



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

**ANÁLISIS DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES (TOC) EN LA LÍNEA DE  
PRODUCCIÓN DE ABASTECIMIENTO DE LA EMPRESA SEDEMI SCC  
UBICADA EN SANGOLQUÍ**

**PROPUESTA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR:**  
Joel Alexander Gualotuña Suntaxi

**TUTOR:**  
Ing. Cristian Xavier Espín Beltrán, Mg.

**LATACUNGA, FEBRERO, 2025**

Latacunga, Febrero 2025

#### DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Joel Alexander Gualotuña Suntaxi declaro ser autor (a) del proyecto de titulación "ANÁLISIS DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES (TOC) EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ABASTECIMIENTO DE LA EMPRESA SEDEMI SCC UBICADA EN SANGOLQUÍ", siendo el Ing. Espín Beltrán Cristian Xavier, Mg. Tutor del presente trabajo de titulación; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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



---

Joel Alexander Gualotuña Suntaxi  
CC. 1726188582

Latacunga, Febrero 2025

### AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: "ANÁLISIS DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES (TOC) EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ABASTECIMIENTO DE LA EMPRESA SEDEMI SCC UBICADA EN SANGOLQUÍ", propuesto por el estudiante Joel Alexander Gualotuña Suntaxi de la Carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos al tribunal de lectores.



Ing. Espín Beltrán Cristian Xavier, Mg.  
C.C. 0502269368  
TUTOR

Latacunga, Febrero 2025

### AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

Cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de Proyecto de Investigación con el Título "ANÁLISIS DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES (TOC) EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ABASTECIMIENTO DE LA EMPRESA SEDEMI SCC UBICADA EN SANGOLQUÍ", propuesto por el estudiante Joel Alexander Gualotuña Suintaxi de la Carrera de Ingeniería Industrial, me permito indicar que el estudiante ha concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad Proyecto de Investigación en virtud de lo cual el postulante puede presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

Atentamente,

Lector 1 (Presidente)  
PhD. Medardo Ángel Ulloa Enriquez  
CC: 1000970325

Lector 2  
Ing. Ángel Marcelo Tello Condor, Mg.  
CC: 0501518559

Lector 3  
Ing. Raúl Heriberto Andrango Guayasamín, Mg.  
CC: 1717526253

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios por darme salud y sabiduría para poder alcanzar un logro tan importante para mi vida. A mis padres, hermanos, amigos y demás familiares por brindarme su apoyo incondicional durante toda mi formación académica. A la empresa SEDEMI SCC por darme la oportunidad de realizar el presente proyecto de investigación en la línea de producción de abastecimiento. Y especialmente al Ing. Israel Hinojosa tutor empresarial del presente proyecto de titulación por haberme impartido su conocimiento, experiencia y ser un mentor durante todo el proceso de investigación siendo un apoyo fundamental para conseguir los objetivos planteados. De la misma manera al Ing. Mg. Cristian Espín tutor académico por haber compartido conmigo este proceso siempre con paciencia, entendimiento, conocimiento y profesionalismo y a la prestigiosa Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme sus puertas y acogerme en sus instalaciones donde compartí y viví grandes experiencias.*

**Joel Alexander Gualotuña Suntaxi**

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo de titulación va dedicado a Dios por ser mi guía y protector quien me brinda su apoyo y amor incondicional todos los días de mi vida enseñándome siempre a tomar las mejores decisiones y llevándome siempre por el camino del bien.*

*A mis padres Edison y Lorena quienes me han apoyado física, moral, y económicamente durante toda mi formación profesional ellos me han enseñado el valor de la humildad, esfuerzo, dedicación y respeto para no desmayar y poder cumplir mi sueño que es una alegría y un orgullo tanto para mí como para ellos*

*A mis hermanos Jennifer y David que estuvieron en el día a día con su presencia y apoyo, con sus risas y alegrías, pero sobre todo con su cariño que me sirvió como impulso para salir a delante y sé que siempre compartirán mis logros como si fueran suyos.*

*A mis amigos y compañeros de clase quienes compartieron junto a mí la preciosa etapa universitaria en las buenas y en las malas cuando había que divertirse, pero también cuando había que estudiar siempre estuvieron con sus palabras de apoyo, sus consejos para que no me diera por vencido.*

**Joel Alexander Gualotuña Suntaxi**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

### TITLE: “ANALYSIS OF THE THEORY OF CONSTRAINTS (TOC) IN THE SUPPLY PRODUCTION LINE OF THE COMPANY SEDEMI SCC LOCATED IN SANGOLQUÍ”

**Autor:**

Joel Alexander Gualotuña Suntaxi

#### RESUMEN

El presente proyecto de investigación está dirigido al ámbito industrial, con el fin de demostrar las restricciones o cuellos de botella que puede presentar un proceso productivo. De esta manera, se busca inculcar en todos los integrantes del grupo corporativo SEDEMI SCC la aplicación de herramientas, métodos y teorías que optimicen sus operaciones. En el presente caso de estudio, se aplicó la Teoría de Restricciones (TOC) y la herramienta Lean Manufacturing Value Stream Mapping (VSM). La falta de conocimiento sobre estas metodologías ha afectado los procesos productivos, así como la calidad de los productos y servicios. Mediante los principios de la Teoría de Restricciones, se identificaron cuellos de botella en la fabricación de virolas a través de un enfoque mixto, cualitativo y cuantitativo, empleando observación y recopilación de datos. Se utilizó un cursograma analítico de procesos para medir el flujo de producción en términos de operación, inspección, revisión, transporte y almacenamiento. Posteriormente, se realizó un estudio de métodos para calcular el tiempo estándar de fabricación y establecer la capacidad real de cada proceso. Se determinó que el proceso de corte térmico era el cuello de botella, con una capacidad de producción de cuatro unidades diarias. La herramienta VSM permitió identificar los tiempos de valor agregado y no agregado, calculando una eficiencia del 59 %. Se propuso un plan de acción para mejorar el proceso de corte térmico, priorizando incidencias como la pérdida de presión de aire, errores en optimización y cambios en el plan de corte mediante un análisis 80/20. Tras el análisis del resultado esperado de las mejoras, la eficiencia aumentó al 62 % y la capacidad productiva se incrementó a cinco unidades diarias.

**Palabras clave:** TOC, VSM, eficiencia, procesos productivos, métodos.

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TITLE: "ANALYSIS OF THE THEORY OF CONSTRAINTS (TOC) IN THE SUPPLY PRODUCTION LINE OF SEDEMI SCC, LOCATED IN SANGOLQUÍ"**

**Author:**

Joel Alexander Gualotuña Sntaxi

### ABSTRACT

This research project is aimed at the industrial field, with the purpose of demonstrating the restrictions or bottlenecks that a production process may present. Thus, it seeks to instill in all members of the SEDEMI SCC corporate group the application of tools, methods and theories that optimize their operations. In this case study, the Theory of Constraints (TOC) and the Lean Manufacturing Value Stream Mapping (VSM) tool were applied. The lack of knowledge about these methodologies has affected production processes, as well as the quality of products and services. Using the principles of the Theory of Constraints, bottlenecks in ferrule manufacturing were identified through a mixed qualitative and quantitative approach, using observation and data collection. An analytical process flow chart was used to measure the production flow in terms of operation, inspection, review, transport and storage. Subsequently, a methods study was carried out to calculate the standard manufacturing time and establish the actual capacity of each process. The thermal cutting process was determined to be the bottleneck, with a production capacity of four units per day. The VSM tool made it possible to identify value added and non-value-added times, calculating an efficiency of 59%. An action plan was proposed to improve the thermal cutting process, prioritizing incidences such as air pressure loss, optimization errors and changes in the cutting plan through an 80/20 analysis. After analysis of the expected result of the improvements, efficiency increased to 62% and production capacity was increased to five units per day.

**Keywords:** TOC, VSM, efficiency, production processes, methods.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	¡Error! Marcador no definido.
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN¡Error! Marcador no definido.	
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA .....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT .....	viii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	18
2. INTRODUCCIÓN.....	19
2.2 EL PROBLEMA .....	19
2.2.1 Situación problemática .....	19
2.2.2 Formulación del problema.....	19
2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN .....	19
2.3.1 Campo de acción: .....	19
2.3.2 Objeto: .....	19
2.4 BENEFICIARIOS .....	20
2.5 JUSTIFICACIÓN.....	20
2.6 OBJETIVOS.....	21
2.6.1 Objetivo general .....	21
2.6.2 Objetivos específicos.....	21
2.7 HIPÓTESIS .....	21
2.8 SISTEMA DE TAREAS .....	22
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	23
3.1 ANTECEDENTES .....	23

3.2 TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES.....	25
3.2.1 Que es una restricción.....	25
3.2.2 Tipos de restricciones .....	25
3.2.3 Metodología de la teoría de restricciones .....	26
3.2.4 Técnicas metodológicas de la teoría de restricciones.....	27
3.2.4.1 El árbol de realidad.....	27
3.2.4.2 El DBR Drum-Buffer-Rope(tambor-amortiguador-cuerda).....	28
3.2.5 Ventajas de la metodología "TOC" .....	29
3.3 LA EFICIENCIA.....	29
3.3.2 Medición de la eficiencia.....	30
3.3.3 Fórmulas para medir la eficiencia .....	30
3.3.4 Factores que influyen en la eficiencia .....	31
3.4 LÍNEA DE PRODUCCIÓN SEDEMI SCC .....	31
3.5 DIAGRAMA DE FLUJO .....	33
3.6 DIAGRAMA DE PROCESOS.....	33
3.7 CURSOGRAMA ANALÍTICO DE PROCESO.....	35
3.8 ESTUDIO DE TIEMPOS.....	36
3.8.1 Valoración del ritmo.....	36
3.8.2 Método de nivelación .....	36
3.8.3 Tiempo Promedio .....	37
3.8.4 Tiempo Normal .....	38
3.8.5 Tiempo concedido suplementario.....	38
3.8.6 Tiempo estándar .....	40
3.9 VALUE STREAM MAPPING (VSM).....	40
3.9.1 Metodología de la herramienta "VSM" .....	40
3.9.2 Seleccionar una familia de productos de la línea de producción.....	41
3.9.3 Símbolos value stream mapping.....	41

3.9.4 Representación del mapa del estado actual .....	42
3.9.5 Análisis del mapa del estado actual .....	43
3.9.7 Análisis del mapa del estado futuro.....	45
4. METODOLOGÍA.....	47
4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	47
4.1.1 Investigación descriptiva .....	47
4.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	47
4.2.1 Modalidades de investigación .....	47
4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS .....	48
4.3.1 Técnicas .....	48
4.3.1.1 Observación.....	48
4.3.1.2 Diagrama de flujo .....	48
4.3.1.3 Layout.....	48
4.3.1.4 Cursograma analítico de procesos .....	48
4.3.1.5 Estudio de tiempos .....	48
4.3.1.6 Value stream mapping (VSM).....	49
4.3.2 Instrumentos .....	49
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	50
5.1 RESULTADOS OBTENIDOS EN BASE AL PRIMER OBJETIVO.....	50
La empresa.....	50
Misión.....	50
Visión .....	50
5.1.1 Descripción de la línea de producción de abastecimiento .....	50
Biselado .....	50
Corte en frío por cizalla .....	51
Corte en frío por sierra.....	52
Corte térmico Plasma .....	52

Plegado .....	53
Perforado .....	54
Rolado.....	54
5.1.2 Layout línea de producción de abastecimiento.....	56
5.1.3 Diagrama de flujo de la programación para la fabricación de productos de la línea de producción de abastecimiento .....	57
5.1.4 Descripción de la producción por centros de trabajo de la línea de producción de abastecimiento en el año 2024.....	58
5.1.5 Descripción de las rutas de fabricación de los productos de la línea de producción de abastecimiento .....	60
5.1.6 Diagnostico de la situación actual con respecto a la eficiencia de la línea de producción de abastecimiento en el año 2024.....	61
<b>5.2 RESULTADOS OBTENIDOS EN BASE AL SEGUNDO OBJETIVO .....</b>	<b>63</b>
5.2.1 Estudio de la teoría de restricciones (TOC).....	63
5.2.1.1 Identificar la restricción.....	65
5.2.1.2 Cálculo del tiempo estándar de la fabricación del producto.....	71
Cálculo para la asignación de los límites de control del proceso (Corte Térmico).....	71
Cálculo para la asignación de los límites de control del proceso (Biselado) .....	74
Cálculo para la asignación de los límites de control del proceso (Rolado).....	77
Capacidad en unidades por tiempo real del proceso (Corte térmico).....	79
Capacidad en unidades por tiempo real del proceso (Biselado).....	81
Capacidad en unidades por tiempo real del proceso (Rolado) .....	82
<b>5.3 RESULTADOS OBTENIDOS EN BASE AL TERCER OBJETIVO .....</b>	<b>83</b>
5.3.1 Determinación de las métricas del proceso de fabricación del producto .....	83
Cálculo del tiempo de fabricación real (Corte térmico) .....	84
Cálculo del tiempo de fabricación real (Biselado) .....	84
Cálculo del tiempo de fabricación real (Rolado).....	85
Cálculo del Tack Time (Corte térmico).....	85

Cálculo de Tack Time (Biselado).....	86
Cálculo de Tack Time (Rolado) .....	86
Cálculo del tiempo de valor agregado .....	87
Cálculo del tiempo de NO valor agregado .....	87
Cálculo de la eficiencia con respecto al tiempo de fabricación.....	88
5.3.3 Representación del mapa de flujo de valor de la fabricación del producto (Virola PLE 8mm de 4719x2500 mm).....	89
5.3.4 Propuesta de mejora en el proceso (Corte térmico).....	90
Análisis del impacto esperado en el proceso (Corte térmico) .....	93
Cálculo con respecto al tiempo de fabricación del producto esperado (Corte térmico) .....	94
Cálculo de la eficiencia con respecto al tiempo de fabricación Esperado.....	95
Representación de los resultados esperados .....	96
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	97
6.1 CONCLUSIONES.....	97
6.2 RECOMENDACIONES .....	97
7. BIBLIOGRAFÍA .....	98

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Personal administrativo y operativo de la empresa SEDEMI .....	20
Tabla 2.2 Sistema de tareas .....	22
Tabla 3.1 Métricas para la valoración del ritmo de trabajo.[15] .....	37
Tabla 5.1 Datos de la producción por centros de trabajo 2024 .....	58
Tabla 5.2 Productos fabricados en la línea de producción de abastecimiento en el año 2024 ..	59
Tabla 5.3 Rutas de fabricación de los productos de la línea de producción de abastecimiento	60
Tabla 5.4 Datos para obtener la eficiencia de la línea de producción de abastecimiento 2024	63
Tabla 5.5 Mapeo de productos .....	64
Tabla 5.6 Kg procesados al mes para la fabricación de Virolas en el año 2024 .....	65
Tabla 5.7 Especificaciones de Virola PLE 8mm con mayor número de unidades producidas	65
Tabla 5.8 Cursograma analítico del proceso de fabricación de Virolas .....	66
Tabla 5.9 Calculo de los límites de control del proceso "Corte Térmico" .....	72
Tabla 5.10 Calculo del tiempo estándar del proceso "Corte Térmico" .....	73
Tabla 5.11 Resultados de la valoración del ritmo de trabajo según la tabla 3.1.....	74
Tabla 5.12 Resultados del factor suplementario por descanso según la figura 3.6.....	74
Tabla 5.13 Calculo de los límites de control del proceso "Biselado".....	75
Tabla 5.14 Calculo del tiempo estándar del proceso "Biselado".....	76
Tabla 5.15 Calculo de los límites de control del proceso "Rolado" .....	77
Tabla 5.16 Calculo del tiempo estándar del proceso "Rolado" .....	78
Tabla 5.17 Métricas para la representación del mapa de flujo de valor .....	84
Tabla 5.18 base de datos para la representación de la figura 5.14 .....	91
Tabla 5.19 Descripción de los motivos de paro en el proceso corte térmico del año 2024 .....	91
Tabla 5.20 Plan de acción.....	92
Tabla 5.21 Calculo de los límites de control de los motivos de pausa (Corte térmico) .....	93
Tabla 5.22 Calculo del tiempo promedio en (seg) de los motivos de pausa (Corte térmico)...	94

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Secuencia de pasos metodología TOC.[5] .....	26
Figura 3.2 Esquema del árbol de realidad.[8].....	28
Figura 3.3 Representación de la línea de producción de le empresa SEDEMI SCC. ....	32
Figura 3.4 Símbolos del diagrama de flujo de proceso.[13].....	34
Figura 3.5 Ejemplo de un cursograma analítico.[14] .....	35
Figura 3.6 Sistema de suplementos.[14].....	39
Figura 3.7 Mapeo de productos .....	41
Figura 3.8. Flujo de información electrónica. [16].....	43
Figura 3.9 Mapa de flujo de valor actual.[16] .....	44
Figura 3.10 Mapa del estado futuro. [16] .....	46
Figura 5.1 Biselado.....	51
Figura 5.2 Corte por Cizalla .....	51
Figura 5.3 Corte por sierra.....	52
Figura 5.5 Corte por Plasma.....	53
Figura 5.6 Plegado.....	53
Figura 5.7 Perforado .....	54
Figura 5.8 Rolado .....	55
Figura 5.9 Layout de la línea de producción de abastecimiento .....	56
Figura 5.10 Planificación de la producción .....	57
Figura 5.11 Kg procesados por centro de Trabajo 2024.....	58
Figura 5.12 Eficiencia de la línea de producción de abastecimiento del año 2024.....	62
Figura 5.13 Repristinación del mapa de flujo de valor.....	89
Figura 5.14 Pareto de los motivos de paro en el proceso (corte térmico) .....	90
Figura 5.15 Comparación de la eficiencia con respecto al tiempo de fabricación .....	96
Figura 5.16 Comparación de la capacidad de producción (Corte térmico).....	96

## ÍNDICE DE ECUACIONES

(3.1) .....	29
(3.2) .....	30
(3.3) .....	30
(3.4) .....	30
(3.5) .....	30
(3.6) .....	37
(3.7) .....	38
(3.8) .....	40
(3.9) .....	45
(3.10) .....	74
(3.11) .....	79
(3.12) .....	80
(3.13) .....	80
(3.14) .....	84

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

ANEXO I. Aval de la empresa .....	100
ANEXO II. Informe de similitud.....	101
ANEXO III. Aval de traducción.....	102

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

**Título:** Análisis de la teoría de restricciones “TOC” en la línea de producción de abastecimiento de la empresa SEDEMI SCC ubicada en Sangolquí.

**Tipo de proyecto:** Proyecto de investigación.

**Carrera:** Ingeniería Industrial.

**Equipo de trabajo:**

**Tutor:** Ing. Mg. Espín Beltrán Cristian Xavier

**Autor:** Joel alexander Gualotuña Sntaxi

**Área de conocimiento:**

**Campo Amplio:** (33) Ciencias Tecnológicas

**Campo Específico:** (10) Tecnología Industrial

**Campo Detallado:** (06) Especificaciones de Procesos

**Línea de investigación:** Tecnología industrial, gestión de la producción, riesgos y seguridad laboral

**Sub- líneas de investigación de la Carrera:** Administración y gestión de la producción

**Proyecto de investigación vinculado:**

**Transformación digital:** El impacto de las tecnologías 4.0 en la industria y la Academia

## **2. INTRODUCCIÓN**

### **2.2 EL PROBLEMA**

#### **2.2.1 Situación problemática**

La línea de producción de abastecimiento de la empresa SEDEMI SCC atraviesa desafíos en la identificación y manejo de los cuellos de botella en sus procesos productivos. De manera que está generando un impacto negativo para la empresa.

Los cuellos de botella o restricciones limitan el flujo de producción que por consecuencia terminan afectando de manera directa a la eficiencia de los procesos productivos en la fabricación de Virolas en la línea de producción de abastecimiento. Los principales problemas identificados son retrasos en la entrega del material y producto terminado, reducción de la capacidad productiva, desbalance de la línea de producción entre otros. Afectado directamente a los demás centros de trabajo y departamentos quienes son clientes internos de la línea de producción de abastecimiento los cuales muestran su inconformidad.

Aunque han venido aplicando estrategias generales de mejora no ha sido suficiente por lo que al no contar con una metodología basada en el análisis de cuellos de botella ha generado los problemas mencionados con anterioridad, por esa razón es fundamental abrir camino a la teoría de restricciones "TOC" una metodología especialista en el estudio de los cuellos de botella.

#### **2.2.2 Formulación del problema**

¿Los cuellos de botella pueden ocasionar que la eficiencia de los procesos productivos de la línea de producción de abastecimiento no incremente?

### **2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN**

**2.3.1 Campo de acción:** (33.10.06) Ciencias Tecnológicas, Tecnología Industrial, Especificaciones de Procesos

**2.3.2 Objeto:** Teoría de restricciones TOC

## 2.4 BENEFICIARIOS

En la tabla 2.1, se muestran los beneficiarios del presente proyecto investigativo a continuación:

Tabla 2.1 Personal administrativo y operativo de la empresa SEDEMI

Beneficiarios	Número de personas
Personal administrativo	488
Personal operativo	792
Total	1280

## 2.5 JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto investigativo es primordial en las empresas manufactureras ya que el éxito y la competitividad dependerá de la eficiencia de sus líneas de producción. En el caso del grupo corporativo SEDEMI SCC, la línea de producción de abastecimiento es esencial ya que forma parte de la principal y más importante cadena de producción de la empresa.

La Teoría de Restricciones "TOC", propone analizar e identificar las limitaciones o cuellos de botella de los procesos productivos. Según esta teoría, toda organización empresarial tiene al menos una restricción. Basándonos en los problemas previamente mencionados se utilizará la metodología "TOC" ya que al ser especialista en cuellos de botella podría ofrecer un análisis claro para una posible solución en el flujo de producción de Virolas dentro del departamento de abastecimiento.

Un proceso de producción sin limitaciones en su flujo de trabajo es decir eficiente reduce desperdicios, mejora tiempos de entrega y aumenta su capacidad productiva sin comprometer la calidad del producto o servicio al cliente interno o externo. Además, debe ser flexible y adaptable en cambios de la demanda asegurando una producción rentable y competitiva, porque es bien sabido que el propósito de una empresa es generar ganancias sin dejar de lado la sostenibilidad y desarrollo empresarial que son pilares fundamentales para alcanzar el éxito en el mercado actual.

## **2.6 OBJETIVOS**

### **2.6.1 Objetivo general**

Analizar la línea de producción de abastecimiento de la empresa SEDEMI SCC, aplicando los principios de la Teoría de Restricciones (TOC) para el incremento de la eficiencia de los procesos productivos

### **2.6.2 Objetivos específicos**

- Analizar la línea de producción de abastecimiento para la valoración de sus condiciones actuales mediante el análisis de datos
- Aplicar la teoría de restricciones "TOC", para la identificación de los cuellos de botella en los procesos productivos.
- Desarrollar una propuesta de mejora en la línea de producción de abastecimiento, utilizando la metodología "VSM" para el incremento de la eficiencia de los procesos productivos.

## **2.7 HIPÓTESIS**

¿El análisis de la Teoría de Restricciones en la línea de producción de abastecimiento de la empresa SEDEMI SCC ayudará a identificar los cuellos de botella en los procesos productivos?

