN: Utilidad Neta
- ROI: Retorno sobre la inversión
- I: Inventario Inicial
- CPM: Método de Ruta Crítica

## ÍNDICE / SUMARIO

### Tabla de contenido

I.	DERECHOS DE AUTOR.....	II
II.	DERECHOS DE AUTOR.....	III
III.	APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	IV
IV.	CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA .....	V
V.	CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA .....	VI
VI.	DEDICATORIA.....	VII
VII.	DEDICATORIA.....	VIII
VIII.	AGRADECIMIENTOS .....	IX
IX.	AGRADECIMIENTOS .....	X
X.	RESUMEN .....	XI
XI.	ABSTRACT .....	XII
XII.	Lista de Figuras .....	XIII
XIII.	Lista de Tablas .....	XIV
XIV.	LISTA DE ABREVIATURAS .....	XV
	INTRODUCCIÓN .....	1
	<b>CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>2</b>
	1.1 Planteamiento del problema .....	2
	1.2 Delimitación del problema .....	3
	1.3 Preguntas de investigación.....	3
	1.4 Determinación del tema.....	4
	1.5 Objetivo general .....	4
	1.6 Objetivos específicos.....	4
	1.7 Declaración de las variables (operacionalización).....	5
	1.8 Justificación.....	6
	1.9 Alcance y limitaciones.....	6
	<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....</b>	<b>7</b>



2.1 Antecedentes .....	7
2.1.1 Antecedentes históricos.....	7
2.1.2 Antecedentes referenciales .....	10
2.1.2.1 Origen de la Teoría de Restricciones .....	10
2.1.3 Contenido teórico que fundamenta la investigación .....	10
2.1.4 Tipos de restricciones .....	11
2.1.4.1 Beneficios de la Teoría de Restricciones .....	13
2.1.4.2 Interrogantes para implementar la TOC.....	13
2.1.4.3 Principios básicos de la TOC .....	16
2.2 CALIDAD.....	19
2.2.1 CICLO GENERADOR DE LA CALIDAD.....	19
2.2.2 LA MEJORA CONTINUA DE LA CALIDAD .....	20
2.2.3 CONTROL DE CALIDAD .....	20
2.3 HERRAMIENTAS PARA LA MEJORA CONTÍNUA.....	20
2.3.1 SIPOC .....	20
2.3.2 DIAGRAMA DE PARETO .....	21
2.3.4 MINITAB.....	21
2.3.5 ESPINA DE ISHIKAWA .....	21
2.3.6 LOS 5 WHY´s .....	22
<b>CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>23</b>
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	23
3.1.2 Diseño de la investigación .....	23
3.1.3 Enfoque metodológico .....	23
3.1.3.1 Enfoque deductivo.....	23
3.1.4 Tipo de investigación .....	23
3.1.4.1 Investigación Cuantitativa .....	24
3.1.4.2 Investigación Descriptiva.....	24
3.1.4.3 Investigación Histórica .....	24
3.1.4.4 Investigación Documental .....	24
3.1.4.5 Investigación Longitudinal .....	25

3.1.4.6 Investigación Explicativa .....	25
3.2 Técnicas de investigación.....	25
3.3 La población y muestra.....	26
3.3.1 Población .....	26
3.3.2 Muestra .....	27
3.3.2.1 Características de la población.....	27
3.3.2.2 Delimitación de la población .....	27
3.4 SIPOC.....	28
3.4.1 Descripción de diagrama SIPOC .....	29
<b>3.5 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO.....</b>	<b>30</b>
3.5.1 Plan de recolección de datos .....	32
3.6 Análisis Estadístico.....	33
3.6.1 Gráfica de residuos.....	33
3.6.2 Análisis de varianza .....	34
3.6.3 Análisis general .....	34
3.6.4 ISHIKAWA.....	35
3.6.4.1 Descripción del Ishikawa .....	35
3.6.5 Valoración de las causas potenciales de Ishikawa.....	36
3.6.6 Diagrama de Pareto.....	38
3.6.6.1 ANÁLISIS DE PARETO.....	39
3.7 Identificación Causa-Raíz con 5 Why .....	39
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>41</b>
4.1 Propuesta de mejora .....	41
4.1.1 Propuesta de solución proyectada.....	41
4.1.2 Sección de corte adicional .....	41
4.1.2.1 Aumento de la eficiencia.....	41
4.1.2.2 Mejora en la calidad del producto.....	42
4.1.2.4 Mayor flexibilidad .....	42
4.1.2.5 Seguridad mejorada .....	42

4.1.3 Soluciones por despilfarros de tiempos no productivos por mano de obra .....	43
4.1.4 LAYOUT .....	44
4.1.4.1 Descripción de layout.....	45
4.2 Análisis Financiero del proyecto .....	46
4.2.1 Calculo del TIR, VAN y Playback .....	49
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>52</b>
5.1 Conclusiones .....	52
5.2 Recomendación .....	53
5.3 Referencias Bibliográficas .....	54

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se centra en analizar en detalle la línea de corte en el proceso de producción de una empresa que dedicada a la fabricación de envases metálicos. Existen muchas metodologías que así lo justifican, en el caso puntual la herramienta del TOC la cual es una metodología de aplicación de mejora continua que determina las restricciones de una o más líneas de producción de manera que se pueda aprovechar evaluando su impacto y poder alcanzar los objetivos trazados por la organización.

El objetivo principal de este trabajo de investigación es determinar el efecto de la teoría de las restricciones en la producción de envases metálicos de una empresa guayaquileña mediante la reducción de tiempos no productivos para mejorar la eficiencia general de la empresa.

Esta investigación busca contribuir al conocimiento existente en el campo de la manufactura de envases metálicos y servir como recurso para la toma de decisiones estratégicas en la industria. Las empresas y su desarrollo dependen de la innovación y la mejora continua dentro de sus procesos de producción, adoptando metodologías de gestión de mejora que se desprende a las necesidades y objetivos de la empresa.

La importancia de este estudio radica en hacer recomendaciones prácticas, así como proporcionar datos referenciales a empresas involucradas en este proceso de envases metálicos como para los interesados en gestión de la producción en general. La metodología aplicada será de carácter cuantitativa, deductiva y descriptiva empleando métodos de ingeniería en los procesos que se manejan si así lo amerita.

# CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

## 1.1 Planteamiento del problema

En la empresa de envasado a tratar se ha identificado que los problemas son suscitados en la línea de corte en la producción de envase metálicos y se ha logrado identificar ciertos procesos en los cuales se generan cuellos de botella determinando la incidencia de los mismos.

Una de las principales causas que ha generado dicha problemática en la sección de envases de hojalatas, está vinculada con algunos procesos que se realizan en este departamento, como es el caso de la incorrecta calibración de bobinas, las cuales pueden encontrarse onduladas o con rastros de cinta, situación que puede ocasionar tiempos no productivos en la línea de corte. El incumplimiento del mantenimiento de la maquinaria o las restricciones en la calidad de la materia prima son algunas de las posibles causas de los tiempos no productivos.

Debido a las gestiones operaciones en las líneas de producción dichos problemas no son tratados con las debidas herramientas para encontrar una mejora dentro de los mismos, es por eso que se plantea la adaptación de la teoría de restricciones para determinar los problemas y posibles soluciones que de alguna manera solvente las necesidades gerenciales, esto es reducir los cuellos de botella, minimizar gastos y mejorar la producción.

En el departamento de corte de latas de una planta procesadora de metales, en la cual se realizan investigaciones limitadas, hubo un desperdicio de recursos (fallas en las dimensiones de los corte o rayones) y tiempos no productivos de más

de media hora diaria, los cuales son superiores a lo esperado en los planes de la organización, motivo por el cual los costos de producción han aumentado en el último año, disminuyendo la productividad de los procesos en el área en mención.

Entonces, se plantea la pregunta: ¿De qué manera influye la teoría de restricciones en el proceso productivo?

## **1.2 Delimitación del problema**

La presente investigación se realizó en una empresa guayaquileña, ésta es una empresa industrial ecuatoriana enfocada en la línea de producción metalmecánica, en ésta se desarrollan, fabrican y comercializan envases sanitarios para conservas alimenticias. Para la producción de sus productos la empresa utiliza como materia prima principal láminas metálicas, además de que comercializa su producto por todo el territorio nacional ya que sus envases son fabricados bajo los principios de calidad de ISO 9001:2015.

Las ventas de la compañía han mantenido una tendencia al incremento, pese a la emergencia sanitaria vivida a partir del año 2020, sin embargo, existen diversos inconvenientes en el proceso de fabricación debido a que se presentan tiempos no productivos a lo largo de las dos jornadas laborales, afectando de manera directa la productividad de la empresa y dando como resultado el incumplimiento a los clientes.

## **1.3 Preguntas de investigación**

Se plantean las siguientes interrogantes:

- ¿De qué manera los conceptos fundamentales de la teoría de restricciones van a aportar a la reducción de tiempos no productivos?
- ¿De qué forma se pueden distinguir los cuellos en el área productiva de la

sección de envases de hojalata?

- ¿De qué manera se determinarán las variables claves en el proceso de fabricación de envases de hojalata?

#### **1.4 Determinación del tema**

Se planteó para la investigación a tratar el siguiente tema:

Teoría de las restricciones y su efecto en la producción de envases metálicos en una empresa guayaquileña

#### **1.5 Objetivo general**

Determinar el efecto de la teoría de restricciones en la producción de envases metálicos en una empresa guayaquileña mediante la reducción de tiempos no productivos para mejorar la eficiencia general de la empresa.

#### **1.6 Objetivos específicos**

- Caracterizar los conceptos básicos de la Teoría de Restricciones enfocado en las empresas producción de envases metálicos.
- Analizar las variables que influyen en el proceso basándonos en el modelo ANOVA para empresas de producción de envases metálicos.
- Apreciar la viabilidad económica y financiera de la propuesta establecida.

## 1.7 Declaración de las variables (operacionalización)

Table 1

Declaración de variables

VARIABLES DE ESTUDIO			
NOMBRE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR
Variables Independiente: X1: Cambio de bobinas por calibración. X2: Cambio de troquel scroll por calibración. X3: Cambio de rodillo-corte por calibración. X4: Trabamiento de láminas X5: Falla en calibración.	Implementar Teoría de Restricciones para reducir los tiempos no productivos en el proceso de corte en la producción de envases metálicos.	Reducir entre el 80% a 85% en la reducción de los tiempos no productivos en la línea de corte de acuerdo a lo establecido.	Datos obtenidos de reportes
Variable Dependiente Y: Tiempos no productivos			AHORRO DE LA PRODUCCION EN EL PORCENTAJE

Tabla 1 Variables de estudio

Fuente: Elaboración Propia

Se detallan todas las variables significativas para el estudio, se realiza el estudio de 5 variables independientes:

- 1- Cambio de bobinas por calibración
- 2- Cambio de troquel scroll por calibración
- 3- Cambio de rodillo-corte por calibración
- 4- Trabamiento de láminas



## 5- Falla en calibración

Así mismo presentamos una variable dependiente:

## 6- Tiempos no productivos

El análisis estadístico se basará en la evolución de estas 6 variables con respecto a los datos semanales obtenidos.

### **1.8 Justificación**

Con el modelo de Teoría de Restricciones en el presente desarrollo del proyecto no únicamente se logrará analizar las diversas variables que influyen en los tiempos no productivos, si no que mediante información estadística se logrará identificar cual es la variable más influyente con respecto al tiempo perdido de producción.

Mediante la implementación de esta metodología se podrá reducir significativamente los tiempos no productivos e incrementar el rendimiento en la fabricación de envases metálicos, lo cual va de la mano con la satisfacción de los clientes y eleva las ganancias económicas de la empresa a largo plazo.

