



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

**ESTUDIO DEL PROCESO PRODUCTIVO EN LA MÁQUINA ETIQUETADORA DE  
LA LÍNEA MESAL**

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL

**AUTOR:**  
Carlos Daniel Shulqui Camalle

**TUTOR:**  
PhD. Medardo Angel Ulloa Enríquez

**LATACUNGA, MARZO, 2026**

Latacunga, marzo del 2026

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Carlos Daniel Shulqui Camalle, con número de cédula 1725183006, declaro ser el autor del presente proyecto de investigación: **“ESTUDIO DEL PROCESO PRODUCTIVO EN LA MÁQUINA ETIQUETADORA DE LA LÍNEA MESAL”**, siendo el PhD. Medardo Angel Ulloa Enríquez, tutor del presente trabajo investigativo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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



---

Carlos Daniel Shulqui Camalle

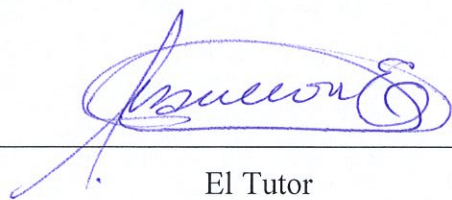
CC. 1725183006

## **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN**

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

**“ESTUDIO DEL PROCESO PRODUCTIVO EN LA MAQUINA ETIQUETADORA DE LA LÍNEA MESAL”**, de Carlos Daniel Shulqui Camalle, de la carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero del 2026



---

El Tutor

PhD. Medardo Angel Ulloa Enríquez

1000970325

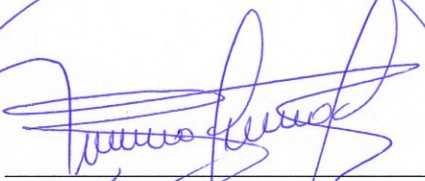
## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas ; por cuanto, el postulante Carlos Daniel Shulqui Camalle con el título de Proyecto de titulación: “ESTUDIO DEL PROCESO PRODUCTIVO EN LA MÁQUINA ETIQUETADORA DE LA LÍNEA MESAL” ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

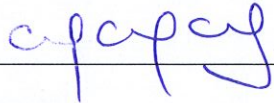
Latacunga, marzo del 2026

Para constancia firman:



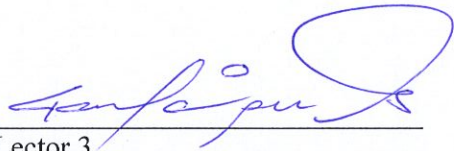
---

Lector 1 (Presidente)  
Ing. Edison Patricio Salazar Cueva, MSc.  
CC: 0501843171



---

Lector 2  
Ing. Jaime Hernán Acurio Masabanda, MSc.  
CC: 0502574247



---

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

Latacunga, 06 de MARZO de 2026

POR EL PRESENTE, CERTIFICO

Que el señor CARLOS DANIEL SHULQUI CAMALLE, con cédula de identidad Nro. 172518300-6, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi, terminó su proyecto de titulación: "Estudio del proceso productivo en la maquina etiquetadora de la línea mesal", en la COMPAÑIA FUENTES SAN FELIPE S.A. SANLIC, según convenio suscrito.

El interesado puede hacer uso de este certificado para fines estudiantiles y de titulación.

Atentamente,

  
**Fuentes  
San Felipe S.A.**  
ING. CRISTINA BERRAZUETA G. SUPERV. TALENTO HUMANO  
COORDINADOR TALENTO HUMANO

## *Agradecimientos*

*A mi país Ecuador, por los derechos y obligaciones como ciudadano, lugar al que debo mucho. Por otra parte, la provincia donde he estudiado que me ha tratado bastante bien y me he sentido cómodo, que ahora siento poco entusiasmo de irme.*

*A Fuentes San Felipe que me ha permitido realizar esta investigación en la línea Mesal. De manera especial quisiera expresar mi agradecimiento a todas las personas que trabajan en la planta por su cooperación y apoyo para realizar este manuscrito.*

*A mi comunidad donde he vivido estos años de estudio, donde he interactuado con personas agradables que te hacen sentir como en casa, principalmente porque en muchas ocasiones he recibido un cálido vínculo de amistad que me ha hecho sentir afortunado de vivir en Latacunga.*

*A mi universidad por abrirme las puertas para estudiar con cariño. Además, quisiera agradecer a mis profesores que han sido los pilotos que han dirigido mi aprendizaje con mucho esfuerzo. Principalmente por la paciencia que han tenido para enseñarme como un padre a un hijo.*

*A mi madre y mi familia por estar presentes brindándome su confianza desde la distancia que a pesar de los múltiples errores cometidos me apoyan y esto me inspira a continuar.*

*Por último, me agradeceré a mí mismo por encontrar las respuestas que hacían falta en muchas ocasiones, pienso que si una persona tiene una actividad debe encontrar las respuestas el mismo de lo contrario el único culpable es el mismo.*

*Carlos Shulqui*

### *Dedicatoria*

*A Fuentes San Felipe por permitirme realizar este manuscrito con el propósito de que este trabajo resulte de utilidad en la línea Mesal para reducir unos minutos que podrían volverse significativos en un estudio de escala mayor.*

*A mi universidad que hizo posible la ejecución de este manuscrito para obtener el título de Ingeniero Industrial en el país que me permitirá contribuir con mi sociedad para construir un entorno con más oportunidades que genere desarrollo para mí y mi comunidad.*

*A mis profesores que fueron una base sólida para la ejecución de este manuscrito con su apoyo continuo para mi formación como ingeniero industrial que hoy me permite generar mi primer resultado.*

*A mi tutor de tesis que sin él, esto no se hubiese convertido en una realidad por sus claras indicaciones y apoyo para continuar con este trabajo de titulación. Además, a todos los profesores que me ayudaron con indicaciones en el desarrollo de este trabajo, que me han orientado con mucha paciencia para solventar dudas e inquietudes sobre diferentes curiosidades y situaciones que me complicaban.*

*A mi familia por su apoyo y confianza en aquellos momentos complicados donde requería de todo tipo de ayuda, principalmente a mi madre que me ha apoyado en todo lo que le ha sido posible financiera y moralmente por lo cual hoy este manuscrito es una realidad.*

*Carlos Shulqui*

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA: “ESTUDIO DEL PROCESO PRODUCTIVO EN LA MÁQUINA ETIQUETADORA DE LA LÍNEA MESAL”

**Autor:**

Carlos Daniel Shulqui Camalle

## Resumen

Fuentes San Felipe S.A es una empresa dedicada a la comercialización de diferentes bebidas para el consumo humano principalmente agua con y sin gas a nivel local e internacional que mediante sus líneas de producción ofrece al mercado diferentes presentaciones de sus productos. Se ha identificado variación de los tiempos en el cambio de formato de la línea Mesal por lo cual ya se han realizado algunas investigaciones enfocándose en la empaquetadora y el posicionador con el propósito de estudiar el cambio de formato de la línea Mesal, pero se ha analizado de forma superficial o nula el cambio de formato de la máquina etiquetadora. Por este motivo se ejecutó un estudio específico de esta estación de trabajo porque no existe una documentación del proceso que permita justificar el motivo de demora en la máquina. Con la escasa información se determinó un método de investigación descriptivo mediante observación directa que permitió realizar un estudio de tiempos de la máquina etiquetadora y analizar este proceso mediante una de las herramientas de Lean Manufacturing que permiten un cambio rápido del formato, se usó SMED que es una herramienta que permite clasificar actividades internas y externas con el propósito de tener la máquina menos tiempo apagada durante el cambio de formato. Con la aplicación de esta herramienta se determinó que se podría reducir aproximadamente 11 minutos al proceso de cambio de formato trasladando 6 actividades antes o después del proceso, obteniendo de esta forma una reducción de 63 minutos que toma actualmente a 52 minutos que equivalen a una reducción del 18% de reducción del tiempo actual.

**Palabras claves:** Estudio de tiempos, Lean Manufacturing, SMED, maquina etiquetadora, Línea Mesal.

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**THEME:** “STUDY OF THE PRODUCTION PROCESS IN THE LABELLING MACHINE OF THE MESAL LINE”

**Author:** Carlos Daniel Shulqui Camalle

### ABSTRACT

Fuentes San Felipe S.A. is a company dedicated to the commercialization of various beverages for human consumption, mainly still and sparkling water, at the local and international levels. Through its production lines, it offers different presentations of its products in the market. A variation in the time required to change the format of the Mesal line has been identified, and some research has already been carried out focusing on the packaging machine and the positioner with the aim of studying the format change of the Mesal line. However, the format change of the labelling machine has been analyzed only superficially or not at all. For this reason, a specific study of this workstation was carried out because there is no documentation of the process that would justify the reason for the delay in the machine. With the limited information available, a descriptive research method was determined through direct observation, which allowed for a study of the labelling machine's times and an analysis of this process using one of the Lean Manufacturing tools that allow for a quick format change. SMED was used, which is a tool that allows for the classification of internal and external activities with the aim of minimizing the machine's downtime during the format change. Using this tool, it was determined that the format change process could be reduced by approximately 11 minutes by moving six activities before or after the process, thereby reducing the current 63 minutes to 52 minutes, equivalent to an 18% reduction in the current time.

**KEYWORDS:** Time study, Lean Manufacturing, SMED, labelling machine, Mesal line.



UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DE  
COTOPAXI



CENTRO  
DE IDIOMAS

### ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del tema del proyecto de investigación cuyo título versa: “**ESTUDIO DEL PROCESO PRODUCTIVO EN LA MAQUINA ETIQUETADORA DE LA LÍNEA MESAL**”, presentado por: **Shulqui Camalle Carlos Daniel** egresado de la Carrera de Ingeniería Industrial perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas** lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, marzo de 2026

Atentamente,

  
MSc. Alison Mena Barthelotty

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC

CI: 0501801252



CENTRO  
DE IDIOMAS

# ÍNDICE GENERAL

## Contenido

1.	INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2.	INTRODUCCIÓN .....	2
2.1	Situación Problemática .....	3
2.2	Formulación del problema .....	4
2.3	Objeto y Campo de Acción.....	4
2.3.1	Objeto de Investigación: .....	4
2.3.2	Campo de Acción: .....	4
2.4	Beneficiarios .....	4
2.4.1	Beneficiarios Directos .....	4
2.4.2	Beneficiarios Indirecto .....	4
2.5	JUSTIFICACIÓN .....	5
2.6	Objetivos.....	6
2.6.1	General.....	6
2.6.2	Específicos.....	6
2.7	Hipótesis .....	6
2.8	Alcance .....	6
2.9	Sistemas de Tareas.....	7
2.10	Contexto de estudio.....	7
2.10.1	Máquina Etiquetadora .....	8
2.10.2	Caracol.....	8
2.10.3	Sistema estrella .....	9
2.10.4	Masajeador .....	9
2.10.5	Tambor .....	9
3.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	10
3.1	ANTECEDENTES .....	10

3.2	CONTEXTUALIZACIÓN .....	11
3.2.1	Procesos y Líneas de Producción en Fuentes San Felipe .....	13
3.2.2	Línea Mesal .....	13
4.	BASE METODOLÓGICA.....	15
4.1	PROCESOS PRODUCTIVOS .....	15
4.1.1	Procesos por lotes .....	15
4.2	El Cambio de Formato en la Línea Mesal .....	16
4.2.1	Cambio de formato de la máquina empacadora y el posicionador.....	17
4.2.2	Cambio de formato de la etiquetadora.....	18
4.3	INGENIERÍA DE MÉTODOS: HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS .....	19
4.3.1	Diagramas de proceso.....	19
4.3.2	Diagramas de flujo o Flujograma .....	19
4.3.2.1	Bizagi Modeler .....	20
4.3.3	Gráfico de Proceso.....	21
4.3.3.1	Cursograma analítico .....	21
4.3.4	Estudio de Tiempos y Movimientos.....	21
4.3.4.1	Estudio de tiempos vs estudio movimientos .....	22
4.3.4.2	Importancia del estudio de tiempos y movimientos .....	22
4.3.5	Método estadístico.....	22
4.3.5.1	Tiempo observado .....	23
4.3.5.2	Tiempo estándar .....	23
4.3.5.3	Tiempo Normal .....	24
4.3.5.4	Valoración de ritmo .....	24
4.3.5.5	Tiempos Suplementarios .....	25
4.3.6	Lean Manufacturing .....	25
4.3.6.1	Metodología SMED.....	27
4.3.6.2	Importancia de la Metodología SMED en este estudio .....	29

4.4 GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO.....	29
4.4.1 Eficiencia de un proceso.....	29
4.4.2 Eficiencia real vs teórica.....	30
4.4.3 Proceso estándar .....	30
5. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS .....	31
5.1. Metodología.....	31
5.2 Tipos de investigación .....	31
5.3 Métodos de investigación .....	32
5.4 Técnicas e Instrumentos .....	32
5.4.1 Observación y documentación .....	32
5.4.2 Estudio de tiempos con cronometro .....	32
5.4.3 Entrevistas .....	33
5.4.4 Flujograma.....	33
5.4.5 Cursograma.....	34
5.4.6 SMED .....	35
5.4.7 Materiales .....	35
5.4.8 Población del estudio.....	35
5.4.9 Matriz de Operacionalización de Variables e Indicadores .....	36
5.4.10 Recopilación de la información .....	38
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	38
6.1 PRIMER OBJETIVO .....	38
6.1.1 Diagrama de Flujo .....	39
6.1.2 Cursograma Analítico.....	40
6.2 SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO .....	41
6.2.1 Cálculo del número de muestras.....	41
6.2.2 Estudio de tiempos .....	44
6.3 TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO .....	48

6.3.1 Aplicación de metodología SMED en el cambio de formato.....	48
6.3.2 Cuadro comparativo, impacto de la aplicación del SMED. ....	53
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	53
8. REFERENCIAS .....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Modalidad de Titulación</i> .....	1
<i>Tabla 2. Área de Conocimiento [1]</i> .....	2
<i>Tabla 3. Beneficiarios Directos</i> .....	4
<i>Tabla 4. Beneficiarios Indirectos</i> .....	5
<i>Tabla 5. Sistema de Tareas.</i> .....	7
<i>Tabla 6. Tamaño de las botellas PET</i> .....	16
<i>Tabla 7. Materiales utilizados para el estudio.</i> .....	35
<i>Tabla 8. Matriz de Operacionalización de Variables e Indicadores.</i> .....	36
<i>Tabla 9. Cursograma Analítico de la máquina etiquetadora.</i> .....	40
<i>Tabla 10. Datos para el cálculo del número de muestras.</i> .....	41
<i>Tabla 11. Muestras iniciales tomadas para el estudio del cálculo del número de muestras.</i> .....	42
<i>Tabla 12. Muestras para el cálculo que están dentro de los límites de control.</i> .....	43
<i>Tabla 13. Estudio de tiempos del cambio de formato de la máquina etiquetadora.</i> .....	45
<i>Tabla 14. Valoración del ritmo de trabajo del cambio de formato de la máquina etiquetadora.</i> .....	46
<i>Tabla 15. Valoración de Suplementos del proceso de cambio de formato de la máquina etiquetadora.</i> .....	47
<i>Tabla 16. Identificación de actividades internas y externas del proceso de cambio de formato.</i> .....	49
<i>Tabla 17. Propuesta de reorganización del proceso al clasificar las actividades externas.</i> .....	50
<i>Tabla 18. Actividades Externas identificadas</i> .....	51
<i>Tabla 19. Cursograma actualizado de las actividades internas.</i> .....	52
<i>Tabla 20. Comparación del tiempo reducido con el proceso propuesto.</i> .....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Percha metálica para almacenar formatos.</i>	8
<i>Figura 2. Caracol</i>	9
<i>Figura 3. Sistema de estrella</i>	9
<i>Figura 4. Masajeador</i>	9
<i>Figura 5. Tambor</i>	10
<i>Figura 6. Línea Mesal</i>	13
<i>Figura 7. Recorrido de las botellas en la Línea Mesal [12]</i>	14
<i>Figura 8. Conjunto de símbolos de diagrama de proceso de acuerdo con el estándar ASME[16]</i>	20
<i>Figura 9. Tabla del ritmo de trabajo [20].</i>	24
<i>Figura 10. Tabla de suplementos presentada por OIT[20]</i>	25
<i>Figura 11. Ejemplo de un cursograma analítico para gestión de devolución por venta mal pedido[45]</i>	34
<i>Figura 12. Flujograma de la máquina etiquetadora.</i>	39

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1. Número de muestras a tomar.</i>	23
<i>Ecuación 2. Tiempo observado</i>	23
<i>Ecuación 3. Tiempo estándar</i>	23
<i>Ecuación 4. Tiempo Normal</i>	24
<i>Ecuación 5. Cálculo del número de muestras.</i>	41

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Tema del proyecto:** Estudio del proceso productivo en la máquina etiquetadora de la línea Mesal.

**Modalidad de Titulación:**

Tabla 1. Modalidad de Titulación

MODALIDAD DE TITULACIÓN	HOMOLOGACIONES PARA INFORME FINAL DE TITULACIÓN	SELECCIÓN
Propuesta tecnológica	Informe de propuesta tecnológica	
	Patente, Modelo de utilidad, Certificado de propiedad intelectual.	
	Artículo científico	
Proyecto de investigación	Informe de Proyecto de investigación	X
	Artículo científico	
	Patente, Modelo de utilidad, Certificado de propiedad intelectual.	
Examen de indicadores de RDA		

**Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto:** N/A

**Equipo de Trabajo del Trabajo de Titulación:**

Shulqui Camalle Carlos Daniel.

**TUTOR:** PhD. Medardo Angel Ulloa Enríquez

Tabla 2. Área de Conocimiento [1]

07	072	0721
Ingeniería, Industria y Construcción	Fabricación y procesos	Procesamiento de alimentos

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

**Sublíneas de investigación de la Carrera:** Sistemas integrados de producción y operaciones industriales para el desarrollo sostenible.

## 2. INTRODUCCIÓN

Fuentes San Felipe es una empresa ubicada en Ecuador en la provincia de Cotopaxi en la ciudad de Latacunga del barrio San Felipe que produce agua mineral fundada por Eloy Alberto Sánchez Cañas en el año 1928, siendo un símbolo de tradición en la provincia que busca entregar al mundo salud y bienestar de manera sostenible. Fuentes San Felipe busca ofrecer al mercado agua mineral y derivados de excelente calidad con el propósito de satisfacer el mercado con continua innovación y competencia local e internacional. [2]

Fuentes San Felipe cuenta con diferentes líneas de producción como: Línea Maper, línea Meyer y Línea de Mesal. En las diferentes líneas de producción el proceso es controlado en las diferentes etapas del proceso por diferentes ingenieros y técnicos de diferentes disciplinas que buscan ofrecer al consumidor productos de calidad que garanticen su bienestar y satisfacción.