**Variable independiente:** Teoría de Restricciones (TOC)

**Variable dependiente:** Producción

## 2.8 SISTEMA DE TAREAS

En la tabla 2.2 se muestra el sistema de tareas a continuación:

Tabla 2.2 Sistema de tareas

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Analizar la línea de producción de abastecimiento para la valoración de sus condiciones actuales mediante el análisis de datos	<p>Visita y observación de la línea de producción de abastecimiento y sus instalaciones de trabajo.</p> <p>Análisis de datos de la línea de producción de abastecimiento</p>	<p>Visita y representación del Layout realizada obteniendo la información y datos de cómo está constituida la línea de producción de abastecimiento</p> <p>Datos analizados obtención de la valoración del estado actual de la línea de producción de abastecimiento</p>	<p>Observación</p> <p>Investigación de Campo</p> <p>Layout (Línea de producción de abastecimiento)</p> <p>Herramienta de Microsoft office (Excel)</p> <p>Diagrama de flujo</p>
Aplicar la teoría de restricciones "TOC", para la identificación de los cuellos de botella en los procesos productivos.	Identificación de los cuellos de botella en los procesos productivos	Cuellos de botella identificados	<p>Metodología "TOC"</p> <p>Estudio de tiempos</p> <p>Cursograma analítico</p>
Desarrollar una propuesta de mejora en la línea de producción de abastecimiento, utilizando la metodología "VSM" para el incremento de la eficiencia de los procesos productivos	Representación del mapa de flujo de valor	Mejoras identificadas y análisis del impacto esperado	Herramienta lean "VSM"

### **3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **3.1 ANTECEDENTES**

Emilio Patricio Cujano Caluña llevó a cabo una investigación enfocada en identificar las principales limitaciones o cuellos de botella que impactaban la capacidad de producción de pasta de celulosa reciclada y grandes rollos de papel Tissue en la empresa FAMILIA SANCELA DEL ECUADOR S.A. El análisis realizado permitió lograr mejoras significativas en la estabilización de los procesos, la optimización del uso de recursos y el incremento de la productividad en el molino MP5.[1]

La estrategia implementada se basó en la aplicación de la teoría de restricciones (TOC), la cual reveló que algunos equipos estaban operando al límite de su capacidad, convirtiéndose en los principales impedimentos del sistema. Para solucionar esta limitación, se incorporó un equipo adicional que trabajara en paralelo, lo que permitió incrementar en un 20% la producción de pasta de celulosa reciclada.[1]

En la misma línea también realizó un análisis ABC que permitió identificar las principales causas de los tiempos de inactividad del molino MP5. El diagnóstico que realizó fue clave para diseñar una propuesta de mejora que eliminó ciertas interrupciones y disminuyó otras, logrando un aumento del 6,7% en la productividad.[1]

Francisco Javier Delgado Añasco llevó a cabo un estudio aplicando la Teoría de las Restricciones (TOC) en una empresa ecuatoriana dedicada a la fabricación y venta de embutidos con tecnología de origen alemán. La investigación que realizó incluyó un análisis detallado de los procesos productivos, por lo que elaboró diagramas de flujo para cada etapa. Esto le permitió identificar los tiempos necesarios para la fabricación y el empaque de los productos, además calculó la duración total del ciclo de producción.[2]

Como parte del diagnóstico que realizó, durante los primeros seis meses de 2017, utilizó una simulación basada en el modelo simplificado Tambor-Amortiguador-Cuerda (DBR-S). Lo que identificó que la principal limitación se encontraba en el equipo responsable de la mezcla de la emulsión cárnica. [2]

La implementación que desarrolló con esta metodología generó beneficios significativos, como un incremento del 15 % en las ganancias netas y un aumento del 16 % en el retorno de la inversión.[2]

Andrea Catalina García Erazo desarrolló un enfoque basado en la Teoría de las Restricciones (TOC) para mejorar la eficiencia en el Departamento de Producción de la empresa Remodularsa S.A. Ante la falta de información previa sobre el rendimiento, llevó a cabo un análisis de tiempos que cubrió las principales fases del proceso productivo: corte, perforación, laminado, ensamblaje de piezas, montaje y control de calidad. Y las organizo en dos líneas de trabajo: la primera abarcaba corte, perforación, laminado y ensamblaje de piezas, mientras que la segunda incluía ensamblaje, montaje y control de calidad.[3]

El estudio que realizó identificó que el laminado era el principal obstáculo, con una productividad de 0,56, mientras que el corte alcanzaba 0,74. Además, detecto problemas como fallos en las máquinas y deficiencias en el control de calidad, que afectaban notablemente la eficacia global. [3]

La propuesta incluyo la implementación de un mantenimiento preventivo de los equipos, inspecciones de calidad que no interrumpieran las operaciones y una mejor gestión de los inventarios de materiales como tableros, láminas y cantos. Demostró que la coerción de estas acciones permitiría incrementar la productividad del laminado en un 79 %. [3]

En su investigación, Elizabeth Jackeline Zambrano Arboleda utilizó la Teoría de las Restricciones (TOC) para mejorar la eficiencia de la producción de líquidos en una empresa farmacéutica. Se baso en los datos de ventas de los primeros seis meses de 2016, seleccionó 15 productos de un total de 20 fabricados en la línea de producción, que fueron incluidos en el análisis.[4]

Para estudiar el proceso de fabricación actual, elaboró diagramas de flujo detallados para cada producto, determinando los tiempos de ciclo y la capacidad de producción en función de los recursos disponibles. El análisis reveló que la principal restricción física era la dosificadora de líquidos Jhepco D1, mientras que la restricción organizativa se relacionaba con el incumplimiento de los plazos de producción.[4]

Además, los indicadores operativos y estratégicos fueron comparados con los resultados obtenidos mediante una simulación que realizó con los cinco pasos del proceso de mejora continua de la TOC, implementó el sistema de planificación simplificado tambor-amortiguador-cuerda (DBR-S). Gracias a esta metodología, la empresa experimentó un incremento significativo en su beneficio neto, que creció un 140,77%, así como una mejora en el retorno de la inversión, con un aumento de 181,16%. Este estudio demuestra cómo la aplicación de la

TOC puede generar avances sustanciales en términos de productividad y rentabilidad de los procesos de fabricación.[4]

### **3.2 TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES**

La Teoría de las Restricciones o también conocida como (Theory of Constraints-TOC) es una metodología desarrollada en Israel por el físico Eliyahu Goldratt.[5]

Desde el enfoque de la teoría de restricciones se entiende que trata de encontrar y solucionar los obstáculos que impiden el progreso en un proceso productivo. Lo que da a entender que las empresas deben concentrarse en mejorar los puntos más críticos que limitan el incremento de su desempeño, ya que al hacerlo todo el sistema funcionara de manera más eficiente.[6]

Considero que la metodología "TOC" es un enfoque que se basa en la identificación de los cuellos de botella o limitaciones dentro de los procesos productivos asegurando un flujo de trabajo oportuno y sin interrupciones, ayudando a las empresas a optimizar sus procesos y mejorar su posición competitiva

#### **3.2.1 Que es una restricción**

Una restricción se define como cualquier elemento, que impide a la empresa alcanzar su rendimiento máximo , es decir aquellos factores que limitan el desempeño global de un proceso.[7]

#### **3.2.2 Tipos de restricciones**

La teoría de restricciones TOC postula que existen múltiples restricciones identificables asociadas con la operación de cualquier empresa (restricciones físicas, de mercado y políticas).[7]

Las restricciones del mercado son factores que condicionan la demanda o dificultan la venta y distribución de productos y servicios que cubren las necesidades de los consumidores.[7]

Las restricciones políticas están relacionadas con regulaciones, internas o externas, que pueden tener un impacto favorable o desfavorable sobre la eficiencia de una empresa.[7]

Las restricciones físicas son impedimentos que afectan directamente la capacidad productiva de la empresa, relacionados con los recursos tangibles como maquinaria, espacio, materiales y suministros.[7]

Considero que las restricciones que pueden limitar el flujo del proceso productivo pueden venir o categorizarse de diferentes fuentes cada una con un contexto e impacto diferente.

### 3.2.3 Metodología de la teoría de restricciones

El enfoque de la teoría de restricciones (TOC) se basa en identificar y gestionar los factores que limitan el rendimiento de un proceso, con el fin de mejorar su eficiencia. Su objetivo principal es optimizar los procesos mediante una serie de pasos fundamentales.[5] Que se muestran en la figura 3.1 a continuación:

- Paso 1: Identificar la(s) restricción(es) del sistema.
- Paso 2: Explotar la(s) restricción(es) del sistema.
- Paso 3: Subordinar cualquier otra cosa a la decisión anterior.
- Paso 4: Elevar la(s) restricción(es) del sistema.
- Paso 5: Si una restricción es superada, vuelva al paso 1. No deje que la inercia sea la mayor restricción del sistema.

Figura 3.1 Secuencia de pasos metodología TOC.[5]

**Paso 1 Identificar la restricción:** Como primer paso se busca identificar qué está ralentizando el proceso para que no logre alcanzar el rendimiento máximo. El problema se puede presentar de varias maneras: Puede ser por algún factor físico como por ejemplo alguna máquina que presente fallos o la falta de recursos para el proceso. También el problema puede darse por factores como el mercado y la baja demanda, o incluso por factores externos como problemas políticos como son las normas y regulaciones que dificultan el flujo del trabajo.[5]

**Paso 2 Explotar la restricción:** Después de identificar el factor limitante, lo que prosigue es aprovechar esa ventaja al máximo, esto con el fin de encontrar una manera de mejorar el rendimiento del proceso haciendo uso de los recursos disponibles, sin necesidad de hacer inversiones de gran magnitud.[5]

**Paso 3 Subordinar la restricción:** En esta etapa se debe acoplar el resto del sistema para que los procesos que dependan de la restricción coordinen con la mejora. Esto permitirá establecer un flujo de trabajo óptimo, evitando la acumulación innecesaria del inventario y la aparición de nuevos cuellos de botella que afectan de manera negativa al rendimiento del sistema.[5]

**Paso 4 Elevar la restricción:** En este punto es importante revisar si la restricción sigue limitando el rendimiento, incluso después de haber optimizado su capacidad y haber coordinado al sistema. Si el problema sigue persistiendo, se debe optar por nuevas opciones para obtener una mejora, como reducir los tiempos, eliminar procesos innecesarios o hacer un mejor uso de los recursos y materiales.[5]

**Paso 5 Reiniciar el ciclo:** La metodología TOC en este paso nos indica que es un ciclo continuo. Es decir, después de solucionar una restricción puede aparecer otra, por lo que se debe regresar al principio y buscar la siguiente limitación para continuar con la mejora del sistema una y otra vez .[5]

### **3.2.4 Técnicas metodológicas de la teoría de restricciones**

Dentro de la Teoría de Restricciones (TOC), se aplican diversas técnicas que se enfocan en detectar y gestionar las restricciones dentro de un proceso. Entre las más relevantes están el árbol de realidad y el DBR (Drum, Buffer y Rope). El árbol de realidad se utiliza para analizar a fondo los problemas y sus posibles causas, concentrándose en las decisiones clave que se deben tomar para superar las restricciones.[8]

El DBR, por su parte, es una técnica que facilita el control del flujo de trabajo en un entorno más organizado, usando la restricción como base para establecer un ritmo de trabajo eficiente.[9]

En la misma línea el DBR es una técnica práctica que nos permitirá controlar el flujo de trabajo en un entorno más organizado tomando la restricción como ejemplo para marcar el ritmo de trabajo de una forma eficiente.

#### **3.2.4.1 El árbol de realidad**

El árbol de la realidad se convierte en una herramienta clave para detectar y priorizar las acciones correctivas. De esta forma, garantiza que los recursos y esfuerzos se utilicen de manera más eficiente para resolver las restricciones principales, optimizando el proceso y brindando soluciones prácticas para el beneficio de la empresa .[8]

Los diagramas de pensamiento o conocido como árbol de realidad sirve como herramienta para la resolución de problemas, ofreciendo respuestas lógicas y sistemáticas a las preguntas que impulsan el proceso de mejora continua: ¿Qué aspectos deben modificarse? ¿Qué dirección debe tomarse para ese cambio? y ¿De qué manera se puede inducir el cambio?.[8] como se muestran en la Figura 3.2 a continuación:

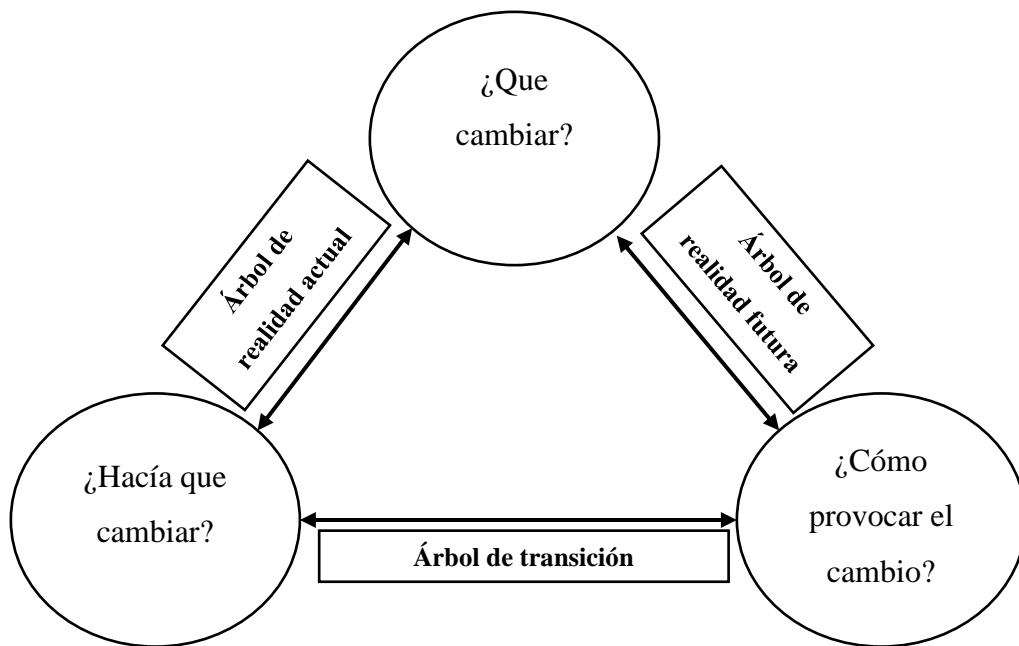


Figura 3.2 Esquema del árbol de realidad.[8]

#### 3.2.4.2 El DBR Drum-Buffer-Rope(tambor-amortiguador-cuerda)

Según la Teoría de Restricciones (TOC), para gestionar la capacidad productiva y coordinar eficientemente los procesos dentro de la empresa, es crucial identificar y gestionar las restricciones existentes, tales como la capacidad, los materiales y el personal, ya que afectan directamente la meta principal de cualquier organización. [9]

Para lograr dicha coordinación, la TOC propone su sistema logístico DBR, el cual está basado en tres elementos clave: tambor, amortiguador y cuerda.[9]

**El Tambor (Drum):** Se encarga de definir el ritmo del proceso de producción, el cual está condicionado por la restricción. Esto significa que determinará la velocidad con la que deben operar cada una de las etapas para evitar que la restricción se sobrecargue, garantizando así que todo el proceso funcione a su máxima capacidad.[9]

**El Amortiguador (Buffer):** Consiste en márgenes de tiempo antes de la restricción, diseñados para reducir el impacto de posibles paradas del proceso debido a factores como la falta de materiales o tareas redundantes. Este sistema asegura que el flujo de trabajo sea continuo y evita que la restricción se detenga.[9]

**La Cuerda (Rope):** Actúa como un mecanismo que ajusta y coordina las fases anteriores a la restricción con el ritmo establecido por el tambor, garantizando que la producción no se acumule y cause sobrecarga en la restricción.[9]

Considero que principal mecanismo de la técnica mencionada con anterioridad es asegurar que el proceso de producción se realice de manera fluida, sin interrupciones ni cuellos de botella, maximizando el rendimiento del sistema.

### 3.2.5 Ventajas de la metodología "TOC"

La metodología TOC genera una serie de ventajas beneficiarias para la empresa en las cuales están:

- El incremento de la eficiencia en los procesos de producción
- El incremento en la capacidad de producción de la empresa
- La reducción sustancial en los costos de fabricación
- El mejoramiento de la calidad del producto terminado
- El mejoramiento continuo
- Mayor satisfacción del cliente
- Mejor toma de decisiones

### 3.3 LA EFICIENCIA

La eficiencia implica maximizar el rendimiento aprovechando al máximo los recursos disponibles, ya sea de manera cuantitativa o cualitativa.

Se trata de utilizar bien lo que tenemos para obtener los mejores resultados posibles.[10]. Como se representa en la ecuación 3.1 a continuación:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Real}}{\text{Esperado}} \times 100$$

(3.1)

Considero que la eficiencia es fundamental para el buen desempeño de cualquier organización, pues facilita el uso óptimo de los recursos existentes, lo que mejora notablemente los procedimientos de producción. Esto no solo refuerza la competitividad, sino que también potencia la satisfacción de los consumidores y otros aspectos cruciales. Al maximizar la eficiencia, la organización gana en rapidez y flexibilidad, lo que le permite ajustarse con facilidad a los cambios del mercado y seguir avanzando de manera constante.

### 3.3.2 Medición de la eficiencia

La eficiencia nos permite evaluar y comparar la relación entre los recursos utilizados y los resultados obtenidos [11]. Algunas de las formas en que se puede medir la eficiencia son las siguientes:

- a) **Eficiencia en los procesos de producción:** Se refiere a la medición de la cantidad de productos terminados o servicios producidos en relación con los recursos empleados.
- b) **Eficiencia del tiempo de Fabricación:** Se refiere a la medición estándar ósea el ideal con respecto al tiempo real que demora en hacer un producto
- c) **Eficacia en los costos de fabricación:** Se refiere a la medición del costo total de producción y la prestación de servicios en relación con los ingresos generados.
- d) **Tasa de producción:** Hace referencia a la cantidad de productos terminado que un proceso puede fábrica en un periodo de tiempo establecido.

### 3.3.3 Fórmulas para medir la eficiencia

1. Producción. Representada en la ecuación 3.2 a continuación:

$$\text{Producción} = \frac{\text{Cantidad producida}}{\text{Recursos utilizados}} \times 100 \quad (3.2)$$

2. Tiempo. Representada en la ecuación 3.3 a continuación:

$$\text{Eficiencia de tiempo de fabricacion} = \frac{\text{Tiempo Estandar}}{\text{Tiempo real}} \times 100 \quad (3.3)$$

3. Costo. Representada en la ecuación 3.4 a continuación:

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Costo total}}{\text{Ingreso generado}} \times 100 \quad (3.4)$$

4. Tasa de producción. Representada en la ecuación 3.5 a continuación:

$$\text{Tasa de produccion} = \frac{\text{Cantidad producida}}{\text{Tiempo de ciclo}} \times 100 \quad (3.5)$$

### 3.3.4 Factores que influyen en la eficiencia

El aumento de la eficiencia está estrechamente vinculado a varios factores estratégicos que se describen a continuación:

- **Tecnología:** hace referencia a las nuevas tecnologías, como la automatización, la inteligencia artificial, la simulación, entre otras, que son muy importantes y permiten mejorar los procesos de producción y la gestión de recursos.[11]
- **Los procesos de producción:** Al identificar y eliminar pasos innecesarios en los procesos de producción, se puede reducir en los materiales, recursos e insumos, lo que mejora la calidad y consistencia de los productos finales.[11]
- **Gestión:** Una gestión efectiva permite tomar decisiones, establecer objetivos y metas claras, así como monitorear y evaluar el proceso de producción.[11]
- **Innovación:** La incorporación de nuevas ideas es fundamental para detectar oportunidades que contribuyan a la flexibilidad y adaptabilidad de la empresa, mejorando su capacidad para enfrentar cambios en el mercado.[11]
- **Cultura organizacional:** El ambiente laboral tiene un impacto directo en la eficacia, ya que influye en la motivación y satisfacción de los empleados.[11]

### 3.4 LÍNEA DE PRODUCCIÓN SEDEMI SCC

La línea de producción de la empresa SEDMEI SCC. Esta organizada en distintos departamentos de producción los cuales forman parte de la principal y más importante cadena de producción en la empresa.

**Planificación de producción:** Es el inicio de esta importante cadena de producción encargada de planificar y optimizar los recursos que serán necesarios para la fabricación

**Ingeniería de detalle Estructural.:** Es el departamento encargado del desarrollo de los planos de fabricación (taller o conjunto) que sean necesarios para la fabricación del producto.

**Abastecimiento:** Es el departamento encargado de abastecer los elementos metálicos necesarios que necesite su cliente interno en este caso Armado y soldadura.

**Armado y soldadura:** Es el departamento encargado de unir o estambrar según sea necesario los elementos metálicos asegurando que se alineen correctamente según las especificaciones de los planos de fabricación.

**Acabado superficial:** Es el fin de esta importante cadena de producción encargada de pintar o galvanizar según sea necesario para que pueda ser despachado el producto terminado.

Los departamentos de producción antes mencionados podrán ser visualizados en la Figura 3.3 a continuación:

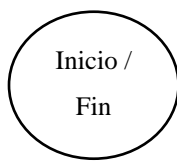


Figura 3.3 Representación de la línea de producción de le empresa SEDEMI SCC.

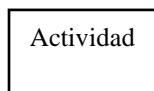
### 3.5 DIAGRAMA DE FLUJO

Un diagrama de flujo es considerado el método más factible para representar un diseño gráfico de procesos, gracias a su simplicidad y adaptabilidad para su elaboración. Sin embargo, no se han establecido normas sintácticas y semánticas que la conviertan en una herramienta mucho más simple cumpliendo su objetivo principal el cual es el facilitar la comunicación de todas las personas que formen parte del proceso.[12]

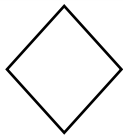
Dentro de un diagrama de flujo se encuentran tres símbolos básicos para su elaboración, cada uno con un significado semántico preciso.



: El círculo representa el inicio o fin del proceso



: El rectángulo o caja representa una actividad que se realiza dentro del proceso.



: El rombo representa una condición o pregunta que se plantea durante el proceso, teniendo dos alternativas de respuesta “SI o NO”



: La flecha representa el flujo o el sentido y dirección que toma dicho proceso siguiendo la secuencia y el orden de las actividades establecidas.