### **1.9 Alcance y limitaciones**

Para el presente trabajo investigativo se prevé identificar las estaciones de conflicto en las cuales se generan los tiempos no productivos, identificar el motivo del paro o retardo de circulación del material, además de establecer el tiempo no productivo (minutos) y reducirlo al mínimo posible.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 2.1 Antecedentes

#### 2.1.1 Antecedentes históricos

El autor (Minelle, 2021). Comenta que basándose en la implementación metodología de Teoría de Restricciones se logró reducir significativamente los tiempos no productivos de una empresa enfocada a la producción de envases de aluminio en un 46%.

Por otra parte, el autor (Goldratt, 2009). Menciona que todo sistema complejo presenta cuellos de botella ya sea que el mismo esté funcionando bien o mal, pero la cuestión es saber aprovecharlos. Además, manifiesta que tanto una empresa, una planta o una fábrica son algo más complejo que un simple balance entre sumas y restas.

Para el investigador (Carrión Gordon, 2020). Quien realizó un estudio de TOC para un taller interno que no solo le dio prioridad al cuello de botella, si no que también calculó un programa de lanzamiento del producto mediante el sistema involucrado, dando como resultado un nuevo tamaño de lote de producción y abastecimiento eficaz de la mano con la implementación de un diseño alternativo, se eliminaron los tiempos no productivos y mejoró la trazabilidad del producto reduciendo el transporte innecesario y cumpliendo con los tiempo de entrega.

En el caso de estudio analizado por (Pelangi & Muhammad, 2022). Desarrollaron un estudio en el cual antes de la aplicación de TOC se había planificado invertir en nuevos equipos como la única aparente solución a la falta de capacidad de

producción. Sin embargo, al implementar la TOC se lograron mejoras significativas con menor inversión.

En el artículo científico elaborado por (Ortiz Triana & Caicedo Rolón, 2014). Enfocada en la TOC en una empresa de calzado dio como resultado identificar la operación crítica o también llamado cuello de botella del sistema productivo, con esto se identificaron escenarios y oportunidades para aprovechar al máximo de sus recursos. La investigación evidenció un modelo matemático y proceso de programación a partir de la Teoría de Restricciones que representa la programación ideal de la producción.

En el trabajo investigativo llevado a cabo por (Rand, 2000). Plantea que la Teoría de las Restricciones es básicamente una filosofía de mejora continua ya que permite a las organizaciones mediante “sentido común”, desarrollar soluciones basándose en el razonamiento causa-efecto. Empleó la metodología en una empresa de envases de hojalata la cual presentaba incumplimientos en las fechas de entrega, gracias metodología de resolución de problemas, logró identificar los obstáculos más importantes permitiendo direccionar la empresa hacia la consecución de resultados de manera lógica y sistemática, contribuyendo a garantizar el principio de continuidad empresarial.

En el artículo científico realizado por el investigador (Mérida Espinoza, 2015). El cual tuvo como objetivo mejorar la productividad en el abastecimiento interno de un taller mediante la implementación de TOC se obtuvo un nuevo tamaño de lote de producción incrementó en un 15%, se abasteció de manera eficaz el cuello de botella y se mejoró la trazabilidad del producto disminuyendo el transporte innecesario y lo más importante, cumpliendo con los plazos de entrega.

Los autores (Villagómez et al., 2012) . Llevaron a cabo un artículo científico en una empresa de Snacks, mediante la Teoría de Restricciones se logró identificar la restricción en el proceso de fritura ya que no se trabaja el 100% del tiempo en las jornadas diarias de trabajo limitando la capacidad de fábrica. Mediante un estudio estadístico basado en TOC se logró trabajar al 100% de su capacidad, dando como beneficios económicos netos a la empresa entre \$15 333.09 a \$17 392.14 al cumplir en tiempo y cantidad los pedidos.

En una conocida revista se llevó a cabo un estudio desarrollado por (Abisambra & Mantilla, 2008). Partiendo del inconveniente surge en que los procesos en la planta de fundición son complejos y variantes, lo cual requiere una planta extremadamente flexible la cual debe expandirse y contraerse según se presente la demanda, es por esto que la implementación de TOC ayudó a reducir los tiempos no productivos en un 84% y disminuyendo el flujo de caja en planta en \$ 261 356 106 de dólares.

Para el estudio de campo llevado a cabo por (Poma Surichaqui, 2017). Quien desarrolló un estudio de Teoría de Restricciones y su relación con respecto a la productividad en una empresa de yogurt en la cual se establecieron cuellos de botella aplicando TOC dando como resultado un incremento en la productividad de un 13.98% con un nivel de confianza de un 95%.

En la investigación desarrollada por (Romero Rojas. et al., 2019). Se enfoca en un estudio de TOC para reducir los cuellos de botella, el estudio dio como resultado que sin realizar ninguna inversión monetaria se logró proponer el uso adecuado de los recursos productivos, generando un beneficio para la organización al incrementar sus utilidades en un 87,62%.

## **2.1.2 Antecedentes referenciales**

### **2.1.2.1 Origen de la Teoría de Restricciones**

Theory of Constraints o traducida al español como Teoría de las Restricciones fue creada por el Dr. (Goldratt, 2009). A partir del año 1975 se ha trabajado continuamente en las reglas, conceptos y herramientas para un verdadero proceso de mejora continua.

La teoría de restricciones es también llamada teoría de limitaciones, la cual en el año 1984 fue plasmada en el libro The Goal, donde se expuso esta teoría de gerenciamiento empresarial donde hace frente a varias problemáticas que proponen un riesgo a la continuidad de la empresa (Minelle, 2021).

En esta teoría, se plantea que una restricción es el principal factor limitante que impide que un proyecto tenga éxito, emplear la teoría de restricciones no implica encontrar cualquier restricción aleatoria de un proyecto, sino de encontrar el mayor obstáculo o también denominado cuello de botella. (Pazmiño Almeida, 2015).

### **2.1.3 Contenido teórico que fundamenta la investigación**

Con la finalidad de encontrar la mayor cantidad de restricciones en la empresa se requiere un enfoque de acción sistemático. (Diane Kumar, 2020):

1. Identificar las limitaciones del sistema productivo.
2. Explotar las restricciones del sistema mediante el diagnóstico para la toma de decisiones.
3. Subordinar todo a la restricción anterior.
4. Superar las restricciones del sistema.
5. Si se elimina una restricción repetir el ciclo.

## 2.1.4 Tipos de restricciones



Figura 1 Tipos de Restricciones

Fuente: Elaboración Propia

La TOC nació como una solución al problema de la optimización de la producción. Actualmente se ha convertido en un concepto desarrollado que propone soluciones alternativas para la integración y mejora de todos los niveles de organización desde los procesos básicos hasta los problemas cotidianos (Samá Muñoz & Díaz Acosta, 2020).

La Teoría de las Restricciones da la oportunidad a los administradores de las empresas a centrar sus esfuerzos en las actividades que tienen mayor impacto sobre el rendimiento de la misma, orientándose a los resultados globales. Para que un sistema empresarial funcione adecuadamente las operaciones deben ser estabilizadas, por lo cual es indispensable identificar y alterar las políticas contraproducentes (Álvarez M et al., 2014).

El sistema de una empresa se considera eficaz en la medida que logra los propósitos u objetivos para los que fue creado. Según la Teoría de las Restricciones, la excelencia empresarial es una medida general de beneficios sostenidos a través del tiempo. La utilidad neta es la expresión del resultado del sistema empresarial ya que constituye en la máxima garantía que permite remunerar los públicos internos y externos de la empresa (Gupta et al., 2010).

El siguiente esquema, representa lo que (Dave Pacheco, 2021). Considera como:



### 2.1.4.1 Beneficios de la Teoría de Restricciones



Figura 2 Beneficios de la Teoría de Restricciones

Fuente: Elaboración Propia

### 2.1.4.2 Interrogantes para implementar la TOC:

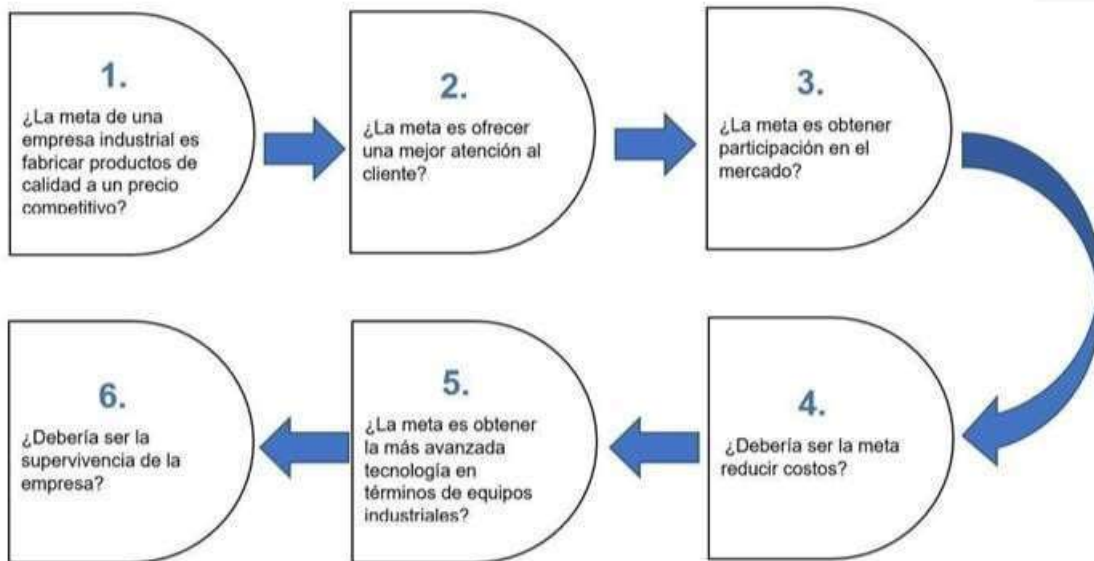


Figura 3 Interrogantes para implementar la TOC

Fuente: Elaboración Propia



Todos los seis puntos previamente dictados deben considerarse importantes. Un punto de vista claro es que un empresario puede recibir una medalla al excelente cumplimiento por hacer felices a sus clientes con los productos o servicios que ofrece, pero, si la empresa no es rentable económicamente, ¿Cómo va a justificar los activos que consume en el proceso productivo?, ¿Cómo se va a remunerar a los trabajadores? (ATOX, 2017).

Dentro del proceso para la elaboración de productos tenemos los siguientes factores influyentes:

### **Inventario**

El autor (Ballarín, 2019). Conceptualiza este término de la siguiente manera “Es todo el dinero que el sistema invierte para la compra de cosas que pretende vender. Esta definición varía de las tradicionales ya que excluye el valor agregado de la mano de obra y los gastos generales de fabricación”. Se lo representa con la letra T y se mide en unidades monetarias, comúnmente dólares.

### **Gastos Operativos**

Los Gastos Operativos representan todo el dinero que gasta una empresa para convertir el inventario en ganancias. En esta etapa se consideran gastos de operación a los salarios directos, indirectos y administrativos; de igual manera todos los demás gastos como intereses bancarios, depreciación de equipos, etc. Independientemente si se realizan o no las ventas (Chaves, 2005).