La línea de Mesal es la línea encargada de embotellar botellas de plástico PET (Polietileno Tereftalato) que suelen ser llenadas con agua mineral, gaseosa, etc. Esta línea cuenta con un proceso automatizado por diferentes máquinas que realizan una producción eficiente mediante la supervisión de técnicos que controlan el proceso productivo durante todo su desarrollo desde que inicia hasta que termina.

La producción inicia en el posicionador donde las botellas PET ingresan y son centradas en el transporte aéreo que traslada las botellas PET a la máquina envasadora que recibirá las botellas PET, tapa de la botella y su contenido para envasar y tapar la botella PET. La botella saldrá de la llenadora sellada herméticamente para cruzar finalmente por la

máquina etiquetadora y empaquetadora que completarán el ciclo productivo en la línea Mesal.

En la línea Mesal se han identificado demoras durante el cambio de formato de las máquinas lo cual en ocasiones genera retrasos en el período que se estima para un lote de producción. Aunque los operarios están calificados para desarrollar el cambio de formato se detecta que existe retrasos que limitan un pronto inicio de la producción, en este caso se ha identificado que la máquina etiquetadora se deja acumular de botellas mientras que el resto de máquinas ya han terminado su cambio de formato.

En la etiquetadora se ha detectado demoras en los cambios de formato de la producción o reprocesos que podrían ser estudiados con el propósito de buscar malas prácticas en la aplicación del proceso de cambio de formato. Además, no se cuenta con un proceso documentado que permita evaluar el motivo de demora de esta estación de trabajo por este motivo se considera que mediante la ingeniería de métodos se podría documentar el proceso y trazar parámetros claros de ejecución del proceso de cambio de formato de la máquina etiquetadora.

## **2.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

En Fuentes San Felipe cada puesto de trabajo en la línea Mesal cuenta con un operario que manipula cada máquina permitiendo un adecuado funcionamiento en el proceso productivo, por esta razón todas las estaciones de trabajo tienen un tiempo independiente en el cambio de formato de la línea. Se han realizado estudios en la línea Mesal donde se han estudiado la máquina empaquetadora y el posicionador [3] pero no se ha estudiado la máquina etiquetadora.

Por esta razón la falta de documentación del proceso es necesaria para poder mejorar el funcionamiento de la línea Mesal, con herramientas de mejora continua que reduzcan el tiempo que suele tomar la línea, que tiende a tener tiempos diferentes de cambio de formato lo cual dificulta los planes de producción y por esta razón es necesario documentar los procesos de toda la línea Mesal.

Actualmente el cambio de formato de la máquina etiquetadora se ha identificado como el último proceso en terminar, aunque se ha estudiado el proceso de cambio de formato de la línea Mesal no se cuenta con un proceso documentado que permita identificar las demoras en esta máquina por esta razón aplicar ingeniería de métodos en la máquina que

se determina mediante entrevista es la que más se demora ayudará a proponer mejoras que beneficien a toda la línea Mesal.

## 2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El estudio busca documentar el cambio de formato para ser estudiado en busca de mejoras con el propósito de reducir el tiempo que toma realizar este proceso en la máquina etiquetadora ¿Se puede reducir el tiempo de cambio de formato en la máquina etiquetadora?

## 2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

**2.3.1 Objeto de Investigación:** Proceso productivo en la máquina etiquetadora

**2.3.2 Campo de Acción:** 3310.03 Procesos industriales.

## 2.4 BENEFICIARIOS

### 2.4.1 Beneficiarios Directos

El principal beneficiario es Fuentes San Felipe en la línea de producción Mesal que mediante este estudio podría mejorar el proceso productivo de una de sus líneas de producción mediante la reducción de tiempos.

Tabla 3. Beneficiarios Directos

Beneficiarios Directos		
Sujeto	Descripción	Numero
Operarios de la línea Mesal	Los beneficiarios fueron los operarios de la línea Mesal.	14
Fuentes San Felipe	Línea Mesal	1
Todos los operarios	Personas que trabajan en Fuentes San Felipe en sus diferentes áreas.	82

### 2.4.2 Beneficiarios Indirecto

Los clientes y distribuidores de Fuentes San Felipe disfrutarán de un mejor servicio, lo que sin duda mejorará su satisfacción. Por otra parte, la Universidad Técnica de Cotopaxi

(UTC) contará con un caso de estudio documentado que reforzará la conexión entre la academia y la industria.

Tabla 4. Beneficiarios Indirectos

Beneficiarios Indirectos		
Sujeto	Descripción	Número
Distribuidores	Tuti Coral Favorita Grupo Danec Mega Santamaria Pequeños distribuidores	6

## 2.5 JUSTIFICACIÓN

El propósito de este estudio es reducir el tiempo de cambio de formato en la máquina etiquetadora de la cual no se cuenta con un proceso documentado que permita cuantificar el tiempo que esta máquina requiere para este proceso. Por esta razón se busca levantar el proceso de cambio de formato de la máquina para analizarlo en busca de mejoras que reduzcan el tiempo del proceso de cambio de formato de la máquina etiquetadora.

Si el cambio de formato de la máquina etiquetadora se reduce beneficiará a toda la línea Mesal, aunque tener una documentación del cambio de formato también permitirá posteriormente un análisis de toda la línea Mesal en búsqueda de mejoras que reduzcan el tiempo de cambio de toda la línea Mesal. En este estudio se abordará únicamente la línea Mesal en la máquina etiquetadora con el propósito de reducir el tiempo en el cambio de formato.

## **2.6 OBJETIVOS**

### **2.6.1 General**

Analizar el proceso productivo de la máquina Etiquetadora (Mesal Rotuladora BOPP MRP 1201H) en Fuentes San Felipe para la mejora de eficiencias.

### **2.6.2 Específicos**

- Detallar el proceso actual de cambio de formato mediante cursogramas para la especificación de las operaciones del proceso.
- Sintetizar el proceso de cambio de formato mediante el estudio de tiempos para la determinación las demoras.
- Proponer mejoras en el cambio de formato de la máquina etiquetadora para la reducción del tiempo del cambio de formato mediante la herramienta SMED, para el incremento de la eficiencia operativa.

## **2.7 HIPÓTESIS**

Con la aplicación de la herramienta SMED de Lean Manufacturing en el proceso de cambio de formato en la maquina etiquetadora se reducirá el tiempo del cambio de formato obteniendo un impacto positivo que incremente la eficiencia operativa.

## **2.8 ALCANCE**

El alcance de esta investigación se centra en documentar el proceso de cambio de formato de la máquina etiquetadora para aumentar la eficiencia de este proceso mediante diagramas de flujo del proceso que permitan determinar las actividades que la máquina ejecuta para identificar puntos donde existe demora y generar una propuesta de mejora continua que reduzca el tiempo de este proceso.

## 2.9 SISTEMAS DE TAREAS

Tabla 5. Sistema de Tareas.

<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Actividades (tareas)</b>	<b>Resultados esperados</b>	<b>Técnicas, Medios e Instrumentos</b>
Detallar el proceso actual de cambio de formato mediante cursogramas para la especificación de las operaciones del proceso.	Elaboración del flujograma de cambio de formato.	Flujograma del proceso de cambio de formato	Observación directa, entrevistas a operarios.
	Elaboración del cursograma del cambio de formato.	Cursograma analítico	Flujograma, observación directa.
Sintetizar el proceso de cambio de formato mediante el estudio de tiempos para la determinación las demoras.	Estudio de tiempos del proceso de cambio de formato.	Cursograma con tiempos estándar del proceso de cambio de formato.	Teléfono, cursograma, cronometro y cuaderno.
Proponer mejoras en el cambio de formato de la máquina etiquetadora para la reducción del tiempo del cambio de formato mediante la herramienta SMED, para el incremento de la eficiencia operativa.	Aplicar la metodología SMED para reducir el tiempo en el cambio de formato de la máquina etiquetadora.	Propuesta de un proceso de cambio de formato que reduzca el tiempo actual	Diagrama de procesos, flujograma, SMED y observación directa

## 2.10 CONTEXTO DE ESTUDIO

Fuentes San Felipe tiene 3 líneas de producción de las cuales se ha determinado estudiar la máquina etiquetadora de la línea Mesal por qué en esta línea se han realizado algunas investigaciones, pero no se cuenta con información detallada que explique el desarrollo

del cambio de formato en esta máquina o explique por qué en ocasiones esta máquina retrasa el inicio del lote planificado.

### **2.10.1 Máquina Etiquetadora**

La máquina etiquetadora es un equipo automático con la misión de etiquetar botellas PET, estas máquinas mantienen la eficiencia en el proceso productivo, sino que también garantizan la consistencia y calidad en salida del producto evitando defectos como etiquetas mal colocadas. Estas características de un equipo automático hacen al proceso productivo más eficiente y flexible [4].

En la línea Mesal la máquina etiquetadora para su cambio de formato requiere adaptar la máquina al nuevo volumen de las botellas PET, este proceso consiste en cambiar y calibrar los elementos que se reemplacen de esta máquina. Además, también requiere de limpieza de los elementos para evitar que las partículas de polvo generen inconvenientes como atasco de las etiquetas o contaminación de la botella. Los principales elementos que se cambian son: caracol, sistema estrella, masajeador, tambor. Se puede observar en la figura 1 la percha metálica donde se almacenan los formatos.



Figura 1. Percha metálica para almacenar formatos.

### **2.10.2 Caracol**

El caracol es un tornillo sin fin que gira constantemente para controlar el ingreso de las botellas por la banda transportadora, su función principal es mantener un margen de separación en el ingreso de las botellas para que no ingresen una al lado de otra y permitan al sistema de estrella tomar los cuellos de las botellas y ubicarlos adecuadamente para su ingreso al masajeador y tambor.



Figura 2. Caracol

### 2.10.3 Sistema estrella

La función del sistema de estrella es ordenar la botella adecuadamente para que pueda ser etiquetada con el giro del tambor de una forma uniforme, las botellas deben ingresar en sincronía al tambor que es el encargado de etiquetar la botella con el masajeador.



Figura 3. Sistema de estrella

### 2.10.4 Masajeador

Es el encargado de aplicar presión en la botella que acaba de ser etiquetada con la ayuda del tambor, el masajeador también ayuda a repartir uniformemente la etiqueta por el masajeador [5]



Figura 4. Masajeador

### 2.10.5 Tambor

El tambor es un círculo de metal que gira constantemente y recibe las etiquetas del sistema de pegamento para pegar las etiquetas en la botella de forma uniforme. Este elemento debe mantenerse limpio de pegamento para evitar que las etiquetas se atasquen.



Figura 5. Tambor

### **3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **3.1 ANTECEDENTES**

Según Soledispa Pazmiño y Trávez Alvarez en su trabajo de investigación estudiaron la mediante metodología SMED principalmente dos estaciones de trabajo que fueron el cambio de formato de dos máquinas donde se consiguió reducir el tiempo de la siguiente forma: se redujeron aproximadamente 35 minutos en el posicionador y 10 minutos en la empacadora. De lo cual se observa ese espacio no estudiado en los cambios de formato en la etiquetadora, llenadora [3]

Según Gutiérrez Veliz en su trabajo de investigación demuestra como analizando el ritmo de trabajo se puede reducir ineficiencias determinando el tiempo estándar en los procesos productivos. Esto también permitió reducir el tiempo mediante herramientas como 5S, VSM. El resultado fue maximizar las unidades producidas de 760 a 920 unidades en la empresa de COMPUBORDADO mediante el análisis con un estudio de tiempos y movimientos [6].

Según Cristhian Joel en su trabajo de investigación estudio de tiempos y movimientos donde se valoró el ritmo de trabajo con la intención de eliminar ineficiencias mediante un mejor uso de recursos y tiempo que demostró la importancia del uso de métodos científicos para mejora de una línea de producción. Obteniendo una reducción del 14% menos en el tiempo de fabricación de un pantalón y maximizo la productividad del proceso en un 4%, lo que significó una mejora continua dentro de la empresa textil Ram Jeans [7].

Según Amangandí Guacho y Canchi en su investigación en área de inspección del modelo glory 560 consistió en observación directa para mediante el método estadístico para determinar los tiempos estándar que permitió optimizar recursos, reducir demoras y obtener mejoras en el área de inspección permitiendo de esta forma eliminar deficiencias,

demoras y actividades que no aportan valor al proceso que dará como resultado mejoras para la empresa [8].

Tigrero Tigrero y Jara Blacio (2024) en su investigación nos demuestran la importancia de reducir tiempos en el manejo de una máquina etiquetadora, aunque su proyecto integrador consiste en hacer un prototipo que automatice las tareas nos indica la importancia de sistematizar los procesos productivos en una industria comparando tres métodos que automaticen un proceso. Con esta idea en mente se busca un proceso más eficiente que mejore el ritmo de trabajo en el cambio de formato de la máquina etiquetador [9].

### **3.2 CONTEXTUALIZACIÓN**

Fuentes San Felipe es una empresa dedicada al embotellamiento de bebidas para el consumo humano [10]. En Fuentes San Felipe existe 3 líneas para la producción de los diferentes productos que se producen, esta investigación se enfocó en la línea Mesal que es donde se embotellan botellas PET de plástico. La línea Mesal es modificada dependiendo del plan de producción que se maneje.

La línea de Mesal cuenta con una producción en serie que consiste en que las máquinas estén conectadas en secuencia unas con otras[11], en la línea Mesal su funcionamiento es conectado por la banda transportadora de botellas PET que llevan las botellas de estación en estación hasta llegar a la zona de paletización donde se ubica en pallets. Las máquinas que forman la línea Mesal son: posicionador, llenadora, etiquetadora y empaquetadora.

La máquina etiquetadora es la tercera estación de trabajo en la línea Mesal y es la encargada de etiquetar las botellas de la línea de los diferentes envases que se producen por lo cual la máquina recibe modificaciones en sus elementos para poder etiquetar adecuadamente los diferentes formatos de botellas que se utilizan.

El cambio de formato se realiza sin una hoja de ruta que tenga limitado y definido con claridad el proceso, esta situación dificulta saber cuánto tiempo toma el operario en hacer el cambio de formato por esta razón se observa que el tiempo del cambio de formato es variable y que los operarios realizan el proceso de forma empírica sin manejar un proceso óptimo que mantenga un margen establecido.

Durante los cambios de formato se observa que los operarios realizan el cambio de los elementos sin un proceso definido, lo que dificulta mantener un margen de trabajo regular que se pueda controlar. Por esta razón se sugiere definir con claridad el cambio de formato

de la máquina etiquetadora con el propósito de eliminar cuellos de botella, tiempos muertos y ejecución del proceso con irregularidades que demoren su ejecución.

El cambio de formato en las máquinas se realiza dependiendo del plan de producción que este proyectado, en la máquina etiquetadora influirá este si se cambia todos los elementos o solo la etiqueta. El cambio de forma consiste en: cambio de etiquetas, regulación del sensor, cambio y regulación del sistema de estrella, cambio del molde, cambio y regulación del masajeador, cambio y regulación del caracol, etc.

Con esta información se consultó al ingeniero de producción sobre el proceso, el cual declaró que el proceso se realiza en aproximadamente una a dos horas según el formato pero que el tiempo de cambio del proceso depende del operario por lo cual no se tiene un tiempo estándar de lo que debe tomar el cambio de formato en esta estación de trabajo. Adicionalmente se informó que no existe un cambio de formato documentado en dicha máquina, por esta razón se considera vital estandarizar el cambio de formato.

El cambio de formato de esta máquina consiste en regular los componentes al nuevo formato de producción. Esta información depende directamente de la demanda que se tiene de los diferentes productos que Fuentes San Felipe produce en algunas ocasiones el cambio solo consiste en cambiar la etiqueta y en otras consiste en el cambio total de la botella que podría ser por ejemplo de 500 ml a 300ml.

El cambio total del formato consiste en el cambio de etiquetas, regulación del sensor, cambio y regulación del sistema de estrella, cambio del molde, cambio y regulación del masajeador, cambio y regulación del caracol. Por otra parte, cuando se cambia la etiqueta y se mantiene el producto entonces el cambio de formato consiste en el cambio de la etiqueta y regulación del sensor por la nueva etiqueta, pero si la nueva fórmula demora en llegar el cambio de formato también requiere limpieza del tambor por motivo de que se seca el pegamento y el tambor requiere ser limpiado para evitar demoras por motivo del pegamento seco en el tambor y el sistema de pegamento.

En la estación de trabajo de la máquina etiquetadora se cuenta con un proceso amplio que puede variar de 1H. a 2 H. aproximadamente por esta razón un estudio de tiempos que pueda definir y reorganizar tiempo el tiempo requerido y procesos requeridos para las actividades que se realizan en el cambio de formato de la máquina etiquetadora.

### 3.2.1 Procesos y Líneas de Producción en Fuentes San Felipe

Fuentes San Felipe es una fábrica de embotellamiento de diferentes productos para el consumo humano principalmente bebidas para el mercado, se produce bebidas en diferentes presentaciones para los diferentes clientes en el mercado. Tenemos productos embotellados en vidrio, Plástico PET y bidones de agua.

Existen tres líneas de producción en la línea de vidrio se embotellan principalmente aguas con y sin gas para los consumidores. Por otra parte, la Mapper es la línea donde se embotellan los botellones. Finalmente tenemos la línea Mesal que es donde se embotellan botellas de plástico PET de diferentes volúmenes. La producción depende directamente por los planes de producción que la empresa maneje para cada línea

### 3.2.2 Línea Mesal

La línea Mesal es la línea donde se producen bebidas embotelladas en plástico PET de aguas y gaseosas para el consumidor, cuenta con diferentes máquinas que van embotellando las botellas que cruzan por la banda transportadora desde el momento en que la botella ingresa al posicionador hasta que sale por la empaquetadora a la zona de pallet. Se puede observar una fotografía de la línea en la figura 6



Figura 6. Línea Mesal

Las máquinas tienen formatos definidos para cada volumen que se maneja en la empresa, estas presentaciones sugieren un cambio de estos formatos cada que se cambia el volumen de las botellas. Por ejemplo, cuando se cambia de botellas de 300 ml a una de 500 ml las máquinas requieren ser configuradas y ser modificadas las piezas que correspondan.

El proceso general inicia en el posicionador donde las botellas son colocadas en el transporte aéreo para ser llevadas a la llenadora que es donde la formula sea agua o gaseosa es embotellada en las botellas y son tapadas con su respectiva tapa para avanzar mediante la banda transportadora hasta la máquina etiquetadora que etiqueta la botella y la envía hacia la empacadora que finalizará el proceso de embotellado. Finalmente, la botella deberá ser ordenada en un pallet para ser almacenada en bodega. Se puede observar la trayectoria de las botellas en figura 2 donde las flechas señalan el camino que la botella realiza.