Cabe a resaltar que para este símbolo existen variaciones que dependerán del significado que el elaborador del diagrama quiera dar a entender como por ejemplo para entradas y salidas de actividades se utilizan flechas con trazos entrecortados.[12]



### 3.6 DIAGRAMA DE PROCESOS

El diagrama de flujo de procesos es una herramienta esencial para organizar y clasificar las actividades productivas según su tipo, esto hace referencia a incluir elementos como distancias, almacenamiento, operaciones, retrasos, inspecciones, transporte y actividades combinadas. El analista debe identificar correctamente cada actividad y asignar un indicador adecuado para seguir el flujo del proceso.[13]

Posteriormente, los símbolos deben conectarse en función de la secuencia establecida, y es necesario medir los tiempos en segundos y las distancias en metros o cualquier otra unidad que se elija.[13] Como se muestra en la figura 3.4 a continuación:






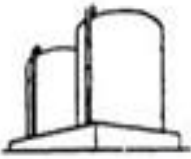
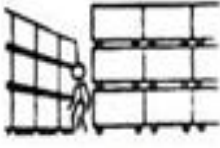



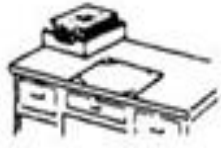



<p><b>Operación</b></p>  <p>Un círculo grande indica una operación, como</p>	 <p>Clavar</p>	 <p>Mezclar</p>	 <p>Taladrar orificio</p>
<p><b>Transporte</b></p>  <p>Una flecha indica transporte, como</p>	 <p>Mover material mediante un carro</p>	 <p>Mover material mediante una banda transportadora</p>	 <p>Mover material transportándolo (mediante un mensajero)</p>
<p><b>Almacenamiento</b></p>  <p>Un triángulo representa almacenamiento, como</p>	 <p>Materia prima en algún almacenamiento masivo</p>	 <p>Producto terminado apilado sobre tarimas</p>	 <p>Archiveros para proteger documentación</p>
<p><b>Retrasos</b></p>  <p>Una letra D mayúscula indica un retraso, como</p>	 <p>Esperar un elevador</p>	 <p>Material en un camión o sobre el piso en una tarima esperando a ser procesado</p>	 <p>Documentos en espera a ser archivados</p>
<p><b>Inspección</b></p>  <p>Un cuadrado indica inspección, como</p>	 <p>Examinar material para ver si está bien en cuanto a cantidad y calidad</p>	 <p>Leer el medidor de vapor en el quemador</p>	 <p>Analizar las formas impresas para obtener información</p>

Figura 3.4 Símbolos del diagrama de flujo de proceso.[13]

### 3.7 CURSOGRAMA ANALÍTICO DE PROCESO

Es una herramienta gráfica que muestra todas las acciones que intervienen en un trabajo, como operaciones, transporte, inspección, espera y almacenamiento. Este diagrama representa las diferentes etapas dentro del proceso de fabricación de un producto e incluye el tiempo necesario para cada actividad y las distancias recorridas en cada una de las fases del proceso uniéndolas respectivamente.[14] Como se muestra en la figura 3.5 a continuación:

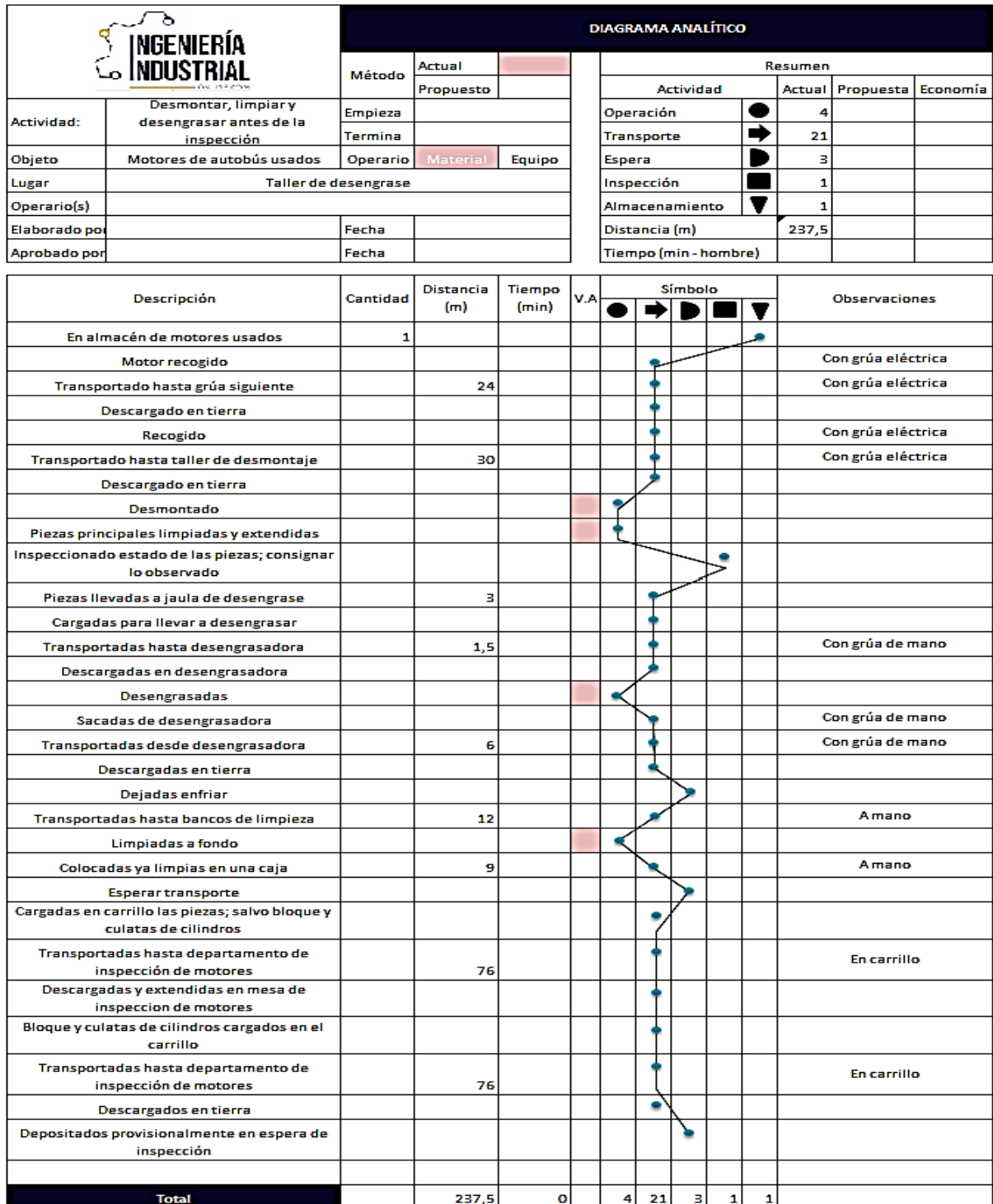


Figura 3.5 Ejemplo de un cursograma analítico.[14]

### 3.8 ESTUDIO DE TIEMPOS

El análisis del trabajo no debe estar desconectado de los cambios que ocurren. Si su meta es optimizar los métodos de trabajo, no se puede conseguir sin integrar las ideas actuales y las tendencias futuras vinculadas a la tecnología en los procesos operativos. Es decir, valorar ritmo del trabajo es esencial para un estudio con consideraciones apegadas a la realidad.[15]

#### 3.8.1 valoración del ritmo

La evaluación del ritmo laboral implica comparar el ritmo real de un trabajador con lo que se considera un ritmo estándar. Esta comparación se basa en la visión del analista observador sobre cómo deberían desempeñarse los trabajadores calificados, siguiendo el método de ejecución utilizado en el estudio de tiempos.[15]

#### 3.8.2 Método de nivelación

Este método de evaluación tiene en cuenta cuatro factores esenciales: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia.[15]

- **Habilidad:** Se refiere a la capacidad del trabajador para seguir un método determinado. El evaluador debe clasificarla en seis niveles: sobresaliente, excelente, buena, media, regular y deficiente.[15]
- **Esfuerzo:** Refleja la disposición del trabajador para desempeñarse eficientemente. Está estrechamente vinculado a la velocidad con la que aplica su habilidad y, en gran medida, está bajo su control.[15]
- **Condiciones:** Incluyen factores ambientales como temperatura, ventilación, iluminación y ruido, que afectan únicamente al operario y no al trabajo en sí.[15]
- **Consistencia:** Se relaciona con la variabilidad del tiempo empleado en una tarea, evaluando los valores mínimos y máximos en comparación con el promedio. Se determina considerando la naturaleza del trabajo, así como la habilidad y esfuerzo del trabajador.[15]

Considero que este método permite evaluar de manera objetiva el desempeño de un operario, ayudando a identificar mejoras en la eficiencia y condiciones de trabajo. Mediante la tabla 3.1 presentada a continuación:

Tabla 3.1 Métricas para la valoración del ritmo de trabajo.[15]

HABILIDAD		Categoría	ESFUERZO		Categoría
0.15	A1	Habilísimo	0.13	A1	Excesivo
0.13	A2	Habilísimo	0.12	A2	Excesivo
0.11	B1	Excelente	0.11	B1	Excelente
0.08	B2	Excelente	0.08	B2	Excelente
0.06	C1	Bueno	0.05	C1	Bueno
0.03	C2	Bueno	0.02	C2	Bueno
0	D	Medio	0	D	Medio
-0.05	E1	Regular	-0.04	E1	Regular
-0.12	E2	Regular	-0.08	E2	Regular
-0.16	F1	Malo	-0.12	F1	Malo
-0.22	F2	Malo	-0.17	F2	Malo
CONDICIONES		Categoría	CONSISTENCIA		Categoría
0.06	A	Ideales	-0.04	A	Perfecta
0.04	B	Excelentes	0.03	B	Excelente
0.02	C	Buenas	0.01	C	Buena
0	D	Medias	0	D	Media
-0.03	E	Regulares	-0.02	E	Regular
-0.07	F	Malos	-0.04	F	Malo

### 3.8.3 Tiempo Promedio

Para determinar el tiempo promedio, se suma la totalidad de los tiempos medidos para una misma tarea y se divide entre el número total de mediciones. Como se muestra en la ecuación 3.6 a continuación:

$$TP = \frac{\sum T}{NM}$$

(3.6)

Donde:

$\Sigma T$ : Sumatoria de todos los tiempos

NM: Numero de muestras tomadas

### **3.8.4 Tiempo Normal**

El tiempo normal es el tiempo promedio que un operario tarda en completar una tarea bajo condiciones estándar, ajustado según el factor de valoración del ritmo. Como se muestra en la ecuación 3.7 a continuación:

$$\text{Tiempo normal} = TP \times (1 + FVT) \quad (3.7)$$

Donde

TP= es el tiempo promedio calculado

FVT= Es la valoración del ritmo de trabajo calculado

### **3.8.5 Tiempo concedido suplementario**

Es fundamental tener en cuenta que la tarea continuará demandando trabajo humano, por lo que es preciso incluir ciertos tiempos extra para aliviar la fatiga y dar espacio para descansos.

Considero que los suplementos por descanso, tanto fijos como variables, se suman al tiempo estándar para permitir que el empleado se recupere de los efectos físicos y mentales de realizar ciertas tareas bajo determinadas condiciones y atender sus necesidades personales. La cantidad de estos suplementos depende del tipo de trabajo realizado.[14].Como se muestra en la figura 3.6 a continuación:



SUPLEMENTOS CONSTANTES		HOMBRE	MUJER	SUPLEMENTOS VARIABLES		HOMBRE	MUJER
Necesidades personales		5	7	e) Condiciones atmosféricas			
Básico por fatiga		4	4	Índice de enfriamiento, termómetro de KATA (milicalorías/cm2/segundo)			
SUPLEMENTOS VARIABLES		HOMBRE	MUJER	16		0	
a) Trabajo de pie				14		0	
Trabajo se realiza sentado(a)		0	0	12		0	
Trabajo se realiza de pie		2	4	10		3	
b) Postura normal				8		10	
Ligeramente incómoda		0	1	6		21	
Incómoda (inclinación del cuerpo)		2	3	5		31	
Muy incómoda (Cuerpo estirado)		7	7	4		45	
c) Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, tirar o empujar)				3		64	
Peso levantado por kilogramo				2		100	
2,5		0	1	f) Tensión visual			
5		1	2	Trabajos de cierta precisión			
7,5		2	3	Trabajos de precisión o fatigosos			
10		3	4	Trabajos de gran precisión			
12,5		4	6	g) Ruido			
15		5	8	Sonido continuo			
17,5		7	10	Sonidos intermitentes y fuertes			
20		9	13	Sonidos intermitentes y muy fuertes			
22,5		11	16	Sonidos estridentes			
25		13	20 (máx)	h) Tensión mental			
30		17		Proceso algo complejo			
33,5		22		Proceso complejo o de atención dividida			
d) Iluminación				Proceso muy complejo			
Ligeramente por debajo de la potencia calculada		0	0	i) Monotonía mental			
Bastante por debajo		2	2	Trabajo monótono			
Absolutamente insuficiente		5	5	Trabajo bastante monótono			
				Trabajo muy monótono			
				j) Monotonía física			
				Trabajo algo aburrido			
				Trabajo aburrido			
				Trabajo muy aburrido			

Figura 3.6 Sistema de suplementos.[14]

### 3.8.6 Tiempo estándar

El tiempo estándar es el tiempo estimado para realizar una tarea bajo condiciones normales de trabajo, considerando un rendimiento medio y empleando métodos establecidos. Este tiempo incluye tanto la duración de la tarea como los descansos, interrupciones y otros factores que podrían influir en el rendimiento. El tiempo estándar es fundamental para la planificación, la programación y la evaluación de la eficiencia en los procesos. Representada con la ecuación 3.8 a continuación:

(3.8)

$$\text{Tiempo Estandar} = TN \times (1 + FS)$$

Donde:

TN= Es el tiempo normal calculado

TS= Es el factor suplementario calculado

### 3.9 VALUE STREAM MAPPING (VSM)

La cadena de valor también conocida como herramienta VSM proporciona una representación visual del estado actual y futuro del proceso de producción con el fin de ayudar a los usuarios a eliminar o solucionar restricciones que se encuentren limitando el proceso.[16]

En la misma línea es decir que mediante la aplicación de la herramienta VSM ayudara a mejorar los procesos de producción al permitir una visualización clara de todas las actividades dentro del flujo de valor eso nos ayudara a solucionar los cuellos de botella, actividades innecesarias, desperdicios, entre otras. Al enfocar los esfuerzos en las etapas que generan valor al proceso podremos mejorar el rendimiento de la eficiencia en los procesos de producción.

#### 3.9.1 Metodología de la herramienta "VSM"

A continuación, se enlistarán los pasos correspondientes para la aplicación de la herramienta value stream mapping (VSM).[16]

- Seleccionar un área crítica en los procesos de la línea de producción
- Disponer el mapa del estado actual
- Revisar la información existente
- Reconocer las actividades clave

- Recopilar toda la información necesaria
- Analizar el mapa del estado actual realizado
- Realizar el mapa del estado futuro
- Medir el Tack Time
- Definir el tiempo buscado
- Mejorar el proceso de la línea de producción

### 3.9.2 Seleccionar una familia de productos de la línea de producción

Al realizar el mapa de flujo de valor es necesario focalizar una familia de productos para evitar errores. Una familia de productos hace referencia a la categorización de aquellos productos que comparten procesos de producción, así como utilizan equipamiento o recursos similares. Para realizar esta categorización es fácil crear una tabla que nos enliste los productos con los pasos del proceso productivo.[16]Tomando como ejemplo la representación de la figura 3.7 a continuación:

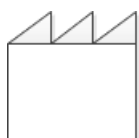
		FASES DEL PROCESO					
		1	2	3	4	5	
PRODUCTOS	A	x		x			} Familia A
	B		x				
	C	x		x			
	D					x	} Familia b
	E			x	x		

Figura 3.7 Mapeo de productos

### 3.9.3 Símbolos value stream mapping

La primera pregunta a responder es: ¿Por dónde comenzar este análisis y cómo es su funcionamiento? Para iniciar la elaboración del esquema, es necesario dibujar una serie de íconos, cada uno con significados y usos específicos en las diferentes etapas de la cadena de valor. [16]

Los principales símbolos son:



: Representa clientes y proveedores



: Representa el traslado de materia prima o producto terminado del proveedor a planta o de la planta al cliente.



: Representa transporte terrestre



: Representa la operación del proceso



: Representa información del proceso



: Representa el casillero de datos del proceso



: Representa inventario



: Representa información transmitida electrónicamente



: Representa la línea de tiempo del proceso

### 3.9.4 Representación del mapa del estado actual

Para comenzar el diagrama se debe incorporar un icono que represente a la empresa, seguido de un cuadro informativo en la parte superior del documento. Aquí, se detallan los requisitos establecidos por el cliente incluyendo los aspectos como la cantidad de producción diaria.

El siguiente paso consiste en identificar la necesidad de los proveedores. Para ello se añade un cuadro de información en la parte izquierda del esquema. Donde se detalla el volumen de compra, la cantidad de productos o el valor económico. [16]

Para finalizar el mapeo, se incorporan símbolos adecuados dependiendo el tipo de flujo de información. En el ejemplo indicado, el flujo de información electrónica se representa con líneas en forma de relámpagos. Además, debajo de cada símbolo de información se coloca un cuadro que especifica la frecuencia del flujo de información. Al incluir estos elementos, se concluye el diagrama. [16]. Como se muestra en la figura 3.8 siguiente a continuación:

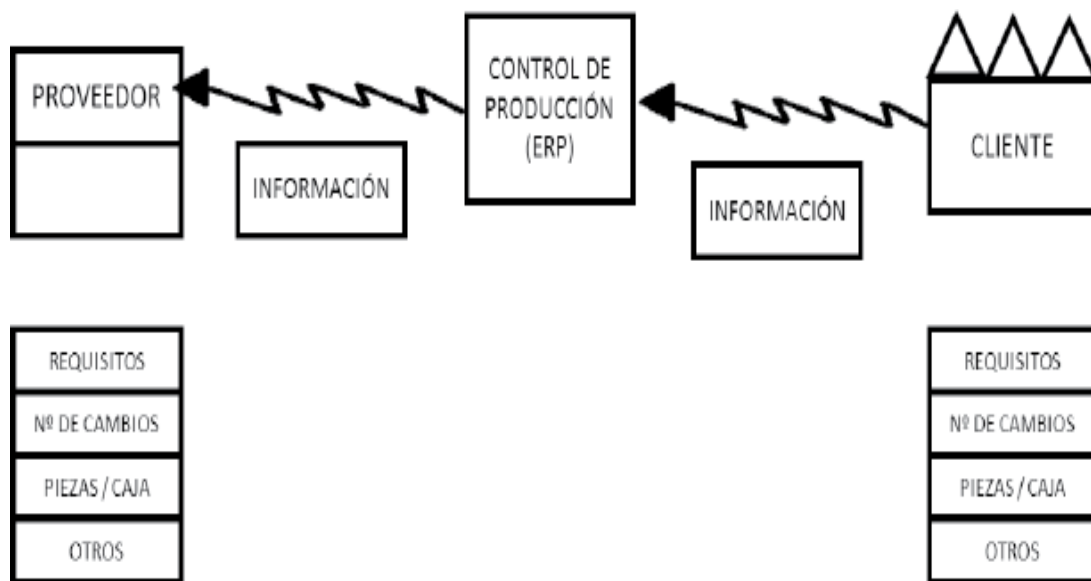


Figura 3.8. Flujo de información electrónica. [16]

### 3.9.5 Análisis del mapa del estado actual

Para facilitar su eliminación, se clasifica según lo propuesto por Ohno, responsable del sistema de producción Toyota, de la siguiente manera.[16]

- **Sobreproducción:** Se refiere a la acumulación de inventarios en manos de las empresas. La sobreproducción es una medida relativa, que indica la diferencia entre lo producido y lo requerido.[16]
- **Espera:** Las personas ociosas que esperan inventario son una señal de que la planta no está equilibrada. Todos los trabajadores deben dedicar aproximadamente el mismo esfuerzo, reflejado en tiempo, para eliminar el tiempo de espera.[16]
- **Inventario:** Se refiere a la producción de inventario que no se necesita en ese momento. Esto desperdicia espacio y fomenta daños y obsolescencia de los productos.[16]
- **Transporte:** Debe ser eficiente y de fácil acceso para adaptarse rápidamente a las demandas del entorno.[16]
- **Sobrepceso:** Son actividades innecesarias realizadas en un producto que podrían eliminarse sin afectar su valor ni calidad. Cualquier tipo de sobrepceso también se considera desperdicio y contribuye al aumento de los costos de producción.[16]

- Movimientos: Se considera desperdicio cualquier movimiento de personas o inventario que no genere valor, así como operaciones con movimientos no ergonómicos que causen fatiga y reduzcan la capacidad de producción.[16]
- Defectos: Son fallos que requieren corrección; cualquier trabajo repetido es un buen indicio de desperdicio. Un defecto es una actividad o proceso cuyos resultados no cumplen con las especificaciones establecidas.[16]

Como se representa en la figura 3.9 a continuación:

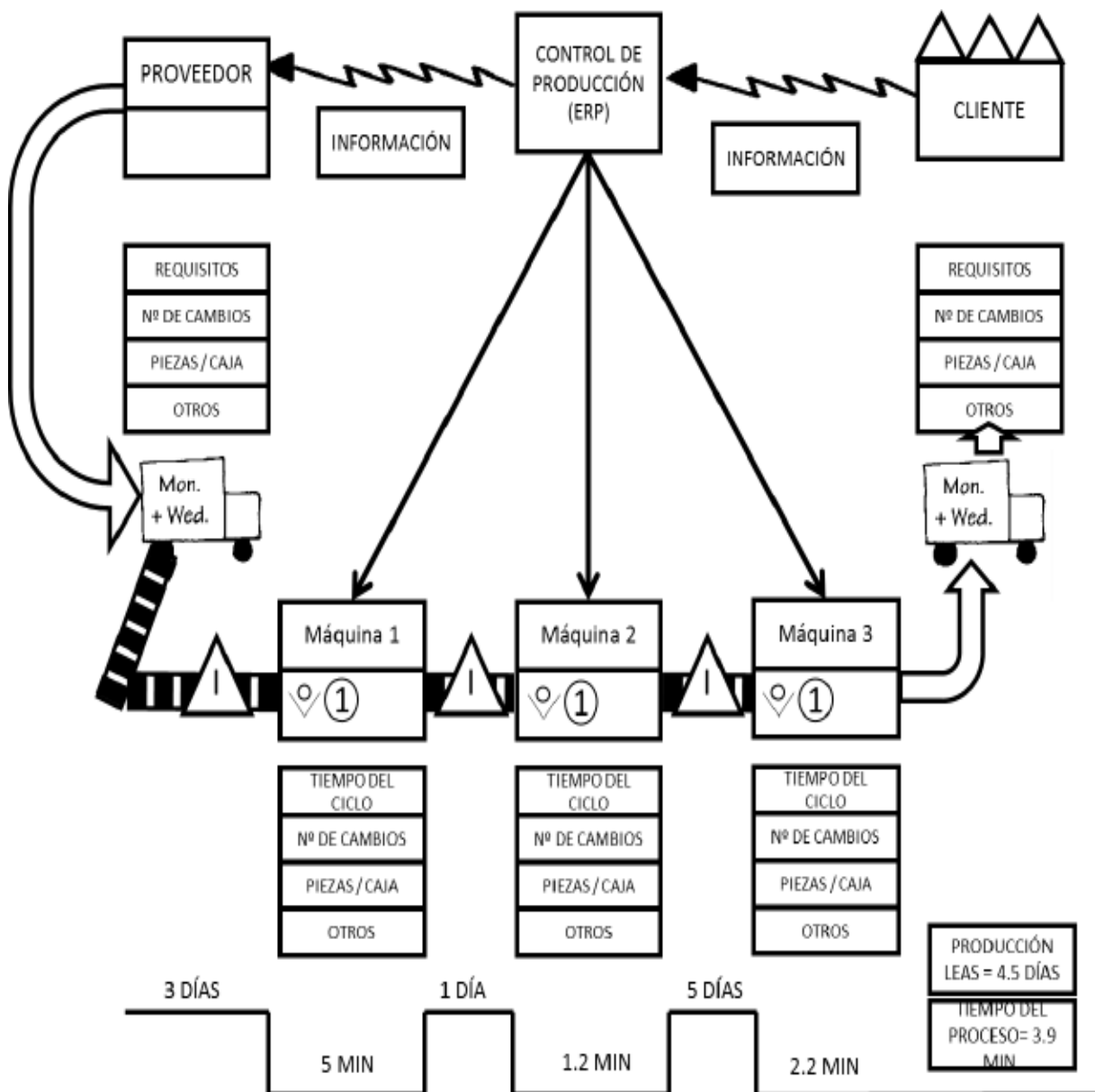


Figura 3.9 Mapa de flujo de valor actual.[16]