## Retorno sobre la inversión

Es la relación financiera entre las ganancias de la organización y las inversiones realizadas, representa el desempeño financiero de la empresa (Mertens & Marée, 2013). En pocas palabras, si se desea saber el porcentaje, el ROI (Retorno de la inversión) es el dinero que la organización ganó con la inyección de capital, para saber el porcentaje de beneficios de la inversión se lo debe multiplicar por 100, lo que equivale a decir que un ROI de 200% de cada dólar invertido obtiene 2 dólares. La TOC se calcula:

$$ROI = UN/I$$

Donde:

- ROI: Retorno sobre la inversión
- UN: Utilidad Neta
- I: Inventario Inicial

### 2.1.4.3 Principios básicos de la TOC

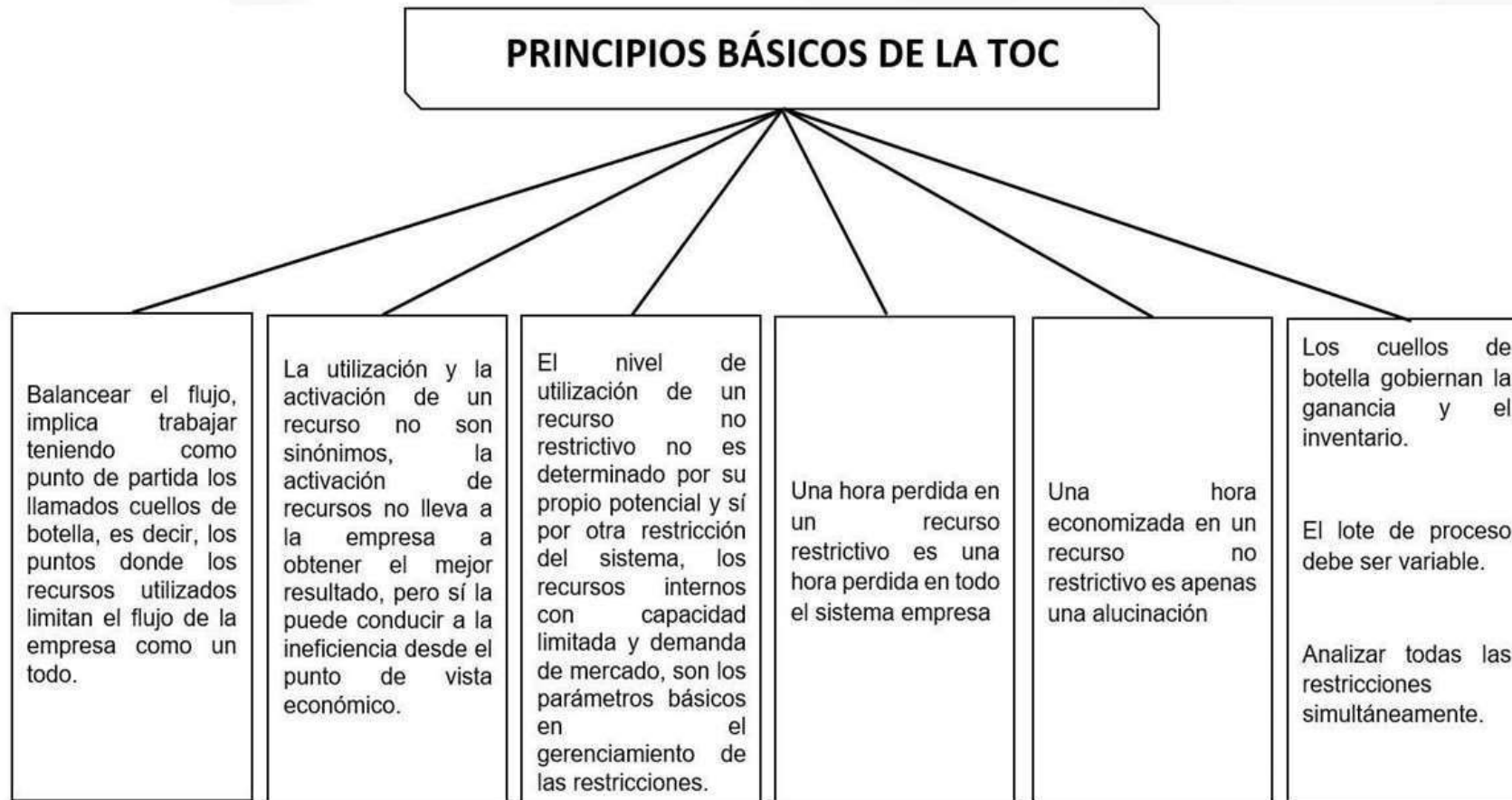


Figura 4 Principios básicos de la TOC

Fuente: Elaboración Propia

Según (Da Silva et al., 2012). Expone un punto de vista de la problemática de los temas con respecto a la facturación y cobros dentro de los servicios públicos y privados de los hospitales y entes similares en Colombia, de tal manera consideraron analizar la problemática bajo la metodología del TOC para así lograr un sistema de manejo del proceso de facturación y obviamente una mejora de la gestión administrativa.

La TOC aplicada a empresas de fabricación de productos metálicos para uso de enlatados para el consumo humano, han expuesto varias formas de mejora ya que analizan procesos dentro de una línea de producción y así también establece modelos de gestión administrativa que apoyan al crecimiento productivo de la empresa (Enrique Soto-Chávez et al., 2021).

El enfoque general o estándar y la filosofía de la Teoría de Restricción se comparan como base para tomar o comparar decisiones. Muchos investigadores mantienen que “muchas de las decisiones de compra actuales se toman incorrectamente y que se necesitan procedimientos de toma de decisiones basados en la capacidad (Lucia Rodríguez, 2021).

Las variables operativas a considerar son el rendimiento (beneficio), el inventario y los costos operativos; las variables financieras, por otro lado, representan el ingreso neto y la relación porcentual entre el ingreso neto y el rendimiento del capital. Finalmente, el flujo de caja se define como la capacidad de una empresa para ganar dinero a largo plazo (Enrique Soto-Chávez et al., 2021).

Investigadores como (ATOX, 2017). Coinciden en que una restricción o cuello de botella es cualquier recurso cuyo beneficio es similar o minúsculo que el que se

necesita, un recurso no es una limitación es cualquier recurso que sea más productivo de lo que requiere.

Las restricciones pueden ser de naturaleza física, las cuales son relativamente fáciles de determinar, por ejemplo, una máquina específica en una línea de producción o espacio limitado en un almacén. Sin embargo, en la mayoría de las ocasiones las restricciones no son de naturaleza física, como lo son los patrones de comportamiento, suposiciones hechas por algunos, falta de información, falta de comunicación flexible entre departamentos, entre otros (López, 2016).

Dichas restricciones son más difíciles de identificar y potencialmente más peligrosas, y es importante no confundir los síntomas que causan con las restricciones. Las restricciones pueden ser internas para la empresa: equipos en la fábrica, el proceso de preparación de un pedido en el almacén, etc (Coque, 2018).

Las empresas dedicadas a la fabricación y distribución de productos enlatados como lo es el caso que estamos tratando en este documento, demandando una gran cantidad de procesos dentro de su línea de producción ya que la evolución de equipos tecnológicos así lo requiere, siendo esto uno de los puntos clave para el enfoque de técnicas de análisis de proceso de manufactura y aplicación de herramientas como la TOC (Camacho Angulo et al., 2023).

## 2.2 CALIDAD

Se entiende que la calidad es el total de los rasgos y propiedades de un producto o servicio, la cual tiene como característica primordial buscar la satisfacción de las necesidades y expectativas del cliente mediante el cumplimiento de las especificaciones con las que fue creado (Delgado Bustamante et al., 2018).

Para (Rodríguez Balza et al., 2019). El concepto de calidad se visualiza en hacer un variado planteamiento y estudiar diferentes puntos de vista. Actualmente, el concepto de *calidad* ha ido cambiando al pasar los años hasta ser considerado como una manera de gestión, la cual inculca el concepto de mejora continua.

### 2.2.1 CICLO GENERADOR DE LA CALIDAD

Este ciclo generador de la calidad inicia cuando los clientes expresan de manera explícita o implícita lo que desean, y finaliza cuando ellos utilizan los productos o servicios que requirieron, los juzgan y determinan si estos satisfacen o no sus deseos (Díaz Muñoz & Salazar Duque, 2021). A continuación, se detallarán los parámetros de este ciclo.

#### *Calidad teórica*

Es el grado de satisfacción que ofrece el producto o servicio con respecto a las exigencias explícitas del usuario.

#### *Calidad técnica*

Consta del nivel de conformidad al usuario que adquiere el producto, si éste efectivamente cumple sus expectativas.

#### *Calidad del usuario*

Podría considerarse como la más importante debido a que compara lo que le han dado con respecto a lo que pidió.

## **2.2.2 LA MEJORA CONTINUA DE LA CALIDAD**

Se basa en la búsqueda de los mejores métodos de trabajos y procesos organizativos que parten de una revisión constante de las tareas realizadas con la finalidad de mejorar progresivamente.

Las mejoras se realizan de manera continua sin un tiempo específico, con una tendencia incremental de mejora en cada proceso. No solo se toma en el prever una mayor calidad sino también la necesidad de ser eficiente. Busca tener un espíritu de superación arraigado mediante la cultura de cambio basados en la adaptación continua (Bouillon, 2018).

## **2.2.3 CONTROL DE CALIDAD**

Son todas las acciones que realiza la parte operativa, con la finalidad de alcanzar los objetivos establecidos por la alta dirección. El control de calidad actúa como retroalimentación en la ejecución de los procesos.

El control de calidad se basa en el desarrollo, producción y comercialización de servicios con eficiencia y precios justos para que los clientes compren los productos y éstos les generan satisfacción (Sierra & Trujillo González, 2015).

## **2.3 HERRAMIENTAS PARA LA MEJORA CONTÍNUA**

### **2.3.1 SIPOC**

El diagrama SIPOC (Brown, 2019). Es una herramienta que facilita el plasmar los procesos, siendo subdivididos enfocándose en las entradas, salidas y partes del proceso. Tiene como finalidad analizar de manera sencilla la manera en que se aborda el proceso en general y que sea de comprensión fácil para el lector.

### **2.3.2 DIAGRAMA DE PARETO**

Es un método que ayuda a la elaboración de gráficos de barras, el cual ayuda a identificar prioridades y causas, debido a que se ordenan por nivel de importancia a los diferentes problemas que ocurren en el proceso. Se refiere a que pocos elementos, 20%, generan la mayor parte del defecto (UNIT, 2009).

Se tiene constancia que más del 80% de la problemática en una organización es debida a causas comunes como lo son los problemas o diversas situaciones que actúan de manera permanente sobre los procesos. Sin embargo, en todos los procesos son pocos los problemas o situaciones vitales que contribuyen a la problemática global de proceso (UNIT, 2009).

### **2.3.4 MINITAB**

Es un software usado para el análisis estadístico, éste permite realizar análisis de datos junto a Microsoft Excel. Al pasar los años Minitab ha ido mejorando sus herramientas facilitando el análisis de datos y mejora de calidad (Montero, 2018).

Las gráficas de control son una de las múltiples herramientas estadísticas que facilitan el control del proceso partiendo de una base de datos; ayudan a determinar condiciones mediante la proyección gráfica y visual de los rangos que se le pueden asignar.

### **2.3.5 ESPINA DE ISHIKAWA**

También conocida como espina de pescado, consta de una forma de analizar, agrupar y representar las diversas teorías propuestas sobre las causas del problema. Cuando ya se establecen las causas se deben clasificar por orden de importancia. Puede ser clasificado de dos maneras: mediante modelos clásicos de las 6 M o modelos de las 6 P (Hisprastin & Musfiroh, 2021).



- Materiales
- Métodos
- Maquinaria
- Mano de obra
- Medición
- Medio Ambiente

### **2.3.6 LOS 5 WHY´s**

Es una herramienta enfocada en encontrar la causa raíz de un problema identificado, básicamente consiste en realizar 5 veces la pregunta “¿Por Qué?”, hasta lograr encontrar el problema y llegar a una solución (Sarwar et al., 2022).