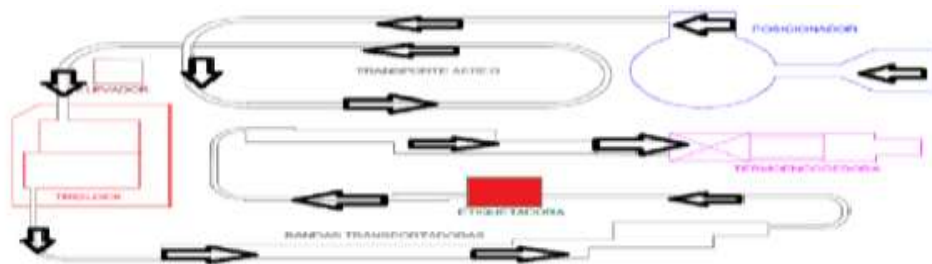


Figura 7. Recorrido de las botellas en la Línea Mesal [12]

Las máquinas en la línea Mesal están conectadas en serie lo que significa que el funcionamiento de cada estación depende de la estación anterior para funcionar adecuadamente en el desarrollo de la producción. Por esta razón un retraso en alguna de las estaciones de trabajo de la línea Mesal produce paros en la línea y retrasos no deseados en el desarrollo de la producción, incluso puede provocar que el resto de estaciones paren temporalmente hasta solucionar el problema que podría surgir.

No existe un tiempo determinado para el cambio de formato, pero se estima que puede demorar entre una o dos horas aproximadamente según el ingeniero de producción de la fábrica, según estudios anteriores se puede notar que se ha estudiado el proceso productivo en la línea Mesal en varias ocasiones, pero no se ha estudiado con gran claridad los diferentes procesos de cambio de formato.

Según Jacome Tonato y Robles Carrera en su trabajo de investigación mencionan el proceso arranque de la máquina Etiquetadora donde mencionan que se toma un tiempo 37 minutos arrancar el proceso de la máquina etiquetadora después de su cambio de formato, lo que indica que no se ha estudiado el cambio de formato de la máquina etiquetadora que consiste en el cambio de formatos para adaptar la máquina al nuevo volumen de botella que se ha determinado producir[12].

## **4. BASE METODOLÓGICA**

### **4.1 PROCESOS PRODUCTIVOS**

Un proceso productivo es un conjunto de operaciones que tienen una entrada y una salida con la finalidad de entregar un producto, de forma particular en la máquina etiquetadora la entrada es la botella sin etiquetar y su salida es la botella etiquetada. Un proceso es también la suma de una secuencia de operaciones en un orden determinado para obtener un resultado específico que se conocerá como salida [13].

Todos los productos que son creados por el hombre tienen un proceso de fabricación que se basa en la demanda que existe en el mercado, por esta razón las empresas requieren conocer la demanda de este producto en el mercado para poder producir la cantidad adecuada que el mercado requiere para sus almacenes [14]. En la máquina etiquetadora este valor nos indicará los niveles de producción que equivale a los cambios de formato que se debe realizar de acuerdo al plan de producción.

En el cambio de formato de todas las máquinas tienen que modificarse para adecuarse a la nueva producción que se producirá de acuerdo al plan de producción esto requiere cambiar elementos de acuerdo a la máquina. Aunque las máquinas aparte del cambio de elementos que dimensionen el nuevo formato también suelen requerir la calibración de ciertos elementos que pertenecen a la máquina, pero no se cambian por ejemplo la regulación del sensor consiste en calibrar al sensor al nuevo formato, pero no se cambia.

La clasificación de procesos organiza los procesos productivos permitiendo organizar los recursos de forma efectiva para que la forma en que se organice la empresa permita un desarrollo de la producción eficiente que maximice el uso de los recursos de las líneas de producción [15]. En Fuentes San Felipe al producirse de acuerdo al plan de producción se requiere un cambio rápido en la ejecución de los cambios de formato.

- Procesos de trabajo
- Procesos por lotes
- Procesos en línea
- Procesos de flujo continuo

#### **4.1.1 Procesos por lotes**

Este modelo de producción está diseñado para industrias donde se produce de un mismo un producto muchas unidades de forma repetitiva donde se puede predecir la producción

a realizarse con mayor precisión mediante planes de producción que dirigirán las presentaciones que se deben ir produciendo en una línea de producción. En la línea Mesal cada máquina trabaja en serie hasta completar el lote de producción que se planea producir según el plan de producción que se esté manejando[15].

#### 4.2 EL CAMBIO DE FORMATO EN LA LÍNEA MESAL

Los cambios de formato son modificaciones que se realizan en las máquinas para cambiar el volumen de la botella que se está trabajando por ejemplo puede ser de una botella PET de 500 ml a una botella PET de 1500ml. Estos cambios de formato sugieren una adaptación de la máquina en cambiar los elementos que corresponda, configurar la receta de la máquina y calibrar los elementos que se requieran sea que estos se hayan cambiado o no. La tabla 6 describe los volúmenes de las botellas PET.

Tabla 6. Tamaño de las botellas PET

<b>Volumen Botellas PET (ml)</b>	<b>Diámetro del cuerpo de la botella (mm)</b>	<b>Tolerancias (<math>\pm</math>)</b>
3000	115.8	1 mm
2000	98	1 mm
1500	86.8	0.8 mm
1000	76.2	0.3 mm
600	68	0.5 mm
500	62	1 mm
400	58.5	1 mm
300	54.6	1 mm

Cuando se sugiere un cambio de formato en la línea Mesal todas las máquinas deben ser adaptadas al volumen de la botella PET que se sugiera producir. Este cambio de formato

no inicia en todas las máquinas al mismo momento, lo que significa que el cambio de formato en cada estación inicia cuando cumple su función con la última botella que se esté produciendo de acuerdo al plan de producción.

En resumen, la primera máquina en iniciar el cambio de formato es el posicionador cuando posicione la última botella, la segunda máquina será la llenadora que llena el líquido en la botella y lo tapa. Luego será la etiquetadora y la empacadora. Este apartado se explica con mayor claridad en contextualización en el subtítulo “Línea Mesal”.

En ocasiones el inicio de la producción se observa limitado por falta de ingreso de la materia prima que son botellas PET en las máquinas de la línea. El ingreso de materia en todas las máquinas es botellas PET que son posicionadas, llenadas de líquido, etiquetadas y empacadas. Cuando el cambio de formato ha terminado se requiere validar un funcionamiento adecuado, por este motivo si no se puede verificar que las máquinas están calibradas el desarrollo de la producción se limita.

#### **4.2.1 Cambio de formato de la máquina empacadora y el posicionador**

Según Soledispa Pazmiño y Travez Alvarez en su trabajo de investigación describe su trabajo realizado del cambio de formato de la empacadora y el posicionador los cambios y calibraciones que se realizan en estas máquinas, Además, mencionan el tiempo que demoran estas máquinas en su cambio de formato siendo el nuevo tiempo mencionado en la máquina empacadora 0:39:23 H. y en el posicionador un tiempo de 1:09:51 H [3].

Se menciona en el cambio de proceso del posicionador que se cambia los formatos (guías de botellas PET), acoples (succión y posicionamiento), separadores internos y se ajusta la altura de succión para el nuevo tamaño de la botella con el propósito de reconfigurar la máquina para el nuevo formato que se vaya a producir. Estos procesos son descritos en el trabajo de Soledispa Pazmiño y Travez Alvarez [3].

En este trabajo también se describe el proceso de la empacadora que consiste en cambiar el plástico del empaque (rollos superior e inferior), guías de entrada y salida de botellas, barra guía del plástico superior, cambia el soporte de las botellas. Por otra parte, las calibraciones que se realiza son: calibración de guías de ingreso de botellas, regulación de la entrada de botellas (ancho y alineación), calibración del sensor de entrada de botellas, regulación de guías interiores, calibración de la barra guía del plástico superior, ajuste del soporte de las botellas y regulación de guías de salida [3]

#### **4.2.2 Cambio de formato de la etiquetadora**

El cambio de formato en Fuentes San Felipe requiere adaptar la máquina a la nueva producción que se vaya a ejecutar según el plan de producción que se esté manejando, este cambio de formato consiste en cambio de elementos y calibración de estos mismos y algunos elementos que no se cambian solo se calibran a lo requerido. De esta forma se adapta la máquina al nuevo formato que requiera.

La máquina etiquetadora requiere de etiquetas y botellas para poder hacer su trabajo, las etiquetas ya se manejan en bodega el operario va a bodega y las lleva a la máquina. Por otra parte, las botellas PET llegan llenas líquido y con su respectiva tapa, lo que el operario debe conocer sobre las etiquetas es el volumen de la botella PET y el contenido que recibirá que puede ser agua o gaseosa.

La función del operario es recibir el plan de producción y mantener la máquina etiquetadora etiquetando las botellas maximizando el uso de la etiquetadora. Si ocurre algún problema el operario debe solucionarlo para continuar con la producción, aunque la máquina funciona de forma estable una vez calibrada en ocasiones ocurren inconvenientes por ejemplo por el deterioro del tiempo el tambor tiene reparaciones y estas en ocasiones producen que la máquina se atascó o el pegamento se seca y produce inconvenientes que el operario debe corregir.

El cambio de formato requiere principalmente cambiar el masajeador, sistema de estrella, tambor, caracol y etiquetas. Estos elementos deben ser cambiados y calibrados, pero no son los únicos elementos que se deben calibrar también existen elementos que no se cambian, pero sin embargo requieren ser calibrados como, por ejemplo; sensor, sistema de pegamento, plato de etiquetadora, sistema de poleas, banda de transportadora, configurar la receta de la máquina, configurar la máquina para automático y verificar la posición de la etiqueta.

Actividades del cambio de formato

- Cambiar y regular estrella, tambor, caracol y etiquetas.
- Configurar el sensor para cortar la nueva etiqueta.
- Colocar pegamento en el sistema de pegamento.
- Calibrar el sistema de pegamento para colocar pegamento en línea vertical.
- Regular la altura plato de etiquetadora.
- Regular la posición del tambor.

- Medir con el flexómetro la altura del tambor y la altura del plato de la etiquetadora.
- Pasar la etiqueta por el sistema de poleas
- Calibrar la banda de transportadora para el nuevo formato.
- Configurar la receta de la máquina.
- Configurar la máquina en automático para verificar la posición de la etiqueta.
- Transporte de la nueva etiqueta a la máquina etiquetadora.
- Parar la banda transportadora.
- Colocar los elementos extraídos (tambor, masajeador, sistema de estrella, caracol)
- Limpiar el tambor.
- Validar que la botella pase adecuadamente por el sistema de estrella, tambor, caracol y etiquetas
- Calibrar que la etiqueta corte correctamente
- Si el formato tiene averías, colocar teflón para un correcto etiquetado.
- Validación de que la botella es etiquetada adecuadamente en el proceso de etiquetado.

### **4.3 INGENIERÍA DE MÉTODOS: HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS**

#### **4.3.1 Diagramas de proceso**

El diagrama de procesos es una representación visual de un proceso con el propósito de representarlo y estudiarlo, el estudio de procesos ayuda a identificar puntos críticos en el desarrollo de un proceso productivo porque es una vista detallada que permite el análisis de este. El diagrama de procesos se puede representar de diferentes formas en un estudio puede ser un flujograma, cursograma, etc.

En otras palabras, el diagrama de procesos es levantar la tapa y entender cómo trabaja una estación de trabajo y como organiza sus actividades en función de lo que se desea realizar. En ocasiones ejecutar esto permite identificar que un puesto de trabajo no tiene un proceso establecido y que se realiza el proceso de forma desorganizada. La ejecución de esto permite medir el desempeño en la ejecución de este proceso y producir mejoras que reduzcan ineficiencias y reduzcan tiempos [15].

#### **4.3.2 Diagramas de flujo o Flujograma**

El diagrama de flujo es una representación gráfica que también es conocida como mapas de proceso, mapas de relaciones, flujograma. Lo importante de estas representaciones gráficas es que ayudan a trazar el proceso, aunque no tienen planos determinados se trazan

de forma general con figuras que representan actividades y flechas que dirigen su dirección [15]

Los diagramas de flujo son una herramienta que permite analizar el proceso y pueden ser utilizados en diferentes contextos para entender el proceso, generar mejoras y eliminar ineficiencias [15]. El propósito principal de hacer estos diagramas es poder identificar puntos de ineficiencias que no generan valor en el proceso productivo como demoras, las distancias recorridas, los retrasos y los almacenamientos temporales. Cuando estos puntos ineficientes se detectan el analista podrá proponer mejoras que hagan del proceso más eficiente [16]

Los diagramas son representados mediante símbolos que expresan actividades que deben ser interpretas y descritas mediante verbos que de inmediato expliquen la actividad a la que se está refiriendo, de esta forma se identifica puntos críticos donde se puede mejorar el proceso. Se puede representar en diferentes normas, pero el propósito en todas es detallar el proceso para identificar puntos de mejora. [16].


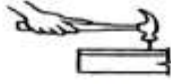


















<b>Operación</b>  Un círculo grande indica una operación, como	 Clavar	 Mezclar	 Taladrar orificio
<b>Transporte</b>  Una flecha indica transporte, como	 Mover material mediante un carro	 Mover material mediante una banda transportadora	 Mover material transportándolo (mediante un mensajero)
<b>Almacenamiento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

Figura 8. Conjunto de símbolos de diagrama de proceso de acuerdo con el estándar ASME[16]

#### 4.3.2.1 Bizagi Modeler

Bizagi Modeler es una herramienta que nos ayuda a simular procesos operativos (flujogramas) de una empresa para evaluar, mejorarlos y automatizarlos. Esta herramienta nos permita documentar procesos con el propósito de encontrar la mejor ruta para optimizar costos, tiempo y utilización de recursos en procesos productivos, negocios [17].

La facilidad de Bizagi es su facilidad para manipular las diferentes actividades que se trazan permitiendo simular nuevos procesos teóricos hasta que se utilizan y se ponen en acción. Bizagi facilita la simulación de los procesos mediante su facilidad de simulación para detectar y eliminar cuellos de botella y poder bosquejar escenarios hipotéticos de un proceso[17].

### **4.3.3 Gráfico de Proceso**

El gráfico de procesos es una herramienta que representa el proceso mediante una tabla que describe un proceso de forma organizada para poder estudiar la actividad que realiza una persona o un grupo de personas en un área de trabajo, esta herramienta se usa para un estudio a profundidad para detectar mejoras en el proceso. Esta tabla del proceso tiene diferentes formatos de presentación, pero su aplicación es la misma describir el proceso para su estudio[15].

Esta tabla tiene principalmente 5 categorías que consisten operación, transporte, inspección, retraso y almacenamiento que representan las actividades que el operario realiza en el desarrollo del proceso[15]. La figura 8 describe estas actividades con mayor claridad según la norma ASME, las normas pueden variar, pero apuntan al mismo propósito que es detallar el proceso para generar mejorar.

#### **4.3.3.1 Cursograma analítico**

El cursograma analítico es una tabla que permite detallar el proceso con mayor precisión después de tener el diagrama de procesos para aumentar el grado de detalle y poder comprender con mayor precisión el estudio que se esté realizando. Esta herramienta muestra las actividades junto a información cuantitativa. según el estudio el cursograma puede tomar variables como: material, equipo y operario[18].

#### **4.3.4 Estudio de Tiempos y Movimientos**

El estudio del trabajo se ha integrado a los procesos productivos con el propósito de analizar el proceso de producción en diferentes contextos con el propósito de diseñar procesos seguros, eficientes y confiables que puedan repetirse. El estudio de tiempos y movimientos se vuelve fundamental para mejorar la eficiencia y minimizar actividades ineficientes que no aportan valor al proceso mediante cuantificar las actividades y tiempos que toma su ejecución [19].

#### **4.3.4.1 Estudio de tiempos vs estudio movimientos**

Estos dos estudios tienen una ligera variación de su aplicación, aunque al final resultan ser sinónimos por que buscan llegar a la mejora e innovación de un proceso. Por una parte, el estudio de tiempos desarrollado por Frederick W. Taylor busca utilizar un proceso documentado para definir un tiempo estándar para la ejecución del proceso con la medición del tiempo que toma en ejecutar el proceso un operario cualificado para tener un proceso estandarizado confiable [19].

Por otra parte, el estudio de movimientos desarrollado por Frank y Lillian Gilbreth busca analizar busca depurar movimientos innecesarios, simplificar actividades y buscar una secuencia de movimientos más beneficiosos que maximicen la eficiencia de movimientos y actividades que se realizan en una actividad. Se puede concluir que el primero cuantifica el proceso y el segundo busca mejorar el proceso mediante perfeccionar la forma en que se realiza [19]

#### **4.3.4.2 Importancia del estudio de tiempos y movimientos**

El estudio de métodos es una herramienta que mediante el análisis permite tomar decisiones que generen un proceso más eficiente mediante identificar puntos críticos de ineficiencias en el desarrollo del proceso. Se mejoran los procesos mediante diseñar, innovar y cambiar actividades que no aporten valor simplificando o eliminando estas. El resultado deseado es optimizar tiempos y movimientos que el operario realiza para luego integrar eficientemente todos los recursos involucrados en el proceso [19].

#### **4.3.5 Método estadístico**

La medición del ritmo de trabajo mediante un estudio de tiempos es cuantificar el tiempo que toma realizar las actividades del proceso de cambio de formato mediante un trabajador calificado [19]. El trabajador calificado según la OIT es aquel operario que tiene la experiencia, conocimientos y las características adecuadas para ejecutar el proceso, este puede realizar el proceso siguiendo normas de seguridad, cantidad y calidad [20].

El método estadístico consiste en tomar un número de observaciones preliminar que nos indicará mediante la fórmula del número de muestras que nos indicará las muestras que debemos tomar del proceso, estas muestras deben depurarse de acuerdo a la desviación estándar que nos indicará el límite de control superior e inferior que nos dicen los datos

válidos para poder realizar los cálculos correspondientes a valoración de ritmo, tiempo normal, suplementos[21].

Ecuación 1. Número de muestras a tomar.

$$n = \left( \frac{40 \sqrt{(n' \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2)}}{\Sigma x} \right)^2$$

n = Número de las muestras a tomar

n' = Número de observaciones preliminares

$\Sigma$  = Suma de los valores

x = Valor de las observaciones

40 = Constante para un nivel de confianza del 94,45%

#### 4.3.5.1 Tiempo observado

El tiempo observado (TO) es que se obtiene mediante la toma de tiempos con cronometro y para obtener este valor se suma todas las muestras tomadas y se divide para el numero de muestras que se haya tomado[20].

Ecuación 2. Tiempo observado

$$TO = \frac{\Sigma \text{muestras}}{n}$$

Donde:

TO= Tiempo observado

$\Sigma$ muestras= Suma muestras

N= número de muestras.