### 3.9.7 Análisis del mapa del estado futuro

De manera similar, la elaboración del mapa del estado futuro es un proceso sencillo, sin embargo, requiere determinación y constancia para lograr realizarlo. El desarrollo del mapa es importante, esto debido a que ofrece una representación ideal del estado optimizado proyectando las mejoras necesarias para lograr un resultado óptimo. Hay diversos métodos específicos para desarrollar el estado futuro.[16]

El primer paso consiste en calcular el "Tiempo Takt". El "Tiempo Takt" define el ritmo de salida del producto, ajustando así la producción a la demanda. Para calcular el "Tiempo Takt", se utiliza la ecuación 3.9 a continuación:

$$\text{Tack Time} = \frac{\text{tiempo operación / período}}{\text{requerimientos del cliente / período}} \quad (3.9)$$

El "Tiempo Takt" es muy importante, esto debido a que su propósito es elaborar una unidad exactamente cuándo se necesita para reemplazar la unidad utilizada por el cliente, en otras palabras, se establece un ciclo de tiempo basado en una sola pieza (flujo de una sola pieza). Reducir el tiempo de ciclo y generar un flujo de una sola pieza dentro del mapa del estado futuro plantea una interrogante: ¿Dónde puede el sistema de producción incorporar un flujo continuo? Un ejemplo de flujo continuo sería la automatización de una línea de ensamblaje. [16]

El resultado del estado futuro no significa que el proceso haya terminado. Después de definir el estado futuro, es importante revisar los desperdicios en el proceso y reevaluar el mapa. En este ciclo de análisis y corrección se debe realizar las veces que sea necesario, tanto durante el proceso como después del evento.[16].Como se muestra en la figura 3.10 a continuación:

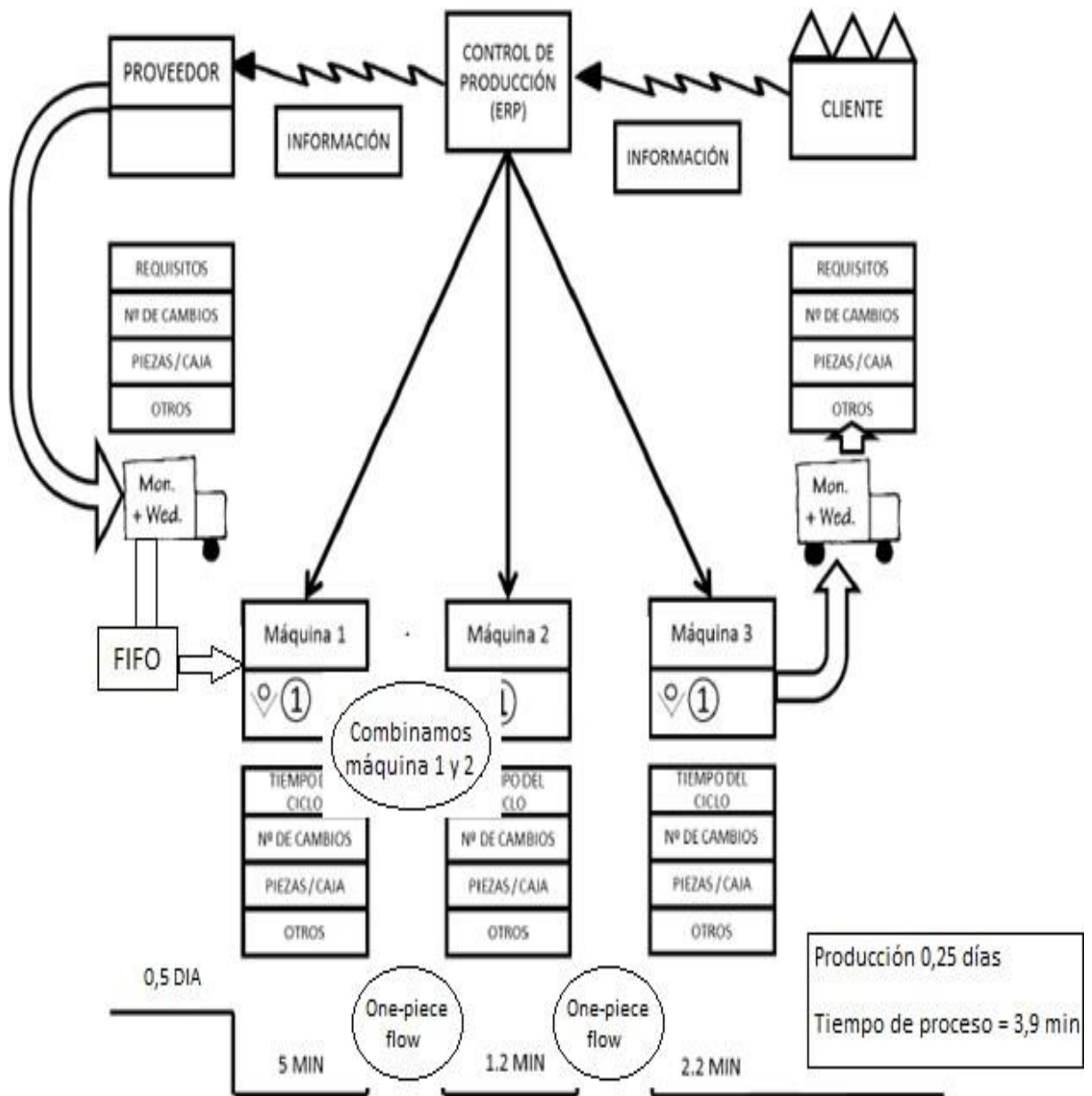


Figura 3.10 Mapa del estado futuro. [16]

## **4. METODOLOGÍA**

### **4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

#### **4.1.1 Investigación descriptiva**

La presente investigación se clasifica como descriptiva porque tiene como objetivo analizar, identificar y documentar los procesos de la línea de producción de abastecimiento en la empresa SEDEMI SCC. Haciendo referencia a todas las operaciones, actividades o recursos del proceso productivo, de esta manera se podrá conocer el estado actual de la línea de producción, lo cual permitirá identificar los cuellos de botella, por consiguiente, analizar dichas restricciones en los procesos utilizando la metodología TOC, con el fin de mejorar la eficiencia de los procesos productivos.

### **4.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

Esta investigación utilizará el método inductivo por ser una investigación basada en la recolección de datos, así como la identificación de irregularidades, a partir de las cuales se formularán hipótesis, que nos permitirán llegar a conclusiones específicas, posteriormente se propondrán soluciones concretas para el incremento de la eficiencia fundamentado los resultados en el análisis empírico adaptando al contexto específico del caso de estudio.

#### **4.2.1 Modalidades de investigación**

El presente trabajo de titulación está enfocando en caso de estudio con una modalidad de investigación cuantitativa la cual se centra en el análisis e interpretación de datos para medir la eficacia en los procesos en la línea de producción de abastecimiento. Se utilizará métricas específicas, como tiempo, distancia, producción, rendimiento, entre otras. Este enfoque permitirá obtener resultados alineados al propósito de validar el análisis de la teoría de restricciones en un contexto práctico mediante el uso de herramientas lean manufacturing específicamente (VSM).

## **4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS**

### **4.3.1 Técnicas**

#### **4.3.1.1 Observación**

La técnica de observación ayudara a la recolección de datos mediante la percepción directa de la situación actual de la línea de producción de abastecimiento. Su objetivo principal es obtener información detallada y precisa de los procesos de la línea de producción, puede ser realizada en entornos naturales o controlados en contextos difíciles de verbalizar, esta técnica se puede apoyar de herramientas, grabaciones, o listas de verificación.

#### **4.3.1.2 Diagrama de flujo**

La técnica de diagrama de flujo nos permitirá representar gráfica y secuencialmente las actividades, proceso y pasos, además permitirá visualizar la estructura lógica y flujo de trabajo de los diferentes procesos a estudiar. Utiliza símbolos estandarizados para describir operaciones, decisiones, entradas y salidas facilitando el análisis la comunicación y la identificación de posibles mejoras en el proceso, simplificara la comprensión del proyectó y garantizará una ejecución organizada y eficiente.

#### **4.3.1.3 Layout**

La técnica del Layout nos permitirá representar la distribución física de todos los centros y espacios físicos de trabajo que hay dentro de la línea de producción de abastecimiento.

#### **4.3.1.4 Cursograma analítico de procesos**

Esta técnica ayudara a representar de forma gráfica y detallada todas las actividades movimientos, demoras e inspecciones que ocurren en un proceso con el objetivo de analizar y optimizar. Este diagrama identificará cada etapa del flujo de trabajo, clasificará las actividades según su tipo y permitirá detectar ineficiencias, cuellos de botella o pasos incensarios, es clave para mejorar la eficiencia de los procesos

#### **4.3.1.5 Estudio de tiempos**

Esta técnica se utilizará para establecer estandartes de tiempo en la ejecución de tareas en el proceso de fabricación del producto tomando en consideración la valoración del ritmo de trabajo y los suplementos por descanso.

#### **4.3.1.6 Value stream mapping (VSM)**

La técnica del VSM ayudara a la representación gráfica del flujo de materiales, información y actividades necesarias para entregar un producto o servicio. Su objetivo principal es identificar procesos que no agregan valor reducir desperdicios y optimizar la eficiencia general. Se analizará las etapas actuales y el diseño de un flujo ideal, permitirá visualizar cuellos de botella, tiempos muertos y oportunidades de mejora facilitando la toma de decisiones para maximizar el valor entregado al cliente o beneficiario del proyectó.

#### **4.3.2 Instrumentos**

Con los instrumentos de investigación detalladas a continuación se podrá recopilar datos alineados con los objetivos del estudio la selección dependerá del dato que se requiera analizar.

- Simbología de la normativa ANSI.
- Cronometro.
- Calculadora.
- Flexómetro
- Excel.
- Bizaggi
- AutoCAD

## **5. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **5.1 RESULTADOS OBTENIDOS EN BASE AL PRIMER OBJETIVO**

1. Analizar la línea de producción de abastecimiento para la valoración de sus condiciones actuales mediante el análisis de datos

#### **LA EMPRESA**

El Grupo Corporativo SEDEMI SCC es una empresa orgullosamente ecuatoriana con más de 40 años de experiencia en la construcción de infraestructuras industriales, consolidándose como un líder en sectores como minería, energía, telecomunicaciones e infraestructura urbana. A lo largo de su trayectoria, ha demostrado su capacidad para llevar a cabo proyectos de gran escala, proporcionando soluciones integrales que abarcan desde el diseño y la ingeniería hasta la ejecución de las obras.

#### **Misión**

Somos constructores de soluciones a la medida para proyectos de infraestructura con una cultura de servicio y enfoque en generar valor para nuestros stakeholders.

#### **Visión**

Ser líder regional en soluciones para proyectos de infraestructura, que contribuyan al desarrollo de la sociedad.

#### **5.1.1 Descripción de la línea de producción de abastecimiento**

El departamento de abastecimiento es por mucho la más crucial e importante línea de producción en la empresa SEDEMI SCC. A continuación, se detallarán brevemente cada uno de sus procesos productivos:

##### **Biselado**

Es un proceso productivo por arranque de viruta como se muestra en la figura 5.1 que consiste en el desgaste de los bordes del material con un ángulo determinado. Este proceso facilita el ensamblaje, disminuye el riesgo de cortes y optimiza la preparación de superficies para soldadura. Primero, se selecciona el material a trabajar, como metal, vidrio o madera, y se limpia para eliminar impurezas que puedan afectar el resultado final.

Luego, la pieza se fija firmemente para evitar movimientos durante el trabajo. Según su aplicación, el bisel puede ser recto, con un ángulo uniforme entre 30° y 45°; curvo, para suavizar los bordes; o en V, utilizado en soldadura para mejorar la penetración del material de aporte.



Figura 5.1 Biselado

### **Corte en frío por cizalla**

Es un proceso productivo utilizado para separar material metal mecánico mediante la utilización de fuerzas cortantes entre dos cuchillas una fija y otra móvil como se muestra en la figura 5.2. Se caracteriza por ser un método rápido y preciso dándonos como resultado un corte recto y limpio sin generar calor, es ideal para trabajar con materiales delgados o de espesor medio, es económico y genera menos desperdicio en comparación con otros métodos.



Figura 5.2 Corte por Cizalla

### **Corte en frío por sierra**

Es un proceso productivo utilizado para seccionar materiales metálicos empleando sierras de cinta equipadas con hojas dentadas como se muestra en la figura 5.3 Se caracteriza por ser un método que es capaz de realizar movimientos continuos con un sistema de control de alta calidad que nos permite ajustar su velocidad asegurando cortes eficientes y de una muy buena precisión, así como también es adaptable a diversos materiales y formas permitiendo obtener un corte limpio y exacto.



Figura 5.3 Corte por sierra

### **Corte térmico Plasma**

El proceso de corte térmico por plasma se da por la concentración ionizada de un gas, generando un calentamiento al material de entre 10 000 a 14 000 ° C de una manera localizada y controlada. Es ampliamente ocupado en la industria metalmeccánica por su velocidad y capacidad de para cortar materiales de distintos espesores con menor deformación térmica que otros métodos Teniendo como resultado un corte más limpio y preciso ya que el chorro de gas generado permite la fundición del material como se muestra en la figura 5.5



Figura 5.5 Corte por Plasma

### **Plegado**

El proceso de plegado es utilizado para comprimir la parte interna del material es decir la compresión aplicada al material supera su resistencia a la tracción provocando una deformación permanente del mismo como se muestra en la figura 5.6. Se caracteriza por producir pliegues muy precisos y repetibles lo que es muy conveniente cuando se está fabricando componentes con geometrías complejas, además de su rapidez, siendo útil para una gran variedad de materiales y espesores.



Figura 5.6 Plegado

## **Perforado**

El proceso de perforado consiste en eliminar material de una sección específica mediante el uso de una herramienta adecuada. Entre los principales métodos se encuentra el punzado, que emplea una matriz y un punzón. Los agujeros se crean debido a la diferencia de diámetros entre ambos elementos. El punzón penetra en el material, generando grietas en los bordes de contacto debido a la alta concentración de esfuerzos en esa zona como se muestra en la figura 5.7. El taladrado emplea una broca de acero con una geometría helicoidal que gira a alta velocidad, lo que le permite cortar y penetrar en el metal para crear un agujero con el mismo diámetro de la broca. Este método permite obtener agujeros con alta precisión y un acabado superficial excelente, ya que la broca, gracias a su diseño, elimina gradualmente el material residual.



Figura 5.7 Perforado

## **Rolado**

Es un proceso que se utiliza para el conformado de materiales en el que se utiliza una serie de rodillos para dar forma al material metálico mediante la aplicación de presión como se muestra en la figura 5.8. Se caracteriza por cambiar las propiedades dimensionales como el grosor o la curvatura, así como mejorar las propiedades mecánicas del material, adecuado para facturarse en una alta gama de materiales incluyendo laminas, tubos y perfiles complejos.



Figura 5.8 Rolado

### 5.1.2 Layout línea de producción de abastecimiento

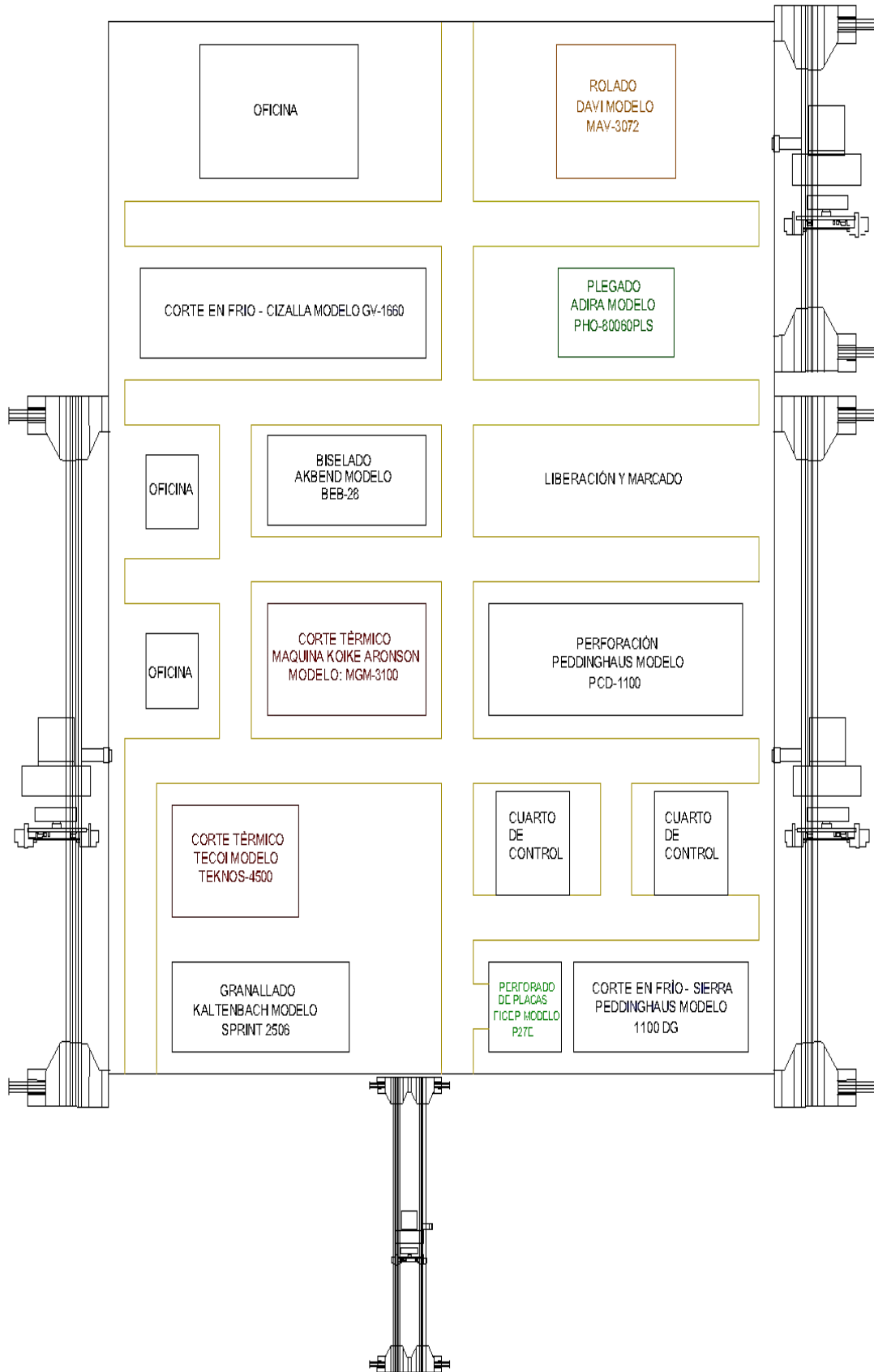


Figura 5.9 Layout de la línea de producción de abastecimiento

### 5.1.3 Diagrama de flujo de la programación para la fabricación de productos de la línea de producción de abastecimiento

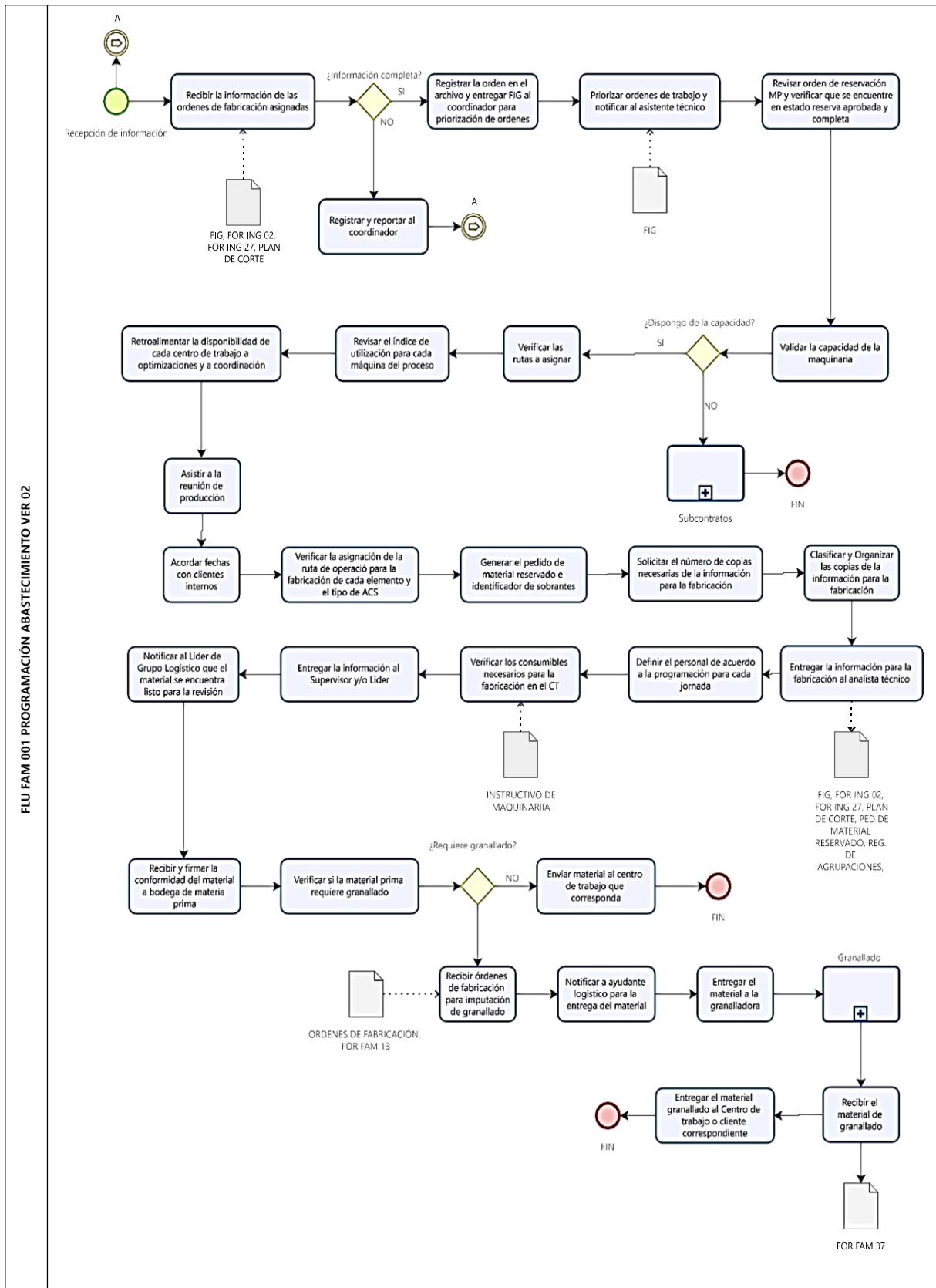


Figura 5.10 Planificación de la producción

### 5.1.4 Descripción de la producción por centros de trabajo de la línea de producción de abatimiento en el año 2024

Los Kg producidos por centro de trabajo incluso por línea de producción es fundamental para la Empresa SEDEMI SCC. Es una métrica que se utiliza para medir varios aspectos como el rendimiento de las líneas de producción, cantidad de material procesado, cantidad de material requerido entre otros aspectos. El conocer la producción en Kg es mucho más factible cuando se trabaja según el modelo de negocio que lleva la empresa que es la producción bajo pedido o por proyectos ya que al tener variación de tamaño, magnitud, forma entre otros es mucho más fácil cuantificar su peso en kg. A continuación, en la tabla 5.1 y figura 5.10 se muestran los kg producidos en el año 2024 por los centros de trabajo que constituyen la línea de producción de abatimiento a continuación:

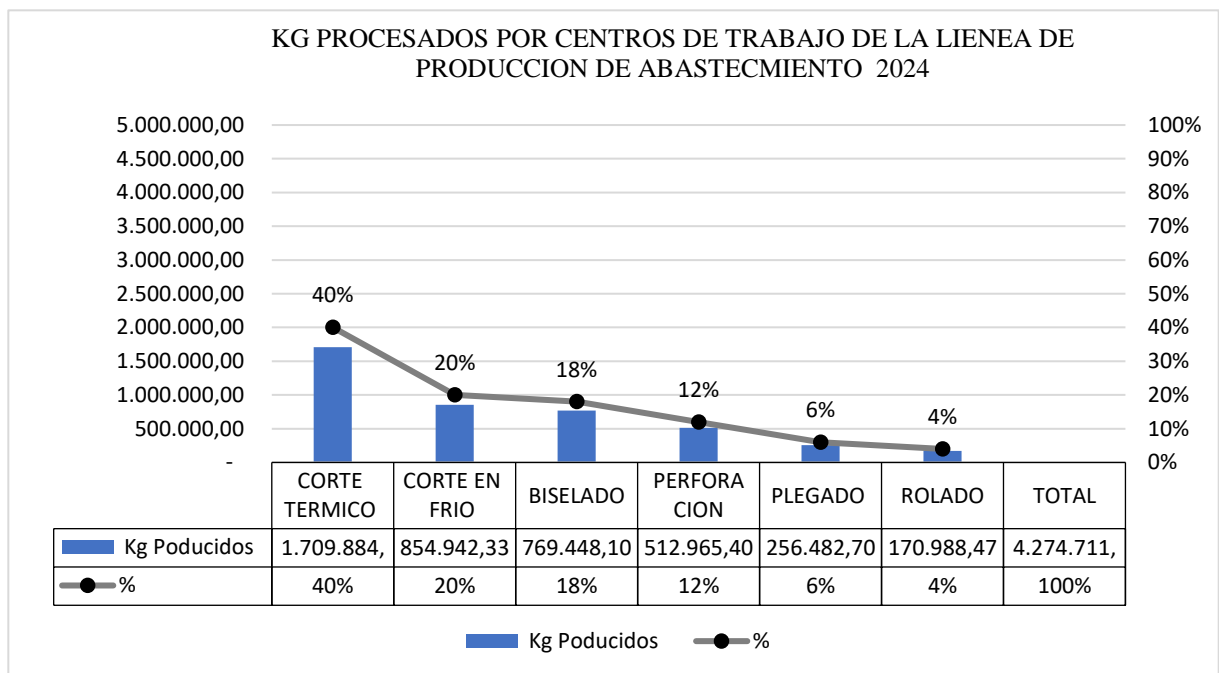


Figura 5.11 Kg procesados por centro de Trabajo 2024

Tabla 5.1 Datos de la producción por centros de trabajo 2024

CENTRO DE TRABAJO	Kg Producidos	%
CORTE TERMICO	1.709.884,66	40%
CORTE EN FRIO	854.942,33	20%
BISELADO	769.448,10	18%
PERFORACION	512.965,40	12%
PLEGADO	256.482,70	6%
ROLADO	170.988,47	4%
TOTAL	4.274.711,64	100%

En la misma línea según los resultados obtenidos con anterioridad. Los kg procesados en el año 2024 por cada centro de trabajo nos dan un diagnóstico clave en el análisis y la gestión de la producción ya que permite visualizar como está distribuido el trabajo en los diferentes procesos productivos. La importancia del análisis de datos radica en varios aspectos que se tomaran en cuenta como es la identificación de tendencias y variaciones en la producción, Por consiguiente, según lo antes mencionado se tomó una muestra de los productos con mayor tendencia de fabricación y se representó la cantidad en unidades y su peso en Kg como se muestra en la tabla 5.2 a continuación:

Tabla 5.2 Productos fabricados en la línea de producción de abastecimiento en el año 2024

<b>Producto</b>	<b>Cantidad (u)</b>	<b>Cantidad (Kg)</b>
PACAL- PERF	85.178	463.884
PLACA	9.561	210.750
PATIN SUP -PERF	793	198.386
ALMA- PERF	1.889	197.765
PATIN INF -PERF	838	169.253
VIROLA -BISEL-ROL	122	84.549
PLACA -PLEGADA	3.871	113.280
ALMA	596	98.999
PATIN	854	64.017
PATIN INF -BISEL	885	50.934
PATIN SUP- BISEL	815	46.159
PATIN INF	416	45.404
PLACA -ROL	672	37.047
ALMA -BISEL	265	34.540
PATIN SUP	333	32.904
BRIDAS	134	8.050

### 5.1.5 Descripción de las rutas de fabricación de los productos de la línea de producción de abastecimiento

En la línea de producción de abastecimiento los productos o bienes fabricados corresponden a estructuras metal mecánicas las cuales pueden agruparse según a sus características específicas que los diferencian, por otro lado, las rutas de fabricación es una agrupación de procesos que comparten productos con similares características, como puede ser el proceso de fabricación, materia prima, clientes, funcionalidad, etc. Lo que facilita la gestión del inventario, así como la planificación de la producción y optimización de recurso, como se muestra en la tabla 5.3 a continuación:

Tabla 5.3 Rutas de fabricación de los productos de la línea de producción de abastecimiento

Producto	Ruta estándar	Descripción de la ruta de estándar operación
ALMA	910.00002	C.TR MGM PLE
	910.00003	C.FR PLE
ALMA BISEL	910.00055	C.TR MGM-BIS TR PLE
	910.00057	C.TR MGM-BIS MEC PLE
	910.00059	C.FR-BIS MEC PLE
ALMA PERF	910.00069	C.TR MGM-C.FR PERF
	910.00070	C.FR-C.FR PERF
	910.00088	C.TR MGM-PRF PFS
BRIDAS	910.00007	CORTE Y PERFORACIÓN KF 2512
P INF	910.00001	C.TR TEK PLE
	910.00003	C.FR PLE
P INF BISEL	910.00054	C.TR TEK-BIS TR PLE
	910.00056	C.TR TEK-BIS MEC PLE
	910.00059	C.FR-BIS MEC PLE
P INF PERF	910.00070	C.FR-C.FR PERF
	910.00087	C.TR TEK-PRF PFS
P SUP	910.00001	C.TR TEK PLE
	910.00003	C.FR PLE
P SUP BISEL	910.00054	C.TR TEK-BIS TR PLE
	910.00056	C.TR TEK-BIS MEC PLE
	910.00059	C.FR-BIS MEC PLE
P SUP PERF	910.00070	C.FR-C.FR PERF
	910.00087	C.TR TEK-PRF PFS
PATIN	910.00001	C.TR TEK PLE
	910.00003	C.FR PLE
PL BISEL	910.00055	C.TR MGM-BIS TR PLE

	<b>910.00057</b>	C.TR MGM-BIS MEC PLE
	<b>910.00059</b>	C.FR-BIS MEC PLE
<b>PL PERF</b>	<b>910.00008</b>	C.TR TEK-PRF PLE
	<b>910.00009</b>	C.TR MGM-PRF PLE
<b>PLACA</b>	<b>910.00001</b>	C.TR TEK PLE
	<b>910.00003</b>	C.FR PLE
	<b>910.00111</b>	C. TR KF
<b>VIROLA</b>	<b>910.00026</b>	C.TR TEK-RL 3072 PLE
	<b>910.00027</b>	C.TR TEK-RL 2533 PLE
<b>VIROLA BISEL</b>	<b>910.00026</b>	C.TR TEK-RL 3072 PLE
	<b>910.00038</b>	C.TR TEK-BIS TR-RL 3072 PLE
	<b>910.00042</b>	C.TR TEK-BIS MEC-RL 3072 PLE
	<b>910.00044</b>	C.TR TEK-BIS MEC-RL 2533 PLE
	<b>910.00045</b>	C.TR MGM-BIS MEC-RL 2533 PLE

### **5.1.6 Diagnostico de la situacion actual con respecto a la eficiencia de la línea de producción de abastecimiento en el año 2024**

La eficiencia es un indicador clave y fundamental en una empresa. La eficiencia se mide según que tan bien se utilizan los recursos disponibles para producir un resultado .En este caso la eficiencia en función a las horas trabajadas con respecto a las horas timbradas se representan de la siguiente manera  $\text{eficiencia}\% = \text{Horas trabajadas} / \text{Horas timbradas} \times 100$  haciendo referencia a la formula (3.3) descrita con anterioridad donde las horas trabajas son tomadas de acuerdo al sistema de información INFOR de la empresa la cual cuantifica el inicio y el fin de cada operación ,y las horas timbradas son registradas por el sistema biométrico de la empresa. Como se muestra en la figura 5.12 y la tabla 5.4 a continuación:

## EFICIENCIA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ABASTECIMIENTO 2024

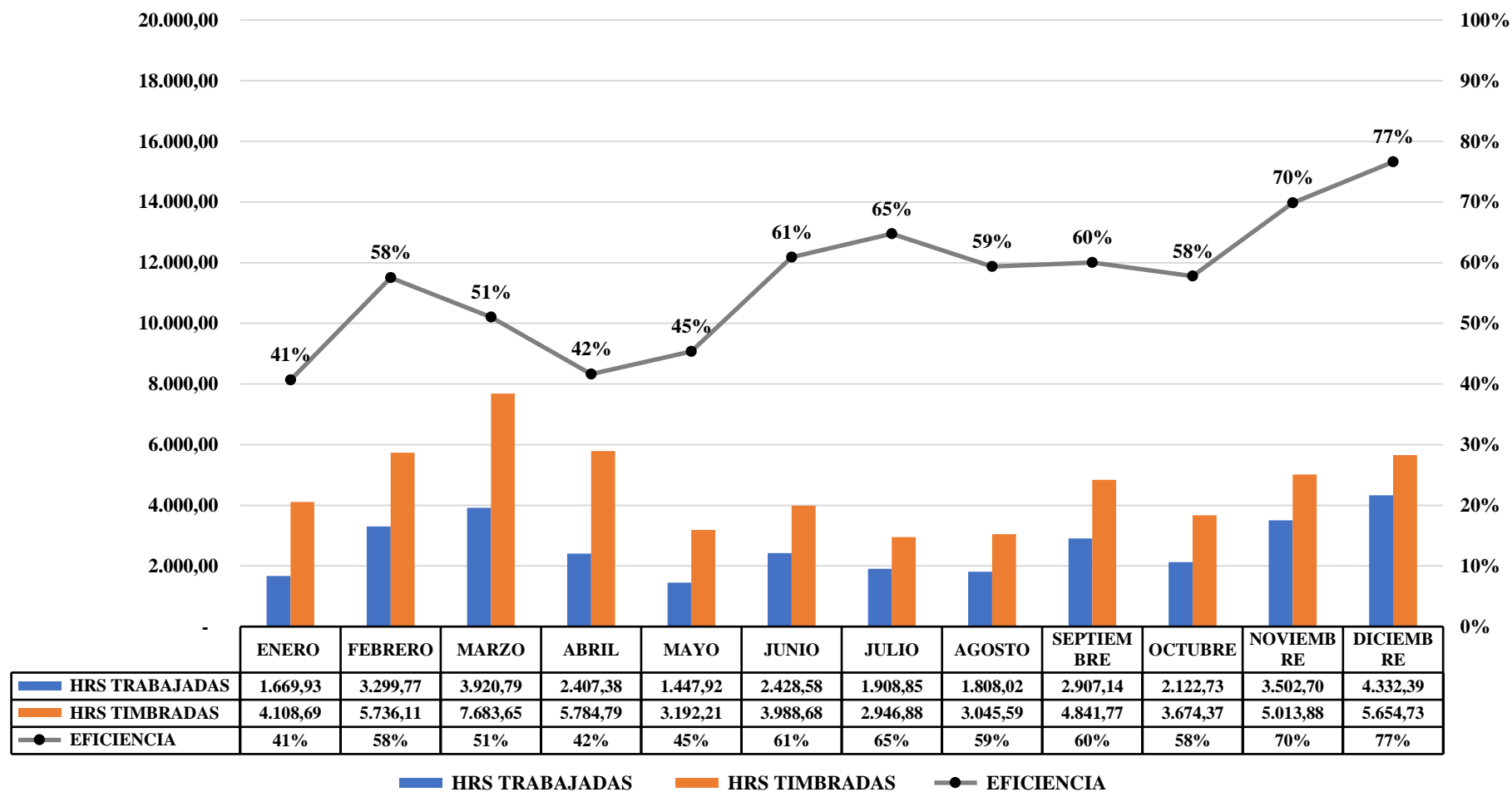


Figura 5.12 Eficiencia de la línea de producción de abastecimiento del año 2024

Tabla 5.4 Datos para obtener la eficiencia de la línea de producción de abastecimiento 2024

<b>EFICIENCIA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ABASTECIMIENTO 2024</b>						
<b>AÑO</b>	<b>LÍNEA DE PRODUCCIÓN</b>	<b>MES</b>	<b>KG</b>	<b>HRS TRABAJADAS</b>	<b>HRS TIMBRADAS</b>	<b>EFICIENCIA</b>
2024	ABASTECIMIENTO	ENERO	249.886,04	1.669,93	4.108,69	41%
2024	ABASTECIMIENTO	FEBRERO	489.813,23	3.299,77	5.736,11	58%
2024	ABASTECIMIENTO	MARZO	346.293,91	3.920,79	7.683,65	51%
2024	ABASTECIMIENTO	ABRIL	208.463,61	2.407,38	5.784,79	42%
2024	ABASTECIMIENTO	MAYO	396.970,91	1.447,92	3.192,21	45%
2024	ABASTECIMIENTO	JUNIO	436.146,83	2.428,58	3.988,68	61%
2024	ABASTECIMIENTO	JULIO	241.619,32	1.908,85	2.946,88	65%
2024	ABASTECIMIENTO	AGOSTO	178.961,89	1.808,02	3.045,59	59%
2024	ABASTECIMIENTO	SEPTIEMBRE	248.834,63	2.907,14	4.841,77	60%
2024	ABASTECIMIENTO	OCTUBRE	347.275,35	2.122,73	3.674,37	58%
2024	ABASTECIMIENTO	NOVIEMBRE	630.445,93	3.502,70	5.013,88	70%
2024	ABASTECIMIENTO	DICIEMBRE	500.000,00	4.332,39	5.654,73	77%
			<b>4.274.711,64</b>	<b>31.756,20</b>	<b>55.671,35</b>	<b>57%</b>

## **5.2 RESULTADOS OBTENIDOS EN BASE AL SEGUNDO OBJETIVO**

2. Aplicar la teoría de restricciones "TOC", para la identificación de los cuellos de botella en los procesos productivos.

### **5.2.1 Estudio de la teoría de restricciones (TOC)**

En la misma línea de investigación una vez se ha dado a conocer el estatus del departamento de producción de abastecimiento actual es oportuno realizar un estudio bajo los principios de la metodología "TOC" en la que se pueda considerar algunas situaciones donde el centro de trabajo puede generar una mejora para su beneficio.

La teoría de restricciones TOC se puede representar por una cadena en donde la resistencia de la cadena depende del eslabón más débil eso sin importar lo resistente que sea el resto de la cadena.

En dirección al caso de estudio dentro de la línea de producción de abastecimiento el eslabón más débil está formada por todos aquellos entregables que cumplen con una ruta de fabricación tomando referencia la tabla 5.3. Se analizará las rutas, productos y familia de productos mediante una matriz de selección como se muestra en la tabla 5.5 a continuación

Tabla 5.5 Mapeo de productos

PROCESO						
Descripción	Corte térmico o en frío	Biselado térmico o mecánico	Perforado	Plegado	Rolado	
PRODUCTOS	ALMA	X				FEP
	ALMA BISEL	X	X			
	ALMA PERF	X		X		
	PATIN	X				
	PATIN INF	X				
	PATIN INF BISELADO	X	X			
	PATIN INF PERFORADO	X		X	X	
	PATIN SUP	X				
	PATIN SUP BISELADO	X	X			
	PATIN SUP PERFORADO	X		X		
	VIROLA	X	X			X
	VIROLA BISELADA ROLADA	X	X			X
	PLACA	X				FAC
	PLACA BISELADA	X	X			
	PLACA PERFORADA	X		X		
BRIDAS	X		X			

Para determinar las rutas de fabricación se ha considerado los procesos y su relación con etapas dentro de las familias de productos previamente descritas con este análisis se logró definir rutas por la que pasan la gran parte de los productos. En este caso como se muestra en la tabla 5.6 el producto con la ruta con mayor relación en etapas o procesos dentro de una misma familia de productos es la Virola -Biselada-Rolada que pasa por el proceso de Corte térmico, Biselado y Rolado para poder realizar el siguiente análisis es oportuno conocer la producción histórica del año 2024 del producto que se muestra en la tabla 5.6 y sus especificaciones en la tabla 5.7 a continuación:

Tabla 5.6 Kg procesados al mes para la fabricación de Virolas en el año 2024

PRODUCTO	Cantidad en (kg)	Cantidad en (u)
<b>VIROLA</b>		
<b>CORTE TERMICO</b>		
PLE 8mm	14936,16	24
PLE 12mm	12408,46	14
<b>BISELADO MECANICO</b>		
PLE 8mm	14936,16	24
PLE 12mm	13579,2	16
PLE 10mm	87,3	2
<b>ROLADO</b>		
PLE 8mm	14936,16	24
PLE 12mm	13579,2	16
PLE 10mm	87,32	2
<b>Total, general</b>	<b>84549,96</b>	<b>122</b>













Tabla 5.7 Especificaciones de Virola PLE 8mm con mayor número de unidades producidas

Sección	PLE 8mm	
Largo	4719	
Ancho	2500	
PRODUCTO	Cantidad en (kg)	Cantidad (u)
<b>VIROLA</b>		
CORTE TERMICO	11854,08	12
BISELADO MECANICO	11854,08	12
ROLADO	11854,08	12

### 5.2.1.1 Identificar la restricción

Identificar los cuellos de botella dentro de los procesos productivos es el paso más importante para el estudio de la metodología "TOC". Al contar con un modelo de negocio conocido como "bajo pedido" que es el que maneja la empresa SEDEMI SCC. Se deberá seleccionar el producto candidato al presente caso de estudio el cual se puede observar en la tabla 5.7 donde están las especificaciones longitudinales, así como de cantidad producida en unidades y peso en Kg. Se propone encontrar la restricción mediante un cursograma analítico del proceso de fabricación del producto seleccionado, se conocerá el camino que sigue el producto, indicando los centros de trabajo, los equipos utilizados, las tareas, los tiempos, las distancias, entre otros factores importantes para el caso de estudio mostrados en la siguiente tabla a continuación:

Tabla 5.8 Cursograma analítico del proceso de fabricación de Virolas

Cursograma analítico de procesos										
Hoja N° 01	Diagrama N°: 01									
Empresa: SEDEMI SCC.										
Fecha: 24/12/24		Resumen								
Producto: Virola PLE 8mm de 4719x2500 mm		Actividad	Actual			Propuesta				
Máquina 1: TEKNOS 4500	Operación		40							
Maquina 2: Biseladora AKBEND BEB-28	Transporte		4							
Maquina 3: Roladora DAVI MAV 30-72	Inspección		11							
Operador MQ 1: Pillajo Henry	Espera									
Operador MQ 2: Huachisaca Marco	Almacenamiento									
Operador MQ 3: Casa Marco	Actividad Combinada		6							
Elaborado por: Joel Gualotuña		Total, actividades realizadas:	61							
		Distancia Total en metros:	18							
		Tiempo en segundos:								
Firma de responsabilidad			Símbolo				Observaciones			
Subproceso	Personal encargado	N°	Distancia en metros	Tiempo en segundos						

	CORTE TÉRMICO			Distancia	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5									
	Encargado	N°	Descripción							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Obs.		
Recepción de la Información para la Fabricación y Materia Prima.	Supervisor Operativo de Corte Térmico.	1	Recibir y verificar información para la fabricación.		166	120	150	135	143	X								
		2	Solicitar la materia prima según programación de producción al líder de grupo		65	66	70	63	71		X							
		3	Recibir y verificar que la materia prima corresponda al egreso solicitado		200	180	190	185	188	X								
	Líder de Grupo.	4	Trasladar la materia prima al centro de trabajo	10	540	530	533	545	553									Uso de Puente grúa
	Supervisor Operativo de Corte Térmico.	5	Entregar la información para la fabricación al operador CNC		60	62	66	60	60		X							
Set Up y Alistamiento de la Máquina	Operador CNC.	6	Realizar mantenimiento autónomo de la máquina		850	720	810	765	788		X							
		7	Revisar presión Aire/Oxígeno y colocar los consumibles en la máquina según el espesor de la materia		228	233	220	230	225	X								
		8	Colocar parámetros de corte en la consola		150	145	135	128	131		X							
		9	Iniciar imputación fase corte		65	60	75	68	71		X							
	Ayudante	10	Colocar la materia prima en la máquina		240	280	270	285	278		X							

Corte	Operador CNC.	11	Ejecutar el corte del material			570	565	555	548	551	X									
		12	Verificar que las dimensiones de la pieza cumplan con las tolerancias dimensionales y de forma			150	133	152	148	135				X						
		13	Marcar el sobrante con Identificador y medidas			222	240	220	238	225	X									
Liberación y Marcado	Operador CNC.	14	Verificar la conformidad del elemento			120	100	110	105	108										
		15	Informar al analista técnico y supervisor el término de la fabricación			90	80	75	78	79	X									
		16	Registrar el fin de la imputación fase corte			90	85	78	88	75	X									
	Supervisor Operativo de Corte Térmico.	17	Revisar la conformidad de los elementos			120	100	110	105	108										
		18	Registrar la liberación de los elementos			240	200	220	210	215	X									
	Líder de Grupo.	19	Marcar elementos fabricados de acuerdo al código del plano de taller			320	300	310	305	308	X									
		20	Clasificar el material por FIG y prioridad			240	235	220	225	215	X									
	Supervisor Operativo de Corte Térmico.	21	Informar al analista técnico el término de la fabricación			90	85	75	80	78	X									
		22	Verificar el destino de los elementos cortados semielaborados			75	100	80	90	85										
	Entrega de Elementos	Líder de Grupo.	23	Entregar los elementos cortados semielaborados al siguiente centro de trabajo	2	184	192	186	189	188										X
																			Uso de puentes grúa	