## **CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO**

### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

En el caso de que el objetivo sea obtener como resultados una solución ante un problema que enfrenta la empresa se le conoce como investigación aplicada. En este sentido, la investigación aplicada aborda cuestiones que surgen como problemas en la industria o los negocios para brindar una solución efectiva y arrojar resultados positivos para su desarrollo (Moreno Tapia, 2014).

Este trabajo de investigación será realizado en base a la investigación de carácter:

#### **3.1.2 Diseño de la investigación**

La elaboración del presente trabajo investigativo es de ámbito no experimental, ya que se presentan como sujeto del estudio. Para mayor veracidad se emplea el manejo del análisis ANOVA mediante que permita identificar las variables que más influyen en el proceso de corte para establecer los tiempos no productivos.

#### **3.1.3 Enfoque metodológico**

##### **3.1.3.1 Enfoque deductivo**

Es un procedimiento investigativo que emplea un pensamiento que va desde un razonamiento más general y lógico, basado en leyes o principios, hasta un hecho en concreto (Mata, 2019).

#### **3.1.4 Tipo de investigación**

A continuación, se detallan los tipos de investigación (Esteban Nieto, 2018), que han sido necesarios para llevar a cabo la investigación de este proyecto:

#### **3.1.4.1 Investigación Cuantitativa**

Para (Mata, 2019). El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Éste enfoque aporta a la investigación planteada ya que posee datos numéricos que van a ser tratados para que arrojen resultados para un posterior análisis y de allí poder deducir las variables que se desean conocer.

Para que haya un mejor resultado también debería aplicarse la metodología analítica (Mata, 2019), la cual permite obtener información mediante la observación directa del lugar de estudio.

#### **3.1.4.2 Investigación Descriptiva**

Esta investigación tiene como objetivo puntualizar las características de la población de la que está tratando; tiene como objetivo describir el origen de un segmento demográfico, sin centrarse en las razones por las cuales se produce un determinado fenómeno (Walter J. D. Cova, 2005).

#### **3.1.4.3 Investigación Histórica**

Se enfoca reconstruir el pasado de una manera más exacta y objetiva posible, por ello se recolecta, evalúa, verifica y sintetiza evidencias que ayuden a obtener conclusiones de los resultados. En otras palabras, se analizan eventos pasados y se relacionan con los del presente (García, 2010).

#### **3.1.4.4 Investigación Documental**

Hace referencia a una técnica cualitativa de investigación que tiene como finalidad recolectar y seleccionar información mediante la lectura de documentos, libros, revistas, grabaciones, filmaciones, periódicos, etc.; este tipo de investigación

está relacionado con la investigación histórica (Rizoa, 2015).

#### **3.1.4.5 Investigación Longitudinal**

Este tipo de investigación se utiliza para estudiar la evolución de fenómenos, consiste en medir un fenómeno mediante un intervalo de tiempo específico y determinado. Además de que compara datos obtenidos en diferentes momentos con el propósito de evaluar cambios (Rizoa, 2015).

#### **3.1.4.6 Investigación Explicativa**

Es aquella donde existe una relación causal; no sólo persigue describir o acercarse a un problema, sino que intenta encontrar las causas u origen del mismo (Yáñez, 2018). Está dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales además tiene como característica el poder combinar la metodología analítica y sintéticos.

### **3.2 Técnicas de investigación**

#### **Instrumentación**

Para lograr recolectar datos es importante que se empleen diversas fuentes de información que se pueda ser separada por fuentes primarias y secundarias, para lograrlo es necesario recurrir a las siguientes técnicas (Esteban Nieto, 2018)

**Observación:** (Monje Álvarez, 2011) Consiste en captar por medio de la visión, en forma directa y sistemática cualquier situación que se presente a lo largo del proceso que se está investigando.

**Entrevistas:** Sirve para formular interrogantes enfocadas en lo que nosotros como investigadores deseamos saber (Deymon, 1995). Esta información ayuda a tener claras las variables que presentan problemas

**Estudio correlacional:** permite plantear la relación existente entre dos o más variables de estudio dentro del proyecto a tratar (Arrivillaga et al., 2006).

**Estudio causa-efecto:** logra conocer la relación causa-efecto con respecto al tiempo en el que suceden. Cabe decir que la investigación retrospectiva se da cuando el investigador realiza el análisis de un problema después que suceden los efectos, por lo contrario, la retrospectiva se da antes de los hechos ocurran (Molina et al., 2021).

**Análisis de contenido:** (Moreno Tapia, 2014). Ayuda a investigar, obtener e interpretar la información que se analizó con anterioridad. Por ello es de mucha importancia que toda la información registrada sea filtrada para beneficiar al proyecto con datos veraces.

**Información estadística:** hace referencia a la información que ha sido obtenida mediante los respectivos análisis estadísticos ya que permite la visualización mediante gráficas e incluso tablas que ayudan a tener una idea clara de lo que ocurre en el proceso. (Llorente, 1993).

### 3.3 La población y muestra

#### 3.3.1 Población

En este caso puntual la población es considera la parte más importante del proyecto, ya que se realiza un estudio de varios procesos que involucran los tiempos no productivos (López, 2019). Es fundamental primero determinar el proceso en general para posteriormente separarlo de una manera integral y minuciosa.

Para este proyecto se requiere establecer la población y la muestra con la finalidad de facilitar el análisis de los datos:

- Procesar datos (Aplicación ANOVA)
- Control que se desarrolla en la industria de envases metálicos.
- Análisis de los procesos que se desarrollan en la producción.

### **3.3.2 Muestra**

La muestra hace referencia a una parte de la población que es seleccionada de manera aleatoria haciendo significativo y exacto para tener análisis y resultados correcto (J. F. López, 2016). Para los fines de este proyecto, se logró recolectar la información de las variables a tratar durante un lapso de un año, 2022, en el cual se establecieron los reportes de producción en la sección de línea de corte que fueron evaluados en un periodo de 52 semanas de trabajo, teniendo 6 días laborales cada una de ellas. Tenemos:

*52 semanas \* 6 días de trabajo*

*312 días de trabajo*

*No se trabajó el día sábado 01 enero ni el sábado 31 de diciembre del 2022*

Por ende tenemos 310 datos para nuestras 6 variables de estudio

#### **3.3.2.1 Características de la población**

La población y muestra por lo general son mostrados por trabajadores de la planta de producción dentro de la línea del área denominada de “línea de corte”, justo cuando la fase que conecta con las líneas de “barnizado”.

#### **3.3.2.2 Delimitación de la población**

Se establecieron los reportes de producción en la sección de línea de corte que fueron evaluados en un periodo de 52 semanas de 6 días laborables. La población está conformada por mano de obra óptima y maquinaria omada, donde existen tiempos (minutos) de paros programados.

### 3.4 SIPOC

## SIPOC

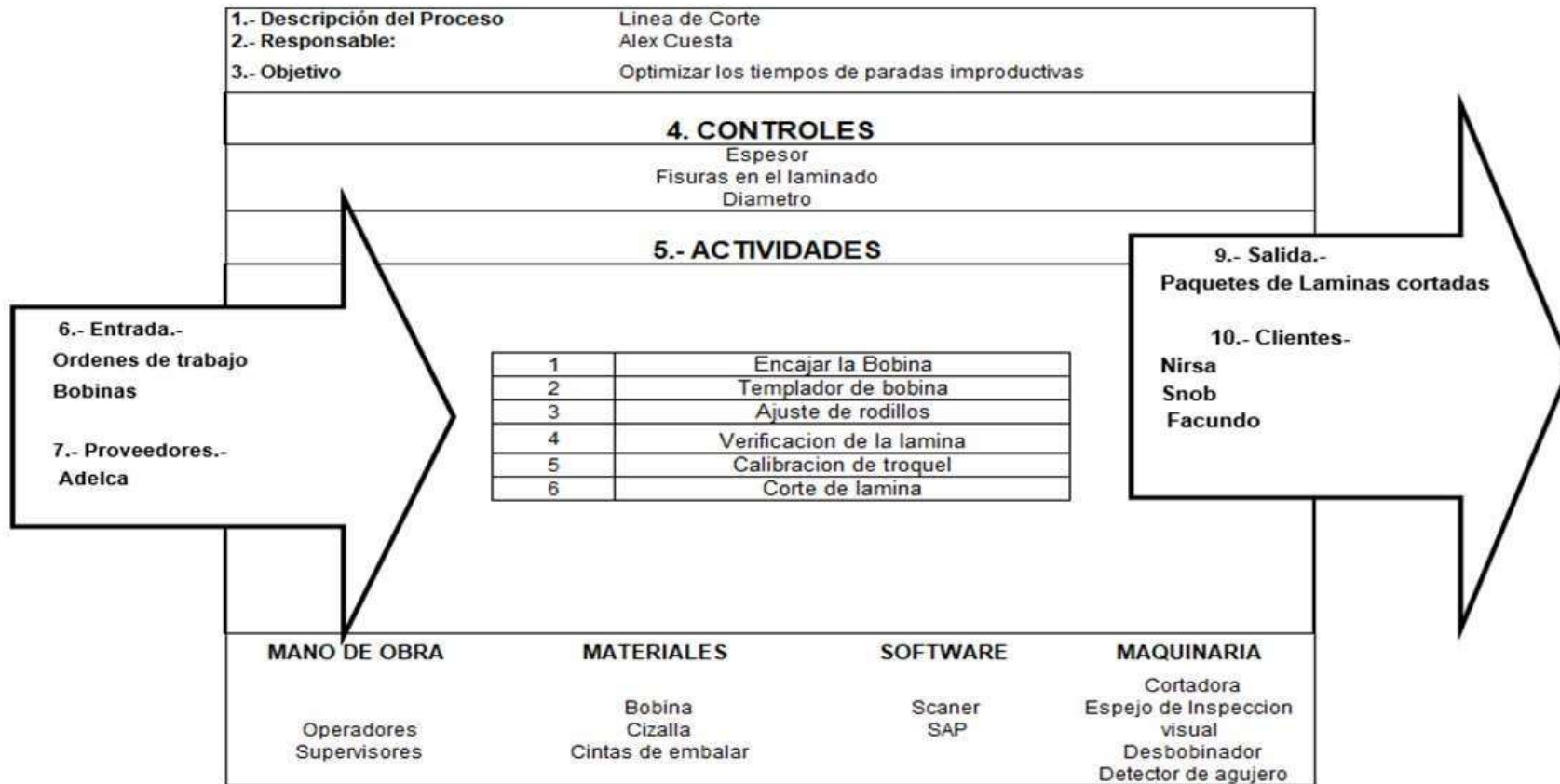


Figura 5 SIPOC

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.1 Descripción de diagrama SIPOC

La empresa en cuestión se encuentra en un parque industrial en la ciudad de Guayaquil, para fines de estudio se procedió a realizar una entrevista al jefe del departamento de manufactura, el Ing. Alex Cuesta quien nos dio información general de la empresa.

A lo largo de la entrevista nos direccionamos hacia el proceso en el que se dan paros de maquinaria y mano de obra más recurrentes dentro de todo el proceso de elaboración, éste fue el proceso de la línea de corte en el cual desde hace tiempo desean optimizar los tiempos de paradas no productivas, pero simplemente no lo han logrado.

El entrevistado comentó que a lo largo de la línea de corte existen diversos controles como: detector de espesor, detector de fisuras en laminado, entre otros., los cuales están enfocados en reducir los productos defectuosos y de esta manera evitar el reproceso, así mismo se presentan las diversas actividades como, por ejemplo: encajar la materia prima en la bobina, ajustar los rodillos, cortar las láminas, etc., para fijar la materia prima a las maquinarias y poderlas trabajar.