#### 4.3.5.2 Tiempo estándar

El tiempo estándar (TE) es el tiempo que se sugiere toma el operario para realizar el proceso productivo y se calcula.

Ecuación 3. Tiempo estándar

$$Te = TN * (1 + S)$$

Donde:

Te = tiempo estándar

TN = tiempo normal

S = suplementos

#### 4.3.5.3 Tiempo Normal

El tiempo normal (TN) es el tiempo que operario toma para realizar el proceso sin considerar suplementos que el operario requiere como: tiempo para necesidades básicas, retrasos y fatiga. A este tiempo se le agregare un tiempo ponderado dependiendo las condiciones en el puesto de trabajo y desgaste físico que el operario sienta en el puesto de trabajo[20].

Ecuación 4. Tiempo Normal

$$TN = TO * VR$$

Donde:

TN = tiempo normal

TO = tiempo observado

VR = Valoración de ritmo

#### 4.3.5.4 Valoración de ritmo

El ritmo de trabajo (VR) del operario no solo depende del operario, también depende de las condiciones a las que este sometido y la cantidad de esfuerzo que este realice para determinar la fatiga y condiciones que limiten el desarrollo del proceso. El cálculo de este valor para el estudio es uno menos la suma de la valoración que se le dé a la actividad de acuerdo a los parámetros mencionados por la OIT que se reflejan en la tabla del ritmo de trabajo de la OIT [20].

<u>HABILIDAD</u>			<u>ESFUERZO</u>		
+ 0.15	A1	Extrema	+ 0.13	A1	Excesivo
+ 0.13	A2	Extrema	+ 0.12	A2	Excesivo
+ 0.11	B1	Excelente	+ 0.10	B1	Excelente
+ 0.08	B2	Excelente	+ 0.08	B2	Excelente
+ 0.06	C1	Buena	+ 0.06	C1	Buena
+ 0.03	C2	Buena	+ 0.02	C2	Buena
0.00	D	Regular	0.00	D	Regular
- 0.05	E1	Aceptable	- 0.04	E1	Aceptable
- 0.10	E2	Aceptable	- 0.08	E2	Aceptable
- 0.16	F1	Deficiente	- 0.12	F1	Deficiente
- 0.22	F2	Deficiente	- 0.17	F2	Deficiente

<u>CONDICIONES</u>			<u>CONSISTENCIA</u>		
+ 0.05	A	Ideales	+ 0.04	A	Perfecta
+ 0.04	B	Excelentes	+ 0.03	B	Excelente
+ 0.02	C	Buenas	+ 0.01	C	Buena
0.00	D	Regulares	0.00	D	Regular
- 0.03	E	Aceptables	- 0.02	E	Aceptable
- 0.07	F	Deficientes	- 0.04	F	Deficiente

Figura 9. Tabla del ritmo de trabajo [20].

### 4.3.5.5 Tiempos Suplementarios

Los suplementos son tiempos que se le agrega al proceso para el operario tenga tiempo de cumplir con sus necesidades, considerar las condiciones que el operario enfrenta en su puesto de trabajo y considerar aspectos que producen una disminución de la capacidad física del operario como ruido, iluminación, tensión mental[20]. El tiempo suplementario para la tabla consiste en la suma de todos los valores considerados en la actividad dividido para 100.

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		0	0
7,5		2	3	Trabajos de precisión o fatigosos		2	2
10		3	4	Trabajos de gran precisión		5	5
12,5		4	6	g) Ruido			
15		5	8	Sonido continuo		0	0
17,5		7	10	Sonidos intermitentes y fuertes		2	2
20		9	13	Sonidos intermitentes y muy fuertes		5	5
22,5		11	16	Sonidos estridentes		7	7
25		13	20 (máx)	h) Tensión mental			
30		17		Proceso algo complejo		1	1
33,5		22		Proceso complejo o de atención dividida		4	4
d) Iluminación				Proceso muy complejo		8	8
Ligeramente por debajo de la potencia calculada		0	0	i) Monotonía mental			
Bastante por debajo		2	2	Trabajo monótono		0	0
Absolutamente insuficiente		5	5	Trabajo bastante monótono		1	1
				Trabajo muy monótono		4	4
				j) Monotonía física			
				Trabajo algo aburrido		0	0
				Trabajo aburrido		2	2
				Trabajo muy aburrido		5	5

Figura 10. Tabla de suplementos presentada por OIT[20]

### 4.3.6 Lean Manufacturing

Lean manufacturing es un sistema tradicional que elimina desperdicios en un proceso para garantizar eficiencia operativa mediante mejora continua también conocida como manufactura esbelta [22]. Este sistema ha ayudado a muchas empresas adaptarse mejor porque han descubierto que la fabricación en masa ya no es exitosa permitiendo a las

empresas ser más competitivas mediante hacer sus procesos más flexibles y competitivos para satisfacer las necesidades que el mercado requiere [23].

Según la RAE esbelto se define como flexible, delgado y ligero. Un proceso esbelto es rápido y eficiente con la capacidad de responder a lo que el mercado solicita de forma ágil [24]. De esta forma lean manufacturing mejora la eficiencia operativa eliminando mudas que no agregan valor a los procesos productivos para producir de forma más eficiente en una línea de producción [25].

Según Chavez la metodología Lean Manufacturan ha sido ampliamente utilizada en industrias por su alto impacto en mejorar la eficiencia operativa, eliminar desperdicios. Sin embargo, el impacto efectivo que estas herramientas ofrecen no es un punto aislado de ejecución dependen directamente de factores en la organización para su éxito como por ejemplo cultura corporativa, liderazgos y alinear sus mejoras con los objetivos de la empresa para apuntar a manejar procesos más robustos, maduros y flexibles que sean replicables [26]

Dentro de la filosofía de manufactura esbelta existen diversas herramientas que tienen como función eliminar lo que no es útil o no representa valor en el proceso con el propósito de mejorar la eficiencia operativa conocidos como desperdicios o mudas. Esta filosofía se ha desarrollado con el aporte de personajes como: William Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyoda y algunos más [26].

**Mudas conocidas:** Exceso de producción, Tiempos muertos, Transporte innecesario, Procesos que no representa valor, Excesivos inventarios, Movimientos innecesarios, Defectos.

Esta filosofía de manufactura esbelta ocupa un papel fundamental en el mejoramiento de procesos industriales por su tendencia a la mejora continua para identificar y eliminar mudas en un entorno de producción de forma continua para erradicar toda improductividad mediante reducir tiempos de espera o variaciones, ofrecer calidad al producto y reducir averías. De esta forma las industrias se desarrollan y permiten un aumento de la productividad que reduce costos de producción que es impacto positivo para las empresas [27]

Lean manufacturing mediante el uso de algunas herramientas nos permite transformar nuestros procesos productivos hacia una manufactura esbelta que aporta mayor valor al consumidor. Algunos ejemplos son: TQM (Total Quality Management), JIT (Just in time

o justo a tiempo), Kaizen, TOC (Teoría de las restricciones o de las limitaciones), SMED (Single-Minute Exchange of Die), Value Stream Mapping (Mapeo de Flujo de Valor) [25].

La manufactura esbelta consiste en utilizar los recursos al máximo mantenido de esta forma se obtiene altos niveles de eficiencia, en este caso de estudio el uso de metodología SMED permite un cambio rápido de formato lo que hace a las empresas más flexibles para producir los productos que el mercado requiere, reduciendo mudas de tiempo que hacen de un proceso más eficiente al reducir demoras e incrementar actividades de operación [28]

#### **4.3.6.1 Metodología SMED**

La metodología SMED (Single-Minute Exchange of Die) es una herramienta de Lean Manufacturing que nos permite hacer un cambio rápido del proceso productivo lo que reduce tiempo que la máquina está parada en una línea de producción, permitiendo a la línea ser más eficiente en la entrega de los lotes de producción lo que impacta directamente en reducir el lote de producción y costos operativos [29].

Esta herramienta desarrollada por Shigeo Shing busca reducir el tiempo de preparación o cambio de formato de una máquina minimizando el tiempo de inactividad en un proceso mejorando de esta forma la eficiencia del proceso. La esencia de SMED no consiste en eliminar tareas, busca transformar la forma del trabajo mediante un análisis del proceso para reducir tiempo que requiere tener la máquina apagada aumentando su capacidad de respuesta ante el mercado [30]

SMED nos ayuda en este caso de estudio porque tiene como finalidad reducir el tiempo de cambio de formato de una máquina mediante reducir el tiempo que esta máquina esta inactiva mediante clasificar las actividades internas en externas, luego estandarizar las actividades externas y finalmente buscar convertir actividades internas en externas con el propósito de tener la máquina parada el menor tiempo posible [29].

Las actividades externas son las actividades que se pueden realizar cuando la máquina está trabajando y por otra parte las actividades internas solo se pueden realizar cuando la máquina esta apagada. Esta clasificación se realiza con el propósito de preparar las actividades externas mientras la máquina trabaja para de esta forma reducir el tiempo que se tomara ejecutar el cambio de formato con la máquina parada [29].

#### **Actividades Internas**

Las actividades internas son el núcleo de la inactividad debido a su naturaleza que requiere tener la máquina apagada por motivos de seguridad al operador o por que el elemento está funcionando actualmente, por lo cual este es primer paso a realizarse para transformar o eliminar las actividades. En el desarrollo del proceso algunas de estas actividades son: regular el sensor, extraer-colocar el tambor, masajeador, sistema de estrella, tambor y sus calibraciones [30].

### **Actividades Externas**

En contraste con las actividades internas, las actividades externas son aquellas que se pueden ejecutar cuando la máquina está funcionando ya sea cuando la producción a terminado o antes en conjunto mientras el lote anterior de botellas PET se terminan de etiquetar. Algunas actividades externas son: identificar y trasladar los elementos a cambiarse (tambor, masajeador, sistema de estrella y caracol), preparar elementos y herramientas y más [30].

### **Pasos de implementar SMED**

La implementación de la herramienta SMED consiste en la realización de cuatro etapas donde se realiza el proceso [30]:

Primero se debe de documentar el proceso, esta etapa consiste en identificar el proceso crítico para ser analizado y luego registrar este mediante flujogramas que le permitan tomar muestras de tiempo para un estudio de tiempos que permitirá cuantificar las actividades.

Segundo se debe clasificar las actividades internas y externas con el flujograma del proceso y tiempo cuantificado donde se deberá analizar si la actividad se podría realizar cuando la máquina esta apagada, donde se identifican traslados y actividades de preparación que pueden realizarse con la máquina apagada que son oportunidades de mejora inmediata, aunque también se analiza si es posible transformar alguna actividad externa en interna considerando la seguridad del operario al realizar la actividad.

Tercero se convierte lo interno en externo mediante el análisis de la actividad se determina si esta se podría realizar antes o después del cambio de formato y finalmente se aplica al proceso y se verifica que estos cambios no afecten la calidad del producto o pongan en riesgo al operario.

Cuarto se perfecciona los cambios ejecutados comenzando por optimizar las actividades que inevitablemente se deban realizar con la máquina apagada como por ejemplo el trabajo en paralelo. Finalmente se procede a estandarizar el procedo en un documento que los operarios deberán de seguir para generar un proceso repetible que genera productividad y pueda ser controlado para garantizar sostenibilidad en el futuro.

#### **4.3.6.2 Importancia de la Metodología SMED en este estudio**

La metodología SMED es importante en este estudio porque nos ayudará a eliminar ineficiencias en el cambio de formato del proceso de la máquina etiquetadora mediante preparar las actividades externas que se ejecutan en la máquina para hacer el cambio de formato eficientemente. La idea es preparar actividades que se realizan durante el cambio de formato para que ocurran después o antes del cambio de formato[29].

### **4.4 GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO**

#### **4.4.1 Eficiencia de un proceso**

La eficiencia es conseguir los mejores resultados con el menor uso de tiempo (recursos) posible con el fin de conseguir el objetivo planteado por una empresa, para aumentar la eficiencia de un proceso se debe de reducir la cantidad de recursos utilizados para conseguir el mismo resultado. En otras palabras, la eficiencia quiere decir conseguir el mismo resultado utilizando menos recursos [31].

Según Niebel la eficiencia es una comparación entre lo estándar y lo real considerando características del proceso productivo como el tiempo desperdiciado, materia prima, mano de obra y consumo energético. El punto clave es optimizar el uso de recursos y movimientos dentro del proceso productivo con el propósito de que este consuma la menor cantidad de recursos posibles para cumplir una función[16].

Según el Amparo Escalante explica que se puede conseguir la eficiencia mediante optimizar recursos humanos, materiales y tecnológicos al máximo con el fin de recibir el mayor rendimiento posible de cada recurso que interviene en un proceso productivo. Este enfoque es general consiste en analizar procesos, tiempos, costos, etc. Con esta idea en mente podríamos estandarizar un método que maximice eficiencias en la máquina etiquetadora [32].

#### **4.4.2 Eficiencia real vs teórica**

La eficiencia se ha estudiado de muchas perspectivas, pero quiero decir el uso adecuado de los recursos para conseguir los resultados planteados donde esta puede ser limitada por factores en el proceso productivo como, por ejemplo: por factores operativos, el operativo y la maquinaria con la que se dispone para cumplir la actividad planteada. Estas limitaciones dan señales como demoras, tiempos muertos e inconvenientes[33].

Aunque los procesos pueden ser documentados con el propósito de ser estudiados y mejorados mediante herramientas que permitan su mejora en ocasiones no se cuenta con un proceso documentado, algunas herramientas que se pueden usar son: gráficos de procesos, diagramas de flujo [15]. Por otra parte, la eficiencia de un proceso puede ser definida como eficiencia teórica y eficiencia real de un proceso productivo.

La diferencia de estas dos eficiencias es la realidad de la empresa al momento de ejecutar este proceso porque mientras la eficiencia teórica expresa niveles de eficiencia basados en la máquina y procesos optimizados la eficiencia real representa el desempeño que se observa al momento de ejecutar este proceso en la empresa por lo cual este será limitado por inconvenientes como: operaciones de la empresa , condiciones físicas del operario, funcionamiento de la máquina, acceso a materia prima [33].

#### **4.4.3 Proceso estándar**

Se ha demostrado en investigaciones de procesos industriales la importancia de tener procesos documentados que determinen la duración de la actividad y una trazabilidad del proceso para ofrecer confiabilidad en un proceso y conseguir mejora continua que permita agilizar las actividades en diferentes contextos industriales donde se consigue englobar límites claros para la ejecución de diferentes procesos. Aunque lo único que obtiene mejoras no solo es el proceso, también se obtiene mejoras en la calidad del proceso por que se conocen parámetros claros facilitan su repetibilidad [34].

La documentación del ritmo de trabajo ayuda a controlar los procesos y procedimientos de una empresa, permitiendo mantener consistencia y control en los procesos productivos al determinar un tiempo estándar que círculo el tiempo que un operario se debe tomar al hacer cada actividad. Por otra parte, contar con un proceso replicable permite un control en las actividades del proceso productivo al medir el desempeño de los operarios. El control del proceso productivo beneficia la planificación de los planes de producción que podrán ser cumplidos con mayor rigurosidad [32].

Según Niebel la documentación de un proceso busca ejecutar el método más eficiente en una empresa para maximizar su eficiencia, esta documentación es el estándar del proceso porque describe las actividades que se realizan y el tiempo adecuado para hacer estas actividades de forma eficiente [16].

Los procesos documentados describen la forma en que una actividad se debe realizar permiten mantener control en el proceso y evitar desviaciones no deseadas en los métodos de trabajo que las empresas utilizan para sus actividades, esto nos garantiza obtener los mismos resultados que es una forma de controlar el proceso productivo. Se sugiere que “la estandarización debe establecer proceso, respetar la operación estándar del proceso para proceder a mejorar el proceso” [35]

Un proceso documentado nunca es un final, puesto que se puede mejorar de forma continua acompañado de nuevas tecnologías y variaciones en la ejecución de este por esta razón los procesos siempre pueden mejorar en una empresa por que los procesos se encuentran en un ciclo perpetuo donde se repetirá el método más eficiente de un proceso hasta encontrar una mejora. Algunos factores que mantienen dinámico un proceso son: nuevas tecnologías, cambios del diseño del producto, curva de aprendizaje [35].

## **5. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS**

### **5.1. METODOLOGÍA**

El enfoque de investigación que se describirá es descriptivo porque busca describir y detallar el proceso de la máquina etiquetadora de la línea Mesal en fuentes San Felipe mediante observación del proceso de cambio de formato que buscará describir el proceso para formar un estudio del proceso productivo que permita identificar ineficiencias en el cambio de formato [36].

### **5.2 TIPOS DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación es descriptiva, campo porque busca describir el proceso de cambio de formato de la máquina etiquetadora mediante observación directa del proceso y documentarlo para poder estudiarlo en busca de mejoras que minimicen el tiempo que el cambio de formato se toma en ejecutar sus operaciones, por esta razón se utilizará un estudio de tiempos y movimientos para eliminar cuellos de botella, movimientos no necesarios que limitan líneas de producción [37]

Es descriptiva por que se busca documentar el proceso de cambio de formato que ocurre en campo para encontrar puntos críticos de demora para minimizar el tiempo de cambio de formato y maximizar la eficiencia en este proceso de la línea Mesal. Se ha demostrado que la documentación del proceso productivo puede mejorar la eficiencia operativa en los procesos de una línea de producción[15].

### **5.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

Los métodos de investigación que se usaran en este estudio son método analítico sintético con el propósito de analizar el proceso de cambio de formato y sintetizarlo en un cursograma que nos permitirá entender lo que ocurre en el cambio de formato de la máquina etiquetadora [38].

### **5.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS**

Existen metodologías que nos permiten revisar el proceso en busca de mejoras, muchas de estas teorías nacen Administración Científica que sugiere el análisis del proceso para encontrar el mejor método de ejecución de un proceso [19].

#### **5.4.1 Observación y documentación**

La observación es un paso fundamental para la ejecución del estudio porque permite tomar datos del proceso para poder ser estudiados de forma crítica después en base a lo que el proceso realmente requiere para su ejecución [19]. La observación consiste en mirar la forma de como realiza el proceso el operario con el propósito de describir las actividades que ejecuta y luego analizarlas para darse cuenta de lo que este conlleva y poder comentar puntos críticos que llamen la atención[39].

Por otra parte, la documentación del proceso nos sugiere mirar la organización del trabajo en el desarrollo de un proceso, como se desempeña y criticarlo. Aunque en ocasiones la documentación del proceso nos ayuda a notar que un puesto de trabajo conoce su misión y en lo que consiste, pero no tiene un proceso establecido que dirija la operación de forma eficiente [19].