BISELADO		N °	Descripción	Dist	Tiemp 1	Tiemp 2	Tiemp 3	Tiemp 4	Tiemp 5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Observ.	
Recepción de la Información para la Fabricación y Materia Prima Procesada	Supervisor Operativo	24	Recibir y verificar información para la fabricación.		155	158	160	159	162	X							
		25	Verificar que los elementos cortados tengan liberaciones y cumplan con lo detallado en los planos		142	145	140	138	139				X				
		26	Entregar la información para la fabricación al operador CNC		85	83	78	80	79	X							
Realizar Set Up y Alistamiento de la Máquina	Operador	27	Preparar biseladora mecánica o disponer de amoladoras para biselado y limpieza.		582	579	580	577	576	X							
		28	Iniciar imputación fase biselado		60	66	63	58	61	X							
	Ayudante	29	Colocar el material sobre la mesa de trabajo		180	185	178	182	180	X							
BISELADO	Operador	30	Ajustar las dimensiones del bisel en la sección de la materia prima		120	125	118	115	117	X							
		31	Biselar		2940	2955	2.948	2.952	2.950	X							
		32	Verificar que las dimensiones de la pieza cumplan con las tolerancias dimensionales y de forma		125	132	129	120	125				X				
		33	Verificar la conformidad de los elementos		70	82	78	80	79					X			
Liberación y Marcado	Operador	34	Registrar el fin de la imputación fase biselado		80	85	83	78	81	X							
		35	Informar al analista técnico y supervisor el término de la fabricación		68	63	66	64	60	X							
	Supervisor Operativo	36	Verificar la conformidad de los elementos		82	80	81	78	80				X				
		37	Registrar la liberación de los elementos		240	200	220	210	215	X							
	Líder de Grupo.	38	Registrar la firma en la hoja de liberación de los elementos		55	57	56	55	54	X							
		39	Clasificar el material por OF y prioridad		200	188	178	183	181	X							
Entrega de Elementos	Líder de Grupo.	40	Entregar los elementos biselados semielaborados al siguiente centro de trabajo	3	249	255	247	240	244				X		Uso de puestes grúa		
	Supervisor Operativo	41	Archivar documentación		135	120	128	124	128	X							

ROLADO	Encargado	N°	Descripción	Dist	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5							Observ.			
										<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Recepción de la Información para la Fabricación y Materia Prima Procesada	Supervisor Operativo	42	Recibir y verificar información para la fabricación.		158	150	162	153	156	X									
		43	Verificar que los elementos tengan liberaciones y cumplan con lo detallado en los planos		155	150	169	162	159				X						
		44	Entregar la información de acuerdo a la Máquina asignada.		85	90	82	80	84		X								
		45	Realizar mantenimiento autónomo de la máquina		750	748	755	750	751		X								
Realizar Set Up y Alistamiento de la Máquina	Operador	46	Programar los parámetros del Rolado en el panel de control de la máquina		186	195	189	190	190		X								
		47	Revisar estado de rodillos y configurar su posición de acuerdo al tipo de elemento cilindro o cono		245	250	248	252	249	X									
		48	Colocar el material sobre los brazos de rodillos de la máquina, centrar y alinear la plancha a rolar.		256	265	260	262	261		X								
		49	Iniciar imputación fase rolado		68	70	65	62	66		X								
Rolado	Operador	50	Realizar el pre-rolado de los extremos del primer elemento		255	258	262	260	259		X								
		51	Ejecutar el rolado del elemento con avances hasta garantizar el radio de curvatura del plano		3020	2997	3015	3000	3.008		X								
		52	Verificar que las dimensiones de la pieza cumplan con las tolerancias dimensionales y de forma		315	325	300	310	313					X					
		53	Verificar la conformidad de los elementos		122	145	135	140	136						X				
Liberación y Marcado	Supervisor Operativo	54	Informar al analista técnico y supervisor el término de la fabricación		70	78	82	75	76	X									
		55	Verificar la conformidad de los elementos		120	132	118	130	125						X				

		56	Registrar la liberación de los elementos		89	120	100	110	105	X						
	Líder de Grupo.	57	Marcar elementos fabricados de acuerdo al código del plano de taller		222	210	200	215	212	X						
		58	Clasificar el material por orden y prioridad		296	280	290	292	290	X						
	Operador	59	Registrar el fin de la imputación fase rolado		105	120	110	100	109	X						
		Líder de Grupo.	60	Entregar los elementos rolados semielaborados al siguiente centro de trabajo	5	420	415	400	405	410	X					
Supervisor Operativo	61		Archivar documentación		120	125	122	120	122	X						

En la misma línea mediante la información proporcionada en análisis del cursograma analítico del proceso para la fabricación de Virolas PLE 8mm de 4719x2500 que se muestra en la tabla 5.8. Es necesario calcular el tiempo estándar ya que la toma de tiempos que se realizó son tiempos normales cronometrados en segundos de cada actividad del proceso de fabricación para tener métricas más técnicas mediante el siguiente análisis a continuación:

#### 5.2.1.2 Cálculo del tiempo estándar de la fabricación del producto

El tiempo estándar es el tiempo que debería tomar fabricar una unidad del producto en condiciones normales de trabajo con sus respectivas valoraciones, y sus retrasos inevitables considerando el factor de tolerancia. Se procederá a calcular el tiempo estándar de cada proceso por el que pasa el producto a continuación:

#### Cálculo para la asignación de los límites de control del proceso (Corte Térmico)

Ya que los tiempos de cada actividad del proceso de corte térmico fueron tomados en la tabla 5.8 teniendo un resultado de 5 muestras diferentes se procede calcular la media aritmética o conocido como promedio mediante la ecuación (3.6), así como la desviación estándar de cada actividad, con estos datos obtenidos procedemos a calcular los límites de control superior e inferior ya que estos nos servirán para verificar si las muestras antes obtenidas se encuentran dentro o fuera de los límites, como se muestra en la tabla 5.9 a continuación:

Tabla 5.9 Calculo de los límites de control del proceso "Corte Térmico"

CORTE TÉRMICO									
DESCRIPCIÓN	T1	T2	T3	T4	T5	TP	DES	LCS	LCI
Recibir y verificar información para la fabricación.	166	120	150	135	143	143	17	160	126
Solicitar la materia prima según programación de producción al líder de grupo	65	66	70	63	71	67	3	70	64
Recibir y verificar que la materia prima corresponda al egreso solicitado	200	180	190	185	188	189	7	196	181
Trasladar la materia prima al centro de trabajo	540	530	533	545	553	540	9	549	531
Entregar la información para la fabricación al operador CNC	60	62	66	60	60	62	3	64	59
Realizar mantenimiento autónomo de la máquina	850	720	810	765	788	787	49	835	738
Revisar presión Aire/Oxígeno y colocar los consumibles en la maquina según el espesor de la materia	228	233	220	230	225	227	5	232	222
Colocar parámetros de corte en la consola	150	145	135	128	131	138	9	147	128
Iniciar imputación fase corte	65	60	75	68	71	68	6	74	62
Colocar la materia prima en la máquina	240	280	270	285	278	271	18	288	253
Ejecutar el corte del material	570	565	555	548	551	558	9	567	548
Verificar que las dimensiones de la pieza cumplan con las tolerancias dimensionales y de forma	150	133	152	148	135	144	9	153	135
Marcar el sobrante con Identificador y medidas	222	240	220	238	225	229	9	238	220
Verificar la conformidad del elemento	120	100	110	105	108	109	7	116	101
Informar al analista técnico y supervisor el término de la fabricación	90	80	75	78	79	80	6	86	75
Registrar el fin de la imputación fase corte	90	85	78	88	75	83	6	90	77
Revisar la conformidad de los elementos	120	100	110	105	108	109	7	116	101
Registrar la liberación de los elementos	240	200	220	210	215	217	15	232	202
Marcar elementos fabricados de acuerdo al código del plano de taller	320	300	310	305	308	309	7	316	301
Clasificar el material por FIG y prioridad	240	235	220	225	215	227	10	237	217
Informar al analista técnico el término de la fabricación	90	85	75	80	78	82	6	88	76
Verificar el destino de los elementos cortados semielaborados	75	100	80	90	85	86	10	96	76
Entregar los elementos cortados semielaborados al siguiente centro de trabajo	184	192	186	189	188	188	3	191	185

Por consecuencia si los datos se encuentran fuera de los límites se proceden a reemplazar por otros nuevos tiempos. Una vez ya reemplazados los datos que se encontraban fuera de los límites de control procedemos a calcular la valoración del ritmo de trabajo mediante la tabla 3.1 y el tiempo concedido supletorio de descanso mediante la figura 3.6 para de esta manera calcular el tiempo normal mediante la ecuación (3.7) y por consiguiente el tiempo estándar mediante la ecuación (3.8). Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 5.10 a continuación:

Tabla 5.10 Calculo del tiempo estándar del proceso "Corte Térmico"

CORTE TÉRMICO										
DESCRIPCIÓN	T1	T2	T3	T4	T5	TP	FVT	TN	SUP	TS
Recibir y verificar información para la fabricación.	159	127	150	135	143	143	0,08	154	0,11	171
Solicitar la materia prima según programación de producción al líder de grupo	65	66	70	65	69	67	0,08	72	0,11	80
Recibir y verificar que la materia prima corresponda al egreso solicitado	195	182	190	185	188	188	0,08	203	0,11	225
Trasladar la materia prima al centro de trabajo	540	532	533	545	548	540	0,08	583	0,11	647
Entregar la información para la fabricación al operador CNC	60	62	63	60	60	61	0,08	66	0,11	73
Realizar mantenimiento autónomo de la máquina	834	739	810	765	788	787	0,08	850	0,11	944
Revisar presión Aire/Oxígeno y colocar los consumibles en la maquina según el espesor de la materia	228	231	223	230	225	227	0,08	246	0,11	273
Colocar parámetros de corte en la consola	146	145	135	129	131	137	0,08	148	0,11	165
Iniciar imputación fase corte	65	63	73	68	71	68	0,08	73	0,11	81
Colocar la materia prima en la máquina	254	280	270	285	278	273	0,08	295	0,11	328
Ejecutar el corte del material	565	565	555	549	551	557	0,08	602	0,11	668
Verificar que las dimensiones de la pieza cumplan con las tolerancias dimensionales y de forma	150	136	152	148	135	144	0,08	156	0,11	173
Marcar el sobrante con Identificador y medidas	222	223	220	238	225	226	0,08	244	0,11	270
Verificar la conformidad del elemento	115	109	110	105	108	109	0,08	118	0,11	131
Informar al analista técnico y supervisor el término de la fabricación	83	80	75	78	79	79	0,08	85	0,11	95
Registrar el fin de la imputación fase corte	88	85	78	88	84	85	0,08	91	0,11	101
Revisar la conformidad de los elementos	114	102	110	105	108	108	0,08	116	0,11	129
Registrar la liberación de los elementos	210	219	220	210	215	215	0,08	232	0,11	258
Marcar elementos fabricados de acuerdo al código del plano de taller	309	312	310	305	308	309	0,08	333	0,11	370
Clasificar el material por FIG y prioridad	231	235	220	225	228	228	0,08	246	0,11	273
Informar al analista técnico el término de la fabricación	87	85	77	80	78	81	0,08	88	0,11	98
Verificar el destino de los elementos cortados semielaborados	79	92	80	90	85	85	0,08	92	0,11	102
Entregar los elementos cortados semielaborados al siguiente centro de trabajo	186	188	186	189	188	187	0,08	202	0,11	225
<b>Tiempo Estándar Total</b>										<b>5.879</b>

42%

En donde % de funcionamiento es igual a:

$$TFM = \sum \text{Tiempo de funcionamiento de la maquina (2458) Seg/unidad}$$

$$TFS = \sum \text{Tiempo de fabricación (5879) Seg/unidad}$$

Entonces:

(3.10)

$$\% \text{ de funcionamiento} = \frac{\text{TFM}}{\text{TFS}} \times 100$$

$$\% \text{ de funcionamiento} = \frac{2458}{5879} \times 100$$

$$\% \text{ de funcionamiento} = 42 \%$$

Tabla 5.11 Resultados de la valoración del ritmo de trabajo según la tabla 3.1

HABILIDAD	VALOR
C2	0,03
CONDICIONES	VALOR
C	0,02
ESFUERZO	VALOR
C2	0,02
CONSISTENCIA	VALOR
C	0,01
<b>TOTAL</b>	<b>0,08</b>

Tabla 5.12 Resultados del factor suplementario por descanso según la figura 3.6

Suplementos constantes	HOMBRE
Necesidades personales	5
Básico por fatiga	4
Suplementos Variables	
Trabajo realiza de pie	2
<b>Total</b>	<b>0,11</b>

Los resultados obtenidos en la tabla 5.11 y 5.12 se mantendrán en la misma valoración para el proceso de Biselado y Rolado respectivamente.

### **Cálculo para la asignación de los límites de control del proceso (Biselado)**

Ya que los tiempos de cada actividad del proceso de biselado fueron tomados en la tabla 5.8 teniendo un resultado de 5 muestras diferentes se procede calcular la media aritmética o conocido como promedio mediante la ecuación (3.6), así como la desviación estándar de cada actividad, con estos datos obtenidos procedemos a calcular los límites de control superior e inferior ya que estos nos servirán para verificar si las muestras antes obtenidas se encuentran dentro o fuera de los límites, como se muestra en la tabla 5.13 a continuación:

Tabla 5.13 Calculo de los límites de control del proceso "Biselado"

BISELADO									
DESCRIPCIÓN	T1	T2	T3	T4	T5	TP	DESV	LCS	LCI
Recibir y verificar información para la fabricación.	155	158	160	159	162	159	3	161	156
Verificar que los elementos cortados tengan liberaciones y cumplan con lo detallado en los planos	142	145	140	138	139	141	3	144	138
Entregar la información para la fabricación al operador CNC	85	83	78	80	79	81	3	84	78
Preparar biseladora mecánica o disponer de amoladoras para biselado y limpieza.	582	579	580	577	576	579	2	581	576
Iniciar imputación fase biselado	60	66	63	58	61	62	3	65	59
Colocar el material sobre la mesa de trabajo	180	185	178	182	180	181	3	184	178
Ajustar las dimensiones del bisel en la sección de la materia prima	120	125	118	115	117	119	4	123	115
Biselar	2940	2955	2.948	2.952	2.950	2.949	6	2.955	2.943
Verificar que las dimensiones de la pieza cumplan con las tolerancias dimensionales y de forma	125	132	129	120	125	126	5	131	122
Verificar la conformidad de los elementos	70	82	78	80	79	78	5	82	73
Registrar el fin de la imputación fase biselado	80	85	83	78	81	81	3	84	79
Informar al analista técnico y supervisor el término de la fabricación	68	63	66	64	60	64	3	67	61
Verificar la conformidad de los elementos	82	80	81	78	80	80	1	82	79
Registrar la liberación de los elementos	240	200	220	210	215	217	15	232	202
Registrar la firma en la hoja de liberación de los elementos	55	57	56	55	54	55	1	57	54
Clasificar el material por OF y prioridad	200	188	178	183	181	186	9	195	177
Entregar los elementos biselados semielaborados al siguiente centro de trabajo	249	255	247	240	244	247	6	253	241
Archivar documentación	135	120	128	124	118	125	7	132	118

Por consecuencia si los datos se encuentran fuera de los límites se proceden a reemplazar por otros nuevos tiempos. Una vez ya reemplazados los datos que se encontraban fuera de los límites de control procedemos a calcular la valoración del ritmo de trabajo mediante la tabla 3.1 y el tiempo concedido supletorio de descanso mediante la figura 3.6 para de esta manera calcular el tiempo normal mediante la ecuación (3.7) y por consiguiente el tiempo estándar mediante la ecuación (3.8). Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 5.14 a continuación:

Tabla 5.14 Calculo del tiempo estándar del proceso "Biselado"

BISELADO										
DESCRIPCIÓN	T1	T2	T3	T4	T5	TP	FVT	TN	SUP	TS
Recibir y verificar información para la fabricación.	159	158	160	159	157	159	0,08	171	0,11	190
Verificar que los elementos cortados tengan liberaciones y cumplan con lo detallado en los planos	142	143	140	142	139	141	0,08	152	0,11	169
Entregar la información para la fabricación al operador CNC	85	83	80	80	79	81	0,08	88	0,11	98
Preparar biseladora mecánica o disponer de amoladoras para biselado y limpieza.	580	579	580	577	579	579	0,08	625	0,11	694
Iniciar imputación fase biselado	60	60	63	59	61	61	0,08	65	0,11	73
Colocar el material sobre la mesa de trabajo	180	183	179	182	180	181	0,08	195	0,11	217
Ajustar las dimensiones del bisel en la sección de la materia prima	120	116	118	120	117	118	0,08	128	0,11	142
Biselar	2946	2954	2.948	2.952	2.950	2.950	0,08	3.186	0,11	3.536
Verificar que las dimensiones de la pieza cumplan con las tolerancias dimensionales y de forma	125	127	129	130	125	127	0,08	137	0,11	152
Verificar la conformidad de los elementos	79	82	78	80	79	80	0,08	86	0,11	95
Registrar el fin de la imputación fase biselado	80	80	83	82	81	81	0,08	88	0,11	97
Informar al analista técnico y supervisor el término de la fabricación	65	63	64	64	62	64	0,08	69	0,11	76
Registrar la liberación de los elementos	210	219	220	210	215	215	0,08	232	0,11	258
Verificar la conformidad de los elementos	79	80	81	79	80	80	0,08	86	0,11	96
Registrar la firma en la hoja de liberación de los elementos	55	56	56	55	55	55	0,08	60	0,11	66
Clasificar el material por OF y prioridad	189	188	178	183	181	184	0,08	199	0,11	220
Entregar los elementos biselados semielaborados al siguiente centro de trabajo	249	246	247	250	244	247	0,08	267	0,11	296
Archivar documentación	119	120	128	124	126	123	0,08	133	0,11	148
<b>Tiempo Estándar Total</b>										<b>6.624</b>

70%

En donde % de funcionamiento es igual a:

TFM=  $\sum$  Tiempo de funcionamiento de la maquina (4662) Seg/unidad

TFS=  $\sum$  Tiempo de fabricación (6624) Seg/unidad

Entonces:

(3.10)

$$\% \text{ de funcionamiento} = \frac{\text{TFM}}{\text{TFS}} \times 100$$

$$\% \text{ de funcionamiento} = \frac{4662}{6624} \times 100$$

$$\% \text{ de funcionamiento} = 70 \%$$

### Cálculo para la asignación de los límites de control del proceso (Rolado)

Ya que los tiempos de cada actividad del proceso de Rolado fueron tomados en la tabla 5.8 teniendo un resultado de 5 muestras diferentes se procede calcular la media aritmética o conocido como promedio mediante la ecuación (3.6), así como la desviación estándar de cada actividad, con estos datos obtenidos procedemos a calcular los límites de control superior e inferior ya que estos nos servirán para verificar si las muestras antes obtenidas se encuentran dentro o fuera de los límites, como se muestra en la tabla 5.15 a continuación:

Tabla 5.15 Calculo de los límites de control del proceso "Rolado"

ROLADO									
DESCRIPCIÓN	T1	T2	T3	T4	T5	TP	DESV	LCS	LCI
Recibir y verificar información para la fabricación.	158	150	162	153	156	156	5	160	151
Verificar que los elementos tengan liberaciones y cumplan con lo detallado en los planos	155	150	169	162	159	159	7	166	152
Entregar la información de acuerdo a la Máquina asignada.	85	90	82	80	84	84	4	88	80
Realizar mantenimiento autónomo de la máquina	750	748	755	750	751	751	3	753	748
Programar los parámetros del Rolado en el panel de control de la máquina	186	195	189	190	190	190	3	193	187
Revisar estado de rodillos y configurar su posición de acuerdo al tipo de elemento cilindro o cono	245	250	248	252	249	249	3	251	246
Colocar el material sobre los brazos de rodillos de la máquina, centrar y alinear la plancha a rolar.	256	265	260	262	261	261	3	264	258
Iniciar imputación fase rolado	68	70	65	62	66	66	3	69	63
Realizar el pre-rolado de los extremos del primer elemento	255	258	262	260	259	259	3	261	256
Ejecutar el rolado del elemento con avances hasta garantizar el radio de curvatura del plano	3020	2997	3015	3000	3.008	3.008	10	3.018	2.998
Verificar que las dimensiones de la pieza cumplan con las tolerancias dimensionales y de forma	315	325	300	310	313	313	9	322	304
Verificar la conformidad de los elementos	122	145	135	140	136	136	9	144	127
Informar al analista técnico y supervisor el término de la fabricación	70	78	82	75	76	76	4	81	72
Verificar la conformidad de los elementos	120	132	118	130	125	125	6	131	119
Registrar la liberación de los elementos	89	120	100	110	105	105	12	116	93
Marcar elementos fabricados de acuerdo al código del plano de taller	222	210	200	215	212	212	8	220	204
Clasificar el material por orden y prioridad	296	280	290	292	290	290	6	295	284
Registrar el fin de la imputación fase rolado	105	120	110	100	109	109	7	116	101
Entregar los elementos rolados semielaborados al siguiente centro de trabajo	420	415	400	405	410	410	8	418	402
Archivar documentación	120	125	122	120	122	122	2	124	120

Por consecuencia si los datos se encuentran fuera de los límites se proceden a reemplazar por otros nuevos tiempos. Una vez ya reemplazados los datos que se encontraban fuera

de los límites de control procedemos a calcular la valoración del ritmo de trabajo mediante la tabla 3.1 y el tiempo concedido supletorio de descanso mediante la figura 3.6 para de esta manera calcular el tiempo normal mediante la ecuación (3.7) y por consiguiente el tiempo estándar mediante la ecuación (3.8). Los resultados obtenidos se muestran en tabla 5.16 a continuación:

Tabla 5.16 Calculo del tiempo estándar del proceso "Rolado"

ROLADO										
DESCRIPCIÓN	T1	T2	T3	T4	T5	TP	FVT	TN	SUP	TS
Recibir y verificar información para la fabricación.	158	155	154	153	156	155	0,08	168	0,11	186
Verificar que los elementos tengan liberaciones y cumplan con lo detallado en los planos	155	160	160	162	159	159	0,08	172	0,11	191
Entregar la información de acuerdo a la Máquina asignada.	85	83	82	87	84	84	0,08	91	0,11	101
Realizar mantenimiento autónomo de la máquina	750	752	753	750	751	751	0,08	811	0,11	901
Programar los parámetros del Rolado en el panel de control de la máquina	192	187	189	190	190	190	0,08	205	0,11	227
Revisar estado de rodillos y configurar su posición de acuerdo al tipo de elemento cilindro o cono	251	250	248	251	249	250	0,08	270	0,11	299
Colocar el material sobre los brazos de rodillos de la máquina, centrar y alinear la plancha a rolar.	258	264	260	262	261	261	0,08	282	0,11	313
Iniciar imputación fase rolado	68	67	65	68	66	67	0,08	72	0,11	80
Realizar el pre-rolado de los extremos del primer elemento	260	258	260	260	259	259	0,08	280	0,11	311
Ejecutar el rolado del elemento con avances hasta garantizar el radio de curvatura del plano	3002	3010	3015	3000	3.008	3.007	0,08	3.248	0,11	3.605
Verificar que las dimensiones de la pieza cumplan con las tolerancias dimensionales y de forma	315	318	314	310	313	314	0,08	339	0,11	376
Verificar la conformidad de los elementos	134	133	135	140	136	136	0,08	146	0,11	163
Informar al analista técnico y supervisor el término de la fabricación	75	78	78	75	76	76	0,08	83	0,11	92
Verificar la conformidad de los elementos	120	119	122	130	125	123	0,08	133	0,11	148
Registrar la liberación de los elementos	99	109	100	110	105	105	0,08	113	0,11	125
Marcar elementos fabricados de acuerdo al código del plano de taller	214	210	217	215	212	214	0,08	231	0,11	256
Clasificar el material por orden y prioridad	289	295	290	292	290	291	0,08	314	0,11	349
Registrar el fin de la imputación fase rolado	105	115	110	105	109	109	0,08	118	0,11	130
Entregar los elementos rolados semielaborados al siguiente centro de trabajo	415	415	404	405	410	410	0,08	443	0,11	491
Archivar documentación	120	122	122	120	122	121	0,08	131	0,11	145
<b>Tiempo Estándar Total</b>										<b>8.490</b>