Una vez generada la orden de trabajo con los requerimientos del comprador, se contacta con los proveedores, en este caso Adelca, una vez llegada la materia prima se realizan las especificaciones del producto con respecto a dimensión y forma deseada, cuando se finaliza el proceso de modelamiento de agrupa en pallets para el proceso siguiente.



### 3.5 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

Posteriormente, se detalla el diagrama de flujo para la variable más significativa, la cual trata del proceso de corte para la elaboración de latas de aluminio.

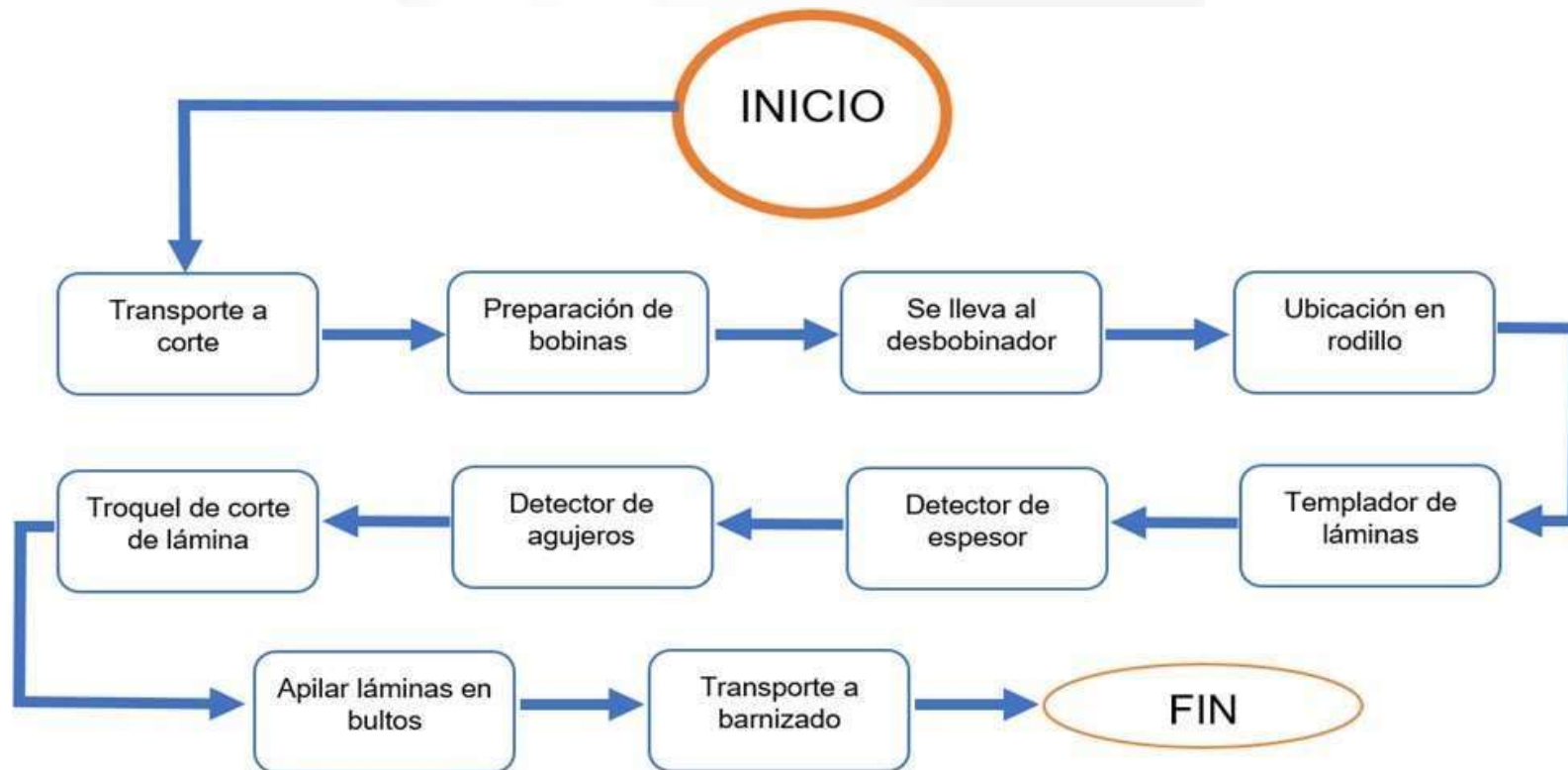


Figura 6 Diagrama de flujo de procesos

Fuente: Elaboración Propia

En el área de corte de hojalata se llevan a cabo los siguientes pasos productivos:

- Transportación de bobinas de láminas de acero con el uso de montacargas, iniciando en la bodega de materia prima hacia el área de corte.
- Preparar la bobina, es decir, desempacar y alistar para proceder a alimentar.
- Colocación en la posición de trabajo en el volteador de bobinas.
- Se transporta mediante el montacargas hacia el desbobinador.
- Se coloca en el desbobinador para realizar la operación
- Transporte al templador de hojalata o más conocido como rodillos de acero, el mismo tiene como función el moldeamiento de las láminas.
- Enderezado de láminas mediante rodillos de acero.
- Pasa por el detector de espesores de hojalata
- Paso por el sensor que detecta los agujeros en las láminas de hojalata.
- Una vez pasados estos sensores, la hojalata se transporta hacia el troquel prescroll, la cual le otorga la longitud del corte de la lámina.
- Las láminas que pasan exitosamente estos controles y se cortan proceden a ser apiladas en bultos de 1.700 y 1.300 piezas según el tipo de producto requerido.
- Enzunchado de bultos apilados para su transporte a la siguiente línea de producción.

### 3.5.1 Plan de recolección de datos

Con la ayuda del diagrama de flujo del proceso de línea de corte, se logra identificar la(s) variables que resultan muy importantes para llevar a cabo el estudio enfocado hacia la solución. Posteriormente se muestra el siguiente plan:

Table 2

Plan de Recolección de datos

PLAN DE RECOLECCION DE DATOS						
DATOS (Y)			DEFINICION OPERACIONAL Y PROCEDIMIENTO			
QUE	TIPO DATO	DE	COMO MEDIRLO	FACTORES DE ESTRATIFICACIÓN	MUESTREO	¿DÓNDE RECOLECTAR LOS DATOS?
Tiempos no productivos en el Corte laminado	continuo		Tiempo (minutos) de paradas no programadas	<ul style="list-style-type: none"><li>• C. Bobinas</li><li>• C. Troquel</li><li>• C. Rodillo</li><li>• Trab Laminas</li><li>• F. Calibrac</li></ul>	Se trabajará con los datos históricos del año 2022	Reportes de Producción

Tabla 2 Plan de recolección de datos

Fuente: Elaboración Propia

Como medida de recolección de datos, se llevaron a cabo varias visitas a la planta, se recolecto información como:

- ¿Cuántos días, horas y jornadas realiza el proceso de corte para la elaboración de latas de aluminio?
- ¿Cada que tiempo se dan estos paros en el proceso de producción?
- ¿Cuántos trabajadores se desempeñan específicamente en esta sección del proceso?

A continuación, se presenta el análisis estadístico en el programa MINITAB:

## 3.6 Análisis Estadístico

### 3.6.1 Gráfica de residuos

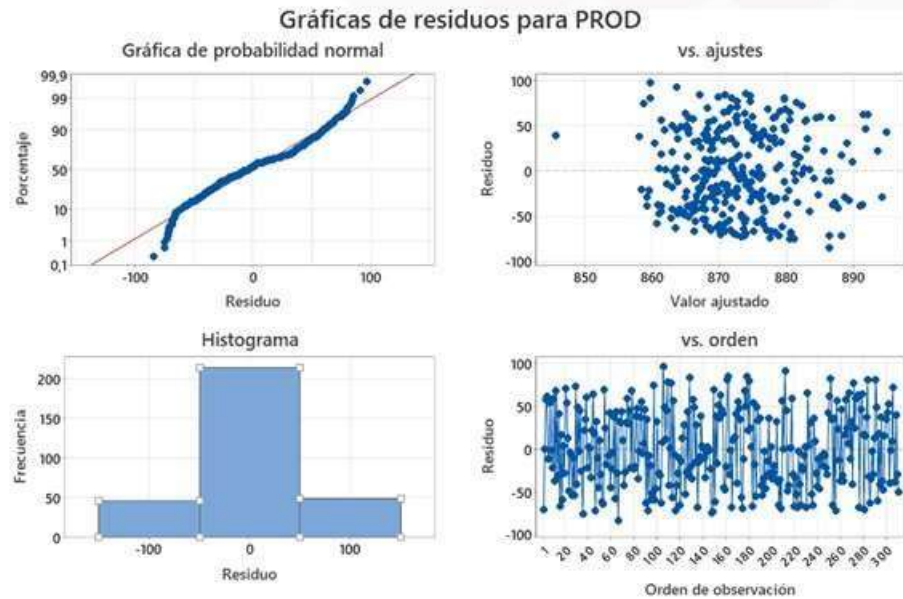


Figura 7 Gráfica de residuos

Fuente: Elaboración Propia

Para las gráficas de residuos vamos a tomar de arriba desde la izquierda para la interpretación correspondiente se debe cumplir las cuatro condiciones:

- 1.- Gráfica probabilidad normal: Los residuos tienen que tener una distribución normal debido a que la mayoría de los puntos están pegados a la línea recta.
- 2.- Ajustes: Los residuos están dispersos y no siguen un patrón por ende si se cumple la condición.
- 3.- Histograma: Realizando un ajuste de los datos se puede apreciar que la mitad está en cero.
- 4.- Orden: Se aprecia los puntos en forma irregular por lo tanto también cumple la condición.

En resumen, se ha comprobado que en los cuatro casos de gráfico de residuos que si se cumple este modelo de regresión es confiable para analizar.

### 3.6.2 Análisis de varianza

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	5	18275	3655,1	1,82	0,109
C BOBINAS	1	9950	9950,2	4,94	0,027
C TROQUEL	1	846	846,1	0,42	0,517
C RODILLO	1	1168	1167,8	0,58	0,447
TRAB LAM	1	5106	5105,9	2,54	0,112
F CALB	1	449	449,3	0,22	0,637
Error	304	611789	2012,5		
Falta de ajuste	294	585026	1989,9	0,74	0,794
Error puro	10	26763	2676,3		
Total	309	630064			

Figura 8 Análisis de varianza

Fuente: Elaboración Propia

### 3.6.3 Análisis general

Para esta propuesta las variables que están entre y por debajo de 0.05 son las variables que realmente influyen en el proceso; Calibración de Bobina valor de  $p = 0.027 \leq 0.05$  . Por tanto, influye en el proceso de corte laminado.

Posteriormente con la ayuda del diagrama Ishikawa se decide la manera de explotar las limitaciones del sistema productivo para tomar una decisión en la cual las limitaciones se reduzcan al máximo.

### 3.6.4 ISHIKAWA



Figura 9 Gráfica Ishikawa

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.6.4.1 Descripción del Ishikawa

##### Mediciones

- Mala calibración de los equipos

##### Material

- Materia prima de baja calidad

##### Personal

- Personal no capacitado en la manipulación de las bobinas

##### Métodos

- Procedimientos no estandarizados
- Tiempos elevados en el cambio de bobina

## **Maquina**

- Falta de mantenimiento
- Equipos Obsoletos
- Existe problemas en la desbobinadora

### **3.6.5 Valoración de las causas potenciales de Ishikawa**

Al momento de realizar un análisis de las variables que son críticas con el diagrama de Ishikawa, se procede a realizar una ponderación. La finalidad de la valoración es para conocer las causas que tienen mayor influencia en el problema.

A continuación, se presenta la valoración:

- Ninguna relación (0)
- Correlación baja (1)
- Correlación moderada (3)
- Correlación fuerte (9)

A continuación, se procede a subordinar o ponderar de manera empírica mediante la Matriz Causa-Efecto para de esta manera direccionar las variables más influyentes.