#### **5.4.2 Estudio de tiempos con cronometro**

El estudio de tiempos es una herramienta que se sigue utilizando por su alta eficacia para un sistema productivo porque nos permitirá cuantificar el tiempo que toma hacer las diferentes actividades en el proceso productivo para eliminar actividades que no aportan valor, esta herramienta es la base de para definir un proceso de trabajo. Aunque

actualmente se ha utilizado esta técnica en distintos contextos como por ejemplo el área de la salud[40].

Esta técnica nos ayuda a cuantificar el tiempo en el contexto competitivo de las empresas para poder producir eficientemente un lote de producción mediante cuantificar el tiempo necesario para realizar actividades y poder medir la eficiencia de estas actividades cotidianas que una empresa ejecuta de forma repetitiva. El propósito es poder estimar tiempos para ejecutar los planes de producción con mayor precisión al cumplirlos en el tiempo estimado [41]

En el presente estudio se medirá el tiempo que el operario requiere desde que se inicia el cambio de formato hasta el momento en que el operario termina de ejecutar el cambio de piezas y calibración hasta el punto de poder etiquetar una botella PET en la máquina etiquetadora con las botellas de muestra.

De esta forma se tomará muestras de los tiempos que el operario toma en realizar cada actividad en el cambio de formato de la máquina etiquetadora hasta obtener al menos 5 muestras que se utilizarán para calcular el número de muestras que se deberá recolectar para el estudio de tiempos y movimientos, con estos datos se aplicará las ecuaciones de tiempo observado, tiempo normal y tiempo estándar.

### **5.4.3 Entrevistas**

La entrevista es una técnica para recolectar información mediante preguntas abiertas que buscan comprender la acción y el contexto social de una persona. Existen diferentes tipos de entrevista, pero para este estudio se utilizarán principalmente dos tipos de entrevistas que son: entrevista discursiva para comprender la acción y encuestas con preguntas predeterminadas para definir con claridad una acción de lo que el operario realiza en el cambio de formato de la máquina etiquetadora [42].

### **5.4.4 Flujograma**

El flujograma del proceso o diagrama de flujo es una representación gráfica del proceso que nos permite representar gráficamente el proceso productivo del cambio de formato de la máquina etiquetadora, esta representación es una visión detallada de lo que ocurre en el cambio de formato por esta razón resulta útil en esta investigación para conocer el proceso de la máquina etiquetadora [43].

El mapeo del proceso es una herramienta que se utiliza para identificar problemas en los procesos de diferentes contextos productivos, negocios, etc. Con la identificación de los problemas se busca proponer soluciones que mejoren el proceso mediante hacer que este se ejecute de mejor forma lo que equivale a hacerlo más eficiente. Por otra parte, también se busca integrar lo que este proceso requiere de forma más precisa para obtener un proceso productivo estable y eficiente [44].

### 5.4.5 Cursograma

El cursograma es una forma más detallada para expresar el proceso porque permitirá observar las operaciones del proceso productivo de forma cuantificada con mayor detalle describiendo tiempos y todas las operaciones que se describen en un proceso productivo (Operaciones, Transporte, Inspección, Espera y Almacenaje), con esta información se puede aplicar mejoras en una estación de trabajo [45]

Identificación de Actividades		Distancia (m)	Tiempos método actual (seg)	Símbolo					Obs.
Nº	Descripción			●	➔	■	◐	▼	
1	Generación de archivo	-	47.23						
2	Revisión de fechas	-	258.3	●					
3	Filtración	-	128.45	●					
4	Ingreso a pestaña web urbano	-	4.2	●					
5	Verificación de existencia	-	20.1			●			
6	Generación y envío de guía electrónica	-	73.1	●					
7	Ingreso de datos en la página web de urbano	-	147.3	●					
8	Ingreso y verificación del cliente	-	24.3			●			
9	Creación del cliente	-	90.14	●					
10	Validación de datos	-	13.6			●			
11	Detalle de la información de envío	-	22.14	●					
12	Generación y envío de guía electrónica	-	323.15	●					
13	Filtración por placas	-	30.2	●					
14	Impresión de informe de devolución	-	10.3	●					
15	Adjunto de la guía	-	102.3		●				
16	Recepción de repuestos	6	29.5				●		
17	Revisión de guía y repuesto	-	49.5			●			
18	Registro de detalle	-	38.17	●					
19	Registro de guía	-	241.22					●	
20	Impresión de informe	-	180.15	●					
21	Entrega de guía	5	19.56	●					
22	Traslado de repuesto a la mesa de	6	29.35		●				
23	Verificación de número de guías	-	34.58	●					
24	Valoración	-	130.2			●			
25	Rectificación del motivo	-	10.35	●					
26	Traslado de los repuestos a los RACK de repuestos para bodega	4	11.35		●				
27	Ingreso al módulo de logística	-	39.45	●					
28	Ingreso al módulo de tránsito	-	9.05	●					
29	Ingreso al módulo de recepción	-	49.27	●					
30	Ingreso al módulo de ventas (pre generación de notas de crédito)	-	48.71	●					
31	Ingreso al GP	-	22.45	●					
32	Módulo de transacciones(ventas)	-	73.12	●					
33	Liberación	-	244.2	●					
34	Envío(clientes)	-	35.11	●					
35	Ingreso al GP	-	23.25	●					
36	Modulo transacciones(ventas)	-	75.56				●		
37	Contabilización analítica	-	339.6				●		
38	Envío (cliente)	-	33.32	●					
39	Ingreso a SIAV	-	30.61	●					
40	Descarga	-	8.12	●					
41	Filtración(bodega-logística)	-	80.01	●					
42	Impresión y entrega de listado	-	35.37		●				
TOTAL			3215.94	28	4	5	3	2	

Figura 11. Ejemplo de un cursograma analítico para gestión de devolución por venta mal pedido[45]

#### 5.4.6 SMED

Smed es una herramienta de lean manufacturing que nos permitirá hacer un cambio rápido en el cambio de formato de la máquina etiquetadora mediante identificar actividades que se pueden realizar cuando la máquina esta apagado y modificar el proceso para que estas actividades se preparen o se realicen antes o después del cambio de formato y buscar convertir las actividades internas en externas [29].

#### 5.4.7 Materiales

En la tabla 7 se describe los elementos que se propone utilizar para ejecutar el presente estudio para documentarlo y medirlo.

Tabla 7. Materiales utilizados para el estudio.

<b>Material</b>	<b>Función</b>
Cronometro	Tomar tiempos de las actividades
Microsoft Word	Documentar digitalmente el proceso
Flexómetro	Medir observaciones
Cuaderno apuntes	Anotar el proceso y describirlo.
Teléfono	Funciones como notas importantes, cronometro, cámara, etc.
Cámara	Tomar fotos de situaciones específicas para analizarlas después.
Bizagi	Software de modelamiento de procesos.

#### 5.4.8 Población del estudio

Este estudio se ejecutará en la máquina Mesal que cuenta con 14 operarios en sus dos turnos, pero este únicamente se limitará en el estudio de la máquina etiquetadora que cuenta con un operario que controla dicha máquina en cualquiera de los dos turnos. Se estudiará el desarrollo del proceso de cambio de formato realizada por el operario de la máquina etiquetadora con el propósito de encontrar puntos críticos de mejora.

### 5.4.9 Matriz de Operacionalización de Variables e Indicadores

Tabla 8. Matriz de Operacionalización de Variables e Indicadores.

PROBLEMA	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPÓTESIS	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LA VARIABLE	DIMENSIONES DE LA VARIABLE	INDICADORES DE LA DIMENSIÓN	DEFINICIÓN DEL INDICADOR	FORMA DE MEDICIÓN/VALIDACIÓN DEL INDICADOR
Desconocimiento de un proceso documentado del cambio de formato.	1. Detallar el proceso actual de cambio de formato mediante cursogramas para la especificación de las operaciones del proceso.	Un proceso documentado del cambio de formato nos permitirá cuantificar el tiempo que demora el cambio de formato actual	Serie de actividades Proceso de cambio de formato de la máquina	Desarrollo del proceso del cambio de formato	Describir la forma en que se realiza el proceso de cambio de formato.	Cambio de formato de la máquina etiquetador	Orden de actividades Cursograma	Describe el proceso de cambio de formato	Desarrollo del cambio de formato.
Necesidad de cuantificar el proceso	2. Sintetizar el proceso de cambio de formato mediante el estudio de tiempos para la	Cuantificar el tiempo del cambio de formato nos permitirá encontrar demoras y puntos de mejora.	Tiempo de actividad Ritmo de trabajo	Tiempo que toma ejecutar una actividad del proceso de	Medición del tiempo de cada actividad que se ejecuta	Tiempo por actividad	Tiempo Observado (TO) Valoración de Ritmo (VR)	Cuantifica el tiempo del proceso	Determinar el tiempo de cada actividad

de cambio de formato	determinación las demoras.		Tiempo estándar	cambio de formato	en el cambio de formato.			promedio Tiempo Normal (TN) y Tiempo Estándar (Te)	de cambio de formato	
Necesidad de una mejor metodologí a de cambio de formato	3. Proponer una metodología que mejore el proceso del cambio de formato para el incremento de la eficiencia de la máquina etiquetadora.	Una mejor metodología mejorara las operaciones en la máquina etiquetadora.	Actividades que no agregan valor	Actividades que no ayudan a cumplir el objetivo del cambio de formato	Identificación de actividades que producen demoras y limitan el cambio de formato.	Movimientos y sobre procesamiento	Reducir actividades innecesarias.	Eliminar actividad es no necesaria s para mejorar el proceso.	Un proceso más equilibrado y que toma menos tiempo.	

#### **5.4.10 Recopilación de la información**

La recopilación de información para este proyecto de investigación se consiguió gracias a la cooperación de Fuentes San Felipe, aunque no contaban con procesos documentados del cambio de formato de las máquinas permitieron al autor estar presente en la empresa para la toma de datos. Por este motivo la información recolectada fue tomado mediante observación directa para generar el proceso de la máquina.

Un aspecto a considerar también fue la constante disposición del operario para explicar lo que iba realizando cuando el autor no comprendía datos necesarios como la forma de hacer alguna actividad, nombres de los elementos, etc. De esta forma el autor comprendió la forma en que se realiza el cambio de formato y lo fue documentando para generar un flujograma general que le permitía comprender el cambio de formato para bosquejar el cursograma con el que finalmente tomaría tiempos con el cronometro del teléfono.

### **6. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **6.1 PRIMER OBJETIVO**

**Detallar el proceso actual de cambio de formato mediante cursogramas para la especificación de las operaciones del proceso.**

El cambio de formato de la máquina etiquetadora consiste en el cambio de piezas en la máquina etiquetadora para adaptar la máquina al nuevo formato, se cambia: sistema estrella, caracol, masajeador y tambor. Por otra parte, la máquina requiere que se cambie la etiqueta y se calibre las piezas que se cambiaron y elementos que no se cambian, por ejemplo: sensor, sistema de pegamento, verificar que la lectura sea correcta y corte bien la etiqueta, pantalla y banda transportadora.

El primer objetivo busca describir lo que ocurre cuando se cambia de formato en la máquina etiquetadora por esta razón es necesario conocer lo que se hace con el propósito de conocer lo que ocurre en la máquina etiquetadora y poder analizarlo en busca de mejoras de este proceso productivo. Comenzaremos graficando el diagrama de flujo que nos representará el proceso, para posteriormente generar un cursograma analítico que nos facilitará cuantificar la información.

### 6.1.1 Diagrama de Flujo

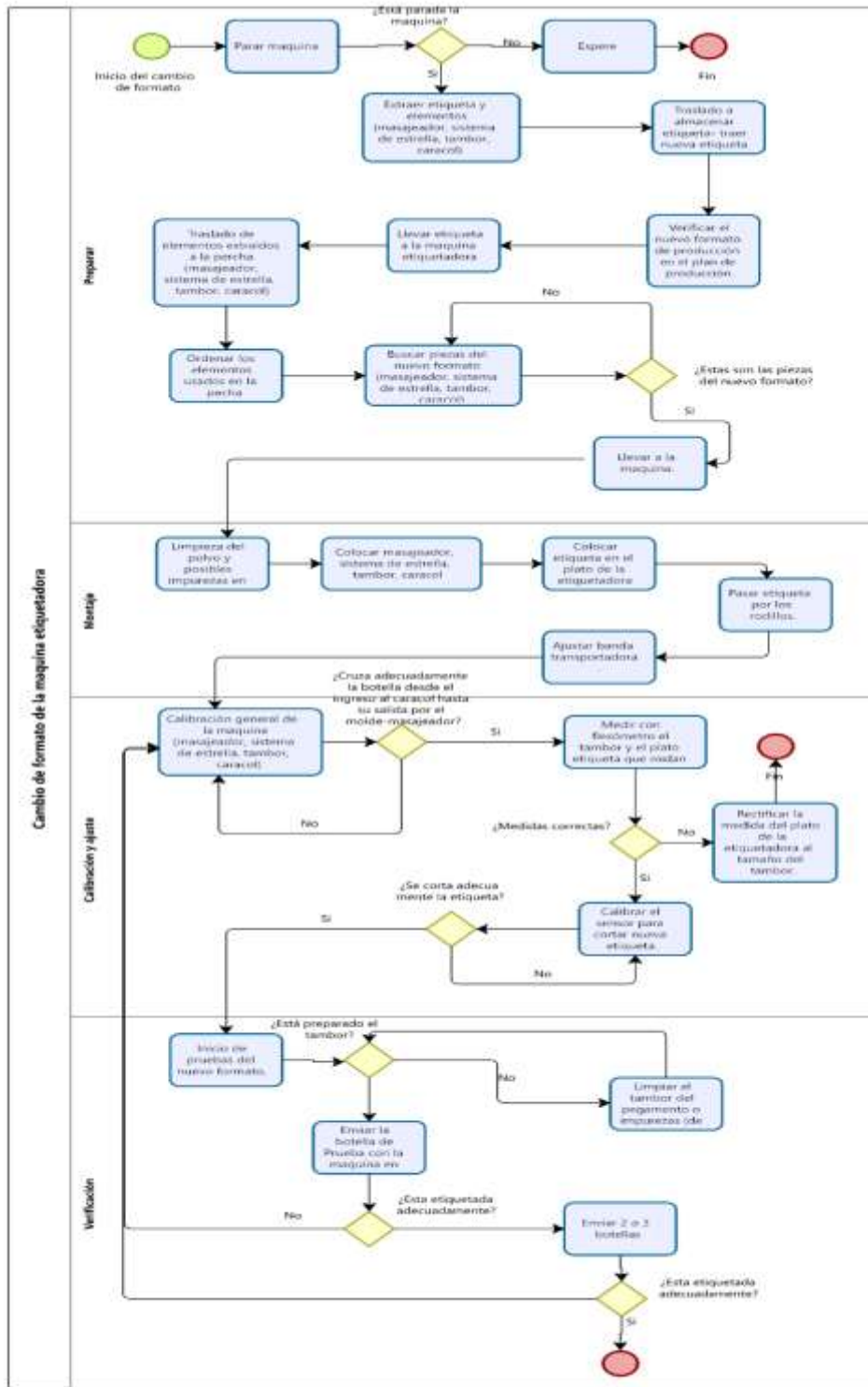


Figura 12. Flujograma de la máquina etiquetadora.

## 6.1.2 Cursograma Analítico

Tabla 9. Cursograma Analítico de la máquina etiquetadora.

Cursograma del cambio formato maquina etiquetadora										
Producto:	Cambio de Formato				Hoja:	1 de 1				
Diseño:	Producción				Diagrama N°	1				
Elaborado por:	Carlos Shulqui				Método:	Actual				
N.º	Descripción	Distancia (m)	Tiempo (seg.)	Actividad						servicio
1	Extraer etiqueta		46	●	⇒	D	□	▽	⊗	
2	Aflojar pernos, pero no extraer, el sistema estrella y masajeador		42	●	⇒	D	□	▽	⊗	
3	Extraer el sistema estrella y masajeador		36	●	⇒	D	□	▽	⊗	
4	Aflojar 3 pernos tambor		48	●	⇒	D	□	▽	⊗	
5	Extraer cuello sistema estrella		38	●	⇒	D	□	▽	⊗	
6	Extraer tambor maquina		44	●	⇒	D	□	▽	⊗	
7	Extraer caracol		25	●	⇒	D	□	▽	⊗	
8	Configurar pantalla en automático a manual		28	●	⇒	D	□	▽	⊗	
9	Trasladar a percha el caracol, sistema estrella y masajeador anterior		85	○	➔	D	□	▽	⊗	
10	buscar y trasladar del nuevo caracol, sistema estrella, masajeador y cuello estrella.		90	○	➔	D	□	▽	⊗	
11	Limpiar triangulo del sistema estrella (eje del triángulo y su contorno) en la máquina.		111	●	⇒	D	□	▽	⊗	
12	Trasladar y colocar tambor		59	○	➔	D	□	▽	⊗	
13	Colocar 3 pernos en el tambor y asegurarlo.		55	●	⇒	D	□	▽	⊗	
14	Colocar el caracol		28	●	⇒	D	□	▽	⊗	
15	Colocar el Sistema estrella		27	●	⇒	D	□	▽	⊗	
16	Colocar el masajeador y ajuste altura del masajeador.		178	●	⇒	D	□	▽	⊗	
17	Buscar botella modelo.		32	○	➔	D	□	▽	⊗	
18	Acomodar banda entrada al caracol hasta el sistema de estrella mediante hacer que la botella se posicione entre el caracol-banda.		160	●	⇒	D	□	▽	⊗	
19	Acomodar masajeador-tambor mediante hacer que la botella que recibe del sistema estrella cruce entre estos elementos.		116	●	⇒	D	□	▽	⊗	
20	Verificar que la botella pase el caracol, si no cruza regula caracol.		75	○	⇒	D	■	▽	⊗	
21	Colocar triangulo estrella y acomodarlo en conjunto con el sistema estrella.		150	●	⇒	D	□	▽	⊗	
22	Acomodar que la botella pase del sistema estrella al masajeador-tambor.		101	●	⇒	D	□	▽	⊗	
23	Verificar botella cruce por el sistema (caracol, triangulo del sistema de estrella, sistema estrella y masajeador-tambor)		95	○	⇒	D	■	▽	⊗	
24	Reajuste de lo requerido (reajuste cuello estrella o el resto de elementos)		204	●	⇒	D	□	▽	⊗	
25	Colocar perno en el sistema de estrella		44	●	⇒	D	□	▽	⊗	
26	Acomodar banda transportadora al nuevo formato de botella entrada-salida y encender la banda transportadora.		836	●	⇒	D	□	▽	⊗	
27	Trasladar a bodega etiqueta anterior y traer etiqueta del nuevo formato.		133	○	➔	D	□	▽	⊗	
28	Colocar etiqueta y ajustar etiqueta en el plato etiquetadora.		43	●	⇒	D	□	▽	⊗	
29	Limpiar tambor y colocar teflón.		285	●	⇒	D	□	▽	⊗	
30	Pasar etiqueta por poleas o rotulo		62	●	⇒	D	□	▽	⊗	
31	Medir tambor y plato de la etiqueta que tengan el mismo tamaño		62	●	⇒	D	□	▽	⊗	
32	Calibrar sensor (lectura del sensor)		47	●	⇒	D	□	▽	⊗	
33	Abrir parte de la cuchilla a lado del tambor y pasar la etiqueta y acercar al tambor		62	●	⇒	D	□	▽	⊗	
34	Medir etiqueta y configurar receta		37	○	⇒	D	□	▽	■	
35	Calibrar corte bien la etiqueta en la cuchilla del sistema pegamento.		213	○	⇒	D	□	▽	■	
36	Limpiar y acomodar sistema pegamento.		80	●	⇒	D	□	▽	⊗	
37	probar maquina con 1 botella, verificar que corte bien			○	⇒	D	■	▽	⊗	
<b>Total</b>					27	5	3	2		

## 6.2 SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO

**Sintetizar el proceso de cambio de formato mediante el estudio de tiempos para la determinación las demoras.**

### 6.2.1 Cálculo del número de muestras

El cálculo del número de muestras nos indicará la cantidad de muestras que requiere el proceso para tener un nivel confiable del estudio de tiempos mediante identificar la actividad con mayor desviación estándar y las muestras de esta actividad se convierten en los datos para el cálculo del número de muestras. En este caso X fue la actividad 26 siendo “Acomodar banda transportadora al nuevo formato de botella entrada-salida y encender la banda transportadora” que se puede observar los datos depurados en la tabla 12.