68 %

En donde % de funcionamiento es igual a:

TFM=  $\Sigma$ Tiempo de funcionamiento de la maquina (5736) Seg/unidad

TFS=  $\Sigma$ Tiempo de fabricación (8490) Seg/unidad

Entonces:

(3.10)

$$\% \text{ de funcionamiento} = \frac{\text{TFM}}{\text{TFS}} \times 100$$

$$\% \text{ de funcionamiento} = \frac{5736}{8490} \times 100$$

$$\% \text{ de funcionamiento} = 68 \%$$

Una vez calculado el tiempo estándar total obtenidos en las tablas 5.10;5.14;5.16 de cada proceso respectivamente, para identificar la restricción se debe tomar en cuenta que la empresa SEDMI SCC maneja un modelo de negocio conocido como "Bajo Pedido" en otras palabras la producción se activa solo cuando hay un producto que se debe procesar. En consecuencia, a lo mencionado se analizará la capacidad real de cada proceso considerando el % de funcionamiento de la con respecto al tiempo que demora en procesar el producto basándonos en la ecuación (3.10). Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

#### **Capacidad en unidades por tiempo real del proceso (Corte térmico)**

Antes de calcular la capacidad real se deberá saber la capacidad estándar mediante la ecuación 3.11 mostrada a continuación:

(3.11)

$$\text{Capacidad estandar Corte termico} = \frac{\text{Tiempo disponible en seg/dia}}{\text{Tiempo de fabricacion estandar en seg/unidad}}$$

En donde tiempo disponible es igual a:

NT= Numero de turnos (2 turnos)

JL=Jornada laboral (9 Hrs)

TI = Tiempo Improductivo (1 Hrs)

Tiempo de fabricación es igual a:  $TFS = \sum \text{Tiempo de fabricación (5879) Seg/unidad}$

Entonces:

$$\begin{aligned} TD &= (JL - TI) \times NT \\ TD &= (9 - 1) \times 2 \\ TD &= 16 \text{ HRS} * 60 * 60 \\ TD &= 57600 \text{ seg} \end{aligned} \tag{3.12}$$

Los resultados obtenidos en base a la ecuación 3.12 se mantendrán para los otros procesos de biselado y rolado respectivamente

$$\begin{aligned} \text{Capacidad estandar Corte termico} &= \frac{\text{Tiempo disponible en seg/dia}}{\text{Tiempo de fabricacion en seg/unidad}} \\ \text{Capacidad estandar Corte termico} &= \frac{57600 \text{ seg/dia}}{5879 \text{ seg/unidad}} \\ \text{Capacidad estandar Corte termico} &= 10 \text{ uni/dia} \end{aligned} \tag{3.11}$$

El resultado de 10 unidades al día obtenidos en base a la formula (3.11) están basados en un tiempo de ciclo estándar lo cual nos sirve para tomar una referencia de una capacidad ideal del proceso (corte térmico). Por otro lado, al calcular la Capacidad real nos permite conocer la verdadera capacidad de respuesta ante la demanda del cliente mediante la ecuación 3.13 mostrada a continuación:

$$\text{Capacidad real (Corte termico)} = CT \times N^{\circ} \times F \tag{3.13}$$

En donde Capacidad real es igual a:

CT = Tiempo de ciclo por unidad estándar (10) uni/día

N° = Número de máquinas (1)

F = % de funcionamiento (42%) transformado a decimal es 0,42

Entonces:

(3.13)

$$\text{Capacidad real (Corte termico)} = CT \times N^{\circ} \times F$$

$$\text{Capacidad real (Corte termico)} = 10 \text{ uni/dia} \times 1 \times 0,42$$

$$\text{Capacidad real (Corte termico)} = 4 \text{ unidades /dia}$$

### **Capacidad en unidades por tiempo real del proceso (Biselado)**

Antes de calcular la capacidad real se deberá saber la capacidad estándar mediante la ecuación 3.11 mostrada a continuación:

(3.11)

$$\text{Capacidad estandar Biselado} = \frac{\text{Tiempo disponible en seg/dia}}{\text{Tiempo de fabricacion en seg/unidad}}$$

$$\text{Capacidad estandar Biselado} = \frac{57600 \text{ seg/dia}}{6624 \text{ seg/unidad}}$$

$$\text{Capacidad estandar Biselado} = 9 \text{ uni/dia}$$

El resultado de 9 unidades al día obtenidos en base a la formula (3.11) están basados en un tiempo de ciclo estándar lo cual nos sirve para tomar una referencia de una capacidad ideal del proceso (Biselado). Por otro lado, al calcular la Capacidad real nos permite conocer la verdadera capacidad de respuesta ante la demanda del cliente mediante la ecuación 3.13 mostrada continuación:

(3.13)

$$\text{Capacidad real (Biselado)} = CT \times N^{\circ} \times F$$

En donde Capacidad real es igual a:

CT = Tiempo de ciclo por unidad estándar (9)

N° = Número de máquinas (1)

F = % de funcionamiento (70%) transformado a decimal es 0,70

Entonces:

(3.13)

$$\begin{aligned} \text{Capacidad real (Biselado)} &= CT \times N^{\circ} \times F \\ \text{Capacidad real (Biselado)} &= 9 \text{ uni/dia} \times 1 \times 0,70 \\ \text{Capacidad real (Biselado)} &= 6 \text{ unidades /dia} \end{aligned}$$

### **Capacidad en unidades por tiempo real del proceso (Rolado)**

Antes de calcular la capacidad real se deberá saber la capacidad estándar mediante la ecuación 3.11 mostrada a continuación:

(3.11)

$$\begin{aligned} \text{Capacidad estandar Rolado} &= \frac{\text{Tiempo disponible en seg/dia}}{\text{Tiempo de fabricacion en seg/unidad}} \\ \text{Capacidad estandar Rolado} &= \frac{57600 \text{ seg/dia}}{8490 \text{ seg/unidad}} \\ \text{Capacidad estandar Rolado} &= 7 \text{ uni/dia} \end{aligned}$$

El resultado de 7 unidades al día obtenidos en base a la formula (3.11) están basados en un tiempo de ciclo estándar lo cual nos sirve para tomar una referencia de una capacidad ideal del proceso (Rolado). Por otro lado, al calcular la Capacidad real nos permite conocer la verdadera capacidad de respuesta ante la demanda del cliente mediante la ecuación 3.13 mostrada a continuación:

(3.13)

$$\text{Capacidad real (Rolado)} = CT \times N^{\circ} \times F$$

En donde Capacidad real es igual a:

CT = Tiempo de ciclo por unidad estándar (7)

N° = Número de máquinas (1)

F = % de funcionamiento (68%) transformado a decimal es 0,68

Entonces:

(3.13)

$$\text{Capacidad real (Rolado)} = CT \times N^{\circ} \times F$$

$$\text{Capacidad real (Rolado)} = 7 \text{ uni/dia} \times 1 \times 0,68$$

$$\text{Capacidad real (Rolado)} = 5 \text{ unidades /dia}$$

Análisis: Una vez conocida la capacidad del tiempo de ciclo real de cada proceso considero que la restricción se encuentra en el proceso corte térmico ya que al tener un % de funcionamiento del 42% trabajando con una maquina al día tiene una capacidad de 4 unidades que en comparación a los demás procesos seria la que está limitando el proceso de producción afectando los tiempos de entrega.

### **5.3 RESULTADOS OBTENIDOS EN BASE AL TERCER OBJETIVO**

3. Desarrollar una propuesta de mejora en la línea de producción de abastecimiento, utilizando la metodología "VSM" para el incremento de la eficiencia de los procesos productivos

#### **5.3.1 Determinación de las métricas del proceso de fabricación del producto**

Las métricas mostradas en la siguiente tala a continuación fueron obtenidas con anterioridad basándonos en la ecuación (3.12) para el tiempo disponible, el tiempo estándar de fabricación de cada proceso se puede evidenciar las tablas 5.10;5.14;5.16 respectivamente según el proceso, la capacidad estándar se obtuvo mediante la ecuación (3.11), así como el % de funcionamiento de cada maquina en los diferentes procesos obtenidos mediante la ecuación (3.10) y por último se muestra la capacidad real que se obtuvo con la aplicación de la ecuación (3.13). Por consiguiente se procederá a calcular el Tack time que representa el tiempo que demora cada proceso en entregar el producto en días, así como se calculara el Tiempo de valor agregado y el tiempo de no valor agregado respectivamente. Esto nos ayudara con la repretación del mapa de flujo de valor teniendo en cuenta las unidades y kg históricos procesados de la Virola PLE 8mm de 4719x2500 mm en el año 2024 dentro de la línea de producción de abastecimiento

Tabla 5.17 Métricas para la representación del mapa de flujo de valor

Descripción	Símbolo	UMD	CORTE TERMICO	BISELADO	ROLADO
Numero de turnos	NT	und/día	2	2	2
Jornada laboral	JL	hrs/turno	9	9	9
Tiempo inefectivo	TI	hrs/turno	1	1	1
Tiempo disponible	TD	seg/día	57600	57600	57600
Tiempo de fabricación Estándar	TFS	Seg/unidad	5.879	6.624	8.490
Capacidad Estándar	CE	uni/día	10	9	7
Numero de maquinas	NM	Und	1	1	1
% de funcionamiento	FT	%	42%	73%	68%
Capacidad real	CR	unid/día	4	6	5

### Cálculo del tiempo de fabricación real (Corte térmico)

Donde:

Tiempo de fabricación real es igual a:

TD = Tiempo disponible (57600) seg /día

CR = Capacidad real (4) uni/día

Entonces:

(3.14)

$$Tiempo\ de\ fabricacion\ real = \frac{TD\ seg/dia}{CR\ uni/dia}$$

$$Tiempo\ de\ fabricacion\ real = \frac{57600\ seg/dia}{4\ uni/dia}$$

$$Tiempo\ de\ fabricacion\ real = 14400\ seg/uni$$

### Cálculo del tiempo de fabricación real (Biselado)

Donde:

Tiempo de fabricación real es igual a:

TD = Tiempo disponible (57600) seg /día

CR = Capacidad real (6) uni/día

Entonces:

(3.14)

$$\textit{T tiempo de fabricacion real} = \frac{\textit{TD seg/dia}}{\textit{CR uni/dia}}$$

$$\textit{T tiempo de fabricacion real} = \frac{57600 \textit{ seg/dia}}{6 \textit{ uni/dia}}$$

$$\textit{T tiempo de fabricacion real} = 9600 \textit{ seg/uni}$$

### **Cálculo del tiempo de fabricación real (Rolado)**

Donde:

Tiempo de fabricación real es igual a:

TD = Tiempo disponible (57600) seg /día

CR = Capacidad real (5) uni/día

Entonces:

(3.14)

$$\textit{T tiempo de fabricacion real} = \frac{\textit{TD seg/dia}}{\textit{CR uni/dia}}$$

$$\textit{T tiempo de fabricacion real} = \frac{57600 \textit{ seg/dia}}{5 \textit{ uni/dia}}$$

$$\textit{T tiempo de fabricacion real} = 11520 \textit{ seg/uni}$$

### **Cálculo del Tack Time (Corte térmico)**

Donde Tack time es igual a:

P = Unidades solicitadas (12) unid

CR = capacidad real (4) unid/día

Entonces:

(3.9)

$$Tack\ Time = \frac{P\ unid}{CR\ unid/dia}$$

$$Tack\ Time = \frac{12\ unid}{4\ unid/dia}$$

$$Tack\ Time = 3\ dias$$

### **Cálculo de Tack Time (Biselado)**

Donde Tack time es igual a:

P = Unidades solicitadas (12) unid

CR = capacidad real (6) unid/día

Entonces:

(3.9)

$$Tack\ Time = \frac{P\ unid}{CR\ unid/dia}$$

$$Tack\ Time = \frac{12\ unid}{6\ unid/dia}$$

$$Tack\ Time = 2\ dias$$

### **Cálculo de Tack Time (Rolado)**

Donde Tack Time es igual a:

P = Unidades solicitadas (12) unid

CR = capacidad real (5) unid/día

Entonces:

(3.9)

$$Tack\ Time = \frac{P\ unid}{CR\ unid/dia}$$

$$Tack\ Time = \frac{12\ unid}{5\ unid/dia}$$

$$Tack\ Time = 2\ dias$$

### **Cálculo del tiempo de valor agregado**

Donde tiempo de valor agregado es igual a:

$$TVA = \sum TFR\ (Corte\ térmico; Biselado; Rolado)$$

$$TFR\ (Corte\ térmico) = 14400\ seg/unidad$$

$$TFR\ (Biselado) = 9600\ seg/unidad$$

$$TFR\ (Rolado) = 11520\ seg/unidad$$

Entonces:

$$TVA = \sum TFR\ (Corte\ térmico; Biselado; Rolado)$$

$$TVA = 35520\ seg/unid$$

### **Cálculo del tiempo de NO valor agregado**

Donde tiempo de No valor agregado es igual a:

$$TVA = \text{Tiempo de valor agregado (35520seg/unid)}$$

$$TFS = \text{Tiempo de fabricación estándar (20993 seg/unid)}$$

Entonces:

$$TNVA = (TVA\ seg/unid) - (TFS\ seg/unid)$$

$$TNVA = (35520seg/unid) - (20993seg/unid)$$

$$TNVA = (14527\ seg/unid)$$

### **Cálculo de la eficiencia con respecto al tiempo de fabricación**

Donde la eficiencia del tiempo de fabricación es igual a:

TFS= Tiempo de fabricación estándar (20993 seg/unid)

TFR = Tiempo de fabricación real (35520 seg /unid)

Entonces:

$$\text{Eficiencia de tiempo de fabricación} = \frac{\text{Tiempo estandar seg/unid}}{\text{tiempo real seg/unid}} \times 100 \quad (3.3)$$

$$\text{Eficiencia de tiempo de fabricación} = \frac{20993 \text{ seg/unid}}{35520 \text{ seg/dia}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia de tiempo de fabricación} = 59 \%$$

En base a los resultados obtenidos considero representar el mapa de flujo de valor del producto (virola ple 8mm de 4719x2500 mm) mediante el cual me permitirá visualizar el flujo completo del proceso de producción identificando donde se están generando las demoras, retrasos, desperdicios o paros en la producción que están afectando directamente a la eficiencia con respecto al tiempo de fabricación, la representación se muestra en la figura 5.13 a continuación:

### 5.3.3 Representación del mapa de flujo de valor de la fabricación del producto (Virola PLE 8mm de 4719x2500 mm)

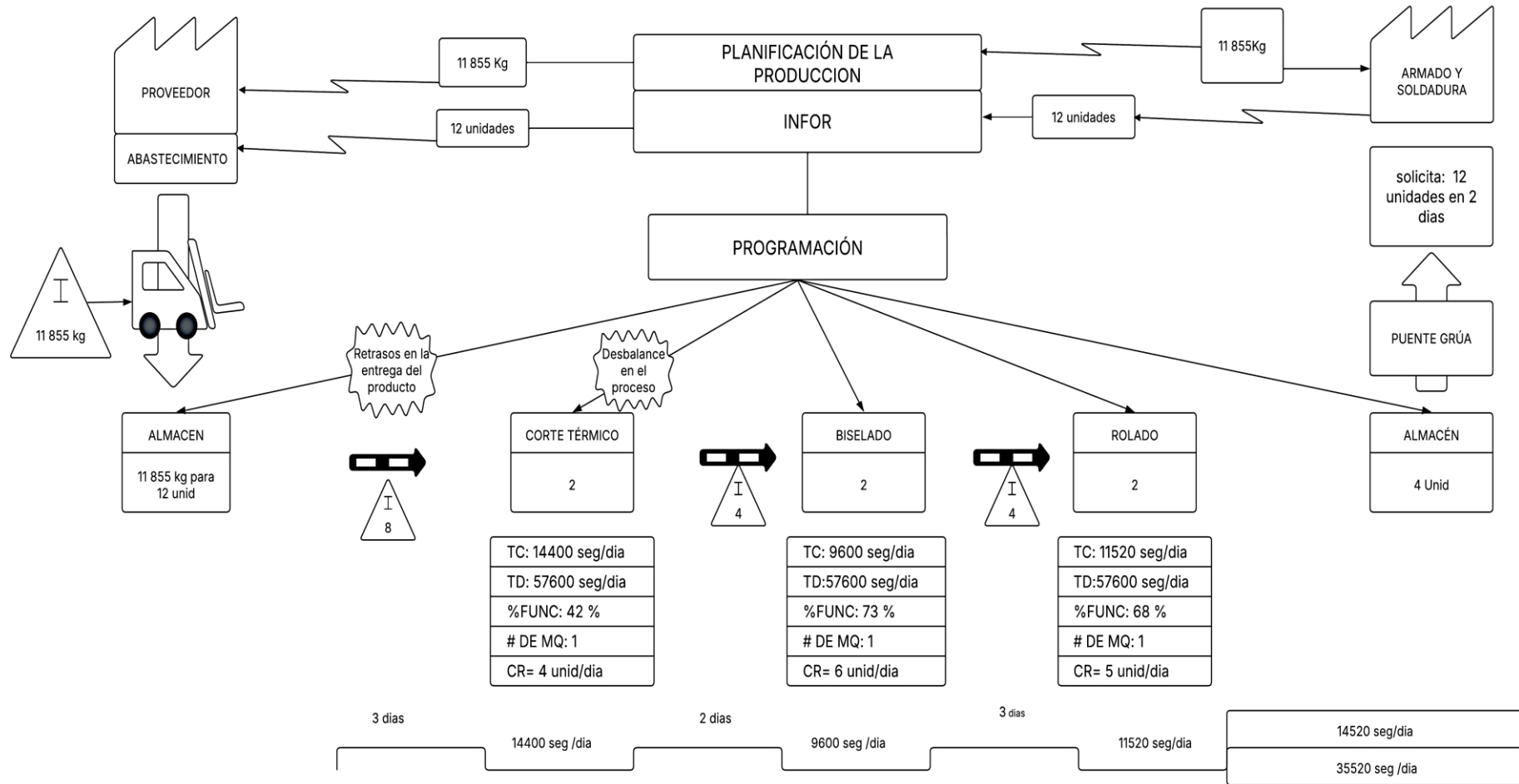


Figura 5.13 Repristinación del mapa de flujo de valor

### 5.3.4 Propuesta de mejora en el proceso (Corte térmico)

En base a los resultados obtenidos basados en la teoría de restricciones "TOC" y la representación del mapa de flujo de valor "VSM ". Considero mejorar el proceso de corte térmico ya que es el eslabón más debil dentro de la cadena de producción. Por consiguiente, se procederá a identificar los motivos de paro históricos que ha presentado el proceso de corte térmico durante el año 2024 mediante un análisis de Pareto que se muestra en la figura 5.14 a continuación:

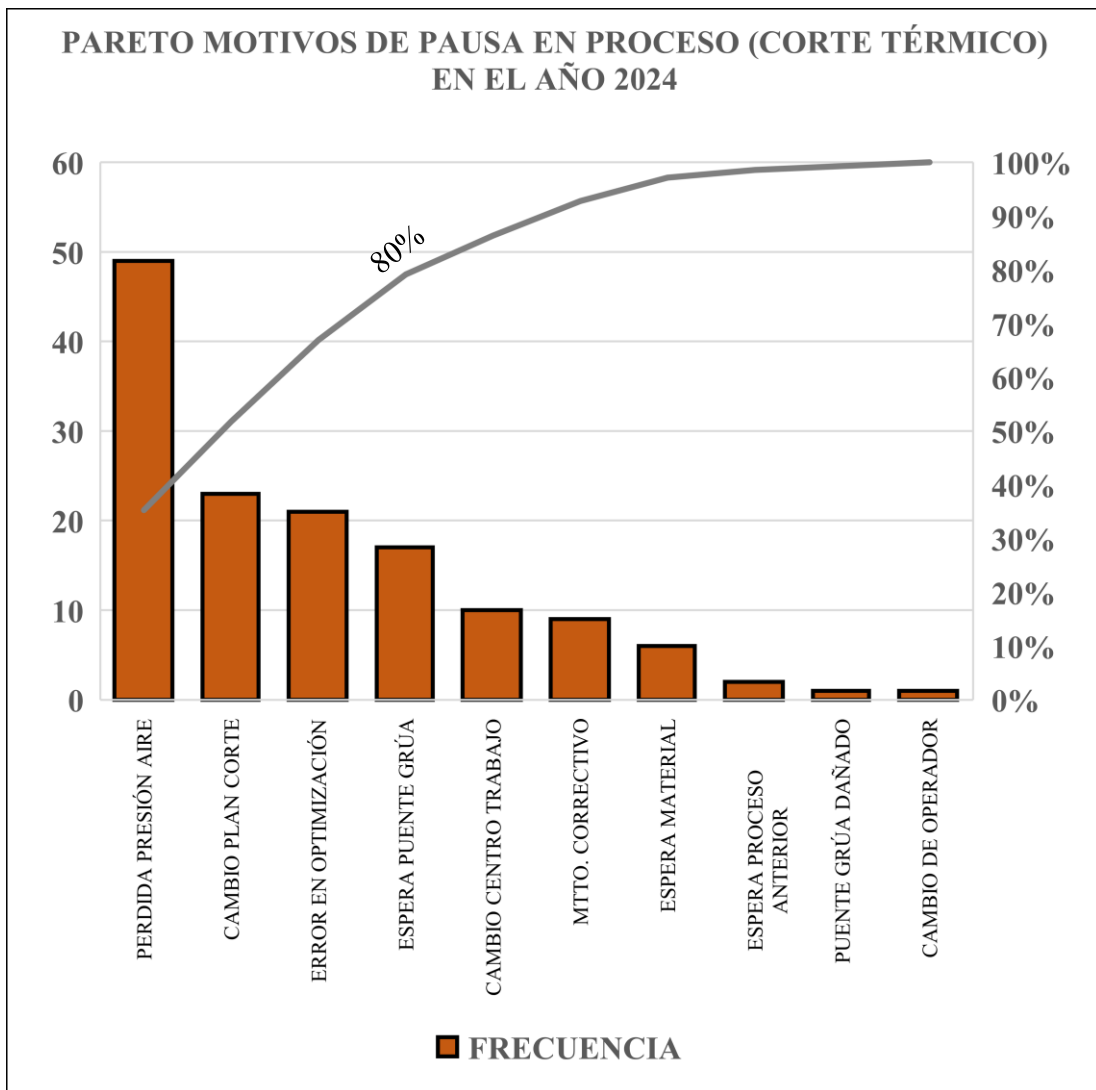


Figura 5.14 Pareto de los motivos de paro en el proceso (corte térmico)

Tabla 5.18 base de datos para la representación de la figura 5.14

MOTIVO DE PAUSA	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACM	%	% ACM
PERDIDA PRESIÓN AIRE	49	49	35%	35%
CAMBIO PLAN CORTE	23	72	17%	52%
ERROR EN OPTIMIZACIÓN	21	93	15%	67%
ESPERA PUENTE GRÚA	17	110	12%	79%
CAMBIO CENTRO TRABAJO	10	120	7%	86%
MTTO. CORRECTIVO	9	129	6%	93%
ESPERA MATERIAL	6	135	4%	97%
ESPERA PROCESO ANTERIOR	2	137	1%	99%
PUENTE GRÚA DAÑADO	1	138	1%	99%
CAMBIO DE OPERADOR	1	139	1%	100%
TOTAL	139		100%	