Se presenta la matriz causa-efecto sobre la variable crítica con su respectiva valoración y ponderación.

Table 3

Matriz Causa- Efecto

MATRIZ CAUSA EFECTO (TIEMPOS NO PRODUCTIVOS EN C. BOBINA)	VARIABLES SALIDAS "Y"	
	VARIABILIDAD	TOTAL
<b>MANO DE OBRA</b>		
Personal no capacitado en la manipulación de las bobinas	9	90
<b>MATERIAL</b>		
Materia prima de baja calidad	3	30
<b>MÉTODO</b>		
Procedimientos no estandarizados	1	10
Tiempos elevados en el cambio de bobina	9	90
<b>MAQUINA</b>		
Falta de mantenimiento	1	10
Equipos Obsoletos	1	10
Existe problemas en la desbobinadora	1	10
<b>MEDIO AMBIENTE</b>		
<b>MEDICIÓN</b>		
Mala calibración de los equipos	1	10

Tabla 3 Matriz Causa-Efecto

Fuente: Elaboración Propia



Con la ayuda del Diagrama Pareto se logra superar la restricción del sistema ya que se puede aumentar su capacidad y mejorar la eficiencia de producción.

### 3.6.6 Diagrama de Pareto

Se realiza un diagrama de Pareto para el análisis de la concentración de las causas generadas como resultado a los tiempos no productivos en C. Bobinado con las ponderaciones previamente presentada en la matriz causa-efecto.

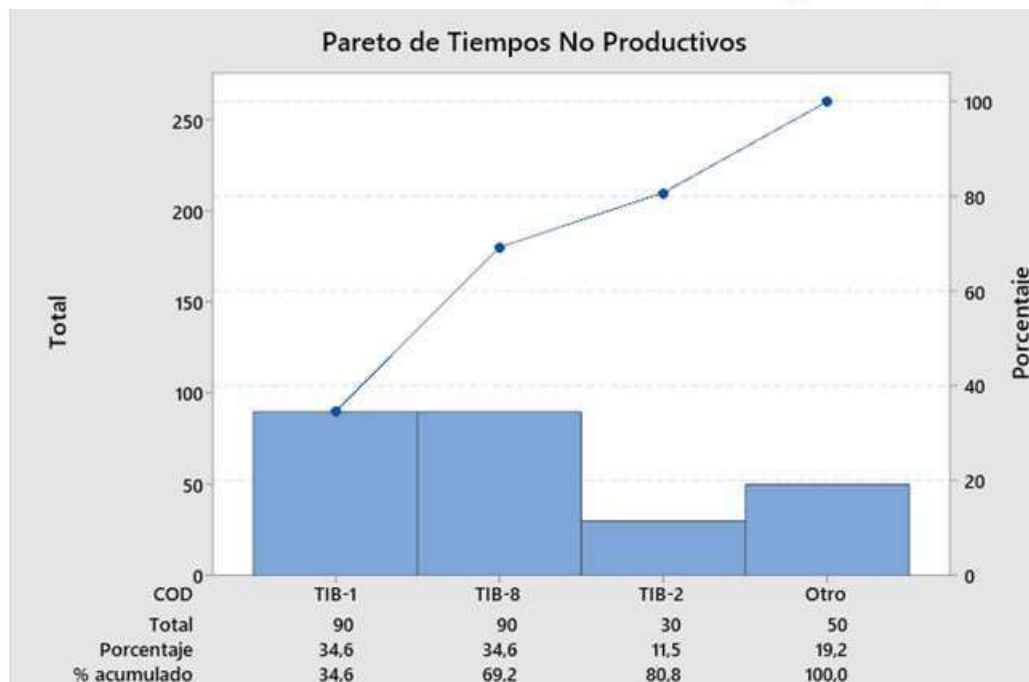


Figura 10 Diagrama de Pareto de Tiempo No Productivo

Fuente: Elaboración Propia

Para realizar el diagrama de Pareto con respecto a los Tiempos No productivos utilizamos la siguiente simbología (TE = Tiempos No Productivos en Bobinado) cada una con su respectivo número identificativo que se explica a continuación:

- TIB – 1. – Personal no capacitado en la manipulación de las bobinas
- TIB – 2– Materia prima de baja calidad
- TIB – 3. – Procedimientos no estandarizados
- TIB – 4. – Falta de mantenimiento

- TIB – 5. – Equipos Obsoletos
- TIB – 6. – Existe problemas en la desbobinadora
- TIB – 7. – Mala calibración de los equipos
- TIB – 8. – Tiempos elevados en el cambio de bobina.

#### 3.6.6.1 ANÁLISIS DE PARETO

En la figura 10, se puede apreciar la concentración del 80% de las causas que conllevan a los tiempos elevados de atención en las siguientes variables; TIB – 1. Personal no capacitado en la manipulación de las bobinas; TIB – 8. – Tiempos elevados en el cambio de bobina. Siendo los principales focos que debemos tener en consideración.

#### 3.7 Identificación Causa-Raíz con 5 Why

Dentro de la fase de análisis se pretende una vez **IDENTIFICAR** las causas del problema, focalizarse con la raíz del problema mediante una técnica considerada 5 Why. A continuación, se presenta cada uno de los análisis de causa-raíz a las variables:

Table 4

5 WHY TIB-1

5 WHY						
TIEMPOS NO PRODUCTIVOS (TIB-1)						
PROBLEMA ANALIZAR	W1	W2	W3	W4	W5	RESULTADO DEL ANÁLISIS
¿Por qué existe Personal no capacitado en la manipulación de las bobinas?	<p>El operador no recibido una capacitación formal del proceso</p> <p>¿Por qué el operador no ha recibido una capacitación formal del proceso?</p>	No existe una capacitación para el personal.				Realizar un plan de capacitación al personal

Tabla 4.5 WHY Personal no capacitado

Fuente: Elaboración Propia

Table 5

5 WHY TIB-8

5 WHY						
TIEMPOS NO PRODUCTIVOS (TIB-8)						
PROBLEMA ANALIZAR	W1	W2	W3	W4	W5	RESULTADO DEL ANÁLISIS
¿Por qué existe Tiempos elevados en el cambio de bobina?	<p>Al operador le lleva mucho tiempo cambiar la bobina y genera retraso</p> <p>¿Por qué Al operador le lleva mucho tiempo cambiar la bobina y genera retraso?</p>	El operador debe calibrar y colocar una nueva bobina				Habilitar una Línea de producción

Tabla 5.5 WHY Tiempos elevados en bobina

Fuente: Elaboración Propia

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Propuesta de mejora

En este capítulo, se presenta la propuesta de mejora de acuerdo al análisis estadístico y las herramientas de calidad efectuado en el capítulo anterior, con la implementación del 5why se pudo identificar las posibles soluciones para el buen desarrollo del proceso.

#### 4.1.1 Propuesta de solución proyectada

Dentro de la metodología TOC como base del tratamiento del problema encontrado se opta por la propuesta de **EXPLOTACIÓN** de restricciones, en donde la parada no programada afecta el buen desarrollo del proceso de corte de hojalata que se describe a continuación:

#### 4.1.2 Sección de corte adicional

Para la implementar una mejora en los procesos, por lo que se opta por agregar una línea de corte adicional, con el objetivo de optimizar la eficiencia de las operaciones y garantizar un mejor rendimiento en la producción.

A continuación, se demuestra los beneficios evidentes en varios aspectos:

##### 4.1.2.1 Aumento de la eficiencia

La nueva línea de corte ha permitido una distribución de trabajo más equilibrado, lo que ha reduce los cuellos de botella en la producción. Logrando una mayor eficiencia en todo el proceso, lo que se traduce en una mejora en la productividad.

#### **4.1.2.2 Mejora en la calidad del producto**

La precisión y consistencia en el corte de láminas se han optimizado notablemente. Esto ha llevado a una mejora importante en la calidad del producto, reduciendo al mínimo los residuos e incrementando la satisfacción del cliente.

#### **4.1.2.3 Reducción de costos**

La inversión en la nueva línea de corte se ha amortizado rápidamente a través de economizar materiales y tiempo de trabajo.

#### **4.1.2.4 Mayor flexibilidad**

La adición de esta línea de corte ha brindado a los representantes de la empresa adaptarse rápidamente a cambios en la demanda del mercado. Podemos cambiar entre diferentes productos y medidas ágilmente, lo que nos permite aprovechar nuevos retos y responder a las necesidades cambiantes de nuestros clientes.

#### **4.1.2.5 Seguridad mejorada**

La nueva línea de corte también ha implementado medidas de seguridad avanzadas, reduciendo los riesgos para nuestros trabajadores y garantizando un entorno de trabajo más seguro.

En resumen, la incorporación de una sección de corte adicional ha mejorado nuestra eficiencia operativa y calidad de productos, también ha tenido un impacto relevante en nuestra rentabilidad y capacidad de adaptación. Esta inversión ha demostrado ser una decisión estratégica acertada para el logro a largo plazo de la empresa metalúrgica.

#### **4.1.3 Soluciones por despilfarros de tiempos no productivos por mano de obra**

Para limitar los infortunios entregados con la guía de la mano de obra, se ha propuesto lo siguiente:

- Seleccione un grupo de mano de obra sólo para capacitar a los operarios de turnos rotativos, supervisando las respectivas actividades.
- Actualizar un programa de entrenamiento según lo indique la actividad es decir un instructivo de operación por máquina o actividad productiva.

Es por eso que se logre una alianza estratégica entre proveedores de instrumentos y materiales, además se establezcan talleres, cursos y ayudas de formación para todos los involucrados en el proceso de producción en la línea.

#### 4.1.4 LAYOUT

Posteriormente se plantea la construcción de una línea de corte nueva, a dicha línea auxiliar se la denomina “Línea de Corte B”, la cual se ubicará de manera paralela a la línea ya existente “Línea de Corte A”, ambas líneas se fusionarán en el proceso de transportaciones de los pallets en los cuales están las latas que serán llevadas a la siguiente fase del proceso.

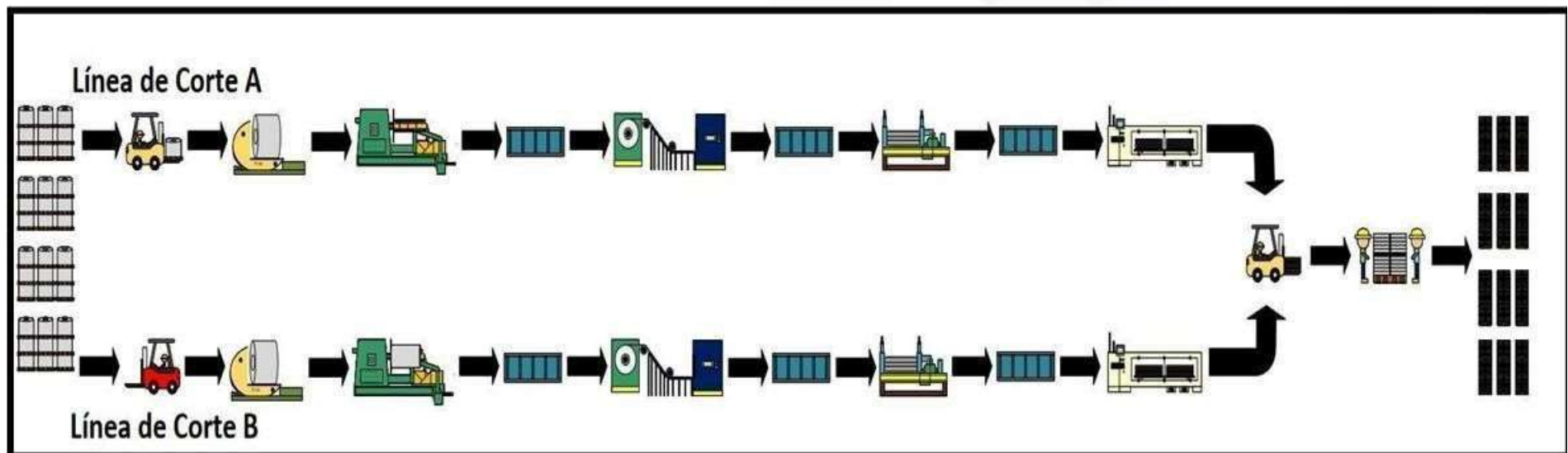


Figura 11 Layout de propuesta de mejora

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.4.1 Descripción de layout

En el layout se visualiza que el proceso inicia en el área de materia prima, en la cual se emplean montacargas para transportar las bobina hacia el volteador ubicado en el área de corte, la bobina gira y pasa al desbobinador; en el desbobinador se ubica la bobina para poder iniciar con el proceso de corte.