Tabla 10. Datos para el cálculo del número de muestras.

X	904	941	893	903	775	4416
X <sup>2</sup>	817216	885481	797449	815409	600625	3916180

Ecuación 5. Cálculo del número de muestras.

$$n = \left( \frac{40\sqrt{(5 * 3916180 - 4416^2)}}{4416} \right)^2$$

$$n = 6,55 = 7$$

Para el cálculo de muestras se consideró la toma de 5 muestras tomadas inicialmente, de estas muestras se calculó la desviación estándar que nos ayuda calcular el límite de control superior y el límite control inferior mediante sumar o restar el promedio de cada actividad. De esta forma teníamos datos que no se encontraban en los márgenes de control que debían ser reemplazados, esto se muestra en la tabla 11.

Luego de identificarse los datos que no estaban dentro del límite de control se procedió a cambiar los datos que no se encontraban dentro del límite de control por muestras que si se encontraban dentro del límite de control como se muestra en la tabla 12, donde se observa datos depurados que se encuentran dentro del límite de control que nos permitan calcular el número de muestras que se requieren para este estudio.

Tabla 11. Muestras iniciales tomadas para el estudio del cálculo del número de muestras.

N.º	PROCESO	T1	T2	T3	T4	T5	x	DS	LCS	LCI
1	Extraer etiqueta	61	55	38	45	50	50	8,87	59	41
2	Aflojar pernos, pero no extraer, el sistema estrella y masajeador	59	37	45	49	37	45	9,21	54,609	36,191
3	Extraer el sistema estrella y masajeador	25	35	41	36	26	33	6,88	39,477	25,723
4	Aflojar 3 pernos tambor	46	34	45	46	44	43	5,1	48,099	37,901
5	Extraer cuello sistema estrella	27	63	35	46	27	40	15,2	54,825	24,375
6	Extraer tambor maquina	35	30	35	45	21	33	8,73	41,929	24,471
7	Extraer caracol	32	29	32	29	30	30	1,52	31,917	28,883
8	Configurar pantalla en automático a manual	37	98	39	20	25	44	31,3	75,132	12,468
9	Trasladar a percha el caracol, sistema estrella y masajeador anterior	93	85	56	70	110	83	20,8	103,6	61,999
10	buscar y trasladar del nuevo caracol, sistema estrella, masajeador y cuello estrella.	57	135	85	45	98	84	35,5	119,52	48,475
11	Limpiar triangulo del sistema estrella (eje del triángulo y su contorno) en la máquina.	162	76	140	56	38	94	54	148,35	40,448
12	Trasladar y colocar tambor	22	38	56	45	99	52	29	81,026	22,974
13	Colocar 3 pernos en el tambor y asegurarlo.	64	66	55	74	78	67	8,99	76,389	58,411
14	Colocar el caracol	29	66	30	29	66	44	20,1	64,087	23,913
15	Colocar el Sistema estrella	17	18	35	30	53	31	14,7	45,307	15,893
16	Colocar el masajeador y ajuste altura del masajeador.	274	209	170	115	179	189	58,2	247,63	131,17
17	Buscar botella modelo.	29	20	25	29	26	26	3,7	29,501	22,099
18	Acomodar banda entrada al caracol hasta el sistema de estrella mediante hacer que la botella se posicione entre el caracol-banda.	231	222	62	147	42	141	87,7	228,46	53,138
19	Acomodar masajeador-tambor mediante hacer que la botella que recibe del sistema estrella cruce entre estos elementos.	51	194	140	85	75	109	57,6	166,62	51,376
20	Verificar que la botella pase el caracol, si no cruza regula caracol.	45	49	30	135	75	67	41,4	108,23	25,373
21	Colocar triangulo estrella y acomodarlo en conjunto con el sistema estrella.	153	139	126	135	166	144	15,8	159,57	128,03
22	Acomodar que la botella pase del sistema estrella al masajeador-tambor.	107	152	32	46	115	90	50,1	140,54	40,257
23	Verificar botella cruce por el sistema (caracol, triangulo del sistema de estrella, sistema estrella y masajeador- tambor)	77	113	98	105	85	96	14,6	110,22	80,978
24	Reajuste de lo requerido (reajuste cuello estrella o el resto de elementos)	230	165	245	183	179	200	34,9	235,33	165,47
25	Colocar perno en el sistema de estrella	42	92	23	43	28	46	27,4	72,955	18,245
26	Acomodar banda transportadora al nuevo formato de botella entrada-salida y encender la banda transportadora.	944	941	893	903	1507	1038	263	1301	774,23
27	Trasladar a bodega etiqueta anterior y traer etiqueta del nuevo formato.	98	116	172	165	103	131	35,1	165,92	95,676
28	Colocar etiqueta y ajustar etiqueta en el plato etiquetadora.	54	99	45	38	59	59	23,8	82,78	35,22
29	Limpiar tambor y colocar teflón.	944	1138	97	333	255	553	458	1011,7	95,076
30	Pasar etiqueta por poleas o rotulo	64	58	86	105	63	75	19,8	95,042	55,358
31	Medir tambor y plato de la etiqueta que tengan el mismo tamaño	77	50	96	46	113	76	28,9	105,32	47,481
32	Calibrar sensor (lectura del sensor)	48	59	75	68	46	59	12,5	71,718	46,682
33	Abrir parte de la cuchilla a lado del tambor y pasar la etiqueta y acercar al tambor	77	317	63	84	73	123	109	231,63	13,974
34	Medir etiqueta y configurar receta	87	33	15	25	35	39	28	66,964	11,036
35	Calibrar corte bien la etiqueta en la cuchilla del sistema pegamento.	258	894	228	376	183	388	292	679,65	95,95
36	Limpiar y acomodar sistema pegamento.	72	63	93	85	90	81	12,7	93,3	67,9

Tabla 12. Muestras para el cálculo que están dentro de los límites de control.

N.º	PROCESO	T1	T2	T3	T4	T5	x	DS	LCS	LCI
1	Extraer etiqueta	50	55	58	45	50	52	5	57	47
2	Aflojar pernos, pero no extraer, el sistema estrella y masajeador	50	37	45	49	37	44	6	50	37
3	Extraer el sistema estrella y masajeador	30	35	36	36	26	33	4	37	28
4	Aflojar 3 pernos tambor	46	46	45	46	44	45	1	46	45
5	Extraer cuello sistema estrella	27	47	35	46	27	36	10	46	27
6	Extraer tambor maquina	35	30	35	35	25	32	4	36	28
7	Extraer caracol	29	29	30	29	30	29	1	30	29
8	Configurar pantalla en automático a manual	37	37	39	20	25	32	9	40	23
9	Trasladar a percha el caracol, sistema estrella y masajeador anterior	93	85	90	70	98	87	11	98	76
10	buscar y trasladar del nuevo caracol, sistema estrella, masajeador y cuello estrella.	57	58	85	115	98	83	25	108	57
11	Limpia triángulo del sistema estrella (eje del triángulo y su contorno) en la máquina.	145	76	140	56	86	101	40	140	61
12	Trasladar y colocar tambor	25	38	56	45	38	40	11	52	29
13	Colocar 3 pernos en el tambor y asegurarlo.	64	66	59	74	59	64	6	71	58
14	Colocar el caracol	29	35	30	29	38	32	4	36	28
15	Colocar el Sistema estrella	17	18	35	30	40	28	10	38	18
16	Colocar el masajeador y ajuste altura del masajeador.	215	209	170	186	179	192	19	211	172
17	Buscar botella modelo.	29	29	25	29	26	28	2	30	26
18	Acomodar banda entrada al caracol hasta el sistema de estrella mediante hacer que la botella se posicione entre el caracol-banda.	223	222	223	147	103	184	56	239	128
19	Acomodar masajeador-tambor mediante hacer que la botella que recibe del sistema estrella cruce entre estos elementos.	58	154	140	85	75	102	42	145	60
20	Verificar que la botella pase el caracol, si no cruza regula caracol.	45	49	30	97	75	59	27	86	33
21	Colocar triángulo estrella y acomodarlo en conjunto con el sistema estrella.	153	139	139	135	156	144	9	154	135
22	Acomodar que la botella pase del sistema estrella al masajeador-tambor.	107	77	118	46	115	93	31	123	62
23	Verificar botella cruce por el sistema (caracol, triángulo del sistema de estrella, sistema estrella y masajeador- tambor)	93	97	98	105	85	96	7	103	88
24	Reajuste de lo requerido (reajuste cuello estrella o el resto de elementos)	230	200	195	183	179	197	20	218	177
25	Colocar perno en el sistema de estrella	42	50	23	43	28	37	11	48	26
26	Acomodar banda transportadora al nuevo formato de botella entrada-salida y encender la banda transportadora.	904	941	893	903	775	883	63	946	820
27	Trasladar a bodega etiqueta anterior y traer etiqueta del nuevo formato.	98	116	119	165	103	120	27	147	94
28	Colocar etiqueta y ajustar etiqueta en el plato etiquetadora.	54	56	45	38	59	50	9	59	42
29	Limpia tambor y colocar teflón.	335	335	269	333	255	305	40	345	265
30	Pasar etiqueta por poleas o rotulo	64	58	86	89	63	72	14	86	58
31	Medir tambor y plato de la etiqueta que tengan el mismo tamaño	77	50	96	98	63	77	21	98	56
32	Calibrar sensor (lectura del sensor)	48	59	55	68	70	60	9	69	51
33	Abrir parte de la cuchilla a lado del tambor y pasar la etiqueta y acercar al tambor	77	60	63	84	73	71	10	81	61
34	Medir etiqueta y configurar receta	63	33	15	25	35	34	18	52	16
35	Calibrar corte bien la etiqueta en la cuchilla del sistema pegamento.	258	160	228	160	183	198	44	241	154
36	Limpia y acomodar sistema pegamento.	72	86	93	85	90	85	8	93	77

### **6.2.2 Estudio de tiempos**

Cuando ya se realizó el cálculo el número de muestras requeridas se procedió a completar 2 muestras de tiempo más y a realizar el estudio de tiempos del cambio de formato de la máquina etiquetadora con los datos obtenidos, se puede observar en la tabla 13 el estudio de tiempos del cambio de formato de la máquina etiquetadora con los cálculos tiempo observado (x), valoración del ritmo, tiempo normal, suplementos y tiempo estándar.

Las ecuaciones de estos cálculos se pueden encontrar en la base teórica en el subtema “4.3.5 Método estadístico” que nos explica cómo aplicar estas fórmulas que son aplicadas en cada actividad de forma individual del proceso de cambio de formato de la máquina etiquetadora que se representan en las 36 actividades identificadas.

Por otra parte, se encuentra la tabla 14 y 15 que nos indican como se hizo el cálculo de la valoración del ritmo de trabajo y suplementos para el proceso de la máquina etiquetadora considerando las condiciones en las que 1 operario realiza el cambio de formato de la máquina etiquetadora.

En la valoración del ritmo de trabajo y suplementos se califica en base las tablas de OIT para cuantificar esos apartados, para el ritmo de trabajo se califica condición, consistencia, habilidad y esfuerzo y se pondera en base a la figura 10 donde se expresan los criterios definidos, de la misma forma se suman los suplementos de acuerdo a la estación de trabajo y se divide este valor utilizar el resultado en el cálculo del tiempo estándar (TT).

Tabla 13. Estudio de tiempos del cambio de formato de la máquina etiquetadora.

N.º	PROCESO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	TO	VR	TN	Suplem entos	TT
1	Extraer etiqueta	50	55	58	45	50	50	55	52	0,79	41,0	0,13	46,3
2	Alojar pernos, pero no extraer, el sistema estrella y masajeador	50	37	45	49	37	37	50	44	0,83	36,2	0,15	41,6
3	Extraer el sistema estrella y masajeador	30	35	36	36	26	30	36	33	0,92	30,1	0,18	35,5
4	Alojar 3 pernos tambor	46	46	45	46	44	44	46	45	0,94	42,6	0,13	48,1
5	Extraer cuello sistema estrella	27	47	35	46	27	27	47	37	0,92	33,6	0,13	38,0
6	Extraer tambor maquina	35	30	35	35	25	25	35	31	0,99	31,1	0,42	44,2
7	Extraer caracol	29	29	30	29	30	30	29	29	0,74	21,8	0,14	24,8
8	Configurar pantalla en automático a manual	37	37	39	20	25	25	37	31	0,8	25,1	0,13	28,4
9	Trasladar a percha el caracol, sistema estrella y masajeador anterior	93	85	90	70	98	90	98	89	0,82	73,1	0,16	84,8
10	buscar y trasladar del nuevo caracol, sistema estrella, masajeador y cuello estrella.	57	58	85	115	98	98	58	81	0,95	77,2	0,16	89,6
11	Limpiar triangulo del sistema estrella (eje del triángulo y su contorno) en la máquina.	145	76	140	56	86	86	145	105	0,94	98,6	0,13	111,4
12	Trasladar y colocar tambor	25	38	56	45	38	63	25	41	1	41,4	0,42	58,8
13	Colocar 3 pernos en el tambor y asegurarlo.	64	66	59	74	59	65	59	64	0,77	49,1	0,13	55,4
14	Colocar el caracol	29	35	30	29	38	35	38	33	0,72	24,1	0,15	27,7
15	Colocar el Sistema estrella	17	18	35	30	40	29	40	30	0,76	22,7	0,17	26,5
16	Colocar el masajeador y ajuste altura del masajeador.	215	209	170	186	179	179	215	193	0,8	154,6	0,15	177,8
17	Buscar botella modelo.	29	29	25	29	26	26	28	27	1,02	28,0	0,13	31,6
18	Acomodar banda entrada al caracol hasta el sistema de estrella mediante hacer que la botella se posicione entre el caracol-banda.	223	222	223	147	103	223	103	178	0,74	131,5	0,22	160,4
19	Acomodar masajeador-tambor mediante hacer que la botella que recibe del sistema estrella cruce entre estos elementos.	58	154	140	85	75	154	58	103	0,9	93,1	0,25	116,4
20	Verificar que la botella pase el caracol, si no cruza regula caracol.	45	49	30	97	75	75	97	67	0,92	61,5	0,22	75,0
21	Colocar triangulo estrella y acomodarlo en conjunto con el sistema estrella.	153	139	139	135	156	156	139	145	0,86	124,9	0,2	149,9
22	Acomodar que la botella pase del sistema estrella al masajeador-tambor.	107	77	118	46	115	115	98	97	0,85	82,1	0,23	101,0
23	Verificar botella cruce por el sistema (caracol, triangulo del sistema de estrella, sistema estrella y masajeador- tambor)	93	97	98	105	85	85	93	94	0,84	78,7	0,21	95,3
24	Reajuste de lo requerido (reajuste cuello estrella o el resto de elementos)	230	200	195	183	179	179	200	195	0,87	169,8	0,2	203,7
25	Colocar perno en el sistema de estrella	42	50	23	43	28	88	42	45	0,82	37,0	0,2	44,4
26	Acomodar banda transportadora al nuevo formato de botella entrada-salida y encender la banda transportadora.	904	941	893	903	775	975	1275	952	0,77	733,3	0,14	835,9
27	Trasladar a bodega etiqueta anterior y traer etiqueta del nuevo formato.	98	116	119	165	103	119	165	126	0,9	113,8	0,17	133,1
28	Colocar etiqueta y ajustar etiqueta en el plato etiquetadora.	54	56	45	38	59	59	56	52	0,7	36,7	0,17	42,9
29	Limpiar tambor y colocar teflón.	335	335	269	333	255	255	97	268	0,9	241,6	0,18	285,1
30	Pasar etiqueta por poleas o rotulo	64	58	86	89	63	63	89	73	0,74	54,1	0,15	62,2
31	Medir tambor y plato de la etiqueta que tengan el mismo tamaño	77	50	96	98	63	98	63	78	0,7	54,5	0,14	62,1
32	Calibrar sensor (lectura del sensor)	48	59	55	68	70	59	55	59	0,7	41,4	0,14	47,2
33	Abrir parte de la cuchilla a lado del tambor y pasar la etiqueta y acercar al tambor	77	60	63	84	73	73	67	71	0,77	54,7	0,14	62,3
34	Medir etiqueta y configurar receta	63	33	15	25	35	35	63	38	0,85	32,7	0,14	37,2
35	Calibrar corte bien la etiqueta en la cuchilla del sistema pegamento.	258	160	228	160	183	183	435	230	0,8	183,7	0,16	213,0
36	Limpiar y acomodar sistema pegamento.	72	86	93	85	90	90	75	84	0,82	69,2	0,16	80,3
<b>Tiempo Total</b>		<b>3979</b>	<b>3872</b>	<b>3941</b>	<b>3829</b>	<b>3511</b>	<b>4023</b>	<b>4311</b>	<b>3924</b>				<b>3778,3</b>

Tabla 14. Valoración del ritmo de trabajo del cambio de formato de la máquina etiquetadora.