Tabla 5.19 Descripción de los motivos de paro en el proceso corte térmico del año 2024

MOTIVO DE PAUSA	DESCRIPCIÓN
Perdida presión de aire	Problemas en el sistema neumático afectando la funcionalidad del equipo de corte
Error en optimización	Fallo en la planificación o programación del proceso lo que genera ineficiencia
Cambio plan corte	Modificación en la secuencia o tipo de corte causando pausas por ajuste
Espera puente grúa	Retrasos debido a la disponibilidad del equipo utilizado para transportar materia prima o producto terminado
Cambio centro trabajo	Redireccionamiento del centro de trabajo, pérdida de tiempo por reorganización
Mtto. Correctivo	Mantenimiento no programado para reparar fallas en máquinas o equipos
Espera material	Demora en la entrega de la materia prima
Espera proceso anterior	Retraso por la operación anterior no se puede continuar sin haber terminado
Puente grúa dañado	Falla que impide el uso y requiere reparación
Cambio de operador	Pausa causada por el cambio o relevo del personal

Una vez identificados los motivos que limitan o restringen el flujo de trabajo del proceso (Corte térmico) en base al 80/20 según la figura 5.14. Considero el siguiente plan de acción tomando en cuenta que la restricción que más genera impacto es netamente problemas en el sistema neumático es decir (maquinaria) ya que, sin un plan estructurado, los problemas antes mencionados seguirán afectando el rendimiento del proceso y no permitirá un incremento en su eficiencia con respecto al tiempo de

fabricación. En base a lo expuesto se presenta el plan de acción en la tabla 5.20 a continuación:

Tabla 5.20 Plan de acción

PASOS	DESCRIPCIÓN
Establecer Objetivos SMART	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Reducir tiempos de inactividad por pérdida de presión</li> <li>b) Minimizar cambios inesperados en el plan de corte</li> <li>c) Mejorar la eficiencia de optimización</li> <li>d) Disminuir los tiempos de espera del puente grúa</li> </ul>
Identificar Tareas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar un diagnóstico del sistema neumático</li> <li>• Analizar causas de los cambios en el plan de corte.</li> <li>• Evaluar el rendimiento del software de optimización.</li> <li>• Estudiar la gestión y uso de puente grúa en la línea de producción.</li> </ul>
Asignar Recursos	<p><b>Departamento de mantenimiento:</b> Inspección y mejoras en el sistema neumático.</p> <p><b>Departamento de Ingeniería:</b> Optimización del software y flujos de trabajo.</p> <p><b>Departamento de Planificación de producción:</b> Coordinación de cambios en los planes de corte.</p> <p><b>Supervisores, operarios y logísticos:</b> Implementación de mejoras en la logística del puente grúa</p>
Priorizar Tareas	<p><b>Alta prioridad:</b> Implementación de un sistema neumático autónomo para el proceso (Corte térmico)</p> <p><b>Media prioridad:</b> Implementación de herramientas, técnicas o métodos para la planificación del plan de corte.</p> <p><b>Baja prioridad:</b> Evaluación a largo plazo del impacto de las mejoras implementadas.</p>
Establecer los Plazos	<p><b>Corto plazo (1-2 meses):</b> Diagnóstico, Análisis costo beneficio</p> <p><b>Mediano plazo (3-4 meses):</b> Optimización en la planificación del plan de corte</p> <p><b>Largo plazo (6 meses o más):</b> Análisis de impacto y mejoras continuas.</p>

Supervisar y Revisar el Plan	<b>Seguimiento de KPIs:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de fallos</li> <li>• Optimización del tiempo de corte</li> <li>• Menor espera del puente grúa</li> <li>• Ajustes continuos en función de los resultados obtenidos.</li> </ul>
------------------------------	--

### **Análisis del impacto esperado en el proceso (Corte térmico)**

Mediante el sistema de información (INFOR) de la empresa SEDEMI SCC se pudo conocer el tiempo que el proceso estuvo detenido según los motivos previamente mencionados respectivamente. Por lo que con las muestras obtenidas se procederá a calcular la media aritmética o conocido como promedio mediante la ecuación (3.6), así como la desviación estándar de cada actividad, con estos datos obtenidos procedemos a calcular los límites de control superior e inferior ya que estos nos servirán para verificar si las muestras antes obtenidas se encuentran dentro o fuera de los límites, como se muestra en la tabla 5.21 a continuación:

Tabla 5.21 Calculo de los límites de control de los motivos de pausa (Corte térmico)

MOTIVO DE PAUSA	T1 min	T2 min	T3 min	T4 min	T5 min	TP min	DEVT	LCS	LCI
Perdida presión aire	32,06	24,43	24,18	16,53	18,49	23,14	6,08	29,21	17,06
Cambio plan corte	56,33	47,17	33,56	23,25	26,26	37,31	14,08	51,39	23,24
Error en optimización	38,16	31,58	25,22	23,06	18,24	27,25	7,76	35,01	19,50
Espera puente grúa	36,23	46,41	33,27	58,02	17,45	38,28	15,16	53,43	23,12

Por consecuencia si los datos se encuentran fuera de los límites se proceden a reemplazar por otros nuevos tiempos. Una vez ya reemplazados los datos que se encontraban fuera de los límites de control procedemos a calcular el tiempo promedio mediante la ecuación (3.6) para posteriormente representar los tiempos en segundos ya que es la unidad con la que se realizará el análisis del impacto esperado como se muestra en la tabla 5.22 a continuación:

Tabla 5.22 Calculo del tiempo promedio en (seg) de los motivos de pausa (Corte térmico)

MOTIVO DE PAUSA	T1 min	T2 min	T3 min	T4 min	T5 min	TP min	TP seg
Perdida presión aire	28	24,43	24,18	20	18,49	23,02	1.381
Cambio plan corte	28	47,17	33,56	23,25	26,26	31,65	1.899
Error en optimización	24	31,58	25,22	23,06	22	25,17	1.510
Espera puente grúa	36,23	46,41	33,27	38	36	37,98	2.279
Total						117,82 min	7,069 seg

Una vez calculado el tiempo total de los motivos que limitan mi flujo de trabajo y afectan directamente a la capacidad y tiempo de fabricación del producto en el proceso de (Corte térmico) se procederá con el análisis del impacto esperado a continuación:

**Cálculo con respecto al tiempo de fabricación del producto esperado (Corte térmico)**

Tiempo de fabricación del producto esperado es igual a:

Donde:

TFR= Tiempo de fabricación real (14400 seg /unid)

TRG =  $\sum$  Tiempo de los motivos de pausa (7069 seg) Considerando que la capacidad real de corte térmico son 4 unid entonces dividiendo el tiempo para las unidades respectivas tendríamos (1767seg/unid) que limitan el proceso, por consiguiente, si se pone en marcha en plan de acción propuesto mi tiempo de fabricación esperado seria de:

Tiempo de fabricación (Corte térmico) esperado = (TFR) – (TGR)

Tiempo de fabricación (Corte térmico) esperado = (14400seg/unid) – (1767 seg/unid)

Tiempo de fabricación (Corte térmico) esperado= 12633seg/unidad

Posteriormente se procederá a calcular la capacidad esperada mediante la ecuación 3.11 como se muestra a continuación:

(3.11)

$$Capacidad\ esperada\ Corte\ termico = \frac{Tiempo\ disponible\ en\ seg/dia}{Tiempo\ de\ fabricacion\ esperada\ seg/unidad}$$

$$\text{Capacidad esperada Corte termico} = \frac{57600 \text{ seg/dia}}{12633 \text{ seg /unidad}}$$

$$\text{Capacidad Corte termico} = 5 \text{ uni/dia}$$

### **Cálculo de la eficiencia con respecto al tiempo de fabricación Esperado**

TFR=  $\sum$  TFR (Corte térmico; Biselado; Rolado) considerando el tiempo de fabricación del proceso de corte térmico esperado

$$\text{TFR (Corte térmico)} = 12633 \text{ seg/unidad}$$

$$\text{TFR (Biselado)} = 9600 \text{ seg/unidad}$$

$$\text{TFR (Rolado)} = 11520 \text{ seg/unidad}$$

$$\text{TFR} = \sum \text{TFR (Corte térmico; Biselado; Rolado)}$$

$$\text{TFR} = 33753 \text{ seg/unid}$$

$$\text{TFS} = 20993 \text{ seg/unid}$$

Entonces:

(3.3)

$$\text{Eficiencia de tiempo de fabricación Esperado} = \frac{\text{TFS seg/unid}}{\text{TFR seg/unid}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia de tiempo de fabricación} = \frac{20993 \text{ seg/unid}}{33753 \text{ seg/dia}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia de tiempo de fabricación} = 62 \%$$

## Representación de los resultados esperados

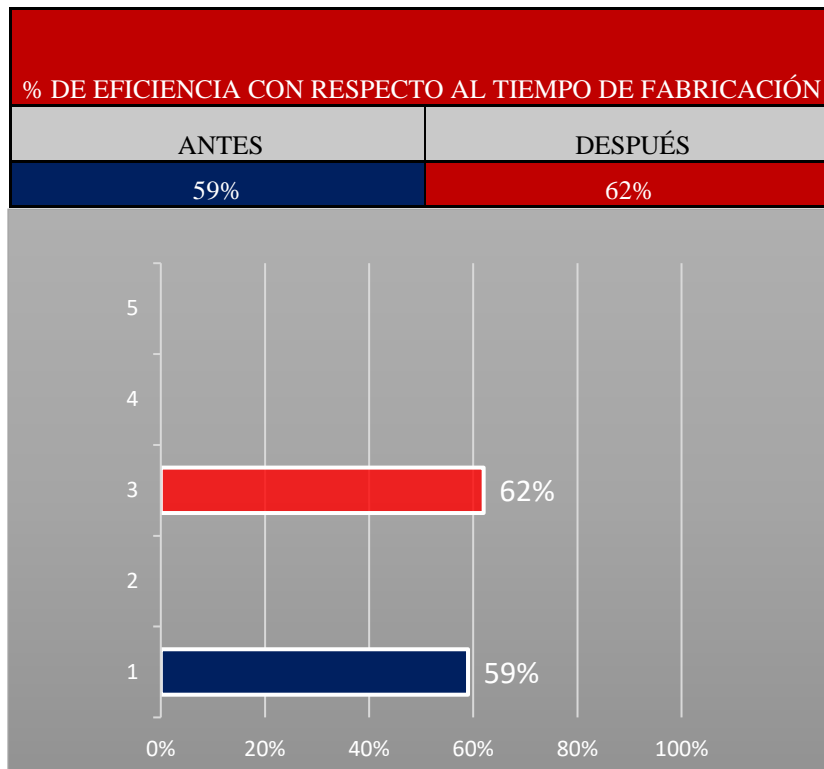


Figura 5.15 Comparación de la eficiencia con respecto al tiempo de fabricación

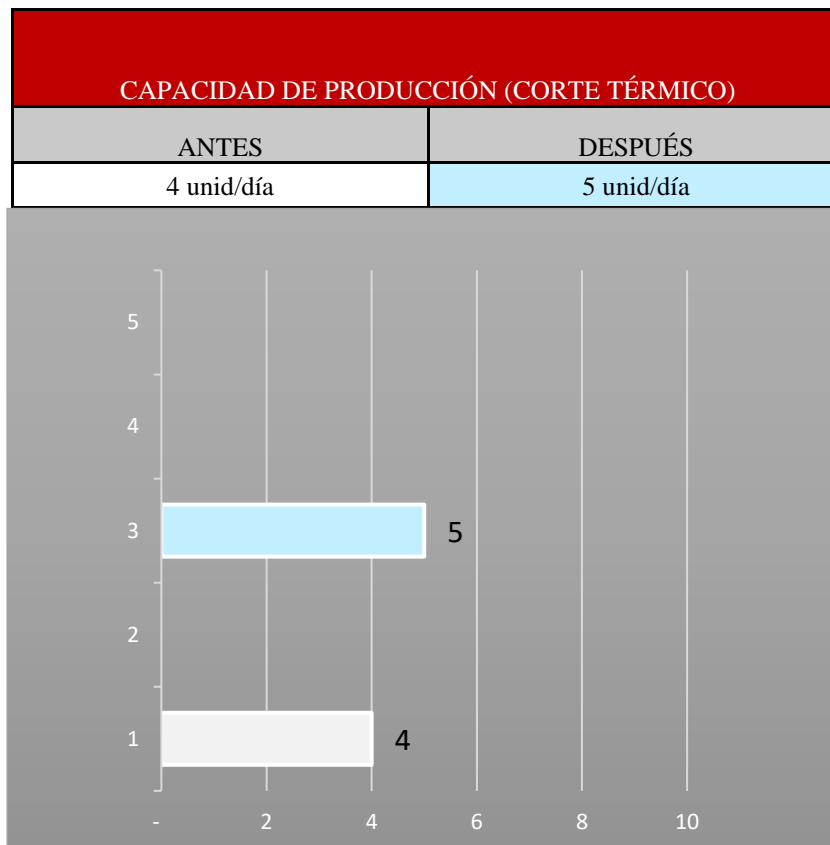


Figura 5.16 Comparación de la capacidad de producción (Corte térmico)

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 CONCLUSIONES**

- Mediante la aplicación de la teoría de resecciones "TOC" y la representación del mapa de flujo de valor "VSM" permitió identificar los cuellos de botella, demoras, retrasos, desperdicios o paros en la producción respectivamente la aplicación de la "TOC" concluyo con una capacidad de producción restringida en el proceso (Corte Térmico) dándonos 4 unid/día siendo nuestra capacidad más baja con respecto a los otros procesos, por otro lado la represtación del "VSM" concluyo con una visión clara del flujo del proceso y con una eficiencia con respecto al tiempo de fabricación del 59 %
- Considerando las ineficiencias detectadas que tiene el proceso (Corte térmico) se consideró la propuesta de un plan acción con pasos previamente planificados que se muestra en la tabla 5.20, esto nos permitió mediante un análisis medir el impacto esperado que se tendrá al mejorar el proceso de (Corte térmico) donde se obtuvo un incremento en la eficiencia del tiempo de fabricación pasando del 59 % al 62 % y una mejora en la capacidad de producción pasando de 4 unid/día a 5 unid/día

### **6.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda tener el compromiso de todos colaboradores tanto administrativos como operativos, con la retroalimentación en cuanto la aplicación de la metodología "TOC" y "VSM", ya que se demostró ser especialistas en identificar y dar solución a los problemas dentro de los procesos productivos, lo que permitirá obtener excelentes resultados entregando servicios y productos de calidad.
- Se recomienda la puesta en marcha del plan de acción de acuerdo a los pasos propuestos, así como llevar el control de todas las actividades y responsabilidades, el cual brinda resultados beneficiosos para mejorar la condición actual de la empresa "SEDEMI SCC"

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. Cujano, “Repositorio Digital - EPN,” Escuela Politécnica Nacional, Quito , 2018. [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19203>
- [2] F. Delgado, “Repositorio Institucional Universidad Central del Ecuador,” Universidad Central del Ecuador, Quito, 2017. [Online]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/13199>
- [3] A. García, “Repositorio Digital - EPN,” Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2020. [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20729>
- [4] E. Zambrano, “Repositorio Institucional Universidad Central del Ecuador,” Universidad Central del Ecuador, Quito, 2017. [Online]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/10875>
- [5] C. Aguilera, “Un enfoque gerencial de la teoría de las restricciones,” *Estudios Gerenciales*, vol. 16, no. 77, 2000, [Online]. Available: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-59232000000400004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-59232000000400004&script=sci_arttext)
- [6] G. Villagómez, J. Viteri, and A. Medina, “Teoría de restricciones para procesos de manufactura ,” *Enfoque UTE*, vol. 3, no. 1, pp. 14–28, 2012, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=572260835003>
- [7] A. Abisambra and L. Mantilla, “Aplicación de la teoría de restricciones (TOC) a los procesos de producción de la planta de fundición de Imusa,” *Revista Soluciones de Postgrado*, vol. 1, no. 2, pp. 121–133, 2013, [Online]. Available: <https://revistas.eia.edu.co/index.php/SDP/article/view/292>
- [8] C. Castaño and M. Hernánde, “Biblioteca Digital-Universidad Icesi,” UNIVERSIDAD ICESI, Santiago de Cali, 2013. [Online]. Available: <https://repository.icesi.edu.co/server/api/core/bitstreams/5f9b8cf2-5b82-7785-e053-2cc003c84dc5/content>
- [9] F. Ortiz, P. Nuño de la Parra, R. Torres, and O. Báez, “Comparación del sistema de costos estándar y la teoría de restricciones para el control del flujo de materiales mediante un modelo de simulación,” *Revista de la Ingeniería Industrial*, vol. 2, no. 1, 2008, [Online]. Available: [https://www.academia.edu/download/68412646/COMPARACION\\_DEL\\_SISTEMA\\_DE\\_COSTOS\\_ESTANDA20210730-29058-desvrv.pdf](https://www.academia.edu/download/68412646/COMPARACION_DEL_SISTEMA_DE_COSTOS_ESTANDA20210730-29058-desvrv.pdf)

- [10] R. Lam and P. Hernández, “Los términos: eficiencia, eficacia y efectividad,” *SciELO - Scientific Electronic Library Online*, vol. 24, no. 2, 2008, [Online]. Available:[http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s086402892008000200009&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s086402892008000200009&script=sci_arttext)
- [11] A. Bouillón, “La paradoja de la eficiencia operativa,” *Review of Global Management*, vol. 3, no. 2, pp. 17–18, Jul. 2018, doi: 10.19083/rgm.v3i2.771.
- [12] R. Jaume, “Análisis y diseño de procesos empresariales: Teoría y práctica del modelado de procesos mediante diagramas de flujo,” Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). [Online]. Available: <http://www.paginaspersonales.unam.mx/app/webroot/files/1613/Asignaturas/1818/Archivo1.5032.pdf>
- [13] B. Niebel and A. Freivalds, *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*, 12th ed. México: McGraw-Hill, 2009.
- [14] B. Salazar, “Ingeniería Industrial Online.” [Online]. Available: <https://ingenieriaindustrialonline.com/>
- [15] G. Kanawaty, *Introducción al Estudio del Trabajo*, Cuarta edición. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo, 1996.
- [16] M. Cantó and A. Gandia, “Cómo aplicar ‘Value Stream Mapping’ (VSM),” *3C Tecnología\_Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, vol. 8, no. 2, pp. 68–83, Jun. 2019, doi: 10.17993/3ctecno/2019.v8n2e30.68-83.

## 8. ANXOS

### ANEXO I. Aval de la empresa

#### AVAL DE LA EMPRESA

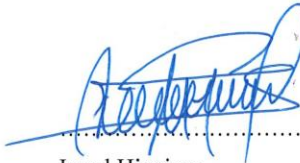
Sangolquí, Febrero del 2025

CERTIFICO:

La empresa SEDEMI SCC con RUC 1791734920001, representada por Israel Hinojosa en calidad de Especialista de Productividad, certifica que el Sr. Gualotuña Suntaxi Joel Alexander, estudiante de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la Carrera de Ingeniería industrial, ha desarrollado con éxito el proyecto de investigación titulado: **“ANÁLISIS DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES (TOC) EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ABASTECIMIENTO DE LA EMPRESA SEDEMI SCC UBICADA EN SANGOLQUÍ”**, cumpliendo con las expectativas establecidas y bajo la supervisión de nuestra empresa.

En virtud de lo anterior, se expide el presente documento para los fines que el interesado considere pertinente.

Atentamente,



Israel Hinojosa  
ESPECIALISTA  
SEDEMI SCC.

**SEDEMI**  
SERVICIOS DE MECÁNICA  
INDUSTRIAL DISEÑO  
CONSTRUCCION Y MONTAJE S.C.C.

## ANEXO II. Informe de similitud



UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DE  
COTOPAXI



FACULTAD DE  
CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA Y APLICADAS

### CERTIFICACIÓN DE INFORME DE SIMILITUD

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el tema: “Análisis de la teoría de restricciones (TOC) en la línea de producción de abastecimiento de la empresa Sedemi SCC ubicada en Sangolquí”, de Joel Alexander Gualotuña Suintaxi, de la carrera de Ingeniería Industrial, remito la captura de pantalla del reporte del sistema de reconocimiento de texto Turnitin, con un porcentaje de coincidencias del 8%: y, expreso una vez más, mi conformidad en cuanto a la dirección del trabajo de titulación.

**Cristian Espín**  
Análisis de la teoría de restricciones TOC en la línea de producción de abastecimiento de la empresa SEDEMI SCC ubi...  
Quiló Similitud  
Quiló Similitud  
Universidad Técnica De Cotopaxi

**8% Similitud general**  
El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes y referencias, pasas.  
**Filtros desde el informe**  
• Texto escrito  
• Texto mencionado  
• Coincidencias manuscritas de 10 palabras  
**Exclusiones**  
• N° de coincidencias excluidas

**Fuentes principales**  
14 Fuentes citadas  
14 Bibliografía  
14 Trabajo empírico/proyecto de estudiante

**Marcas de integridad**  
N° de alertas de integridad para revisión  
1 Texto escrito  
10 coincidencias excluidas en N° de palabras  
El texto es idéntico para revisiones con el Fondo Negro del documento.

**% detectado como IA**  
La detección de IA incluye la posibilidad de palabras. Aunque cierto texto en esta entrega se generó probablemente con IA, los puntajes inferiores al umbral de 20 % no aparecen porque tienen una mayor probabilidad de falsos positivos.

**Precaución: Se requiere revisión.**  
Es esencial comprender los límites de la detección de IA antes de la toma de decisiones acerca del trabajo del estudiante. Lo alentamos a obtener más información acerca de las funciones de detección de IA de Turnitin antes de usar la herramienta.

**Aviso legal**  
Nuestra evaluación de escritura con IA está diseñada para ayudar a los educadores a identificar texto que pudo haberse creado con una herramienta de IA generativa. Nuestra evaluación de escritura con IA puede no ser precisa en todos los casos (existe la posibilidad de identificar erróneamente texto humano como generado con IA y probablemente generado como texto creado por humanos) por lo que no debería usarse como la única prueba para tomar acciones adversas contra un estudiante. Se necesita mayor evidencia y criterio humano junto con la aplicación de la organización de las políticas académicas específicas de la institución para determinar si se ha incurrido en alguna mala conducta académica.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Latacunga, Febrero 2025

Ing. Espín Beltrán Cristian Xavier, Mg.  
C.C.: 0502269368  
TUTOR

## ANEXO III. Aval de traducción

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**Nombre del estudiante: Joel Alexander Gualotuña Sntaxi**

### **AVAL DE TRADUCCIÓN- Profesional Externo**

Yo, Edison Alejandro Almachi Montahuano con cédula de identidad número:1713981817; Magíster en: Lingüística aplicada a la enseñanza bilingüe Español-Inglés con número de registro de la SENESCYT: 1027-2017-1800118; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **“ANÁLISIS DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES (TOC) EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ABASTECIMIENTO DE LA EMPRESA SEDEMI SCC UBICADA EN SANGOLQUÍ”** de Joel Alexander Gualotuña Sntaxi, egresado de la carrera de **Ingeniería Industrial**, perteneciente a la Facultad de: Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

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

Quito, febrero, 2025



Forma digitalizada por  
**EDISON ALEJANDRO  
ALMACHI MONTAHUANO**

MSc. Edison Alejandro Almachi Montahuano  
CI: 1713981817  
SENESCYT: 1027-2017-1800118