Posteriormente del desbobinador se pasa a la sección de templado, área en la cual se extrae la lámina de hojalata y se corta en láminas pequeñas para facilitar el proceso de detección de incongruencias. Seguido a ello pasa por los detectores donde hay dos rodillos que permiten detectar el espesor y el tamaño de agujeros de las láminas de hojalata.

En caso de que las láminas de hojalata no presenten las características requeridas se las apila y se devuelven al proveedor para que realice el reproceso de las mismas, cabe decir que muy pocas son las láminas que presentan incongruencias a lo largo de la jornada.

A continuación de los detectores pasa al troquel para realizar los cortes de acuerdo a las dimensiones que lo desee el cliente, luego pasa al área de producto final que es donde se los apila entre 1300 a 1700 piezas acorde al tamaño en los respectivos pallets, pasa al enzunchado y apilado para el siguiente proceso.



## 4.2 Análisis Financiero del proyecto

Las pérdidas monetarias se obtienen en base a la cuantificación del tiempo no productivo en el área de corte de hojalata. El cálculo del costo unitario referente a la hora no productiva, se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Costo Unitario de Hora – Hombre} = \frac{\text{Sueldo mensual} * \# \text{ Operadores}}{\text{Horas mensuales}}$$

$$\text{Costo Unitario de Hora – Hombre} = \frac{\$ 550 * 20 \text{ operadores}}{(24 \text{ días} * 16 \text{ horas})}$$

$$\text{Costo Unitario de Hora – Hombre} = \frac{11.000}{384}$$

$$\text{Costo Unitario de Hora – Hombre} = \$ 28.65 \text{ dólares}$$

$$\text{Costo total de hora – hombre} = \$573$$

El costo unitario de la hora de trabajo no productiva es de \$28.65 dólares, valor con el cual se logra calcular la pérdida económica que se genera debido al tiempo no productivo, reconociendo que el valor de la hora-máquina no productiva es de aproximadamente \$57,35 dólares.

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

$$\text{Hora} = \$28.65 + \$57,35$$

$$\text{Hora} = \$80$$

Table 6

Diferencia entre pérdida actual y estimada

PÉRDIDAS	TIEMPO NO PRODUCTIVO	HORAS PERDIDAS EN EL AÑO	VALOR DE HORAANUAL	PÉRDIDA EN VALOR MONETARIO
ACTUAL	100 %	474	\$80,00	\$37.920,00
ESTIMADA	70 %	331,8	\$80,00	\$26.544,00
<b>DIFERENCIA ENTRE LAS PÉRDIDAS ACTUAL Y ESTIMADA. AHORRO DE TIEMPOS NO PRODUCTIVOS EN LA PRODUCCION DE ENVASES METÁLICOS.</b>				<b>\$11.376,00</b>

*Tabla 6 Diferencia entre pérdida actual y estimada*

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 6. Se logra visualizar un cuadro comparativo de Tiempo No Productivo “Actual” vs “Estimado” con respecto a la “pérdida “Pérdida en Valor Monetario”, siendo \$80 dólares el valor aproximado correspondiente a una hora no productiva.

En un inicio se tenía un 100% de Tiempo No Productivo, lo cual en dólares hace referencia a \$37.920,00 dólares de pérdidas anuales. Una vez se logre la implementación de la línea de corte adicional se pronostica una reducción de 70% en Tiempos No Productivos, siendo en dólares \$26.544,00 anuales. El ahorro estimado por la implementación de la línea de corte adicional es la diferencia entre ambos valores, lo cual da un aproximado de \$11.376,00 anuales.

En la tabla 7 a continuación, Se detalla la inversión de la implementación de otra línea de producción además de la descripción detallada de los elementos a utilizar, siendo de un total de \$32.000,00 dólares. También se toma en cuenta el valor de capacitación siendo éste de \$800,00 dólares. Valores que al ser sumados dan \$32.800,00 dólares de inversión.

Cuando se han levantado y direccionado las alternativas de solución apropiadas en comparación con el implemento de otra sección de corte y la actualización de conocimientos en lo referente a la mano de obra, se evaluaron las determinaciones para acordar el tercer paso del TOC, que es **SUBORDINAR** el paso denominado explotación, de manera que mejore la estabilidad de las líneas.

Tabla 7

Inversión Inicial

DETALLE	VALOR (EN DOLARES \$)	TOTAL (EN DOLARES \$)
<b>Línea de corte</b>		
Mano de Obra	\$1.450,00	
Volteador	\$3.200,00	
Elevador	\$4.000,00	
Desbobinador	\$4.000,00	
Motores	\$9.000,00	
Cableado	\$4.000,00	
Cizalla	\$9.350,00	
Instalación	\$3.000,00	
Otros elementos para el montaje de la línea de producción	\$1.000,00	
<b>TOTAL, DE LA AUTOMATIZACION (TA)</b>		<b>\$39.000,00</b>
<b>CAPACITACION</b>		
Capacitación para el personal operativo	\$800,00	
<b>TOTAL, DE LA CAPACITACION (TI)</b>		<b>\$800,00</b>
<b>TOTAL, DE INVERSION INICIAL (TA+TI)</b>		<b>\$39.800,00</b>

Tabla 7 Inversión inicial

Fuente: Elaboración Propia

La puesta en marcha de la propuesta ayudará a tener un mayor equilibrio en las líneas de corte de hojalata para de esta forma dar cumplimientos con el cuarto paso del TOC, el que indica superar la restricción, para **ELEVAR** la capacidad de la

línea y fortalecer la eficiencia de la producción que dado la tabla 6 se redujo lostiempos no productivos en un 70% como se indicó anteriormente.

#### 4.2.1 Calculo del TIR, VAN y Playback

En la tabla 8. Se logra observar el transcurso del flujo de efectivo de la solución para un periodo de 5 trimestres en donde, se considera el trimestre 0 la inversión inicial y el ahorro calculado en los siguientes trimestres para la optimización de tiempos no productivos en el proceso metalúrgico de la empresa guayaquileña.

Table 8

Flujo de caja

Periodo	Flujos netos de caja
0	\$ -39.800,00
1	\$ 26.544,00
2	\$ 18.544,00
3	\$ 19.023,00
4	\$ 12.539,00
5	\$ 16.540,00

Tabla 8 Flujo de caja

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 9. Se logra apreciar el efecto del análisis financiero proyectando diversos escenarios con varios tipos de tasas de intereses, con la finalidad de evaluar si el proyecto es o no rentable para cada una de la situación, y poder así asegurar su éxito a largo plazo, sin que el tipo de interés afecte.

Table 9

## TIR &amp; VAN

Tipo de interés	0 %	2 %	5 %	10 %	15 %
VAN	\$ 53.390,00	\$ 48.538,13	\$ 41.058,34	\$ 32.783,13	\$25.204,12
TIR	43,18 %	43,18 %	43,18 %	43,18 %	43,18 %
Resultado VAN	Rentable	Rentable	Rentable	Rentable	Rentable

Tabla 9 Flujo de caja

Fuente: Elaboración Propia

Para todos los escenarios planteado el proyecto es rentable debido al Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno teniendo un resultado positivo. En la tabla 9. Se puede visualizar un tipo de interés desde el 0% al 15% como foco de interés, siendo el valor del VAN \$53.390,00 hasta el \$25.204,12 y el TIR de 43,18 % como porcentaje fijo en todos los casos. También se calcula el periodo de recuperación de la inversión obteniendo el siguiente resultado.

Table 10

## Payback

Payback	1,50	547,28
	Años	Días

Tabla 10 Payback

Fuente: Elaboración Propia

Con los datos que se reflejan se puede concluir que, la solución es rentable y además se puede recuperar la inversión a mediados del segundo año aproximadamente, en el día 547 de la inversión inicial, lo cual indica 1 años y 6 meses; justificando así el desarrollo de la solución.

## Periodo de recuperación

PERIODO DE RECUPERACIÓN		
AÑO	FLUJO	ACUMULADO
0	\$ -39.800,00	
1	\$ 26.544,00	\$ 26.544,00
2	\$ 18.544,00	\$ <b>45.088,00</b>
3	\$ 19.023,00	\$ 64.111,00
4	\$ 12.539,00	\$ 76.650,00
5	\$ 16.540,00	\$ 93.190,00

Figura 12 Periodo de recuperación

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 11 mediante la hoja de cálculo se demuestra el Payback la recuperación de la inversión que sin duda es un aspecto esencial para evaluar su viabilidad y beneficio financiero.

Tomando como base los resultados descritos, la alta gerencia puede llevar a cabo al último paso del TOC que se refiere al **RETORNO AL PRIMER PASO** para continuar con la verificación de un nuevo cuello de botella y no afecte el desarrollo de la productividad en la planta.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Mediante la implementación de la Teoría de Restricciones, se pudieron identificar, explotar, subordinar, elevar y verificar nuevas restricciones, que implicaban la pérdida de tiempo no productivos detectados en la línea de corte, así como limitar en gran manera el sistema no productivo en la fabricación de envases metálicos de la empresa guayaquileña.

Se pudo lograr establecer cuáles eran las variables que estaban influyendo de negativa en el proceso basándose en el modelo de estudio ANOVA teniendo como resultado que las variables con menos desempeño son: calibración de bobinas, calibración de troqueles, calibración de rodillos, entre otras. Sin embargo, gracias al estudio estadístico se concluyó que la Calibración de Bobinas es la variable que afecta más significativamente el proceso presentando un valor de  $p=0.027 \leq 0.05$ .

Se realizó un análisis financiero teniendo la cuenta la diferencia entre la pérdida actual y la pérdida estimada, además se establecen los valores aproximados de la inversión inicial, así mismo se realizó un cálculo de TIR, VAN y Playback para demostrar la viabilidad de la inversión. Se demostró que la propuesta es rentable y que en el día 547 de recuperará la inversión.

## 5.2 Recomendación

- Considerando la importancia que tiene esta investigación y en función de los resultados obtenidos mediante análisis estadístico se formula como sugerencia la implementación de una nueva línea de producción auxiliar, la cual trabajará de manera intercalada con la línea ya existente, es decir que, mientras se realicen todos los chequeos de calibración requeridos a lo largo del proceso de corte la otra línea de corte estará activa.
- Brindar capacitación al personal que está inmerso en la manipulación de boninas.
- Mejorar la calidad de materia prima para reducir los desperdicios y evitar reprocesos.
- Fomentar estudios mediante recolección de datos que permitan la reducción de tiempos no productivos en todas las áreas de la empresa.