N.º	PROCESO	CONDICIONES	CONSISTENCIA	HABILIDAD	ESFUERZO	CONDICIONES	CONSISTENCIA	HABILIDAD	ESFUERZO	SUMA	VR
1	Extraer etiqueta	B	A	A2	D	0,04	0,04	0,13	0	0,21	0,79
2	Aflojar pernos, pero no extraer, el sistema estrella y masajeador	A	E	A2	D	0,06	-0,02	0,13	0	0,17	0,83
3	Extraer el sistema estrella y masajeador	C	C	A2	E2	0,02	0,01	0,13	-0,08	0,08	0,92
4	Aflojar 3 pernos tambor	C	C	C2	D	0,02	0,01	0,03	0	0,06	0,94
5	Extraer cuello sistema estrella	C	E	B2	D	0,02	-0,02	0,08	0	0,08	0,92
6	Extraer tambor maquina	D	F	A2	E2	0	-0,04	0,13	-0,08	0,01	0,99
7	Extraer caracol	B	C	A2	B2	0,04	0,01	0,13	0,08	0,26	0,74
8	Configurar pantalla en automático a manual	A	C	B2	C1	0,06	0,01	0,08	0,05	0,2	0,8
9	Trasladar a percha el caracol, sistema estrella y masajeador anterior	C	C	A2	C2	0,02	0,01	0,13	0,02	0,18	0,82
10	buscar y trasladar del nuevo caracol, sistema estrella, masajeador y cuello estrella.	E	E	B2	C2	-0	-0,02	0,08	0,02	0,05	0,95
11	Limpiar triangulo del sistema estrella (eje del triángulo y su contorno) en la máquina.	D	E	B2	D	0	-0,02	0,08	0	0,06	0,94
12	Trasladar y colocar tambor	D	E	D	C2	0	-0,02	0	0,02	0	1
13	Colocar 3 pernos en el tambor y asegurarlo.	C	B	A2	C1	0,02	0,03	0,13	0,05	0,23	0,77
14	Colocar el caracol	B	B	A2	B2	0,04	0,03	0,13	0,08	0,28	0,72
15	Colocar el Sistema estrella	C	C	A2	B2	0,02	0,01	0,13	0,08	0,24	0,76
16	Colocar el masajeador y ajuste altura del masajeador.	C	B	A2	C2	0,02	0,03	0,13	0,02	0,2	0,8
17	Buscar botella modelo.	E	E	C2	D	-0	-0,02	0,03	0	-0	1,02
18	Acomodar banda entrada al caracol hasta el sistema de estrella mediante hacer que la botella se posicione entre el caracol-banda.	C	B	A2	B2	0,02	0,03	0,13	0,08	0,26	0,74
19	Acomodar masajeador-tambor mediante hacer que la botella que recibe del sistema estrella cruce entre estos elementos.	C	D	C2	C1	0,02	0	0,03	0,05	0,1	0,9
20	Verificar que la botella pase el caracol, si no cruza regula caracol.	C	C	C2	C2	0,02	0,01	0,03	0,02	0,08	0,92
21	Colocar triangulo estrella y acomodarlo en conjunto con el sistema estrella.	C	C	C1	C1	0,02	0,01	0,06	0,05	0,14	0,86
22	Acomodar que la botella pase del sistema estrella al masajeador-tambor.	C	E	A2	C2	0,02	-0,02	0,13	0,02	0,15	0,85
23	Verificar botella cruce por el sistema (caracol, triangulo del sistema de estrella, sistema estrella y masajeador-tambor)	C	C	B1	C2	0,02	0,01	0,11	0,02	0,16	0,84
24	Reajuste de lo requerido (reajuste cuello estrella o el resto de elementos)	D	E	A2	C2	0	-0,02	0,13	0,02	0,13	0,87
25	Colocar perno en el sistema de estrella	C	B	B2	C1	0,02	0,03	0,08	0,05	0,18	0,82
26	Acomodar banda transportadora al nuevo formato de botella entrada-salida y encender la banda transportadora.	C	D	A2	B2	0,02	0	0,13	0,08	0,23	0,77
27	Trasladar a bodega etiqueta anterior y traer etiqueta del nuevo formato.	C	E	B2	C2	0,02	-0,02	0,08	0,02	0,1	0,9
28	Colocar etiqueta y ajustar etiqueta en el plato etiquetadora.	C	B	A2	A2	0,02	0,03	0,13	0,12	0,3	0,7
29	Limpiar tambor y colocar teflón.	C	E	B2	C2	0,02	-0,02	0,08	0,02	0,1	0,9
30	Pasar etiqueta por poleas o rotulo	B	C	A2	B2	0,04	0,01	0,13	0,08	0,26	0,74
31	Medir tambor y plato de la etiqueta que tengan el mismo tamaño	B	B	A2	B1	0,04	0,03	0,13	0,1	0,3	0,7
32	Calibrar sensor (lectura del sensor)	C	B	A2	A2	0,02	0,03	0,13	0,12	0,3	0,7
33	Abrir parte de la cuchilla a lado del tambor y pasar la etiqueta y acercar al tambor	C	C	B2	A2	0,02	0,01	0,08	0,12	0,23	0,77
34	Medir etiqueta y configurar receta	B	C	B2	C2	0,04	0,01	0,08	0,02	0,15	0,85
35	Calibrar corte bien la etiqueta en la cuchilla del sistema pegamento.	C	B	A2	C2	0,02	0,03	0,13	0,02	0,2	0,8
36	Limpiar y acomodar sistema pegamento.	C	C	A2	C2	0,02	0,01	0,13	0,02	0,18	0,82

Tabla 15. Valoración de Suplementos del proceso de cambio de formato de la máquina etiquetadora.

N.º	PROCESO	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	CONS TANT ES	% SUPL EME NTO S
1	Extraer etiqueta	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0,13
2	Alojar pernos, pero no extraer, el sistema estrella y masajeador	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0,15
3	Extraer el sistema estrella y masajeador	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	11	0,18
4	Alojar 3 pernos tambor	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0,13
5	Extraer cuello sistema estrella	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0,13
6	Extraer tambor maquina	2	7	22	0	0	0	0	0	0	0	11	0,42
7	Extraer caracol	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	11	0,14
8	Configurar pantalla en automático a manual	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0,13
9	Trasladar a percha el caracol, sistema estrella y masajeador anterior	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	11	0,16
10	buscar y trasladar del nuevo caracol, sistema estrella, masajeador y cuello estrella.	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	11	0,16
11	Limpia triángulo del sistema estrella (eje del triángulo y su contorno) en la máquina.	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0,13
12	Trasladar y colocar tambor	2	7	22	0	0	0	0	0	0	0	11	0,42
13	Colocar 3 pernos en el tambor y asegurarlo.	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0,13
14	Colocar el caracol	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	11	0,15
15	Colocar el Sistema estrella	2	0	3	0	0	0	0	1	0	0	11	0,17
16	Colocar el masajeador y ajuste altura del masajeador.	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	11	0,15
17	Buscar botella modelo.	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0,13
18	Acomodar banda entrada al caracol hasta el sistema de estrella mediante hacer que la botella se posicione entre el caracol-banda.	2	2	0	0	0	2	0	4	1	0	11	0,22
19	Acomodar masajeador-tambor mediante hacer que la botella que recibe del sistema estrella cruce entre estos elementos.	2	2	3	0	0	2	0	4	1	0	11	0,25
20	Verificar que la botella pase el caracol, si no cruza regula caracol.	2	2	0	0	0	2	0	4	1	0	11	0,22
21	Colocar triángulo estrella y acomodarlo en conjunto con el sistema estrella.	2	0	0	0	0	2	0	4	1	0	11	0,2
22	Acomodar que la botella pase del sistema estrella al masajeador-tambor.	2	2	1	0	0	2	0	4	1	0	11	0,23
23	Verificar botella cruce por el sistema (caracol, triángulo del sistema de estrella, sistema estrella y masajeador-tambor)	2	0	1	0	0	2	0	4	1	0	11	0,21
24	Reajuste de lo requerido (reajuste cuello estrella o el resto de elementos)	2	0	0	0	0	2	0	4	1	0	11	0,2
25	Colocar perno en el sistema de estrella	2	0	0	0	0	2	0	4	1	0	11	0,2
26	Acomodar banda transportadora al nuevo formato de botella entrada-salida y encender la banda transportadora.	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	11	0,14
27	Trasladar a bodega etiqueta anterior y traer etiqueta del nuevo formato.	2	0	3	0	0	0	0	1	0	0	11	0,17
28	Colocar etiqueta y ajustar etiqueta en el plato etiquetadora.	2	0	3	0	0	0	0	1	0	0	11	0,17
29	Limpia tambor y colocar teflón.	2	0	0	0	0	0	0	4	1	0	11	0,18
30	Pasar etiqueta por poleas o rotulo	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	11	0,15
31	Medir tambor y plato de la etiqueta que tengan el mismo tamaño	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	11	0,14
32	Calibrar sensor (lectura del sensor)	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	11	0,14
33	Abrir parte de la cuchilla a lado del tambor y pasar la etiqueta y acercar al tambor	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	11	0,14
34	Medir etiqueta y configurar receta	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	11	0,14
35	Calibrar corte bien la etiqueta en la cuchilla del sistema pegamento.	2	0	0	0	0	2	0	1	0	0	11	0,16
36	Limpia y acomodar sistema pegamento.	2	0	0	0	0	2	0	1	0	0	11	0,16

### **6.3 TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO**

**Proponer mejoras en el cambio de formato de la máquina etiquetadora para la reducción del tiempo del cambio de formato mediante la herramienta SMED, para el incremento de la eficiencia operativa.**

#### **6.3.1 Aplicación de metodología SMED en el cambio de formato**

La metodología SMED mediante identificar actividades internas y externas nos permitió identificar actividades externas que actualmente se realizan cuando la máquina esta apagada, pero se podría realizar actividades antes o después del cambio de formato permitiendo reducir el tiempo del cambio de formato.

Con la identificación de actividades internas que se podrían realizar cuando la máquina esta apagada se procedió a cambiar el orden de las actividades sin eliminar ninguna. De hecho, se agregó un traslado a bodega para dejar la máquina etiquetadora al final del proceso con el propósito de completar las actividades que se tenían en un inicio. De esta forma se respeta el proceso inicial reduciendo el tiempo que la máquina requería estar apagada.

De acuerdo a los círculos planteados para el proceso de cambio de formato hasta el momento en que se puede etiquetar una botella con un tiempo estándar total de 1 Hora con 3 minutos se podría reducir ese tiempo mediante realizar actividades que actualmente se realizan cuando la máquina esta apagada a hacerlas 10 minutos antes que inicie el cambio de formato. Esta información se refleja en la parte superior de la tabla 17 mediante la suma de las actividades que se podrían realizar antes que inicie el cambio de formato.

De esta forma podemos reflejar que el proceso no se modifica, ni se altera solo se busca modificar el orden de algunas actividades con el propósito de reducir minutos en el cambio de formato de la máquina etiquetadora, obteniendo que las actividades que se sugiere realizar antes del cambio de formato toman 540 segundos equivalentes a 9 minutos y por otra parte las actividades después del cambio de formato toman 220 segundos que equivalen a 3 minutos con 40 segundos.

De esta forma podemos reducir aproximadamente 11 minutos al cambio de formato de la máquina etiquetadora más el tiempo duplicado del traslado de etiquetas sin alterar el proceso, cambiando el orden en que las actividades que se realizan para hacer que ciertas actividades se realicen antes y después del cambio de formato con el propósito de reducir el tiempo inactivo de la máquina.

Tabla 16. Identificación de actividades internas y externas del proceso de cambio de formato.

N.º	PROCESO	Clasifica	Observación	TT
1	Extraer etiqueta	I		46,3
2	Aflojar pernos, pero no extraer, el sistema estrella y masajeador	I		41,6
3	Extraer el sistema estrella y masajeador	I		35,5
4	Aflojar 3 pernos tambor	I		48,1
5	Extraer cuello sistema estrella	I		38,0
6	Extraer tambor maquina	I		44,2
7	Extraer caracol	I		24,8
8	Configurar pantalla en automático a manual	I		28,4
9	Trasladar a percha el caracol, sistema estrella y masajeador anterior	E	Se podría dejar para el final del proceso	84,8
10	buscar y trasladar del nuevo caracol, sistema estrella, masajeador y cuello estrella.	E	Tener antes de iniciar proceso	89,6
11	Limpiar triangulo del sistema estrella (eje del triángulo y su contorno) en la máquina.	I		111,4
12	Trasladar y colocar tambor	I	Tener antes de iniciar proceso	58,8
13	Colocar 3 pernos en el tambor y asegurarlo.	I		55,4
14	Colocar el caracol	I	Tener antes de iniciar proceso	27,7
15	Colocar el Sistema estrella	I	Tener antes de iniciar proceso	26,5
16	Colocar el masajeador y ajuste altura del masajeador.	I		177,8
17	Buscar botella modelo.	E	Tener antes de iniciar proceso	31,6
18	Acomodar banda entrada al caracol hasta el sistema de estrella mediante hacer que la botella se posicione entre el caracol-banda.	I		160,4
19	Acomodar masajeador-tambor mediante hacer que la botella que recibe del sistema estrella cruce entre estos elementos.	I		116,4
20	Verificar que la botella pase el caracol, si no cruza regula caracol.	I		75,0
21	Colocar triangulo estrella y acomodarlo en conjunto con el sistema estrella.	I		149,9
22	Acomodar que la botella pase del sistema estrella al masajeador-tambor.	I		101,0
23	Verificar botella cruce por el sistema (caracol, triangulo del sistema de estrella, sistema estrella y masajeador- tambor)	I		95,3
24	Reajuste de lo requerido (reajuste cuello estrella o el resto de elementos)	I		203,7
25	Colocar perno en el sistema de estrella	I		44,4
26	Acomodar banda transportadora al nuevo formato de botella entrada-salida y encender la banda transportadora.	I		835,9
27	Trasladar a bodega etiqueta anterior y traer etiqueta del nuevo formato.	E	Hacerlo al inicio y al final	133,1
28	Colocar etiqueta y ajustar etiqueta en el plato etiquetadora.	I		42,9
29	Limpiar tambor y colocar teflón.	E	Limpiar tambor antes de que inicie el proceso	285,1
30	Pasar etiqueta por poleas o rotulo	I		62,2
31	Medir tambor y plato de la etiqueta que tengan el mismo tamaño	I		62,1
32	Calibrar sensor (lectura del sensor)	I		47,2
33	Abrir parte de la cuchilla a lado del tambor y pasar la etiqueta y acercar al tambor	I		62,3
34	Medir etiqueta y configurar receta	I		37,2
35	Calibrar corte bien la etiqueta en la cuchilla del sistema pegamento.	I		213,0
36	Limpiar y acomodar sistema pegamento.	I		80,3
37				3778,3

Tabla 17. Propuesta de reorganización del proceso al clasificar las actividades externas.

N.º	PROCESO	Clasificación de actividades	Observación	TT
1	Buscar botella modelo.	E		31,6
2	buscar y preparar del nuevo caracol, sistema estrella, masajeador, cuello estrella + ETIQUETA	E	Tambor es el único que se coloca directo.	222,7
3	Buscar y preparar el Tambor	E	Tiempo no considerado aun, sigue dentro del proceso.	Ninguno
4	Limpia tambor y colocar teflón.	E	Limpia tambor antes de que inicie el proceso	285,1
<b>INICIO CAMBIO DE FORMATO</b>				
1	Extraer etiqueta	I		46,3
2	Aflojar pernos, pero no extraer, el sistema estrella y masajeador	I		41,6
3	Extraer el sistema estrella y masajeador	I		35,5
4	Aflojar 3 pernos tambor	I		48,1
5	Extraer cuello sistema estrella	I		38,0
6	Extraer tambor maquina	I		44,2
7	Extraer caracol	I		24,8
8	Configurar pantalla en automático a manual	I		28,4
9	Limpia triangulo del sistema estrella (eje del triángulo y su contorno) en la máquina.	I		111,4
10	Colocar tambor	I	Tener antes de iniciar proceso	58,8
11	Colocar 3 pernos en el tambor y asegurarlo.	I		55,4
12	Colocar el caracol	I	Tener antes de iniciar proceso	27,7
13	Colocar el Sistema estrella	I	Tener antes de iniciar proceso	26,5
14	Colocar el masajeador y ajuste altura del masajeador.	I	Tener antes de iniciar proceso	177,8
15	Acomodar banda entrada al caracol hasta el sistema de estrella mediante hacer que la botella se posicione entre el caracol-banda.	I		160,4
16	Acomodar masajeador-tambor mediante hacer que la botella que recibe del sistema estrella cruce entre estos elementos.	I		116,4
17	Verificar que la botella pase el caracol, si no cruza regula caracol.	I		75,0
18	Colocar triangulo estrella y acomodarlo en conjunto con el sistema estrella.	I		149,9
19	Acomodar que la botella pase del sistema estrella al masajeador-tambor.	I		101,0
20	Verificar botella cruce por el sistema (caracol, triangulo del sistema de estrella, sistema estrella y masajeador- tambor)	I		95,3
21	Reajuste de lo requerido (reajuste cuello estrella o el resto de elementos)	I		203,7
22	Colocar perno en el sistema de estrella	I		44,4
23	Acomodar banda transportadora al nuevo formato de botella entrada-salida y encender la banda transportadora.	I		835,9
24	Colocar etiqueta y ajustar etiqueta en el plato etiquetadora.	I		42,9
25	Pasar etiqueta por poleas o rotulo	I		62,2
26	Medir tambor y plato de la etiqueta que tengan el mismo tamaño	I		62,1
27	Calibrar sensor (lectura del sensor)	I		47,2
28	Abrir parte de la cuchilla a lado del tambor y pasar la etiqueta y acercar al tambor	I		62,3
29	Medir etiqueta y configurar receta	I		37,2
30	Calibrar corte bien la etiqueta en la cuchilla del sistema pegamento.	I		213,0
31	Limpia y acomodar sistema pegamento.	I		80,3
<b>FINAL CAMBIO DE FORMATO</b>				
1	Trasladar a percha el caracol, sistema estrella y masajeador anterior	E	Se podría dejar para el final del proceso	84,8
2	Trasladar etiqueta usada	E		133,1

Cambiando el orden de las actividades podemos definir que la máquina etiquetadora podrá estar aproximadamente 11 minutos menos inactiva mediante la ejecución de las actividades de acuerdo a la tabla 17 que nos indica la forma en que se debe realizar el cambio de formato, realizando las 6 actividades de la forma señalada de acuerdo a la metodología SMED.

Las actividades externas identificadas se pueden encontrar en la tabla 18 donde se describen el orden en el que las actividades se deben ejecutar, 4 antes de comenzar el cambio de formato como preparación y 2 después de que se haya pasado una botella en automática o de calibraciones adicionales que se presenten que directamente podrían ser consideradas internas por motivo de que las calibraciones requieren específicamente haber cambiado las piezas o mantener la máquina apagada por seguridad del operario.

Tabla 18. Actividades Externas identificadas

<b>Antes del cambio de formato</b>	<b>Después del cambio de formato</b>
Buscar botella modelo.	Trasladar a percha el caracol, sistema estrella y masajeador anterior
buscar y preparar del nuevo caracol, sistema estrella, masajeador, cuello estrella y etiqueta	Trasladar etiqueta usada
Buscar y preparar el Tambor	
Limpiar tambor y colocar teflón.	

Si extraemos las actividades externas cuando la máquina etiquetadora esta apaga obtendríamos un nuevo flujo en el desarrollo del proceso que se puede apreciar en la tabla 19 donde se puede observar que el extraer las actividades externas elimina los traslados cuando la máquina esta apagada obteniendo como resultado 27 actividades de operación, 2 actividades de operación-inspección y 2 de inspección requeridos cuando la máquina esta apagada, aunque se agrega 1 traslado al final después de que la máquina inicie su operación.

Tabla 19. Cursograma actualizado de las actividades internas.

Cursograma del cambio formato maquina etiquetadora aplicado SMED										
Producto:	Cambio de Formato de actividades Internas				Hoja:	1 de 1				
Diseño:	Producción				Diagrama N°	1				
Elaborado por:	Carlos Shulqui				Método:	Actual				
N.º	Descripción	Distancia (m)	Tiempo (seg.)	Actividad						Observaciones
1	Extraer etiqueta		46,3	●	⇒	D	□	▽	⊗	
2	Aflojar pernos, pero no extraer, el sistema estrella y masajeador		41,6	●	⇒	D	□	▽	⊗	
3	Extraer el sistema estrella y masajeador		35,5	●	⇒	D	□	▽	⊗	
4	Aflojar 3 pernos tambor		48,1	●	⇒	D	□	▽	⊗	
5	Extraer cuello sistema estrella		38,0	●	⇒	D	□	▽	⊗	
6	Extraer tambor maquina		44,2	●	⇒	D	□	▽	⊗	
7	Extraer caracol		24,8	●	⇒	D	□	▽	⊗	
8	Configurar pantalla en automático a manual		28,4	●	⇒	D	□	▽	⊗	
9	Limpiar triangulo del sistema estrella (eje del triángulo y su contorno) en la máquina.		111,4	●	⇒	D	□	▽	⊗	
10	Colocar tambor		58,8	●	⇒	D	□	▽	⊗	
11	Colocar 3 pernos en el tambor y asegurarlo.		55,4	●	⇒	D	□	▽	⊗	
12	Colocar el caracol		27,7	●	⇒	D	□	▽	⊗	
13	Colocar el Sistema estrella		26,5	●	⇒	D	□	▽	⊗	
14	Colocar el masajeador y ajuste altura del masajeador.		177,8	●	⇒	D	□	▽	⊗	
15	Acomodar banda entrada al caracol hasta el sistema de estrella mediante hacer que la botella se posicione entre el caracol-banda.		160,4	●	⇒	D	□	▽	⊗	
16	Acomodar masajeador-tambor mediante hacer que la botella que recibe del sistema estrella cruce entre estos elementos.		116,4	●	⇒	D	□	▽	⊗	
17	Verificar que la botella pase el caracol, si no cruza regula caracol.		75,0	○	⇒	D	■	▽	⊗	
18	Colocar triangulo estrella y acomodarlo en conjunto con el sistema estrella.		149,9	●	⇒	D	□	▽	⊗	
19	Acomodar que la botella pase del sistema estrella al masajeador-tambor.		101,0	●	⇒	D	□	▽	⊗	
20	Verificar botella cruce por el sistema (caracol, triangulo del sistema de estrella, sistema estrella y masajeador-tambor)		95,3	○	⇒	D	■	▽	⊗	
21	Reajuste de lo requerido (reajuste cuello estrella o el resto de elementos)		203,7	●	⇒	D	□	▽	⊗	
22	Colocar perno en el sistema de estrella		44,4	●	⇒	D	□	▽	⊗	
23	Acomodar banda transportadora al nuevo formato de botella entrada-salida y encender la banda transportadora.		835,9	●	⇒	D	□	▽	⊗	
24	Colocar etiqueta y ajustar etiqueta en el plato etiquetadora.		42,9	●	⇒	D	□	▽	⊗	
25	Pasar etiqueta por poleas o rotulo		62,2	●	⇒	D	□	▽	⊗	
26	Medir tambor y plato de la etiqueta que tengan el mismo tamaño		62,1	○	⇒	D	□	▽	■	
27	Calibrar sensor (lectura del sensor)		47,2	●	⇒	D	□	▽	⊗	
28	Abrir parte de la cuchilla a lado del tambor y pasar la etiqueta y acercar al tambor		62,3	●	⇒	D	□	▽	⊗	
29	Medir etiqueta y configurar receta		37,2	●	⇒	D	□	▽	⊗	
30	Calibrar corte bien la etiqueta en la cuchilla del sistema pegamento.		213,0	○	⇒	D	□	▽	■	
31	Limpiar y acomodar sistema pegamento.		80,3	●	⇒	D	□	▽	⊗	
<b>Total</b>					27	0	0	2	0	2

### 6.3.2 Cuadro comparativo, impacto de la aplicación del SMED.

El proceso de cambio de formato de la máquina etiquetadora mediante cambiar el orden de algunas de sus actividades mediante preparar los elementos podría reducir los siguientes minutos:

Tabla 20. Comparación del tiempo reducido con el proceso propuesto.

Proceso	Tiempo (seg.)	Tiempo (min.)
Cambio de formato actual	3779	63
Cambio de formato propuesto	3154	52

En la tabla 20 se puede observar la comparación de tiempos que se podría obtener al aplicar el proceso propuesto para el cambio de formato en la máquina etiquetadora simbolizando una reducción del 18% del tiempo actual. Este tiempo se puede reducir mediante la aplicación de la metodología SMED en el cambio de formato generando así un impacto positivo en la línea, las actividades que se pueden reorganizar se pueden observar en la tabla 17. Por otra parte, el proceso actual se puede visualizar en la tabla 13 con sus respectivos tiempos en segundos.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se ha documentado el proceso del cambio de formato de la máquina etiquetadora detallado en un flujograma y un cursograma (figura 12 y tabla 9) que nos indica lo que se realiza durante el cambio de formato de la máquina etiquetadora, esto nos ayudará con la mejora en este proceso que se determinó mediante observación directa en la planta. El cursograma permitirá la identificación de actividades internas y externas en este proceso.
2. Se cuantificó el tiempo que toma cada actividad en el proceso de cambio de formato de la máquina etiquetadora mediante un estudio de tiempos por el método estadístico. De esta forma se determinó el tiempo del cambio de formato de la máquina etiquetadora que toma 3779 segundos, que equivale a 1 hora con 3 minutos (Tabla 13). Los tiempos nos permitirán comparar el proceso actual con la aplicación del SMED.
3. Mediante la aplicación de la metodología SMED se reorganizó el proceso de cambio de formato de la etiquetadora y esto permitiría reducir aproximadamente 11 minutos en la máquina etiquetadora mediante la reorganización de actividades externas para ejecutarlas cuando la máquina está terminando de etiquetar sus últimas botellas del

lote actual y algunas después del cambio de formato de la forma que se muestra en la tabla 17. De esta forma se requiere tener la máquina parada por menos tiempo para el cambio de formato de la máquina etiquetadora. Cabe indicar que la reducción es una estimación teórica.

## 8. REFERENCIAS

- [1] UNESCO, «Nomenclatura internacional de la UNESCO para los campos de ciencia y tecnología», París, 2021.
- [2] Fuentes San Felipe, «San Felipe Socios». Accedido: 5 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://fsanfelipe.com/>
- [3] S. Pazmiño, J. Valeria, T. Alvarez, K. Ismael, I. Ángel, y M. Tello Condor, «Optimización de la productividad en la línea pet mesal en la empresa Fuentes San Felipe S.A.», Latacunga, 2023.
- [4] P. Q. Trung, «Design and Fabrication of a Small-Capacity Integrated Filling, Capping, and Labeling Machine for Bottles», *Advanced Engineering Forum*, vol. 55, pp. 73-78, may 2025, doi: 10.4028/P-E7PUOS.
- [5] RAE, «masaje | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE». Accedido: 6 de enero de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://dle.rae.es/masaje>
- [6] Luis Roberto Gutierrez Veliz, «Estudio de tiempos y movimientos para la mejora de la productividad en la empresa COMPUBORDADO», sep. 2022.
- [7] Cristhian Joel Ilbay Saca, «Diseño e implementación de un estudio de tiempos y movimientos enfocado en mejorar la productividad de la empresa textil Ram Jeans de la ciudad de Pelileo en el año 2022», Riobamba, 2023.
- [8] Amangandi Guacho José Luis, Canchi Villacis Ximena Elizabeth, y Ing. Msc Cristian Xavier Espín Beltrán, «Estudio de tiempos para la estandarización de operaciones del modelo DFSK GLORY 560 en el área de inspección previa al despacho perteneciente a la empresa CIAUTO», Latacunga, mar. 2022.
- [9] Cristina Victoria Tigrero Tigrero y Carlos Enrique Jara Blacio, «Diseño de un prototipo de máquina etiquetadora automática para línea empacadora de mango», 2024.

- [10] Agua San Felipe - Agua mineral sostenible, «Agua San Felipe - Agua mineral sostenible». Accedido: 4 de enero de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://fuentesanfelipe.com/>
- [11] Jose P. Garcia-Sabater, «Líneas de Producción», 2020. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/138801>
- [12] MSc. E. O. Ing., Robles Carrera Henry Andrés, y Jacome Tonato Dany Fabricio, «Estudio de procesos para la optimización de recursos en el área de embotellamiento de envases tipo Pet de la empresa Fuentes San Felipe», 2021.
- [13] Albert Suñe, Francisco Gil, y Ignacio Arcusa, «Manual práctico de diseño de sistemas productivos», p. 350, 2004.
- [14] F. Robert Jacobs y R. B. Chase, «Administración de operaciones, Producción y cadena de suministros», vol. Décimo quinta.
- [15] L. J. . Krajewski, L. P. . Ritzman, y M. K. . Malhotra, *Administración de operaciones : procesos y cadenas de valor*. Pearson Educación, 2008.
- [16] B. W. Niebel y A. Freivalds, «Ingeniería industrial.Métodos, estándares y diseño del trabajo». [En línea]. Disponible en: [www.FreeLibros.me](http://www.FreeLibros.me)
- [17] Bizagi, «Software de mejora de procesos: impulse la mejora continua | Bizagi». Accedido: 27 de enero de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.bizagi.com/es/plataforma/mejora-de-procesos>
- [18] Bryan Salazar López Send, «Diagrama del proceso del recorrido » Ingeniería Industrial Online». Accedido: 7 de enero de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://ingenieriaindustrialonline.com/ingenieria-de-metodos/diagrama-del-proceso-del-recorrido/>
- [19] J. López, P. Mario, A. Rocha Pérez, y E. Alarcón Jiménez, «Estudio del trabajo. Una nueva visión», Mexico, 2014.
- [20] George Kanawaty (Editor), «Introducción Al Estudio Del Trabajo, 4ta Edición - George Kanawaty | PDF». Accedido: 8 de enero de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/360529758/Introduccion-Al-Estudio-Del-Trabajo-4ta-Edicion-George-Kanawaty>

- [21] «Determinación del tamaño de la muestra». Accedido: 7 de febrero de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/395500679/4-6determinacionde-n-Observaciones>
- [22] L. S. Valamede y A. C. S. Akkari, «Lean 4.0: A new holistic approach for the integration of lean manufacturing tools and digital technologies», *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, vol. 5, n.º 5, pp. 854-868, oct. 2020, doi: 10.33889/IJMEMS.2020.5.5.066.
- [23] M. Roy, «Lean Manufacturing: Principles, Tools, and Practices», <https://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/978-1-5225-9615-8.ch006>, vol. 1, pp. 117-135, ene. 2020, doi: 10.4018/978-1-5225-9615-8.CH006.
- [24] Real Academia Española, «esbelto, esbelta | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE». Accedido: 28 de enero de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://dle.rae.es/esbelto>
- [25] Irene Andreu, «Lean Manufacturing: ¿qué es y cuáles son sus principios? | APD». Accedido: 28 de enero de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.apd.es/lean-manufacturing-que-es/>
- [26] J. Arturo Chávez-Pineda, «Madurez Lean y desempeño operativo en manufactura: una revisión integradora de la literatura», 2025, [En línea]. Disponible en: <https://recai.uaemex.mx>
- [27] J. L. Valencia Jarama, G. A. Gutierrez Canchasto, V. M. Flores Marchán, J. L. Valencia Jarama, G. A. Gutierrez Canchasto, y V. M. Flores Marchán, «Lean Manufacturing en el mejoramiento continuo de la productividad», *Revista InveCom*, vol. 5, n.º 2, 2025, doi: 10.5281/ZENODO.14002915.
- [28] M. Deshmukh, A. Gangele, D. K. Gope, y S. Dewangan, «Study and implementation of lean manufacturing strategies: A literature review», *Mater. Today Proc.*, vol. 62, pp. 1489-1495, ene. 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2022.02.155.
- [29] S. N. Glagolev, S. M. Bukhonova, y E. D. Chikina, «Research of Theoretical and Methodological Approaches to the System of Lean Manufacturing», 2020.
- [30] F. Sumasto, M. A. Arrofach, I. R. Pratama, S. P. Purbaningrum, A. Satria, y A. Rapi, «Application of Single Minute Exchange Die (SMED) Method to Minimize Setup

- Time on 350T Capacity Molding Machine», *Jurnal Inotera*, vol. 10, n.º 1, pp. 33-40, ene. 2025, doi: 10.31572/inotera.vol10.iss1.2025.id422.
- [31] RAE, «eficiencia | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE». Accedido: 13 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://dle.rae.es/eficiencia%20?m=form>
- [32] Ampar. Escalante y J. Domingo. González, *Ingeniería industrial Métodos y tiempos*, Primera. México, 2015.
- [33] F. Ganga Contreras, A. Cassinelli, M. Angélica Piñones Santana, y J. Quiroz Castillo, «Alcances teóricos al concepto de eficiencia organizativa: una aproximación a lo universitario», vol. 18, pp. 75-97, 2016.
- [34] A. J. Bone Aquino y W. A. Lino Villacreses, «Diagnóstico y estudio de la eficiencia en los procesos de calidad del análisis de orina», *MQRInvestigar*, vol. 7, n.º 1, pp. 2078-2100, feb. 2023, doi: 10.56048/mqr20225.7.1.2023.2078-2100.
- [35] Roberto García Criollo, «Estudio del trabajo Ingeniería de métodos y medición del trabajo», p. 459, 2005.
- [36] I. N. Jürgensen, A. M. Nock, P. Koch, A. Nienhaus, y C. P. Ewert, «Study-related demands, resources and curriculum from students' perspective: results of a qualitative descriptive study among students in nursing and healthcare in Germany», *BMC Nurs.*, vol. 24, n.º 1, dic. 2025, doi: 10.1186/s12912-025-03692-8.
- [37] M. Ing. José Luis Gavidia García y Luis Roberto Gutierrez Veliz, «Estudio de tiempos y movimientos para la mejora de la productividad en la empresa COMPUBORDADO». Accedido: 14 de enero de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b687ffb9-4b81-46d5-a13b-81fb593a8f59/content>
- [38] R. M. Ávila Ávila, J. César Pino Tarragó, M. del Carmen Expósito Gallardo, y D. Lisbet Domínguez Gálvez, «La distribución normal en ciencias biomédicas: un enfoque a partir de las distribuciones de Pearson», 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.itsup.edu.ec/sinapsis>

- [39] Real academia española, «observación | Diccionario del estudiante | RAE». Accedido: 14 de enero de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.rae.es/diccionario-estudiante/observaci%C3%B3n>
- [40] A. M. Ovalle-Castiblanco, D. María, y C. Aguirre, «¿Qué ha pasado con la aplicación del estudio de tiempos y movimientos en las últimas dos décadas?: Revisión de la literatura What happened with the application of time and motion study in the last two decades?: review of the literature», vol. 16, pp. 12-31, 2016.
- [41] M. Masniar, U. R. Marasabessy, E. Astrides, Asih Ahistasari, M. A. Nur Wahyudien, y M. M. Rachmadhani, «Analysis of Work Measurement Using the Stopwatch Time Study Method at PTEA», *Journal of Industrial System Engineering and Management*, vol. 2, n.º 1, pp. 23-31, mar. 2023, doi: 10.56882/jisem.v2i1.14.
- [42] V. R. Pucci, R. A. Machado, M. Cardano, L. P. Kantorski, y T. H. Weiller, «Técnica da entrevista discursiva em pesquisa qualitativa: relato de experiência», *Revista de Enfermagem da UFSM*, vol. 10, p. e97, dic. 2020, doi: 10.5902/2179769241680.
- [43] G. O. Cardoso y I. C. P. Dias, «Mapping process improvement and sequencing analysis for productive definitions: a case study in a metallurgical industry», *Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications*, vol. 6, n.º 21, pp. 66-71, feb. 2020, doi: 10.5935/2447-0228.20200009.
- [44] M. Bradford, R. A. Bucy, y L. S. Lee, «Business Process Diagramming and Process Analysis: The Anderson Inc. Logistics Case», *Issues in Accounting Education*, vol. 40, n.º 3, pp. 141-156, ago. 2025, doi: 10.2308/ISSUES-2023-098.
- [45] Á. M. Tello Córdor, A. L. Tenelema Chillo, y J. M. Travez Sandoval, «Analysis and optimization of business productive management», *Minerva*, vol. 6, n.º 16, pp. 60-72, mar. 2025, doi: 10.47460/minerva.v6i16.187.

Latacunga, 05 de noviembre del 2025

Oficio.DIINFCIYA-090-2025

Ing. Cristina Berrazueta  
**Directora de Talento Humano de Fuentes San Felipe**  
Presente

Reciban un cordial saludo de felicitación por la gran labor que se encuentran realizando en sus cargos a favor de la carrera e institución.

Conocedores de su alto espíritu de colaboración, solicito a usted la respectiva autorización para que pueda realizar el trabajo de titulación con el tema: “Estudio del proceso productivo en la maquina etiquetadora de la línea de mesal” en la empresa Fuentes San Felipe el Señor: Shulqui Camalle Carlos Daniel con número de cédula 172518300-6 estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el período octubre 2025 – marzo 2026

Por la gentil atención y trámite, expreso mi agradecimiento.

Atentamente,

**“POR LA VINCULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CON EL PUEBLO”**

Atentamente

“Por la vinculación de la universidad con el pueblo”



Firmado electrónicamente por:  
EDISON PATRICIO  
SALAZAR CUEVA  
Validar únicamente con Firma@2

Ing. Edison Salazar Cueva Msc.  
**DIRECTOR de Ingeniería Industrial**  
**Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**

8:57.  
Fuentes San Felipe S.A.  
SUPERV. TALENTO HUMANO