### 5.3 Referencias Bibliográficas

- Abisambra, A. J., & Mantilla, L. A. (2008). Aplicación ( TOC ) a los procesos de producción de la planta de fundición de Imusa \*. *Revista Soluciones de Postgrado EIA*.
- Álvarez M, J., Inche M., J., & Salvador W., G. (2014). PROGRAMACIÓN DE OPERACIONES MEDIANTE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES. *Industrial Data*, 7(1). <https://doi.org/10.15381/idata.v7i1.6095>
- Arrivillaga, M., Correa, D., Varela, M., Holguín, L., & Tovar, J. (2006). ESTUDIO CORRELACIONAL \*. *Univ. Psychol. Bogotá (Colombia)*, 5(3).
- ATOX. (2017). *¿Qué es la teoría de las restricciones?* Atoxgrupo.
- Ballarín, M. (2019). Inventario. In *Acotaciones* (Vol. 43). <https://doi.org/10.32621/acotaciones.2019.43.11>
- Bouillon, A. (2018). Gestión de calidad. *Review of Global Management*, 3(1). <https://doi.org/10.19083/rgm.v3i1.691>
- Brown, C. (2019). Why and how to employ the SIPOC model. *Journal of Business Continuity and Emergency Planning*, 12(3).
- Camacho Angulo, M., Banchón Jiménez, S., Barcia Villacreses, K. F., & Allauca Amaguaya, M. (2023). Aplicación de la teoría de restricciones en un proceso productivo con enfoque a la industria 4.0. *RECIAMUC*, 7(2). [https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.\(2\).abril.2023.281-304](https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.(2).abril.2023.281-304)
- Análisis de la aplicación de la Teoría de Restricciones (TOC) en la industria como un sistema de mejoramiento continuo, Universidades (2020).
- Chaves, R. (2005). Iso 9000 y el control de los documentos. *Bibliotecas*, 23(1).
- Coque, P. (2018). Optimización de recursos mediante la aplicación de teoría de restricciones (TOC) en empresa metalmecánica de envases de hojalata. *La Evasión Tributaria E Incidencia En La Recaudación Del Impuesto a La Renta De Personas Naturales En La Provincia Del Guayas, Periodo 2009-2012, PROYECTO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y FINANCIERA DEL CULTIVO DE OSTRA DEL PACÍFICO EN LA PARROQUIA MANGLARALTO, CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA*.
- Da Silva, É. M., Rodrigues, L. H., & Lacerda, D. P. (2012). Critical Chain of the Theory of Constraints applied to Executive Engineering Project Management: A case study in a petroleum refinery. *Gestao e Producao*, 19(1). <https://doi.org/10.1590/s0104-530x2012000100001>

- Delgado Bustamante, D., Meléndez Arista, Y., Meneses Valle, Y., & Tapia Chambergo, P. (2018). Administración de la calidad total: *Global Business Administration Journal*, 2(1). <https://doi.org/10.31381/gbaj.v2i1.1454>
- Deymon, V. (1995). Técnicas de Investigación. In *Instrumentos de investigacion*.
- Díaz Muñoz, G. A., & Salazar Duque, D. A. (2021). La calidad como herramienta estratégica para la gestión empresarial. *PODIUM*, 39. <https://doi.org/10.31095/podium.2021.39.2>
- Enrique Soto-Chávez, L. I., William Ugalde-Vicuña III, J., & Holger Zambrano-Silva, D. I. (2021). Teoría de las restricciones y su impacto en las mejoras de la productividad. *Polo Del Conocimiento*, 6(11).
- Esteban Nieto, N. T. (2018). *Tipos de investigación: Metodología de la Investigación*. Repositorio Institucional USDG.
- García, G. D. (2010). Conceptos y metodología de la investigación histórica \* Concepts and methodology of historical research. *Revista Cubana de Salud Pública*, 36(1).
- Goldratt, E. M. (2009). Standing on the shoulders of giants - Production concepts versus production applications the Hitachi Tool Engineering example. *Gestao e Producao*, 16(3). <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2009000300002>
- Gupta, A., Bhardwaj, A., & Kanda, A. (2010). Fundamental concepts of theory of constraints: An emerging philosophy. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 46.
- Hisprastin, Y., & Musfiroh, I. (2021). Ishikawa Diagram dan. *Artikel Mini Review*, 6(1).
- Llorente, L. P. (1993). Teoría de la Información Estadística \*. *Estadística Española*, 35(133).
- López, J. F. (2016). *Muestra estadística*. Economipedia.
- Lopez, J. F. (2019). *Población estadística - Qué es, definición y concepto* | Economipedia. Economipedia.
- López, W. (2016). Teoría restricciones y la función de comercialización. *Revista Académia*, 5(2).
- Lucía Rodríguez, O. (2021). La teoría de restricciones, como fuentes de crecimiento empresarial. *Dictamen Libre*, 29. <https://doi.org/10.18041/2619-4244/dl.29.7863>
- Mata, L. (2019). El enfoque cuantitativo de investigación. *Investigalia*, 2014.
- Mérida Espinoza, S. D. (2015). Diseño de un Plan Operativo de Implementación de la Teoría de Restricciones para Mejorar la Productividad en el Abastecimiento de los Talleres Internos de Manaco S. A. *Journal Boliviano de Ciencias*, 11(35). <https://doi.org/10.52428/20758944.v11i35.69>

- Mertens, S., & Marée, M. (2013). La « performance » de l'entreprise sociale. *Revue Internationale P.M.E.: Économie et Gestion de La Petite et Moyenne Entreprise*, 25(3–4). <https://doi.org/10.7202/1018418ar>
- Minelle, F. (2021). Eliyahu M. Goldratt. *PROJECT MANAGER (IL)*, 8. <https://doi.org/10.3280/pm2011-008001>
- Molina, M., Ochoa, C., & Ortega, E. (2021). Correlación. Modelos de regresión. *Evid Pediatr*, 17(25).
- Monje Álvarez, C. A. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica. *Universidad Surcolombiana*.
- Montero, A. (2018). Modelos de probabilidad univariantes. *Universidad de Valencia*.
- Moreno Tapia, J. (2014). Tipos de Investigación. *DIVULGARE Boletín Científico de La Escuela Superior de Actopan*, 1(1). <https://doi.org/10.29057/esa.v1i1.1580>
- Ortiz Triana, V. K., & Caicedo Rolón, Á. J. (2014). Programación óptima de la producción en una pequeña empresa de calzado – en Colombia. *Ingeniería Industrial*, 35(2).
- Pazmiño Almeida, C. (2015). APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES A UNA EMPRESA DE CAUCHO. *Nature Reviews Genetics*, 11(1).
- Pelangi, D. K., & Muhammad, R. N. (2022). Penerapan Theory Of Constraints (TOC) Untuk Optimalisasi Laba Pada PT. Perkebunan Nusantara VIII. *Indonesian Accounting Literacy Journal*, 2(1). <https://doi.org/10.35313/ialj.v2i1.3149>
- Poma Surichaqui, F. B. (2017). Teoría de restricciones y su relación con la productividad de la empresa Creaciones Karen, en el año 2016. In *Repositorio bInstitucional Continental*.
- Rand, G. K. (2000). Critical chain: The theory of constraints applied to project management. *International Journal of Project Management*, 18(3). [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(99\)00019-8](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(99)00019-8)
- Rizoa, J. (2015). Técnicas de investigación documental. *Univerdidad Autònoma de Nicaragua*, 0(0).
- Rodríguez Balza, M. Y., Machado Torrealba, W. S., & Villamarin Oliveros, A. J. (2019). Muestreo para el control de calidad en el proceso de elaboración de envases metálicos para alimentos. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 20(2). <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n2.017>
- Romero Rojas., J. D., Ortiz Triana., V. K., & Caicedo Rolón, Á. J. (2019). La Teoría de Restricciones y la Optimización como Herramientas Gerenciales para la Programación de la Producción. Una Aplicación en la Industria de Muebles. *Revista de Métodos*

*Cuantitativos Para La Economía y La Empresa*, 27.  
<https://doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconempresa.2964>

- Samá Muñoz, D., & Díaz Acosta, Y. (2020). La teoría de las restricciones en Unidad Empresarial de Base “El Caito.” *Ciencias Holguín*, 26(2).
- Sarwar, J., Khan, A. A., Khan, A., Hasnain, A., Arafat, S. M., Ali, H. U., Uddin, G. M., Sosnowski, M., & Krzywanski, J. (2022). Impact of Stakeholders on Lean Six Sigma Project Costs and Outcomes during Implementation in an Air-Conditioner Manufacturing Industry. *Processes*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/pr10122591>
- Sierra, I. C., & Trujillo González, M. (2015). Propuesta de una guía de análisis para el control de calidad de envases metálicos de aerosol de 25,4 mm de diámetro de boca. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 43(2). <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v43n2.54212>
- UNIT, I. U. de N. técnicas. (2009). 2009 Herramientas para la mejora de la calidad. *Instituto Uruguayo de Normas Técnicas*.
- Villagómez, G., Viteri Moya, J., & Medina, A. (2012). Teoría de restricciones para procesos de manufactura. *Enfoque UTE*, 3(1). <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v3n1.7>
- Walter J. D. Cova. (2005). Control PID Un enfoque descriptivo. *Climate Change 2013 - The Physical Science Basis*.
- Yañez, D. (2018). Investigación Explicativa: Características, Técnicas, Ejemplos. *Lifeder*.

## Anexos

Detalle de problemas.

SECCIÓN: LÍNEA DE CORTE 2022

REPORTE DE PRODUCCIÓN ANUAL EN LÁMINAS LÍNEA DE CORTE

<b>CORTE HOJALATA</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>
Kilos Buenos	1.415.106	1.437.603	1.569.675	1.311.147	1.342.153	1.808.687	1.737.477
Desperdicio	10.500	10.823	7.980	2.740	2.022	2.540	3.449
Total Kilogramos	1.425.606	1.448.426	1.577.655	1.313.887	1.344.175	1.811.227	1.740.926
% Desperdicio	<b>0,74</b>	<b>0,75</b>	<b>0,51</b>	<b>0,21</b>	<b>0,15</b>	<b>0,14</b>	<b>0,20</b>
Minutos Trabajados	13.444	14.759	15.227	15.385	16.513	9.507	14.116
Minutos perdidos	2.370	2.120	2.625	2.073	2.510	2.033	2.175
Minutos programados	15.814	16.879	17.852	17.458	19.023	11.540	16.291
% Tiempo no productivo	<b>14,99</b>	<b>12,56</b>	<b>14,70</b>	<b>11,87</b>	<b>13,19</b>	<b>17,62</b>	<b>13,35</b>

Información obtenida de la empresa (2022) Elaborado por el autor

<b>CORTE HOJALATA</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>TOTAL</b>
Kilos Buenos	1.737.477	1.742.296	1.738.590	1.264.260	1.121.286	1.054.717	<b>17.542.997</b>
Desperdicio	3.449	3.852	3.761	3.633	6.713	2.444	<b>60.457</b>
Total Kilogramos	1.740.926	1.746.148	1.742.351	1.267.893	1.127.999	1.057.161	<b>17.603.454</b>
% Desperdicio	<b>0,20</b>	<b>0,22</b>	<b>0,22</b>	<b>0,29</b>	<b>0,60</b>	<b>0,23</b>	<b>0,34</b>
Minutos Trabajados	14.116	17.118	11.394	14.099	14.097	9.830	<b>165.489</b>
Minutos perdidos	2.175	1.623	2.840	3.025	2.027	3.024	<b>28.445</b>
Minutos programados	16.291	18.741	14.234	17.124	16.124	12.854	<b>193.934</b>
% Tiempo no productivo	<b>13,35</b>	<b>8,66</b>	<b>19,95</b>	<b>17,67</b>	<b>12,57</b>	<b>23,53</b>	<b>14,67</b>

Información obtenida de la empresa (2022) Elaborado por el autor

# UNEMI

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

*¡Evolución académica!*

@UNEMIEcuador

